

**VERIFICACIÓN ESTADÍSTICA DE INFORMACIÓN DE PLANOS  
CONSTRUCTIVOS EN PROYECTOS DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR E  
INFRAESTRUCTURA VIAL**

**FABIO ARLEY BARRETO IRIARTE  
MÓNICA DANIELA CASTRO APONTE**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2017**

**VERIFICACIÓN ESTADÍSTICA DE INFORMACIÓN DE PLANOS  
CONSTRUCTIVOS EN PROYECTOS DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR E  
INFRAESTRUCTURA VIAL**

**FABIO ARLEY BARRETO IRIARTE  
MÓNICA DANIELA CASTRO APONTE**

**Trabajo de grado para optar al título de  
INGENIERO CIVIL**

**Director  
GUILLERMO MEJIA AGUILAR  
PhD. En Ingeniería Civil**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2017**

## DEDICATORIA

*A Dios por haberme dado la vida y la oportunidad de llegar al seno de una familia como la mía. Por sus infinitas bendiciones, por ser tan bueno y poner en mí camino a las personas correctas en los momentos indicados.  
A mis ángeles en tierra: mi mami y mi hermana.*

*A mi mami, como agradecimiento a todo su esfuerzo, su infinito amor y su coraje. Por guiar mi vida hacia buenos caminos. Por ser esa mujer resiliente, que con su trabajo y cariño formo las personas que somos hoy en día. Te amamos más, eres la mejor.*

*A mi hermana por todos sus consejos, su gran ejemplo, su comprensión, su amor y su apoyo incondicional. Te amo hermanita.  
A mi papi, que desde el cielo siento que siempre ha guiado mis pasos y ha sido el ángel fiel que me cuida y escucha.*

*A la UIS y mi familia, por haberme dado la oportunidad de vivir una experiencia inolvidable durante mi semestre de intercambio.*

*A mis profesores que guiaron todo mi proceso y me formaron como la profesional que soy.*

*A mis amigos y todas las personas que en general siempre me apoyaron con una voz de aliento en momentos difíciles, que compartieron conmigo hermosas experiencias. Gracias por todos los momentos compartidos y anécdotas inolvidables.*

**Daniela Castro.**

## DEDICATORIA

*A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.*

*A mi viejo por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante, por su amor, por estar conmigo en los momentos difíciles.*

*A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y compartir conmigo buenos y malos momentos.*

*A mis amigos que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional, gracias por todos los buenos momentos que pasamos y éxitos en sus vidas.*

*A los maestros, aquellos que marcaron cada etapa de nuestro camino universitario, y que me ayudaron en asesorías y dudas presentadas en la elaboración de la tesis.*

*Con amor para mi nuevo sol Fabio Andres.*

**Fabio Barreto**

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. OBJETIVOS	19
1.1 OBJETIVO GENERAL	19
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
2. MARCO TEÓRICO	20
2.1 MEDIDAS DE INFORMACIÓN DE DISEÑO	20
2.2 PAQUETE DE INFORMACIÓN	22
2.3 OBJETO DE INFORMACIÓN	24
3. METODOLOGÍA	25
3.1 FASE I: IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN EN LOS PLANOS CONSTRUCTIVOS DE PAQUETES DE INFORMACIÓN, OBJETOS, DETALLES Y TIPOLOGÍA	25
3.2 FASE II: CATEGORIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS PAQUETES DE INFORMACIÓN SEGÚN SU TIPOLOGÍA Y EL OBJETO ESTRUCTURAL QUE REPRESENTAN	26
3.3 FASE III: MEDICIÓN Y VALIDACIÓN DE INFORMACIÓN REGISTRADA EN PLANOS ESTRUCTURALES	28
3.4 FASE IV: ANÁLISIS, VERIFICACIÓN Y COMPARACIÓN ESTADÍSTICA DE LA INFORMACIÓN RECOLECTADA	28
4. DESARROLLO Y APLICACIÓN METODOLÓGICA	30
4.1 ÍNDICES DE INFORMACIÓN	30
4.1.1 Categorización del proyecto	30
4.1.2 Categorización del plano	32
4.1.3 Categorización de paquetes	32
5. CASOS DE ESTUDIO	35
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
6.1 INFORMACIÓN SOBRE LOS PROYECTOS	36

6.2 INFORMACIÓN GENERADA EN PLANOS	42
6.3 INFORMACIÓN REPRESENTADA EN PAQUETES	50
7. CONCLUSIONES	64
BIBLIOGRAFIA	66
ANEXOS	67

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Información en planos	20
Figura 2. Sintaxis del mensaje	22
Figura 3. Paquetes de detalle y localización	23
Figura 4. Relación complejidad vs No de paquetes en proyectos de infraestructura vial	47
Figura 5. Relación complejidad vs No de paquetes en proyectos de vivienda multifamiliar	48
Figura 6. Predictores del área equivalente-cimentación en proyectos de infraestructura vial	57
Figura 7. Predictores del área equivalente-cimentación en proyectos de vivienda multifamiliar	58
Figura 8. Predictores del área equivalente-columnas en proyectos de infraestructura vial	58
Figura 9. Predictores del área equivalente-columnas en proyectos de vivienda multifamiliar	59
Figura 10. Predictores del área equivalente-vigas en proyectos de infraestructura vial	60
Figura 11. Predictores del área equivalente-vigas en proyectos de vivienda multifamiliar	60
Figura 12. Proporciones de paquetes por área de diseño en proyectos de infraestructura vial	61
Figura 13. Proporciones de paquetes por área de diseño en proyectos de vivienda multifamiliar	62
Figura 14. Proporciones de paquetes por niveles construidos en proyectos de infraestructura vial	63
Figura 15. Proporciones de paquetes por niveles construidos en proyectos de vivienda multifamiliar	63

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Escalas comunes en planos de diseño	23
Tabla 2. Escalas estándar propuesta	27
Tabla 3. Casos de estudio analizados	30
Tabla 4. Estadísticas de la información de proyectos de infraestructura vial	36
Tabla 5. Estadísticas de la información de proyectos de vivienda multifamiliar	37
Tabla 6. Información de proyectos de infraestructura vial desagregada por área	38
Tabla 7. Información de proyectos de vivienda multifamiliar desagregada por área	38
Tabla 8. Información de proyectos de infraestructura vial desagregada por niveles	40
Tabla 9. Información de proyectos de vivienda multifamiliar desagregada por niveles	41
Tabla 10. Estadísticas de la información en planos de proyectos de infraestructura vial	43
Tabla 11. Estadísticas de la información en planos de proyectos de vivienda multifamiliar	44
Tabla 12. Información en planos desagregado por área de proyectos de infraestructura vial	45
Tabla 13. Información en planos desagregado por área de proyectos de vivienda multifamiliar	46
Tabla 14. Información de planos desagregado por niveles de proyectos de infraestructura vial	49
Tabla 15. Información de planos desagregado por niveles de proyectos de vivienda multifamiliar	50
Tabla 16. Estadística de los tipos de paquetes para proyectos de infraestructura vial	51

Tabla 17. Estadística de los tipos de paquetes para proyectos de vivienda multifamiliar	52
Tabla 18. Estadística de los índices de paquetes para proyectos de infraestructura vial	52
Tabla 19. Estadística de los índices de paquetes para proyectos de vivienda multifamiliar	53
Tabla 20. Estadística de las áreas equivalentes por familia de objetos para proyectos de infraestructura vial	54
Tabla 21. Estadística de las áreas equivalentes por familia de objetos para proyectos de vivienda multifamiliar	55
Tabla 22. Estadística de los índices de área equivalente para proyectos de infraestructura vial	56
Tabla 23. Estadística de los índices de área equivalente para proyectos de vivienda multifamiliar	56

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Datos Proyecto1

Anexo B. Datos proyecto 2

Anexo C. Datos proyecto 11

Anexo D. Datos proyecto 12

Anexo E. Datos proyecto 13

Anexo F. Datos proyecto 14

Anexo G. Datos proyecto 15

Anexo H. Datos proyecto 24

Anexo I. Datos proyecto 25

Anexo J. Datos proyecto 26

Anexo K. Datos proyecto 29

Anexo L. Datos proyecto 30

Anexo M. Datos proyecto 31

Anexo N. Resumen datos generales de proyectos

## Anexo O. Indicadores Estadísticos de proyectos Analizados

## RESUMEN

**TITULO:** VERIFICACIÓN ESTADÍSTICA DE INFORMACIÓN DE PLANOS CONSTRUCTIVOS EN PROYECTOS DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR E INFRAESTRUCTURA VIAL\*

**AUTORES:** FABIO ARLEY BARRETO IRIARTE  
MÓNICA DANIELA CASTRO APONTE\*\*

**PALABRAS CLAVE:** Información de diseño, métricas de diseño, índices de información, cuantificación de diseño.

### DESCRIPCION

La Industria de la construcción es una actividad de vital importancia para la economía de un país, los constantes errores de la información y su gestión en la etapa de diseño son factores que generan sobrecostos a las empresas constructoras. Dentro de la industria existen pocas investigaciones de como cuantificar la información en indicadores, los últimos estudios relacionados se han enfocado en cómo mejorar la gestión de proyectos basadas en la filosofía "*Lean Management*". El presente estudio es una verificación estadística basada en la metodología desarrollada en el artículo: Cuantificación de la información de diseño detallado en proyectos de construcción, esta metodología permite cuantificar la representación gráfica presentada en planos de diseño para generar indicadores de información que permitan establecer algún tipo de relación entre la información recolectada y el tipo de estructura que se evalúa. Estas medidas e índices de información permiten conocer y analizar detalladamente la composición gráfica del diseño representada en los planos, además permite hacer una evaluación tanto del nivel de detalle constructivo del proyecto, como de la calidad de la información consignada en los planos constructivos.

Los datos recolectados fueron analizados y cuantificados para ser finalmente comparados a través de un análisis estadístico con la información ya estudiada en el artículo de investigación en cual se basa el desarrollo de este proyecto.

---

\* Trabajo de Grado.

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Guillermo Mejía Aguilar.

## ABSTRACT

**TITULO:** STATISTICAL VERIFICATION OF INFORMATION OF CONSTRUCTIVE PLANS IN MULTIFAMILIARY HOUSING AND ROAD INFRASTRUCTURE PROJECTS\*

**AUTORES:** FABIO ARLEY BARRETO IRIARTE  
MÓNICA DANIELA CASTRO APONTE\*\*

**KEYWORDS:** Design Information, Design Metrics, Information indexes, Design Quantification.

### DESCRIPTION

The construction industry is an activity of vital importance for the economy of a country, the constant errors of the information and its management in the design stage are factors that generate cost overruns to the construction companies. Within the industry there is little research on how to quantify information in indicators, the latest related studies have focused on how to improve the management of projects based on the "Lean Management" philosophy. The present study is a statistical verification based on the methodology developed in the article: Quantification of detailed design information in construction projects, this methodology allows to quantify the graphic representation presented in design plans to generate information indicators that allow to establish some type of relationship between the information collected and the type of structure that is evaluated. These measurements and indexes of information allow to know and analyze in detail the graphic composition of the design represented in the plans, in addition it allows to make an evaluation of the level of constructive detail of the project, as well as of the quality of the information consigned in the constructive plans.

The data collected were analyzed and quantified to be finally compared through a statistical analysis with the information already studied in the research article on which the development of this project is based.

---

\* Trabajo de Grado.

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Guillermo Mejía Aguilar.

## INTRODUCCIÓN

En la industria de la construcción existen problemas asociados al sobre costo en los proyectos, deficiencia en la planeación, información y gestión de los mismos<sup>1</sup>. Estos problemas la mayoría de las veces han sido relacionados con la etapa de diseño del proyecto, cuyos procesos influyen en la calidad y los costos de construcción del mismo; estos problemas no suelen visualizarse con claridad sino hasta la fase de construcción<sup>2</sup>. Actualmente, existe escasa documentación que relaciona estos problemas a la fase de diseño, donde la causa real del problema puede ser determinada<sup>3</sup>.

La complejidad de los diseños, la escasa información en planos estructurales, la deficiencia de documentación, alcance y claridad de los diseños, son tan solo algunos de los problemas que se presentan en la etapa de diseño. Es importante resaltar que, durante el desarrollo de un proyecto, todas y cada una de las fases que lo comprenden están relacionadas dependientemente, es decir que cualquier problema generado en etapas de planeación y diseño generara consecuentemente problemas en etapas posteriores del proyecto.

Por lo anterior es necesario seguir una metodología de evaluación, análisis y control de la información en la etapa de diseño, la cual se verá plasmada en planos estructurales, los cuales requieren que toda su información sea clara, precisa, real y oportuna, dado que finalmente el único puente entre diseñador y constructor son los planos. He ahí la importancia de que estos transmitan la información necesaria, puesto al gran impacto que genera la calidad del diseño en el rendimiento final de un proyecto<sup>4</sup>.

---

<sup>1</sup> Otter, A. & Emmitt, S. (2008). Design Team Communication and Design Task Complexity: The Preference for Dialogues. *Architectural Engineering and Design Management* 4(2), pp. 121-129.

<sup>2</sup> Cheng, Y. (2014). An exploration into cost-influencing factors on construction projects. *International Journal of Project Management* 32, pp. 850-860.

<sup>3</sup> *Ibíd.*

<sup>4</sup> Vargas, Edward. Entropía como indicador de incertidumbre en Diseño de los proyectos de

La generación de planos de obra tiene un lenguaje propio que permite una interpretación del diseño constructivo, y suele estar plasmada en paquetes de información que pueden tener cierta clasificación según el tipo de elemento estructural que contengan o su finalidad informativa dentro del plano<sup>5</sup>. Generalmente estos paquetes de información pueden presentar errores o simplemente no presentan toda la información necesaria para generar una mejor comprensión del objeto detallado, lo cual genera cierta incertidumbre y puede dar lugar a problemas en la construcción.

Con el propósito de contribuir a solucionar esta problemática, se seguirá una metodología previamente ya establecida en la tesis de maestría: Entropía como indicador de incertidumbre en el diseño de proyectos de construcción, cuyo autor es el Ingeniero Edward Vargas Quintero y director Profesor Guillermo Mejía Aguilar; bajo estos parámetros se cuantificara la información presente en los planos, se analizara, verificara y se comparara para finalmente generar un análisis estadístico tipo comparativo de toda la información recolectada, de acuerdo al objeto y tipología de información que se maneja según el elemento estructural que representa.

---

construcción .Bucaramanga: Universidad industrial de Santander .Facultad de Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil, 2015. .

<sup>5</sup> Krus, P. (2013). Information Entropy in the Design Process. In proceedings of the 4th International Conference on Research into Design (pp. 101-112). Chennai, India.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Verificar y ajustar cualitativa y estadísticamente la información tabulada para generar indicadores de contenido de información de 5 proyectos de infraestructura vial y 6 proyectos de vivienda multifamiliar.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Verificar y ajustar cualitativamente la información tabulada para generar indicadores de contenido de información de proyectos de infraestructura vial y vivienda multifamiliar

Verificar y ajustar cuantitativamente la caracterización de los planos constructivos de acuerdo al objeto y tipología de información que maneja según el elemento estructural que representa.

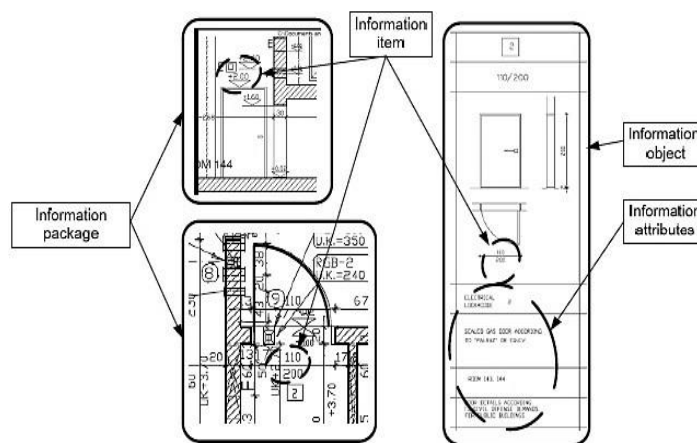
Hacer resumen estadístico de la información revisada

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 MEDIDAS DE INFORMACIÓN DE DISEÑO

Los parámetros de medición de la información de diseño dependen del medio de transmisión o comunicación donde se aplican. En este sentido, la información de tipo gráfico, como la que conforma los planos de diseño, requiere consideraciones especiales para su categorización y cuantificación. Tribelsky<sup>6</sup> introdujo algunos conceptos básicos de medición del flujo de información en proyectos de ingeniería, los cuales se describen en la Figura 2:

Figura 1. Información en planos



Fuente: Tribelsky, E. & Sacks, R. (2010). Measuring information flow in the detailed design of construction projects. *Research in Engineering Design* 21(3), pp. 189-206.

Adicionalmente, otro aspecto importante para la cuantificación de información es la organización y descripción jerárquica de un sistema de indicadores; según la propuesta de Tribelsky<sup>7</sup>, se puede evidenciar la organización jerárquica de la siguiente manera: un proyecto está representado en planos (nivel 1), que a su vez

<sup>6</sup> Tribelsky, E. & Sacks, R. (2010). Measuring information flow in the detailed design of construction projects. *Research in Engineering Design* 21(3), pp. 189-206.

<sup>7</sup> Ibid

contienen paquetes de información (nivel 2), los cuales describen elementos, objetos y atributos (nivel 3).

La información de tipo gráfico, como la que conforma los planos de diseño, requiere consideraciones especiales para su categorización y cuantificación. Tribelsky <sup>8</sup> introdujo algunos conceptos básicos de medición del flujo de información en proyectos de ingeniería:

- Paquete de información. Es una vista de dibujo, un documento de texto, una hoja de cálculo o una tabla de datos en formato digital o impreso.
- Elemento de información. Es una pieza única de información, puede ser textual o gráfica.
- Objeto de información. Es un componente de una edificación o una instalación técnica, con características y atributos de ingeniería.
- Atributo de información. Es un atributo técnico o de gestión de un objeto de información.
- Acción. Es aquella realizada por un miembro del equipo para comunicar información.
- Evento de proyecto. Es un evento en el ciclo de vida de un proyecto en el que hay un pico de demanda de información.

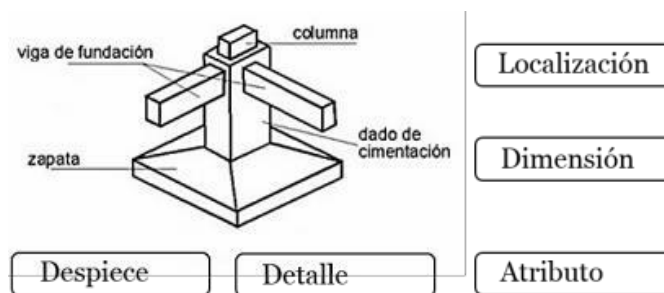
---

<sup>8</sup> Tribelsky, E. & Sacks, R. (2010). Measuring information flow in the detailed design of construction projects. *Research in Engineering Design* 21(3), pp. 189-206.

## 2.2 PAQUETE DE INFORMACIÓN

Corresponde a un recuadro de dibujo que contiene los componentes necesarios para transmitir información de un objeto dado y se considera la unidad básica de transferencia de información en planos de diseño<sup>9</sup>. Su característica principal es que poseen un área medible y pueden poseer escala gráfica asociada. Según su funcionalidad se clasifican en cinco categorías necesarias, excluyentes y suficientes para la materialización de un objeto de información: localización, dimensión, despiece, detalle y referencia o atributo. El orden y relación de estos paquetes, para describir uno o varios objetos de información, equivale a la sintaxis del mensaje que se transmite en el plano de diseño (Figura 2).

Figura 2. Sintaxis del mensaje



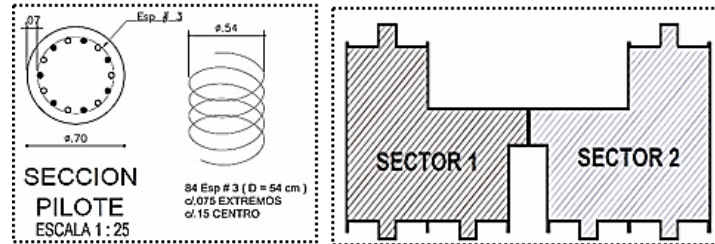
Fuente: Vargas Quintero, E. Entropía como indicador de incertidumbre en diseño de proyectos de construcción. Bucaramanga, 2016. Trabajo de Grado Magister Ingeniería Civil. Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniera Civil.

Los paquetes de información, que describen despieces y atributos en los planos de diseño, son comunes y fáciles de identificar. Entre ellos, los paquetes de detalles incluyen información de la distribución interna del refuerzo en un objeto, mientras que los paquetes de localización incluyen todos los detalles que expresen información espacial de objetos individuales, en el conjunto general del sistema estructural. La Figura 3 muestra un ejemplo de paquetes de detalle y de

<sup>9</sup> Tribelsky, E. & Sacks, R. (2010). Measuring information flow in the detailed design of construction projects. *Research in Engineering Design* 21(3), pp. 189-206.

localización en planos de diseño.

Figura 3. Paquetes de detalle y localización



Fuente: Vargas Quintero, E. Entropía como indicador de incertidumbre en diseño de proyectos de construcción. Bucaramanga, 2016. Trabajo de Grado Magister Ingeniería Civil. Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil.

- Delimitación del paquete de información: El paquete de información corresponde al recuadro de dibujo, definido por los puntos superiores izquierdo e inferior derecho, que definan el rectángulo de menor área que incluya todos los elementos de información asociados.
- Área del paquete: Corresponde al área comprendida por el recuadro de información delimitado, expresada en decímetros cuadrados [dm<sup>2</sup>].
- Área equivalente del paquete: Los paquetes de información se representan en los planos por medio de escalas de dibujo, de acuerdo con las necesidades del proyecto o preferencia del diseñador. Las escalas más representativas y usadas por los diseñadores se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Escalas comunes en planos de diseño

Contenido	Escala
Planos de localización en planta	1:100-1:250
Plantas de entrepiso	1:50-1:100
Despieces	1:50-1:100
Detalles	1:20-1:250

### 2.3 OBJETO DE INFORMACIÓN

Corresponden a la representación gráfica de un elemento estructural de obra, que posee forma, función y comportamiento, que deben corresponder en una relación uno a uno a los elementos estructurales requeridos para la estabilidad y funcionalidad del proyecto. Se clasifican en familias que atienden a su función estructural principal y por tipos, que son aquellos que agrupan los objetos por similitud de función, dimensión, atributos y disposición de refuerzo. La figura muestra el conjunto de objetos de una edificación de tipo aporticado.

- Área de diseño: Corresponde al área total de la estructura aporticada del proyecto. El área de diseño se calculó como la totalidad de la rea bajo cubiertas de todos los niveles de la estructura; en edificaciones en que existen plantas típicas con diferente área, se tienen en cuenta la de cada una por el número de niveles que corresponde.
- Niveles de diseño: Es el número máximo de niveles de la estructura del proyecto, con relación a la primera planta típica de la estructura analizada.
- Objetos tipo: Su definición se realiza a partir de la información consignada en planos. Estos objetos denominan la familia de los objetos o componentes estructurales (i.e. cimentación, columnas, vigas, viguetas, placas, escaleras y rampas)
- Objetos de Información: Es la contabilización de los elementos o componentes estructurales que pertenecen a una familia y se parte de la definición de tipos registrada en planos.

### **3. METODOLOGÍA**

La metodología desarrollada en el estudio aborda cuatro fases descritas a continuación:

#### **3.1 FASE I: IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN EN LOS PLANOS CONSTRUCTIVOS DE PAQUETES DE INFORMACIÓN, OBJETOS, DETALLES Y TIPOLOGÍA**

Se define la funcionalidad de cada paquete de información en donde se diseñó y elaboro un formato con el fin de registrar cada una de las características de los paquetes de información, dichos paquetes son:

- Localización
- Despiece
- Detalle
- Atributo (especificaciones )

La metodología de medición propuesta para los paquetes de información, permite estandarizar y comparar objetivamente los diferentes proyectos de diseño, de acuerdo con las preferencias de dibujo y percepción de quien realiza la medida. Los conceptos básicos de la metodología son:

- Delimitación del paquete de información.
- Área del paquete.

- Área equivalente del paquete.

### **3.2 FASE II: CATEGORIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS PAQUETES DE INFORMACIÓN SEGÚN SU TIPOLOGÍA Y EL OBJETO ESTRUCTURAL QUE REPRESENTAN**

Para el presente estudio se consideraron planos de diseño detallados de estructuras en concreto de viviendas e infraestructura vial. Los proyectos analizados fueron ejecutados del departamento de Santander, Colombia.

Para una óptima identificación y caracterización de toda la información presente en el plano, se validaron parámetros como:

- Área del paquete de información
- Escala del dibujo.
- Tipología
- Objeto
- Numero de objetos identificados.

Con el objeto de unificar la medida de información de los paquetes de información de diferentes proyectos, se define el área equivalente del paquete, que es la estandarización de las áreas de paquetes de igual tipo afectada por un factor de conversión, como se expresa en la ecuación (1):

$$Aeqpaq = Apaq * \left( \frac{Escala Dibujo}{Escala estandar} \right)^2$$

Donde la escala dibujo corresponde a la escala indicada en planos de diseño y escala estándar se encuentra definida por la tabla 2, según el tipo de paquete:

Tabla 2. Escalas estándar propuesta

Tipo de paquete	Escala
Especificaciones o atributo	1:100
Localización	1:100
Despieces	1:100
Detalles	1:25

Los paquetes de información se representan gráficamente a través de planos, que son áreas de papel de dibujo estandarizadas. Para facilitar la medida y comparación entre diferentes proyectos, se define lo siguiente:

**Área bruta:** Corresponde al tamaño físico de papel de los planos de diseño. Teniendo en cuenta las diferencias en disponibilidad comercial de papeles y equipos e impresión, se define como medida de unificación al tamaño equivalente más cercano del estándar internacional ISO 216 series A y B expresado en decímetros cuadrados [dm<sup>2</sup>]

**Área útil:** Corresponde al espacio efectivamente disponible para transmitir información gráfica del proyecto. Se obtiene sustrayendo el área destinada a rotulo del área bruta o espacio de papel. La unidad de medida es el decímetro cuadrado [dm<sup>2</sup>]

**Área Neta:** Corresponde a la suma de las áreas de paquete contenidas en un mismo plano, expresada en decímetros cuadrados [dm<sup>2</sup>].

### **3.3 FASE III: MEDICIÓN Y VALIDACIÓN DE INFORMACIÓN REGISTRADA EN PLANOS ESTRUCTURALES**

Se realizó las respectivas mediciones de los criterios establecidos en la fase II, teniendo en cuenta la clasificación de los paquetes de la fase I, con el fin de identificar y validar si la información presente en el plano es verídica, suficiente, relevante y si cumple con el objetivo principal de ser clara, necesaria y comprensible para cualquier persona.

La metodología de medición y contabilización de los objetos de información parte en principio de la información del sistema estructural diseñado y consignado en planos y las características geométricas básicas del mismo. Los conceptos básicos aplicados son:

- Área de diseño:
- Niveles de diseño:
- Objetos tipo:
- Objetos de Información:

### **3.4 FASE IV: ANÁLISIS, VERIFICACIÓN Y COMPARACIÓN ESTADÍSTICA DE LA INFORMACIÓN RECOLECTADA**

Con base en la información recolectada se definió una base de datos que permitirá simplificar y ordenar de manera sistemática los datos hallados para realizar un análisis estadístico y poder hacer una comparación de los resultados entre los proyectos de infraestructura vial con los proyectos de vivienda multifamiliar, finalmente se establece una comparación general con los datos arrojados en el

desarrollo del proyecto de maestría. De esta manera se facilitó la evaluación del nivel de detalle constructivo del proyecto y la calidad de información consignada en los planos.

Cabe resaltar que la manera en la que se abordó las dos primeras fases de este estudio se basó en la metodología de investigación desarrollada en la tesis de maestría: la cual se desarrolló de manera general en tres etapas:

1. Definición de las unidades de información básicas, de la metodología de medición de cada unidad y de los índices de información derivables.
2. Validación por medio de panel de expertos de los conceptos metodológicos e índices de medición propuestos.
3. Medición y registro de la información de diseño detallado aplicada a casos de estudio.

## 4. DESARROLLO Y APLICACIÓN METODOLÓGICA

Inicialmente se seleccionaron 12 proyectos de infraestructura: 7 proyectos de vivienda multifamiliar y 5 proyectos de infraestructura vial:

Tabla 3. Casos de estudio analizados

<b>Id</b>	<b>Uso del Proyecto</b>	<b>No Planos</b>
1	Transporte	8
2	Vivienda	62
11	Transporte	32
12	Transporte	29
13	Transporte	26
14	Transporte	14
23	Vivienda	3
24	Vivienda	39
25	Vivienda	16
26	Vivienda	3
30	Vivienda	9
31	Vivienda	11

La metodología de medición propuesta para los paquetes de información, permitió estandarizar y comparar objetivamente los diferentes proyectos de diseño.

### 4.1 ÍNDICES DE INFORMACIÓN

La metodología propuesta permite hacer una comparación de los diferentes tipos de proyectos analizados: Infraestructura vial y vivienda multifamiliar. El análisis de la información consignada en planos y su relación con el tamaño de los proyectos de diseño se analizan por medio de tres indicadores:

**4.1.1 Categorización del proyecto.** Se estima el tamaño del proyecto expresado en áreas de diseño, elementos estructurales y objetos tipo. Los índices son:

**Ad: Área de diseño:** Este índice permite caracterizar el tamaño de un proyecto de diseño por medio del área total de diseño, fue suministrado por el análisis previo realizado en la tesis de maestría.

**O<sub>i</sub>: Número de Objetos de Información (ecuación (1)):** Este índice permite caracterizar el tamaño de un proyecto de diseño con base al número total de objetos de información. Donde, O<sub>i</sub> hace referencia a los objetos típicos y n<sub>j</sub> al número de objetos por cada tipo.

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n O_t * n_i \quad (1)$$

**Ad/O<sub>i</sub>: Área de Diseño por tipología de Objetos de información (ecuación (2)):** Este índice también puede entenderse como la cantidad de área de diseño por unidad de objeto, y permite caracterizar el tamaño de un proyecto en términos de la densidad de objetos de información.

$$\frac{A_d}{O_i} \quad (2)$$

**Ab/O<sub>i</sub>: Área Base por tipología de Objetos (ecuación (3)):**

$$\frac{A_b}{O_i} \quad (3)$$

**O/O<sub>i</sub>: Número Total de Objetos de información por tipología de objetos (ecuación (4)):** Hace referencia a la relación que existe entre el número total de objetos (vigas, columnas, zapatas, etc.) que existen en el proyecto y el número de objetos por tipo. Permite caracterizar el número de objetos estructurales que existen en un proyecto según el tipo de elemento que represente.

$$\frac{O}{O_i} \quad (4)$$

**AEQp/Ad: Área equivalente de proyecto por área de diseño (ecuación (5)):**

Este indicador permite estimar la cantidad de información representada en planos, con relación al tamaño de proyectos de diseño.

$$\frac{AEQ_p}{A_d} \quad (5)$$

**4.1.2 Categorización del plano.** Esta categoría de índices estima la cantidad de información representada, grafica o textualmente, en los planos de diseño, expresado como porcentaje de área útil de los planos. Los índices más representativos son:

**Au: Área Útil:** Hace referencia al área o espacio de papel menos el área destinada al rotulo del plano, es decir, el espacio disponible para dibujo.

**Ab: Área Base:** Hace referencia al espacio de papel según estándar ISO 216.

**4.1.3 Categorización de paquetes.** Esta categoría estima la cantidad de información expresada en las áreas de las unidades básicas de información, represada en decímetros cuadrados y su composición porcentual por tipología de paquete de información (localización, perfil transversal, despiece, detalle. Y atributo). Los índices son:

**AEQp: Área Equivalente de Proyecto (ecuación (6)):** Este índice permite el análisis comparativo entre proyectos. Donde i hace referencia a paquetes por tipología y j al número de tipologías que se consideran para el análisis.

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n AEQ_{ij} \quad (6)$$

**AEQt: Área equivalente por tipología (ecuación (7)):** Donde i hace referencia a

paquetes por tipología. Este indicador permite comparar la composición de un conjunto de planos de un proyecto.

$$\sum_{i=1}^n AEQi \quad (7)$$

**Aut: Área útil por tipología de paquetes (ecuación (8)):** Permite hacer una comparación de la composición de un conjunto de planos según los tipos de paquetes de información que se generen.

$$\sum_{i=1}^n Aui \quad (8)$$

**Adt: Área de Diseño por tipología de paquetes (ecuación (9)):**

$$\sum_{i=1}^n Adi \quad (9)$$

**P/Oi: Número total de paquetes de información por tipología de Objetos de información (ecuación (10)):** Permite conocer el número de paquetes totales según los objetos de información (vigas, columnas, zapatas, etc.)

$$\frac{P}{O_i} \quad (10)$$

**P/Pi: Número total de paquetes de información por tipología de paquetes de información (ecuación (11)):** Este índice permite conocer el número de paquetes totales según los tipos de paquetes de información en cada plano, a su vez permite caracterizar un número promedio de paquetes según su tipo que debe existir en un proyecto

$$\frac{P}{P_i} \quad (11)$$

Con base en los índices anteriormente mencionados se realizan graficas comparativas de cada tipo de proyecto según su uso y se genera un análisis estadístico completo y detallado con base en cada índice, siguiendo la metodología para el análisis de los datos.

## 5. CASOS DE ESTUDIO

Para el desarrollo del proyecto se seleccionaron en total 12 casos de estudio: 7 Proyectos de vivienda multifamiliar y 5 proyectos de infraestructura vial, a los cuales se les aplicó la metodología anteriormente mencionada. La tabla 6 muestra las características generales de cada proyecto, su uso, el número de planos totales generados, área de diseño y número de niveles

Inicialmente se realizó la clasificación de los proyectos según su uso, y través de una base de datos previamente diseñada en Excel se hizo un conteo general de los planos que contenía cada proyecto, luego se numeraron los paquetes de información que contenía cada plano y se clasificaron según su tipología: localización, despiece, detalle o atributo, después de clasificarlo se procedió a calcular el área neta dibujada de cada paquete y posteriormente con base a la escala estandarizada propuesta para cada uno se calculó el área neta equivalente, Además cada paquete fue clasificado según la familia del objeto que representaba: vigas columnas, cimentaciones, etc.

Después de obtener los datos generales, se procede a hacer una clasificación general con el número de tipos y elementos estructurales del proyecto.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 INFORMACIÓN SOBRE LOS PROYECTOS

La Tabla 4 muestra el resumen estadístico de las características generales de los casos estudiados, para proyectos de infraestructura vial de donde se analizaron proyectos cuya área de diseño (Ad) promedio fue de 9.803 m<sup>2</sup>, área base (Ab) o área del primer nivel de edificación con promedio de 4.378 m<sup>2</sup> y en promedio 7 niveles de altura.

Tabla 4. Estadísticas de la información de proyectos de infraestructura vial

	Ad [m2]	Ab [m2]	Niveles	Tipos	Objetos
<b>Promedio</b>	9.803	4.378	7	17	62
<b>Desvstd</b>	8.162	4.211	9	43	211
<b>Mínimo</b>	1.938	328	2	0	0
<b>Q1</b>	4.086	1.554	2	0	0
<b>Mediana</b>	10.280	2.762	3	2	2
<b>Q3</b>	11.107	6.996	6	14	35
<b>Máximo</b>	26.018	10.459	27	300	1.360
<b>Asimetría</b>	1,4	1,0	2,4	4,3	5,5
<b>Curtosis</b>	2,6	-1,1	6,1	21,1	31,3

Por otro lado, la Tabla 5 muestra que el área de diseño (Ad) promedio fue de 7.758 m<sup>2</sup>, área base (Ab) o área del primer nivel de edificación con promedio de 2.944 m<sup>2</sup> y en promedio 8 niveles de altura, esto para proyectos de vivienda multifamiliar.

Tabla 5. Estadísticas de la información de proyectos de vivienda multifamiliar.

	<b>Ad [m2]</b>	<b>Ab [m2]</b>	<b>Niveles</b>	<b>Tipos</b>	<b>Objetos</b>
<b>Promedio</b>	7.759	2.945	8,3	16	52
<b>Desvstd</b>	7.289	3.819	8,8	43	186
<b>Minímo</b>	572	270	2,0	0	0
<b>Q1</b>	2.371	470	3,0	0	0
<b>Mediana</b>	5.773	988	5,0	2	2
<b>Q3</b>	10.540	3.277	7,5	15	24
<b>Máximo</b>	26.018	10.459	27,0	300	1.360
<b>Asimetría</b>	1,7	1,6	1,7	4	5
<b>Curtosis</b>	3,4	1,2	1,7	27	35

El número promedio de tipos de elementos estructurales diseñados fue de 17 y de objetos estructurales de 62 para proyectos de infraestructura vial, sin embargo, para proyectos de vivienda multifamiliar fue de 16 y 52 respectivamente, esto representa una idea general de la complejidad de la representación gráfica en los planos detallados de construcción.

Si se compara estos resultados con los obtenidos en el desarrollo de la tesis de maestría en la cual se basa este estudio, se puede decir que tanto el número de niveles como el área de diseño y el número promedio de objetos y tipos de elementos estructurales difieren, puesto que tanto el número de niveles como el área de diseño dependen del tipo de estructura que se analice, es claro que el número de niveles para el caso de infraestructura vial es muy distinto al de vivienda multifamiliar y por ende es distinto cuando se evalúan todos los proyectos en conjunto como se hizo en la tesis de maestría, sin embargo los resultados encontrados están acorde al tipo de estructura que se analizó y al uso se le da.

La información sobre las características generales de los proyectos se desagregó

en categorías: según el área de diseño (Tablas 6 y 7) y según los niveles construidos (Tablas 8 y 9), para indicar los índices de complejidad basados en los tipos y objetos estructurales requeridos por los mismos.

Tabla 6. Información de proyectos de infraestructura vial desagregada por área

	Tipos	Ad/T	Objetos	Ad/O	O/T
<b>Área de diseño [1.000-3.000] m<sup>2</sup></b>					
<b>Promedio</b>	7	82	19	37	7
<b>Desvstd</b>	14	35	27	9	10
<b>Mínimo</b>	0	40	0	23	1
<b>Mediana</b>	1	86	3	40	4
<b>Máximo</b>	60	114	83	45	30
<b>Área de diseño &gt; 3.000 m<sup>2</sup></b>					
<b>Promedio</b>	18	409	62	193	10
<b>Desvstd</b>	43	361	200	220	22
<b>Mínimo</b>	0	76	0	47	0
<b>Mediana</b>	2	252	2	116	2
<b>Máximo</b>	258	900	1360	703	88

El grado de complejidad de los proyectos representados por el número de tipos y objetos, analizados por área de diseño, muestra que para proyectos de infraestructura vial no se analizaron áreas menores a 1.000 m<sup>2</sup>, mientras que para áreas entre 1.000 y 3.000 m<sup>2</sup> se requirieron representar en promedio 7 tipos de objetos estructurales, mientras que para áreas mayores a 3.000 m<sup>2</sup> se requirió aproximadamente el doble de representación de objetos. (Tabla 6).

Tabla 7. Información de proyectos de vivienda multifamiliar desagregada por área

	Tipos	Ad/T	Objetos	Ad/O	O/T
<b>Área de diseño &lt; 1.000 m<sup>2</sup></b>					
<b>Promedio</b>	6	37	10	20	2
<b>Desvstd</b>	11	29	14	6	2
<b>Mínimo</b>	0	16	0	16	1

Tabla 7. Continuación

	Tipos	Ad/T	Objetos	Ad/O	O/T
<b>Área de diseño &lt; 1.000 m2</b>					
<b>Mediana</b>	1	37	2	20	2
<b>Máximo</b>	36	57	37	24	5
<b>Área de diseño [1.000-3.000] m2</b>					
<b>Promedio</b>	8	38	13	89	1
<b>Desvstd</b>	14	39	22	56	1
<b>Mínimo</b>	0	0	0	45	0
<b>Mediana</b>	2	32	2	72	1
<b>Máximo</b>	52	90	93	167	2
<b>Área de diseño &gt; 3.000 m2</b>					
<b>Promedio</b>	19	280	67	160	8
<b>Desvstd</b>	49	292	216	174	18
<b>Mínimo</b>	0	34	0	14	0
<b>Mediana</b>	2	143	3	115	1
<b>Máximo</b>	300	900	1360	703	88

En el caso de los proyectos de vivienda multifamiliar se muestra que en áreas menores a 1.000 m2 en promedio el número de representación de tipos de objetos que se requirió fue de 6, mientras que para áreas entre 1.000 y 3.000 se requirieron representar 8 tipos de objetos, sin embargo, para áreas mayores a 3.000 m2 se requirió representar un poco más del doble de tipos de objetos que en el área inmediatamente anterior. (Tabla 7)

Lo anterior lleva a suponer que, a mayor área de diseño, mayor número de tipos y mayor área de dibujo. Se puede evidenciar que la complejidad depende más del número de tipos de elementos estructurales, que del número de objetos estructurales. La relación objetos/Tipos es variable y depende de los rangos de área analizados, en el caso de proyectos de vivienda multifamiliar la relación O/T es de 2 para áreas menores a 1.000, sin embargo para áreas entre 1.000 y 3.000 fue de tan solo 1 y para áreas mayores a 3.000 m2 aumento hasta 7, aunque se

espera que el aumento fuera progresivo en función del área, en este caso en particular no lo es, sin embargo se especula que pudieron haber errores dentro de la fase de cuantificación y recolección de datos. Al comparar estos resultados con los de la tesis de maestría, se puede establecer que si bien la relación O/T varia para áreas menores a 3.000 m<sup>2</sup> en el tipo de estructura evaluadas, la conclusión es la misma: La diferencia en complejidad de una estructura a otra es más notoria cuando los proyectos son menores y mayores a 3.000 m<sup>2</sup>

Como se mencionó anteriormente el grado de complejidad de los proyectos analizados también se hizo por niveles, como lo evidencian las tablas 8 y 9. En proyectos de transporte hasta de dos niveles de construcción se requieren en promedio 11 tipos de objetos, mientras que proyectos con 3 y 4 niveles requirieron un poco más del doble (32), sin embargo para proyectos con más de 5 niveles el promedio de tipos se redujo nuevamente a 11 (Tabla 8), esto se debe probablemente a que en proyectos de transporte las edificaciones no suelen tener más de 4 niveles de construcción y generalmente los últimos niveles pertenecen a cubiertas que representan muy pocos elementos y tipos estructurales como: ménsulas, columnetas o algunas vigas de soporte.

Tabla 8. Información de proyectos de infraestructura vial desagregada por niveles

	<b>Tipos</b>	<b>Ad/T</b>	<b>Objetos</b>	<b>Ad/O</b>	<b>O/T</b>
<b>Niveles [1-2]</b>					
<b>Promedio</b>	11	228	21	73	5
<b>Devstd</b>	22	331	31	56	8
<b>Mínimo</b>	0	40	0	23	0
<b>Mediana</b>	1	111	2	43	3
<b>Máximo</b>	93	900	93	146	30
<b>Niveles [3-4]</b>					
<b>Promedio</b>	32	499	148	378	1
<b>Devstd</b>	72	563	388	460	1
<b>Mínimo</b>	0	101	0	53	0

Tabla 8. Continuación

	Tipos	Ad/T	Objetos	Ad/O	O/T
<b>Niveles [3-4]</b>					
<b>Mediana</b>	2	499	0	378	1
<b>Máximo</b>	258	897	1360	703	2
<b>Niveles≥5</b>					
<b>Promedio</b>	12	396	37	125	12
<b>Desvstd</b>	23	390	58	110	14
<b>Mínimo</b>	0	120	0	47	2
<b>Mediana</b>	2	396	5	82	7
<b>Máximo</b>	95	671	200	289	33

Por otro lado, en proyectos de vivienda multifamiliar las estructuras analizadas fueron de más de 3 niveles, encontrando que proyectos con niveles 3 y 4 el número de tipos de objetos en promedio es de 7, mientras que para proyectos con más de 5 niveles el promedio de tipos de objetos fue de aproximadamente el triple que con niveles inferiores (18). En este caso y en el caso de los proyectos evaluados en la tesis de maestría, la diferencia en complejidad es más notoria cuando los proyectos son menores y mayores a 4 niveles, puesto que el número promedio de objetos suele ser mucho mayor cuando la estructura pasa de tener menos de 4 niveles a ser mayor de este número de niveles.

Tabla 9. Información de proyectos de vivienda multifamiliar desagregada por niveles

	Tipos	Ad/T	Objetos	Ad/O	O/T
<b>Niveles [3-4]</b>					
<b>Promedio</b>	7	54	9	46	2
<b>Desvstd</b>	12	31	14	34	2
<b>Mínimo</b>	0	16	0	16	0
<b>Mediana</b>	1	54	2	38	1
<b>Máximo</b>	43	92	43	92	5
<b>Niveles≥5</b>					

Tabla 9. Continuación

	<b>Tipos</b>	<b>Ad/T</b>	<b>Objetos</b>	<b>Ad/O</b>	<b>O/T</b>
<b>Niveles<math>\geq</math>5</b>					
<b>Promedio</b>	18	259	62	154	7
<b>Desvstd</b>	47	282	205	165	17
<b>Mínimo</b>	0	34	0	14	0
<b>Mediana</b>	2	140	3	115	1
<b>Máximo</b>	300	900	1360	703	88

La relación de complejidad de los proyectos analizados en función del número de paquetes de información y su área de diseño, se analizó encontrando que, a mayor área de diseño, mayor el número de paquetes de información y mayor número de tipos de objetos encontrados en planos.

## **6.2 INFORMACIÓN GENERADA EN PLANOS**

La tabla 10 muestra el resumen estadístico de la información generada en planos para proyectos de infraestructura vial. El promedio de planos analizados por proyecto fue 29, lo que representa en promedio un área útil para dibujar de 1430 dm<sup>2</sup>. El número promedio de paquetes de información generados por proyecto fue de 557, lo que represento en promedio un área neta de 789 dm<sup>2</sup> y un área neta equivalente de 3506 dm<sup>2</sup>. El número mínimo de paquetes identificados en un proyecto fue 161 y el número máximo 1189, lo que significo en área neta equivalente 284 dm<sup>2</sup> y 13.286 dm<sup>2</sup> respectivamente.

Tabla 10. Estadísticas de la información en planos de proyectos de infraestructura vial

	Planos	Aútil [dm2]	Paq.	Aneta [dm2]	AnetaEq [dm2]
<b>Promedio</b>	29	1430	557	789	3506
<b>Desvstd</b>	17	642	345	340	4488
<b>Mínimo</b>	8	502	161	297	284
<b>Q1</b>	20	930	331	563	1106
<b>Mediana</b>	29	1630	581	891	2157
<b>Q3</b>	34	1912	655	971	3303
<b>Máximo</b>	62	2195	1189	1266	13286
<b>Asimetría</b>	0,9	-0,3	0,9	-0,2	2,2
<b>Curtosis</b>	1,8	-1,7	1,2	-0,8	5,4

Por su parte, la tabla 11 muestra el resumen estadístico de la información generada en planos para proyectos de vivienda multifamiliar. El promedio de planos analizados por proyecto fue 25, lo que representa en promedio un área útil para dibujar de 1326 dm<sup>2</sup>. El número promedio de paquetes de información generados por proyecto fue de 502, lo que represento en promedio un área neta de 806 dm<sup>2</sup> y un área neta equivalente de 2687 dm<sup>2</sup>. El número mínimo de paquetes identificados en un proyecto fue 143 y el número máximo 1189, lo que significo en área neta equivalente 298 dm<sup>2</sup> y 13.286 dm<sup>2</sup> respectivamente.

Si se comparan estos resultados con los hallados en la tesis de maestría, se encuentra una variación en el número promedio de cada uno de los datos analizados, esto se debe a que en la tesis de maestría se abordó el análisis estadístico con la totalidad de todos los proyectos sin tener en cuenta el tipo de uso de cada estructura, es por eso que algunos de estos datos pueden cambiar, ya que dependen exclusivamente del tipo de proyecto que se evalué y el número de proyectos que se analicen.

Tabla 11. Estadísticas de la información en planos de proyectos de vivienda multifamiliar

	Planos	Aútil [dm2]	Paq.	Aneta [dm2]	AnetaEq [dm2]
<b>Promedio</b>	25	1326	502	806	2687
<b>Desvstd</b>	17	715	361	462	3692
<b>Minímo</b>	6	376	143	242	298
<b>Q1</b>	13	784	202	472	472
<b>Mediana</b>	26	1003	445	699	1856
<b>Q3</b>	34	1912	655	971	2617
<b>Máximo</b>	62	2445	1189	1859	13286
<b>Asimetría</b>	1,0	0,3	0,8	1,2	2,8
<b>Curtosis</b>	1,0	-1,5	-0,3	1,6	8,4

El análisis de la información generada en planos y espacio de dibujo para los proyectos estudiados, se realizó de manera desagregada, siguiendo la categoría de análisis de los proyectos por áreas de diseño (tablas 12 y 13) y por el número de niveles (tablas 14 y 15). La necesidad de representación gráfica de los proyectos mostró comportamiento similar a la complejidad, según el área de diseño.

Como lo muestra la tabla 12 para proyectos de infraestructura vial con área entre 1.000 y 3.000 m<sup>2</sup> se requirieron en promedio 11 planos, mientras que para áreas mayores a 3.000 m<sup>2</sup> se requieren en promedio 31 planos, casi el triple. Lo mismo mostraron los datos relacionados con el número de paquetes dibujados: con área entre 1.000 y 3.000 se requieren en promedio 189 paquetes de información y para áreas mayores a 3.000 m<sup>2</sup> se necesitan en promedio 584, casi el triple.

Tabla 12. Información en planos desagregado por área de proyectos de infraestructura vial

	Planos	Aútil [dm2]	Paquetes	Aneta [dm2]	AnetaEq [dm2]
<b>Área de diseño [1.000-3.000] m2</b>					
<b>Promedio</b>	11	690	189	362	320
<b>Desvstd</b>	4	266	40	92	51
<b>Mínimo</b>	8	502	161	297	284
<b>Mediana</b>	11	690	189	362	320
<b>Máximo</b>	14	878	217	427	356
<b>Área de diseño &gt; 3.000 m2</b>					
<b>Promedio</b>	31	1912	584	1025	5062
<b>Desvstd</b>	4	243	112	175	5502
<b>Mínimo</b>	26	1630	445	891	1856
<b>Mediana</b>	31	1912	586	971	2552
<b>Máximo</b>	35	2195	719	1266	13286

En el caso de los proyectos de vivienda multifamiliar el comportamiento de la relación área de diseño con número de planos y paquetes es similar (Tabla 13); para áreas menores a 1.000 m<sup>2</sup> el promedio de número de planos y paquetes es de 6 y 146 respectivamente, mientras que para áreas entre 1.000 y 3.000 es de 13 y 230, y finalmente para áreas mayores a 3.000 m<sup>2</sup> el número promedio de planos es de 31 y de paquetes de 614. Con base en el análisis de los datos recolectados se puede reducir que, según el valor de área del proyecto, el número de planos y paquetes suele ser el doble que el valor anterior para áreas menores a 1.000, entre 1.000 y 3.000 y mayores a 3.000 m<sup>2</sup>. Al comparar estos resultados con los obtenidos en la tesis de maestría, se puede concluir que los resultados son proporcionalmente parecidos, ya que los dos demuestran una relación directa entre el número de paquetes de información y el grado de complejidad de los proyectos.

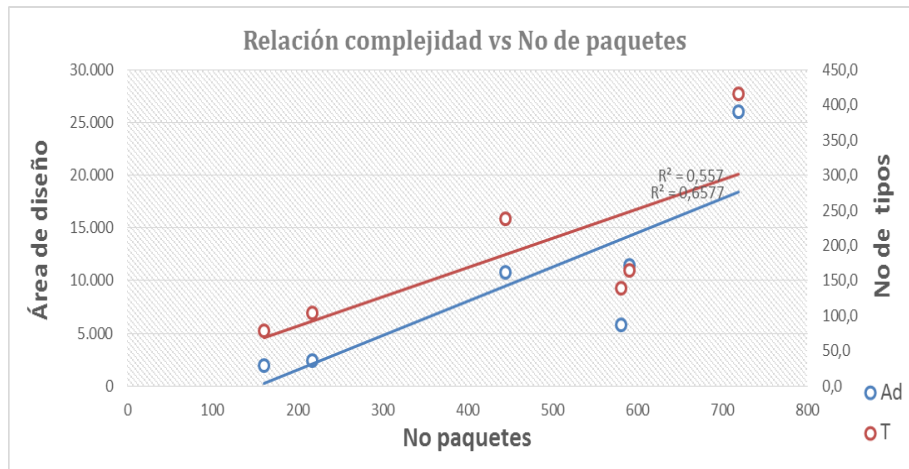
Tabla 13. Información en planos desagregado por área de proyectos de vivienda multifamiliar

	Planos	Aútil [dm2]	Paquetes	Aneta [dm2]	AnetaEq [dm2]
<b>Área de diseño &lt; 1.000 m2</b>					
<b>Promedio</b>	6	376	146	242	1765
<b>Desvstd</b>	0	0	0	0	0
<b>Mínimo</b>	6	376	146	242	1765
<b>Mediana</b>	6	376	146	242	1765
<b>Máximo</b>	6	376	146	242	1765
<b>Área de diseño [1.000-3.000] m2</b>					
<b>Promedio</b>	13	784	230	513	383
<b>Desvstd</b>	5	310	61	120	121
<b>Mínimo</b>	9	564	187	428	298
<b>Mediana</b>	13	784	230	513	383
<b>Máximo</b>	16	1003	273	598	469
<b>Área de diseño &gt; 3.000 m2</b>					
<b>Promedio</b>	31	1581	614	950	3378
<b>Desvstd</b>	16	656	363	457	4157
<b>Mínimo</b>	11	690	143	427	356
<b>Mediana</b>	31	1724	586	896	2221
<b>Máximo</b>	62	2445	1189	1859	13286

Estos resultados indican que hay una relación directa entre el número de paquetes de información y el grado de complejidad de los proyectos figuras 4 y 5.

El modelo de regresión lineal para proyectos de infraestructura vial muestra, que el área de diseño es un predictor estadísticamente significativo del número de paquetes de información, el cual explica en un 65% su variabilidad. Lo mismo se evidencio con el número de tipos, que resultó ser un predictor estadísticamente significativo, explicando en un 55% la variabilidad del número de paquetes de información generados (Figura 4).

Figura 4. Relación complejidad vs No de paquetes en proyectos de infraestructura vial

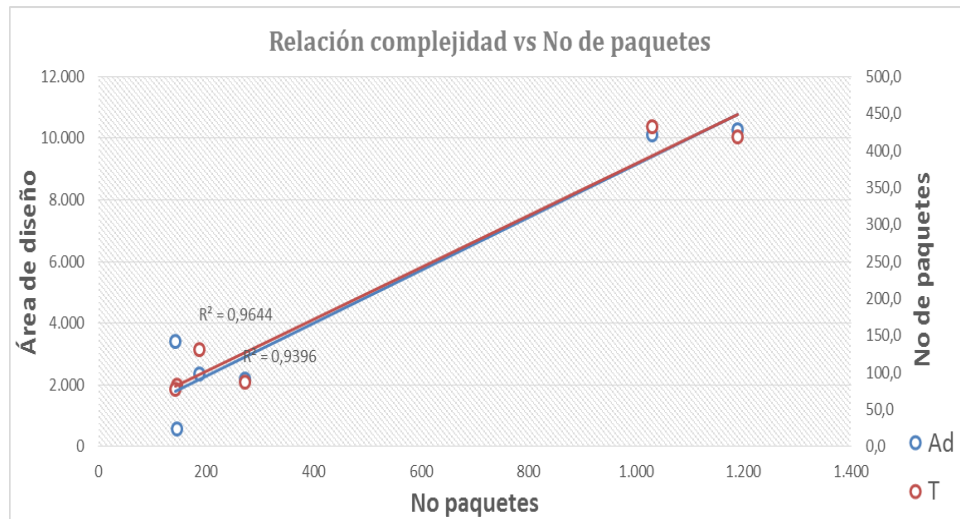


En la figura 5 el modelo de regresión lineal para proyectos de vivienda multifamiliar muestra una variabilidad del número de paquetes de información con respecto al predictor estadístico: Área de diseño con 93%. Lo mismo se evidencia para el número de tipos, que resulta ser un predictor, explicando en un 96% la variabilidad del número de paquetes de información generados.

Para el modelo de regresión lineal de la tesis de maestría los porcentajes de variabilidad del número de paquetes de información generados, son 71% y 69% por área de diseño y número de tipos de objetos respectivamente.

Si se comparan todos los resultados en conjunto, se puede concluir que tanto el área de diseño como el número de tipos de objetos son predictores estadísticamente significativos del número de paquetes de información generados en un proyecto de construcción, puesto que los rangos de variabilidad para todos los casos de proyectos evaluados y analizados son proporcionalmente similares.

Figura 5. Relación complejidad vs No de paquetes en proyectos de vivienda multifamiliar



Cuando la información sobre la representación gráfica en planos se desagregó por niveles de construcción (tablas 14 y 15), indica que en promedio para proyectos de infraestructura vial se generaron 16 planos en proyectos de 1 a 2 niveles, mientras que para proyectos de 3 y 4 niveles se duplicó a 29 planos, sin embargo, para proyectos de más de 4 niveles el número promedio de planos es de 36. En cuanto al número de paquetes de información el comportamiento estadístico es similar: para proyectos con niveles 1 y 2 el número promedio de paquetes es de 274, para niveles 3 y 4 fue de 719 un poco más de la mitad, sin embargo, para proyectos con más de 4 niveles el número de paquetes promedio fue de 586. Con base en este análisis se puede evidenciar un notorio aumento de casi el doble en proyectos de niveles 1 y 2 a proyectos con niveles 3 y 4. La diferencia en el número promedio de planos y paquetes es más notoria cuando los proyectos tienen más de dos niveles o menos de 2 niveles. (Tabla 14)

Tabla 14. Información de planos desagregado por niveles de proyectos de infraestructura vial

	Planos	Aútil [dm2]	Paquetes	Aneta [dm2]	AnetaEq [dm2]
<b>Niveles [1-2]</b>					
<b>Promedio</b>	16	1003	274	542	832
<b>Desvstd</b>	9	575	150	318	887
<b>Mínimo</b>	8	502	161	297	284
<b>Mediana</b>	14	878	217	427	356
<b>Maximo</b>	26	1630	445	901	1856
<b>Niveles [3-4]</b>					
<b>Promedio</b>	29	1818	719	891	13286
<b>Desvstd</b>	0	0	0	0	0
<b>Mínimo</b>	29	1818	719	891	13286
<b>Mediana</b>	29	1818	719	891	13286
<b>Máximo</b>	29	1818	719	891	13286
<b>Niveles ≥5</b>					
<b>Promedio</b>	34	2101	586	1154	2552
<b>Desvstd</b>	2	133	6	158	560
<b>Mínimo</b>	32	2006	581	1042	2157
<b>Mediana</b>	34	2101	586	1154	2552
<b>Máximo</b>	35	2195	590	1266	2948

Algo parecido sucede con el comportamiento de los proyectos de vivienda multifamiliar, en este caso en particular, como los proyectos que se analizaron eran de más de 2 niveles, los resultados fueron los siguientes: Para proyectos con niveles 3 y 4 el número promedio de planos y paquetes fue de 11 y 210 respectivamente, y para proyectos con más de 4 niveles el número promedio de planos y paquetes fue de 29 y 567 respectivamente. Este resultado indica que el aumento es casi el triple del anterior, es decir que el número de planos y paquetes aumenta en tres veces su número cuando las edificaciones pasan de tener tres niveles a tener más de ese número (Tabla 15)

Si se analizan todos los proyectos en conjunto, los resultados varían sustancialmente con los generados por los proyectos de infraestructura vial, mientras que los resultados generados por los proyectos de vivienda multifamiliar con los generados en la tesis de maestría guardan una relación de numero de paquetes de información similar, esto se debe probablemente a la condición anteriormente explicada para proyecto de infraestructura vial cuando se analizan bajo la variable de numero de niveles de la estructura.

Tabla 15. Información de planos desagregado por niveles de proyectos de vivienda multifamiliar

	Planos	Aútil [dm2]	Paquetes	Aneta [dm2]	AnetaEq [dm2]
<b>Niveles [3-4]</b>					
<b>Promedio</b>	11	690	210	420	104
<b>Devstd</b>	7	443	90	252	124
<b>Mínimo</b>	6	376	146	242	16
<b>Mediana</b>	11	690	210	420	104
<b>Máximo</b>	16	1003	273	598	192
<b>Niveles≥5</b>					
<b>Promedio</b>	29	1468	567	892	3035
<b>Devstd</b>	17	701	369	462	4022
<b>Mínimo</b>	9	564	143	427	298
<b>Mediana</b>	29	1630	581	891	2157
<b>Máximo</b>	62	2445	1189	1859	13286

### 6.3 INFORMACIÓN REPRESENTADA EN PAQUETES

La tabla 16 muestra el resumen estadístico de los tipos de paquetes de información generados para los proyectos de infraestructura vial. Con base en los datos de la tabla 16, se observa que en promedio se generaron entre 13 y 17 veces más paquetes de despieces y detalles (215-298), que paquetes de localización (17). Además, que los paquetes de referencia generados en

promedio (27), representaron casi una décima parte de los paquetes de detalle (298).

Tabla 16. Estadística de los tipos de paquetes para proyectos de infraestructura vial

	P_LOC	P_DESP	P_DET	P_REF
<b>Promedio</b>	17	215	298	27
<b>Desvstd</b>	9	122	216	22
<b>Minímo</b>	8	65	83	5
<b>Q1</b>	10	139	158	12
<b>Mediana</b>	15	212	267	24
<b>Q3</b>	22	264	355	33
<b>Máximo</b>	31	427	714	71
<b>Asimetría</b>	0,7	0,6	1,3	1,4
<b>Curtosis</b>	-0,5	0,5	1,8	2,3

Por su lado, la tabla 17 muestra el resumen estadístico de los tipos de paquetes de información generados para los proyectos de vivienda multifamiliar. Analizando los datos recolectados se puede establecer lo siguiente: Se observa que en promedio se generaron entre 12 y 16 veces más paquetes de despieces y detalles (199-261), que paquetes de localización (16). Además, que los paquetes de referencia generados en promedio (26), representaron casi una décima parte de los paquetes de detalle (261)

Con se puede observar los resultados generados entre los proyectos de vivienda multifamiliar e infraestructura vial son muy parecidos, lo cual permite establecer lo siguiente:

La composición promedio por tipología de los paquetes de información de los proyectos analizados, muestra la preponderancia general de paquetes de detalle, puesto que son casi la mitad del total de los paquetes de información de los

proyectos analizados. Si se suma los paquetes referentes a despieces y detalles estos representarían el 92% de todos los paquetes de información de los proyectos evaluados. La información de referencia y localización sigue en orden de preponderancia, con un 5% y 3% respectivamente. Este análisis concuerda totalmente con lo establecido en la tesis de maestría para estadísticas de los tipos de paquetes, puesto que los resultados fueron similares.

Tabla 17. Estadística de los tipos de paquetes para proyectos de vivienda multifamiliar

	P_LOC	P_DESP	P_DET	P_REF
<b>Promedio</b>	16	199	261	26
<b>Desvstd</b>	9	136	209	24
<b>Mínimo</b>	5	61	61	0
<b>Q1</b>	9	82	91	8
<b>Mediana</b>	15	188	210	24
<b>Q3</b>	22	264	355	33
<b>Máximo</b>	31	431	714	71
<b>Asimetría</b>	0,6	0,8	1,1	1,0
<b>Curtosis</b>	-0,9	-0,6	0,7	0,0

La tabla 18 muestra el análisis estadístico de los índices calculados con el área de diseño y el número de paquetes para proyectos de infraestructura vial; se observa que en promedio por cada 659 m<sup>2</sup> de diseño se genera un paquete de localización y por cada 44 m<sup>2</sup> o 34 m<sup>2</sup> uno de despiece o de detalle.

Tabla 18. Estadística de los índices de paquetes para proyectos de infraestructura vial

	Ad /P_Loc	Ad/P_Desp	Ad /P_Det	Ad /P_Esp.
<b>Promedio</b>	659	44	34	568
<b>Desvstd</b>	587	26	18	718

Tabla 18. Continuación

	<b>Ad /P_Loc</b>	<b>Ad/P_Desp</b>	<b>Ad /P_Det</b>	<b>Ad /P_Esp.</b>
<b>Mínimo</b>	186	24	14	81
<b>Mediana</b>	490	30	23	381
<b>Máximo</b>	1735	96	62	2168

Los resultados suelen ser similares para los proyectos de vivienda multifamiliar, puesto que según muestra la tabla 19 en promedio por cada 528 m<sup>2</sup> de área de diseño se genera un paquete de localización, por cada 37 m<sup>2</sup> uno de despieces y por cada 31 m<sup>2</sup> de área de diseño un paquete de detalle.

Como se puede evidenciar la mayoría de resultados para el análisis de la información representada en paquetes suele ser muy similar en los dos tipos de proyectos analizados: Infraestructura vial y vivienda multifamiliar, igualmente si se evalúan los resultados con los hallados en la tesis de maestría, se evidencia que guardan una relación similar todos los índices.

Tabla 19. Estadística de los índices de paquetes para proyectos de vivienda multifamiliar

	<b>Ad /P_Loc</b>	<b>Ad/P_Desp</b>	<b>Ad /P_Det</b>	<b>Ad /P_Esp.</b>
<b>Promedio</b>	528	37	31	472
<b>Desvstd</b>	503	24	19	648
<b>Mínimo</b>	64	9	8	0
<b>Mediana</b>	428	27	23	200
<b>Máximo</b>	1735	96	62	2168

Las tablas 20 y 21 muestran el resumen estadístico de las áreas equivalentes de los paquetes de información generados, para los proyectos de infraestructura vial y vivienda multifamiliar respectivamente, de acuerdo con la familia de objetos.

Se observa que la relación entre áreas equivalentes de cimentación y columnas fue, en promedio 1:3 para el caso de proyectos de infraestructura vial y de 1:4 para proyectos de vivienda multifamiliar; sin embargo, la relación entre cimentación, columnas y vigas suele ser mucho mayor, puesto que según los resultados se generaron en promedio por proyecto 1835 dm<sup>2</sup> de área equivalente de vigas para proyectos de transporte y de 1408 dm<sup>2</sup> de área equivalente de vigas para proyectos de vivienda. Lo cual permite establecer que el área equivalente perteneciente a vigas representa una buena parte del área total equivalente de todos los proyectos analizados.

Los anteriores resultados no concuerdan con los obtenidos en la tesis de maestría; aunque la relación entre áreas equivalentes de cimentación y columnas son similares, al analizar en conjunto la relación cimentación, columnas y vigas cambia drásticamente, esto se debe a que el valor de área equivalente para vigas en los dos tipos de proyectos analizados: infraestructura vial y vivienda multifamiliar es mucho mayor, que al analizar todos los proyectos en conjunto como se hizo en el desarrollo de la metodología de la tesis de maestría.

Tabla 20. Estadística de las áreas equivalentes por familia de objetos para proyectos de infraestructura vial

	<b>AE_Cim [dm<sup>2</sup>]</b>	<b>AE_Col [dm<sup>2</sup>]</b>	<b>AE_Vig [dm<sup>2</sup>]</b>
<b>Promedio</b>	66	167	1835
<b>Desvstd</b>	104	129	2566
<b>Mínimo</b>	2	35	122
<b>Q1</b>	11	81	415
<b>Mediana</b>	30	124	1151
<b>Q3</b>	57	239	1636
<b>Máximo</b>	294	370	7465

Tabla 20. Continuación

	<b>AE_Cim</b> [dm2]	<b>AE_Col</b> [dm2]	<b>AE_Vig</b> [dm2]
<b>Asimetría</b>	2,4	0,9	2,3
<b>Curtosis</b>	5,8	-0,8	5,6

Tabla 21. Estadística de las áreas equivalentes por familia de objetos para proyectos de vivienda multifamiliar

	<b>AE_Cim</b> [dm2]	<b>AE_Col</b> [dm2]	<b>AE_Vig</b> [dm2]
<b>Promedio</b>	42	157	1408
<b>Desvstd</b>	87	105	2100
<b>Mínimo</b>	0	35	140
<b>Q1</b>	1	87	181
<b>Mediana</b>	6	143	931
<b>Q3</b>	35	177	1352
<b>Máximo</b>	294	370	7465
<b>Asimetría</b>	2,9	1,1	2,8
<b>Curtosis</b>	9,0	0,6	8,6

Analizando los índices calculados con el área de diseño y el área equivalente, como se muestra en la tabla 22, se observa que en promedio para proyectos de infraestructura vial por cada 643 m<sup>2</sup> de área de diseño se genera un 1dm<sup>2</sup> equivalente de cimentación, mientras que por cada 62.8 m<sup>2</sup> de área de diseño se genera 1 dm<sup>2</sup> equivalente de columnas y por cada 10 m<sup>2</sup> de área de diseño 1 dm<sup>2</sup> equivalente de vigas.

Tabla 22. Estadística de los índices de área equivalente para proyectos de infraestructura vial

	<b>Ad /AE_Cim</b>	<b>Ad /AE_Col</b>	<b>Ad /AE_Vig</b>
<b>Promedio</b>	643	63	10
<b>Desvstd</b>	666	31	6
<b>Mínimo</b>	20	31	4
<b>Mediana</b>	352	70	10
<b>Máximo</b>	1671	108	17

Por otro lado, para proyectos de vivienda multifamiliar, se encuentra un comportamiento estadístico similar como se muestra en la tabla 23: en promedio por cada 504 m<sup>2</sup> de área de diseño se genera 1 dm<sup>2</sup> equivalente de cimentación, mientras que por cada 52 m<sup>2</sup> de área de diseño se genera 1 dm<sup>2</sup> equivalente de columnas y por cada 10 m<sup>2</sup> de área de diseño 1dm<sup>2</sup> equivalente de vigas. Esto indica que se puede suponer una relación proporcional de las áreas equivalentes con el área de diseño y/o número de tipos definidos en el proyecto.

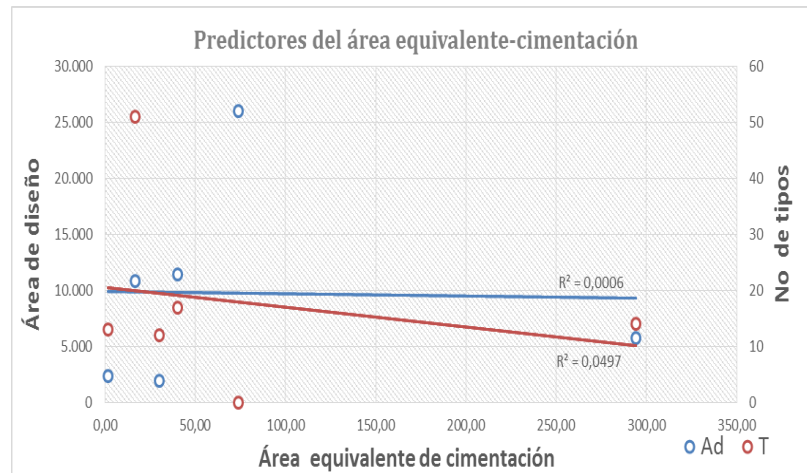
Tabla 23. Estadística de los índices de área equivalente para proyectos de vivienda multifamiliar

	<b>Ad /AE_Cim</b>	<b>Ad /AE_Col</b>	<b>Ad /AE_Vig</b>
<b>Promedio</b>	504	52	10
<b>Desvstd</b>	619	31	7
<b>Mínimo</b>	0	3	1
<b>Mediana</b>	284	43	10
<b>Máximo</b>	1671	108	25

Planteando un modelo de regresión lineal simple, se observa que el número de tipos es un predictor estadísticamente significativo del área equivalente de cimentación, que explica su variabilidad en un 4.9%. Por su parte, se encontró que el área de diseño (Ad) no es un predictor estadísticamente significativo del

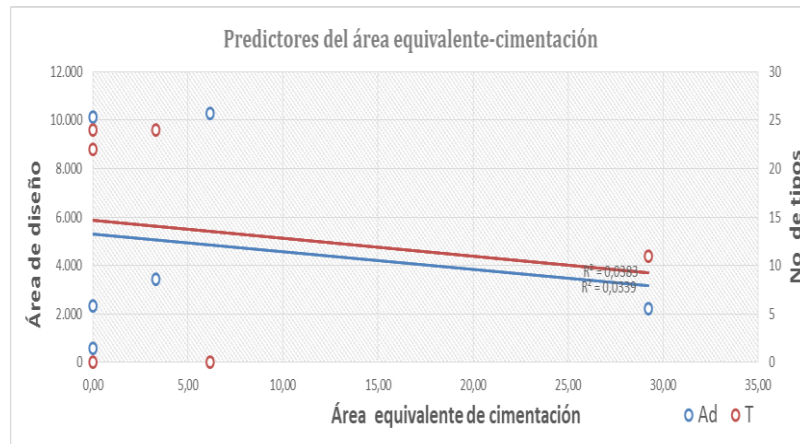
área equivalente de cimentación, aunque explica su variabilidad en un 0.06% (Figura 6)

Figura 6. Predictores del área equivalente-cimentación en proyectos de infraestructura vial



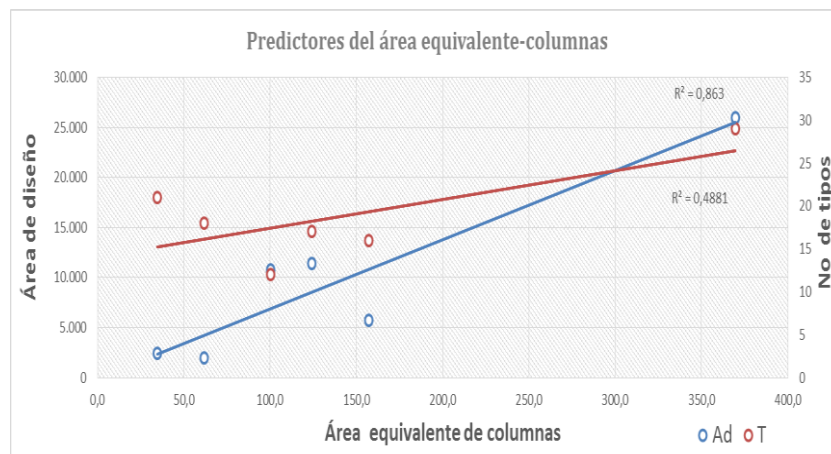
Algo similar ocurre en el modelo de regresión lineal simple para proyectos de vivienda multifamiliar, se observa que el número de tipos es un predictor estadísticamente significativo del área equivalente de cimentación, sin embargo, el área de diseño (Ad) no es un predictor estadísticamente significativo del área equivalente de cimentación tal cual como lo indica la figura 7.

Figura 7. Predictores del área equivalente-cimentación en proyectos de vivienda multifamiliar



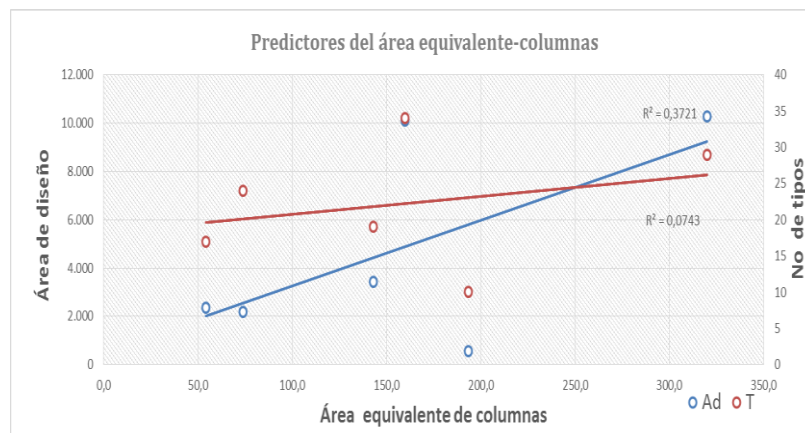
Con respecto a los modelos de regresión lineal simple para explicar la variabilidad del área equivalente de columnas, se observa que el número de tipos es un predictor estadísticamente significativo que explica la variabilidad del área equivalente de columnas en un 48 % y que el área de diseño es un predictor estadísticamente significativo que explica en un 86 % la variabilidad del área equivalente de columnas, esto para proyectos de infraestructura vial, (Figura 8).

Figura 8. Predictores del área equivalente-columnas en proyectos de infraestructura vial



Para proyectos de vivienda multifamiliar, como la indica la figura 9, se observa que el número de tipos, así como el área de diseño son predictores estadísticamente significativos, y que el número de tipos de objetos explica la variabilidad del área equivalente de columnas en un 7%, mientras que el área de diseño explica en un 37% la variabilidad del área equivalente de columnas.

Figura 9. Predictores del área equivalente-columnas en proyectos de vivienda multifamiliar



Por su parte, los modelos de regresión lineal simple que explican la variabilidad del área equivalente de vigas, muestran que el número de tipos es un predictor estadísticamente significativo que explica la variabilidad del área equivalente de vigas en un 97% para proyectos de infraestructura vial (figura 10) y de 63% en proyectos de vivienda multifamiliar (figura 11), y que el área de diseño es un predictor estadísticamente significativo que explica en un 86% la variabilidad del área equivalente de vigas en proyectos de infraestructura vial (figura 10) y 72% la variabilidad del área equivalente de vigas en proyectos de vivienda multifamiliar (figura 11)

Figura 10. Predictores del área equivalente-vigas en proyectos de infraestructura vial

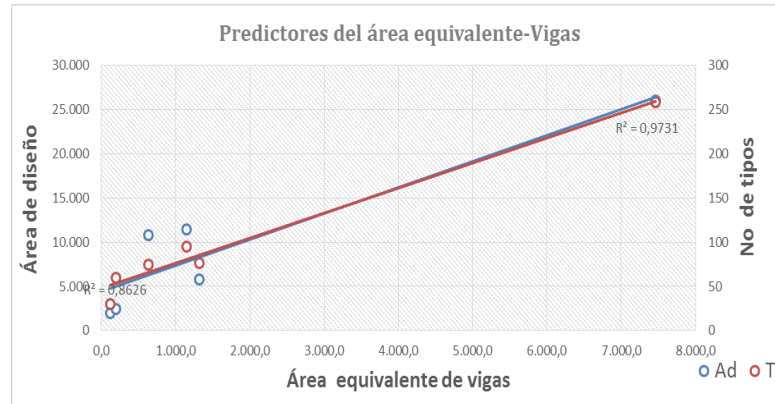
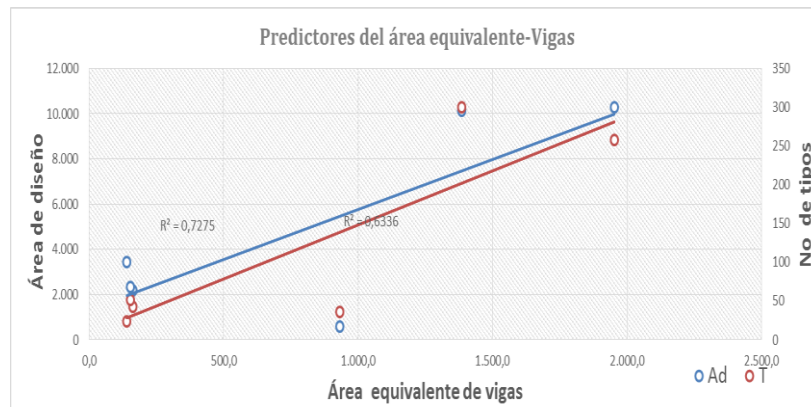


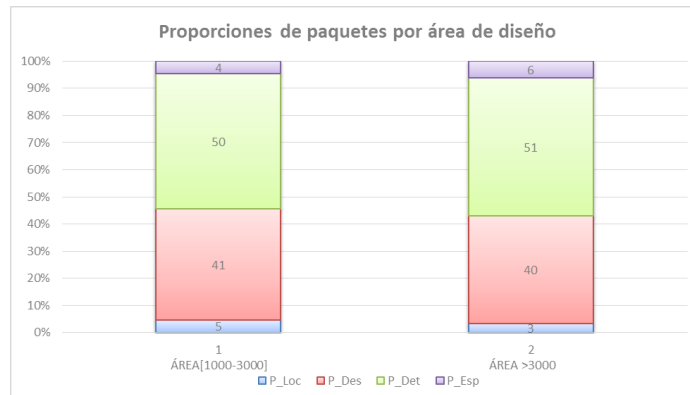
Figura 11. Predictores del área equivalente-vigas en proyectos de vivienda multifamiliar



En general en cuanto a los resultados del análisis desagregado de los predictores del área equivalente por tipos de objetos estructurales: vigas, columnas y cimentaciones, se encuentra que los resultados son similares para los tipos de proyectos evaluados en este estudio: infraestructura vial y vivienda multifamiliar, sin embargo al comparar las gráficas de predictores del área equivalente de cimentación con las contenidas en la tesis de maestría, estas son totalmente distintas puesto que al evaluar el área equivalente de las cimentaciones esta va a permanecer constante al aumentar el área de diseño de la estructura, sin embargo al hacer el análisis en conjunto los resultados son inversamente proporcionales.

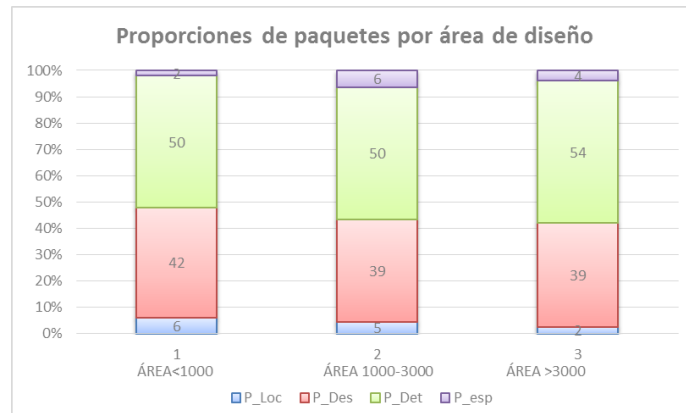
La figura 12 muestra la composición de los paquetes de información por tipología, agrupada por el grado de complejidad expresada en área de diseño de los proyectos de infraestructura vial. En las dos categorías se observa, consistentemente, el comportamiento de las áreas equivalentes de los paquetes de tipo localización y especificaciones y su baja preponderancia en la composición general de planos. El área equivalente combinada de los paquetes, por tipología de despiece y detalle, se mantienen aproximadamente constantes para los dos casos.

Figura 12. Proporciones de paquetes por área de diseño en proyectos de infraestructura vial



Algo similar sucede con los proyectos de vivienda multifamiliar, donde según se observa en la figura 13, en las tres categorías se observa consistentemente el comportamiento de las áreas equivalente de los paquetes de tipo localización y especificaciones y su baja preponderancia en la composición general de planos. El área equivalente combinada de los paquetes por tipología de despiece y detalle, se mantienen aproximadamente constantes para los tres casos y tienen mayor preponderancia con respecto al comportamiento de las áreas equivalentes de los paquetes de tipo localización y especificaciones.

Figura 13. Proporciones de paquetes por área de diseño en proyectos de vivienda multifamiliar



La composición de los paquetes por tipología, agrupados por el número de niveles de proyecto, se muestra en las figuras 14 y 15. Con la agrupación por áreas, las tipologías de localización y referencia se mantienen similares en los tres casos y en los dos casos respectivos, y su incidencia total en el área equivalente de los proyectos es baja. El área equivalente de los paquetes de despice es comparable en los proyectos de infraestructura vial figura 14, mientras que para los proyectos de vivienda multifamiliar este valor de área equivalente varia para el grupo de niveles 3-4 y niveles mayores que 4 (figura 14), sin embargo esto no sucede con el valor del área equivalente de los paquetes de detalle puesto que en el caso de los proyectos de infraestructura vial el valor es comparable en los proyectos de niveles 1-2 y mayores que 4, mientras que para el grupo de niveles 3-4 se observa un apreciable aumento al 59% (figura 14); sin embargo en los proyectos de vivienda multifamiliar el valor del área equivalente de los paquetes de detalle se mantiene aproximadamente constante en las 2 categorías analizadas de niveles.

Figura 14. Proporciones de paquetes por niveles construidos en proyectos de infraestructura vial

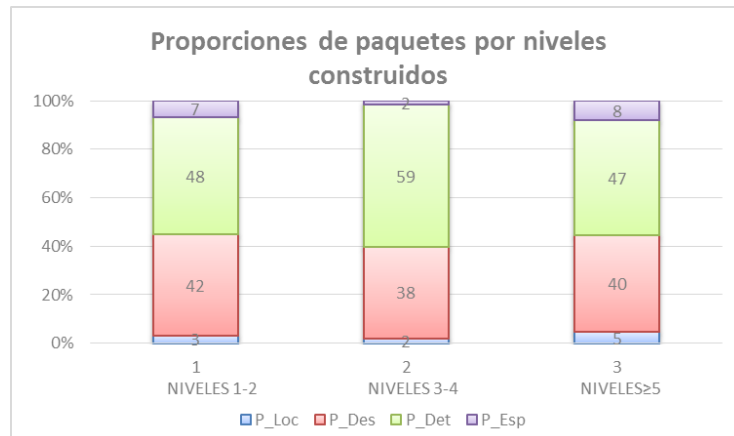
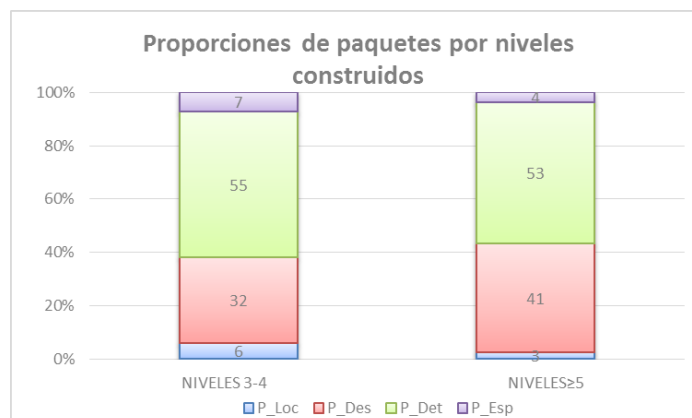


Figura 15. Proporciones de paquetes por niveles construidos en proyectos de vivienda multifamiliar



En cuanto a las proporciones de los paquetes por áreas y por niveles, se puede concluir que sus resultados son estadísticamente similares a los arrojados en la tesis de maestría en la cual se basa este estudio. Los porcentajes de distribución de la tipología de paquetes de información se mantienen cercanos a los encontrados en el presente análisis estadístico, con una variabilidad despreciable.

## 7. CONCLUSIONES

Al establecer una comparación con los resultados obtenidos en la tesis de maestría, se pudo establecer que en general un 90% de los resultados del presente estudio son similares a los arrojados en el desarrollo de la tesis de maestría. El comportamiento estadístico de cada uno de los índices y predictores evaluados fueron satisfactorios y no se encontraron mayores diferencias en los resultados de manera general. Si bien, existen diferencias en algunos de los resultados estas radican posiblemente en el hecho de evaluar todos los proyectos en conjunto sin tener en cuenta los tipos de uso de las estructuras analizadas, igualmente se pudo establecer que existen errores sistemáticos que pueden influir en los resultados de los análisis estadísticos, sin embargo estos errores no son lo suficientemente considerables para establecer una diferencia marcada al realizar una comparación general del estudio. Es importante evaluar cada uno de los indicadores y predictores considerando el uso que se le dan a las estructuras, puesto que esta variable si genera una diferencia entre algunos de los resultados de este estudio y los encontrados en la tesis de maestría.

La metodología logra generar control en la calidad de la información para que la gestión integral de cualquier proyecto de construcción se base en una comunicación sincrónica desde el diseño hasta su fase final, la complejidad de los proyectos de construcción desde el punto de vista estructural, radica en parámetros como: el área de diseño y el número de niveles de la estructura, el proyecto logra corroborar y evidenciar este concepto, gracias al desarrollo del análisis estadístico se comprueba que la mayoría de los datos estadísticos suelen cambiar cuando la estructura evaluada tiene diferentes niveles y área de diseño.

El área de diseño tiene mayor incidencia en el nivel de complejidad de una estructura que el número de niveles que esta pueda tener, igualmente tanto los objetos de información como el número de tipos de elementos estructurales no

lograron tener mayor incidencia al evaluar el nivel de complejidad de una estructura de transporte como de vivienda multifamiliar. A medida que se incrementa el área de diseño o el número de niveles la relación área de diseño y tipos [Ad/T] se estabiliza más rápidamente que la relación área de diseño y objetos [Ad/O].

La composición promedio por tipología de los paquetes de información de los proyectos analizados, muestra la preponderancia general de paquetes de detalle, puesto que son casi la mitad del total de los paquetes de información de los proyectos analizados tanto de infraestructura vial como de proyectos de vivienda multifamiliar. En orden de preponderancia los paquetes referentes a despieces están en segundo lugar, si se suma el valor total de paquetes de despiece y detalles estos representarían en promedio el 90% de todos los paquetes de información de los proyectos evaluados. Por otro lado, la información de referencia y localización sigue en orden de preponderancia, pero su suma no representa más del 10% del total de paquetes de todos los proyectos evaluados.

Se recomienda estandarizar esta metodología para que todas las personas que estén relacionadas con la industria de la construcción puedan tener una mejor idea de indicadores estadísticos que puedan mejorar y optimizar los procesos de comunicación, de gestión administrativa y la gestión de presupuestal de una obra. La metodología en la cual se basó este estudio comparativo, busca ser un punto de referencia de la evaluación de la información de proyectos detallados, con el fin de disminuir errores en la etapa de diseño.

## BIBLIOGRAFIA

Cheng, Y. (2014). An exploration into cost-influencing factors on construction projects. *International Journal of Project Management* 32, pp. 850-860

Krus, P. (2013). Information Entropy in the Design Process. In proceedings of the 4th International Conference on Research into Design (pp. 101-112). Chennai, India.

Otter, A. & Emmitt, S. (2008). Design Team Communication and Design Task Complexity: The Preference for Dialogues. *Architectural Engineering and Design Management* 4(2), pp. 121-129.

Tribelsky, E. & Sacks, R. (2010). Measuring information flow in the detailed design of construction projects. *Research in Engineering Design* 21(3), pp. 189-206.

Vargas Quintero, E. Entropía como indicador de incertidumbre en diseño de proyectos de construcción. Bucaramanga, 2016. Trabajo de Grado Magister Ingeniería Civil. Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniera Civil.

Vargas, E. & Mejia, A. Cuantificación de la información de diseño detallado en proyectos de construcción. Conferencia Internacional de Ingeniería. Medellin, Colombia, 2016.

Vargas, Edward. Entropía como indicador de incertidumbre en Diseño de los proyectos de construcción .Bucaramanga: Universidad industrial de Santander .Facultad de Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil, 2015.

## **ANEXOS**

### **Anexo A. Datos Proyecto1**

Recurso disponible en formato digital.

### **Anexo B. Datos proyecto 2**

Recurso disponible en formato digital.

### **Anexo C. Datos proyecto 11**

Recurso disponible en formato digital.

### **Anexo D. Datos proyecto 12**

Recurso disponible en formato digital.

### **Anexo E. Datos proyecto 13**

Recurso disponible en formato digital.

### **Anexo F. Datos proyecto 14**

Recurso disponible en formato digital.

### **Anexo G. Datos proyecto 15**

Recurso disponible en formato digital.

**Anexo H. Datos proyecto 24**

Recurso disponible en formato digital.

**Anexo I. Datos proyecto 25**

Recurso disponible en formato digital.

**Anexo J. Datos proyecto 26**

Recurso disponible en formato digital.

**Anexo K. Datos proyecto 29**

Recurso disponible en formato digital.

**Anexo L. Datos proyecto 30**

Recurso disponible en formato digital.

**Anexo M. Datos proyecto 31**

Recurso disponible en formato digital.

**Anexo N- Resumen datos generales de proyectos**

Recurso disponible en formato digital.

## **Anexo O Indicadores Estadísticos de proyectos Analizados**

Recurso disponible en formato digital.