

**INCIDENCIA DEL RUIDO DE INFORMACIÓN EN DISEÑO SOBRE LAS
CANTIDADES DE OBRA**

**FRANCISCO JAVIER FILIZZOLA ARZUAGA
JERSON ANDRES LUCENA OJEDA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2017

**INCIDENCIA DEL RUIDO DE INFORMACIÓN EN DISEÑO SOBRE LAS
CANTIDADES DE OBRA**

**FRANCISCO JAVIER FILIZZOLA ARZUAGA
JERSON ANDRES LUCENA OJEDA**

**Trabajo de Grado para optar por el título de
Ingeniero Civil**

**Director
EDWARD VARGAS QUINTERO
Ingeniero Civil MsC**

**Co-Director
GUILLERMO MEJÍA AGUILAR
Ingeniero Civil PhD**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2017

*A Dios por bendecirme y darme la vocación para estudiar esta grandiosa
carrera.*

*A mi padre Alfredo Francisco Filizzola Arzuaga, por ser mi ejemplo a seguir, por
enseñarme la disciplina, el compromiso y el deber en mi formación personal y
profesional.*

*A mi madre Josefina Arzuaga, por su constante amor. Por sus oraciones y sus
consejos.*

*A Carmen Navarro, por sus palabras de aliento, comprensión y apoyarme en
todo momento.*

Al Ingeniero Edward Vargas, por su dedicación, ayuda, apoyo en este proyecto

*Al Ingeniero Guillermo Mejía, por aportarnos su conocimiento, orientación y
confianza en la realización de este proyecto.*

Francisco Javier Filizzola Arzuaga.

*A mi Señor, por su amor y misericordia, en mis sueños, triunfos y fracasos
siempre ha estado conmigo.*

*A mi Mamá, simplemente sin ella nada de esto hubiese sido posible, este y
todos mis logros indudablemente serán más de ella que míos.*

A mi Papá, por su apoyo a la distancia y su gran deseo de verme salir adelante.

*Al Ingeniero Edward, por su apoyo, su instrucción precisa y la responsabilidad
que nos hizo ver desde el primer momento.*

*Al profesor Guillermo, por aportarnos su conocimiento, la sencillez de su trato y
la calidad humana que lo caracteriza.*

Jerson Andrés Lucena Ojeda.

CONTENIDO

INTRODUCCION	15
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
2. REFERENTES TEÓRICOS	18
2.1 PAQUETE DE INFORMACIÓN	18
2.1.1 Localización:	18
2.1.2 Dimensión:	19
2.1.3 Despiece:	19
2.1.4 Detalle:	20
2.1.5 Referencia:	20
2.2 OBJETO DE INFORMACIÓN	22
2.3 ELEMENTOS DE INFORMACIÓN	22
2.3.1 Elementos de Localización:	22
2.3.2. Elementos de enlace	23
2.3.3. Elementos de Cuantificación	24
3. METODOLOGÍA	27
3.1 CASOS DE ESTUDIO	32
4. RESULTADOS	33
4.1 INFORMACIÓN SOBRE LOS PROYECTOS	33
4.2 INFORMACIÓN SOBRE LOS PLANOS	33
4.3 INFORMACIÓN SOBRE LOS PAQUETES DE INFORMACIÓN (ELEMENTOS MÍNIMOS, OBJETOS Y ÁREA DE DISEÑO)	34
4.4 ÍNDICES DE INFORMACIÓN	38
4.4.1. Índice de elementos mínimos:	38
4.4.2. Índice de Elementos Faltantes:	39

4.5. INFORMACIÓN SOBRE LAS CANTIDADES DE OBRA E INFORMACIÓN FALTANTE.....	40
5. CONCLUSIONES	44
6. RECOMENDACIONES	46
CITAS BIBLIOGRÁFICAS	47
BIBLIOGRAFIA.....	50
ANEXOS.....	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Paquete de Información	18
Figura 2. Paquete de localización	19
Figura 3. Paquete de Dimensión.....	19
Figura 4. Paquete de Detalle.....	20
Figura 5. Notas y especificaciones.....	20
Figura 6. Modelo 3D BIM familias	22
Figura 7. Norte	23
Figura 8. Ejes.....	23
Figura 9. Sección	24
Figura 10. Etiqueta.....	24
Figura 11. Acotado.....	24
Figura 12. Cadena	24
Figura 13. Elementos mínimos paquete localización de cimentación	29
Figura 14. Cantidad de elementos de información por proyecto.....	35
Figura 15. Composición porcentual de alteraciones en la información registrada en planos	36
Figura 16. Cantidad de elementos de información por proyecto.....	36
Figura 17. Cantidad de elementos de información por proyecto.....	37
Figura 18. Cantidad de elementos de información por proyecto.....	38
Figura 19. Relación elementos faltantes Vs Diferencia cantidades - Cimentaciones	42
Figura 20. Relación elementos faltantes Vs Diferencia cantidades - Columnas	42
Figura 21. Relación elementos faltantes Vs Diferencia cantidades - Vigas	43

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Escalas Comunes en planos de Diseño.....	21
Tabla 2. Escalas Propuestas en planos de Diseño.....	21
Tabla 3. Elementos de información familia cimientos	29
Tabla 4. Elementos de información familia columnas	30
Tabla 5. Elementos de información familia vigas	30
Tabla 6. Casos de estudio analizados	32
Tabla 7. Casos de estudio analizados.	33
Tabla 8. Casos de estudio analizados.	34
Tabla 9. Déficit de elementos de información por proyecto.	35
Tabla 10. Estadística del déficit de elementos de información.	40
Tabla 11. Cantidades de concreto [m3] por familia.....	41

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A.	CASOS DE ESTUDIO	54
ANEXO B.	FORMATO REGISTRO OBJETO	55
ANEXO C.	FORMATO REGISTRO PLANOS.....	56
ANEXO D.	FORMATO REGISTRO PAQUETES.....	57
ANEXO E.	FORMATO REGISTRO CANTIDADES	58
ANEXO F.	FORMATO REGISTRO CANTIDADES	59
ANEXO G.	ELEMENTOS MINIMOS EN UNA CIMENTACIÓN	60
ANEXO H.	ELEMENTOS MINIMOS EN UNA COLUMNA.....	61
ANEXO I.	ELEMENTOS MÍNIMOS EN UNA VIGA	62
ANEXO J.	DATOS TOMADO PROYECTO 5.....	63
ANEXO K.	DATOS RUIDO PROYECTO 5.....	64
ANEXO L.	DATOS RUIDO PROYECTO 5.....	65

RESUMEN

TÍTULO:

INCIDENCIA DEL RUIDO DE INFORMACIÓN EN DISEÑO SOBRE LAS CANTIDADES DE OBRA*

AUTORES:

FRANCISCO JAVIER FILIZZOLA ARZUAGA
JERSON ANDRES LUCENA OJEDA**

PALABRAS CLAVE: PLANOS DE DISEÑO DETALLADO, INFORMACIÓN DE DISEÑO, RUIDO DE INFORMACIÓN, CUANTIFICACIÓN DE DISEÑO.

DESCRIPCIÓN:

La mala calidad de la información generada en la etapa de diseño es uno de los factores más importantes que generan sobrecostos en los proyectos de construcción. Se han encontrado estudios que demuestran y validan la importancia de la gestión del diseño y la influencia de esta variable en los resultados de los proyectos, observándose claramente la incidencia de la calidad de los documentos generados tanto a nivel económico como técnico. A pesar de que el gremio de la construcción ha sido consciente desde la década de los ochenta de los aumentos de los costos de producción y la relación con el diseño, no se ha encontrado un sistema único para evaluar la información de manera cuantitativa.

En el presente proyecto de investigación se propone una metodología de medición del ruido de información en planos de diseño detallado analizando 10 proyectos de construcción, desde la óptica y como componente propio del modelo de la teoría de comunicación, adaptándolo al contexto de la ingeniería de la construcción que permita cuantificar dicha información, identificar qué tipos de alteración en la información se pueden presentar y posteriormente analizar de qué forma incide lo anteriormente descrito en la percepción del mensaje recibido por los actores de un proyecto de construcción tomando como referencia las diferencias entre las cantidades de obra presupuestadas y ejecutadas en un proyecto. Esta tesis es continuación del proyecto de investigación de maestría "Entropía como indicador de Incertidumbre en Diseño de Proyectos de Construcción" de la escuela de ingeniería civil de la Universidad Industrial de Santander.

*Trabajo de grado.

**Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Edward Vargas Quintero, Ingeniero Civil, MSc. Co-Director: Guillermo Mejía Aguilar, Ingeniero Civil, PhD.

ABSTRACT

TITLE:

INCIDENCE OF NOISE OF INFORMATION IN DESIGN ON BILL OF QUANTITIES *

AUTHORS:

FRANCISCO JAVIER FILIZZOLA ARZUAGA
JERSON ANDRES LUCENA OJEDA**

KEYWORDS:

DETAILED DESIGN DRAWINGS, DESIGN INFORMATION, NOISE INFORMATION, DESIGN QUANTIFICATION.

DESCRIPTION:

The poor quality of the information generated in the design stage is one of the most important factors that generate cost overruns in construction projects. Has been found studies that demonstrate and validate the importance of the management of the design and the influence of this variable in the results of the projects, clearly observing the impact of the quality of the documents generated both economically and technically. Although the construction guild has been aware since the 1980s of increases in production costs and the relationship with design, no single system has been found to quantitatively evaluate information.

The present research project proposes a methodology of information noise measurement in detailed design plans analyzing 10 construction projects, from the optics and as a component of the model of communication theory, adapting it to the context of construction engineering that allows quantifying such information, identify what types of alterations in the information can be presented and then analyze how the previously described affects the perception of the message received by the actors of a construction project taking as reference the differences between the bill of quantities budgeted and executed in a project. This thesis is a continuation of the Master's research project "Entropy as an Indicator of Uncertainty in Design of Construction Projects" of the Civil Engineering School of the Industrial University of Santander.

* Bachelor Thesis.

** Faculty of Physico-Mechanical Engineering. Civil Engineering School. Director: Edward Vargas Quintero, Civil Engineer, MSc. Co-director: Guillermo Mejía Aguilar, Civil Engineer, PhD.

INTRODUCCION

La industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC, por sus siglas en inglés) padece de un problema generalizado de sobrecostos en sus proyectos [1]. Desde la década de los 80, los participantes del gremio de la construcción han sido consientes del aumento de los costos de producción y así mismo la percepción de los problemas en cuanto a la calidad del diseño también se han visto incrementada [2].

En este sentido, la influencia de la etapa de diseño en los resultados de los proyectos, tanto económica, como técnica es extremadamente trascendental [3], estudios actuales [4,5,23] validan los anteriormente citado demostrando la importancia de la gestión del diseño, desde su fase inicial de ingeniería básica [4] hasta la fase final de diseño detallado [5].

Se han encontrado patrones de comportamiento de la información registrada en planos de diseño con las características de complejidad de proyectos de diseño estructural, la incertidumbre de información como indicador de dibujo en planos de diseño y su correlación con los costos finales de los proyectos durante la etapa de construcción tomando como referencia una correlación entre variables de la información como el área de dibujo por tipo de elemento estructural, el área de diseño de los proyectos y agrupación por similitud de elementos estructurales, entre otros [6].

Este estudio se enfoca en el análisis de la información de proyectos basado en la teoría matemática de la comunicación, la implementación de una adaptación a las definiciones establecidas por Shannon-Weaver [7] aplicándolas al contexto de la ingeniería de la construcción que permita cuantificar el flujo de información e identificar las incidencias de estos en los procesos de diseño, y la descripción un sistema [8] que permita contextualizar el correcto dibujo para la estimación de cantidades de obra.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Generalmente durante la construcción de los proyectos se detectan los defectos en el diseño, estos se manifiestan sobre todo en las etapas de construcción y post-construcción de los proyectos [9]. Los problemas asociados con el diseño son principalmente: la mala calidad en el diseño, la falta de estándares en el diseño y la falta de constructibilidad [10]. En la deficiencia en cuanto a la calidad se encuentra que los documentos de diseño (planos, especificaciones de diseño, informes de control de calidad, entre otros [9]) que no tienen la información necesaria o la información que contiene es incorrecta para realizar satisfactoriamente el trabajo. [10].

La calidad de la documentación de diseño está determinada por la capacidad de dar a entender la información que se proporciona [11], esto quiere decir que ante un aumento de los errores se puede reducir notablemente la calidad de la documentación. Los errores que se encuentran en los planos, especificaciones y otros componentes siguen siendo un contribuyente muy característico para el retrabajo, reclamaciones y controversia en un proyecto de construcción [12]. La naturaleza y gravedad de los errores cometidos varía significativamente entre los proyectos si se está frente a un gran proyecto, la posibilidad de encontrarlos es aún mayor [13]. Inclusive, a pesar de las revisiones de diseño que se realizan por uno o más partes, las deficiencias de diseño siguen planteando un problema tanto para los sectores públicos como privados [14].

La calidad de la documentación producida tiene una fuerte influencia en el coste de proyecto y la rentabilidad de la empresa de diseño [15], tales costos serían significativamente mayores en el caso de presentarse un fallo de ingeniería. [16]. Un proyecto de investigación que se llevó a cabo para explorar las técnicas y los procesos de las fallas de construcción concluyó que los factores para ayudar a prevenir los

accidentes estructurales son: Una buena comunicación y organización en la industria de la construcción, el aumento de la calidad general de diseño y la difusión oportuna de los datos técnicos. [17]. Debido a lo anteriormente descrito, y a otros muchos estudios que se han centrado en el impacto de la calidad del diseño en el rendimiento del proyecto se encontró que no tenían un sistema único para capturar por completo los detalles necesarios para solucionarlos, al tiempo que los esfuerzos para expresar información de diseño en términos cuantitativos han sido escasos [24].

Para abordar esta problemática, y contribuir al mejoramiento de la calidad de diseño se precisa aportar a la conceptualización y estudio de la información de diseño desde la óptica de la teoría de comunicación, desarrollar los conceptos necesarios y expresar está en términos cuantitativos que permitan desarrollar herramientas de medición y gestión de los procesos de diseño.

2. REFERENTES TEÓRICOS

Con el fin de definir ruido de información y realizar su respectiva categorización se partió de las definiciones básicas para la cuantificación de la información gráfica en los planos de diseño detallado propuestas por Vargas y Mejía [6].

2.1 PAQUETE DE INFORMACIÓN

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 [25].

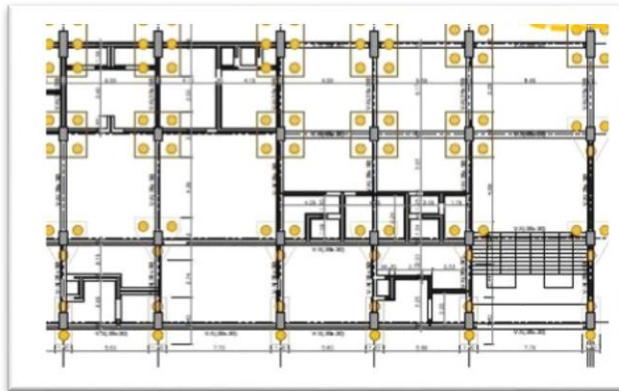
Figura 1. Paquete de Información



Los paquetes de información se clasifican según su funcionalidad en:

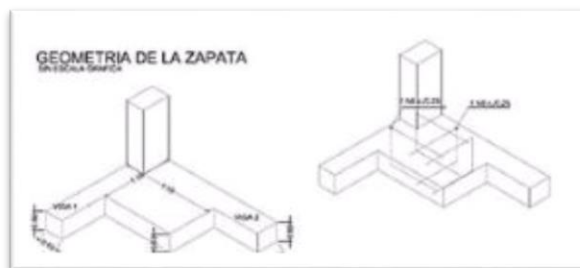
2.1.1 Localización: expresa información espacial de objetos individuales en el conjunto general del sistema estructural [6].

Figura 2. Paquete de localización



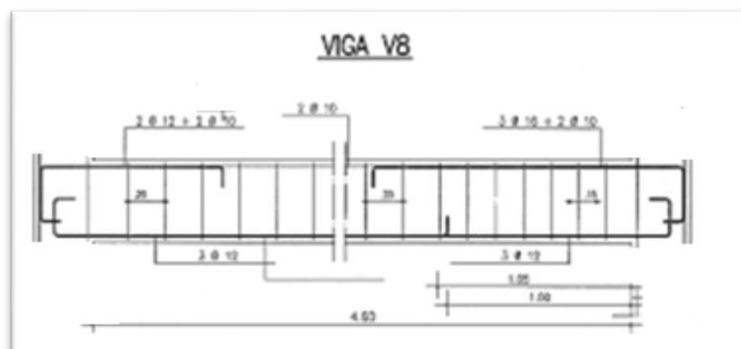
2.1.2 Dimensión: Representación geométrica de un objeto sobre alguna de sus vistas. No contiene información relacionada con la colocación del acero en el objeto estructural.

Figura 3. Paquete de Dimensión



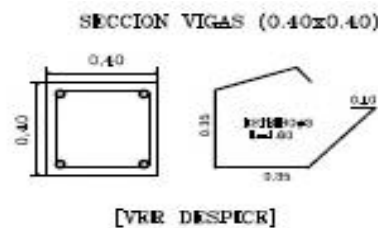
2.1.3 Despiece: Es aquél en que se representan todas y cada una de las piezas constitutivas de un conjunto, en este caso un objeto estructural.

Figura 4. Paquete de Despiece



2.1.4 Detalle: Representaciones de una zona concreta de un objeto estructural o no estructural. Los paquetes de detalles incluyen información de la distribución interna del refuerzo de los mismos. Sirven además para indicar a quien vaya a construir la obra cómo debe ejecutar algunos trabajos relacionados con puntos singulares o no comunes.

Figura 4. Paquete de Detalle



2.1.5 Referencia: Contiene la información que se refiere a las condiciones y requisitos que deben cumplir los materiales, elementos y procedimientos utilizados en la ejecución de cada actividad del proyecto.

Figura 5. Notas y especificaciones

NOTAS Y ESPECIFICACIONES	
MATERIALES :	
ACERO DE REFUERZO :	
$f_y = 4.220 \text{ Kgf/Cm}^2$	varilla #3 y mayores
$f_y = 2.600 \text{ Kgf/Cm}^2$	varilla #2
GRAFILES MILIMETRADOS Y MALLA ELECTROSOLDADA	
TIPO DIACO, (SISMO RESISTENTE) DE ALAMBRES	
TREFILADOS CORRUGADOS DE ALTA RESISTENCIA CON LA NORMA	
NTC. 1907 Y NTC. 2310	
CONCRETO :	
$f'_c=21\text{MPa}$ (3.000 psi)	PILOTES, DADOS Y VIGAS DE AMARRE CIMENTACION
$f'_c=28\text{MPa}$ (4.000 psi)	LOSAS, VIGAS, COLUMNAS, MUROS Y ESCALERAS
$f'_c=10.5\text{MPa}$ (1.500 psi)	CONCRETO DE LIMPIEZA

Para facilitar la medida y comparación de los paquetes de información entre los diferentes proyectos, se utilizan los conceptos básicos de área de diseño, área del paquete, área equivalente del paquete, área neta y área neta equivalente.

- i. **Área de Diseño:** Es el área total de la estructura. Se calcula como la sumatoria de toda el área de las plantas que se encuentran en cada nivel de la estructura [m²].

- ii. **Área del paquete:** Corresponde al área comprendida por el recuadro de información delimitado, expresada en decímetros cuadrados [dm²].
- iii. **Área neta:** Corresponde a la suma de las áreas de paquete contenidas en un mismo plano, expresada en decímetros cuadrados [dm²].

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 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

Para unificar la medida de información de los paquetes de información de diferentes proyectos, se definió el área equivalente del paquete, esto es la estandarización de las áreas de paquete de igual tipología, aplicando un factor de conversión, como se expresa en la Ecuación 1.

$$Aeqpaq = Apeq * \left(\frac{Escala_{dibujo}}{Escala_{estandar}} \right)^2 \quad (1)$$

Las escalas estándar propuesta son mostradas en la Tabla 2.

Tabla 2. Escalas Propuestas en planos de Diseño

Escalas Estándar Propuesta	Escala
Planos de localización en planta	1:100
Plantas de entrepiso	1:100
Despieces	1:100
Detalles	1:25

Conociendo lo anterior se define finalmente:

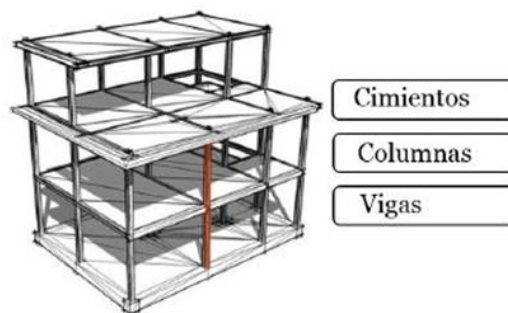
- iv. **Área equivalente del paquete:** Área estandarizada del paquete, expresada en decímetros cuadrados [dm²].
- v. **Área neta equivalente:** Corresponde a la suma de las áreas de paquete estandarizadas, expresada en decímetros cuadrados [dm²].

2.2 OBJETO DE INFORMACIÓN

Corresponden a la representación gráfica de un elemento estructural de obra, que posee forma, función y comportamiento. Los objetos de información se clasifican en familias de acuerdo a su función estructural. Los objetos de información que serán analizados en este proyecto solamente son:

- Cimientos
- Columnas
- Vigas

Figura 6. Modelo 3D BIM familias



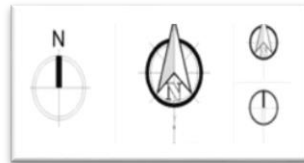
2.3 ELEMENTOS DE INFORMACIÓN

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

2.3.1 Elementos de Localización: Los elementos de localización son los siguientes:

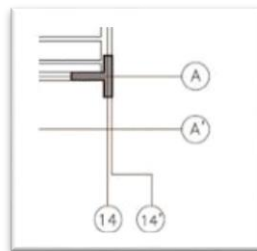
- Norte: símbolo que sirve para ubicar el norte geográfico y las coordenadas exactas del terreno a construir.

Figura 7. Norte



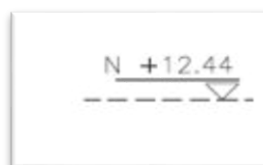
- Eje: son líneas punteadas con una numeración las coinciden con las líneas que se trazan en el terreno para indicar elementos tales como cimientos, columnas, castillos, muros, etc.

Figura 8. Ejes



- Nivel: Distancia vertical que indica la altura de un punto sobre una base de comparación, también llamado elevación.

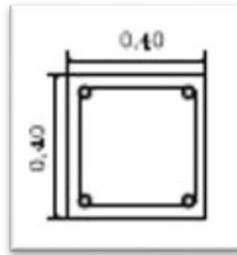
Figura 10. Nivel



2.3.2. Elementos de enlace: Los elementos de enlace son los siguientes:

- Sección: Es un elemento de tipo gráfico que indica una vista representada por un corte particular en un objeto determinado que conforma la estructura.

Figura 9. Sección



- Etiqueta: Es un elemento alfanumérico que relaciona paquetes de información y señalan características únicas del mismo. Estas pueden ser el nombre del paquete, nombre del objeto estructural y la escala.

Figura 10. Etiqueta



2.3.3. Elementos de Cuantificación: Los elementos de cuantificación son los siguientes:

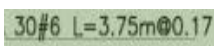
- Acotado: Es la indicación en un plano de las medidas reales en la representación de los objetos independientemente de la escala a la cual este trabajando.

Figura 11. Acotado



- Cadena: Componente alfanumérico compuesto que describe propiedades cuantificables y geométricas del acero de refuerzo

Figura 12. Cadena



El norte, eje, nivel y sección son elementos gráficos mientras la etiqueta, acotado y cadenas son elementos alfanuméricos.

Se realizó un estudio de definiciones de ruido en diferentes disciplinas teniendo en cuenta una relación con la que se va a plantear, dentro de estas están:

- R.A.E: Según Lingüística: interferencia que afecta a un proceso de comunicación. [18]
- Según Teoría matemática de la comunicación: En el proceso de transmisión, es característico que se añadan ciertas señales a la señal que no fueron previstas por la fuente de información. Estas adiciones no deseadas pueden ser distorsiones de sonido (en telefonía, por ejemplo) o estáticas (en radio), o distorsiones en forma o sombreado de imagen (televisión), o errores de transmisión (telegrafía o facsímil), etc. Todos estos cambios En la señal transmitida se denominan ruido. [7]
- En medicina aeronáutica: Es un instrumento de medición que se repite en la mayor parte de los intentos de intentos de evaluar y cuantificar los efectos auditivos. [19]
- En lenguaje documental: el ruido documental son los documentos recuperados en una base de datos o repositorio de información, que no son relevantes para la búsqueda de información. [20]
- Ruido en diseño: factores que causan variabilidad en el desempeño de un sistema o producto, pero que no pueden ser controlados durante la producción o el uso del producto. Sin embargo, los factores de ruido sí pueden controlarse o simularse durante la experimentación. [6]
- En comunicación: es toda señal no deseada que se mezcla con la señal útil que se quiere transmitir. [21]
- Según el diseño de la información: es toda distracción que se interpone entre la información y el receptor, e interfiere, distorsionando u ocultando su mensaje. La consecuencia del ruido es falta de claridad o directamente incomprendibilidad de la información [22].

De acuerdo a lo anterior, en términos generales el ruido es un factor que causa una interferencia, variabilidad o perturbación en un sistema o producto. Esta variabilidad no es deseada por ningún sujeto, emisor o receptor, que participa en el proceso de comunicación.

3. METODOLOGÍA

Este trabajo de investigación es continuación del trabajo de investigación de maestría “Entropía como indicador de incertidumbre en diseño de proyectos de construcción” desarrollado por Vargas Quintero [25]. En dicha investigación se encuentra la relación que existe entre la información generada en planos de diseño detallado, la incertidumbre, y las diferencias de costos (sobrecostos) durante la etapa de construcción de un proyecto.

A continuación, se presenta la metodología utilizada para analizar y evaluar la incidencia de ruido de información en planos de diseño detallado sobre las cantidades de obra. El presente estudio se apoya en el método de investigación de casos de estudio, ya que la muestra de proyectos estructurales a analizar es pequeña. La investigación realizada es de carácter exploratorio por lo tanto los resultados del mismo no deben categorizarse como definitivos para las conclusiones finales.

i. Definición de ruido de información en planos de diseño

Definición del concepto de ruido de información en planos de diseño. A partir de la definición primaria de ruido, descrita por Shannon & Weaver [12], y la adaptación del mismo a otras áreas del conocimiento descritas anteriormente, se define el concepto de ruido aplicado a la información de ingeniería consignada en planos de diseño como sigue:

Ruido de Información: Medida de interferencia que permite evaluar el grado de alteración de información consignada en un plano de diseño detallado con relación a un estándar establecido previamente. Esta información no es deseada por parte del diseñador ya que interfiere en la comunicación con el constructor, siendo este afectado por la falta de claridad y comprensión en la información consignada en los planos de diseño detallado.


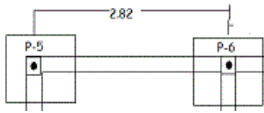
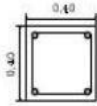
Caracterización y descripción

La categorización parte de la definición acuñada para el concepto de ruido en planos de diseño e información bibliográfica disponible para definir el marco general de referencia, en este caso la norma sismo resistente colombiana NSR-10.

En primera medida se establece el estándar de información mínima que deben contener los paquetes de información, a partir de la normatividad vigente colombiana, de objetos de las de cimentación, vigas y columnas.

Con base en la información requerida por la normatividad se establece el número de elementos para cada tipo de paquete y familia. A manera de ilustración, la Figura 15 representa gráficamente los elementos de información mínimos que debe contener un paquete de localización de cimentaciones.

Figura 13. Elementos mínimos paquete localización de cimentación

Localización			
Elemento de información	N de elementos mínimos	Descripción	representación
Norte	1	Es el símbolo empleado en los planos de planta	
Eje	2	Debe de contener al menos 2 ejes para ubicar en un punto específico una estructura de cimentación	
Nivel	1	Un Nivel de la planta	3 Planta NA + 88.60 1-100
Sección	0	No requiere	VISTA SUPERIOR DETALLE B CONEXIÓN TENSOR-COLUMNA ESCALA 1:5
Etiqueta	3	Nombre del paquete de localización, Nombre objetos estructurales [Zapatas, Columnas y Vigas] y Escala del paquete	PLANTA ESTRUCTURAL PISO 2 ESCALA 1: 100
Acotado	2	Requiere una Altura y una base. [Diseño de Estructuras de Cimentación Pág. 35]	
Cadena	0	No requiere	2 Ø 3/8" L= 6.00mts

Como resultado del ejercicio anterior, la Tabla 3 sintetiza los elementos de información mínimos que deben contener los paquetes de información que presenten objetos de información tipo cimientos. Asimismo, las Tablas 4 y 5 presentan lo propio para las familias de columnas y vigas. (Anexo F, G y H).

Tabla 3. Elementos de información familia cimientos

	Localización	Dimensión	Despiece	Detalle
Norte	1	0	0	0
Eje	2	0	0	0
Nivel	1	0	1	1
Sección	0	0	0	1
Etiqueta	3	2	3	3
Acotado	2	3	3	3
Cadena	0	2	0	2
Suma	9	7	7	10

Tabla 4. Elementos de información familia columnas

	Localización	Dimensión	Despiece	Detalle
Norte	1	0	0	0
Eje	2	0	0	0
Nivel	1	1	2	0
Sección	0	0	0	1
Etiqueta	3	2	3	3
Acotado	0	2	3	3
Cadena	0	0	2	2
Suma	7	5	10	9

Tabla 5. Elementos de información familia vigas

	Localización	Dimensión	Despiece	Detalle
Norte	1	0	0	0
Eje	2	0	2	0
Nivel	1	1	1	0
Sección	0	0	0	1
Etiqueta	3	2	3	3
Acotado	0	2	3	3
Cadena	0	0	2	2
Suma	7	5	11	9

Para categorizar las alteraciones de información presenten en planos de diseño se analizaron uno a uno los paquetes de información contenidos en la muestra de proyectos que hacen parte de los casos de estudio. Como resultado se identificaron las siguientes categorías de alteraciones de información.

- i. **Información faltante.** Es la información que se omite en los diferentes tipos de paquetes y de carácter necesaria para la interpretación de los planos de diseño y ejecución de la tarea constructiva.

- ii. **Información errada.** Es la información consignada de manera incorrecta que conlleva a un diseño mal ejecutado. También puede encontrarse como el tipo de información que no guarda relación con lo indicado en los diferentes tipos de paquetes.

iii. Información redundante. Corresponde a los elementos que no o aportan nueva información o "repiten" parte de la información. Este tipo de Ruido sirve para confirmar cierta interpretación que inicialmente una persona realiza sobre determinados atributos de un paquete de información.

iv. Información irrelevante. Es la Información totalmente innecesaria y que por sus características es posible que no corresponda al paquete que pertenece.

Evaluar la incidencia del ruido en la precisión de estimación de cantidades de obra.

Cuantificación y registro en base de datos del ruido en planos de diseño según la clasificación propuesta. Con la categorización del ruido de información en planos de diseño detallado, se realiza una plantilla base para la toma de datos. Inicialmente se organiza de acuerdo a los componentes de información propia de cada paquete donde se tome en cuenta solamente cimiento, columna y viga. Análisis de cantidades de obra estimadas y ejecutadas para una muestra de diez (6) proyectos de construcción de estructuras en concreto reforzado de tipo Aporticado (P05, P16, P17, P18, P19, P20). Solamente se analizan este número de proyectos dado que de estos únicamente se tenía información disponible de las actas de obra. Para el análisis de las cantidades de obra y la incidencia del ruido sobre estos, se tomarán en cuenta los ítems para los cuales se encontró variación entre las cantidades presupuestadas y las ejecutadas. La información sobre obra ejecutada considera exclusivamente la cantidad de concreto expresada en metros cúbicos. Las cantidades de acero no se toman en cuenta de la información de presupuestos debido a que este material se presenta de forma conjunta y no hace distinción entre familia de objetos y elementos estructurales.

Análisis estadístico de la correlación existente entre el ruido registrado y las diferencias en cantidades de obra calculadas.

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.

3.1 CASOS DE ESTUDIO

Para el presente proyecto de investigación se seleccionaron diez (10) casos de estudio. Los casos corresponden a proyectos ejecutados en Santander, Colombia. Son estructuras de concreto tipo aparcadero de uso comunitario y educativo, con varios niveles de construcción. La Tabla 5 muestra las características generales de cada proyecto, dónde además de lo anteriormente descrito se detallan el Área de diseño (Ad) para cada proyecto y número total de planos que hacen parte del proyecto de diseño.

Tabla 6. Casos de estudio analizados

Id	No Planos	Ad [m ²]	No Niveles
5	12	708	1
9	16	1.676	2
10	9	993	1
16	8	4.741	3
17	2	321	2
18	13	4.641	4
19	29	8.110	6
20	24	4.162	3
21	12	2.203	4
28	6	912	2

4. RESULTADOS

En esta sección se presenta los resultados del estudio y la discusión organizada en cinco (5) apartados: información sobre los proyectos, Información sobre los planos, información sobre los paquetes de información, índices de información y la relación entre las cantidades de obra y el ruido faltante encontrado en los diferentes proyectos.

4.1 INFORMACIÓN SOBRE LOS PROYECTOS

La tabla muestra el resumen estadístico de las características generales de los casos estudiados. El estudio analizó proyectos cuya área de diseño (Ad) promedio fue de 3800 [m²] y 3 niveles de altura en promedio. El número promedio de objetos estructurales en el que solamente se tienen en cuenta cimientos, columnas y vigas fue de 141 lo cual muestra una percepción sobre el contenido representado gráficamente en los planos de diseño detallado.

Tabla 7. Casos de estudio analizados.

	Ad [m ²]	Niveles	Objetos
Promedio	3.800,8	2,7	141,3
DesvStd	3.515,0	1,5	100,2
Mínimo	321,0	1,0	32,0
Q1	932,3	2,0	76,3
Mediana	3.158,5	2,5	114,0
Q3	5.156,5	3,0	167,8
Máximo	10.611,5	6,0	358,0
Asimetría	0,9	1,1	1,3
Curtosis	-0,2	1,7	1,3

4.2 INFORMACIÓN SOBRE LOS PLANOS

La Tabla muestra el resumen estadístico de la información tomada de los planos. El promedio de planos analizados por proyecto fue de 14 planos. El

número promedio de paquetes de información generado por proyecto fue de 187 lo que representó en promedio un área neta equivalente de 670 [dm²].

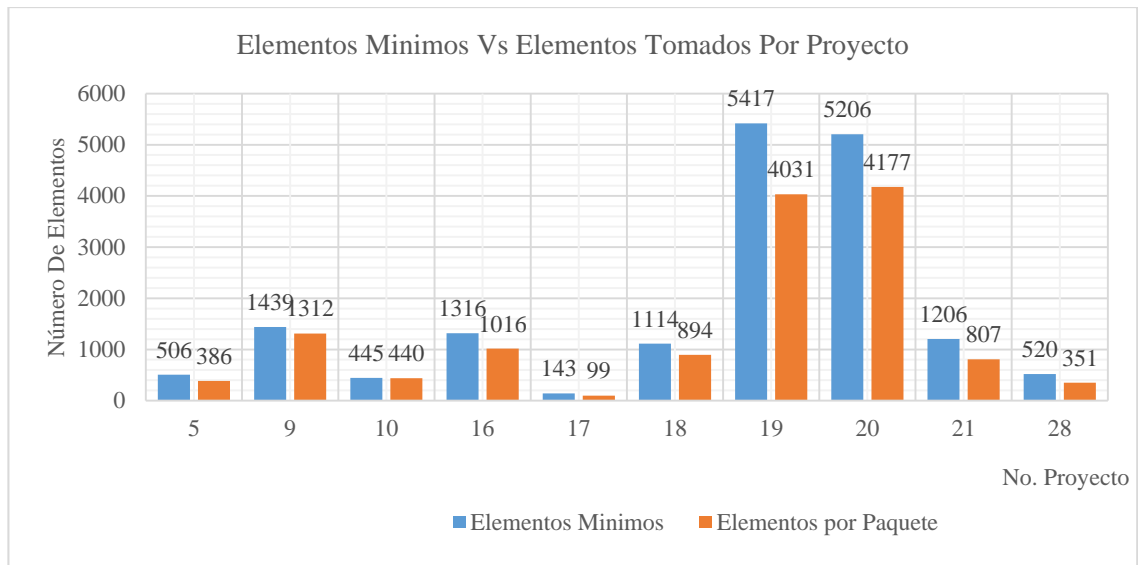
Tabla 8. Casos de estudio analizados.

	No. Planos	No. Paquetes	AnetaEq [dm ²]
Promedio	13,5	186,8	670,9
DesvStd	8,2	206,1	1287,3
Mínimo	2,0	17,0	20,9
Q1	8,3	69,0	161,5
Mediana	12,5	127,0	223,4
Q3	16,0	136,5	358,0
Máximo	29,0	620,0	4261,7
Asimetría	0,7	1,7	2,9
Curtosis	0,1	1,5	8,9

4.3 INFORMACIÓN SOBRE LOS PAQUETES DE INFORMACIÓN (ELEMENTOS MÍNIMOS, OBJETOS Y ÁREA DE DISEÑO)

Una manera alternativa de cuantificar el grado de complejidad de un proyecto, en términos de la información que debe transmitirse, es la cantidad de elementos de información mínimos que deben estar contenidos en los paquetes de información de los planos de diseño. La Figura 16 presenta el total de elementos mínimos por cada proyecto en comparación con el total de elementos registrados por paquete.

Figura 14. Cantidad de elementos de información por proyecto



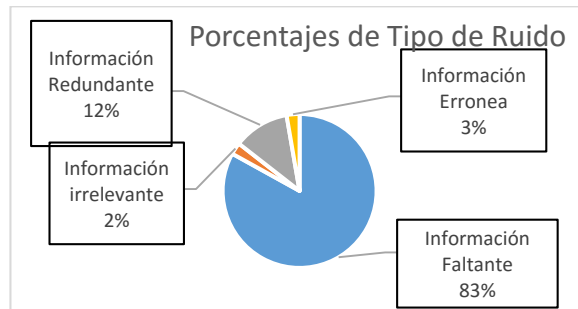
En términos generales se observa el déficit de información (elementos de información) consignada en planos con relación a los que se establece como información mínima a consignar. Se puede detallar el porcentaje de información faltante por proyecto analizado.

Tabla 9. Déficit de elementos de información por proyecto.

No.	Elementos mínimos	Elementos Faltantes	% Elementos faltantes
5	386	131	26%
9	1312	248	17%
10	440	56	13%
16	1016	347	26%
17	99	51	36%
18	894	267	24%
19	4031	1683	31%
20	4177	1254	24%
21	807	465	39%
28	351	192	37%

La categorización encontrada para el ruido se detalla en el grafico que muestra el porcentaje encontrado para cada tipo de alteración de información, ver Figura 17.

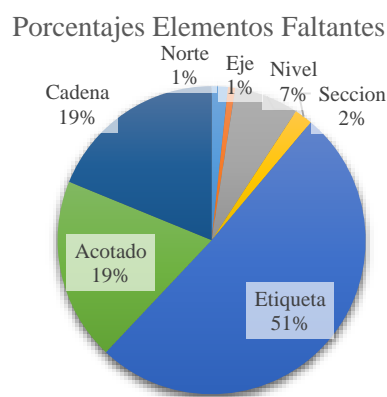
Figura 15. Composición porcentual de alteraciones en la información registrada en planos



Según los datos analizados se puede inferir que la mayoría del ruido en un plano de diseño detallado se debe a información faltante con un 83%, luego el tipo de alteración más común es la información redundante, con un 12% del total, y los minoritarios corresponden a elementos erróneos e irrelevantes con un 3% y 2% respectivamente.

Tomando en consideración la alteración de información debido a los elementos de información faltante, 83% del total, se analizó este aspecto de una manera más detallada y cuyos resultados porcentuales de composición se presentan en la Figura 18.

Figura 16. Cantidad de elementos de información por proyecto

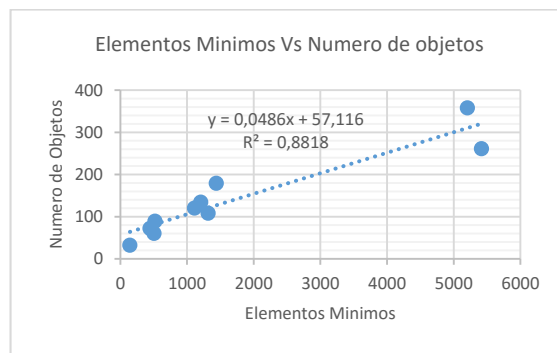


Se observa de lo anterior que más de un 50% de elementos faltantes corresponden a las etiquetas de los paquetes, dentro de la que se encuentran

los nombres del paquete, objetos contenidos o escala de representación; seguido de los elementos de acotados y cadenas de información, característica de los despieces de vigas y columnas, ambos en una misma proporción.

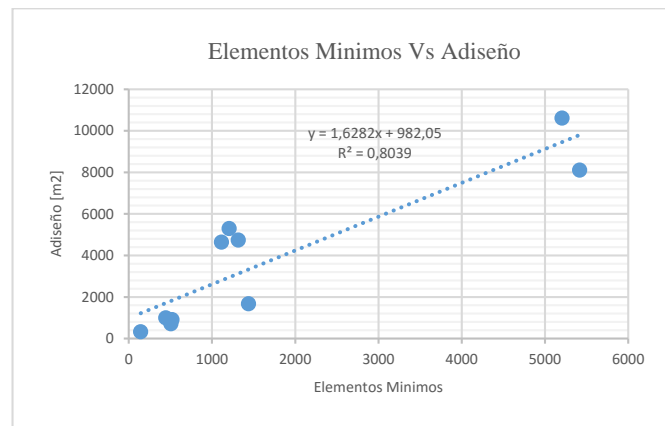
La Figura 19 presenta la relación existente entre el número de elementos de información mínima a transmitir y el número de objetos que hacen parte de un proyecto. Se observa que el modelo explica un 80% de la variabilidad, resultado coherente con la suposición 'a priori' de que, a mayor número de objetos de información, mayor cantidad de información requerida para comunicar los diseños efectivamente.

Figura 17. Cantidad de elementos de información por proyecto



Una relación no tan evidente es la que existe entre el número de elementos mínimos a comunicar y el área de diseño, sin embargo, para este caso de forma coherente con el anterior se halló un coeficiente de correlación por encima de 0,8 lo cual indica que a mayor área de diseño se requiere mayor número de elementos mínimos a representar gráficamente en los diferentes tipos de proyectos. Ver Figura 20.

Figura 18. Cantidad de elementos de información por proyecto



4.4 ÍNDICES DE INFORMACIÓN

Los siguientes índices se establecieron para representar la cantidad de información expresada en unidades de información para un proyecto.

4.4.1. Índice de elementos mínimos: Es un indicador que permite estimar la cantidad de elementos mínimos representada en planos con relación el área equivalente de dibujo expresado en decímetros cuadrados [dm2]

$$IndEmin = \frac{NumEmin}{AnetaEquiv} \quad (2)$$

Donde;

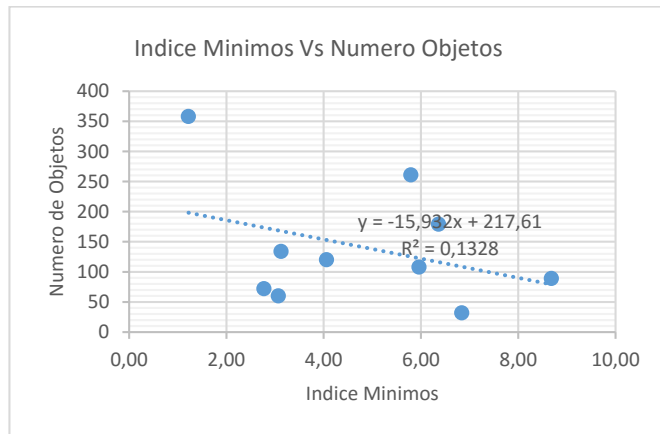
IndEmin: Índice de Elementos Mínimos

NumEmin: Número total Elementos Mínimos

AnetaEquiv: Area Neta Equivalente [dm2]

La Figura 21 presenta la relación entre la densidad de elementos de información por decímetro cuadrado y el número de objetos de información por proyecto.

Figura 21. Relación densidad de elementos Vs Número de objetos de información



De la gráfica se observa que posiblemente se encuentre una relación inversa entre las variables índice de Elementos mínimos y el número de objetos, esto se explica conociendo de antemano la relación directa que existe entre el número de elementos mínimos y el número de objetos por lo tanto se da este comportamiento cuando se agrupan por tipología

Debe incrementarse la base de casos de estudio para llegar a una interpretación significativa. A pesar de lo anterior, la tendencia general indica que a mayor cantidad de objetos tengo una densidad de elementos de información menor, tendencia coherente con los resultados hallados por Vargas [25] en el sentido que, a mayor número de objetos de un proyecto, estos se agrupan en mayor número en tipos de objeto lo que redundaría en una menor cantidad de dibujo [dm²] por objeto de información.

4.4.2. Índice de Elementos Faltantes: Es un indicador que permite estimar la cantidad de elementos faltantes representada en planos con relación a la sumatoria de áreas de los paquetes

$$IndEfal = \frac{NumEfal}{AnetaEquiv} \quad (3)$$

Donde;

IndEfal: Índice de Elementos Faltantes

NumEfal: Número total Elementos faltantes

AnetaEquiv: Área Neta Equivalente [dm²]

La Tabla 10 muestra el resumen estadístico de los índices de elementos mínimos y índice elementos faltantes.

Tabla 10. Estadística del déficit de elementos de información.

	<i>IndEmin</i>	<i>IndEfal</i>
Promedio	4,79	1,37
DesvStd	2,29	0,91
Mínimo	1,22	0,29
Q1	3,08	0,84
Mediana	4,93	1,15
Q3	6,26	1,74
Máximo	8,68	3,21
Asimetría	0,12	0,88
Curtosis	-0,77	0,40

El promedio de elementos mínimos por unidad de información [dm²] es 5 mientras que para los elementos faltantes es 1. El máximo número de elementos que faltaron por unidad de área para cierto proyecto fueron 3, cifra bastante elevada si se tiene en cuenta la primera consideración

4.5. INFORMACIÓN SOBRE LAS CANTIDADES DE OBRA E INFORMACIÓN FALTANTE

El análisis de las cantidades de obra por proyecto se realizó a partir de información de cantidades presupuestadas en fase de diseño y cantidades ejecutadas en obra, extraída de actas de liquidación de los proyectos. A partir de esta información procesada se encontró que la cantidad correspondiente a peso de refuerzo expresado en kilogramos no es procedente para el análisis teniendo en cuenta su cuantificación de manera agregada, es decir, se totaliza la cantidad para las familias y elementos tanto estructurales como no estructurales.

La Tabla 11 muestra las cantidades de concreto iniciales presupuestadas y las cantidades finales ejecutadas, expresadas en metros cúbicos. Estas cantidades fueron desagregadas de acuerdo al tipo de familia (cimentación, vigas y columnas).

Tabla 11. Cantidades de concreto [m3] por familia

Id	CIM			COL			VIG		
	CP	CE	Δ [%]	CP	CE	Δ [%]	CP	CE	Δ [%]
	[m3]	[m3]		[m3]	[m3]		[m3]	[m3]	
5	63,7	71,2	12%	66,0	72,0	9%	110,7	111,7	1%
16	252,0	406,8	61%	70,0	68,9	2%	206,0	219,8	7%
17	0,7	1,7	143%	4,5	5,2	16%	11,3	8,9	21%
18	294,0	405,8	38%	138,0	145,2	5%	172,0	175,0	2%
19	543,0	1464,8	170%	581,0	500,0	14%	617,0	885,4	44%
20	1815,4	2949,1	62%	763,0	582,9	24%	424,0	371,5	12%

Donde;

CP: Cantidades Presupuestadas

CE: Cantidades Ejecutadas

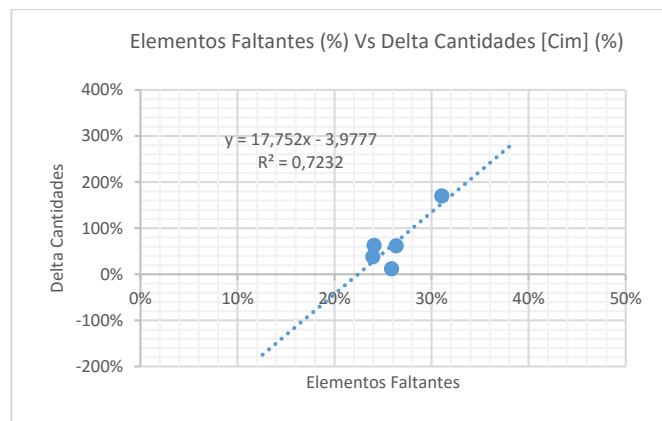
Δ : Diferencias entre cantidades

Para el análisis de la incidencia del ruido en planos de diseño sobre las cantidades de obra se tendrá en cuenta únicamente el ruido relacionado con la información faltante tomando en consideración que es el tipo de ruido más común en los proyectos analizados con un 83% del total (Ver Figura 3)

La Figura 20 presenta la relación entre la información faltante y la diferencia estimada en cantidades de obra $[\Delta]$ para la familia cimentación. Se observa que la variable explica en un 70% la variabilidad del modelo de tipo lineal, lo que indica bajo estos resultados que a mayor información faltante en planos de diseño la estimación en cantidades de obra tiene a ser deficiente. Para este análisis el proyecto 17 fue excluido a que corresponde a una ampliación vertical

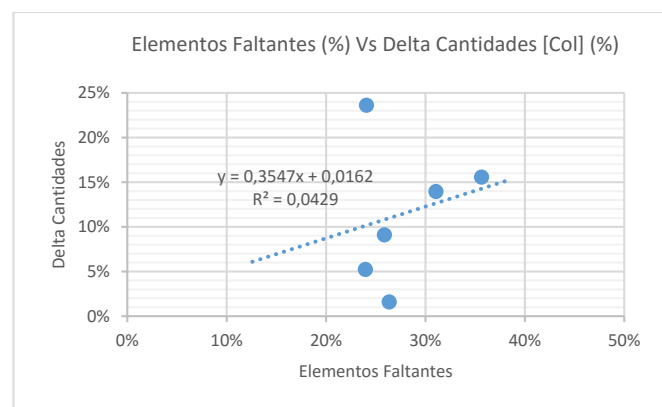
de 2 por lo que no incluye en planos ni obra elementos de la familia cimentación.

Figura 19. Relación elementos faltantes Vs Diferencia cantidades - Cimentaciones



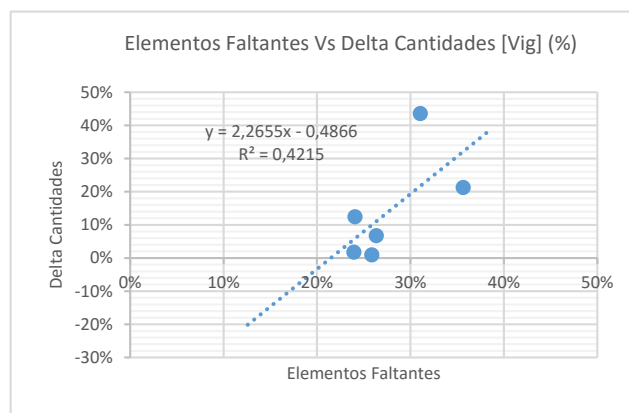
La Figura 21 presenta la relación entre la información faltante y la diferencia estimada en cantidades de obra $[\Delta]$ para la familia columnas. Se observa que la variable explica en apenas un 4,3% la variabilidad del modelo de tipo lineal, lo que indica bajo estos resultados que el impacto de la información faltante sobre la diferencia en la estimación de cantidades de obra es menor y que puede encontrarse influenciada por otro tipo de variables.

Figura 20. Relación elementos faltantes Vs Diferencia cantidades - Columnas



La Figura 24 presenta la relación entre la información faltante y la diferencia estimada en cantidades de obra [Δ] para la familia vigas. Se observa que la variable explica en apenas un 43% la variabilidad del modelo de tipo lineal, lo que indica bajo estos resultados que el impacto de la información faltante sobre la diferencia en la estimación de cantidades de obra es menor y que puede encontrarse influenciada por otro tipo de variables.

Figura 21. Relación elementos faltantes Vs Diferencia cantidades - Vigas



Una forma de explicar lo anterior es que gran parte del porcentaje de elementos faltantes (51%) corresponde a elementos de tipo etiqueta, los cuales para las familias de vigas y columnas puede inferirse a partir de su ubicación relativa en el plano, sin embargo, y para todos los casos es necesario un mayor número de proyectos para ampliar la muestra de estudio.

5. CONCLUSIONES

En General hay un total de 27% de información faltante en promedio por proyectos analizados. Este porcentaje fue calculado en base del total de elementos mínimos por proyecto.

Cuando la información falta, la persona encargada de interpretar los planos en obra hace una suposición o infiere sobre datos no existentes de esta información por tal motivo posiblemente esto puede ser una causa de la diferencia entre cantidades ejecutadas y presupuestada

Los requerimientos de representación en detalle y despiece de la cimentación dependen más del criterio del diseñador que en de columnas y vigas (Estos últimos están mejor estandarizados), es por eso que probablemente en las cimentaciones se observa mayor variación en las cantidades de obra.

De la información faltante, el elemento de información que más incide en este tipo de ruido son las etiquetas. El más influyente es la Escala, el diseñador generaliza una escala para el plano sin tomar en cuenta la composición por paquetes del mismo.

Algunos proyectos analizados fueron generados desde DCcad (programa que sirve para generar planos de construcción de elementos estructurales), una de las razones por la cual se evidencio la información faltante (etiquetas).

El problema en el diseño de planos no está en la herramienta que se usa sino, en el marco conceptual del diseñador. El(la) debe saber que información debe incluirse en los planos de diseño detallado, hay herramientas que no brindan la información automatizada a menos que el diseñador haga la configuración de esta.

A partir del 24% de los elementos faltantes en cimentaciones, columnas y vigas se empieza a ver una variación en las cantidades de obra

La investigación es de carácter exploratorio por lo que no se puede estimar una medida exacta para encontrar una solución definitiva a las pérdidas ocasionadas por las diferencias entre la estimación en etapa de diseño y las cantidades ejecutadas.

6. RECOMENDACIONES

Incluir una simbología de Norte o B.M en los planos de localización ya que al momento de ejecutar la obra es necesario para replantear bien los ejes de una planta estructural y su respectiva ubicación

En un porcentaje elevado se encuentra que los detalles de los despieces de vigas y columnas no especifican el acero de refuerzo que contiene, este debería colocarse en todos estos tipos de detalle, dado que este es una de las finalidades para el paquete de información en mención.

El nivel de la viga o el piso al que pertenece en un despiece generalmente no aparece y se recomienda colocarlo para referenciarse mejor en la localización.

Para casos de diseños constructivos con sistema aporticado trabajar, diseñar y usar planos a blanco y negro, los planos con colores pueden generar dificultades por la falta de visibilidad para interpretar la información. Este el caso del proyecto No. 21, donde precisamente este fue el proyecto con mayor porcentaje de información faltante.

CITAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Cheng, Y. (2014). An exploration into cost-influencing factors on construction projects. *International Journal of Project Management*, 850-860.
- [2] Burati, J.L, Farrington, J.J., and Ledbetter, W.B. (1992). "Causes of Quality Deviations in Design and Construction." *J. Construction Engineering and Management*, 118(1), 34-49.
- [3] Freire, J., & Alarcón, L. (2011). Mejoramiento del Proceso de Diseño en Proyectos. *Revista Ingeniería de Construcción*, 16(1), 61-71.
- [4] Li, P. L. (2010). Quantifying the causes and cost of rework in construction. *Construction Management and Economics*, 479-490.
- [5] L. Mendonça, P. M. (2000). Lean Design Management Applied to Concrete Structures for Retaining Aqueous Liquids: A Redesign Process Model to Portuguese Design Companies'n. 8th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Brighton, UK: International Group for Lean Construction.
- [6] Vargas, E. & Mejía, A. Cuantificación de la información de diseño detallado en proyectos de construcción. Conferencia Internacional de Ingeniería. Medellín, Colombia
- [7] Shannon, E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. *The Bell System Technical Journal*, 379-423, 623-656.
- [8] Alvira, R. (2014). Una teoría unificada de la complejidad. ISBN-13: 978-1499335842 ISBN-10: 14993358.
- [9] Burati Jr, J. L., Farrington, J. J., & Ledbetter, W. B. (1992). Causes of quality deviations in design and construction. *Journal of construction engineering and management*, 118(1), 34-49.
- [10] Alarcón, L. F., & Mardones, D. A. (1998, August). Improving the design-construction interface. In *Proceedings of the 6th Annual Meeting of the International Group for Lean Construction*.
- [11] Oluwaseun Sunday, D., & Olumide Afolarin, A. (2013). Causes, effects and remedies of errors in Nigerian construction documents. *Organization*,

Technology & Management in Construction: An International Journal, 5(1), 676-686.

[12] Love, P. E., Lopez, R., Edwards, D. J., & Goh, Y. M. (2012). Error begat error: Design error analysis and prevention in social infrastructure projects. *Accident Analysis & Prevention*, 48, 100-110.

[13] Love, P. E., Lopez, R., & Edwards, D. J. (2013). Reviewing the past to learn in the future: making sense of design errors and failures in construction. *Structure and Infrastructure Engineering*, 9(7), 675-688.

[14] Lutz, J. D., Hancher, D. E., & East, E. W. (1990). Framework for design-quality-review data-base system. *Journal of Management in Engineering*, 6(3), 296-312.

[15] Lopez, R., Love, P. E., Edwards, D. J., & Davis, P. R. (2010). Design error classification, causation, and prevention in construction engineering. *Journal of performance of constructed facilities*, 24(4), 399-408.

[16] Love, P. E. D., Lopez, R., Goh, Y. M., & Tam, C. M. (2011). What goes up, shouldn't come down: learning from construction and engineering failures. *Procedia Engineering*, 14, 844-850.

[17] Yates, J. K., & Lockley, E. E. (2002). Documenting and analyzing construction failures. *Journal of construction Engineering and management*, 128(1), 8-17.

[18]. Española, R. R. A. (2010). *Ortografía de la lengua española*. Espasa.

[19] Ernsting, J., Nicholson, A. N., & Rainford, D. (Eds.). (1999). *Aviation medicine*. CRC Press.

[20]. Valdez, a. s. *Escuela nacional de biblioteconomía y archivonomía*.

[21]. Taguchi, G. (1986). *Introduction to quality engineering: designing quality into products and processes*.

[22]. Munari, B. (1980). *Diseño y comunicación visual: contribución a una metodología didáctica*. Gustavo Gili.

[23] Tilley, P. (2005). *Lean Design Management - A New Paradigm for Managing the Design and Documentation Process to Improve Quality?* *Proceedings IGLC-13*, 283-295.

- [24] Krus, P. (2013). Information Entropy in the Design Process. Lecture Notes in Mechanical Engineering. ICoRD'13 International Conference on Research into Design. pp 101-112
- [25] Vargas Quintero E, Entropía como indicador de incertidumbre en diseño de proyectos de construcción [Msc (c) Tesis], Universidad Industrial de Santander, 2016.
- [26] Caceres Suarez, Jose De Jesus, Jaimes Torres, Sirley Patricia.(2007) Manual de Dibujo para proyectos de ingeniería Civil orientado a estructuras
- [27] Garza Vazquez L, Diseño de estructuras de Cimentacion de acuerdo a NSR-10, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín,2000, p. 35, P.64.
- [28] AIS, A. (2010). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente.NSR-10. Bogotá.

BIBLIOGRAFIA

ALARCÓN, L. F., & MARDONES, D. A. Improving the design-construction interface. In Proceedings of the 6th Annual Meeting of the International Group for Lean Construction. Brazil, 1998.

ALVIRIA, R. Una teoría unificada de la complejidad. CreateSpace Independent Publishing Platform. Madrid, 2014. ISBN 978-1499335842

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. NSR-10. Bogotá, 2010.

BURATI JR, J. L., FARRINGTON, J. J., & LEDBETTER, W. B. Causes of quality deviations in design and construction. Journal of construction engineering and management. U.S, 1992. 118(1), 34-49.

CACERES, JOSE DE JESUS y JAIMES, SIRLEY PATRICIA. Manual de Dibujo para proyectos de ingeniería Civil orientado a estructuras. Bucaramanga, 2007. Trabajo de grado Ingeniería Civil. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil.

CHENG, Y. An exploration into cost-influencing factors on construction projects. International Journal of Project Management. U.S, 2014. 850-860.

ERNSTING, J., NICHOLSON, A. N., & RAINFORD, D. (Eds.). Aviation medicine. CRC Press. U.K, 1999.

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Ortografía de la lengua española. Espasa, Madrid, 2010. ISBN 9788467034264

FREIRE, J., & ALARCÓN, L. Mejoramiento del Proceso de Diseño en Proyectos. Revista Ingeniería de Construcción. Santiago, 2011. 16(1), 61-71.

GARZA VÁZQUEZ, L. Diseño de estructuras de Cimentación de acuerdo a NSR-10, Universidad Nacional de Colombia. Medellín, 2000, p. 35, P.64.

KRUS, P. Information Entropy in the Design Process. Lecture Notes in Mechanical Engineering. ICoRD'13 International Conference on Research into Design. U.S, 2013. 101-112

MENDONÇA P. M. Lean Design Management Applied to Concrete Structures for Retaining Aqueous Liquids: A Redesign Process Model to Portuguese Design Companies'n. 8th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Brighthon, UK: International Group for Lean Construction, 2000.

LI, P. L. Quantifying the causes and cost of rework in construction. Construction Management and Economics. Australia, 2010. 479-490.

LOPEZ, R., LOVE, P. E., EDWARDS, D. J., & DAVIS, P. R. Design error classification, causation, and prevention in construction engineering. Journal of performance of constructed facilities. Australia, 2010. 24(4), 399-408.

LOVE, P. E. D., LOPEZ, R., GOH, Y. M., & TAM, C. M. What goes up, shouldn't come down: learning from construction and engineering failures. Procedia Engineering. Australia, 2011. 844-850.

LOVE, P. E., LOPEZ, R., & EDWARDS, D. J. Reviewing the past to learn in the future: making sense of design errors and failures in construction. Structure and Infrastructure Engineering. Australia, 2013. 9(7), 675-688.

LOVE, P. E., LOPEZ, R., EDWARDS, D. J., & GOH, Y. M. Error beget error: Design error analysis and prevention in social infrastructure projects. Accident Analysis & Prevention. Australia, 2012. 48, 100-110.

LUTZ, J. D., HANCHER, D. E., & EAST, E. W. Framework for design-quality-review data-base system. *Journal of Management in Engineering*. U.S, 1990. 6(3), 296-312.

MUNARI, B. *Diseño y comunicación visual: Contribución a una metodología didáctica*. Rústica, México, 1980. ISBN 9788425228667.

OLUWASEUN SUNDAY, D., & OLUMIDE AFOLARIN, A. Causes, effects and remedies of errors in Nigerian construction documents. *Organization, Technology & Management in Construction: An International Journal*. Nigeria, 2013. 5(1), 676-686.

SHANNON, E. A Mathematical Theory of Communication. *The Bell System Technical Journal*. U.S, 1948. 379-423, 623-656.

TAGUCHI, G. *Introduction to quality engineering: designing quality into products and processes*. U.S, 1986.

TILLEY, P. Lean Design Management - A New Paradigm for Managing the Design and Documentation Process to Improve Quality? *Proceedings IGLC-13*. Australia, 2005. 283-295.

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

VARGAS, E. & MEJÍA, A. Cuantificación de la información de diseño detallado en proyectos de construcción. *Conferencia Internacional de Ingeniería*. Medellín, Colombia, 2016.

YATES, J. K., & LOCKLEY, E. E. Documenting and analyzing construction failures. Journal of construction Engineering and management. U.S, 2002. 128(1), 8-17.

ANEXOS

ANEXO A. CASOS DE ESTUDIO

Id	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)	Presupuesto Ejecutado	No planos
<u>5</u>	II	708	Media	1	Baja	SI	8
<u>9</u>	III	1.676	Media	2	Baja	NO	16
<u>10</u>	II	993	Media	1	Baja	NO	9
<u>16</u>	III	4.741	Media-Alta	3	Baja	SI	8
<u>17</u>	III	321	Baja	2	Baja	SI	2
<u>18</u>	III	4.641	Media-Alta	4	Media	SI	13
<u>19</u>	III	8.110	Alta	6	Media	SI	29
<u>20</u>	II	4.162	Media-Alta	3	Baja	SI	27
<u>21</u>	II	26.018	Alta	3	Baja	NO	17
<u>28</u>	III	912	Media	2	Baja	NO	6

ANEXO B. FORMATO REGISTRO OBJETO

ID	Areasd[m2]	Area_1	Area_2 (Dto. 1469 de 2010, Art.18)	Niveles	OBJETOS	No Paq
5	708	<1.000	Media	1	60	81
9	1.676	1.000 - 3.000	Media	2	179	142
10	993	<1.000	Media	1	72	56
16	4.741	> 3.000	Media-Alta	3	108	165
17	321	<1.000	Baja	2	32	31
18	4.641	> 3.000	Media-Alta	4	120	171
19	8.110	> 3.000	Alta	6	261	835
20	10.611	> 3.000	Media-Alta	3	358	557
21	5.295	> 3.000	Alta	3	134	190
28	912	<1.000	Media	2	89	79

ANEXO C.FORMATO REGISTRO PLANOS

INDEX			AREAS PLANO				AREAS PAQUETES	
ID Proyecto	ID Plano	In	Tamaño Papel	Papel (ISO)	A margen [cm2]	A rotulo [cm2]	A neta Eq [dm2]	No Paquetes
5	1	1	1000 X 720	B1	0,00	680,00	16,73	8,00
5	2	1	1000 X 720	B1	0,00	680,00	26,30	12,00
5	3	1	1000 X 720	B1	0,00	680,00	15,45	5,00
5	4	1	1000 X 720	B1	0,00	680,00	10,57	3,00
5	5	1	1000 X 720	B1	0,00	680,00	2,52	2,00
5	6	1	1000 X 720	B1	0,00	680,00	4,95	1,00
5	7	1	1000 X 720	B1	0,00	680,00	9,82	13,00
5	8	1	1000 X 720	B1	0,00	680,00	24,52	22,00
5	9	1	1000 X 720	B1	0,00	680,00	6,62	6,00
5	10	1	1000 X 720	B1	0,00	680,00	92,98	2,00
5	11	1	1000 X 720	B1	0,00	680,00	6,23	3,00
5	12	1	1000 X 720	B1	0,00	680,00	10,67	4,00

ANEXO D. FORMATO REGISTRO PAQUETES

INDEX				INFORMACION DE PAQUETES			TIPOLOGÍA						FAMILIA			CONTENIDO			
ID Proyecto	ID Plano	ID Paquete	In	A recuadro [cm2]	A recuadro [dm2]	A paquete [cm2]	Escala	Loc	Dim	Desp	Det	Ref	Cim	Col	Vig	NE	Cim	Col	Vig
5	7	1	1	378,00	3,78	378,00	50,00	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1
5	7	2	1	331,38	3,31	331,38	50,00	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1
5	7	3	1	67,58	0,68	67,58	20,00	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
5	7	4	1	56,42	0,56	56,42	20,00	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
5	7	5	1	303,66	3,04	303,66	50,00	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1
5	7	6	1	67,58	0,68	67,58	20,00	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
5	7	7	1	56,42	0,56	56,42	20,00	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
5	7	8	1	294,21	2,94	294,21	50,00	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1
5	7	9	1	323,82	3,24	323,82	50,00	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1
5	7	10	1	105,78	1,06	105,78	1,00	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
5	7	11	1	331,38	3,31	331,38	50,00	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
5	7	12	1	373,12	3,73	373,12	50,00	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
5	7	13	1	133,90	1,34	133,90	1,00	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

ANEXO E. FORMATO REGISTRO CANTIDADES

PROYECTO 05 - EDU OP 023 11						CANTIDADES PRESUPUESTADAS		CANTIDADES EJECUTADAS ACUMULADAS	
Ítem	iD	FAMILIA	MAT	EJC	Descripción	Unidad	Cantidad	Cantidad acumulada	%
3					CIMENTACIÓN				
3,1	1	CIM	CON	VAR	Concreto simple f'c=210kg/cm2 para zapatas	M3	21,00	22,5	7,14%
3,2	2	CIM	CON	VAR	Concreto simple f'c=210kg/cm2 para vigas de amarre	M3	21,00	21	0,00%
3,3	3	CIM	CON	VAR	Concreto ciclópeo (60% de concreto simple f'c=210 kg/cm2)	M3	17,00	23	35,29%
3,4	4	CIM	CON	VAR	Concreto pobre para solados f'c=140kg/cm2 e=5cm	M3	4,65	4,65	0,00%
4					ESTRUCTURA				
4,1	5	NE	CON	VAR	Columnetas y viguetas en concreto reforzado f'c=210 kg/cm2 10x15 cm	M3	1	1,41	4,44%
4,2	6	NE	CON	VAR	Concreto simple impermeabilizado f'c=210 kg/cm2 para tanque de almacenamiento	M3	6	7,5	25,00%

ANEXO F. FORMATO REGISTRO CANTIDADES

4					ESTRUCTURA				
4,3	7	NE	CON	VAR	Concreto simple f'c=210 kg/cm2 para tanque de almacenamiento	M3	5	7	40,00%
4,4	8	COL	CON	VAR	Concreto simple f'c=210 kg/cm2 a la vista para columnas	M3	66	72	9,09%
4,5	9	NE	CON	VAR	Dintel en concreto reforzado h=10cm	M3	0,21	0,21	0,00%
4,6	10	ALL	ACE	VAR	Acero de refuerzo PDR-60	KG	25.815	26548	2,84%
4,7	11	NE	COL	VAR	Columnetas y viguetas en concreto reforzado f'c=210 kg/cm2 12x15 cm	M3	11	10,908	0,00%
4,8	12	PLC	COL	VAR	Concreto simple impermeabilizado f'c=210 kg/cm2 para placa maciza e=12cm	M3	28	28,44	0,85%
4,9	13	ALL	ACE	VAR	Acero de refuerzo A-37	KG	298	301	1,01%
4,1	14	VIG	CON	VAR	Viga cinta en concreto reforzado 10x15 cm	M3	5	4,725	1,61%
4,11	15	ALL	ACE	VAR	Acero estructural soldable con limite de fluencia fy>2520 kg/cm2 (incluye soldadura, pintura anticorrosivo tipo primer y esmalte)	KG	3.479	3658	5,15%
4,12	16	VIG	CON	VAR	Concreto simple f'c=210 kg/cm2 para vigas aéreas	M3	106	107	0,94%

ANEXO G. ELEMENTOS MINIMOS EN UNA CIMENTACIÓN

ELEMENTOS MINIMOS EN UNA CIMENTACIÓN								
Componente	Paquete de localización		Paquete de dimensión		Paquete de despiece		Paquete de detalle	
	N° Elementos	Referencia	N° Elementos	Referencia	N° Elementos	Referencia	N° Elementos	Referencia
Norte	1 símbolo para la planta de cimentación	[Ref. Cáceres]	No requiere		No requiere		No requiere	
Eje	1 Eje vertical y 1 Eje horizontal para ubicar en un punto específico una estructura de cimentación		No requiere		No requiere		No requiere	
Nivel	1 nivel para la planta de cimentación	[Ref. Cáceres]	1 nivel para ubicar la dimensión	[Ref. Cáceres]	No requiere		Nivel del detalle en la cimentación	[Diseño de Estructuras de Cimentación]
Sección	No requiere		No requiere		No requiere		1 corte para mostrar el detalle	
Etiqueta	Nombre del paquete de localización, Nombre de la cimentación y Escala del paquete		Nombre objeto estructural y escala del paquete		Nombre del Despiece, Nombre del objeto y Escala del paquete		Nombre del Detalle, Nombre del objeto y Escala del paquete	
Acotado	Base y Largo	[Diseño de Estructuras de Cimentación] Pág. 35	Altura, Base y profundidad	[Diseño de Estructuras de Cimentación pág. 35] [NSR 10 C.15.7]	Altura, Base y profundidad	[Diseño de Estructuras de Cimentación pág. 35] [NSR 10 C.15.7]	Altura, Base y recubrimiento	[Diseño de Estructuras de Cimentación PAG 35] [NSR 10 C.7.7.1]
Cadena	No requiere		No requiere		2 direcciones de refuerzo de la cimentación Longitudinal y Transversal	[NSR 10 C.15.4] [Diseño de Estructuras de Cimentación PAG 64]	2 direcciones de refuerzo de la cimentación Longitudinal y Transversal	[NSR 10 C.15.4]

ANEXO H. ELEMENTOS MINIMOS EN UNA COLUMNA

ELEMENTOS MINIMOS EN UNA COLUMNA								
Paquete de localización			Paquete de dimensión		Paquete de despiece		Paquete de detalle	
Componente	N° Elementos	Referencia	N° Elementos	Referencia	N° Elementos	Referencia	N° Elementos	Referencia
Norte	1 símbolo para la planta	[Ref. Cáceres]	No requiere		No requiere		No requiere	
Eje	1 Eje vertical y 1 Eje horizontal para posición de una columna respecto a las otras		No requiere		No requiere		No requiere	
Nivel	1 nivel para la planta	[Ref. Cáceres]	1 nivel de la columna	[Ref. Cáceres]	Nivel inferior y superior de la columna		Nivel del detalle en la columna	
Sección	No requiere		No requiere		No requiere		1 corte para mostrar el detalle	
Etiqueta	Nombre del paquete de localización, Nombre de la columna y Escala del paquete		Nombre objeto estructural y escala del paquete		Nombre despiece, Nombre del objeto y escala del paquete	[NSR 10 C.7.1] [NSR 10 C.12.14] [NSR 10 C.12.17]	Nombre del Detalle, Nombre del elemento y Escala del paquete	
Acotado	No requiere		2 dimensiones mínimas	[NSR 10 C.15.7]	Distancia entre los niveles, Longitud de gancho y longitud traslapo	[NSR 10 C.15.7]	Altura, Base y recubrimiento	[NSR 10 C.7.7.1]
Cadena	No requiere		No requiere		2 direcciones de refuerzo de la cimentación Longitudinal y Transversal	[NSR 10 C.21.6.3] [NSR 10 C.21.6.4]	2 direcciones de refuerzo de la cimentación Longitudinal y Transversal	[NSR 10 C.21.6.3] [NSR 10 C.21.6.4]

ANEXO I. ELEMENTOS MÍNIMOS EN UNA VIGA

ELEMENTOS MÍNIMOS EN UNA VIGA								
Componente	Paquete de localización		Paquete de dimensión		Paquete de despiece		Paquete de detalle	
	N° Elementos	Referencia	N° Elementos	Referencia	N° Elementos	Referencia	N° Elementos	Referencia
Norte	1 símbolo para la planta	[Ref. Cáceres]	No requiere		No requiere		No requiere	
Eje	1 Eje vertical y 1 Eje horizontal para ubicar un principio y un fin de un tramo de viga		No requiere		No requiere		No requiere	
Nivel	1 nivel para la planta	[Ref. Cáceres]	1 nivel de la Viga	[Ref. Cáceres]	Nivel inferior y superior de la columna		Nivel del detalle en la cimentación	
Sección	No requiere		No requiere		No requiere		1 corte para mostrar el detalle	
Etiqueta	Nombre del paquete de localización, Nombre de la viga y Escala del paquete		Nombre objeto estructural y escala del paquete		Nombre despiece, Nombre objeto y escala del paquete	[NSR 10C.7.1] [NSR 10 C.12.14]	Nombre del Detalle, Nombre del objeto y Escala del paquete	
Acotado	Longitud tramo de viga		2 dimensiones mínimas	[NSR 10 C.21.5.1]	Distancia entre los niveles, Longitud de gancho y longitud traslapo	[NSR 10 C.15.7]	Altura, Base y recubrimiento	35] [NSR 10 C.7.7.1]
Cadena	No requiere		No requiere		2 direcciones de refuerzo de la cimentación Longitudinal y Transversal	[NSR 10 C.21.6.3] [NSR 10 C.21.6.4]	2 direcciones de refuerzo de la cimentación Longitudinal y Transversal	[NSR 10 C.21.6.3] [NSR 10 C.21.6.4]

ANEXO J. DATOS TOMADO PROYECTO 5

INDEX			Elementos mínimos							Elementos por paquete						
IDProyecto	IDPlano	In	Norte	Eje	Nivel	Seccion	Etiqueta	Acotado	Cadena	Norte	Eje	Nivel	Sección	Etiqueta	Acotado	Cadena
5	1	1	1	2	2	5	16	18	10	0	2	1	3	12	16	8
5	2	1	1	4	5	2	14	13	8	0	4	4	1	9	10	8
5	3	1	0	0	2	4	8	12	8	0	0	1	1	5	7	4
5	4	1	0	0	0	1	3	3	2	0	0	0	0	3	2	0
5	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	6	1	1	2	1	0	5	3	0	0	1	0	0	2	1	0
5	7	1	0	10	5	2	21	21	14	0	10	0	2	23	16	14
5	8	1	0	0	16	9	51	51	34	0	0	0	9	43	43	34
5	9	1	0	2	2	3	12	16	8	0	0	1	3	12	12	6
5	10	1	0	0	1	1	3	3	2	0	0	1	0	3	2	2
5	11	1	0	2	5	1	11	18	6	0	4	4	2	12	8	4
5	12	1	1	4	2	0	7	4	2	0	3	0	1	6	1	0
NA	4656	12	4	26	41	28	151	162	94	0	24	12	22	130	118	80

ANEXO K. DATOS RUIDO PROYECTO 5

INDEX			Elementos faltantes							Elementos irrelevantes						
IDProyecto	IDPlano	In	Norte	Eje	Nivel	Sección	Etiqueta	Acotado	Cadena	Norte	Eje	Nivel	Sección	Etiqueta	Acotado	Cadena
5	1	1	1	0	1	2	4	2	4	0	0	0	0	0	0	0
5	2	1	1	0	1	1	5	4	0	0	0	0	0	0	0	1
5	3	1	0	0	1	3	3	5	4	0	0	0	0	0	0	1
5	4	1	0	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0
5	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	6	1	1	1	1	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0
5	7	1	0	0	5	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
5	8	1	0	0	16	0	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0
5	9	1	0	2	1	1	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0
5	10	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
5	11	1	0	0	1	0	0	10	2	0	0	0	0	0	0	0
5	12	1	1	1	2	0	1	3	2	0	0	0	0	0	0	0
NA	4656	12	4	4	29	9	24	45	16	0	0	0	0	0	0	2

ANEXO L. DATOS RUIDO PROYECTO 5

INDEX			Elementos Redundantes							Errores hallados						
ID Proyecto	ID Plano	In	Norte	Eje	Nivel	Sección	Etiqueta	Acotado	Cadena	Norte	Eje	Nivel	Sección	Etiqueta	Acotado	Cadena
5	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
5	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0
5	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	6	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	7	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	9	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	11	1	0	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	12	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NA	4656	12	0	2	0	3	4	1	2	0	0	0	0	1	1	0