

ENTROPÍA COMO INDICADOR DE INCERTIDUMBRE EN EL DISEÑO DE
PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

EDWARD VARGAS QUINTERO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA

2017

ENTROPÍA COMO INDICADOR DE INCERTIDUMBRE EN EL DISEÑO DE
PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

EDWARD VARGAS QUINTERO

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL
TÍTULO: MAGÍSTER EN INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR:
GUILLERMO MEJÍA AGUILAR
INGENIERO CIVIL, PHD

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA

2017

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	14
1. REFERENTES TEÓRICOS	16
1.1 GESTIÓN DEL DISEÑO	16
1.2 INFORMACIÓN DEL DISEÑO	18
1.3 INCERTIDUMBRE	21
1.4 ENTROPÍA E INFORMACIÓN	22
1.4.1 Cantidad de Información	23
2. OBJETIVOS.....	26
2.1 OBJETIVO GENERAL	26
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	26
2.3 ALCANCE	26
3. METODOLOGÍA	28
3.1 MEDIDAS DE INFORMACIÓN DE DISEÑO DETALLADO Y OBRA	28
3.1.1 Objeto de información.....	28
3.1.2 Paquete de información.....	30
3.2 MUESTRA DE PROYECTOS	34
3.3 REGISTRO DE INFORMACIÓN	35
3.4 TRATAMIENTO DE CALIDAD DE INFORMACIÓN	36
3.4.1 Indexación proyectos planos y paquetes.....	36
3.4.2 Diseño de los formatos de registro de información	38
3.4.3 Chequeo de registros.....	38
3.4.4. Recuperación de información directa tras registro	38
3.4.5 Unificación de unidades de medida de obra	38

3.5 VARIABLES	41
3.5.1 Indicadores de complejidad del proyecto.	42
3.5.2 Indicadores de información a nivel de plano.	43
3.4.3 Indicadores de información a nivel de paquetes.	44
3.5.4 Indicadores de obra.	44
3.5.5 Incertidumbre de dibujo.....	45
3.6 VALIDACIÓN	46
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	49
4.1 RELACIÓN DIBUJO/OBRA -INCERTIDUMBRE DE DIBUJO	49
4.2 INFORMACIÓN DE OBRA	60
4.2.1 Caracterización de los proyectos.	60
4.2.2 Información sobre obra ejecutada.....	67
4.3 INFORMACIÓN DE DIBUJO	72
4.3.1 Información consignada en planos.	72
4.3.2 Información representada en paquetes	76
5. CONCLUSIONES	87
5.1 ÍNDICE DE CANTIDAD DE INFORMACIÓN	87
5.2 APORTES DE LA INVESTIGACIÓN	88
5.3 LIMITACIONES DEL ESTUDIO E INVESTIGACIÓN FUTURA.....	89
6. RECOMENDACIONES.....	90
BIBLIOGRAFIA.....	91
ANEXOS.....	95

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Escalas comunes en planos de diseño	32
Tabla 2	Escalas estándar propuesta	33
Tabla 3	Relación de proyectos	35
Tabla 4	Definición de variables elementales de análisis	41
Tabla 5	Relación de expertos	46
Tabla 6	Validación de conceptos.....	47
Tabla 7	Validación de metodología de medición	47
Tabla 8	Estadísticas de la información de proyectos (N = 30).....	61
Tabla 9	Índices generales de complejidad (N = 30)	62
Tabla 10	Información de proyectos desagregado por tipo de usos del proyecto (N = 30).....	62
Tabla 11	Indicadores de complejidad –Infraestructura Educativa (N = 11)	65
Tabla 12	Indicadores de obra ejecutada cimentación –Infraestructura Educativa (N = 6).....	68
Tabla 13	Estadísticas de la información generada en planos (N = 11)	73
Tabla 14	Índices de representación gráfica (N = 11).....	74
Tabla 15	Índices de representación gráfica cimentación –Infraestructura Educativa (N = 11)	77
Tabla 16	Índices de representación gráfica columnas –Infraestructura Educativa (N = 11).....	80
Tabla 17	Índices de representación gráfica vigas –Infraestructura Educativa (N = 11).....	83

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Procesos de comunicación en diseño.	16
Figura 2. Diagrama de flujo de datos en un sistema de diseño. Fuente: Knotten (2015).....	17
Figura 3. Información en planos. Fuente: Tribelsky (2010).....	19
Figura 4. Representación jerárquica de un sistema. Fuente: Alviria (2014)	20
Figura 5. Incertidumbre de medida.....	22
Figura 6. Términos de la ecuación de entropía de la información	25
Figura 7. Relación, información, incertidumbre y probabilidad de ocurrencia de un evento.	25
Figura 8. Objetos de información de un modelo estructural	29
Figura 9. Sintaxis del mensaje “objeto”.....	31
Figura 10. Paquetes de detalle y localización	31
Figura 11. Relación conceptual de base de datos	36
Figura 12. Indexación de información en planos.....	37
Figura 13. Imagen tomada de la base de datos digital.....	40
Figura 14. Imagen tomada de la base de datos digital.....	40
Figura 15. Interpretación gráfica del indicador de incertidumbre.....	46
Figura 16. Relación de complejidad vs área equivalente, proyectos de infraestructura educativa. Fuente: Los autores	50
Figura 17. Relación de obra ejecutada vs área equivalente, proyectos de infraestructura educativa.....	51
Figura 18. Curva de distribución de probabilidad área equivalente en cimentación (AE_CM), proyectos de infraestructura educativa.....	52
Figura 19. Contenido de información Aeq_Cim (N=11).....	53
Figura 20. Relación de cantidad de información vs Variables de Complejidad y Obra.....	54

Figura 21. Curva de distribución de probabilidad área equivalente de columnas (AE_Col), proyectos de infraestructura educativa	56
Figura 22. Contenido de información Aeq_Col (N=11).....	56
Figura 23. Contenido de información Aeq_Col (N=11) Vs Variables de Complejidad y Obra	57
Figura 24. Curva de distribución de probabilidad área equivalente de vigas (AE_Vig), proyectos de infraestructura educativa	58
Figura 25. Contenido de información Aeq_Col (N=11).....	59
Figura 26. Contenido de información Aeq_Vig (N=11) Vs Variables de Complejidad y Obra	59
Figura 27. Relación de complejidad vs área a diseñar, proyectos de infraestructura educativa.....	64
Figura 28. Relación obra ejecutada vs información de dibujo- Cimentación, proyectos de infraestructura educativa	70
Figura 29. Relación obra ejecutada vs información de dibujo - Columnas, proyectos de infraestructura educativa	71
Figura 30. Relación obra ejecutada vs información de dibujo - Vigas, proyectos de infraestructura educativa.....	72
Figura 31. Relación área de diseño Vs Información gráfica generada.....	75
Figura 32. Relación de complejidad Vs Información gráfica generada	76
Figura 33. Relación de complejidad Vs Información a nivel de paquete - Cimentación	78
Figura 34. Relación de complejidad Vs Información a nivel de paquete – Cimentación	79
Figura 35. Relación de complejidad Vs Información a nivel de paquete – Columnas	81
Figura 36. Relación de complejidad Vs Información a nivel de paquete – Columnas	82
Figura 37. Relación de complejidad Vs Información a nivel de paquete – Vigas ...	84
Figura 38. Relación de complejidad Vs Información a nivel de paquete – Vigas ...	85

Figura 39. Proporción de complejidad Vs Representación86

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. CONCEPTOS PRESENTADOS PANEL DE EXPERTOS	95
ANEXO B. FORMATO DE REGISTRO PANEL DE EXPERTOS	103
ANEXO C. RESULTADOS DE VALIDACIÓN PANEL DE EXPERTOS.....	113
ANEXO D. CASOS DE ESTUDIO.	114
ANEXO E. FORMATO DE REGISTRO OBJETOS.....	115
ANEXO F. FORMATO DE REGISTRO PLANOS	116
ANEXO G. FORMATO DE REGISTRO PAQUETES.....	117
ANEXO H. FORMATO DE REGISTRO CANTIDADES.	118
ANEXO I. DATOS CONSOLIDADOS - AREAS.....	120
ANEXO J DATOS CONSOLIDADOS - PAQUETES.....	121

RESUMEN

TITULO * ENTROPÍA COMO INDICADOR DE INCERTIDUMBRE EN EL DISEÑO DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

AUTORES ** EDWARD VARGAS QUINTERO

Palabras Claves: Información de diseño, índices de información, entropía de información, incertidumbre.

El sobrecosto en los proyectos es un problema generalizado que afronta la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción. Varios de los factores que generan sobrecostos en los proyectos han sido relacionados con la etapa de diseño del proyecto, entre los que se encuentran: la inadecuada definición del alcance de los diseños, la deficiente documentación generada en el diseño, la falta de redundancia en la información como medida de control y garantía de calidad de la información, así como los ineficaces procesos de comunicación. A pesar de tener identificado como factor de sobrecosto a la calidad de la información generada durante la etapa de diseño, la industria aún no cuenta con metodologías de gestión de diseño ampliamente aceptadas para ser implementadas, y carece de metodologías efectivas para producir, comunicar y medir información de diseño en términos cuantitativos.

El presente estudio propone un indicador de cantidad de información generada en la etapa de diseño a partir del concepto de entropía de Shannon, lo que permite cuantificar la información gráfica representada en los planos detallados del proyecto. Estas medidas e índices de información comunican sobre la cantidad de información comunicada, la incertidumbre asociada y la composición gráfica del diseño representada en los planos detallados, lo que facilita la evaluación, tanto del nivel de detalle constructivo del proyecto, como de la calidad de la información representada en los planos constructivos.

El principal aporte de este estudio, seguido del indicador de incertidumbre propiamente dicho, es la propuesta de las variables indicativas de información, así como índices de complejidad y representación gráfica, que través de relaciones sencillas y análisis estadístico presentan un referente para la evaluación del contenido de planos de diseño para estructuras de concreto de tipo aporticado como soporte al control de calidad de la generación de información de diseño.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, Director Guillermo Mejía Aguilar

ABSTRACT

TITULO * ENTROPY AS AN UNCERTAINTY INDICATOR IN THE DESIGN OF CONSTRUCTION PROJECTS

AUTHOR ** EDWARD VARGAS QUINTERO

Keywords: Design information, information indices, entropy of information, uncertainty.

Cost overrun is a worldwide problem that seriously affects project performance of the architecture, engineering and construction (AEC) industry. Influencing factors of project cost overrun have been related to project design. Among other factors have been identified: poor definition of project scope, deficient documentation of project design, lack of redundancy of design information and inefficient communication processes. Although the project information quality generated along the design phase has been identified as a critical factor of cost overrun, still the industry lacks of effective methodologies to produce, communicate and measure information quantitatively in their projects.

The present study proposes an indicator of the amount of information generated in design, based on the Shannon's entropy, which allows quantifying the design information represented graphically in design drawings. These measures and indices of information convey the uncertainty related to and the graphical composition of project designs represented in detailed drawings, which facilitates the assessment of both the detail level of projects and the information quality recorded in design drawings.

The main contribution of this study, besides the uncertainty indicator, is the proposal of the indicative variables of information, as well as indices of complexity and graphic representation, that through simple relations and statistical analysis present a reference for the evaluation of the content of plans Of design for concrete structures of aporticated type as support to the quality control of the generation of design information.

* Graduation Project to qualify for the title of Master of Civil Engineering

** Faculty of Physical Mechanical. School of Civil Engineerin , Director Guillermo Mejía Aguilar

INTRODUCCIÓN

El sobre costo en los proyectos es uno de los principales problemas que afronta la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC, por sus siglas en inglés), y al contrario de lo que se pueda pensar, este problema no es exclusivo de los países en desarrollo, sino un problema generalizado (Cheng, 2014), (Flyvbjerg, 2003).

Varios de los factores que generan sobre costos en los proyectos han sido relacionados con la etapa de diseño del proyecto. El diseño y la gestión del diseño influyen en la calidad, la incertidumbre y los costos de construcción de los proyectos (Emmit, 2013). Algunos factores se relacionan con la definición del alcance y claridad de los diseños (Doloi, 2013), la deficiente documentación generada (Tilley, 2005), la falta de redundancia en la información como medida de control y garantía de calidad, los ineficaces procesos de comunicación, el mal uso del lenguaje y las deficientes habilidades de interpretación de los planos constructivos (Johnson, 2015).

Estudios actuales han demostrado la importancia de la gestión del diseño, desde su fase inicial de ingeniería básica (Li, 2011) hasta fase final de diseño detallado (Mendonca, 2000). La gestión del diseño es un proceso de ingeniería de detalle que debe ser eficaz y eficiente, que debe evidenciarse en la calidad de los documentos precontractuales, la definición del alcance y claridad de los planos que se producen (Doloi, 2013), (Tilley, 2005). En este sentido, investigadores de la AEC recomiendan coordinar y controlar la documentación producida en la etapa de diseño, de manera que produzca planos de detalle correctos y completos con todas sus especificaciones (Li, 2011).

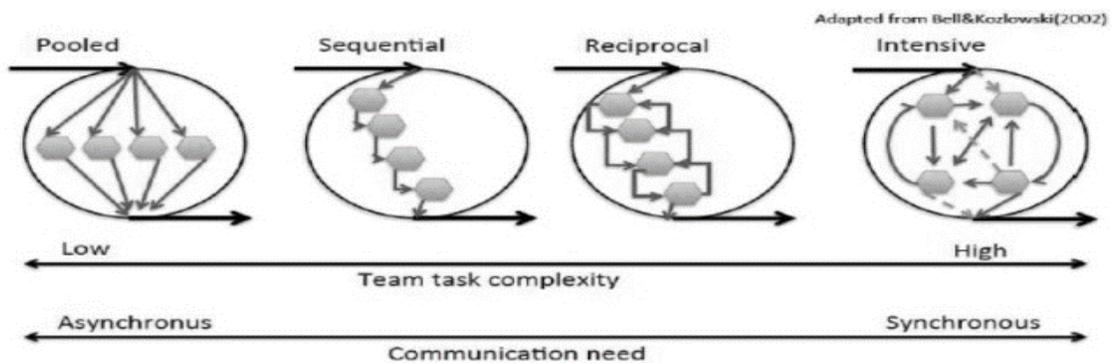
A pesar de tener identificado como factor de sobrecosto a la calidad de la información generada durante la etapa de diseño, la industria AEC aún no cuenta con metodologías de gestión de diseño ampliamente aceptadas para ser implementadas (Emmit, 2013), y los esfuerzos para producir, comunicar y medir información de diseño en términos cuantitativos han sido escasos (Krus, 2013).

1. REFERENTES TEÓRICOS

1.1 GESTIÓN DEL DISEÑO

El modelo tradicional de gestión asume que el proceso de diseño se desarrolla a través de una secuencia de actividades (Knotten, 2015). Sin embargo, durante las últimas décadas se han explorado y estudiado nuevos enfoques de gestión del diseño en construcción. La gestión del diseño de un proyecto puede considerarse como una gestión de procesos de comunicación (Kosleka, 2002), los cuales se desarrollan de manera síncrona entre los equipos y personas de diseño, es decir, de manera directa y en tiempo real, y/o asíncrona, con diferencia temporal (ver ver Figura 1.) (Otter, 2008).

Figura 1. Procesos de comunicación en diseño.

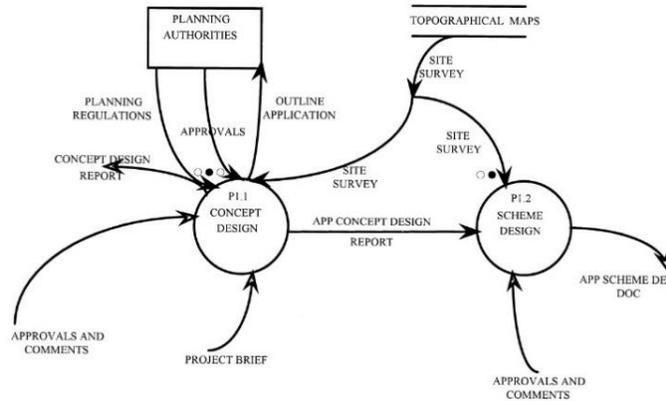


Fuente: Koskela (2002)

Ya sea de manera síncrona o asíncrona, estos procesos de comunicación generan flujos de información necesarios para el desarrollo de tareas, tanto técnicas como administrativas. Los modelos de flujo de información orientado a la gestión de información de un proyecto de diseño, llamados diagramas de flujo de datos (DFD)

(Knotten, 2015), permiten entender algunos problemas que se generan durante la etapa de diseño (ver Figura 2.).

Figura 2. Diagrama de flujo de datos en un sistema de diseño. Fuente: Knotten (2015)



Una adecuada gestión de los procesos de diseño requiere de la adopción de métricas (Knotten, 2015), para establecer indicadores que permitan cuantificar y caracterizar el flujo de información en los proyectos (Tribelsky, 2010); sin embargo, pocos estudios y referencias académicas hay disponibles en la literatura especializada que aborden el tema de indicadores de cantidad y calidad de información contenida en documentos de diseño.

Lo anterior evidencia el incipiente reconocimiento de la dinámica propia, la estructura y la articulación de la información de diseño, y el problema de la comunicación en la gestión del diseño. En la actualidad, la información y la comunicación se consideran factores críticos de éxito en los proyectos de construcción. La etapa de diseño es el origen de cambios, errores y omisiones en los documentos contractuales, factores claves en los sobrecostos de los proyectos (Love, 2014). La industria AEC requiere más herramientas e investigaciones formales sobre metodologías de medición del desempeño del proceso de diseño y

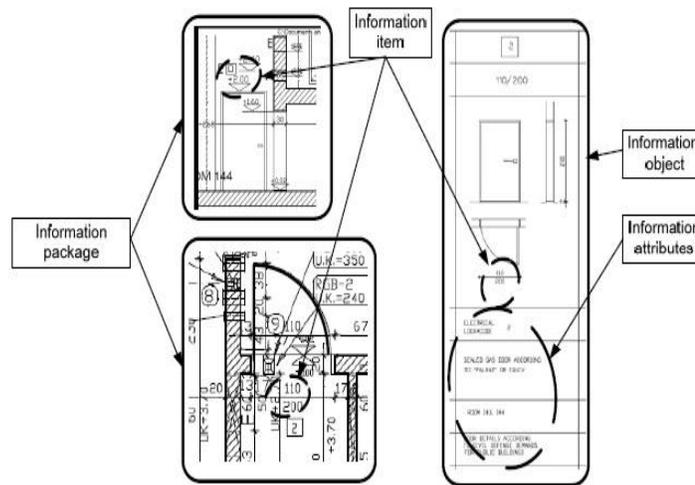
de sus resultados, lo que hacen necesarios enfoques diferentes a los tradicionales.

1.2 INFORMACIÓN DEL DISEÑO

La información de diseño es aquella información necesaria para definir un diseño, dentro de un conjunto de posibilidades, con cierta confiabilidad y precisión (Krus, 2013). La información de diseño se transforma en atributos funcionales o especificaciones, y esta información puede ser definida de acuerdo a las características propias del sistema; como ejemplos de lo anterior se pueden citar, la cadena de bits de un archivo CAD, el genoma de un organismo, o el área de dibujo de un plano.

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 (2010) en su estudio, introdujo algunos conceptos básicos de medición del flujo de información en proyectos de ingeniería, dentro de los cuales se encuentran definiciones y conceptos para la información de tipo gráfico que hace parte de los proyectos de diseño. Los conceptos introducidos por el estudio se describen a continuación (ver figura 3.):

Figura 3. Información en planos. Fuente: Tribelsky (2010)

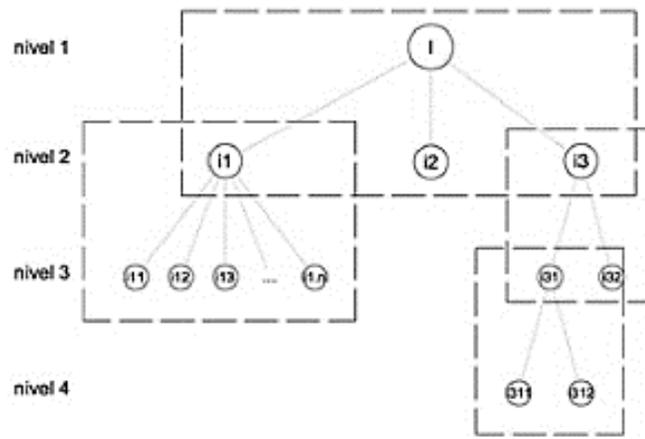


- i. **Paquete de información.** Es una vista de dibujo, un documento de texto, una hoja de cálculo o una tabla de datos sea en formato digital o impreso.
- ii. **Elemento de información.** Es una pieza única de información, puede ser textual o gráfico
- iii. **Objeto de información.** Es un componente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

Adicional a los conceptos básicos propuestos por Tribelsky (2010), otro aspecto importante para cuantificar la información técnica de un proyecto es la organización y descripción jerárquica de dicha información, que transforma un sistema de indicadores en significado y optimizan la intención de comunicación de dicha información (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) (Alviria, 2014). Según la propuesta

de Tribelsky (2010), se puede evidenciar esta organización jerárquica de la siguiente manera: un proyecto (nivel 1) está representado en planos (nivel 2), que a su vez contienen paquetes de información (nivel 3), los cuales describen objetos, elementos y atributos (nivel 4).

Figura 4. Representación jerárquica de un sistema. Fuente: Alviria (2014)



La representación gráfica de información, de la misma manera que el lenguaje escrito, debe seguir unas reglas de sintaxis y morfología que garanticen la efectividad de transmisión del mensaje. Los trabajos publicados hasta el momento, no presentan un marco conceptual enfocado hacia el análisis de la composición de la información en un plano de diseño ni su relación con el objeto descrito. Estudiar la composición de información gráfica de un proyecto de diseño detallado permitirá plantear herramientas de gestión de la información de diseños detallados, y proponer indicadores cuantificables que permitan hacer el seguimiento a la gestión de información y su calidad. Teniendo en cuenta las características de los elementos del sistema estructural de un proyecto, y del lenguaje propio de los planos de diseño detallado, el presente estudio propone una metodología que permite cuantificar la representación gráfica de la información en planos de diseño detallado.

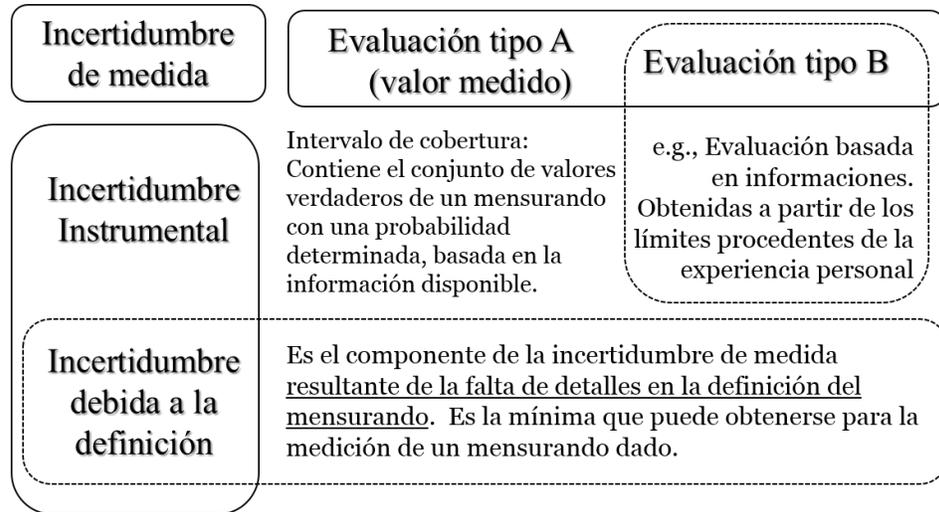
1.3 INCERTIDUMBRE

La incertidumbre en los sistemas de medición se define como el parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos al objeto que se está midiendo, a partir de la información que se utiliza (Gobierno de España. Ministerio de Industria, 2012). Se considera que una medida sin una indicación cuantitativa de la calidad del resultado, o su nivel de incertidumbre, no tiene aplicación significativa (Pérez, 2012).

Las causas de la incertidumbre en los sistemas de medición son múltiples, y en un sistema de gestión y control, debe indicarse claramente la fuente de incertidumbre que se asocia a la medición. Desde el punto de vista de la Metrología se proponen dos enfoques para evaluar la incertidumbre. La evaluación estadística de los valores medidos obtenidos bajo condiciones estandarizadas, y la evaluación de las probabilidades de la medida (Gobierno de España. Ministerio de Industria, 2012). El presente estudio se orienta a la evaluación de las probabilidades de la medida.

La Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM), y su equivalente al idioma español (Gobierno de España. Ministerio de Industria, 2012) clasifica la incertidumbre de forma general de acuerdo a su procedencia. En primer lugar, se tiene la incertidumbre instrumental, asociada al instrumento o sistema de medida utilizado, y en segundo lugar, la incertidumbre debida a la definición, que se relaciona con la falta de detalles en la definición del objeto a medir o magnitud que se desea medir (ver Figura 5.). El presente estudio se ocupa sobre la incertidumbre asociada a la magnitud que se desea medir. En ingeniería de detalle, la definición del objeto a medir, se expresa a través de los documentos contractuales, de los que hacen parte los planos de diseño

Figura 5. Incertidumbre de medida



1.4 ENTROPÍA E INFORMACIÓN

Shannon (1948) propuso la entropía para cuantificar la incertidumbre asociada a la predicción de los resultados de una variable aleatoria. Esta incertidumbre se mide en términos de la cantidad de información que proporciona la observación del resultado de una variable X (Ogunnaike, 2010). La incertidumbre de una variable aleatoria, la cual se basa en el conjunto de posibles resultados que puede tomar dicha variable, generalmente se representa a partir de su distribución de probabilidad. Por tanto, la entropía es una función que asume siempre valores positivos, lo cual la convierte en un criterio objetivo para medir la cantidad de información que comunica cualquier proceso aleatorio (Ozkul, 2000, January).

El concepto de entropía ha sido ya estudiado, de manera preliminar, como herramienta de gestión y control en proyectos. Bushuyev & Sochnev (1999) fueron de los primeros autores en introducir el concepto de entropía de la información como herramienta de control para los proyectos. En su estudio, los autores midieron la incertidumbre de la programación de actividades del proyecto, considerando a la duración de las actividades como una variable aleatoria y

definiendo una serie de eventos no favorables ajustada a una distribución de probabilidad. Por su parte, Asllani & Ettkin (2007) cuantificaron la incertidumbre de un proyecto de manufactura a partir de sus factores de riesgo e importancia relativa, demostrando que el concepto de entropía puede ser utilizado como una herramienta propicia para medir la incertidumbre del proyecto. Aunque la entropía de la información es considerada como una herramienta de apoyo a la gestión del riesgo y al control de proyectos, en el área de gestión de la construcción este concepto no se ha aplicado de forma sistemática (Chistodolou, 2009). La mayoría de los estudios han aplicado este concepto como herramienta para: identificar factores de riesgo del proyecto y medir el riesgo total del mismo (Xiao-mei, 2011) optimizar la programación de recursos limitados (Chistodolou, 2009); medir el grado de diversificación de las empresas de construcción (Choi, 2005); apoyar la toma de decisiones bajo ambientes de incertidumbre de procesos de gestión financiera de los proyectos (Tang, 2006); y predecir dificultades financieras en las empresas de construcción (Bal, Cheung & Wu, 2013).

Conceptualmente estos estudios han asumido que la incertidumbre es inversamente proporcional a la información que suministra un evento dado. Krus (2013) afirma que, durante el proceso de diseño, la incertidumbre del proyecto se reduce a medida que la información del diseño se incrementa. En este sentido el objetivo de diseño en general se trata de aumentar la información del proyecto, que, en términos de entropía de la información, significa cuantificar la cantidad de información.

1.4.1 Cantidad de Información. De acuerdo a lo expuesto por Shannon (1948), la entropía de la información $H(X)$ mide la incertidumbre promedio de una variable aleatoria a partir de la cantidad de información que proporciona la ocurrencia de un evento. En las ecuaciones (1) incertidumbre para variables aleatorias discretas, y (2) incertidumbre para variables aleatorias continuas, X es una variable aleatoria

con n resultados posibles $(x_1, \dots, x_i, \dots, x_n)$ y $p(x_i)$ es la probabilidad de ocurrencia de un evento x_i .

$$H(\mathbf{X}) = - \sum_{i=1}^n p(x_i) \log_2 p(x_i) \quad (1)$$

$$H(X) = - \int_a^b f(x) \log f(x) dx \quad (2)$$

Bajo esa perspectiva, Shannon (1948) definió la cantidad de información $I(X)$ como la cantidad de información que comunica una variable bajo observación, calculada a partir de la probabilidad de ocurrencia de un evento relacionado con dicha variable (ver Ecuación 2). Dado que $I(X)$ mide indirectamente la incertidumbre de la variable aleatoria, si la información está completa, no hay incertidumbre y si hace falta información, hay incertidumbre (Sing, 2014).

$$I(\mathbf{X}) = \log_2 \frac{1}{P(\mathbf{X})} \quad (3)$$

En términos técnicos, si la probabilidad de ocurrencia de un evento $P(X = x_i)$ es relativamente alta, esta observación no proporciona información relevante, ya que este resultado podría haberse deducido con alto grado de certidumbre antes de ocurrir el evento. Por el contrario, si $P(X = x_i)$ es relativamente baja, si este evento realmente ocurre, su observación proporciona mayor información, ya que antes de ocurrir el evento, este resultado no podría haberse anticipado. Es decir, que la cantidad de información que proporciona la ocurrencia de un evento es función del inverso de su probabilidad (ver Ecuación 3). La Figura 6. Presenta el significado asociado a los términos de la ecuación de entropía propuesta por Shannon (1948)

2. OBJETIVOS

Con el propósito de proponer una herramienta que cuantifique la incertidumbre generada en la etapa de diseño de los proyectos de construcción, basada en el concepto de entropía de la información, el presente estudio se propuso los siguientes objetivos bajo el alcance determinado como sigue:

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la entropía como un indicador de incertidumbre en los diseños de proyectos de construcción para estructuras de concreto de tipo aporticado.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Proponer y validar un indicador de incertidumbre, basado en el concepto de entropía de la información, de los planos constructivos generados en la etapa de diseño.
- Evaluar la relación entre la incertidumbre estimada con base en el concepto de entropía de la información y su efecto en el proceso constructivo de los proyectos.

2.3 ALCANCE

El alcance de los objetivos anteriormente descritos se enmarca dentro de las siguientes consideraciones:

- Etapa de proyecto a intervenir: ingeniería de detalle o diseño detallado.

- Proyectos a analizar: proyectos de construcción que involucren diseño estructural.
- Elementos estructurales: componentes básicos de un pórtico en concreto reforzado.
- Cuantificación basada en planos constructivos analógicos, dibujados en dos dimensiones, tipo Autocad®.

Para la evaluación del impacto en la etapa de construcción se tomará en cuenta información de los capítulos de cimentación y estructuras en concreto, específicamente elementos estructurales de cimentación, columnas y vigas, relacionadas en los presupuestos ejecutados y planos record.

3. METODOLOGÍA

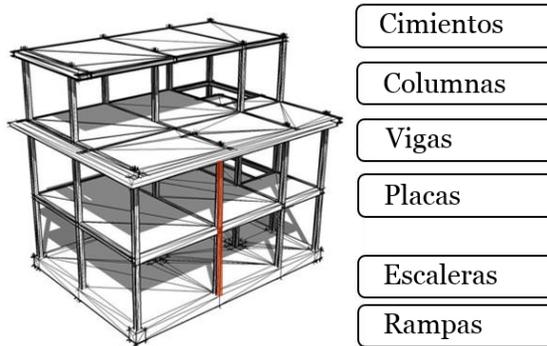
En el presente apartado, se describirán los métodos empleados en el estudio, específicamente para cuantificar la información a analizar, las características de la muestra de proyectos, las variables y técnicas de análisis y la validación de los métodos y resultados.

3.1 MEDIDAS DE INFORMACIÓN DE DISEÑO DETALLADO Y OBRA

Con el fin de definir las medidas de cuantificación de información gráfica asociada a los proyectos del presente estudio, se tomó como base la propuesta hecha por Tribelsky (2010). A partir de las definiciones básicas de objeto y paquete de información se determinó el alcance de las definiciones para el caso de estructuras de concreto de tipo aporticado, tomando en cuenta la representación jerárquica definida como cimentación, columnas y vigas. A continuación, se enuncian y describen las medidas e índices propuestos por este estudio, cuyo resultado fue validado por un panel de expertos vinculados al sector académico y productivo.

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

Figura 8. Objetos de información de un modelo estructural



La metodología de contabilización y medición de los objetos de información, parte en principio de la información del sistema estructural diseñado consignado en planos y las características geométricas básicas del mismo. Esta información permitió caracterizar los proyectos a analizar en este estudio. Los conceptos básicos definidos fueron:

- i. **Área a diseñar (A_d):** Corresponde al área total de la estructura aporcionada del proyecto. El área de diseño se calculó como la totalidad del área bajo cubiertas de todos los niveles de la estructura; en las edificaciones en que existen plantas típicas con diferente área, se tuvo en cuenta el área de cada una por el número de niveles que corresponde.
- ii. **Área base (A_b):** Corresponde al área de la huella de la edificación a nivel de primer piso. En el medio colombiano, al que pertenecen los proyectos que hacen parte del estudio, se conoce también como área ocupada, y se encuentra definido en la normativa colombiana como el área que ocupada por la edificación en primer piso bajo cubierta. (Decreto 1788 de 2004)
- iii. **Niveles de diseño:** Corresponde al número máximo de niveles de la estructura del proyecto, con relación a la primera planta típica de la estructura analizada,

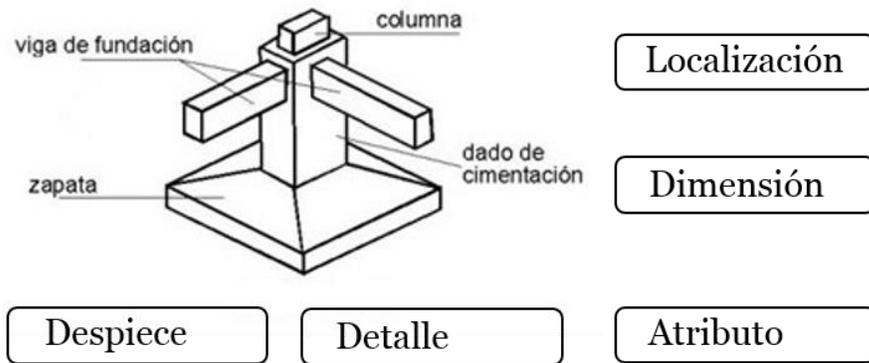
- iv. **Tipo (T):** La definición de tipo estructural se realizó a partir de la información consignada en planos. Los tipos estructurales se clasificaron de acuerdo a una caracterización por familia de los objetos o componentes estructurales (i.e. cimentación, columnas, vigas, viguetas, placas, escaleras y rampas).
- v. **Objetos de información (O).** Es la definición de los elementos o componentes estructurales que pertenecen a una familia. Los objetos de información en los planos de diseño corresponden a una representación de un elemento tangible y su materialización requiere de información precisa de su ubicación en el espacio, dimensiones y características. Se parte de la definición de tipos registrada en planos.

3.1.2 Paquete de información. Corresponde a un recuadro de dibujo que contiene los componentes necesarios para transmitir información de un objeto dado. Acorde a lo planteado en el estudio de Tribelsky [15], el paquete de información se considera la unidad básica de transferencia de información en planos de diseño. La característica principal de los paquetes de información es que poseen un área medible y pueden poseer escala gráfica asociada.

Los paquetes de información se clasificaron en cinco categorías necesarias y suficientes para la materialización de un objeto de información. Según su funcionalidad, se clasificaron en paquetes de: localización, dimensión, despiece, detalle y referencia o atributo.

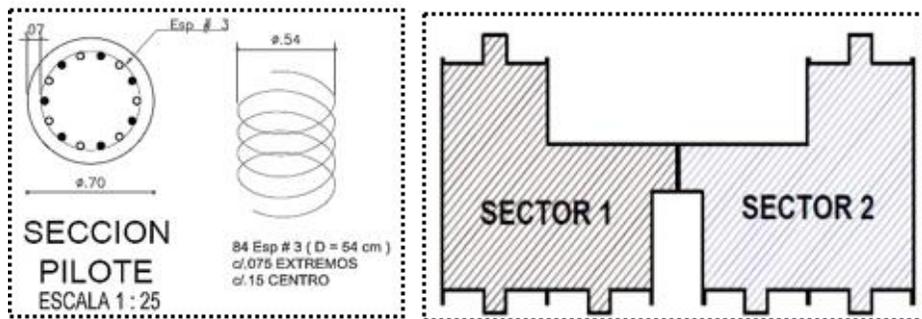
El orden y relación de paquetes de información para describir uno o varios objetos de información equivale a la sintaxis del mensaje que se transmite en el plano de diseño (ver figura 9.).

Figura 9. Sintaxis del mensaje “objeto”



Los paquetes de información que describen despieces y atributos en los planos de diseño son comunes y fáciles de identificar. Los paquetes de detalles incluyen información de la distribución interna del refuerzo en un objeto de información, y los paquetes de localización, incluyen todos aquellos que expresen información espacial de objetos individuales en el conjunto general del sistema estructural. La Figura 10. Muestra un ejemplo de paquetes de detalle y localización en planos de diseño.

Figura 10. Paquetes de detalle y localización



La metodología de medición propuesta para los paquetes de información, permitió estandarizar y comparar objetivamente los diferentes proyectos de diseño, de acuerdo a las preferencias de dibujo, disponibilidad comercial de papel o

percepción de quién realiza la medida. Los conceptos básicos de la metodología son:

- i. **Delimitación del paquete de información.** El paquete de información corresponde al recuadro de dibujo definido por los puntos superior izquierdo e inferior derecho que definan el rectángulo de menor área que incluya todos los elementos de información asociados.
- ii. **Área del paquete.** Corresponde al área comprendida por el recuadro de información delimitado, expresada en decímetros cuadrados [dm²]
- iii. **Área equivalente del paquete.** Los paquetes de información se representan en los planos por medio de escalas de dibujo, de acuerdo a las necesidades del proyecto o preferencia del diseñador. Las escalas más representativas y usadas por los diseñadores en el medio (Cárces, 2004) son mostradas 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 – 1:25

Con el objeto de unificar la medida de información de los paquetes de información de diferentes proyectos se definió el área equivalente del paquete, que no es más que la estandarización de las áreas de paquete de igual tipo, afectada por un factor de conversión, como se expresa en la Ecuación 3

$$A_{eq} = A_{pq} * \left(\frac{Escala_{dibujo}}{Escala_{estandar}} \right)^2 \quad (3)$$

Donde, $Escala_{dibujo}$ corresponde a la escala indicada en planos de diseño y el $Escala_{estandar}$ se encuentra definida por la tabla 2. según el tipo de paquete.

Tabla 2 *Escalas estándar propuesta*

Tipo de paquete	Escala
Planos de localización en planta	1:100
Plantas de entrepiso	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 su medida y comparación entre diferentes proyectos, se definieron los conceptos de área bruta, área útil y área neta.

En algunos casos se encontró que el área equivalente de dibujo resulta mayor o menor que el área neta dibujo medida sobre planos. Un área equivalente menor al área neta de dibujo indica que el paquete de información se representó con una escala menor a la estándar, en el caso opuesto indica que el paquete de información se representó a una escala mayor al estándar establecido para la comparación.

- i. **Área bruta.** Corresponde al tamaño físico de papel de los planos de diseño. Teniendo en cuenta las diferencias que obedecen a disponibilidad comercial de papeles y equipos e impresión, se definió como medida de unificación asignar el tamaño equivalente más cercano del estándar internacional ISO 216 series A y B, expresado en decímetros cuadrados [dm²].
- ii. **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 [dm²].
- iii. **Área neta.** Corresponde a la suma de las áreas de paquete contenidas en un mismo plano, expresada en decímetros cuadrados [dm²].

3.2 MUESTRA DE PROYECTOS

El tipo de muestra adoptado para el presente estudio consistió en una muestra de conveniencia, muestra no probabilística, conformada por un grupo de proyectos a los cuales se pudo tener acceso a la información. El estudio consolidó un repositorio de 610 planos de diseño, que hacen parte de 31 proyectos de diseño estructural, ejecutados en el departamento de Santander, Colombia, de los cuales se excluyó un proyecto, por sus características disimiles en comparación con los demás. Finalmente, la muestra de proyectos contó con 30 proyectos y 607 planos analizados. Los proyectos contenían diseños de estructuras de concreto tipo aporticado, para diferentes usos, áreas de diseño y niveles de construcción. Adicionalmente, el proyecto pudo consolidar información de presupuesto de diseño y presupuesto ejecutado de obra para un grupo de 11 proyectos.

La muestra se agrupó bajo tres características constructivas importantes, los cuales sirvieron como criterios para análisis desagregado de los resultados:

Según el tipo de uso, la muestra estuvo conformada por proyectos de edificaciones educativas y/o culturales (37%, 11 de 30 proyectos), proyectos de infraestructura de transporte (20%, 6 de 30 proyectos), proyectos de vivienda multifamiliar (20%, 6 de 30 proyectos), y proyectos varios (23%, 7 de 30 proyectos).

Según las áreas a diseñar, la muestra estuvo conformada por proyectos con áreas < 1.000 m² (23%, 7 de 30 proyectos), proyectos con áreas entre 1.000 y 3.000 m² (20%, 6 de 30 proyectos) y proyectos con áreas > 3.000 m² (57%, 17 de 30 proyectos).

Según el número de niveles de la edificación a construir, la muestra estuvo conformada por proyectos hasta 2 niveles de altura (40%, 12 de 30), proyectos con 3 y 4 niveles (23%, 7 de 30) y proyectos de 5 y más niveles (37%, 11 de 30).

La Tabla 3. Muestra las características generales de cada proyecto, dónde se indica el uso del proyecto, el área construida a diseñar, el número de niveles y el número de planos detallados generados

Tabla 3 *Relación de proyectos*

Id	USO	Área de diseño (Ad) [m ²]	Niveles	No Planos
1	Transporte	1,938	2	7
2	V. Multifamiliar	10,280	27	62
3	Deportivo	14,841	5	62
4	Salud	6,099	6	15
5	Educativo/Cultural	708	1	12
6	Comunitario	436	1	5
7	Deportivo	2,972	1	22
8	Comunitario	11,805	2	20
9	Educativo/Cultural	1,676	2	16
10	Educativo/Cultural	993	1	9
11	Transporte	5,773	6	32
12	Transporte	26,018	3	44
13	Transporte	10,799	2	26
14	Transporte	2,399	2	13
15	Transporte	11,414	6	35
16	Educativo/Cultural	4,741	3	8
17	Educativo/Cultural	321	2	2
18	Educativo/Cultural	4,641	4	13
19	Educativo/Cultural	8,110	6	29
20	Educativo/Cultural	10,611	3	24
21	Educativo/Cultural	5,295	3	16
22	Educativo/Cultural	3,555	5	35
24	V. Multifamiliar	10,122	24	38
25	Comercial	2,203	4	12
26	V. Multifamiliar	786	6	3
29	Comercial	3,725	2	20
28	Educativo/Cultural	912	2	6
29	V. Multifamiliar	572	3	6
30	V. Multifamiliar	2.343	5	9
31	V. Multifamiliar	3.424	9	11

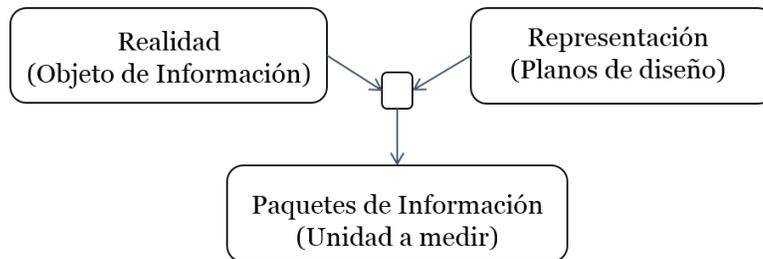
NOTA: Proyecto 23 excluido del análisis, por sus características disímiles

3.3 REGISTRO DE INFORMACIÓN

El registro de los casos de estudio se organizó en una base de datos que integró información acerca de la realidad del proyecto, la representación gráfica de su estructura y de los paquetes, o unidades básicas de información, cuya relación

conceptual se presenta en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Figura 11.Relación conceptual de base de datos



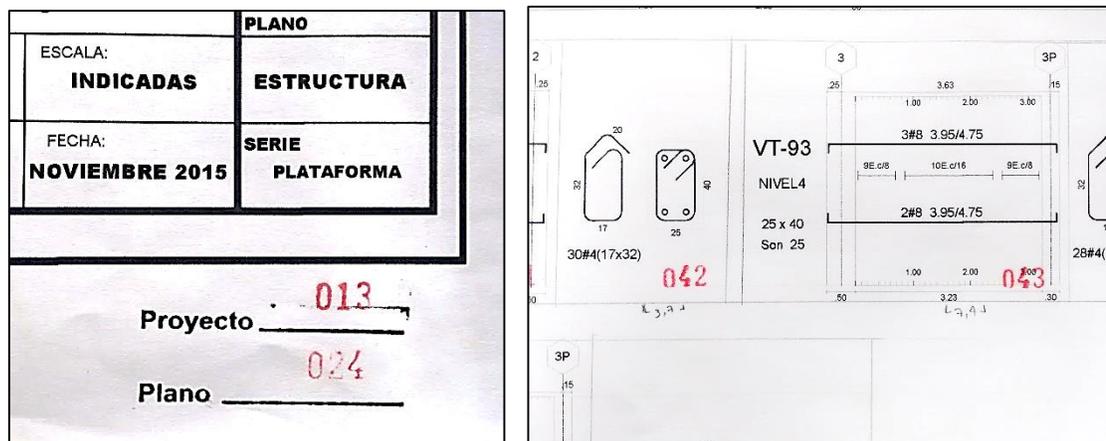
A nivel de proyecto se registró la información correspondiente al número de objetos y tipos de objeto por familias que representan los elementos estructurales del proyecto de diseño, así como la información básica que da cuenta del grado de complejidad del proyecto como el número e niveles y el área construida (ver 0). A nivel de representación de proyectos se registró la información básica de los planos de proyecto como el número de planos, el tamaño físico de los planos y el área destinada a información general no relacionada con el objeto de diseño (ver0). A nivel de paquetes de información se registró la información relacionada con el área de los recuadros de dibujo, escala asociada, la tipología de paquete de información, la familia de objetos que se muestra y el número de objetos de información por familia (ver 0).

3.4 TRATAMIENTO DE CALIDAD DE INFORMACIÓN

3.4.1 Indexación proyectos planos y paquetes. Para garantizar la trazabilidad de cada uno de los proyectos, planos y paquetes de información se asignó un identificador de información único y su nomenclatura es común en cada uno de los formatos y bases de datos de registro de información.

- i. **IDProyecto.** Corresponde al identificador único asignado a cada uno de los proyectos que hacen parte del estudio. La relación de proyectos y el índice asignado se muestra en la Tabla 3. y la información completa se presenta en el 0 en el Anexo D.
- ii. **IDPlano.** Corresponde al identificador único asignado a cada uno de los planos que hacen parte un proyecto. La numeración inicia en uno (1) hasta el número m total de planos de cada proyecto.
- iii. **IDPaquete.** Corresponde al identificador único asignado a cada uno de los paquetes que hacen parte de un plano de diseño dentro de un proyecto. La numeración inicia en uno (1) hasta el número n total de paquetes que hacen parte de uno de los m planos de cada proyecto.
La indexación de la información en planos que corresponde a los registros se muestra en la Figura 12.

Figura 12. Indexación de información en planos



- iv. **In.** Casilla de control que permite incluir o excluir cada uno de los ítems de información del proyecto sean proyectos, planos o paquetes de información. Se utiliza uno (1) para la información que se incluye y cero (0) que se excluye de los análisis.

3.4.2 Diseño de los formatos de registro de información. El registro de información sobre paquetes, que corresponde al mayor volumen de información, cuenta con opciones de registro limitado y un sistema binario de clasificación: verdadero (1) o falso (0), que permiten minimizar el error humano en la asignación de la tipología y familia asociado al paquete registrado.

3.4.3 Chequeo de registros. El registro de información se llevó a cabo por cuatro equipos de trabajo independientes y sucesivos conformadas por dos (2) personas cada uno. Dentro de las actividades de capacitación para el registro de los datos se dispuso revisar y auditar la información registrada por el equipo precedente para detectar y corregir errores en el registro de datos.

3.4.4. Recuperación de información directa tras registro

Un control final de la información registrada se llevó a cabo con un equipo de trabajo independiente que a partir de la información registrada en bases de datos ubicó en el repositorio de planos el paquete exacto registrado y validó la información registrada del mismo. Para el procedimiento se tomó una muestra aleatoria de cinco (5) planos por cada uno de los proyectos registrados.

3.4.5 Unificación de unidades de medida de obra

i. ***Unificación de unidades de medida.*** A partir de la información de unidades de ítems de presupuesto para los proyectos, y la información consignada en planos se unificaron las unidades a metros cúbicos [M3] para concretos y [KG] para el acero de refuerzo. En los casos en que la información consignada en planos resultó insuficiente se asumió el valor probable y se deja constancia en los recuadros correspondientes.

Para efectos de control la base de datos digital resalta la información asumida, como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** figura 13, para la conversión de unidades en caso de ser necesario revalidar el procedimiento utilizado.

Figura 13. Imagen tomada de la base de datos digital

12	2,2					Concreto para muros de Contención	
13	2.2.1	8	MUR	CON	VAR	Concreto pobre (2000 psi) (se asume 5cm)	M2
14	2.2.2	9	MUR	CON	VAR	Concreto muros (4000 psi)	M3

- ii. **Clasificación de cantidades por familia.** Para efectos de análisis se clasificó la cantidad de material de cada uno de los ítems teniendo en cuenta el material: concreto (CON) y acero (ACE); y las familias de objetos de diseño: cimientos (CIM), vigas (VIG), columnas (COL), muros (MUR), escaleras (ESC), placas (PLC) y no estructurales (NE). Se incluyó una clasificación denominada todos (ALL) teniendo en cuenta que las cantidades de acero en los presupuestos analizados no se presentan de forma desagregada.
- iii. **Separación de cantidades unificadas.** Con el fin de dar tratamiento discriminado a los elementos estructurales se diferencié la información combinada existente en algunos ítems de los presupuestos suministrados para el estudio. Para estos casos se utilizó la información consignada en planos y se mantuvo la proporción de diferencia en cantidades de obra reportadas.
- Para efectos de control la base de datos digital cuenta con marcas, como se muestra en la Figura 14, para revalidar el tratamiento propuesto en caso de ser necesario.

Figura 14. Imagen tomada de la base de datos digital

23	3.1.2	*	VIG-PLC	CON	VAR	Concreto para placas y vigas aéreas 5000 psi	M3
24	3.1.2	15	VIG	CON	VAR	Concreto para placas y vigas aéreas 5000 psi	M3
25	3.1.2	16	PLC	CON	VAR	Concreto para placas y vigas aéreas 5000 psi	M3

3.5 VARIABLES

Con el fin de analizar la información asociada a los proyectos de diseño y su relación con la información constructiva se adoptó la estructura general de la relación conceptual de base de datos (ver Figura 11) para agrupar un conjunto de variables elementales de análisis de información, que describan el tamaño o dimensión relativa de los proyectos analizados, la cantidad de información de dibujo generada y la medida de cantidades de obra producto de la información generada.

La definición y nomenclatura de las variables elementales de análisis se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4 *Definición de variables elementales de análisis*

Variable indicativa de complejidad	Abreviatura	Definición
Área de diseño	Ad	Corresponde al área total de la estructura aportada del proyecto expresada en metros cuadrados [m ²]
Área base	Ab	Corresponde al área de la huella de la edificación a nivel de primer piso expresada en metros cuadrados [m ²]
Objeto	O	Corresponden a la representación gráfica de un elemento estructural de obra expresada en unidad de objeto [u]
Tipo	T	Agrupación de objetos de una misma familia que poseen las mismas características de composición y distribución de materiales.
Variable indicativa de dibujo	Abreviatura	Definición
Paquete	Pq	Corresponde a un recuadro de dibujo que contiene los componentes necesarios para transmitir información de un objeto dado expresada en unidad de paquete [up]
Área neta	An	Corresponde a la suma de las áreas de paquete contenidas en un mismo plano, expresada en decímetros cuadrados [dm ²].
Área equivalente	Aeq	Corresponde al área neta de un paquete o plano a la cual se ha aplicado el factor de estandarización de escala, expresada en decímetros cuadrados [dm ²].
Área útil	Au	Corresponde al espacio efectivamente disponible para transmitir información gráfica del proyecto expresado en decímetros cuadrados [dm ²].
Área bruta	Ap	Corresponde al espacio de papel por cada plano expresado en decímetros cuadrados [dm ²].
Plano	Pl	Unidad estandarizada de papel sobre la que se plasma la

información de diseño para un proyecto.		
Variable indicativa de obra	Abreviatura	Definición
Cantidad estimada	Co	Corresponde a la cantidad de material estimada durante el proceso de diseño detallado expresada en metros cúbicos [m ³]
Cantidad ejecutada	Cf	Corresponde a la cantidad de material ejecutada durante el proceso constructivo del proyecto expresada en metros cúbicos [m ³]

La variable indicativa 'Área base' (Ab) se propone teniendo en cuenta la distribución espacial de los elementos al momento de relacionarlo con el área de referencia para su análisis comparativo. Las familias de vigas y columnas se ubican espacialmente en más de un nivel de la edificación, por lo que se asocia con el área construida o de diseño (Ad), mientras que la familia de cimientos se ubica usualmente sobre un único plano por lo que su análisis se asocia con el área de la base (Ab).

A partir de las variables indicativas se proponen una serie de índices de representación gráfica que permiten caracterizar aspectos comunes asociados a la información generada en proyectos de diseño y que permitan el análisis comparativo entre proyectos y el análisis estadístico de la información.

3.5.1 Indicadores de complejidad del proyecto. Con el fin de establecer unidades de comparación de la complejidad de la configuración estructural, en términos de sus elementos constitutivos, entre el grupo de proyectos de análisis se propusieron variables en función del área a diseñar, objetos de información y tipos de objeto de información que en su conjunto den una idea del grado de complejidad de un sistema aporricado.

- i. ***Tipos de objeto por área de diseño [Ad/T].*** Representa la regularidad de la configuración estructural del diseño por unidad de área.

- ii. **Número de objetos por área de diseño [Ad/O].** Representa la densidad e objetos de información o elementos estructurales por unidad de área de diseño de los proyectos
- iii. **Objetos de información por número de tipos [O/T].** Representa la agrupación promedio de objetos de información por número de tipos de objetos de información. Una relación 1:1 indica que la información de objetos de información consignada en planos corresponde exactamente al número de elementos estructurales construidos.

3.5.2 Indicadores de información a nivel de plano. La información de un proyecto se comunica a través de planos de diseño, sin embargo, es usual la ineficiencia en el uso del espacio de dibujo, lo anterior se puede interpretar como ruido en la cantidad de información de un conjunto de planos. Con el fin de estimar la cantidad de ruido general de un conjunto de planos de diseño y caracterizar su composición los se propusieron variables de análisis en función de la proporción de área ocupada en planos y el número de paquetes promedio consignado en los mismos.

- i. **Área neta Vs. Área útil.** Representa la proporción de área de dibujo efectivamente utilizada para comunicar información con relación al área de dibujo disponible.
- ii. **Área neta equivalente Vs. Área útil.** Representa la proporción de área de dibujo estandarizada efectivamente utilizada para comunicar información con relación al área de dibujo disponible.
- iii. **Paquetes por plano.** Indica el número promedio de paquetes de información consignados por plano para un proyecto determinado.
- iv. **Área neta equivalente por paquete de información.** Representa el área equivalente promedio de los paquetes de información de un proyecto.

3.4.3 Indicadores de información a nivel de paquetes. Los indicadores de información a nivel de paquetes representan en su conjunto la cantidad de información expresada en las unidades básicas de información, o paquetes de información, de un proyecto.}

- i. **Área equivalente por paquete [dm^2/u].** Representa el área equivalente de dibujo promedio por paquete de información de un proyecto dado.
- ii. **Área de diseño por paquete [m^2/u].** Representa el área de diseño promedio expresada por unidad de paquete de información para un proyecto dado.
- iii. **Área de diseño por área de dibujo [m^2/dm^2].** Representa el área de diseño promedio por unidad de dibujo. Para el análisis por familia de objetos el área de diseño se refiere a la huella de la edificación o área base (A_b).

3.5.4 Indicadores de obra. Los indicadores de obra representan la realidad constructiva de un proyecto, que se espera sean coherentes con las estimaciones de diseño. Con base en la información disponible se estableció como variable de control las cantidades de obra inicial y final de concreto de cada uno de los proyectos considerando que los reportes de cantidad de acero en la mayoría de los casos se encuentran de manera agregada e incluyen cantidades de obra para elementos estructurales y no estructurales de las edificaciones estudiadas.

iv. Cantidad estimada o inicial (C_0) [m^3]

v. Cantidad de obra ejecutada o final (C_f) [m^3]

Durante el desarrollo de los análisis se optó por tomar como referencia el indicador de cantidad de obra final (C_f), teniendo en cuenta la variabilidad entre la diferencia de cantidades C_0 y C_f encontradas tanto a nivel general como en su evaluación por familias. Adicionalmente la información suministrada para la investigación no especificaba cambios durante la

ejecución de los trabajos en obra que pudieran aportar a un análisis objetivo de estas diferencias halladas.

3.5.5 Incertidumbre de dibujo.

El concepto de cantidad de información propuesto por Shannon (1948) permite evaluar la cantidad de información de diseño que se comunica a partir de un plano de diseño detallado. Con este propósito, se evalúa dentro de los índices de representación gráfica aquellas que sean más representativas y cumplan con la condición de ser continuas. Este estudio cuantificó la probabilidad de explicación de la cantidad de obra final (C_f), a partir del área equivalente de dibujo (A_{eq}) medido de planos de diseño para un grupo de uso específico y por familia de objetos.

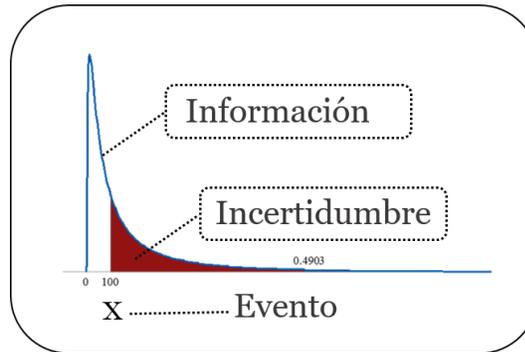
La cantidad de información que entrega un conjunto de planos se estimará a partir de la expresión derivada de la ecuación de entropía de Shannon (1948)

$$I(x_i) = -\log_2 p(x_i) = \log_2 \frac{1}{p(x_i)} \quad (3)$$

Donde, $p(x_i)$ es la probabilidad de ocurrencia de un evento ($X \leq x_i$), X área promedio de dibujo de un proyecto

En este estudio se utiliza el concepto de cantidad de información para cuantificar la incertidumbre de la información de un conjunto de planos de diseño. La interpretación gráfica del indicador de incertidumbre propuesto para el estudio se presenta en la Figura 15, en donde el área bajo la curva representa la probabilidad de información no comunicada en los planos de diseño.

Figura 15. Interpretación gráfica del indicador de incertidumbre



3.6 VALIDACIÓN

La validación de los conceptos principales y de la metodología de medición de información sobre planos se hizo con un panel de expertos en el que participaron profesionales afines al área de diseño estructural y consultoría. La tabla 5. Muestra las características de los panelistas y su experiencia en el área indicada..

Tabla 5 *Relación de expertos*

Panelista	Sector	Experiencia (años)
1	Académico	10 - 15
2	Académico	15 - 20
3	Diseñador	5 - 10
4	Diseñador	>20
5	Consultor	>20
6	Consultor	>20
7	Consultor	>20
8	Consultor	5 - 10
9	Constructor	>20
10	Constructor	>20

Para el panel de expertos se utilizó la metodología de grupo nominal. La percepción de los panelistas se registró en formularios tipo encuesta de carácter confidencial utilizando una escala de clasificación de uno (1) a cinco (5), en la que (1) indica completamente en desacuerdo y (5) totalmente de acuerdo.

La validación se estructuró en dos partes, la primera se relacionó con los conceptos principales y su pertinencia para clasificar y cuantificar, tanto la información de la realidad del proyecto, como la representación en planos de diseño (ver ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.); y la segunda, alidó la metodología de cuantificación de la información consignada en planos y registro de información de la realidad del proyecto (ver)

Tabla 6 *Validación de conceptos*

Aspecto	1 - 2	3	4	5
Definición de paquete	0%	0%	30%	70%
Clasificación de paquete	0%	10%	50%	40%
Definición de objeto	0%	0%	10%	90%
Clasificación de objeto	0%	10%	30%	60%

La definición de los conceptos de paquetes, objetos y la clasificación propuesta para caracterizar la información asociada a proyectos de diseño estructural fueron aceptadas favorablemente por parte de los expertos consultados, ya que más del 90% estuvieron completamente de acuerdo con la propuesta. Las observaciones complementarias registradas, fueron sugerencias sobre la categorización de los objetos estructurales, sin embargo, el nivel de detalle sugerido no se encuentra dentro del alcance del presente estudio.

Tabla 7 *Validación de metodología de medición*

Aspecto	1 - 2	3	4	5
Delimitación paquetes	0%	0%	30%	70%
Método área equivalente	0%	10%	20%	70%
Propuesta escala estándar	20%	10%	40%	30%
Delimitación espacio papel	0%	0%	30%	70%
Cálculo de área de diseño	0%	10%	20%	70%
Cuantificación de objetos	0%	0%	30%	70%
Cuantificación de tipos	0%	0%	40%	60%

La metodología de cuantificación de información de la realidad del proyecto, el cálculo de área de diseño, la cuantificación de objetos y determinación del número de tipos de objeto, así como la propuesta de cuantificación de paquetes de información y la aplicación de un estándar de escalado, fueron aceptados

favorablemente por parte de los expertos consultados, ya que más del 90% estuvieron completamente de acuerdo con la propuesta, excepto sobre la escala estándar. Las observaciones complementarias registradas, fueron sugerencias sobre la escala estándar para el cálculo del área equivalente (ver Tabla 5), sin embargo, esta escala se propone como referencia para efectos de comparación entre proyectos y no pretende recomendar un valor para aplicar en la elaboración de planos de diseño detallado.

En resumen, los resultados del proceso de validación, indican que los conceptos y metodología de medición de información, fueron aceptados por el panel de expertos en su mayoría. Esto indica la claridad de las definiciones, de las metodologías de medición y la utilidad práctica de la propuesta de este estudio

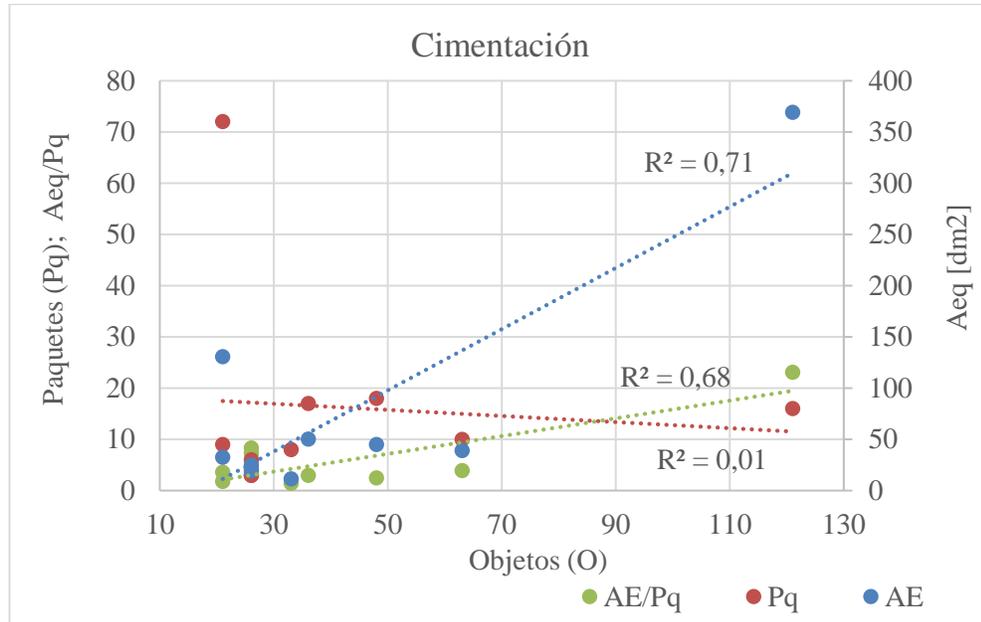
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis de los resultados encontrados en este estudio se han organizado en tres secciones: a) análisis de la relación de información entre dibujo y obra; b) análisis de la información de obra, la cual describe y analiza las características típicas de un proyecto a diseñar y la cantidad de obra ejecutada; y finalmente c) análisis de la información de diseño del proyecto consignada en planos, la cual describe y analiza la información general contenida en planos y la información contenida en paquetes de información.

4.1 RELACIÓN DIBUJO/OBRA -INCERTIDUMBRE DE DIBUJO

Una vez analizado la caracterización de cada proyecto y su complejidad con respecto al número de tipos y objetos estructurales concebidos y la cantidad de obra ejecutada, se analizó la relación con el volumen de información generada en planos constructivos, específicamente, con la información generada en paquetes de información. En la Figura 16, observamos que existe una relación positiva entre el área equivalente representada en paquetes (A_{eq}) y el número de objetos, pero contrariamente, una relación negativa entre el número de paquetes y el número de objetos.

Figura 16. Relación de complejidad vs área equivalente, proyectos de infraestructura educativa. Fuente: Los autores

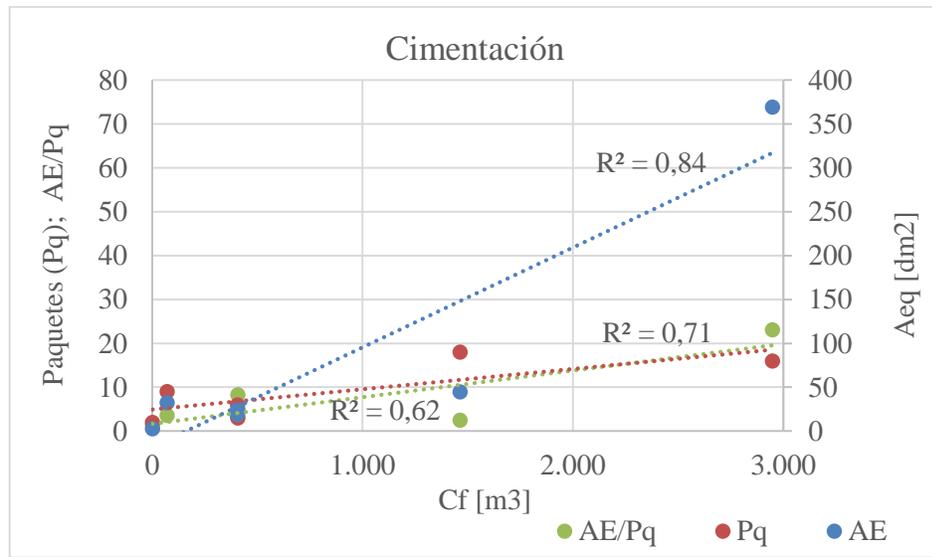


Se evaluó estadísticamente la capacidad de explicación de las variables involucradas en la figura 16, y se encontró que, a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$, el número de objetos es una variable estadísticamente significativa ($p < 0,01$) que explica el 71% ($R^2 = 0,71$) la variabilidad del área equivalente (Aeq) y el 68% ($R^2 = 0,68$) la variabilidad del área equivalente por paquete (Aeq/Pq). El indicador de representación gráfica (Aeq/Pq) nos indica que por cada paquete se requirió en promedio $1,7 \text{ dm}^2$ para dibujarlo (ver). Sin embargo, no se encontró evidencia estadística suficiente para explicar la relación negativa entre el número de objetos y el número de paquetes ($p = 0,8$; $R^2 = 0,01$).

Por su parte, En la Figura 17 observamos cómo es la relación entre la cantidad final de obra ejecutada y la información generada en planos constructivos. Se

observó que hay una relación positiva entre el área equivalente representada en paquetes (Aeq) y la cantidad de obra ejecutada.

Figura 17. Relación de obra ejecutada vs área equivalente, proyectos de infraestructura educativa



Se evaluó estadísticamente la capacidad de explicación de las variables involucradas en la figura 28, y se encontró que, a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$, el número de la cantidad final de obra ejecutada (Cf) es una variable estadísticamente significativa ($p = 0,03$) que explica el 84% ($R^2 = 0,84$) de la variabilidad del área equivalente (Aeq), el 71% ($R^2 = 0,71$) la variabilidad del número de área equivalente por paquete (AE/Pq). Sin embargo, no se encontró evidencia estadística suficiente para explicar la relación entre la cantidad final de obra ejecutada y el número de paquetes ($p = 0,14$; $R^2 = 0,62$).

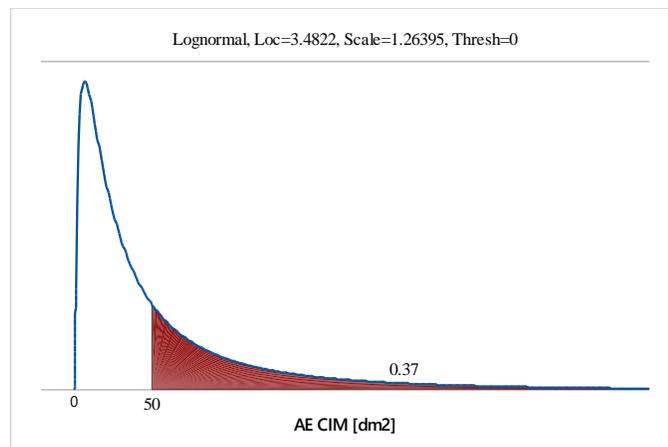
En un primer lugar se observa la correlación existente entre el área equivalente con el número de objetos de objetos, presentado en la figura 16; asimismo la figura 17, presenta la correlación existente entre el área equivalente de dibujo

(Aeq) y la cantidad final de obra ejecutada para las cimentaciones coherente con la situación real teniendo en cuenta que la cantidad de obra ejecutada depende directamente del número de objetos de un proyecto.

Para el análisis en términos de cantidad de información, la variabilidad del área equivalente (Aeq) fue ajustada a curvas de distribución de probabilidad, utilizando el paquete estadístico Minitab 17 y se encontró que la distribución que más se ajusta es la distribución log-normal, en todos los tres casos de familia analizados, cimentación, columnas y vigas. Estas curvas de distribución explican el comportamiento de la variable en términos de Incertidumbre de dibujo.

La función de distribución de probabilidad que mejor se ajusta a la variable aleatoria área equivalente (Aeq) para la familia de cimentación se muestra en la figura 18.

Figura 18. Curva de distribución de probabilidad área equivalente en cimentación (AE_CM), proyectos de infraestructura educativa



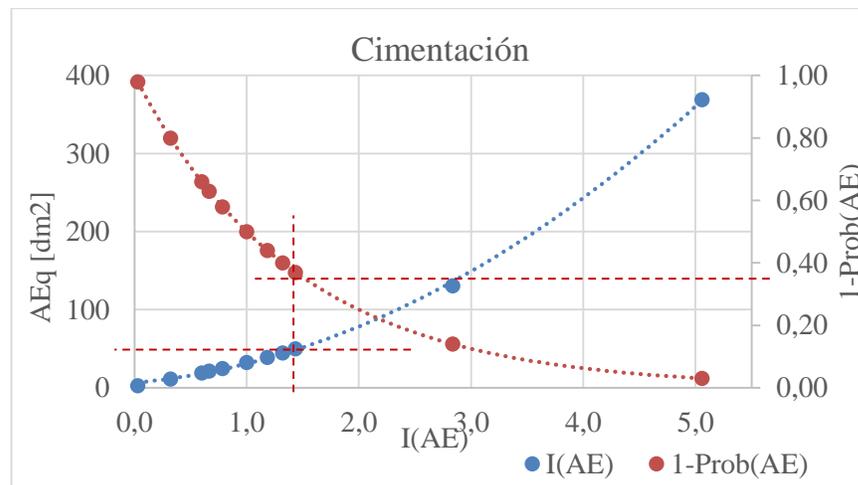
Asimismo, la Figura 18 presenta el caso el caso específico en que en los planos constructivos se han representado 50 dm² de información relacionada con

cimentación. El área sombreada bajo la curva representa en este caso que hay un 37% de probabilidad de volumen de información, medida en dm^2 de área equivalente, que no fue comunicada en planos de diseño.

En este mismo sentido se puede seleccionar el volumen de información, medida en dm^2 de área equivalente, necesario para que la probabilidad de información no comunicada en planos de diseño para una familia específica se encuentre dentro de un margen predeterminado; coherente con la definición propuesta por Krus (2007) “Información de diseño es la información necesaria para definir un diseño, relativo a un espacio de diseño, con una cierta precisión”

La cantidad de información probablemente comunicada en un conjunto de planos de diseño puede determinarse midiendo el área bajo la curva, como se indicó anteriormente, el proceso general de cálculo de cantidad de información en función del área equivalente (Aeq) se presenta en la

Figura 19.Contenido de información Aeq_Cim (N=11)

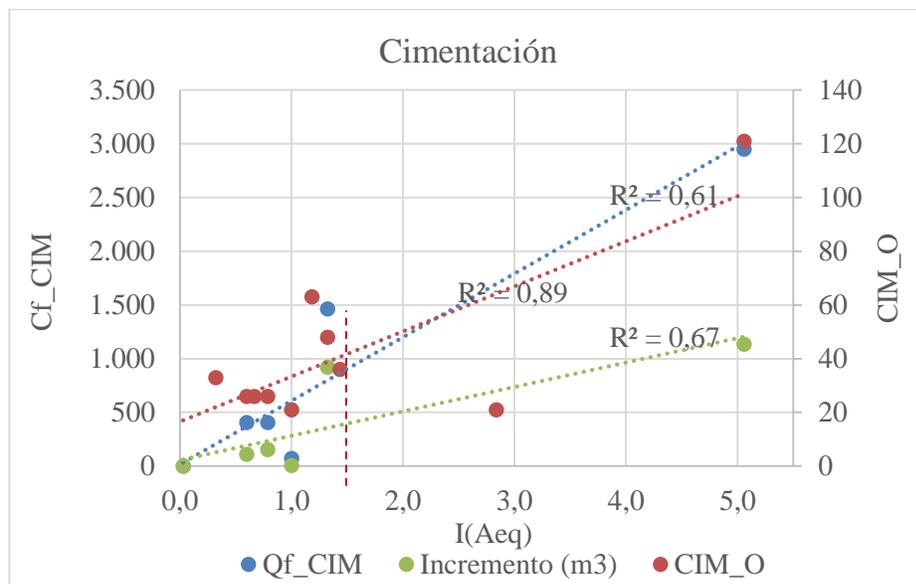


La presenta a manera de ilustración el caso específico en que en los planos constructivos se han representado 50 dm^2 de información relacionada con

cimentación; en la que se obtiene la probabilidad de información no comunicada $1 - \text{Prob}(\text{AE}) = 0.37$ o 37% en planos de diseño, y la cantidad de información comunicada en función del área equivalente comunicada $I(\text{AE}) = 1,5$. En términos prácticos, se puede determinar el grado de precisión deseada ($1 - \text{Prob}(\text{AE})$) en un conjunto de planos de diseño y a partir de allí evaluar si la información gráfica consignada se ajusta a la precisión deseada.

Finalmente, para analizar la correlación entre la cantidad de información $I(\text{AE})$ con variables indicativas de complejidad, que representan la realidad del diseño, y variables indicativas de obra, que representan la realidad del proyecto se planteó un modelo de regresión lineal, como se muestra en la figura 20.

Figura 20. Relación de cantidad de información vs Variables de Complejidad y Obra



El estudio evaluó estadísticamente la capacidad de explicación de las variables involucradas en la figura 20, Se encontró que, a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$, la cantidad de información en función del área equivalente $I(\text{Aeq})$ es una variable

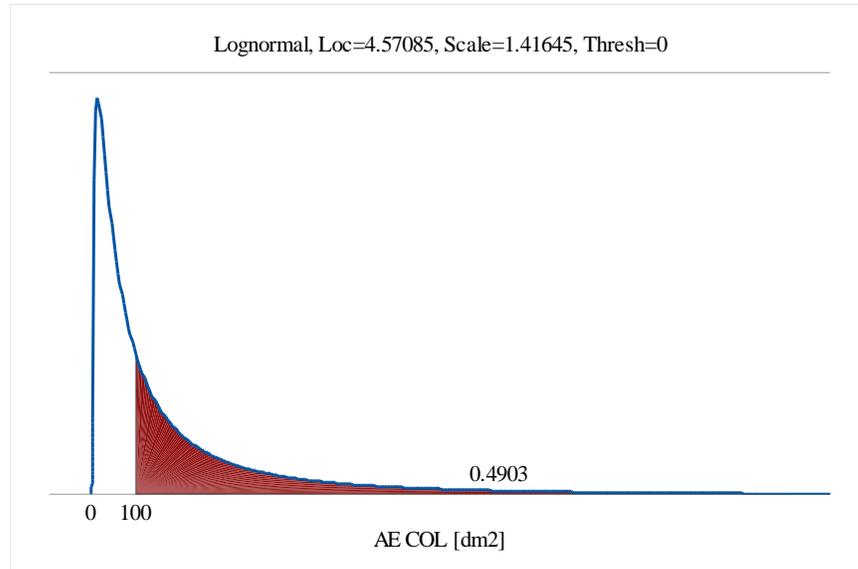
estadísticamente significativa ($p = 0,005$) que explica el 89% ($R^2 = 0,89$) de la cantidad final de material (Cf); de igual manera a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$, la cantidad de información en función del área equivalente $I(Aeq)$ es una variable estadísticamente significativa ($p = 0,0037$) que explica el 61% ($R^2 = 0,61$) de la variabilidad del incremento en metros cúbicos en las cantidades de obra estimadas inicialmente, y a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$, la cantidad de información en función del área equivalente $I(Aeq)$ es una variable estadísticamente significativa ($p = 0,006$) que explica el 67% ($R^2 = 0,67$) del número de objetos de cimentación (O).

Siguiendo con la ilustración de uso del indicador, para el conjunto de planos constructivos en los que se han representado 50 dm^2 de información relacionada con cimentación y para los que se obtuvo que la cantidad de información $I(AE)=1,5$ se obtiene una cantidad final aproximada de concreto de 1.000 m^3 y 40 objetos de cimentación. Los anteriores valores no pueden ser interpretados literalmente, sin embargo, representan un valor de referencia para verificaciones preliminares durante el proceso de diseño.

Un análisis similar se realizó para las familias de columnas y vigas cuyos resultados se presentan a continuación.

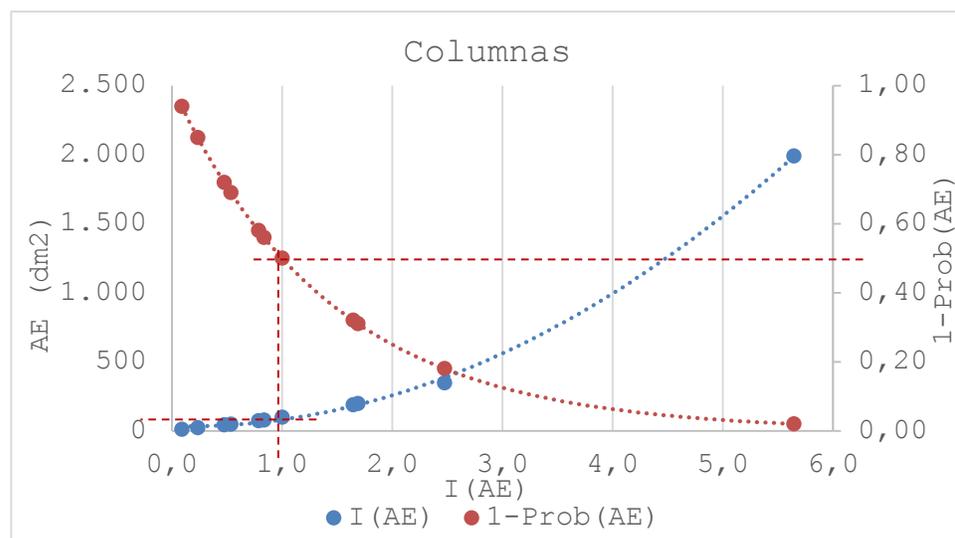
La Figura 21, presenta función de distribución de probabilidad para la variable indicativa de dibujo de área equivalente (Aeq) para la familia columnas. Consecuentemente la Figura 22, presenta la cantidad de información (I) en función del área equivalente (Aeq) y su densidad de probabilidad.

Figura 21. Curva de distribución de probabilidad área equivalente de columnas (AE_Col), proyectos de infraestructura educativa



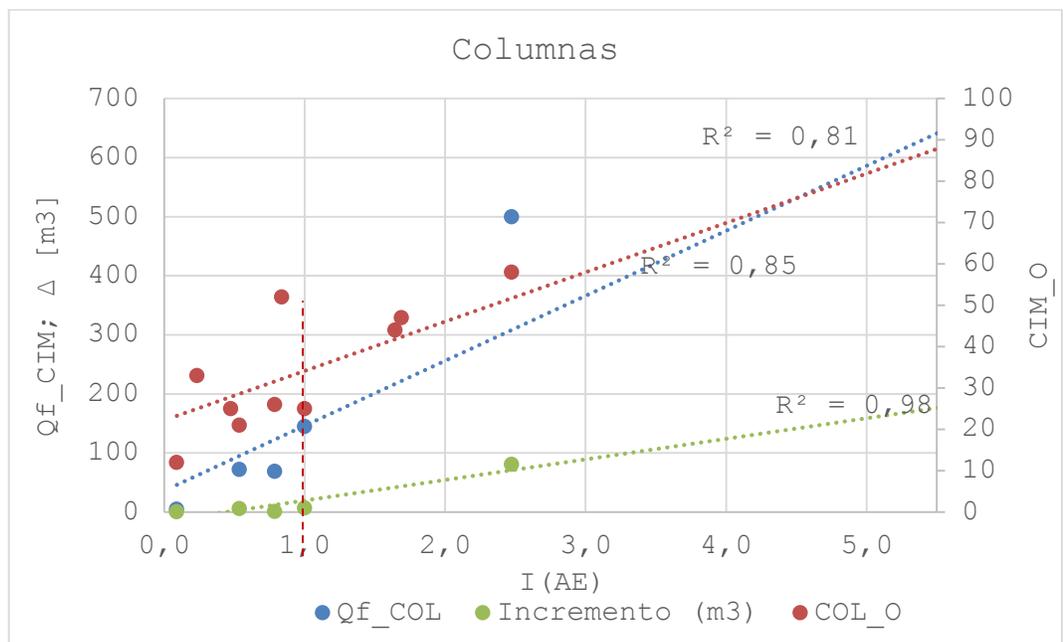
La cantidad de información probablemente comunicada en un conjunto de planos de diseño para la familia columnas en función del área equivalente (Aeq) se presenta en la Figura 22.

Figura 22. Contenido de información Aeq_Col (N=11)



La correlación entre la cantidad de información I(AE) con variables indicativas de complejidad, que representan la realidad del diseño, y variables indicativas de obra, que representan la realidad del proyecto, para la familia columnas se muestra en la Figura 20.

Figura 23.Contenido de información Aeq_Col (N=11) Vs Variables de Complejidad y Obra



El estudio evaluó estadísticamente la capacidad de explicación de las variables involucradas en la figura 23. Se encontró que, a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$, la cantidad de información en función del área equivalente I(Aeq) es una variable estadísticamente significativa ($p = 0,009$) que explica el 85% ($R^2 = 0,85$) de la cantidad final de material (Cf); de igual manera a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$, la cantidad de información en función del área equivalente I(Aeq) es una variable estadísticamente significativa ($p < 0,001$) que explica el 98% ($R^2 = 0,98$) de la variabilidad del incremento en metros cúbicos en las cantidades de obra estimadas inicialmente, y a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$, la cantidad de

información en función del área equivalente $I(Aeq)$ es una variable estadísticamente significativa ($p < 0,001$) que explica el 81% ($R^2 = 0,81$) del número de objetos de columnas (O).

Para la familia vigas, los análisis se presentan a continuación.

La figura 24, presenta función de distribución de probabilidad para la variable indicativa de dibujo de área equivalente (Aeq) para la familia vigas. Consecuentemente la figura 25, presenta la cantidad de información (I) en función del área equivalente (Aeq) y su densidad de probabilidad.

Figura 24. Curva de distribución de probabilidad área equivalente de vigas (AE_Vig), proyectos de infraestructura educativa

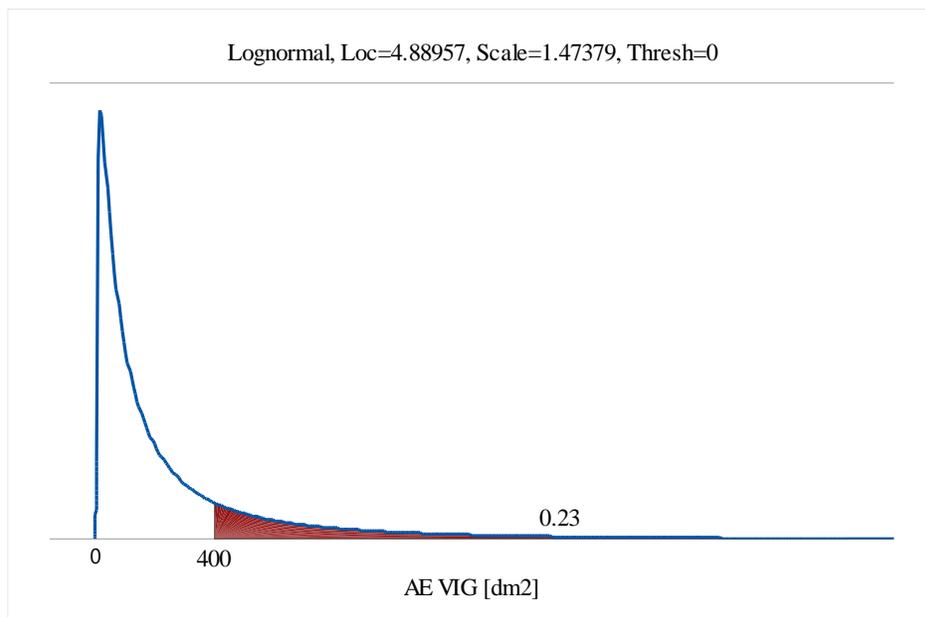


Figura 25.Contenido de información Aeq_Col (N=11)

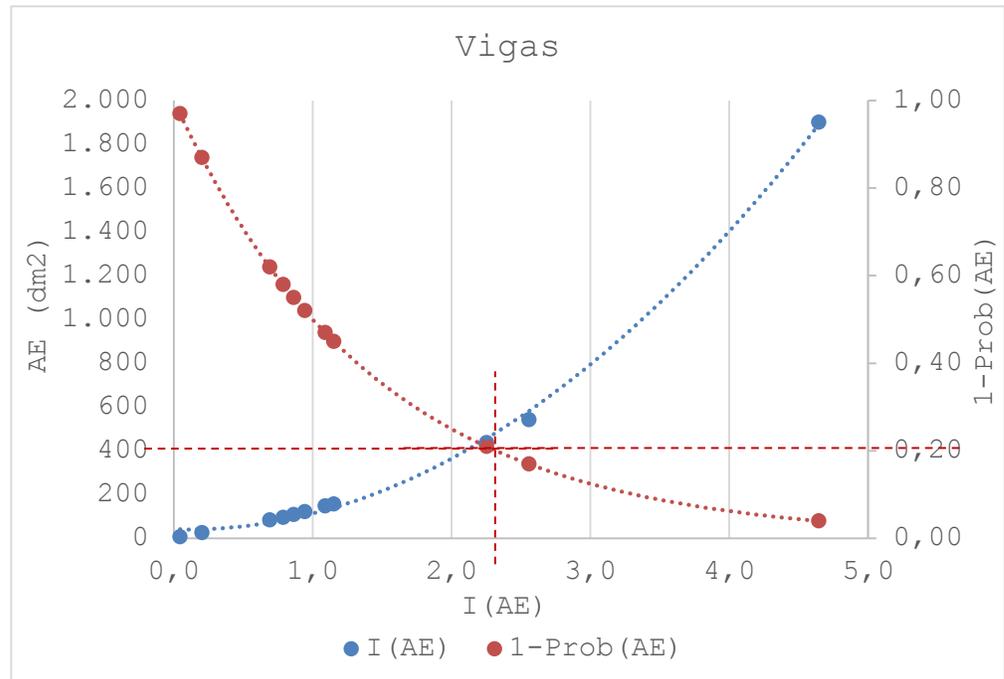
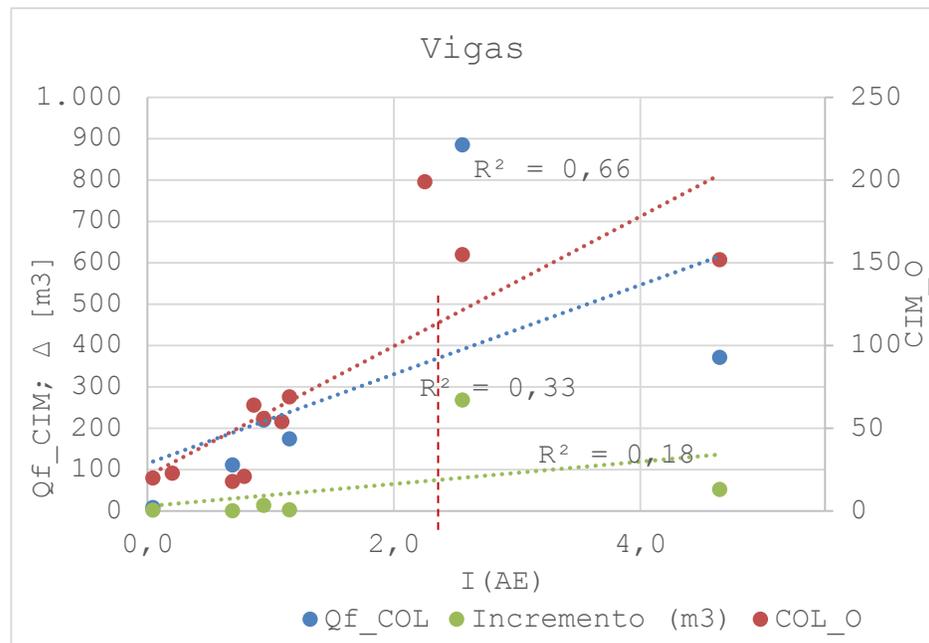


Figura 26.Contenido de información Aeq_Vig (N=11) Vs Variables de Complejidad y Obra



El estudio evaluó estadísticamente la capacidad de explicación de las variables involucradas en la figura 26. Se encontró que no existe suficiente evidencia estadística para correlacionar la cantidad de información en función del área equivalente $I(A_{eq})$ con la cantidad final de obra (C_f), sin embargo a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$, la cantidad de información en función del área equivalente $I(A_{eq})$ es una variable estadísticamente significativa ($p = 0,034$) que explica el 66% ($R^2 = 0,66$) del número de objetos de columnas (O).

4.2 INFORMACIÓN DE OBRA

La cantidad de información a partir del concepto de incertidumbre de información para un conjunto de planos de diseño representa un indicador de tipo envolvente o general de la información representada en planos, sin embargo, las variables indicativas definidas permiten generar una serie de índices de representación gráfica que aportan información relacionada con la complejidad de los proyectos de diseño y el número de objetos y tipos de objetos resultantes así como entre estas últimas y la información gráfica generada en planos de diseño. Indicadores de este tipo resultan útiles y prácticos en la verificación en primera instancia de planos de diseño detallado, y proveen una referencia primaria para posteriores revisiones de contenido más exhaustivas.

4.2.1 Caracterización de los proyectos. La

muestra el resumen estadístico de las características generales de los proyectos estudiados. El estudio analizó proyectos dónde el 50% de ellos tuvo un área a diseñar (A_d) inferior a 3.640 m², un área base (A_b) inferior a 963 m², y no sobrepasan los 3 niveles de altura.

Tabla 8 *Estadísticas de la información de proyectos (N = 30)*

	Ad [m ²]	Ab [m ²]	Niveles	Tipos	Objetos
Promedio	5.650	2.137	5	117	307
DesvEst ¹	5.657	2.873	6	95	256
CoefVar ²	100	134	120	81	83
Mínimo	321	107	1	14	32
Q1	1.505	480	2	50	105
Mediana	3.640	963	3	76	225
Q3	10.162	2.116	6	189	490
Máximo	26.018	10.459	27	335	876
Asimetría	1,83	2,10	3,04	1,03	1,08
Curtosis	4,50	3,43	9,29	-0,11	0,07

¹DesvEst: Desviación estándar

²CoefVar: Coeficiente de variación

El estudio consideró para el análisis solamente los tipos y objetos estructurales correspondientes a la familia cimentación, columnas y vigas. Los resultados indican que el proyecto promedio de la muestra consideró 117 elementos estructurales “tipo” y 307 “objetos” estructurales lo cual ilustra el grado de complejidad a representar gráficamente en los planos detallados de construcción. Se analizó una gama amplia de proyectos, desde aquellos que concibieron diseñar 14 tipos de elementos estructurales como mínimo, hasta proyectos que diseñaron 335 tipos, como máximo. Igualmente se analizaron proyectos que requirieron representar gráficamente, como mínimo, 32 objetos estructurales hasta proyectos que dibujaron 876 objetos estructurales.

Consecuentemente, se calcularon los índices de complejidad del proyecto, cuyo resumen estadístico se presenta en la tabla 9.

Tabla 9 Índices generales de complejidad (N = 30)

	Ad/T [m ² /un]	Ad/O [m ² /un]	O/T
Promedio	52,8	18,4	3,1
DesvEst ¹	43,1	10,7	2,3
CoefVar ²	82	58,4	72
Mínimo	7,6	3,7	1,1
Q1	23,1	9,9	1,6
Mediana	37,4	16,0	2,6
Q3	66,6	25,6	3,4
Máximo	192,7	43,9	11,4
Asimetría	1,69	0,79	2,30
Curtosis	2,91	-0,08	6,06

¹DesvEst: Desviación estándar

²CoefVar: Coeficiente de variación

En promedio se analizaron proyectos con un índice unitario de área a diseñar de 52,8 m² por tipo de elemento estructural. El índice de área a diseñar por objeto estructural fue de 18,4 m² y la relación promedio entre objeto y tipo fue de 3 objetos por cada tipo propuesto, en promedio.

Tabla 10 Información de proyectos desagregado por tipo de usos del proyecto (N = 30)

	Tipos	Ad/T	Objetos	Ad/O	O/T
Infraestructura Educativa/Cultural (N = 11; 37%)					
Promedio	89	53	153	23	2,5
DesvEst ¹	92	35	102	14	1,0
Mínimo	14	14	32	9	1,1
Mediana	51	42	120	14	2,6
Máximo	249	119	358	44	4,9
Infraestructura de Transporte (N = 6; 20%)					
Promedio	161	52	446	19	2,9
DesvEst ¹	93	21	253	9	0,6
Mínimo	59	26	222	9	2,1
Mediana	147	53	352	20	2,8
Máximo	312	83	876	30	3,8
Vivienda Multifamiliar (N = 6; 20%)					
Promedio	152	29	296	14	2,1
DesvEst ¹	132	16	261	7	0,9
Mínimo	37	8	93	5	1,1
Mediana	88	27	173	14	1,9
Máximo	335	56	736	21	3,7
Otros (N = 7; 23%)					
Promedio	95	74	441	15	5,1
DesvEst ¹	49	73	323	9	3,9
Mínimo	47	9	84	4	1,2

Mediana	77	31	495	17	5,6
Máximo	182	193	875	26	11,4

¹DesvEst: Desviación estándar

La información sobre las características generales de los proyectos se desagregó en cuatro categorías según el tipo de uso de la edificación del proyecto (ver tabla 10), para indicar los índices de complejidad basados en los tipos y objetos estructurales requeridos.

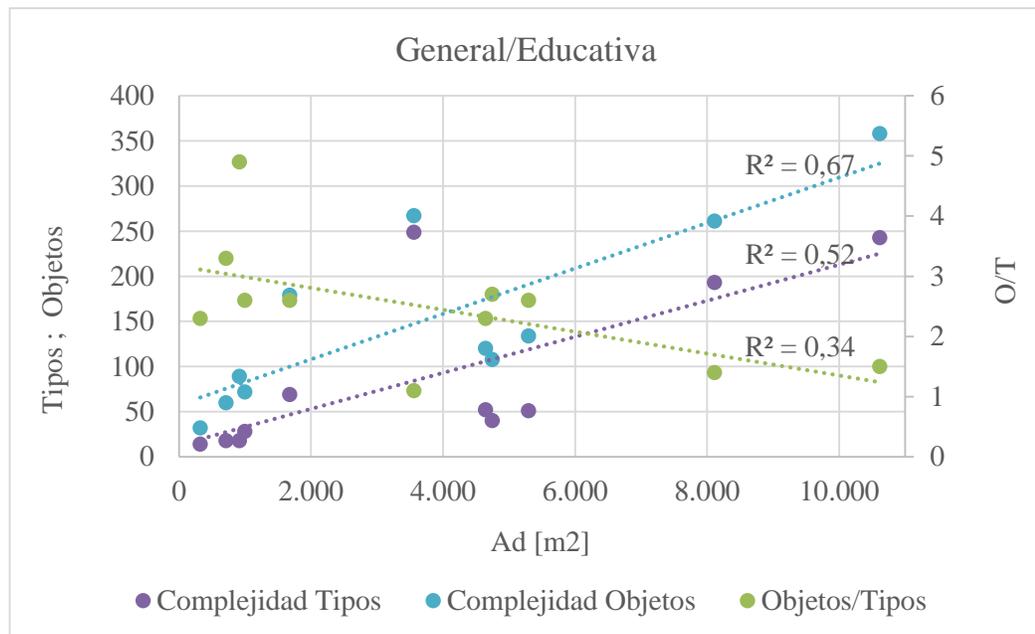
Comparando los índices generales de complejidad entre los proyectos de infraestructura educativa y los proyectos de vivienda multifamiliar, encontramos que, en promedio, el número de tipos estructurales (tanto para cimentación, columnas y vigas) propuestos para proyectos de vivienda multifamiliar son 1,7 más, que para los tipos propuestos en proyectos de infraestructura educativa. El número de objetos estructurales, (tanto para cimentación, columnas y vigas) propuestos para proyectos de vivienda multifamiliar son 1,9 más, que para los tipos propuestos en proyectos de infraestructura educativa.

Mientras que el área a diseñar por tipo en proyectos de infraestructura educativa es 1,9 veces mayor que para proyectos de vivienda multifamiliar, y el área a diseñar por objeto, en proyectos de infraestructura educativa es 1,6 veces mayor que para proyectos de vivienda multifamiliar. La proporción entre objetos y tipos es casi similar, 2,5 para infraestructura educativa y 2,1 para multifamiliar.

El estudio observó que se proponen más del 70% de tipos y objetos estructurales en proyectos de vivienda multifamiliar que, en proyectos de infraestructura educativa, mientras que la relación de área a diseñar unitaria por tipo y objeto es más del 60% en proyectos de infraestructura educativa que en proyectos multifamiliares. Y la relación número de objetos por tipo en los dos tipos de proyectos está entre 2,1 y 2,5.

Por otra parte, analizando los resultados del grupo de proyectos de infraestructura educativa, mostrados en figura 27, nos lleva a suponer que a mayor área a diseñar, mayor número de tipos y mayor número de objetos; pero contrariamente, menor relación de objetos y tipos, lo que sugiere que a medida que se incrementa el área a diseñar, los tipos se incrementan sea por la irregularidad del diseño o por la representación gráfica, uno a uno, de la totalidad de los objetos diseñados.

Figura 27. Relación de complejidad vs área a diseñar, proyectos de infraestructura educativa



El estudio evaluó estadísticamente la capacidad de explicación de las variables involucradas en la Figura 27. Se encontró que, a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$, el área a diseñar (Ad) es una variable estadísticamente significativa ($p = 0,01$) que explica el 52% ($R^2 = 0,52$) de la variabilidad del número de tipos en los proyectos. El indicador Ad/T nos indica que por cada 53 m² de Ad, se diseñó un tipo estructural (ver

). Igualmente, Ad es una variable estadísticamente significativa ($p < 0,01$) que explica, también, en 67% ($R^2 = 0,67$) la variabilidad del número de objetos en los

proyectos. El indicador Ad/O nos indica que por cada 23 m² de Ad, se diseñó un objeto estructural (ver

). Pero se encontró, que a un nivel de significancia $\alpha = 0,10$, el área a diseñar (Ad) es una variable estadísticamente significativa ($p = 0,06$) que explica el 34% ($R^2 = 0,34$) de la variabilidad de la relación O/T, y contrario número de tipos en los proyectos.

Posteriormente, el estudio analizó la información de los proyectos de infraestructura educativa de acuerdo a las tres familias de objetos, cimentación, columnas y vigas, de manera independiente. La tabla 11, resume los indicadores de complejidad de los proyectos.

Tabla 11 *Indicadores de complejidad –Infraestructura Educativa (N = 11)*

	T	Ab/T [m ² /u]	O	Ab/O [m ² /u]	O/T
Cimentación					
Promedio	11	139	42	33	5
CoefVar ¹	76	53	73	49	60
Mínimo	3	53	21	13	2
Mediana	9	112	30	33	4
Máximo	30	269	121	67	11
	T	Ad/T [m ² /u]	O	Ad/O [m ² /u]	O/T
Columnas					
Promedio	17	249	39	90	4
CoefVar ¹	102	65	54	70	76
Mínimo	3	80	12	27	1
Mediana	10	174	33	76	3
Máximo	61	531	85	186	11
	T	Ad/T [m ² /u]	O	Ad/O [m ² /u]	O/T
Vigas					
Promedio	62	93	76	51	2
CoefVar ¹	114	79	84	53	37
Mínimo	8	18	18	16	1
Mediana	27	70	56	47	2
Máximo	199	250	199	98	3

¹CoefVar: Coeficiente de variación

La información sobre las características generales de los proyectos se desagregó en cuatro categorías según el tipo de uso de la edificación del proyecto (ver tabla

10), para indicar los índices de complejidad basados en los tipos y objetos estructurales requeridos.

Comparando los índices generales de complejidad entre los proyectos de infraestructura educativa y los proyectos de vivienda multifamiliar, encontramos que, en promedio, el número de tipos estructurales (tanto para cimentación, columnas y vigas) propuestos para proyectos de vivienda multifamiliar son 1,7 más, que para los tipos propuestos en proyectos de infraestructura educativa. El número de objetos estructurales, (tanto para cimentación, columnas y vigas) propuestos para proyectos de vivienda multifamiliar son 1,9 más, que para los tipos propuestos en proyectos de infraestructura educativa.

Mientras que el área a diseñar por tipo en proyectos de infraestructura educativa es 1,9 veces mayor que para proyectos de vivienda multifamiliar, y el área a diseñar por objeto, en proyectos de infraestructura educativa es 1,6 veces mayor que para proyectos de vivienda multifamiliar. La proporción entre objetos y tipos es casi similar, 2,5 para infraestructura educativa y 2,1 para multifamiliar.

El estudio observó que se proponen más del 70% de tipos y objetos estructurales en proyectos de vivienda multifamiliar que, en proyectos de infraestructura educativa, mientras que la relación de área a diseñar unitaria por tipo y objeto es más del 60% en proyectos de infraestructura educativa que en proyectos multifamiliares. Y la relación número de objetos por tipo en los dos tipos de proyectos está entre 2,1 y 2,5.

Por otra parte, analizando los resultados del grupo de proyectos de infraestructura educativa, mostrados en figura 27, nos lleva a suponer que a mayor área a diseñar, mayor número de tipos y mayor número de objetos; pero contrariamente, menor relación de objetos y tipos, lo que sugiere que a medida que se incrementa

el área a diseñar, los tipos se incrementan sea por la irregularidad del diseño o por la representación gráfica, uno a uno, de la totalidad de los objetos diseñados.

4.2.2 Información sobre obra ejecutada. El estudio evaluó estadísticamente la capacidad de explicación de las variables de cantidad de obra inicial (C_0) y final (C_f) para las principales familias que conforman la estructura aporticada del grupo de proyectos de infraestructura educativa. Dentro de este subgrupo de proyectos de infraestructura educativa se encuentra la mayor cantidad de proyectos que cuenta con información de obra ejecutada con un total de 6 de los 10 proyectos de la muestra total que cuenta con este tipo de información.

Como caso particular para la familia 'Cimentación' la muestra de análisis corresponde a cinco proyectos ($N=5$). Se excluyó de los análisis el proyecto número 17 que corresponde a una ampliación en altura de las instalaciones existentes por lo que los valores de tipos, objetos y cantidades de obra son cero (0).

Los análisis de información sobre obra ejecutada consideran únicamente la cantidad de concreto expresada en metros cúbicos. Se excluye la cantidad de acero de los análisis considerando que la información de presupuestos para este material se presenta de manera agregada, sin distinción entre familias ni elementos estructurales y no estructurales.

El análisis de los índices de obra ejecutada muestra que para todos los casos la variación (Δ) entre la estimación de cantidades de obra (C_0) y la cantidad ejecutada en obra (C_f) es significativa, lo anterior se evidencia claramente si la información se analiza en términos porcentuales. Para el grupo de proyectos analizados se encuentra una diferencia promedio en la estimación de cantidades (Δ) de 69% para cimentaciones, 12% para columnas y 14% para vigas.

La información suministrada para el desarrollo de la investigación no permite establecer la incidencia de cambios de diseño durante la ejecución de la obra que permita explicar esta variación por lo que los análisis posteriores parten sobre el indicador de cantidad de obra ejecutada (C_f)

Consecuentemente, se calcularon los índices de obra ejecutada por familia, cuyo resumen estadístico se presenta en la tabla 12.

Tabla 12 *Indicadores de obra ejecutada cimentación –Infraestructura Educativa (N = 6)*

(N=5) ¹	Co [m ³]	Cf [m ³]	Cf/O [m ³ /uo]	Δ [m ³]	Δ [%]
Cimentación					
Promedio	594	1.060	17,9	466	69
DesvEst ²	704	1.180	10,3	521	60
CoefVar ³	119	111	57	112	88
Mínimo	64	71	3,4	8	12
Q1	158	239	9,5	60	25
Mediana	294	407	15,7	155	61
Q3	1.179	2.207	27,5	1.028	116
Máximo	1.815	2.949	30,5	1.134	170
Asimetría	1,92	1,34	-0,31	0,65	1,57
Curtosis	3,85	1,10	0,03	-2,72	3,03
(N=6)	Co [m ³]	Cf [m ³]	Cf/O [m ³ /uo]	\Delta [m ³]	Δ [%]
Columnas					
Promedio	270	229	4,6	46	12
DesvEst ²	319	247	3,0	73	8
CoefVar ³	118	108	65	158	69
Mínimo	5	5	0,4	1	2
Q1	51	53	2,1	1	4
Mediana	104	109	4,6	7	12
Q3	627	521	7,3	106	18
Máximo	763	583	8,6	180	24
Asimetría	1,03	0,88	-0,08	1,68	0,37
Curtosis	-1,07	-1,60	-1,05	2,24	-0,33
(N=6)	Co [m ³]	Cf [m ³]	Cf/O [m ³ /uo]	\Delta [m ³]	Δ [%]
Vigas					
Promedio	257	295	4	57	14
DesvEst ²	223	313	2	106	16
CoefVar ³	87	106	62	186	112
Mínimo	11	9	0	1	0
Q1	86	86	2	2	2
Mediana	189	197	3	8	10
Q3	472	500	6	107	27

Máximo	617	885	6	268	44
Asimetría	0,88	1,7	-0,09	2,28	1,43
Curtosis	-0,11	3,18	-1,07	5,26	1,84

¹Se omite para análisis proyecto número 17 (ampliación en altura)

²DesvEst: Desviación estándar

³CoefVar: Coeficiente de variación

Para las tres familias analizadas se observa la magnitud de los proyectos y la incidencia de cada una en las estructuras de tipo porticado al analizar la cantidad promedio ejecutada (C_f) de 1.060 m³ en elementos de cimentación, 229 m³ en elementos tipo columna y 295 m³ en elementos tipo vigas.

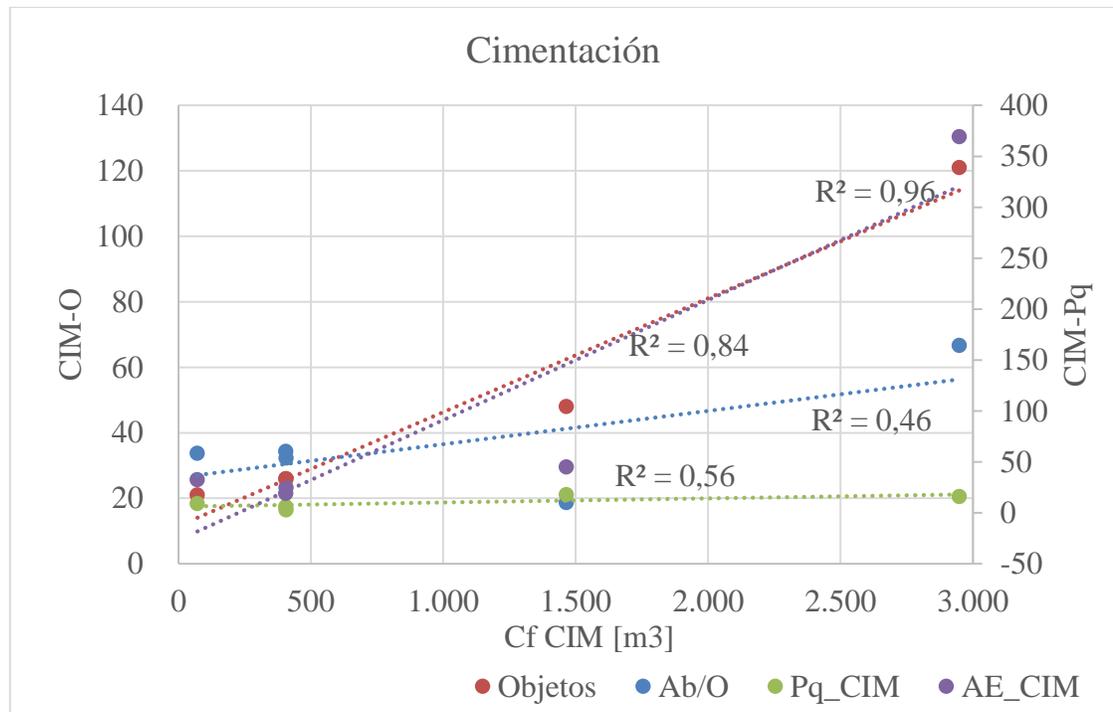
Se analizó una gama amplia de proyectos que se observa, tomando como referencia la familia columnas, en términos de la magnitud de obra ejecutada que varía entre los 5 m³ y los 583 m³, y en términos de la relación cantidad de concreto promedio por objeto (C_f/O) en el rango entre los 0,4 [m³/u] y los 8,6 [m³/u], variación significativa, pero que se puede explicar por el número de niveles de los proyectos de la muestra que oscila entre 1 y 6.

Por otra parte, analizando los resultados de obra ejecutada para la familia de cimentación del grupo de proyectos de infraestructura educativa que cuentan con información de obra ejecutada (N=5), mostrados en , se encuentra que aunque el número de paquetes de información explica en gran medida la cantidad de obra ejecutada (C_f), las variables de número de objetos y área equivalente de dibujo explican en un 84% y 96% respectivamente la relación con la cantidad de obra ejecutada.

El estudio evaluó estadísticamente la capacidad de explicación de las variables involucradas en la . Se encontró que, a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$, el área equivalente de dibujo (AE_CIM) es una variable estadísticamente significativa

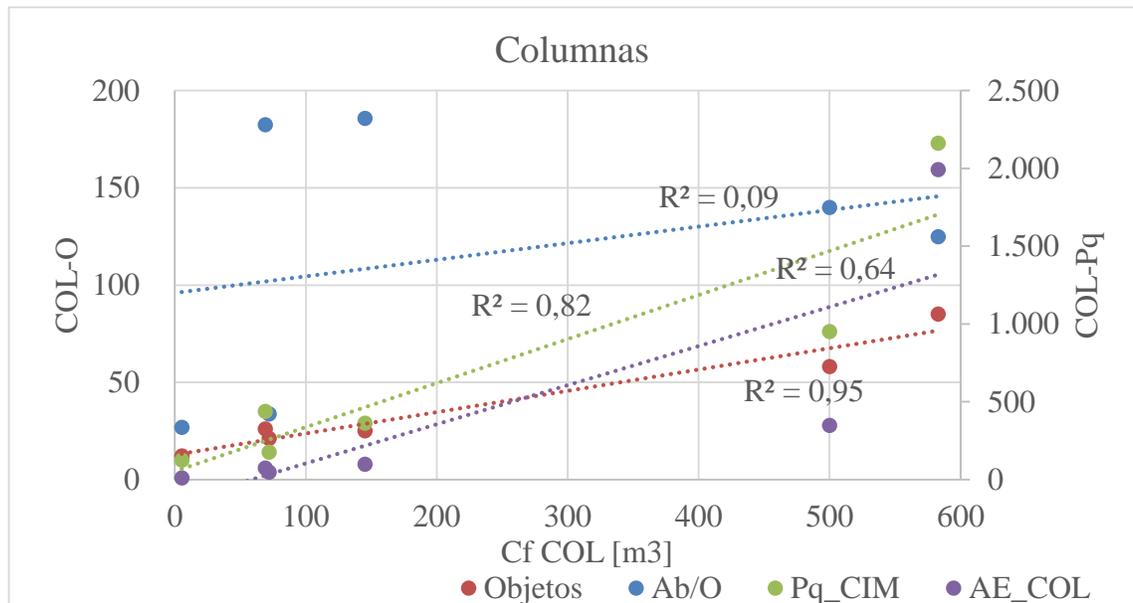
($p = 0,03$) que explica el 96% ($R^2 = 0,96$) de la cantidad de concreto para cimentación ejecutados en obra.

Figura 28. Relación obra ejecutada vs información de dibujo- Cimentación, proyectos de infraestructura educativa



Los resultados de obra ejecutada para la familia de columnas del grupo de proyectos de infraestructura educativa que cuentan con información de obra ejecutada (N=6), que se muestran en la figura 29, **Error! No se encuentra el rigen de la referencia.**, se encuentra que tres variables explican en una proporción mayor al 50% la relación con el indicador de la cantidad de obra ejecutada (C_f) dentro de ellas se encuentran el área equivalente de dibujo (AE_COL), que explica en un 64% la variación, el número de paquetes de información (Pq_CIM), que explica en un 82% la variación y el número de objetos que explica en un 95% la variación de la cantidad de obra ejecutada (C_f).

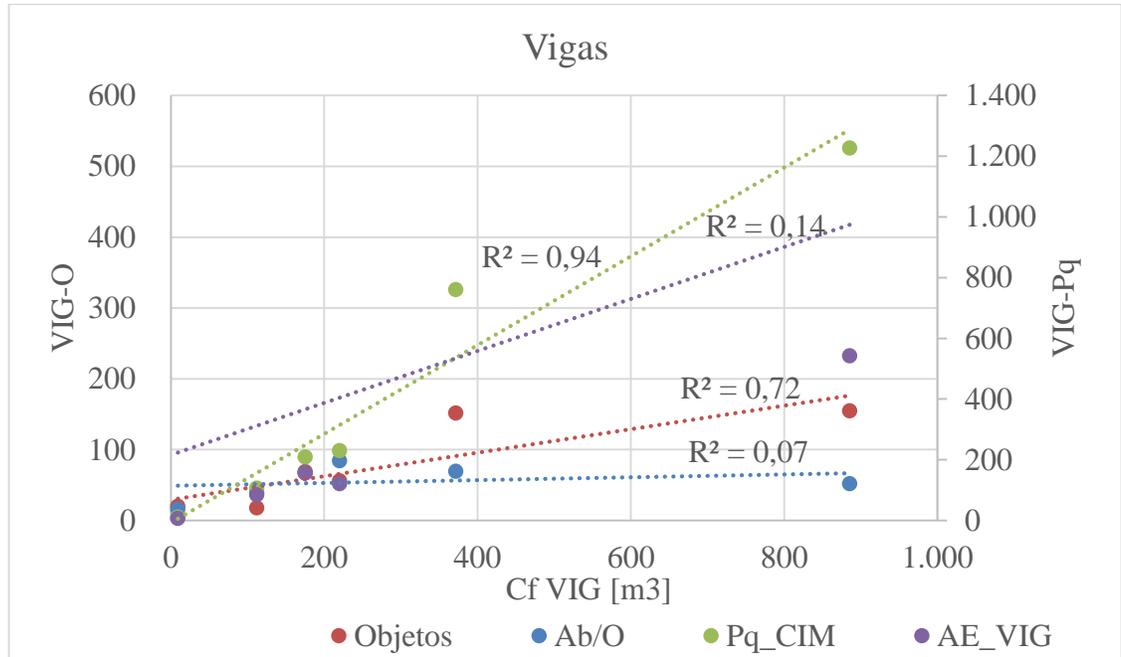
Figura 29. Relación obra ejecutada vs información de dibujo - Columnas, proyectos de infraestructura educativa



Estadísticamente la capacidad de explicación de las variables involucradas en la figura 29. Se encontró que, a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$, el número de objetos (O) es una variable estadísticamente significativa ($p = 0,001$) que explica el 95% ($R^2 = 0,95$) de la cantidad de concreto para cimentación ejecutados en obra. Asimismo, el número de paquetes de información (Pq_Cim) y área equivalente de dibujo (Aeq) son variables estadísticamente significativas ($p = 0,05$) y ($p = 0,055$) respectivamente.

Para la familia de vigas del grupo de proyectos de infraestructura educativa, el análisis de los resultados cuya gráfica se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, muestra que el número de paquetes de información explica en mejor medida, con un 94%, la cantidad de obra ejecutada (C_f), mientras que el área equivalente de dibujo, con un 14%, a diferencia de los casos anteriores no explica la relación entre las variables.

Figura 30. Relación obra ejecutada vs información de dibujo - Vigas, proyectos de infraestructura educativa



Estadísticamente la capacidad de explicación de las variables involucradas en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Se encontró que, a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$, el número de paquetes de información (Pq_CIM) es una variable estadísticamente significativa ($p = 0,001$) que explica el 94% ($R^2 = 0,94$) de la cantidad de concreto para cimentación ejecutados en obra, por otro lado.

4.3 INFORMACIÓN DE DIBUJO

Esta sección presenta los resultados del estudio y la discusión organizada en dos secciones: a) información sobre la representación gráfica en planos y b) información sobre los paquetes de información.

4.3.1 Información consignada en planos. La tabla 3, muestra el resumen estadístico de la información generada en planos. El número promedio de planos

generados por proyecto fue de 15 planos, lo que representó un área útil para dibujar de 920 dm², en promedio. El número promedio de paquetes de información generado por proyecto fue de 261, lo que representó en promedio un área neta de 475 dm² y un área neta equivalente de 467 dm². El número mínimo de paquetes identificados en un proyecto fue de 31 y el número máximo de 835, lo que significó en área neta equivalente 40 dm² y 2.315 dm² respectivamente.

Tabla 13 *Estadísticas de la información generada en planos (N = 11)*

	Planos	Ap [dm ²]	Au [dm ²]	Pq	An [dm ²]	Aeq [dm ²]
Promedio	15	990	920	261	475	467
DesvStd ¹	10	602	557	266	301	653
CoefVar ²	66	61	61	102	63	140
Mínimo	2	141	139	31	79	40
Q1	8	566	524	79	257	114
Mediana	13	848	767	165	426	227
Q3	24	1.697	1.572	557	622	616
Máximo	35	2.050	1.899	835	1.077	2.315
Asimetría	0,77	0,54	0,55	1,35	0,89	2,67
Curtosis	-0,14	-0,77	-0,78	0,69	0,33	7,70

¹DesvEst: Desviación estándar

²CoefVar: Coeficiente de variación

Los índices de representación gráfica mostrada en la tabla 14, indican que en promedio se dibujaron 15 paquetes por plano; como mínimo cada plano contuvo 6 paquetes y máximo 29. Los paquetes, en promedio por plano, ocuparon el 52% del área disponible para dibujar; es decir, una densidad gráfica de 0,5 por plano. En promedio cada paquete demandó 1,7 dm² de dibujo.

Tabla 14 *Índices de representación gráfica (N = 11)*

	An/Au	Aeq/Au	Pq/PI	Aeq/Pq
Promedio	0,52	0,42	15	1,7
DesvStd ¹	0,09	0,37	7	1,0
CoefVar ²	17,7	87,19	47	58
Mínimo	0,32	0,12	6	0,9
Q1	0,48	0,20	9	1,1
Mediana	0,57	0,38	13	1,3
Q3	0,58	0,44	21	2,0
Máximo	0,62	1,47	29	4,2
Asimetría	-1,45	2,71	0,69	1,68
Curtosis	1,32	8,24	0,00	2,76

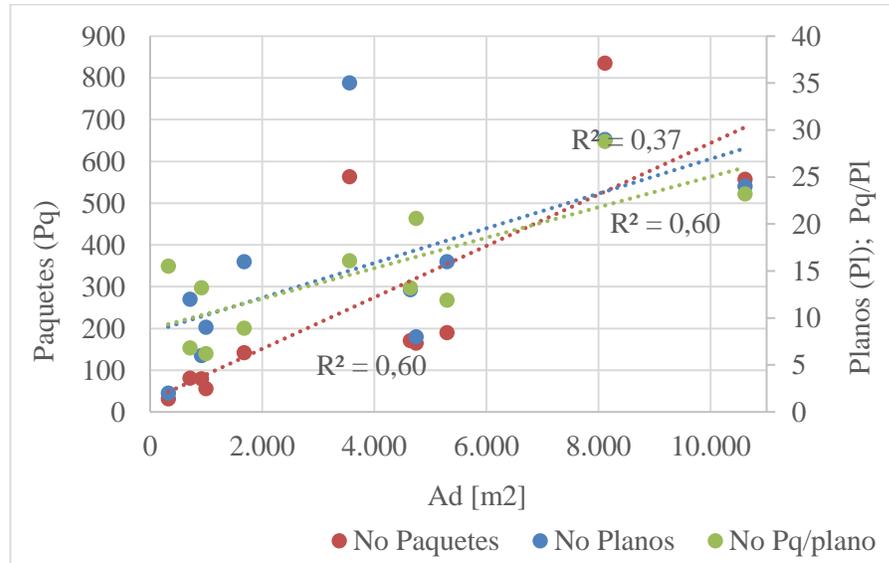
¹DesvEst: Desviación estándar

²CoefVar: Coeficiente de variación

La Figura 31 presenta la relación entre la variable indicativa de complejidad área de diseño (Ad) de los proyectos y la información gráfica generada en planos de diseño. Se encuentra del análisis que tanto el número de paquetes (Pq), como el número de paquetes por plano (Pq/PI) explican la variación del modelo lineal en un 60%.

La variable indicativa del número de planos no explica de manera representativa la variación del modelo lineal, resultado coherente con el índice de representación gráfica de área neta versus área útil (An/Au), ver tabla 14, cuyo valor promedio es de 0.52, lo que en términos prácticos indica que en promedio sólo la mitad del espacio útil de papel es utilizado para consignar información, y el rango de valores de este indicador entre 0.32 y 0.62 sugiere que el número de planos no guarda estricta relación con el área de diseño de un proyecto.

Figura 31.Relación área de diseño Vs Información gráfica generada

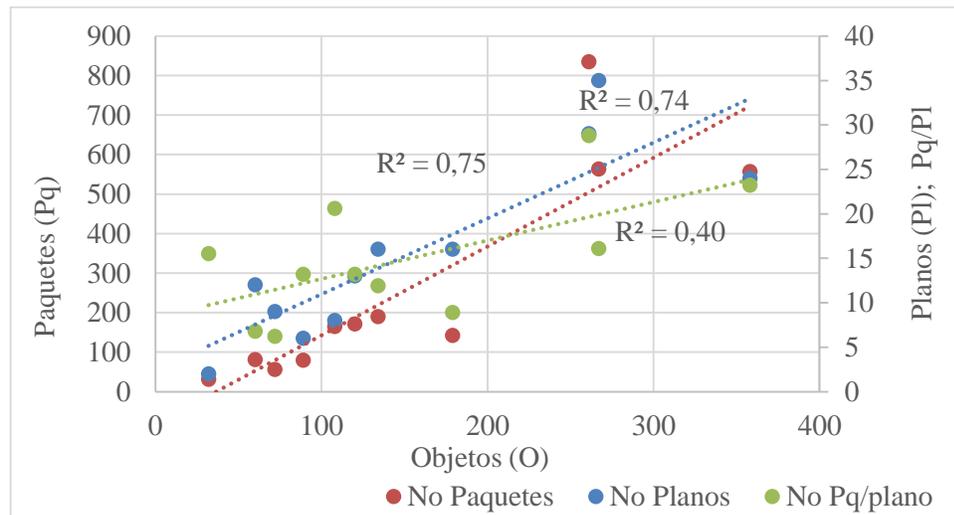


El estudio evaluó estadísticamente la capacidad de explicación de las variables involucradas en la Figura 31. Se encontró que, a un nivel de significancia $\alpha = 0,1$, el número de planos (PI) es una variable estadísticamente significativa ($p = 0,047$), sin embargo, explica sólo en un el 37% ($R^2 = 0,37$) de la variabilidad del área de diseño del proyecto. Igualmente, el número de paquetes (Pq) es una variable estadísticamente significativa ($p < 0,005$) que explica, también, en 60% ($R^2 = 0,60$) la variabilidad del área de diseño en los proyectos. El indicador Pq/plano nos señala que por cada plano en promedio se pueden encontrar 15 paquetes de información (ver tabla 14). Se encontró para este indicador un nivel de significancia $\alpha = 0,05$, que es una variable estadísticamente significativa ($p = 0,005$) que explica el 60% ($R^2 = 0,60$) de la variabilidad del área de diseño de un proyecto.

La figura 32 presenta la relación entre la variable indicativa de complejidad número de objetos (O) de los proyectos y la información gráfica generada en planos de diseño. Se encuentra del análisis que tanto el número de paquetes (Pq), como el

número de planos (PI) explican la variación del modelo lineal en una proporción mayor al 70%.

Figura 32. Relación de complejidad Vs Información gráfica generada



Estadísticamente las variables evaluadas guardan una correlación positiva $\alpha = 0,05$ con el número de objetos de un proyecto, sin embargo, son las variables número de paquetes (Pq) ($p < 0.01$) y número de planos (PI) ($p < 0.01$) quienes explican de mejor manera la variación del modelo lineal con un 75% ($R^2 = 0,75$) y 74% ($R^2 = 0,74$).

Se encuentra en términos generales el número de planos de un proyecto se relaciona de manera significativa con el número de objetos de un diseño ($R^2 > 0.7$), y que para todos los casos la relación entre complejidad expresada en áreas de diseño (Ad) u objetos de información (O) y número de paquetes de información es significativa ($R^2 > 0.5$)

4.3.2 Información representada en paquetes. Los índices de representación gráfica presentados en la tabla 15, indican que en promedio se dibujaron 15 paquetes de cimentación por proyecto; como mínimo cada proyecto presentó 2 paquetes y máximo 72. Los paquetes, en promedio por plano, ocuparon un área equivalente

de 67,8 dm². En promedio cada paquete demandó 5,4 dm² de dibujo, y se dibujó en promedio por proyecto, un paquete de cimentación cada 151 m² de terreno. Asimismo, se representaron 29,1 m² de terreno por decímetro cuadrado de dibujo equivalente.

La tabla 15, muestra el resumen estadístico de los de paquetes de información de la familia cimentación generados para los proyectos

Tabla 15 *Índices de representación gráfica cimentación –Infraestructura Educativa (N = 11)*

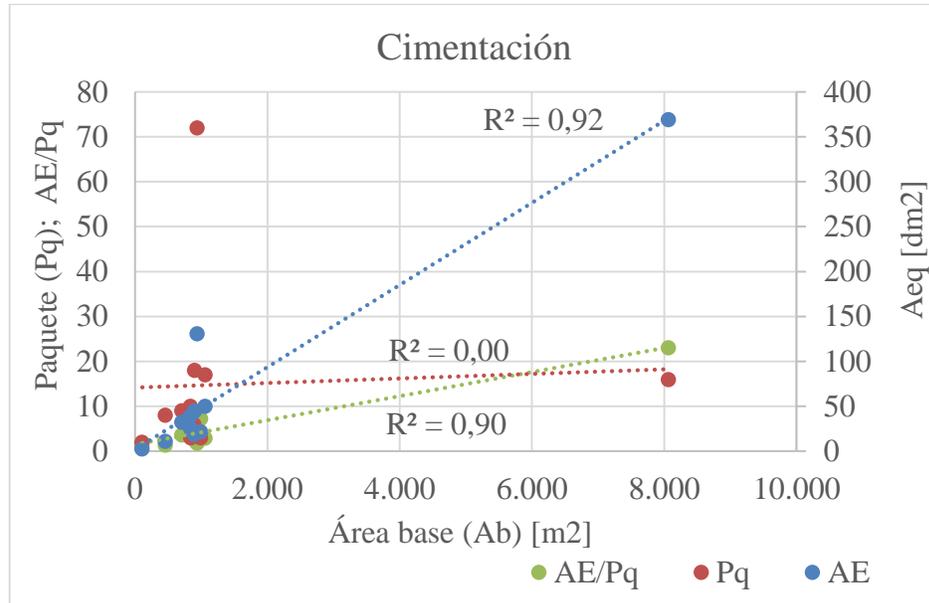
	Pq	Aeq [dm ²]	Aeq/Pq [dm ² /u]	Ab/Pq [m ² /u]	Ab/Aeq [m ² /dm ²]
Promedio	15	67,8	5,4	151,0	29,1
DesvEst ¹	20	105,6	6,3	154,6	12,8
CoefVar ²	133	156	116	102	44,1
Mínimo	2	2,7	1,4	13,0	7,2
Q1	3	19,1	1,8	53,5	21,1
Mediana	9	32,5	3,2	78,7	21,8
Q3	17	50,1	7,2	280,0	40,4
Máximo	72	369,2	23,1	503,9	46,8
Asimetría	2,83	2,78	2,63	1,49	0,00
Curtosis	8,66	8,09	7,49	1,48	-1,07

¹DesvEst: Desviación estándar

²CoefVar: Coeficiente de variación

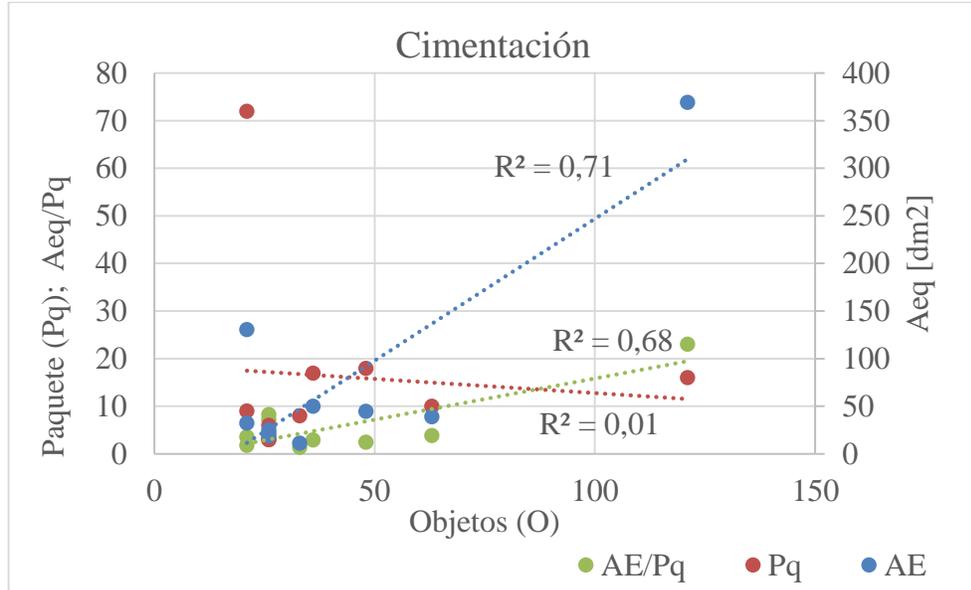
La figura 33 presenta la relación entre la variable indicativa de complejidad área de diseño (Ad) de los proyectos y la información gráfica a nivel de paquetes de cimentación generada en planos de diseño. Se encuentra del análisis que tanto el área equivalente de dibujo (Aeq), como el área equivalente promedio por paquete (Aeq/Pq) explican la variación del modelo lineal en un 90%.

Figura 33. Relación de complejidad Vs Información a nivel de paquete - Cimentación



La figura 34, presenta la relación entre la variable indicativa de complejidad objeto (O) de los proyectos y la información gráfica a nivel de paquetes de cimentación generada en planos de diseño. Se encuentra del análisis que tanto el área equivalente de dibujo (Aeq), con un 68%, como el área equivalente promedio por paquete (Aeq/Pq), con un 71% explican la variación del modelo lineal.

Figura 34. Relación de complejidad Vs Información a nivel de paquete – Cimentación



Los índices de representación gráfica para la familia columnas presentados en la tabla 16, indican que en promedio se dibujaron 47 paquetes de columnas por proyecto; como mínimo cada proyecto presentó 10 paquetes y máximo 173. El conjunto de paquetes en promedio, por proyecto, ocupó un área equivalente de 281 dm². En promedio cada paquete demandó 3,7 dm² de espacio de papel, y se dibujó un paquete de columnas por cada 84,3 m² de área diseñada. En promedio se representaron 28,9 m² de área diseñada por decímetro cuadrado de dibujo equivalente.

La muestra el resumen estadístico de los de paquetes de información de la familia columnas generados para los proyectos

Tabla 16 Índices de representación gráfica columnas –Infraestructura Educativa (N = 11)

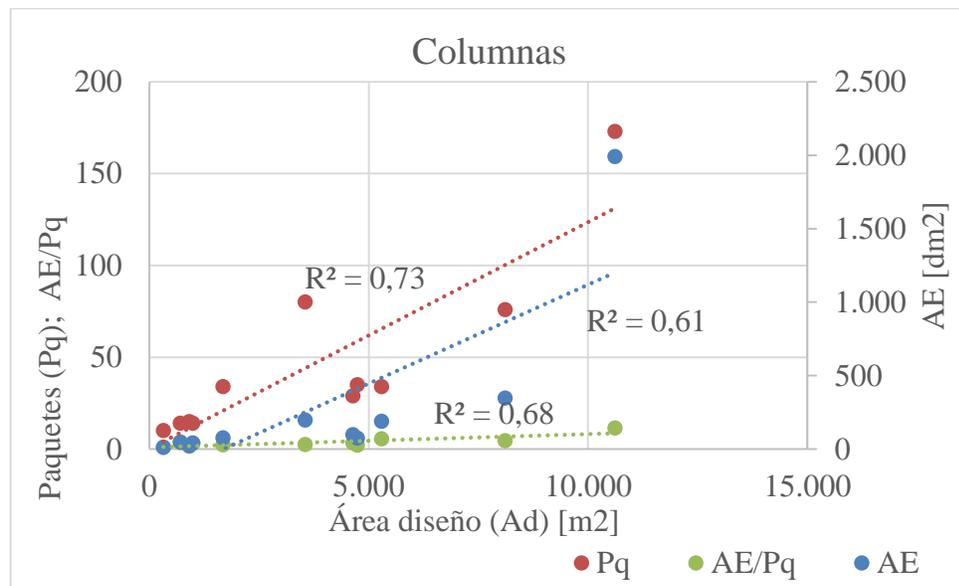
	Pq	Aeq [dm ²]	Aeq/Pq [dm ² /u]	Ad/P [m ² /u]	Ad/Aeq [m ² /dm ²]
Promedio	47	281	3,7	84,3	28,9
DesvEst ¹	48	576	2,9	46,8	16,4
CoefVar ²	103	205	78	55,5	57,0
Mínimo	10	11	1,1	32,1	5,3
Q1	14	42	2,1	49,3	18,0
Mediana	34	77	3,0	61,3	23,7
Q3	76	198	4,6	135,5	40,3
Máximo	173	1.991	11,5	160,0	64,3
Asimetría	2,09	3,15	2,24	0,75	0,95
Curtosis	4,75	10,13	5,79	-1,13	1,01

¹DesvEst: Desviación estándar

²CoefVar: Coeficiente de variación

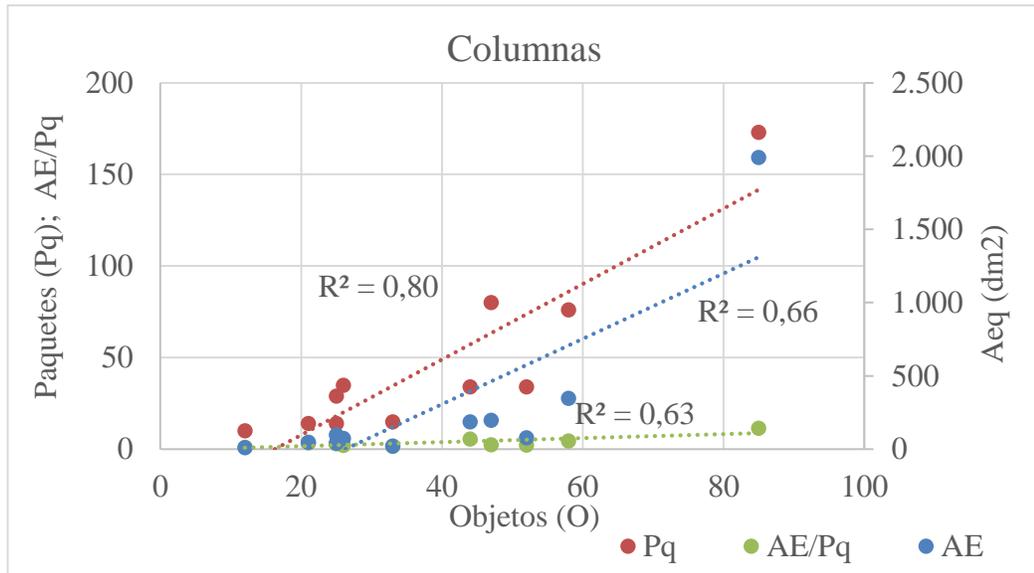
La figura 35, presenta la relación entre la variable indicativa de complejidad de área de diseño (Ad) de los proyectos y la información gráfica a nivel de paquetes de columnas generada en planos. Se encuentra del análisis que tanto el área equivalente de dibujo (Aeq), con un 61%, el área equivalente promedio por paquete (Aeq/Pq), con un 68%, y al número de paquetes de información (Pq), con un 73% explican la variación del modelo lineal.

Figura 35.Relación de complejidad Vs Información a nivel de paquete – Columnas



La figura 36, presenta la relación entre la variable indicativa de complejidad objeto (O) de los proyectos y la información gráfica a nivel de paquetes de columnas generada en planos de diseño. Se encuentra del análisis que tanto el área equivalente de dibujo (Aeq), con un 66%, el área equivalente promedio por paquete (Aeq/Pq), con un 80%, y al número de paquetes de información (Pq), con un 63% explican la variación del modelo lineal.

Figura 36. Relación de complejidad Vs Información a nivel de paquete – Columnas



Los índices de representación gráfica para la familia vigas presentados en la indican que en promedio se dibujaron 158 paquetes de vigas por proyecto; como mínimo cada proyecto presentó 5 paquetes y máximo 526. Los paquetes, en promedio por proyecto, ocupó un área equivalente de 330 dm². En promedio cada paquete demandó 1,9 dm² de dibujo, y se dibujó en promedio un paquete de vigas cada 22,2 m² de área diseñada y se representaron 28,9 m² de terreno por decímetro cuadrado de dibujo equivalente.

La muestra el resumen estadístico de los de paquetes de información de la familia vigas generados para los proyectos

Tabla 17 *Índices de representación gráfica vigas –Infraestructura Educativa (N = 11)*

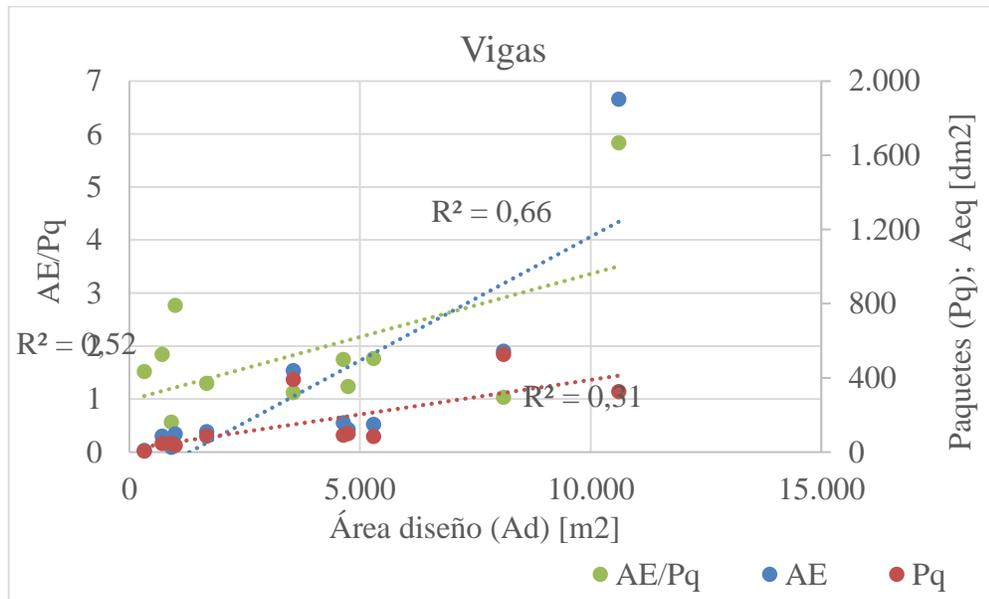
	Pq	AE [dm ²]	AE/Pq [dm ² /u]	Ad/P [m ² /u]	Ad/AE [m ² /dm ²]
Promedio	158	330,0	1,9	33,4	22,2
DesvEst ¹	173	547,0	1,4	20,0	14,1
CoefVar ²	110	166	76	60	64
Mínimo	5	8,0	0,6	9,1	5,6
Q1	46	85,0	1,1	15,4	8,4
Mediana	85	122,0	1,5	28,4	15,2
Q3	326	438,0	1,8	51,6	35,8
Máximo	526	1.901,0	5,8	64,2	42,2
Asimetría	1,36	2,81	2,46	0,51	0,23
Curtosis	0,58	8,38	6,81	-1,36	-1,95

¹DesvEst: Desviación estándar

²CoefVar: Coeficiente de variación

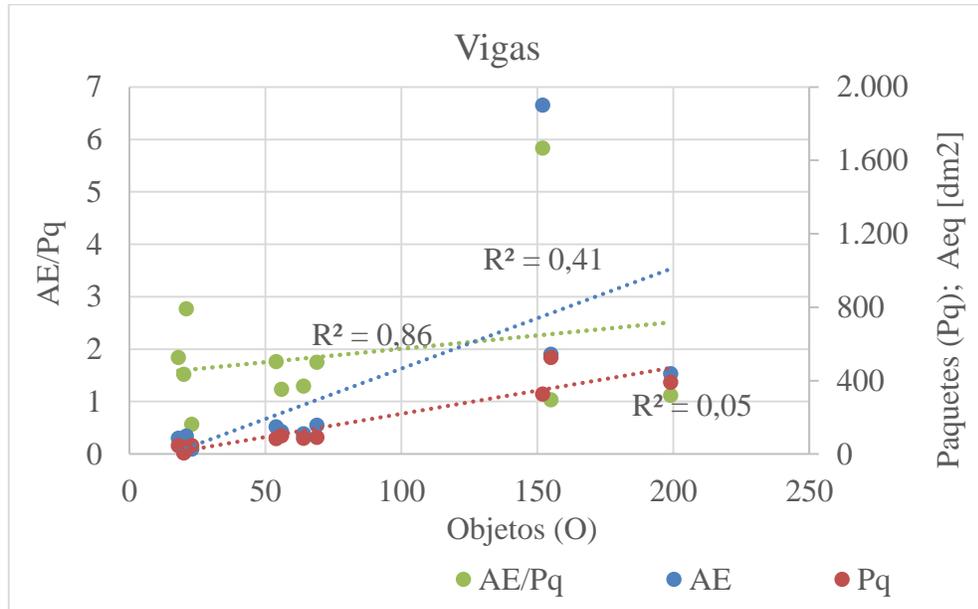
La presenta la relación entre la variable indicativa de complejidad área de diseño (Ad) de los proyectos y la información gráfica a nivel de paquetes de vigas generada en planos de diseño. Se encuentra del análisis que tanto el área equivalente de dibujo (Aeq), con un 66%, y el número de paquetes (Pq), con un 52% explican la variación del modelo lineal.

Figura 37.Relación de complejidad Vs Información a nivel de paquete – Vigas



La figura 37, presenta la relación entre la variable indicativa de complejidad objeto (O) de los proyectos y la información gráfica a nivel de paquetes de vigas generada en planos de diseño. Se encuentra del análisis que tanto la variable indicativa de número de paquetes (Pq), con un 86%, explican la variación del modelo lineal.

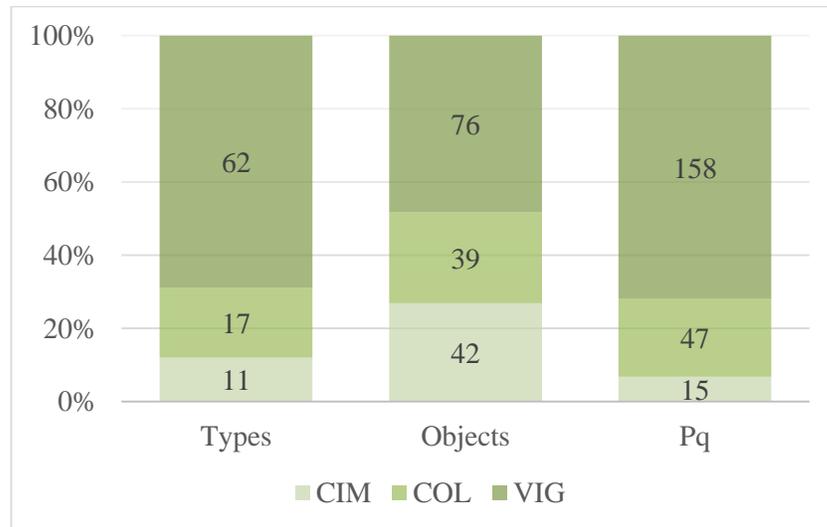
Figura 38.Relación de complejidad Vs Información a nivel de paquete – Vigas



En términos generales, a nivel de información representada en paquetes se encuentra la variable indicativa de dibujo área equivalente (Aeq) para la agrupación por familias explican entre un 66% y un 92% la relación existente en un modelo lineal con las variables indicativas de complejidad por área de diseño (Ad) y número de objetos (O).

La presenta porcentualmente la proporción del peso ponderado de complejidad en términos de las variables indicativas objetos (O) y tipos (T) y su consecuente representación gráfica en términos de la variable indicativa de dibujo 'paquetes' (Pq).

Figura 39. Proporción de complejidad Vs Representación



En términos porcentuales, la sugiere la relación entre la proporción de número de tipos y la proporción de los paquetes de información generados, en otras palabras, los paquetes de información se encuentran en función del número de tipos en la estructura.

5. CONCLUSIONES

5.1 ÍNDICE DE CANTIDAD DE INFORMACIÓN

Ante la necesidad de métricas de información que apoyen el proceso de gestión de diseño detallado y la calidad de la documentación de diseño generada, este estudio propone un índice de incertidumbre de información basado en el concepto de entropía y contenido de información propuesto por Shannon. El índice de cantidad de información mide la incertidumbre de la información generada en los planos de diseño a partir de mediciones básicas sobre los mismos.

La variable aleatoria seleccionada corresponde a la variable denominada área equivalente (Aeq) considerando la consistencia general de explicación de la correlación en modelos lineales con variables indicativas de dibujo a nivel de paquetes, que se considera a nivel de este estudio como la unidad básica de transmisión de información en planos de diseño, y variables indicativas de obra de obra.

El indicador permite medir la cantidad de información transmitida en planos de diseño y correlacionarla con indicadores de complejidad de la estructura diseñada y la cantidad de obra finalmente ejecutada.

Referente a la correlación existente entre el indicador de información propuesto y la variable indicativa de complejidad de objetos de diseño (O) para las familias de cimentación y columnas confirma, ésta confirma la validez de la propuesta del indicador de incertidumbre para las familias referidas. Asimismo, la correlación encontrada entre el indicador de incertidumbre propuesto y la variable indicativa de obra (Cf) valida la relación existente entre la medición de información en planos

y los resultados del proceso constructivo, en términos de cantidades de obra ejecutada (Cf).

5.2 APORTES DE LA INVESTIGACIÓN

El principal aporte de este estudio, seguido del indicador de incertidumbre propiamente dicho, es la propuesta de las variables indicativas de información, así como los índices de complejidad y representación gráfica, que través de relaciones sencillas y análisis estadístico presentan un referente para la evaluación del contenido de planos de diseño para estructuras de concreto de tipo aporticado como soporte al control de calidad de la generación de información de diseño.

Por otra parte, la estructura de los conceptos y la metodología propuesta permiten ampliar el estudio estructuras de todo tipo y diferentes ramas de la ingeniería de construcción.

Derivado de los aportes del estudio se pueden establecer puntos de comparación entre proyectos de diseño locales, tendencias regionales en el desarrollo de la ingeniería estructural, todo lo anterior a partir de análisis comparativos objetivos. Como continuidad del trabajo realizado se adelantan a nivel de pregrado proyectos de investigación orientado al análisis del efecto del ruido de información en planos, concepto introducido en el estudio, sobre la diferencia en la estimación de cantidades de obra y el indicador de información propuesto, así como un análisis comparativo entre los índices de representación gráfica para los proyectos estudiados y un proyecto de diseño estructural realizado en el extranjero.

Los indicadores propuestos, por su naturaleza, son de utilidad a todo aquel encargado de la gestión de proyectos de construcción, desde diseñadores, revisores y los potenciales ejecutores de los proyectos de diseño. }

5.3 LIMITACIONES DEL ESTUDIO E INVESTIGACIÓN FUTURA

El estudio contó con una base de 30 proyectos de diseño, sobre las cuales se segmentó en una sub muestra de 11 proyectos con el fin de homogenizar las características de los mismos y garantizar la calidad de las comparaciones entre los mismos. Debido a lo anterior la muestra de análisis se redujo a un total de 11 proyectos para indicadores de cantidad de información y 6 proyectos para análisis de incidencia en la obra ejecutada. En razón a lo anterior se sugiere ampliar la base de proyectos disponible para análisis y generar convenios de cooperación con entidades gubernamentales o no gubernamentales interesados en los resultados de la investigación y que puedan ampliar la base de la información de estudio.

El siguiente paso en este estudio es aplicar formalmente el concepto de entropía de información para cuantificar la incertidumbre de la variable aleatoria (A_{eq}) en proyectos de diseño estructural desde su fase inicial para evaluar su aplicabilidad como indicador de calidad en los documentos de diseño y su efecto en las cantidades de obra ejecutada para los proyectos sometidos a seguimiento. Asimismo, el concepto de entropía permite además considerar 2 o 3 variables aleatorias, por tanto, con el propósito de proporcionar una medida más completa podría considerarse el número de paquetes de información (P_q) o su tipología como otra variable aleatoria continua.

6. RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

Alviria, R. Una teoría unificada de la complejidad. Complejidad y descripción de objetos (pp.51-57). (2014).

Asllani, A. &. An Entropy-based approach for measuring project uncertainty. . Academy of Information and Management Sciences Journal, 10, 1, 31-45.2007

Bal, J. &. Entropy for Business Failure Prediction: An Improved Prediction Model for the Construction Industry. Advanced in Decision Sciences, 1-14. 2013

Baldwin, A. e. Planning building design by simulating information flow. Automation in Construction 8, pp.149-163.1.988

Ballard, G. &.. On the agenda of design management research. 6th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. . Guarujá, Brasil.1988

Bushuyev, S. D. Entropy Measurement as a project control tool. International Journal of Project Management, 17, 6, 343-350.1988

Cáreces, J. &. Manual de dibujo para proyectos de ingeniería civil orientado a estructuras. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.2004

Cheng, Y. An exploration into cost-influencing factors in construction projects. International Journal of Project management (32), 850-860. 2014

Chistodolou, S. E. Entropy-based shedulling of resource-constrained construction projects. Automation in Construction (18), 919-928. 2009

Choi, J. &. Long-Term Entropy and Profitability Change of United States Public Construction Firms. *Journal of Management in Engineering*, 17-26.2005

Colombia, P. d. Decreto 1788 de 2004 Nivel Nacional. Por el cual se reglamentan parcialmente las disposiciones referentes a la participación en plusvalía de que trata la ley 388 de 1997. Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Diario Oficial 45569. (3 de Junio de 2004).

Doloi, H. Cost Overruns and Failure in Project Management: Understanding the Roles of key Stakeholders in Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management* (139)3, pp.267-279. 2013

Emmit, R. &. Perceptions of lean design management. *Architectural Engineering and Design Management* (9)3, pp.195-178.2013

Flyvbjerg, H. &. How common and how large are cost overruns in transport infrastructure projects. *Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal* (23)1, pp.71-78. 2003

Gobierno de España. Ministerio de Industria, E. y. Vocabulario Internacional de Metrología Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados. España: Centro Español de Metrología. 2012

Isik, F. An entropy-based approach for measuring complexity in supply chains Research. *International Journal of Forecasting* 22, pp.679-688. 2006

Johnson, W. &. Inadequate Design Management Compared with Unprecedented Technical Issues as Causes for Engineering Failure. *Journal of Performance Constructed Facilities* (29)1. 2015

Knotten, V. e. Design Management in the building process - A review of current literature. *Procedia Economics and Finance* 21, pp.120-127.2015

Kosleka, P. &. Desing Management in building construction: form theory to practice. *Journal of Construction Research* 3(1), pp.1-16. 2002

Krus, P. Information Entropy in the Design Process. *Lecture Notes in Mechanical Engineering. 4th International Conference on Research into Design (IcoRD'13): Global Product Development.*, (págs. pp.101-112). Chennai, India.2013

Li, Y. &. The Impact of Design Rework on Construction Project Performance. 29th International Conference of the System Dynamics Society, (págs. 1-15). Wahintong, EE.UU. 2011

Love, P. e. Estimating Construction Contingency: Accommodating the Potential for Cost Overruns in Road Construction Projects. *Journal of Infraestructure System* 21(2). 2014

Mendonca, L. &. Lean Design Management Applied to Concrete Structures for Retaining Aqueous Liquids: A Redesing process Model to Portuguese Design Companies. 8th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Brighton, UK. 2000

Ogunnaike, B. Random Phenomena: Fundamentald of Probability and Statistics for Engineers. En *Information, Entropy and Probability Models* (págs. 335-354). CRC Press. 2010

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

Ozkul, S. H. Entropy-based Assessment of Water Quality Monitoring Networks. Journal of Hidrologic Engineering, 90-100. 2000 junio.

Pérez, M. Estimación de incertidumbres. Guía GUM. Revista Española de Metrología, 113-130. 2012.

Shannon, E. A Mathematical Theory of Communication. The Bell System Technical Journal, pp.379-423. 1948.

Sing, V. P. Entropy theory in hydraulic engineering: An introduction. Reston, Virginia: ASCE. 2014.

Tang, C. M. Entropy Application to Improve Construction Finance Decisions. Journal of Construction Engineering and Management, 132(10), 1099-1113. 2006.

Tilley, P. Lean Design Management - A new paradigm for managing the design and documentation process to improve quality?. 13th Annual Conference of the International Group for Lean Construction., (págs. pp.283-295). Sidney, Australia. 2005.

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

Xiao-mei, G. &.-j. Application of Entropy Measurement in Risk Assessment of the Engineering Project of Construction-Agent System. System Engineering Procedia, 1, 244-249. 2011.

ANEXOS

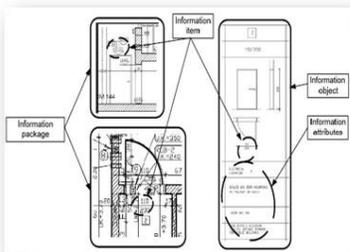
ANEXO A. CONCEPTOS PRESENTADOS PANEL DE EXPERTOS

Entropía como indicador de incertidumbre en diseño de proyectos de construcción

2

CONCEPTOS A VALIDAR

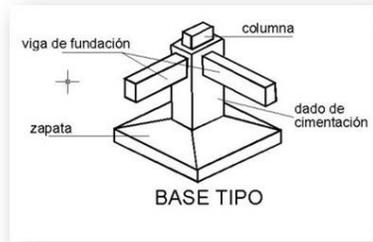
Herramientas de transmisión Gráfico



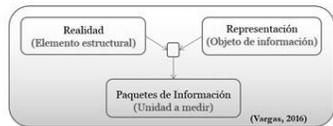
Tribelsky, 2007

1. Paquete de Información
2. Componente de información

Mensaje a transmitir Modelos



1. Objeto de información
2. Atributo de información

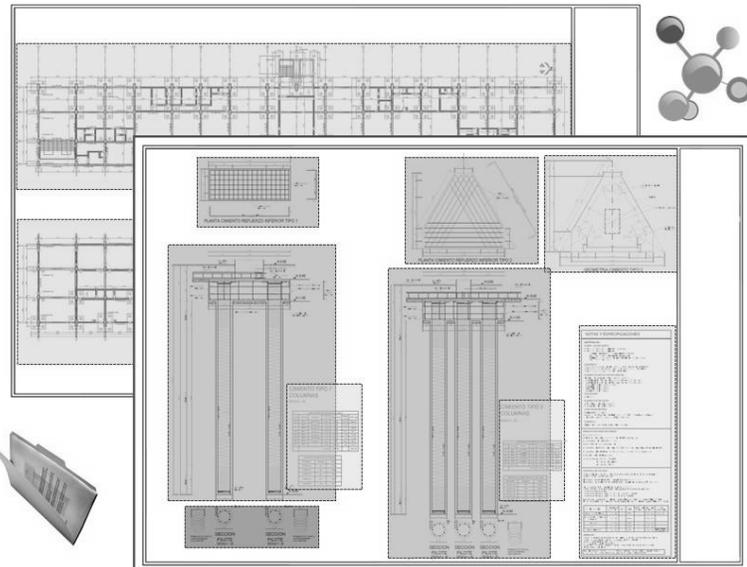


(Vargas, 2016)

Entropía como indicador de incertidumbre en diseño de proyectos de construcción

2

1. Paquete de Información





Entropía como indicador de incertidumbre en diseño de proyectos de construcción

2

Definición

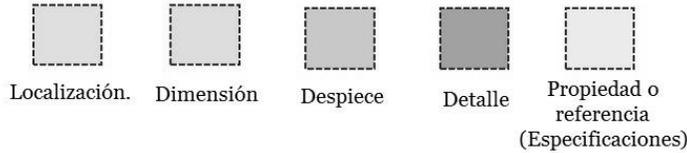
Corresponde a un recuadro de dibujo que contiene los componentes necesarios para transmitir información de un objeto dado. Se considera como la unidad básica de transferencia de información en planos de diseño.



Características y Tipología

Posee un área medible y pueden o no poseer escala asociada.

Presentan información topológica de los objetos de diseño, como referencia a una cierta familia de subconjuntos de un conjunto dado.



Entropía como indicador de incertidumbre en diseño de proyectos de construcción

2

2. Componentes de información

Entropía como indicador de incertidumbre en diseño de proyectos de construcción

2

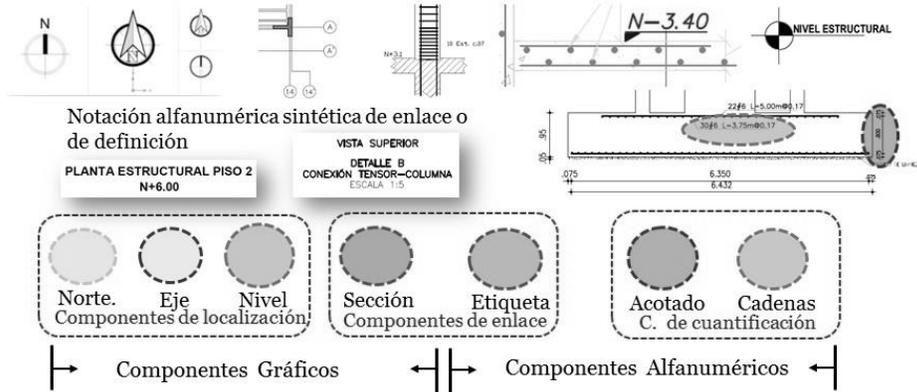
Definición

Pieza de información única y cuantificable que puede ser alfanumérico o gráfico



Características y Tipología

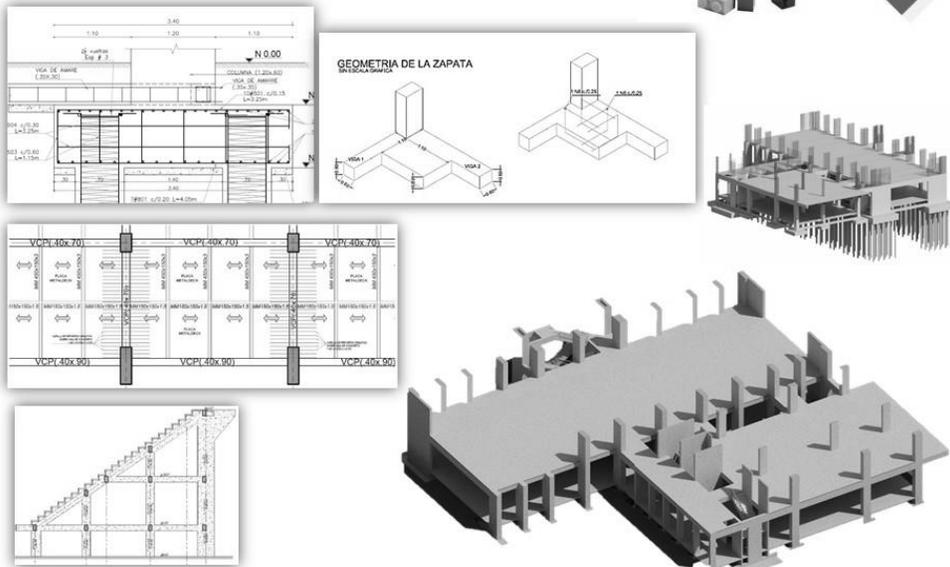
Notación gráfica o alfanumérica discrecional que conserva su significado e intención como pieza de información



Entropía como indicador de incertidumbre en diseño de proyectos de construcción

2

3. Objeto de información



Definición

Entropía como indicador de incertidumbre en diseño de proyectos de construcción

2

Es la representación gráfica de un elemento estructural tangible que posee forma, función y comportamiento.

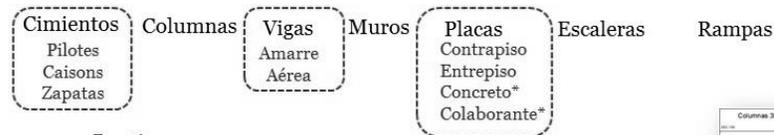
Características y tipología

Correspondencia uno a uno con los elementos estructurales requeridos para la estabilidad y funcionalidad del proyecto.

a. Por su función estructural



b. Por familia

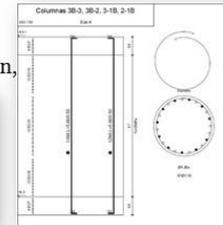


c. Por tipo

Agrupar objetos de información por similitudes de función, familia, dimensión, atributos y reforzamiento



ZAPATA	LONGITUDINAL				TRANSVERSAL					
	L(m)	Ø (mm)	CANTIDAD	B(m)	Ø (mm)	CANTIDAD	H (m)			
ALCAPP HESDER	2.00	1/2"	1.00	16	1.70	1/2"	1.90	14	0.60	0.55
BALGA	2.30	1/2"	1.80	18	1.90	1/2"	2.20	15	0.60	0.55
DIFEE	1.90	1/2"	1.40	15	1.50	1/2"	1.80	12	0.60	0.55
ALBIVIGAH. C1	1.80	1/2"	1.10	15	1.20	1/2"	1.20	10	0.60	0.55
DZEE	1.20	1/2"	0.90	10	1.00	1/2"	1.10	8	0.60	0.55
WLG3	3.50	1/2"	1.90	38	2.00	1/2"	1.40	23	0.70	0.65
ALCOPAFHH	1.50	1/2"	2.00	14	1.40	1/2"	1.40	17	0.70	0.65



4. Atributo de objeto (Especificaciones)

Entropía como indicador de incertidumbre en diseño de proyectos de construcción

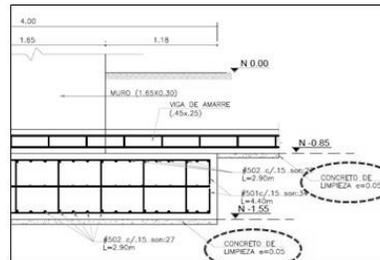
2

Es una característica técnica, de ingeniería o de proceso constructivo propio de cada objeto de información



Características

- MATERIALES:**
ACERO DE REFUERZO:
 $f_y = 4.220 \text{ kgf/cm}^2$ varilla #2 y mayores
 $f_y = 2.500 \text{ kgf/cm}^2$ varilla #2
 GRILLES METALIZADOS Y MALLA ELECTROSOLDADA
 TUBO SANDWICH RESISTENTE DE ALUMINIO
 TIRANTES CORRUGADOS DE ALTA RESISTENCIA CON LA NORMA
 NTC 1507 Y NTC 2370
- CONCRETO:**
 $f_c = 21 \text{ MPa}$ (3.000 psi) PLETES, DADOS Y VIGAS DE AMARRE CIMENTACION
 $f_c = 20 \text{ MPa}$ (3.000 psi) LOSAS, VIGAS, COLUMNAS, MUROS Y ESCALERAS
 $f_c = 10 \text{ MPa}$ (1.500 psi) CONCRETO DE LIMPIEZA
- ELEMENTOS METALICOS DE CERCHA:**
 CERCHA PRINCIPAL EN ACERO A-500 GRADO C
 -PERFIL ESTRUCTURAL RESONADO $f_y = 3.220 \text{ kgf/cm}^2$
 -PERFIL ESTRUCTURAL RECTANGULAR $f_y = 3.550 \text{ kgf/cm}^2$
 -CORREAS ACERO A-500 GRADO C
 -BORNETES ACERO A-36
 -TIRANTES ACERO A-36
 -PLACAS ACERO A-36
- SOLDADURA:**
 - E-7013
- ELEMENTOS DE UNION:**
 - BORNILLOS DE ACERO A-325
 - ANCLAJES EN ACERO A-325
- LOSA DE ENTREPISO:**
 -METALDECK 3" CAL-22
 -VIGAS Y BASTIDOS EN PERFILES MM Y CC (TIPO COLUMNA O SIMILAR)
 DE ACERO A-500 GRADO C, $f_y = 3.522 \text{ kgf/cm}^2$
- CUBIERTA:**
 -TEJA TIPO SANDWICH - HUNTER DOUGLAS



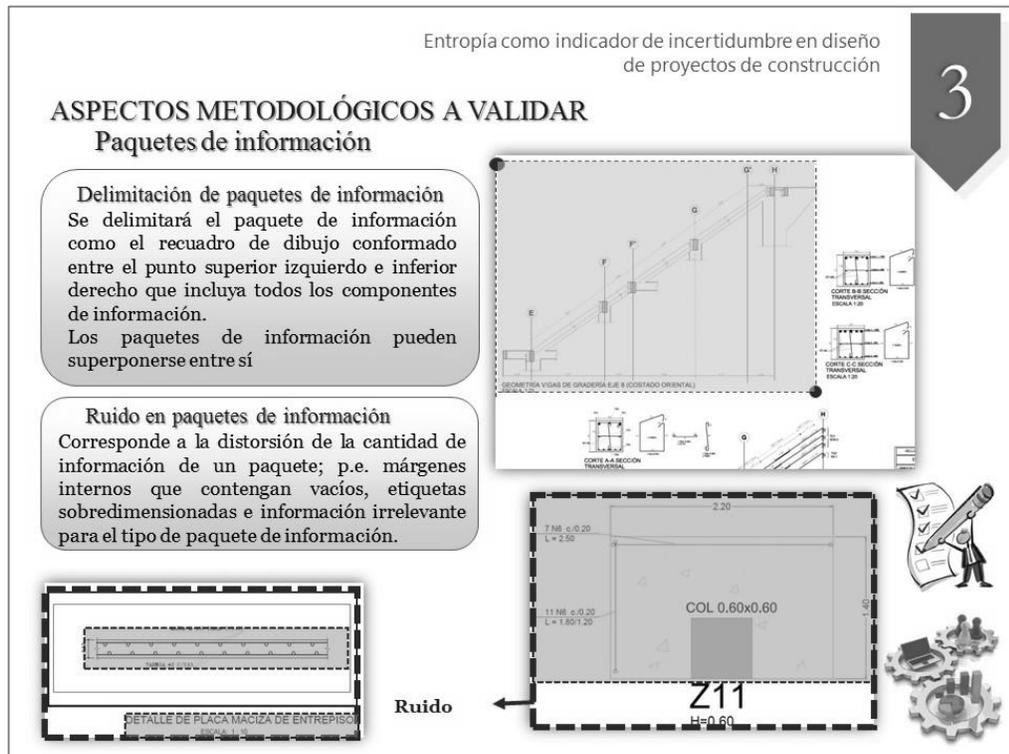
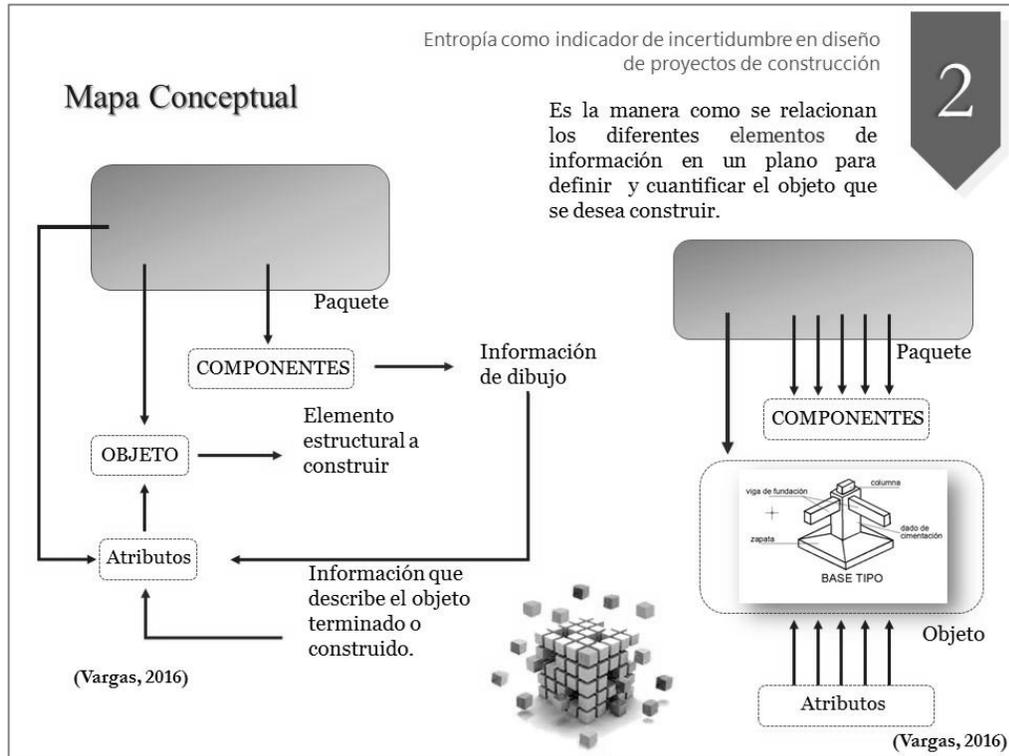
Puede ser parte de un paquete de información

Tipología/Clasificación de atributos de objeto

- Material
- Acabado
- Proceso constructivo

Puede ser general para todos los objetos de información

Elementos común de los planos de diseño



Entropía como indicador de incertidumbre en diseño de proyectos de construcción

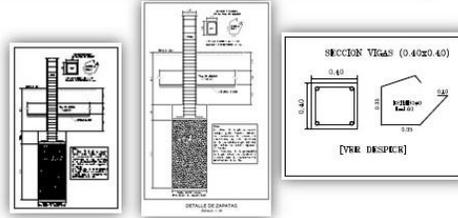
3

Tratamiento de escalas

Área Equivalente de dibujo

Con el fin de unificar las áreas de representación de los diferentes proyectos se definirá un área equivalente de dibujo, tomando como referencia las escalas de dibujo propuestas en el manual de dibujo para proyectos de ingeniería civil orientado a estructuras (Cáceres, 2007)

$$A_{eq} = A_{recuadro} * \left(\frac{Escala_{dibujo}}{Escala_{estandar}} \right)^2$$



Escalas estándar	Cáceres, 2007	Estándar propuesta
Planos de localización en planta:	1:100 – 1:250	1:100
Plantas de entrepisos:	1:50 – 1:100	1:100
Despieces:	1:50 – 1:100	1:100
Detalles:	1:2 – 1:25	1:25



Paquetes de información sin escala

Los paquetes representados sin escala se les asignará como escala de dibujo la escala estándar propuesta.

Densidades de dibujo

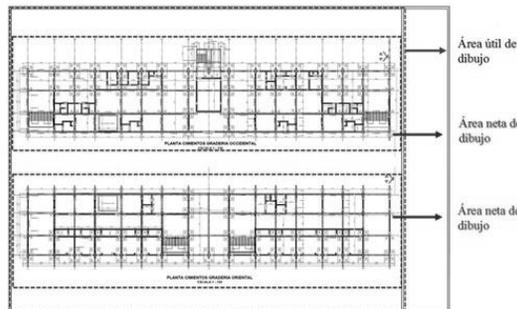
Entropía como indicador de incertidumbre en diseño de proyectos de construcción

3



Área bruta de dibujo

Corresponde al tamaño físico de papel en que se presentan los planos de diseño o su equivalente en estándar internacional ISO



Área útil de dibujo

Corresponde al espacio de papel menos el área destinada al rotulo del proyecto

Área neta de dibujo

Corresponde a la sumatoria de los paquetes de información



La delimitación de los recuadros de dibujo que conformas las áreas netas se realiza de forma similar a la expuesta anteriormente

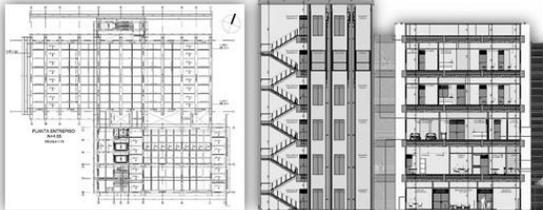


Entropía como indicador de incertidumbre en diseño de proyectos de construcción

3

Información de proyecto

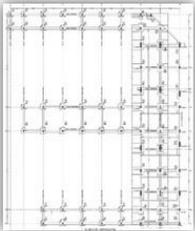
Área construida
Corresponde al área de planta típica por el número de niveles de la estructura.
Alternativamente se tomará la información procedente de planos arquitectónicos para trámite de licencia de construcción.



Cuantificación de elementos tipo
Se realiza a partir de la información consignada en planos. Se verifica para cada caso la coherencia entre el registro y el número de elementos del proyecto.

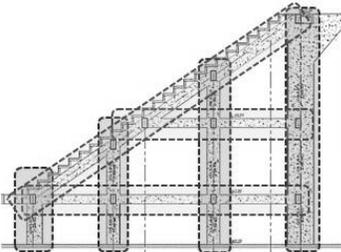
Cuantificación de objetos de información
Se parte de la definición de tipos registrada en planos. De lo contrario se tomará como unidad de objeto de información el continuo longitudinal.





70 cimientos – 12 tipos de cimientos

Z1 – 26 elementos
Z2 – 10 elementos
Z3 – 8 elementos
Z4 – 5 elementos
Z5 – 2 elementos
Z6 – 4 elementos
Z7 – 8 elementos
Z8 – 1 elementos
Z9 – 3 elementos
Z10 – 2 elementos
Z11 – 0 elementos
Z12 – 1 elementos



Objetos de información para el caso de la ilustración
Columnas – 4 elementos
Vigas – 3 elementos



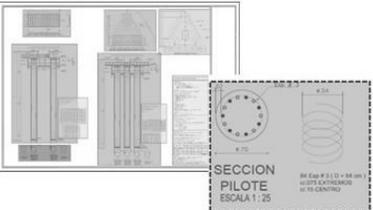
Entropía como indicador de incertidumbre en diseño de proyectos de construcción

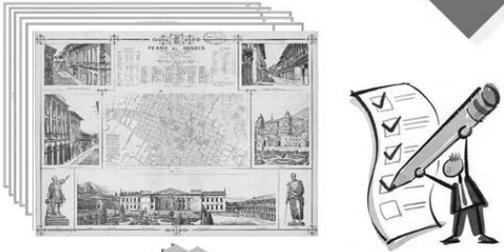
4

INDICADORES A VALIDAR

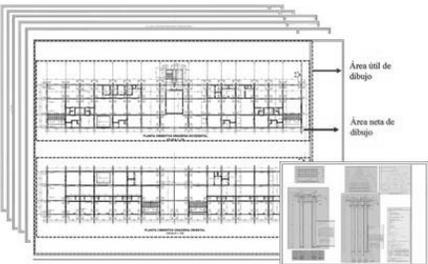
Categoría de proyecto

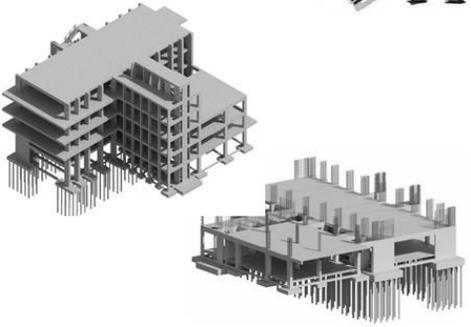
Categoría de paquete





Categoría de plano





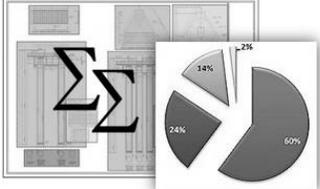
Entropía como indicador de incertidumbre en diseño de proyectos de construcción

4

1. Categoría de paquete

Estima la cantidad de información expresada en las áreas de las unidades básicas de la información.

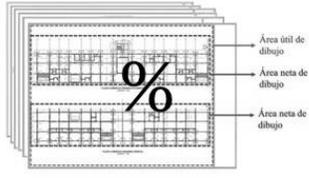
- Sumatoria de áreas de paquetes de información por proyecto [dm²]
- Sumatoria de áreas de paquetes por tipología [dm²]
- Composición de paquetes de información por tipología [%]



2. Categoría de plano

Estima la cantidad de ruido general de un conjunto de planos de diseño

- Proporción área bruta Vs área útil[%]
- Proporción área neta Vs área útil[%]
- Área neta promedio por paquete de información



3. Categoría de proyecto

Estima el grado de complejidad de un proyecto

- Área construida[m²]
- Área construida Vs número de objetos de información
- Número de objetos de información Vs Tipo de objetos de información
- Número de objetos de información Vs Tipo de objetos de información

Estima la cantidad promedio de información para representar un diseño

- Área neta Vs Área construida

Discusión

Entropía como indicador de incertidumbre en diseño de proyectos de construcción



- ✓ 1. Paquete de Información
 - Definición y significado
 - Tipología y representación
- ✓ 2. Componente de Información
 - Definición y significado
 - Tipología y representación
- ✓ 3. Objeto de Información
 - Definición y significado
 - Tipología y representación
- ✓ 4. Atributo de Información
 - Definición y significado
 - Tipología y representación



Escala Likert : Escala de clasificación de 1-a-5. Indique su grado de apreciación sobre las afirmaciones consignadas tomando como referente la siguiente escala.

1: Completamente en desacuerdo
 2: Parcialmente en desacuerdo
 3: Indiferente
 4: Parcialmente de acuerdo
 5: Totalmente de acuerdo

1 2 3 4 5



ANEXO B. FORMATO DE REGISTRO PANEL DE EXPERTOS

Tesis de Maestría - *Entropía como Indicador de Incertidumbre en Diseño de Proyectos de construcción*. Jornada de validación de conceptos, metodología e indicadores propuestos

Introducción

Usted ha sido seleccionado para participar en la investigación *Entropía como Indicador de Incertidumbre en Diseño de Proyectos de Construcción*, dada su experiencia profesional en el área de diseño y construcción de estructuras de concreto reforzado. Su participación en esta investigación es fundamental y totalmente voluntaria, la información consignada en este formulario así como la relacionada al desarrollo del proyecto en general es completamente confidencial.

El procedimiento de la investigación contempla dos paneles de expertos donde el primero, que nos convoca, se encuentra orientado a la validación de los conceptos, metodología general recolección de información e indicadores propuestos. El segundo tiene como objetivo presentar y validar los resultados de la investigación adelantada.

La metodología general del registro de percepciones y observaciones en esta actividad consiste en el registro audiovisual del evento y la recolección de percepciones siguiendo la metodología de la escala de Likert así como el registro de observaciones y/o sugerencias de forma escrita.

Ejemplo general de Escala de Likert

- | | | | | | |
|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1. Totalmente en desacuerdo | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 2. En desacuerdo | <input type="checkbox"/> |
| 3. Neutro | | | | | |
| 4. De acuerdo | | | | | |
| 5. Totalmente de acuerdo | | | | | |

Esperamos contar con su participación activa en el desarrollo del proyecto de investigación y los eventos relacionados.

Parte I – Información General del Experto

Fecha: _____

Lugar: _____

Sector: (por favor seleccionar su principal actividad)

Académico ____ Diseñador ____ Consultor ____ Interventor ____

Tiempo de experiencia: (en años)

0 – 5 ____ 5 – 10 ____ 10 – 15 ____ 15 – 20 ____ mayor a 20 ____

Tesis de Maestría - *Entropía como Indicador de Incertidumbre en Diseño de Proyectos de construcción*. Jornada de validación de conceptos, metodología e indicadores propuestos

Parte II – Conceptos a Validar											
<p>En el entendido de la información que se desea recolectar, el propósito de la investigación y el contexto de la construcción de estructuras de concreto reforzado indique su apreciación de las siguientes afirmaciones.</p>											
a. La definición de paquete de información es clara y representa el concepto general que pretende describir.	<table style="margin: auto;"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
b. La clasificación propuesta de paquetes de información es excluyente y e indica los contenidos básicos de información para todo objeto de información.	<table style="margin: auto;"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
c. La definición de componente de información es clara y representa el concepto general que pretende describir.	<table style="margin: auto;"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
d. La clasificación propuesta de componentes de información es excluyente y e indica las unidades de información que describen los objetos y conforman los paquetes de información.	<table style="margin: auto;"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
e. La definición de objeto de información es clara y representa el concepto general que pretende describir.	<table style="margin: auto;"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
f. La clasificación propuesta de objetos de información por su función estructural es clara excluyente y adecuada.	<table style="margin: auto;"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
g. La clasificación propuesta familia de objetos de información estructural es clara excluyente y adecuada.	<table style="margin: auto;"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
h. La definición de atributo de objetos de información es clara y representa el concepto general que pretende describir.	<table style="margin: auto;"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							

Tesis de Maestría - *Entropía como Indicador de Incertidumbre en Diseño de Proyectos de construcción*. Jornada de validación de conceptos, metodología e indicadores propuestos

i. La clasificación propuesta de atributos de objetos de información estructural es clara, excluyente, adecuada e indica la totalidad de los atributos que describen un elemento estructural "real".	<table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr><tr><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr></table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							

Si tiene alguna observación o sugerencia sobre los conceptos o la clasificación presentada por favor consignarla en el recuadro siguiente.

Tesis de Maestría - *Entropía como Indicador de Incertidumbre en Diseño de Proyectos de construcción*. Jornada de validación de conceptos, metodología e indicadores propuestos

Parte III – Aspectos metodológicos a Validar											
<p>Teniendo presente los conceptos sobre los que se basa la investigación, indique su apreciación de las siguientes afirmaciones relacionadas con los aspectos metodológicos de la propuesta.</p>											
a. La metodología de delimitación de paquetes de información es clara, pertinente y aplicable en términos prácticos.	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
b. La definición de ruido en paquetes de información es clara y representa el concepto general que pretende describir.	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
c. Excluir el ruido en la delimitación de paquetes de información es práctica de realizar y aporta objetividad en la medición de la información de planos.	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
d. El método del área equivalente de dibujo aporta herramientas para comparar objetivamente planos de diseño procedentes de diferentes proyectos de diseño.	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
e. Las escalas estándar propuestas para unificar los paquetes de información son adecuadas.	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
f. El método de delimitación de áreas bruta, útil y neta de los planos de diseño es clara y acorde al objetivo de recolección de información.	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
g. método de delimitación de áreas bruta, útil y neta de los planos de diseño es aplicable en términos prácticos.	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
h. El método de cálculo del área construida para los proyectos es claro y adecuado.	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							

Tesis de Maestría - *Entropía como Indicador de Incertidumbre en Diseño de Proyectos de construcción*. Jornada de validación de conceptos, metodología e indicadores propuestos

i. El método de cuantificación de número y tipo de elementos es claro y acorde a la realidad de los proyectos estructurales.	<table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
j. El método de cuantificación de número y tipo de elementos es práctico y de fácil ejecución.	<table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							

Si tiene alguna observación o sugerencia sobre los conceptos o la clasificación presentada por favor consignarla en el recuadro siguiente.

Tesis de Maestría - *Entropía como Indicador de Incertidumbre en Diseño de Proyectos de construcción*. Jornada de validación de conceptos, metodología e indicadores propuestos

Parte IV – Indicadores a Validar					
<p>Teniendo en cuenta contexto de la construcción de estructuras de concreto reforzado y los conceptos de información que se transmite en planos de diseño detallado indique su apreciación de las siguientes afirmaciones.</p>					
Indicadores de paquete					
a. El indicador de área de paquete es una medida de cantidad de información a comunicar adecuada y práctica	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
b. El indicador de área de paquete es una medida de cantidad de información a comunicar relevante	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
c. La unidad propuesta para el indicador [dm] ² es adecuado	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
d. El indicador de área de paquete permite comparaciones de información entre planos y proyectos de diseño.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
e. El área estandarizada de paquetes representa de mejor forma la cantidad de información que comunican los planos.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
f. El área de paquetes por categoría permite realizar comparaciones de información entre planos y proyectos de diseño.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
g. La proporción Área neta Vs Área neta por categoría da cuenta sobre la cantidad de información a comunicar en el plano.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
h. La proporción Área neta Vs Área neta por categoría permite realizar comparaciones entre planos y proyectos de diseño.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>

Tesis de Maestría - *Entropía como Indicador de Incertidumbre en Diseño de Proyectos de construcción*. Jornada de validación de conceptos, metodología e indicadores propuestos

i. La unidad propuesta para el indicador de proporciones entre áreas estandarizadas y netas [%] es adecuado	<table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
j. El conjunto de indicadores de categoría de paquetes estima la cantidad de información expresada en un conjunto de planos.	<table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							

Si tiene alguna observación o sugerencia sobre los conceptos o indicadores propuestos por favor consignarla en el recuadro siguiente.

<i>Indicadores de plano</i>											
k. La proporción Área útil Vs Área bruta da cuenta sobre la cantidad de ruido de un conjunto de planos de diseño.	<table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
l. La proporción Área neta Vs Área Útil da cuenta sobre la cantidad de ruido de un conjunto de planos de diseño.	<table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							

Tesis de Maestría - *Entropía como Indicador de Incertidumbre en Diseño de Proyectos de construcción*. Jornada de validación de conceptos, metodología e indicadores propuestos

m. La proporción Área neta Vs Área Util permite comparar entre planos y proyectos de diseño.	<table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
n. La unidad propuesta para el indicador de proporciones entre áreas en porcentaje [%] es adecuado	<table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
o. La proporción Área neta Vs Número de paquetes de información permite comparar entre planos y proyectos de diseño.	<table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
p. La información que proporcionan los indicadores de categoría de plano es más relevante si se aplica teniendo en cuenta las áreas equivalentes de dibujo.	<table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
q. El conjunto de indicadores de categoría de plano da cuenta de la cantidad de ruido general de un conjunto de planos de diseño	<table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							

Si tiene alguna observación o sugerencia sobre los conceptos o la clasificación presentada por favor consignarla en el recuadro siguiente.

Tesis de Maestría - *Entropía como Indicador de Incertidumbre en Diseño de Proyectos de construcción*. Jornada de validación de conceptos, metodología e indicadores propuestos

Indicadores de proyecto											
r. El indicador de área construida de proyecto [m ²] da cuenta de la complejidad del proyecto.	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
s. El indicador de área construida de proyecto [m ²] permite comparaciones entre proyectos.	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
t. El indicador de número de objetos de un proyecto da cuenta de la complejidad de un proyecto.	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
u. El indicador de número de objetos de un proyecto permite comparar la complejidad de diferentes proyectos.	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
v. El indicador Área construida Vs Número de objetos de información da cuenta de la complejidad del proyecto.	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
w. El indicador Área construida Vs Número de objetos de información permite comparar la complejidad de diferentes proyectos	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
x. El indicador Número de objetos Vs Tipo de objetos (por familia) da cuenta de la complejidad del proyecto.	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
y. El indicador Número de objetos Vs Tipo de objetos (por familia) permite comparar la complejidad de diferentes proyectos	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
z. El indicador Área construida Vs Área neta da cuenta de la cantidad de información promedio generada por proyecto	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
aa. El indicador Área construida Vs Área neta permite comparar entre diferentes proyectos	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							

Tesis de Maestría - Entropía como Indicador de Incertidumbre en Diseño de Proyectos de construcción. Jornada de validación de conceptos, metodología e indicadores propuestos

Si tiene alguna observación o sugerencia sobre los conceptos o la clasificación presentada por favor consignarla en el recuadro siguiente.

Parte V – Cierre

Si tiene alguna observación o sugerencia sobre la pertinencia del tema de estudio en su campo de acción y el grado de aplicación en términos prácticos por favor consignarlo en el recuadro siguiente.

Muchas gracias por su colaboración. Sus aportes son valiosos para el desarrollo de la investigación y esperamos contar con su colaboración en la jornada validación de resultados.

ANEXO D. CASOS DE ESTUDIO.

Id	USO	Grupo de Uso (A.2.5.1.1 NSR-10)	Área Diseño [m ²]	Por Área (Dto 1469 de 2010. Art.18)	Nivel	Por Nivel (Tabla H.3.1-1 NSR-10)	Presu puesto Ejecut ado	No Planos
<u>1</u>	Transporte	IV	1938	Media	2	Baja	SI	8
<u>2</u>	V. Multifamiliar	II	10280	Alta	27	Especial	SI	62
<u>3</u>	Deportivo	II	14841	Alta	5	Media	NO	62
<u>4</u>	Salud	IV	6099	Alta	6	Media	SI	21
<u>5</u>	Educativo/Cultural	II	708	Media	1	Baja	SI	8
<u>6</u>	Comunitario	II	436	Baja	1	Baja	SI	5
<u>7</u>	Deportivo	II	2972	Media-Alta	1	Baja	NO	23
<u>8</u>	Comunitario	II	11805	Alta	2	Baja	NO	20
<u>9</u>	Educativo/Cultural	III	1676	Media	2	Baja	NO	16
<u>10</u>	Educativo/Cultural	II	993	Media	1	Baja	NO	9
<u>11</u>	Transporte	IV	5773	Alta	6	Media	NO	29
<u>12</u>	Transporte	IV	26018	Alta	3	Baja	NO	44
<u>13</u>	Transporte	IV	10799	Alta	2	Baja	NO	26
<u>14</u>	Transporte	IV	2399	Media-Alta	2	Baja	NO	13
<u>15</u>	Transporte	IV	11414	Alta	6	Media	NO	35
<u>16</u>	Educativo/Cultural	III	4741	Media-Alta	3	Baja	SI	8
<u>17</u>	Educativo/Cultural	III	321	Baja	2	Baja	SI	2
<u>18</u>	Educativo/Cultural	III	4641	Media-Alta	4	Media	SI	13
<u>19</u>	Educativo/Cultural	III	8110	Alta	6	Media	SI	29
<u>20</u>	Educativo/Cultural	II	4162	Media-Alta	3	Baja	SI	27
<u>21</u>	Educativo/Cultural	II	26018	Alta	3	Baja	NO	17
<u>22</u>	Educativo/Cultural	III	3555	Media-Alta	5	Media	NO	25
<u>23</u>	Educativo/Cultural	II	24	Baja	5	Media	SI	3
<u>24</u>	V. Multifamiliar	II	10122	Alta	24	Especial	NO	38
<u>25</u>	Comercial	I	2203	Media-Alta	4	Media	NO	12
<u>26</u>	V. Multifamiliar	I	786	Media	6	Media	NO	3
<u>29</u>	Comercial	I	3725	Media-Alta	2	Baja	NO	20
<u>28</u>	Educativo/Cultural	III	912	Media	2	Baja	NO	6
<u>29</u>	V. Multifamiliar	I	572	Media	3	Baja	NO	6
<u>30</u>	V. Multifamiliar	I	2343	Media-Alta	5	Media	NO	9
<u>31</u>	V. Multifamiliar	I	3424	Media-Alta	9	Media	NO	11

ANEXO E. FORMATO DE REGISTRO OBJETOS.

AREAS - NIVELES							ELEMENTOS		
IDProyecto	Espacio	Nivel	AreaTipo	NoAreas	AreaC	AreaB	FAMILIA	TIPOS	NO OBJ
4	Edificio	1	1270.86	1	1270.86	1270.86	CIM	21	366.00
4	Edificio	2	1354.12	1	1354.12	0	COL	16	59.00
4	Edificio	3	1379.1	1	1379.1	0	VIG	25	93.00
4	Edificio	4	1085.6	1	1085.6	0	MUR	7	14.00
4	Edificio	5	955.19	1	955.19	0	PLC	7	7.00
4	Edificio	6	54.53	1	54.53	0	ESC	1	1.00
4	Edificio	0	0	0	0	0	RAM	0	0.00

ANEXO F. FORMATO DE REGISTRO PLANOS

IDProyecto	INDEX		Tamaño Papel	AREAS PLANO		
	IDPlano	In		Papel (ISO)	Amargen [cm2]	Arotulo [cm2]
4	1	1	1000 X 720	B1	0.00	520.00
4	2	1	1000 X 720	B1	0.00	520.00
4	3	1	1000 X 720	B1	0.00	520.00
4	4	1	1000 X 720	B1	0.00	520.00
4	5	1	1000 X 720	B1	0.00	520.00
4	6	1	1000 X 720	B1	0.00	520.00
4	7	1	1000 X 720	B1	0.00	520.00
4	8	1	1000 X 720	B1	0.00	520.00
4	9	1	1000 X 720	B1	0.00	520.00
4	10	1	1000 X 720	B1	0.00	520.00
4	11	1	1000 X 720	B1	0.00	520.00
4	12	1	1000 X 720	B1	0.00	520.00
4	13	1	1000 X 720	B1	0.00	520.00
4	14	1	1000 X 720	B1	0.00	520.00
4	15	1	1000 X 720	B1	0.00	520.00
4	16	0	1000 X 720	B1	0.00	0.00
4	17	0	1000 X 720	B1	0.00	0.00
4	18	0	1000 X 720	B1	0.00	0.00
4	19	0	1000 X 720	B1	0.00	0.00
4	20	0	1000 X 720	B1	0.00	0.00
4	21	0	1000 X 720	B1	0.00	0.00

ANEXO G. FORMATO DE REGISTRO PAQUETES.

INDEX				INFORMACION DE PAQUETES		TIPOLOGÍA					FAMILIA							CONTENIDO									
ID Proyecto	ID Plano	ID Paquete	l n	Are cuadro [cm2]	Esc	L o c	Di m	De sp	D et	R ef	Ci m	C ol	Vi g	V gt	M ur	PI ac	E sc	Ra m	N E	Ci m	C ol	Vi g	V gt	M ur	PI ac	E sc	Ra m
4	7	1	1	72.00	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	7	2	1	117.52	25	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
4	7	3	1	123.60	25	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
4	7	4	1	68.68	25	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
4	7	5	1	76.80	25	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
4	7	6	1	528.65	100	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
4	7	7	1	157.76	25	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
4	7	8	1	327.00	100	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
4	7	9	1	138.60	25	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
4	7	10	1	575.12	100	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
4	7	11	1	572.25	100	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
4	7	12	1	372.60	100	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
4	7	13	1	72.75	25	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
4	7	14	1	267.00	100	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
4	7	15	1	345.60	100	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0

ANEXO H. FORMATO DE REGISTRO CANTIDADES.

ITEMS - MATERIALES						CANTIDADES PRESUPUESTADAS		CANTIDADES EJECUTADAS		
ID Proyecto	Ítem	ID	FAMILIA	MAT	EJC	Descripción	Unidad	Cantidad	Cantidad	%
	2					CIMENTACIÓN Y CONTENCIÓN				
	2.1					Concreto Para Cimentación				
04	2.1.1	1	CIM	CON	VAR	Concreto pobre para limpieza (2000 psi) (se asume 5cm)	M3	58.05	13.69	-76.4%
04	2.1.2	2	CIM	CON	NEJ	Dados (4000psi)	M3	215.00	0	-100.0%
04	2.1.3	3	CIM	CON	VAR	Zapatas (4000 psi)	M3	75.00	532.96	610.6%
04	2.1.4	4	CIM	CON	VAR	Vigas de Cimentación (4000 psi)	M3	112.00	54.81	-51.0%
04	2.1.5	5	NE	CON	VAR	Placas de contrapiso (4000 psi)	M3	200.00	116.80	-41.6%
04	2.1.6	6	NE	CON	NEJ	Placas de contrapiso para tanque de oxígeno líquido	M2	2.25	0	-100.0%
04	2.1.7	7	CIM	CON	VAR	Pilotaje (4000 psi)	ML	929.00	1.922.90	106.9%
	2.2					Concreto para muros de Contención				
04	2.2.1	8	MUR	CON	VAR	Concreto pobre (2000 psi) (se asume 5cm)	M2	34.85	10.3765	-70.2%
04	2.2.2	9	MUR	CON	VAR	Concreto muros (4000 psi)	M3	249	123.68	-50.3%
04	2.2.3	10	MUR	CON	VAR	Concreto Zarpas (4000 psi)	M3	242	94.18	-61.0%
	2.3					Acero De Refuerzo				
04	2.3.1	11	ALL	ACE	NEJ	Acero de 37.000 PSI	KG	8816		-100.0%
04	2.3.2	12	ALL	ACE	VAR	Acero de 60.000 PSI	KG	98875	94957.63	-3.9%
04	2.3.3	13	ALL	ACE	VAR	Mallas electro soldadas	KG	4250	3961	-6.8%
	3					ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO				
	3.1					Concreto				
04	3.1.1	14	COL	CON	VAR	Concreto para columnas 5000 PSI	M3	479	557.5	16.3%
	3.1.2	*	VIG-PLC	CON	VAR	Concreto para placas y vigas aéreas 5000 psi	M3	1121	1526.93	36.2%
04	3.1.2	15	VIG	CON	VAR	Concreto para placas y vigas aéreas 5000 psi	M3	168.15	229.0395	36.2%
04	3.1.2	16	PLC	CON	VAR	Concreto para placas y vigas aéreas 5000 psi	M3	952.85	1297.8905	36.2%

04	3.1.3	17	ESC	CON VAR	Concreto para Escaleras 5000 psi	M3	18	55	205.5%
04	3.1.4	18	COL	CON VAR	Pantallas En Concreto de 5000 Psi	M3	125	202.04	61.6%
	3.2				Acero				
04	3.2.1	19	ALL	ACE VAR	Malla Electro soldada	KG	15240	20906.21	37.1%
04	3.2.2	20	PLC	ACE VAR	Metal-Deck. Conectores Rigidizadores y platinas	M2	4081	4424.91	8.4%
04	3.2.3	21	PLC	ACE VAR	Vigas y Riostras Metálicas. Fy=3500 kg/cm2	KG	27605	100201.85	262.9%
04	3.2.4	22	ALL	ACE VAR	Acero de 60.000 PSI	KG	216722	413219.42	90.6%

ANEXO I. DATOS CONSOLIDADOS – AREAS

INDEX				COMPLEMENTOS											AREAS PAQUETES					
ID Proyecto	PlanosT	PlanosIn	In	Niveles	AreasC [m ²]	AreasB [m ²]	TIPOS	OBJETOS	CIM-T	CIM-O	COL-T	COL-O	VIG-T	VIG-O	Abruta [dm ²]	Arotulo [dm ²]	Autil [dm ²]	Aneta [dm ²]	AnetaEq [dm ²]	No Paquetes
1	8	7	1	2	1938	1208	68	268	22	106	18	83	19	33	494.90	36.40	458.50	298.30	280.43	139.00
2	62	62	1	27	10280	328	366	584	1	1	29	37	275	450	4383.40	49.50	4333.89	1280.68	1189.75	1194.00
3	62	62	1	5	14841	6816	114	1003	12	495	10	150	55	230	4383.40	415.40	3968.00	2262.89	2892.88	809.00
4	21	15	1	6	6099	1271	77	540	21	366	16	59	25	93	1060.50	78.00	982.50	620.80	381.01	184.00
5	8	12	1	1	708	708	25	85	4	57	8	12	7	7	848.40	81.60	766.80	426.02	227.37	81.00
6	5	5	1	1	436	436	48	98	19	47	9	28	19	22	353.50	11.47	342.03	124.89	45.51	76.00
7	23	22	1	1	2972	2972	154	920	11	558	86	191	47	52	1555.40	147.40	1408.00	756.97	851.03	336.00
8	22	20	1	2	11805	1665	159	547	28	292	14	118	93	93	1414.00	74.45	1339.55	751.15	335.70	368.00
9	16	16	1	2	1676	836	80	247	10	115	13	52	48	64	1131.20	108.80	1022.40	528.82	166.61	142.00
10	9	9	1	1	993	993	36	112	6	59	7	25	16	21	636.30	61.20	575.10	354.76	114.24	56.00
11	29	32	1	6	5773	3792	138	309	15	135	16	20	76	123	2262.40	201.60	2060.80	1210.27	2236.46	567.00
12	44	44	1	3	26018	10459	337	925	46	178	80	232	186	466	3110.80	277.20	2833.60	1280.50	4535.26	863.00
13	26	26	1	2	10799	2762	145	364	50	204	12	77	76	76	1838.20	118.95	1719.25	944.36	1948.73	446.00
14	13	13	1	2	2399	1900	101	279	12	151	21	60	59	59	919.10	74.10	845.00	348.05	364.16	212.00
15	35	35	1	6	11414	10199	69	495	23	316	17	131	1	1	2474.50	220.50	2254.00	1029.42	1163.13	580.00
16	8	8	1	3	4741	840	55	135	8	39	14	26	19	56	565.60	41.60	524.00	303.65	251.03	165.00
17	2	2	1	2	321	107	17	44	0	0	5	23	10	19	141.40	2.79	138.61	78.79	39.72	31.00
18	13	13	1	4	4641	892	66	249	11	51	10	25	37	165	459.55	20.48	439.08	257.23	193.82	171.00
19	29	29	1	6	8110	898	208	390	18	70	21	58	161	226	2050.30	151.40	1898.90	1076.57	759.05	835.00
20	27	24	1	3	4162	1806	199	444	32	145	51	171	95	95	1696.80	124.80	1572.00	903.01	2314.90	557.00
21	17	16	1	3	26018	10459	55	147	14	36	4	36	27	54	1060.50	52.20	1008.30	483.30	386.33	190.00
22	25	35	1	5	3555	937	287	318	40	49	30	39	200	200	1696.80	109.44	1587.36	621.99	615.78	563.00
23	3	3	1	5	24	5	20	42	4	4	0	0	9	31	212.10	7.01	205.09	99.71	28.06	46.00
24	38	39	1	24	10122	752	400	830	23	23	34	34	300	701	2757.30	177.45	2579.85	1832.57	1102.82	1018.00
25	12	12	1	4	2203	988	86	98	11	23	24	24	43	43	848.40	23.64	824.76	430.02	304.70	221.00
26	3	3	1	6	786	131	43	105	12	29	3	15	22	49	212.10	14.98	197.12	70.49	54.36	93.00
27	20	20	1	2	3725	1435	197	231	51	81	46	46	84	84	1414.00	42.23	1371.77	819.14	771.67	313.00
28	6	6	1	2	912	456	23	113	5	54	3	33	12	23	599.94	14.52	585.42	186.21	68.80	79.00
29	6	6	1	3	572	270	82	126	29	57	10	24	36	37	424.20	37.80	386.40	206.84	187.96	141.00
30	9	9	1	5	2343	451	107	114	36	36	8	11	51	51	899.91	35.69	864.23	375.95	170.84	186.00
31	11	11	1	9	3424	488	76	111	24	59	19	19	24	24	777.70	45.63	732.07	389.58	146.00	206.80

ANEXO J DATOS CONSOLIDADOS – PAQUETES

INDEX	PAQUETES POR TIPOLOGÍA					AREA POR TIPOLOGIA [dm ²]					AREA EQUIVALENTE TIPOLOGIA [dm ²]					PAQUETES POR FAMILIA								AREA EQUIVALENTE POR FAMILIA [dm ²]									
	IDProyecto	Loc	Dim	Desp	Det	Ref	Loc	Dim	Desp	Det	Ref	Loc	Dim	Desp	Det	Ref	Cim	Col	Vig	Vgt	Mur	Plac	Esc	Ram	NE	Cim	Col	Vig	Vgt	Mur	Plac	Esc	Ram
1	6	11	62	55	5	127.04	12.62	90.64	58.81	9.19	127.04	0.79	82.83	60.57	9.19	20	60	87	0	7	4	3	0	1	68.53	214.22	237.87	0.00	130.96	73.93	81.55	0.00	0.00
2	31	4	442	688	37	302.07	23.57	565.49	401.21	40.65	255.43	13.26	494.85	502.09	40.65	1	190	664	189	89	69	36	0	13	0.41	508.02	625.24	92.00	340.36	208.50	216.35	0.00	0.00
3	123	2	137	278	268	777.80	4.93	781.32	372.36	322.10	1357.83	2.77	485.58	724.60	322.10	58	142	402	4	42	36	57	6	36	217.70	1422.52	2184.89	3.68	714.62	620.29	623.70	31.74	0.00
4	9	3	87	72	24	241.42	0.97	302.13	58.30	47.85	137.66	0.01	140.56	54.93	47.85	16	41	96	0	29	5	5	0	20	50.05	194.61	256.06	0.00	160.48	4.58	99.61	0.00	0.00
5	10	9	20	32	17	206.56	37.97	65.37	95.12	20.99	51.64	12.24	10.06	132.44	20.99	9	14	46	1	16	16	5	0	0	32.48	47.66	84.62	8.05	138.32	40.55	22.35	0.00	0.00
6	2	0	32	37	5	33.89	0.00	62.28	19.57	9.16	8.47	0.00	15.57	12.31	9.16	2	20	53	0	0	1	0	0	0	12.92	12.40	32.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	10	6	142	166	12	386.77	17.40	217.24	133.94	26.49	527.46	5.67	86.72	204.69	26.49	28	192	108	13	13	7	5	3	12	337.07	679.90	510.31	244.09	526.03	8.66	221.28	206.28	0.00
8	38	13	104	176	37	273.15	25.79	272.36	131.03	48.81	78.19	3.26	70.07	0.00	48.81	23	68	213	44	11	54	6	0	26	59.07	147.34	231.46	37.83	9.51	118.65	14.67	0.00	0.00
9	20	1	67	26	28	295.26	3.21	116.67	81.90	31.79	70.43	0.13	25.42	38.84	31.79	10	34	85	0	8	21	9	1	8	38.95	77.13	110.05	0.00	16.52	60.47	27.39	0.00	0.00
10	8	1	25	12	10	254.07	2.58	55.56	34.89	7.66	63.52	0.10	24.73	18.23	7.66	3	14	35	4	8	8	0	0	2	21.68	41.93	96.85	40.22	47.27	37.71	0.00	0.00	0.00
11	30	0	120	358	71	394.80	0.00	298.46	442.61	74.40	459.77	0.00	261.81	1440.44	74.40	86	94	362	69	71	16	16	9	10	1101.18	1062.71	799.81	188.97	1093.41	171.20	171.21	128.56	0.00
12	37	15	324	473	49	418.90	22.96	549.36	235.13	15.49	2394.85	6.09	533.95	1584.88	15.49	13	142	532	119	56	40	24	10	54	275.77	2211.70	2416.40	479.53	1038.11	598.04	484.87	490.43	0.00
13	9	3	182	197	55	264.20	9.01	483.43	107.94	79.77	1003.83	1.36	457.30	406.47	79.77	7	35	350	3	8	5	6	0	7	402.37	1031.51	1299.16	189.24	1021.44	201.62	6.41	0.00	0.00
14	5	2	96	97	12	33.94	9.79	225.24	63.74	15.35	33.94	2.45	104.69	207.73	15.35	4	30	133	0	6	0	2	1	36	100.21	119.50	265.19	0.00	11.02	0.00	23.76	0.73	0.00
15	28	10	254	277	23	358.83	15.12	527.09	104.51	23.88	575.25	8.31	254.20	301.49	23.88	35	52	343	119	46	25	25	0	11	402.34	571.80	795.83	330.54	642.21	59.24	23.92	0.00	0.00
16	5	0	80	63	17	87.45	0.00	149.37	44.64	22.18	49.19	0.00	74.60	105.06	22.18	3	35	99	11	2	7	5	0	1	24.85	73.79	122.04	51.47	13.24	79.47	2.45	0.00	0.00
17	4	0	6	15	6	35.55	0.00	14.97	18.08	10.19	7.09	0.00	6.28	16.16	10.19	2	10	5	0	0	1	2	0	8	2.71	10.59	7.60	0.00	0.00	1.52	2.60	0.00	0.00
18	4	4	69	86	8	72.52	5.73	123.26	35.75	19.97	72.52	0.06	62.29	38.98	19.97	6	29	90	46	3	4	7	0	5	19.06	98.03	157.19	94.02	34.32	0.06	88.64	0.00	0.00
19	25	6	279	414	111	291.87	13.44	542.40	150.89	77.97	277.25	0.13	280.74	122.96	77.97	18	76	526	10	5	20	10	0	107	44.89	347.27	542.61	192.00	60.33	215.61	201.34	0.00	0.00
20	24	17	226	259	31	230.33	63.70	360.67	213.37	34.94	573.78	144.05	183.91	1378.22	34.94	16	173	326	2	28	44	11	0	44	369.24	1991.18	1901.24	1.94	1597.08	242.89	24.36	0.00	0.00
21	9	0	52	103	25	230.89	0.00	152.41	70.30	29.69	140.66	0.00	82.70	133.28	29.69	17	34	84	1	34	16	10	0	19	50.10	187.83	148.00	0.35	208.80	97.99	108.40	0.00	4.82
22	10	4	249	288	12	228.27	21.15	256.35	97.02	19.21	124.25	4.32	113.74	354.26	19.21	72	80	391	9	24	22	17	5	2	130.71	197.71	437.99	0.00	175.76	109.53	131.13	27.32	0.00
23	7	6	14	18	3	0.00	57.41	14.06	9.39	18.85	0.00	6.38	0.28	2.56	18.85	0	0	29	0	17	7	0	0	2	0.00	0.00	8.66	0.00	6.38	6.43	0.00	0.00	0.00
24	31	1	413	508	66	588.75	1.06	870.32	265.52	95.56	222.71	0.27	497.50	289.44	95.56	1	93	712	128	37	70	25	10	15	4.69	382.79	587.78	271.10	159.85	251.59	184.00	107.69	0.00
25	9	2	76	112	22	131.88	11.03	177.37	87.44	22.29	73.11	6.21	83.15	119.94	22.29	21	74	136	0	20	9	13	0	8	23.15	147.56	174.40	0.00	113.58	43.79	73.57	0.00	0.00
26	4	2	30	46	10	25.65	5.61	10.21	22.03	6.66	14.43	3.22	2.28	27.78	6.66	4	11	76	2	6	5	5	0	1	4.35	20.55	40.82	6.68	11.92	10.45	17.56	0.00	0.00
27	1	0	0	172	140	42.26	0.00	0.00	155.07	621.82	23.77	0.00	0.00	126.09	621.82	3	4	169	0	5	5	0	1	0	29.04	40.03	137.29	0.00	38.00	45.68	0.00	23.77	0.00
28	3	0	24	33	19	61.62	0.00	70.75	18.11	35.73	15.40	0.00	5.82	11.84	35.73	8	15	46	3	0	5	1	0	7	11.30	22.61	25.97	2.01	0.00	4.32	0.19	0.00	0.00
29	7	3	47	83	5	46.30	0.00	63.14	84.05	13.09	11.57	0.00	15.78	147.51	13.09	1	29	105	18	2	11	7	0	3	4.86	142.06	52.82	17.63	2.74	9.88	18.95	0.00	0.00
30	5	0	105	75	2	170.25	0.00	176.76	25.05	3.89	42.56	0.00	40.15	20.07	3.89	1	39	122	25	4	1	2	0	0	8.51	54.29	78.83	38.98	8.70	0.28	0.00	0.00	0.00
31	7	0	63	74	0	118.01	0.00	180.28	91.29	0.00	29.50	0.00	41.55	74.95	0.00	9	54	61	27	16	1	9	2	1	55.74	91.21	88.96	5.03	39.65	0.00	35.67	9.65	0.00