

Mena, M.A., & Serpell, A. (2024). Deficiencias del Diseño en Proyectos de Construcción: Un Análisis Preliminar. En Herrera, R.F., Salazar, L.A., (Editores), *Actas del IX Congreso Iberoamericano de Gestión y tecnología de la Construcción (IX ELAGEC2024)*.

DEFICIENCIAS DEL DISEÑO EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN: UN ANÁLISIS PRELIMINAR

María A. Mena ¹– mamenag@udd.cl

Alfredo Serpell ²– a.serpell@udd.cl

¹*Facultad de Ingeniería Civil, Universidad del Desarrollo, Santiago, Chile.*

²*Facultad de Ingeniería Civil, Universidad del Desarrollo, Santiago, Chile.*

RESUMEN

Este artículo presenta los principales resultados de un estudio bibliográfico de carácter preliminar realizado para identificar y analizar las principales deficiencias en el diseño de los proyectos de construcción y sus causas fundamentales. Estas deficiencias no solo aumentan los costos y prolongan los tiempos de ejecución, sino que también comprometen la calidad y seguridad de las edificaciones y generan conflictos contractuales. El conocimiento de estas deficiencias permite identificar las causas subyacentes de estas y desarrollar estrategias efectivas para mitigarlas. Las deficiencias se clasifican según su origen y se analiza la frecuencia con que se mencionan en la literatura, para medir su relevancia en términos de ocurrencia. El objetivo de la investigación en curso es identificar, clasificar y analizar los tipos deficiencias en el diseño de proyectos de construcción, comprender las causas de estas deficiencias, evaluar sus impactos y proponer acciones de mejoramiento de éstas. La principal conclusión de este artículo es que el diseño presenta un conjunto de deficiencias que lo transforman en una de las principales fuentes de fallas de calidad y conflictos contractuales en los proyectos de construcción, lo que subraya la necesidad de mejorar su desempeño, aprovechando la disponibilidad de nuevos enfoques y tecnologías.

PALABRAS CLAVE

Diseño; Construcción; Proyectos; Deficiencias; Causas.

INTRODUCCIÓN

Los proyectos de construcción son complejos en todas sus fases y etapas debido a la participación de diversos actores con intereses variados, creando una organización dinámica, diversa y compleja (Bertelsen y Koskela, 2005; Zayed, Elwakil y Ammar, 2012).

Entre las fases de un proyecto, la de diseño requiere especial atención porque es en esta etapa donde el proyecto puede orientarse mejor hacia costos más bajos (Nasrun et al., 2016). Las decisiones tomadas durante el diseño afectan significativamente las fases posteriores y los cambios en esta etapa son mucho menos costosos que los realizados en fases posteriores (American Institute of Architects California Council, 2007; Herrera, 2019).

En este contexto, la calidad del diseño tiene una influencia significativa en el desempeño y la eficiencia de los proyectos de construcción (Burati et al., 1992; Lutz et al., 1990; Kirby et al., 1988). Sin embargo, las deficiencias en el diseño son un problema crónico en la industria, generando un alto porcentaje de retrabajo y costos adicionales, que varían entre el 4% y el 20% del costo total del proyecto (Love et al., 1997). Estos costos pueden ser aún mayores debido a los impactos asociados y la gestión insuficiente de la calidad (Tilley, 2002).

Aunque varios estudios han mostrado las consecuencias negativas mensurables de las deficiencias de diseño, la literatura existente carece de una investigación profunda sobre los ámbitos más recurrentes de deficiencias del diseño, sus causas e impactos asociados (CII, 2019).

El objetivo de este artículo es presentar los resultados del estudio realizado sobre las deficiencias en el diseño de proyectos de construcción, las que se han clasificado en categorías según diferentes criterios y se ha medido la frecuencia de sus menciones en la literatura. Además, se analizan las causas de estas deficiencias, presentando la información en matrices o gráficos.

ANTECEDENTES

DEFINICIÓN DEL DISEÑO EN LA CONSTRUCCIÓN

El diseño en la construcción es un proceso integral que abarca la creación y desarrollo de soluciones para lograr los objetivos de los proyectos de construcción. Es inherentemente un proceso intensivo en información. La entrada básica para el proceso de diseño es la información proporcionada por diversos interesados y particularmente por el dueño o mandante del proyecto. La precisión y corrección de la información, así como las habilidades de los diseñadores que convierten esta entrada en planos y especificaciones, determinan el éxito del diseño (CII, 2007). Según Government Architect New South Wales (2018), un buen diseño maximiza el valor de un proyecto y contribuye al bienestar de individuos y comunidades al integrar diferentes necesidades y utilizar procesos colaborativos.

El diseño también informa sobre las características conceptuales del producto y su proceso de ejecución, considerando la introducción de innovaciones tecnológicas, la reducción de problemas patológicos y la garantía de calidad (de Oliveira et al., 2004). Las tres métricas que definen el desempeño en la fase de diseño son: costo, cronograma y calidad (CII, 2007).

RESULTADOS PRINCIPALES DE LA ETAPA DE DISEÑO COMO FASE DEL PROYECTO

Los procesos de diseño generan información que es la base de los proyectos de construcción y en conjunto crean instalaciones físicas fijas como viviendas, escuelas, colegios, plantas industriales, etc.; y sistemas fijos como agua, desagüe, transporte, electricidad, gas, etc. Además, establecen los factores clave de un proyecto tales como costo, alcance, tiempo y calidad. La gestión integral de cada uno de estos factores determina el éxito o fracaso del proyecto (PMI 2013; Fustamante, 2014).

Los entregables de la etapa de diseño incluyen planos detallados, especificaciones técnicas y documentación relevante para la construcción. Estos productos son esenciales para cumplir con los objetivos del proyecto y afectan directamente la eficacia y eficiencia de la fase de construcción. El Construction Industry Institute (CII, 2016) define un entregable de diseño como un "producto de trabajo que contribuye a un objetivo de diseño del proyecto". La calidad de estos entregables impacta la eficacia y la eficiencia del proceso de construcción al proporcionar toda la información necesaria para ejecutar el proyecto de manera eficiente y sin obstáculos (Tilley et al., 1997; Darwish, 2005 citado en CII, 2019)

IMPORTANCIA DE UN BUEN DISEÑO

Un buen diseño se caracteriza por ser efectivo en servir el propósito para el cual fue destinado y construible con la mejor economía y seguridad posible (McGeorge, 1988). Además, la calidad del diseño se basa en criterios como la puntualidad, precisión, completitud, coordinación entre disciplinas de diseño y conformidad con estándares de rendimiento y regulaciones legales (Tilley et al., 1997).

Un diseño de alta calidad ayuda a evitar problemas en fases posteriores, reduce costos adicionales y mejora la eficiencia del proceso de construcción (de Oliveira, 2004). Un diseño de calidad asegura que todos los requisitos del proyecto sean considerados adecuadamente desde las etapas tempranas, minimizando la necesidad de cambios y correcciones costosas más adelante (Burati et al., 1992; Lutz et al., 1990 citado en Tilley, 2002).

DEFICIENCIAS DEL DISEÑO EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN SEGÚN LA LITERATURA

Las deficiencias en el diseño se manifiestan como errores u omisiones en los planos, cálculos y especificaciones. Kaminetzky (1991) define un error como una "desviación del valor verdadero, falta de precisión, variación en la medición debido a la imperfección humana y mecánica" (citado en Hattab, 2015). Un diseño se considera deficiente cuando está incompleto o tiene información errónea (Darwish, 2005), lo que puede hacer que la instalación resultante no funcione como se pretendía (Lutz et al., 1990).

Los defectos en los entregables del diseño pueden causar una serie de impactos negativos, tales como la necesidad de retrabajo y rediseño, reparaciones o reemplazos, y retrasos en

la finalización del proyecto. Además, pueden provocar sobrecostos, accidentes, pérdida de ganancias, reducción de la calidad de la infraestructura construida y del nivel de servicio, insuficiencias en el proceso de construcción, y un aumento en el riesgo contractual y litigioso (Andi y Minato, 2003; Burati et al., 1992; Love et al., 1997; McLennan y Parminter, 2004; Tilley et al., 1997; Hattab, 2015). A su vez, tal como lo informa Torres (2017) en su estudio de 98 arbitrajes del Centro de Arbitraje y Mediación (CAM) de la Cámara de Comercio de Santiago, las principales causas de reclamos contractuales en dichos arbitrajes fueron aquellas catalogadas en la categoría de Diseño e Información, lo cual, de acuerdo con dicho estudio, es coincidente con las causas de reclamos contractuales según lo informado en la literatura internacional. Entre las causas asociadas al diseño, el mismo estudio indica eventos tales como: (1) cambios en el diseño, órdenes de cambio o cambio de alcance; y (2) planos o especificaciones técnicas defectuosas, con ambigüedades o entregadas tardíamente.

MÉTODO

INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA

La metodología empleada en este estudio consistió en una exhaustiva investigación bibliográfica de la literatura chilena e internacional relacionada con el diseño en el ámbito de la construcción, abarcando documentos desde 1986 hasta 2023. Para maximizar el alcance de los resultados, se utilizaron las siguientes palabras clave de búsqueda en inglés y español: diseño, construcción, proyectos, deficiencias, errores, fallas, causas, impactos, problemas, malfuncionamiento, ingeniería de detalle y fase de diseño.

REVISIÓN DE LAS FUENTES

La revisión bibliográfica incluyó una gama de fuentes, tales como artículos, secciones de libros y manuales. La búsqueda no se limitó exclusivamente a documentos que trataban sobre el diseño en términos generales, sino que también se exploraron artículos especializados en diseño de estructuras, diseño de piping, el aspecto humano del diseño, y la percepción de las personas. Además, se consideraron resultados de encuestas a empresas de sectores específicos, buenas prácticas en el diseño y análisis de indicadores de rendimiento durante la fase de diseño.

IDENTIFICACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE DEFICIENCIAS

Se extrajeron deficiencias reportadas en el diseño de proyectos de construcción. Los criterios de inclusión y exclusión para las deficiencias fueron los siguientes:

a) Criterios de inclusión:

- Impacto en el Diseño: Deficiencias que afectan la calidad y ejecución del diseño.
- Evidencia Relevante: Problemas identificados en encuestas u observaciones.
- Prácticas Comunes: Deficiencias en prácticas y procedimientos generales.
- Problemas Sistémicos: Deficiencias que reflejan fallos organizacionales o de sistema.

b) Criterios de exclusión:

- Errores Específicos: Detalles en planos o documentos técnicos no representativos de problemas generales.
- Prácticas Empresariales Específicas: Malas prácticas de empresas individuales.
- Fuera del Diseño: Problemas no directamente relacionados con el diseño.
- Implementación Posterior: Deficiencias relacionadas con el mantenimiento post-construcción.

CLASIFICACIÓN DE LAS DEFICIENCIAS SEGÚN ÁREA

Se elaboró una lista exhaustiva de las deficiencias identificadas junto con su fuente. Paralelamente, se realizó una clasificación en 10 familias de deficiencias, según el área o ámbito de la fase de diseño en la que se presentan. Se analizó cada deficiencia para determinar a qué familia pertenece. La clasificación de las familias es la siguiente:

1. Participación de Stakeholders: Se refiere a la inclusión y colaboración efectiva de todas las partes interesadas en el proyecto (Martins, 2024; PMI, 2013).
2. Monitoreo y Control: Involucra la supervisión y el seguimiento constante del progreso del proyecto para asegurar su alineación con los objetivos (Navarro, 2023).
3. Integridad en Documentación: Trata sobre la exactitud, exhaustividad y consistencia de la documentación del proyecto (Honig, 2022).
4. Gestión del Tiempo: Enfocado en la planificación, programación y cumplimiento de los plazos establecidos (Pérez, 2015).
5. Gestión de Riesgos: Comprende la identificación, análisis y mitigación de posibles riesgos que puedan afectar el proyecto (Gómez, 2024).
6. Flujo de Información: Se centra en la comunicación eficiente y el intercambio oportuno de información entre todos los participantes del proyecto (Strofer, 2023).
7. Disponibilidad de Recursos: Relacionado con el acceso adecuado y oportuno a los materiales, equipos y personal necesarios para el proyecto (Giménez & Briceño, 2019).
8. Definición del Proyecto: Involucra la claridad y precisión en la descripción del alcance, objetivos y requisitos del proyecto (Soto, 2008).
9. Conformidad Normativa: Asegura el cumplimiento de todas las leyes, normas y regulaciones aplicables al proyecto (Díaz, 2013).
10. Capacitación del Personal: Se refiere a la formación adecuada y al desarrollo de habilidades del equipo de trabajo para cumplir con los requerimientos del proyecto (Marketing MCAD, 2023).

CLASIFICACIÓN DE LAS DEFICIENCIAS SEGÚN CAUSA

Luego de obtener la lista de deficiencias clasificadas de la revisión bibliográfica, se presentan las deficiencias según su causa. Esta clasificación distingue el origen de cada deficiencia según el ámbito o factor que la desencadena. Al identificar la causa más frecuente de las deficiencias en el diseño, se puede contrastar con su impacto y el área más recurrente según la literatura. Esto facilita la identificación de tendencias comunes en las deficiencias de diseño. Las causas se agrupan en las siguientes categorías:

1. Organizacionales: Relacionadas con la estructura de subdivisión del trabajo y la gestión de la organización.

2. Técnicas: Referentes a aspectos técnicos, ingeniería básica e ingeniería de detalle.
3. Recursos Humanos: Derivadas de la gestión y desempeño del personal, basadas en sus capacidades.
4. Económicas: Ligadas a factores financieros y presupuestarios, así como a causas derivadas del mercado nacional e internacional.
5. Regulatorias: Vinculadas a normativas y regulaciones que definen aspectos técnicos y de gestión del proyecto.
6. Comunicacionales: Relativas a la comunicación interna y externa entre todos los involucrados en el proyecto, sin distinción de cargo.

CLASIFICACIÓN DE LAS DEFICIENCIAS SEGÚN IMPACTO

Después de identificar las causas, se clasifican los impactos de cada deficiencia según el factor afectado. Esta clasificación se basa en cómo cada deficiencia compromete diferentes características del proyecto, permitiendo identificar áreas críticas. La lógica es entender claramente las consecuencias directas para evaluar estrategias de mitigación adecuadas y analizar retrospectivamente la relación entre causas e impactos. Los impactos se agrupan en las siguientes categorías:

1. Costo: Afecta el presupuesto del proyecto, aumentándolo o disminuyéndolo.
2. Tiempo: Conduce a retrasos en el cronograma, ya sea en el plazo total de las actividades críticas o en otras actividades más allá de su holgura.
3. Calidad: Deteriora la calidad del producto final, haciéndolo inaceptable para el cliente o impidiendo que cumpla su uso deseado.
4. Seguridad: Compromete la seguridad del personal y de la obra de construcción.
5. Satisfacción del Cliente: Influye en la satisfacción del cliente con respecto al proyecto.
6. Reputación: Afecta a la imagen y reputación de la empresa constructora.

ANÁLISIS DE DATOS

Se construyó una matriz principal (Anexo 1) que aborda las tres clasificaciones mencionadas anteriormente, incluyendo la fuente en la que se mencionaron. La matriz está conformada por:

- ID: Número de identificación.
- Descripción: Definición de la deficiencia.
- Fuente: Referencia bibliográfica.
- Área: Clasificación según área
- Causa: Clasificación según causa
- Impacto: Clasificación según impacto

Con el uso de tablas dinámicas en Excel, se construyeron tres matrices adicionales para relacionar cuántas veces una referencia menciona una deficiencia en cada ítem de las tres clasificaciones (área, causa, impacto). Cada matriz calcula una suma parcial que indica la cantidad de deficiencias mencionadas en cada categoría según la revisión bibliográfica:

- Matriz de frecuencia por Área (Anexo 2).

- Matriz de frecuencia por Causas (Anexo 3).
- Matriz de frecuencia por Impactos (Anexo 4).

A partir del análisis realizado, en la Tabla 1 se presentan los aspectos clave del análisis realizado:

Tabla 1. Aspectos clave del Análisis de Datos.

Aspecto	Descripción
Tipo de Datos	Cuantitativos: Frecuencia de mención de deficiencias en cada categoría. Cualitativos: Deficiencias reportadas en la literatura, clasificadas por categoría y fuente.
Métodos de Medición	Cuantitativos: Contabilización de menciones de deficiencias en la matriz de categorías. Cualitativos: Revisión de la literatura utilizando palabras clave para extraer y clasificar deficiencias.
Pruebas Estadísticas Realizadas	Análisis Descriptivos: Cálculo de medias y frecuencias de aparición. Análisis de Frecuencia: Cuantificación del número de referencias en cada categoría. Análisis Comparativo: Comparación de frecuencias entre categorías y fuentes.
Software Utilizado	Excel para cálculos de frecuencias, generación de matrices y análisis descriptivos y comparativos.

RESULTADOS

El análisis de la investigación muestra los porcentajes de frecuencia de cada categoría en relación al total, mediante un procesamiento de datos que resultó en gráficos de barras y circulares. La Figura 1 presenta el porcentaje de menciones por categoría (Anexo 2), siendo observable que Flujo de Información y Definición del Proyecto, son las áreas más mencionadas, mientras que Gestión de Riesgos es la menos frecuente

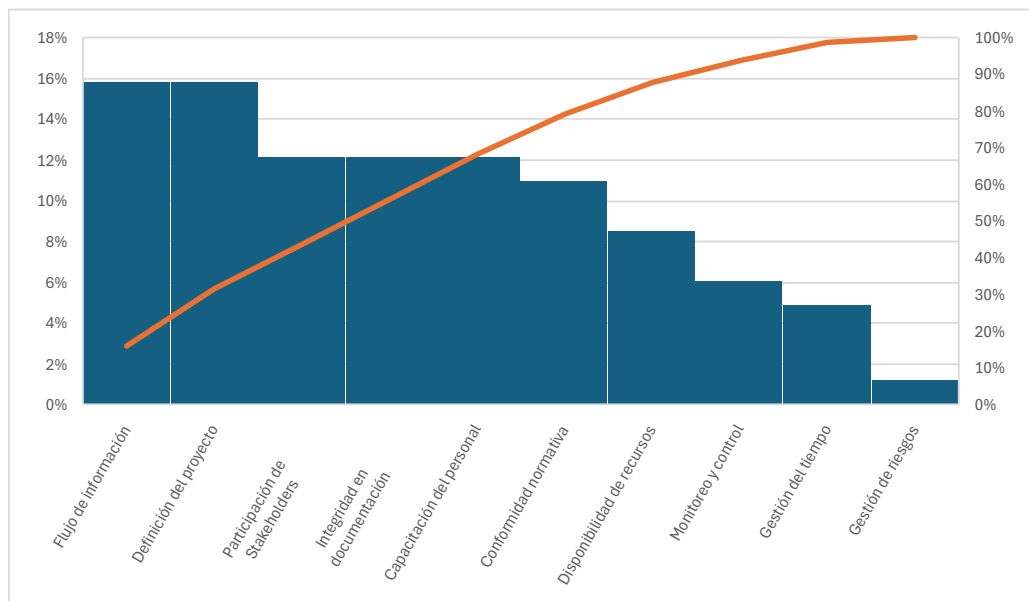


Figura 1. Diagrama de Pareto con porcentaje de menciones por cada Área.

La Figura 2 muestra el porcentaje de menciones por causa. Los datos revelan que las causas más comunes son de origen Técnico, en contraste con las menos frecuentes, que son Económicas y Regulatorias. De las 82 deficiencias encontradas, 38 son a causa de fallas técnicas durante la fase de Diseño (Anexo 3).

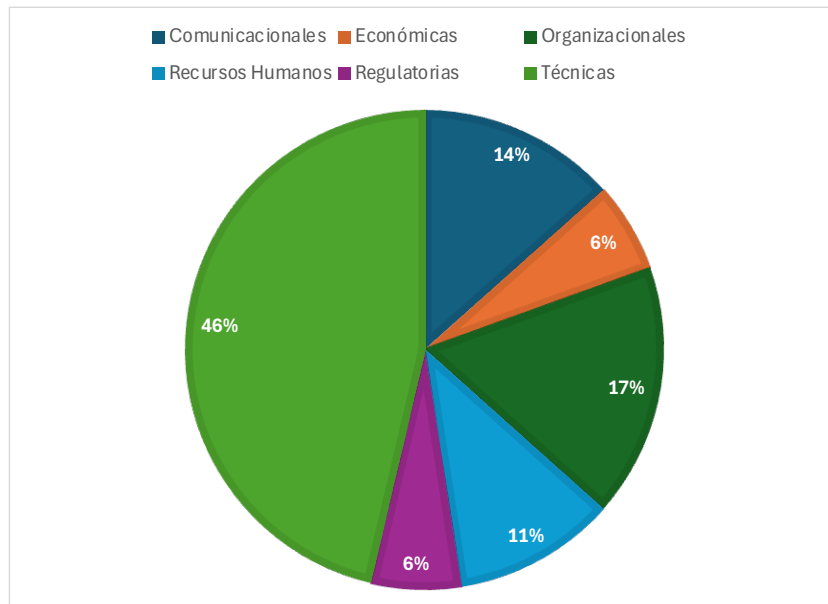


Figura 2. Gráfico circular de distribución porcentual de menciones por Causa.

Finalmente, la Figura 3 ilustra el porcentaje de menciones por impacto. La Calidad del producto final resulta ser el impacto más comprometido, mientras que la Seguridad es el menos afectado según la literatura. Del total de 82 deficiencias recopiladas, 45 de ellas provocan un impacto en la calidad de los entregables.

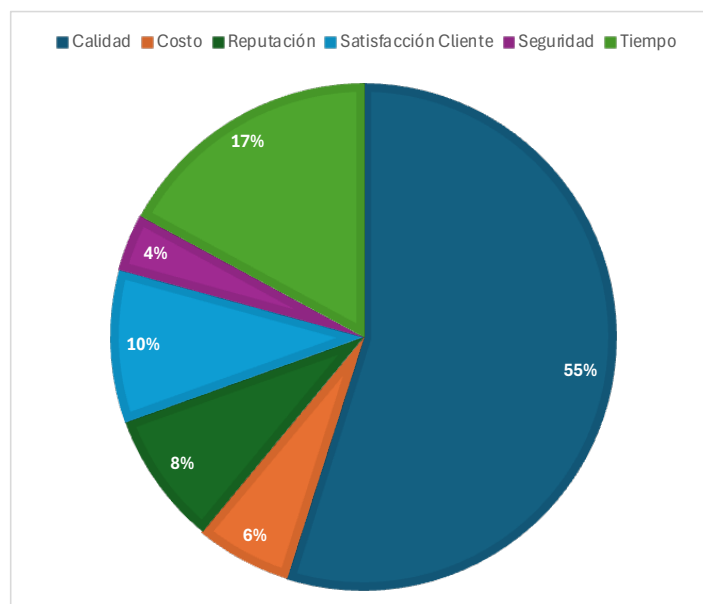


Figura 3. Gráfico circular de distribución porcentual de menciones por Impacto.

DISCUSIÓN

Los resultados indican que las categorías más mencionadas son Flujo de Información y Definición del Proyecto, mientras que "Gestión de Riesgos" es la menos citada. Esto coincide con la literatura que resalta la importancia de una comunicación efectiva y una definición clara del proyecto (Emmit & A. Gorse, 2009). La baja mención de "Gestión de Riesgos" podría reflejar una subestimación de su impacto. Según Anthony Mills (2001), la gestión de riesgos sistemática en el diseño de construcción mejora la calidad y seguridad, aumenta la productividad y reduce defectos. Adicionalmente, facilita el cumplimiento de regulaciones, maneja imprevistos y valida supuestos críticos. También ayuda a identificar y clasificar riesgos, tomar decisiones informadas y minimizar daños, optimizando así el rendimiento del proyecto.

Respecto a las causas, predominan las deficiencias técnicas, mientras que las económicas y regulatorias son menos frecuentes. Aunque no se halló literatura específica sobre problemas de diseño, se observa que los problemas conceptuales en la gestión de proyectos, como la falta de interés de la gerencia y diferencias en las percepciones de éxito, son significativos y desencadenan problemas generales en los proyectos de construcción (Lim & Zain, 2000). Estos problemas surgen de ambigüedades en los conceptos de gestión, como de las perspectivas y criterios de éxito.

La falta de calidad, como el impacto más importante en la construcción, puede resultar en defectos y errores costosos, con retrabajos que representan entre el 6-15% del costo de construcción y hasta un 5% en mantenimiento (Mallawaarachchi & Senaratne, 2015). El menor impacto en la Seguridad, indica que no está directamente relacionada con la fase de diseño. Los accidentes en obra suelen deberse a la falta de procedimientos, entrenamiento inadecuado, actos inseguros, y factores personales y del entorno laboral (González et al., 2016).

Los impactos mencionados desencadenan conflictos contractuales en los proyectos. En Chile, el diseño es una de las causas más frecuentes de reclamos contractuales, estrechamente vinculada a cambios en el diseño, órdenes de cambio, modificaciones de alcance, planos o especificaciones técnicas defectuosas y con ambigüedades. Esto evidencia que las deficiencias de diseño tienen un impacto y costo significativamente menor en las etapas iniciales de la concepción del proyecto, pero se vuelven cada vez más costosos a medida que el proyecto avanza (Torres, 2017; Serpell y Torres, 2023; PMI, 2009).

CONCLUSIONES

La principal conclusión de la presente investigación es que el diseño es una de las principales fuentes de fallas de calidad y de conflictos contractuales, lo que subraya la necesidad de mejorar su desempeño, aprovechando la disponibilidad de nuevas tecnologías. La investigación permitió identificar una cantidad importante de deficiencias que requieren ser abordadas si se pretende mejorar el diseño de los proyectos de construcción y reducir los impactos negativos identificados. Dentro de las deficiencias se concluye que las deficiencias más significativas en el diseño se relacionan con los factores flujo de información y definición del proyecto, deficiencias que deben ser estudiadas con

mayor investigación, sin dejar de lado los otros factores identificados, para entender cuáles son sus factores causales y poder actuar sobre ellos para lograr un mejor desempeño del diseño. Por otro lado, la gestión de riesgos y los aspectos económicos y regulatorios requieren mayor atención dado que, aunque se mencionan en menor medida, se requiere más información para caracterizarlos mejor.

Se destaca la importancia de mejorar la calidad y mitigar los impactos para optimizar los resultados del proyecto. La investigación continuará explorando más deficiencias en la literatura existente para refinar los resultados y desarrollar un modelo que relacione las causas e impactos más importantes.

Adicionalmente, en una siguiente etapa, se espera agregar a la investigación, la opinión de los actores relevantes en cuanto al diseño: a) realizadores del diseño (ingeniería, arquitectura, otros) y b) los usuarios del diseño tales como proveedores, empresas constructoras, reguladores y otros. La investigación realizada permitirá desarrollar una encuesta para obtener dichas opiniones, contrastar estas opiniones con lo informado en la literatura y agregarlas al conocimiento existente, mejorando la comprensión de las deficiencias del diseño, sus causas e impactos.

REFERENCIAS

- al Hattab, M., & Hamzeh, F. (2015). Using social network theory and simulation to compare traditional versus BIM-lean practice for design error management. *Automation in Construction*, 52, 59–69. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.02.014>
- Andi, & Minato, T. (2003). Design documents quality in the Japanese construction industry: factors influencing and impacts on construction process. *International Journal of Project Management*, 21(7), 537–546. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(02\)00083-2](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(02)00083-2)
- Bubshait, A. A., & Al-Abdulrazzak, A. (1996). Design Quality Management Activities. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 122(3), 104–106. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1052-3928\(1996\)122:3\(104\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1052-3928(1996)122:3(104))
- Burati, 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. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(1992\)118:1\(34\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(1992)118:1(34))
- Candia, M., & Leonardo, E. (2022). Propuesta de implementación de la metodología BIM para la optimización de recursos y minimizar. <http://hdl.handle.net/10757/661251>
- Construction Industry Institute. (1997). 2% Engineering - Can It Work For You? <https://www.construction-institute.org/>
- Construction Industry Institute. (1999). Design for maintainability: Improving project return on investment. <https://www.construction-institute.org/>
- Construction Industry Institute. (2003). Onsite design: When and How much? <https://www.construction-institute.org/>
- Construction Industry Institute. (2007). Best modern practices for design in Fast-track projects. <https://www.construction-institute.org/>
- Construction Industry Institute. (2009). Evaluation of Design Effectiveness. <https://www.construction-institute.org/>
- Construction Industry Institute. (2016). Engineering Deliverables: Get It Right the First Time.

- Construction Industry Institute. (2019). Leading Indicators for the Prevention of Building Design Defects. <https://www.construction-institute.org/>
- Coronado, C., Pablo, F., Imán, C., Yeersinio, J., Garragate, A., André, N., Farroñán, R., & Verónica, E. (2020). Metodología BIM en el desarrollo de proyectos de construcción moderna con miras al Bicentenario. *Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*. <https://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/1356>
- Corrales Tamayo, J. L., & Saravia Torres-Llosa, R. E. (2020). Implementación de la metodología Virtual. <http://hdl.handle.net/10757/651670>
- Daniel Mercado-Bautista, J. I. (2020). Evolución de los softwares de simulación para el Diseño y Construcción en la Industria Evolution of simulation software for Design and Construction in Industry Evolução do software de simulação para projeto e construção na indústria. 5, 1333–1343. <https://doi.org/10.23857/pc.v5i8.1665>
- Darwish, M. I. (2005). Factors affecting design and documentation quality in construction industry. <https://www.proquest.com/openview/a35a1bcf3909e500df1cb7340fb8b7c9/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>
- de Oliveira, O., Fabrício, M., & Melhado, S. (2004). Improvement of the design process in the building construction. <https://repositorio.usp.br/item/001385642>
- Díaz, M. E. (2013). La aplicación de las normas en la construcción una opción de vida o muerte. OPR Conference. <https://www.prevencionintegral.com/canal-orp/papers/orp-2013/aplicacion-normas-en-construccion-opcion-vida-o-muerte>
- Dov Kaminetzky. (1998). Design and construction failures: lessons from forensic investigations. McGraw Hill.
- Emmitt, S., & A. Gorse, C. (2009). Construction Communication (Willey, Ed.; 1st ed.). <https://www.perlego.com/es/book/2756092/construction-communication-pdf>
- FHWA. (2011). Guidance on Quality Control and Quality Assurance (QC/QA) In Bridge Design. <http://transportation.org/>.
- FIATECH. (2017). Managing Piping Systems through Project Information Flow (PIF).
- Flores, P. (2021). La construcción sostenible en Latinoamérica. *Limaq*, 007, 161–173. <https://doi.org/10.26439/limaq2021.n007.5183>
- Fustamante, M. (2014). Implementación del Sistema Integrado BIM – LEAN – GREEN (BLG) en la Fase de Diseño de proyectos de construcción. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/654>
- Gann, D., Salter, A., & Whyte, J. (2003). Design Quality Indicator as a tool for thinking. *Building Research & Information*, 31(5), 318–333. <https://doi.org/10.1080/0961321032000107564>
- Giménez, Z., & Briceño, M. (2019). Lessons learned associated with constructability application in a massive housing project. *Revista Gaceta Técnica*, 61–77. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.30211.55847>
- Gomez Sanchez Soto, R. (2024). Gestionar Riesgos en Proyectos de Construcción, Condición para Mejorar Desempeño y Aporte a la Sociedad. *Revista Científica: BIOTECH AND ENGINEERING*, 4(1). <https://doi.org/10.52248/eb.Vol4Iss1.60>
- Gómez-Valdés, M., Acevedo-Acevedo, S., Alvarado-Acuña, L., & Iturra-Molina, R. (2023). Impacto de la metodología BIM en la gestión de proyectos de construcción. *Revista Tecnología En Marcha*. <https://doi.org/10.18845/tm.v36i7.6860>
- González, A., Bonilla, J., Quintero, M., Reyes, C., & Chavarro, A. (2016). Análisis de las causas y consecuencias de los accidentes laborales ocurridos en dos proyectos de construcción. *Revista Ingeniería de Construcción*, 31(1), 05–16. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732016000100001>

- Government Arquitech New South Wales. (2018). Implementing Better Placed design process into projects.
- Herrera, R. F., Mourgues, C., Alarcon, L. F., Pellicer, E., & Alarcón, L. F. (2019). Assessing design process performance of construction projects. In CIB World Building Congress. <https://www.researchgate.net/publication/333929644>
- Honig, J. (2022, August 4). Las 11 mejores prácticas en Gestión Documental. DocuWare. <https://start.docuware.com/es/blog/11-mejores-practicas-gestion-documental>
- Jørgensen, B., & Emmitt, S. (2009). Investigating the integration of design and construction from a “lean” perspective. *Construction Innovation*, 9(2), 225–240. <https://doi.org/10.1108/14714170910950849>
- KAGIOGLOU, M., COOPER, R., AOUAD, G., & SEXTON, M. (2000). Rethinking construction: the Generic Design and Construction Process Protocol. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 7(2), 141–153. <https://doi.org/10.1108/eb021139>
- Kassouf, C., Ax, W., Myall, D., Topping, R., Brawn, R., & Fish, J. (2018). A New Approach to Assessing and Measuring Project Complexity. <http://construction-institute.org/catalog.htm>
- Li, Y., & Taylor, T. R. B. (2011). The impact of design rework on construction project performance. *Proceedings, Annual Conference - Canadian Society for Civil Engineering*, 4. <https://proceedings.systemdynamics.org/2011/proceed/papers/P1267.pdf>
- Lim, C. S., & Zain Mohamed, M. (2000). An exploratory study into recurring construction problems. *International Journal of Project Management*, 18(4), 267–273. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(99\)00016-2](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(99)00016-2)
- Liu, R. (2016). Guidelines for BIM Supported Information Exchange for Facility Sustainment Management System.
- 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. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)9742-597X\(1990\)6:3\(296\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)9742-597X(1990)6:3(296))
- Mallawaarachchi, H., & Senaratne, S. (2015). Importance of Quality for Construction Project Success. 6th International Conference on Structural Engineering and Construction Management, 84–89.
- Marketing MCAD. (2023, April 17). La capacitación del personal en la industria de la construcción: estrategias efectivas y beneficios para el éxito. MCAD Training and Consulting.
- Martins, J. (2024, February 18). ¿Quiénes son los stakeholders de un proyecto? Asana. <https://asana.com/es/resources/project-stakeholder>
- McGeorge, J. F. (1988). Design Productivity: A Quality Problem. *Journal of Management in Engineering*, 4(4), 350–362. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)9742-597X\(1988\)4:4\(350\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)9742-597X(1988)4:4(350))
- Mclennan, A., & Parminter, T. (2004). Declining Standards of Project Documentation Quality In The Building & Construction Industry: A Major Challenge For All Stakeholders. In *Clients Driving Innovation International Conference*, 1–15.
- Mills, A. (2001). A systematic approach to risk management for construction. *Structural Survey*, 19(5), 245–252. <https://doi.org/10.1108/02630800110412615>
- Navarro, A. (2023, October 6). Fases de la Gestión 4: Seguimiento y Control de un Proyecto. INNEVO. <https://blog.innevo.com/fase-seguimiento-y-control-de-un-proyecto>
- O’Connor, J. (2009). Maximizing engineering value. Report number: RR245-11, Construction Industry Institute.

- O'Connor, J. T., O'Brien Ra', W., Jarrah, E. T., & Wallner, B. (2007). Planning for, facilitating, and evaluating design effectiveness. <https://www.proquest.com/openview/0494f0ba7aaa4a2eab82f89eb2f9c60d/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750>
- O'Connor, J. T., Rusch, S. E., & Schulz, M. J. (1986). Constructability improvement during engineering and procurement. <http://construction-institute.org/catalog.htm>
- Othman, A. A. E., & Kamal, A. (2023). Enhancing building maintainability through early supplier involvement in the design process. *Organization, Technology and Management in Construction: An International Journal*, 15(1), 34–49. <https://doi.org/10.2478/otmcj-2023-0005>
- Peansupap, V., & Ly, R. (2015). Evaluating the Impact Level of Design Errors in Structural and Other Building Components in Building Construction Projects in Cambodia. *Procedia Engineering*, 123, 370–378. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.10.049>
- Perera, S., Jin, X., Das, P., Gunasekara, K., & Samaratunga, M. (2023). A strategic framework for digital maturity of design and construction through a systematic review and application. *Journal of Industrial Information Integration*, 31, 100413. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2022.100413>
- Perez, A. (2015, February 1). Etapas del plan de gestión del tiempo en un proyecto. OBS Business School. <https://www.obsbusiness.school/blog/etapas-del-plan-de-gestion-del-tiempo-en-un-proyecto>
- PMI. (2013a). Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK). In *Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK)* (5ta ed., pp. 1–568).
- PMI. (2013b, October 18). Gestión de Interesados en los Proyectos. PMI Ideas. <https://pmideas.es/2013/10/gestion-de-interesados-en-los-proyectos.html>
- PMI. (2009). PMBOK GUIDE: A guide to the project management body of knowledge. Project Management Institute.
- Prince, J. R. (2003). Evaluating the impact of onsite design on project performance. <https://www.proquest.com/openview/085693bcc340e9ddce437450c6e3ae7c/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>
- Salem, O., & Miller, R. (2008). Best practices for design in Fast-track projects. <https://www.construction-institute.org/>
- Serpell, A., Torres, I. (2023). Causes of contractual disputes in construction projects, *Proceedings of International Structural Engineering and Construction (ISEC) 10(1)*, Chicago.
- Soto, C. (2008). El diseño: aproximaciones a la disciplina. *Actas de Diseño N°5*.
- Strofer, G. (2023, April 12). Importancia de la comunicación en un proceso de construcción. *Arena Gorda Constructora*.
- Tilley, P. A. (1998). Design and documentation deficiency and its impact on steel construction. *Steel Construction: Journal of the Australian Institute of Steel Construction*, 32(1).
- Tilley, P. A., McFallan, S. L., & Sinclair, R. G. (2002). Improving Design and Documentation Quality. CIB Report, November. https://www.researchgate.net/publication/310427222_IMPROVING_DESIGN_AND_DOCUMENTATION_QUALITY
- Torres, I. (2017). Análisis de las causas de conflictos contractuales en proyectos de construcción en Chile, Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Wong, J. K. W., Zhou, J. X., & Chan, A. P. C. (2018). Exploring the linkages between the adoption of Bim and design error reduction. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 13(1). <https://doi.org/10.2495/SDP-V13-N1-108-120>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de clasificación de deficiencias en el diseño de proyectos de construcción.

ID	Descripción	Fuente	Área	Causas	Impactos
1	Falta de desarrollo del concepto de revisión por pares La falta de participación de los interesados y usuarios	Bubshait et al., 1996	Definición del proyecto	Organizacionales	Calidad
2	finales en la planificación inicial y las revisiones de diseño es un factor adicional La disponibilidad tardía o inexacta de información por parte de los proveedores de equipos obstaculiza los tiempos de ciclo de diseño	O'Connor, 2007	Participación de Stakeholders	Comunicacionales	Satisfacción Cliente
3	Desconocimiento de las debilidades en el intercambio de información en el proceso de diseño	O'Connor, 2007	Disponibilidad de recursos	Técnicas	Tiempo
4	Falta de procedimientos estandarizados para el sistema de comunicación en entornos colaborativos	CII, 2009	Flujo de información	Comunicacionales	Calidad
5	No prestar atención a la elaboración del programa de necesidades del cliente	CII, 2009	Flujo de información	Organizacionales	Calidad
6	Baja exigencia de los clientes y fluctuaciones económicas	de Oliveira, 2004	Definición del proyecto	Técnicas	Satisfacción Cliente
7	Postura poco proactiva en la relación con el mandante	de Oliveira, 2004	Participación de Stakeholders	Económicas	Costo
8	Falta de una metodología	Fiotech, 2017	Flujo de información	Comunicacionales	Satisfacción Cliente
9				Técnicas	Tiempo

	consistente para el intercambio de información a lo largo del ciclo de vida del proyecto				
10	Falta de entendimiento de las necesidades de los usuarios	Gan, David et al., 2003	Definición del proyecto	Comunicacionales	Satisfacción Cliente
11	Limitaciones en la transferencia de información de los usuarios a los equipos de diseño	Gan, David et al., 2003	Flujo de información	Comunicacionales	Calidad
12	Falta de transparencia en los criterios de evaluación	Gan, David et al., 2003	Flujo de información	Organizacionales	Reputación
13	Discrepancias entre las percepciones de los clientes	Tilley, 2002	Participación de Stakeholders	Comunicacionales	Satisfacción Cliente
14	Resistencia a aplicar programas de gestión de calidad	Bubshait et al., 1996	Capacitación del personal	Organizacionales	Calidad
15	El diseño del trabajo de hierro (acero estructural y acero misceláneo) a menudo no facilita operaciones de construcción eficientes	O'Connor, 1986	Conformidad normativa	Técnicas	Tiempo
16	Problemas de contenido de información de ingeniería	O'Connor, 1986	Integridad en documentación	Técnicas	Calidad
17	Problemas de constructabilidad	O'Connor, 1986	Conformidad normativa	Técnicas	Tiempo
18	Existencia de procesos redundantes o excesivos que no contribuyen a la calidad o mejora del diseño ni de su elaboración	CII, 1997	Integridad en documentación	Organizacionales	Costo
19	Proveedores de equipos que no cumplen con las expectativas	CII, 1997	Disponibilidad de recursos	Técnicas	Satisfacción Cliente
20	Enfoque de diseño de mínimas instalaciones	CII, 1997	Conformidad normativa	Técnicas	Calidad
21	Diseños insatisfactorios de proveedores	CII, 1997	Disponibilidad de recursos	Técnicas	Calidad
22	Simplificación del proceso de ingeniería preliminar	CII, 1997	Definición del proyecto	Técnicas	Tiempo

23	Históricamente, los programas de mantenimiento típicos se desarrollan después de que los sistemas han sido elegidos e instalados	CII, 1999	Conformidad normativa	Organizacionales	Costo
24	Las deficiencias en la gestión de cambios. Falta de control de los aspectos clave para garantizar el cumplimiento de plazos, costos y calidad	O'Connor, 2007	Monitoreo y control	Organizacionales	Tiempo
25	Aspectos críticos de la ingeniería y el diseño se ejecutan mal o se pasan por alto	CII, 2009	Monitoreo y control	Organizacionales	Tiempo
26	Desconocimiento del nivel de complejidad del proyecto o ignorancia del mismo	CII, 2009	Definición del proyecto	Técnicas	Calidad
27	Manejo deficiente de la complejidad del proyecto	CII, 2018	Definición del proyecto	Técnicas	Tiempo
28	El diseño no presenta las características del concepto del producto final ni las características del proceso ni cómo se plantea que se desarrolle adecuadamente	CII, 2018	Definición del proyecto	Técnicas	Calidad
29	El diseño responde a una necesidad diferente al problema que plantea el mandante	de Oliveira, 2004	Definición del proyecto	Técnicas	Calidad
30	Falta de metodologías para monitorear la demanda de diseños	de Oliveira, 2004	Definición del proyecto	Técnicas	Satisfacción Cliente
31	Falta de coordinación entre las etapas del proceso constructivo	de Oliveira, 2004	Gestión del tiempo	Técnicas	Calidad
32	Métodos deficientes de desarrollo del proceso de diseño	de Oliveira, 2004	Gestión del tiempo	Organizacionales	Tiempo
33	Procesos no consolidados o no estandarizados para verificar la precisión de los cálculos	de Oliveira, 2004	Monitoreo y control	Técnicas	Calidad
34		FHWA, 2011	Monitoreo y control	Técnicas	Calidad

35	Incoherencias en planos de diseño	FHWA, 2011	Integridad en documentación	Técnicas	Calidad
36	No mantener registros detallados de todos los cálculos de diseño	FHWA, 2011	Integridad en documentación	Técnicas	Calidad
37	No realizar revisiones independientes de los cálculos de diseño	FHWA, 2011	Integridad en documentación	Técnicas	Calidad
38	No asegurarse de que todos los diseños cumplan con las normativas y estándares aplicables, tanto a nivel estatal como nacional	FHWA, 2011	Conformidad normativa	Regulatorias	Seguridad
39	Carecer de un programa documentado que detalle todos los procedimientos, estándares y políticas usados en la supervisión del diseño	Government Arquitech New South Wales, 2018	Integridad en documentación	Regulatorias	Seguridad
40	Falta de prácticas sostenibles para cumplir con estándares más altos de rendimiento	Government Arquitech New South Wales, 2018	Conformidad normativa	Regulatorias	Reputación
41	Falta de examen adecuado de propuestas de diseño	Tilley, 2002	Monitoreo y control	Técnicas	Calidad
42	Falta de verificación final, coordinación y precisión en la documentación	Tilley, 2002	Flujo de información	Técnicas	Calidad
43	Falta de tiempo adecuado para planificar, desarrollar, diseñar y documentar proyectos, lo que afecta negativamente la calidad	Tilley, 2002	Gestión del tiempo	Técnicas	Tiempo
44	Falta de medidas adecuadas para la mantenibilidad durante las fases de diseño y construcción	CII, 1999	Conformidad normativa	Técnicas	Calidad
45	Industria competitiva y fragmentada	CII, 2003	Participación de Stakeholders	Económicas	Reputación

46	Desconexión entre diseño y construcción	CII, 2003	Participación de Stakeholders	Técnicas	Tiempo
47	Desaliento provocado por la estrategia tradicional de diseño, licitación y construcción (DBB)	CII, 2003	Participación de Stakeholders	Económicas	Costo
48	El diseño no es capaz de adaptarse a cambios futuros	CII, 2018	Definición del proyecto	Técnicas	Calidad
49	El diseño no contempla ni considera oportunidades económicas y sociales para agregar valor al entorno construido	CII, 2018	Participación de Stakeholders	Técnicas	Reputación
50	No se decide racionalmente la solución en el estudio de prefactibilidad	de Oliveira, 2004	Definición del proyecto	Técnicas	Calidad
51	Falta de supervisión profesional	de Oliveira, 2004	Capacitación del personal	Organizacionales	Calidad
52	Escaso apoyo gubernamental a la investigación en diseño	de Oliveira, 2004	Capacitación del personal	Regulatorias	Reputación
53	Comunicación deficiente e inefectiva entre las partes involucradas	FHWA, 2011	Flujo de información	Comunicacionales	Calidad
54	Separación entre diseño y producción	Gan, David et al., 2003 Government	Gestión del tiempo	Comunicacionales	Calidad
55	El diseño no está arraigado en la ubicación, el contexto y el entorno social	Arquitech New South Wales, 2018 Government	Definición del proyecto	Económicas	Reputación
56	No darle prioridad a la seguridad, comodidad y usabilidad de los espacios públicos y privados	Arquitech New South Wales, 2018	Conformidad normativa	Regulatorias	Seguridad
57	Falta de incorporación de la constructabilidad en soluciones de diseño	Tilley, 2002	Conformidad normativa	Técnicas	Calidad

58	Falta de disponibilidad de personal experimentado	Tilley, 2002	Disponibilidad de recursos	Recursos Humanos	Calidad
59	No tener una fuente única de responsabilidad para garantizar coherencia en la documentación producida por las diferentes disciplinas de diseño	Tilley, 2002	Flujo de información	Organizacionales	Calidad
60	Falta de participación en programas de educación continua y seminarios	Bubshait et al., 1996	Capacitación del personal	Recursos Humanos	Calidad
61	Escasez de personal cualificado y experimentado en el sector de la construcción es la principal causa de las deficiencias en el diseño	O'Connor, 2007	Disponibilidad de recursos	Recursos Humanos	Calidad
62	La pérdida de personal clave en ingeniería afecta significativamente la programación y calidad del diseño	O'Connor, 2007	Disponibilidad de recursos	Recursos Humanos	Tiempo
63	Gestión deficiente de recursos humanos al seleccionar personal y gestionar recursos físicos, temporales y financieros	CII, 2009	Disponibilidad de recursos	Recursos Humanos	Calidad
64	Baja calidad de la formación en arquitectura e ingeniería	de Oliveira, 2004	Capacitación del personal	Recursos Humanos	Calidad
65	Falta de inversión en recursos humanos	de Oliveira, 2004	Capacitación del personal	Económicas	Costo
66	Baja integración entre profesionales del diseño	de Oliveira, 2004	Participación de Stakeholders	Comunicacionales	Calidad
67	Tener personal no calificado por falta de revisión de su experiencia y capacidades	FHWA, 2011	Capacitación del personal	Recursos Humanos	Calidad
68	Falta de conocimiento de los diseñadores en métodos de construcción prácticos (constructabilidad)	Tilley, 2002	Capacitación del personal	Técnicas	Calidad

69	Falta de documentación adecuada del diseño	CII, 1997	Integridad en documentación	Técnicas	Calidad
70	Los distintos interesados en los proyectos AECO (Arquitectura, Ingeniería, Construcción y Operaciones) trabajan en silos organizacionales Las herramientas de software no están completamente integradas en todos los aspectos del ciclo de vida de las instalaciones y no suelen ser interoperables	Liu, 2016	Participación de Stakeholders	Organizacionales	Calidad
71	Las herramientas de software basadas en las necesidades de diseño y construcción no satisfacen fácilmente los requisitos de los gestores de instalaciones y usuarios finales	Liu, 2016	Flujo de información	Técnicas	Tiempo
72	Las herramientas de software basadas en las necesidades de diseño y construcción no satisfacen fácilmente los requisitos de los gestores de instalaciones y usuarios finales	Liu, 2016	Flujo de información	Técnicas	Satisfacción Cliente
73	Visión del proyecto poco clara	Peansupap & Ly, 2015	Definición del proyecto	Organizacionales	Reputación
74	Falta de coordinación entre departamentos o especialidades	Peansupap & Ly, 2015	Flujo de información	Organizacionales	Tiempo
75	Errores humanos de diseño	Peansupap & Ly, 2015	Capacitación del personal	Recursos Humanos	Calidad
76	Discrepancia entre diseño de estructura y otros sistemas	Peansupap & Ly, 2015	Integridad en documentación	Técnicas	Calidad
77	Falta de información en ingeniería de detalle	Candia, 2022	Integridad en documentación	Técnicas	Calidad
78	Uso de herramientas no colaborativas	Candia, 2022	Flujo de información	Técnicas	Calidad
79	Acumulación de errores en tareas de un proyecto muy complejo	Li & Taylor, 2011	Gestión de riesgos	Técnicas	Calidad
80	Omisiones y cambios humanos	Wong et al., 2018	Capacitación del personal	Recursos Humanos	Calidad

81	Comunicación insuficiente	Wong et al., 2018	Flujo de información	Comunicacionales	Calidad
82	Traspaso de datos imprecisos	Wong et al., 2018	Integridad en documentación	Comunicacionales	Calidad

Anexo 2: Matriz de frecuencia de menciones por Área.

Fuente	Capacitación del personal	Conformidad normativa	Definición del proyecto	Disponibilidad de recursos	Flujo de información	Gestión de riesgos	Gestión del tiempo	Integridad en documentación	Monitoreo y control	Participación de Stakeholders
Bubshait et al., 1996	2		1							
Candia, 2022					1			1		
CII, 1997		1	1	2				2		
CII, 1999		2								
CII, 2003										3
CII, 2009			2	1	2				1	
CII, 2018			3							1
de Oliveira, 2004	4		3				2		1	3
FHWA, 2011	1	1			1			3	1	
Fiatech, 2017					1					
Gan, David et al., 2003			1		2		1			
Government Arquitech New South Wales, 2018		2	1					1		
Li & Taylor, 2011						1				
Liu, 2016					2					1
O'Connor, 1986		2						1		
O'Connor, 2007				3					1	1
Peansupap & Ly, 2015	1		1		1			1		
Tilley, 2002	1	1		1	2		1		1	1
Wong et al., 2018	1				1			1		
Totales	10	9	13	7	13	1	4	10	5	10

Anexo 3: Matriz de frecuencia de menciones por Causa.

Fuente	Comunicacionales	Económicas	Organizacionales	Recursos Humanos	Regulatorias	Técnicas
Candia, 2022						2
CII, 1997			1			5
CII, 1999			1			1
CII, 2003		2				1
CII, 2009	1		2	1		2

CII, 2018						4
Fiatech, 2017						1
Li & Taylor, 2011						1
Peansupap & Ly, 2015			2	1		1
Wong et al., 2018	2			1		
Bubshait et al., 1996			2	1		
O'Connor, 2007	1		1	2		1
de Oliveira, 2004	2	2	2	1	1	5
Gan, David et al., 2003	3		1			
Tilley, 2002	1		1	1		5
O'Connor, 1986						3
FHWA, 2011	1			1	1	4
Government Arquitech New South Wales, 2018		1			3	
Liu, 2016			1			2
Totales	11	5	14	9	5	38

Anexo 4: Matriz de frecuencia de menciones por Impacto.

Fuente	Calidad	Costo	Reputación	Satisfacción Cliente	Seguridad	Tiempo
Candia, 2022	2					
CII, 1997	3	1		1		1
CII, 1999	1	1				
CII, 2003		1	1			1
CII, 2009	4			1		1
CII, 2018	2		1			1
Fiatech, 2017						1
Li & Taylor, 2011	1					
Peansupap & Ly, 2015	2		1			1
Wong et al., 2018	3					
Bubshait et al., 1996	3					
O'Connor, 2007	1			1		3
de Oliveira, 2004	7	2	1	2		1
Gan, David et al., 2003	2		1	1		
Tilley, 2002	6			1		1
O'Connor, 1986	1					2
FHWA, 2011	6				1	
Government Arquitech New South Wales, 2018			2		2	
Liu, 2016	1			1		1
Totales	45	5	7	8	3	14