



# Mejora de la interfaz diseño-construcción en la ciudad de Loja

## Improving of the interface design-construction in Loja city

Leonardo Pacheco<sup>1</sup>, Lorena Alvarado<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador.

<sup>2</sup>Universidad Técnica Particular de Loja. Loja, Ecuador.  
nayopacheco@hotmail.com, teléfono: +593 99 760 5479

### INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historial del  
artículo:

Recibido  
06-04-2017  
Aceptado  
20-01-2018  
Publicado  
28-02-2018

Palabras Clave:  
Interfaz diseño-  
construcción  
Mejora continua  
Proyecto ejecutivo  
Modelado 3D.

Article history:

Received  
06-04-2017  
Accepted  
20-01-2018  
Available  
28-02-2018

Keywords:  
Interface design-  
construction  
Continuous  
improvement  
Executive project  
3d modeling

### Resumen

---

Se propuso una herramienta de mejora de la interfaz diseño-construcción, basada en el método Kaizen, para reducir los defectos de diseño y optimizar los recursos de la construcción en la ciudad de Loja, Ecuador. La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, se usó la recolección de datos a través de encuestas y estudios de caso para identificar los problemas, establecer parámetros de mejora y aplicarlos en las obras arquitectónicas.

La investigación fue experimental, se identificó la variable independiente “mejora de la interfaz diseño-construcción” y se analizó las consecuencias de las variables dependientes “defectos de diseño” y “recursos en la construcción”. La encuesta realizada determinó el nivel de aplicación de las etapas del proceso diseño y construcción. En los casos de estudio se evaluó la interfaz diseño-construcción, se determinó los defectos de diseño y se estableció los parámetros de mejora. Para el desarrollo de la herramienta se aplicó el método Kaizen, principio de Pareto e indicadores de eficiencia como propuesta de mejora. Tanto en la encuesta como en los casos de estudio se realizaron las mediciones a través del escalamiento de Likert para obtener valores cuantificables.

La interfaz diseño-construcción comprende las etapas: proyecto ejecutivo y modelado 3D, en las que se detectó mayor incidencia de defectos de diseño: Para solucionarlos se creó hojas de comprobación como herramienta que permitió la mejora continua. La implementación de la herramienta propuesta tuvo varios beneficios para los diseñadores y constructores por la facilidad de proponer mejoras, además la implementación es para aquellos profesionales que no tienen recursos económicos para ejecutar sistemas complejos y costosos. Así como también, contribuyó a evitar la producción de residuos y retrabajo, tanto en la oficina de diseño como en la obra al detectar a tiempo los problemas.

### Abstract

---

A design-build interface improvement tool based on the Kaizen method was proposed to reduce design defects and optimize construction resources in Loja, Ecuador. The research took a quantitative approach, using data collection through surveys and case studies to identify problems, establish improvement parameters and apply them in architectural building.

The research was experimental, the independent variable “improving the design-build interface” was identified and the consequences of the dependent variables “design defects” and “resources on construction” were analyzed. The survey carried out determined the level of application of the design stages and construction process. In the case studies was evaluated the design-build interface, determined design defects and established improvement parameters. For the development of the tool the Kaizen method, Pareto principle and efficiency indicators were applied as an improvement proposal. In both the survey and in the case studies measurements were made through Likert scaling to obtain quantifiable values.

The design-construction interface comprises the stages: executive project and 3D modeling, in which a higher incidence of design defects was detected. To solve them, check lists were created as a tool that allowed continuous improvement. The implementation of the proposed tool had several benefits for the designers and constructors for the ease of proposing improvements and their implementation is for those professionals who do not have the economic resources to execute complex and expensive systems. It also contributed to avoid the production of waste and work, both in the design office as and in site to detect problems in time.

## 1. Introducción.

El proyecto o proceso de producción de la arquitectura se compone de la fase de diseño y la fase de construcción. El enlace, relación o intersección entre éstas se denomina interfaz. En la presente investigación las etapas que se intersecan entre fases son proyecto ejecutivo y modelado 3D.

La recopilación histórica indica que la interfaz diseño-construcción se conoce desde la antigua Mesopotamia y se encuentra en el Código de Hammurabi (1800 a.C.) donde se fija que la responsabilidad del diseño y construcción es del “arquitecto” [14]. En la época greco-romana diseñar y construir son componentes integrados e indivisibles. En el medioevo los “arquitectos” son los albañiles más experimentados. No existe separación entre el dibujo de la obra y labrar la piedra para ser reconocido como tal, debe prepararse en ambas artes. En el renacimiento la complejidad de los proyectos aumentó y por tal razón el diseño y construcción evolucionaron como disciplinas distintas, donde el constructor se relaciona únicamente con el trabajo de obra. En la revolución industrial, con el surgimiento de nuevos materiales que necesitaban un conocimiento exacto de sus propiedades físico – mecánicas, aparece la figura del ingeniero y se separaron definitivamente la labor de diseñar y construir. Hoy en plena revolución informática en proceso, aparece la figura de Director de Proyecto, o “Project Manager” en inglés, como especialista en el manejo de la información del proyecto, separando las actividades de diseñar, calcular, construir y coordinar [10]. Así como se muestra en la **Figura 1**.

Algunos estudios realizados en otros países sobre la interfaz diseño-construcción como el de Sugumaran & Lavanya [14] han indicado que la forma en que se diseña y se construyen edificios ha evolucionado significativamente desde la integración implícita entre diseño y construcción que existía en la antigüedad, hasta la separación explícita con base en el ideal de conocimiento profesional especializado que rige en la actualidad. Es importante estudiar la interfaz diseño-construcción para minimizar los defectos de diseño y maximizar los recursos en la construcción, dado que la escasa comunicación entre especialistas durante el diseño ocasiona decisiones desacertadas y alto número de cambios, así la construcción genera retrasos y costos en exceso.

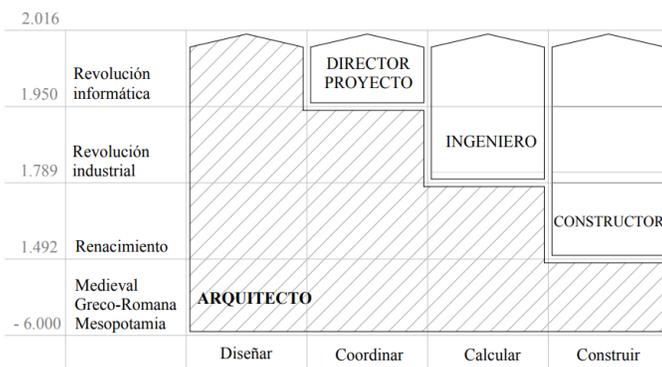
En la industria de la construcción la incompatibilidad entre especialidades impide que los integrantes del equipo de proyecto puedan intercambiar información de forma rápida y precisa; esto es la causa de múltiples problemas, como el aumento de costos, plazos y descoordinación general del proyecto [13].

El impacto de los cambios en la interfaz diseño-construcción no se entienden y rara vez son reconocidos en términos de eficiencia. Las horas de trabajo invertidas por los diseñadores en los cambios han sido estimadas entre un 40 y 50% del total del proyecto [14].

Si las necesidades del cliente no son claras en un proyecto de construcción, es probable que resulte un bajo cumplimiento de las expectativas o existan varias reformas de diseño durante el proceso del proyecto que llevan a sobrecostos y pérdida entre los participantes del proyecto. Resulta complejo la puesta en práctica de los requerimientos del cliente en la construcción [5].

Se identificó la reducción de defectos de diseño en las actividades que producen “residuos” y agregan “valor” durante el proceso de diseño y construcción. [14], por ende la eficiencia de la construcción está determinada directamente por la calidad del diseño basada en los requerimientos y necesidades del cliente y su entorno, y por lo tanto a mayor calidad de diseño, menor desperdicio en los recursos [8]

Algunos estudios realizados en los últimos años a nivel latinoamericano muestran que desde los años noventa el nivel de pérdidas en la construcción se redujo con la adopción de planes y certificaciones de calidad ISO [9].



**Figura 1:** Evolución de actividades, industria de la construcción (Fuente: Loyola & Goldsack, 2010).



En México las estadísticas muestran que un 25% de los proyectos fallan por completo, el 50% finalizan a destiempo y fuera de presupuesto, y solo el 25% terminan a tiempo y cumpliendo los presupuestos. Es por esto que el éxito de un proyecto de construcción depende de las funciones administrativas. Sin embargo, es evidente que en esta industria existen problemas que generan pérdidas debido a la deficiencia de una metodología que permita la reducción de los mismos [2].

En Chile el proceso de diseño se entiende en tres formas: como proceso de transformación de entradas y salidas, flujo de materiales a través de espacio y tiempo, y producción de valor para clientes. Por medio de la recolección de datos y entrevistas con expertos se determinó en el estudio que los principales problemas son: la mala calidad de diseño, escasos estándares de diseño y poca constructividad. La revisión de los principales defectos de diseño permite crear herramientas para prevenir la aparición de estos defectos. Además, para algunas empresas de construcción el principal problema en los proyectos son los continuos cambios que realizan los propietarios en los diseños, ya que afectan directamente la productividad y calidad, impactando en el tiempo de ejecución y costo de los proyectos [14].

En Colombia más del 70% de los proyectos de construcción no cumplen su cronograma de ejecución. El 85% de estos asumen sobrecostos en el proceso constructivo y el 63,4% de los proyectos producen accidentabilidad por el incumplimiento de las normas de seguridad industrial. Este estudio determinó que la causa principal de los problemas mencionados es la escasa gestión y deficiencia de herramientas administrativas que permitan hacer de la industria de la construcción competitiva [15].

En Perú la principal causa de las pérdidas que se originan en la construcción de edificaciones radica en la elaboración no optimizada de proyectos [10].

Las investigaciones de los países latinoamericanos hacen referencia a los problemas que se presentan en el proceso de diseño y la construcción, la pérdida de recursos tanto del propietario como del constructor.

En Ecuador las investigaciones sobre la interfaz diseño-construcción son escasas, realizan análisis de diseño y construcción por separado. Según algunas definiciones la construcción es el estudio de la ciencia, tecnología y técnicas de ensamblaje, levantamiento y mantenimiento de estructuras públicas, comerciales, industriales y residenciales. En el 2014, la industria de la construcción tuvo una importante contribución a

la economía con una inversión de USD. 6.938 millones, equivalente al 9,9% del producto interno bruto, ocupando un puesto importante dentro de las actividades económicas [1].

Según [7] se otorga 28.379 permisos de construcción a nivel nacional, el 86,9% corresponde a construcciones residenciales, el 7,7% a no residenciales y el 5,4% a construcciones mixtas. De este registro los valores altos corresponden a las ciudades de Cuenca, Guayaquil, Ambato, Daule y Loja. La investigación se desarrolla en Loja, donde el municipio emite 1.610 permisos de construcción que representan el 5,67% del total en Ecuador de forma anual.

De acuerdo a los estudios realizados, las principales causas de los problemas en la interfaz diseño-construcción son: las necesidades del cliente poca claras, continuos cambios, escasa comunicación entre especialistas, incompatibilidad entre especialidades, diseños con baja calidad, ausencia de metodología y herramientas de mejora. Es así que debido a esta problemática es necesario la aplicación de un método que permita una mejora continua que detecte los problemas a tiempo para optimizar los recursos de forma cíclica y que no sea una imposición.

El método viable es el Kaizen. El método Kaizen surge en marzo de 1949 cuando se forma la Unión Japonesa de Científicos e Ingenieros con el fin de desarrollar y difundir ideas de control de calidad. En 1950 el estadounidense W.E. Deming es invitado a Japón para enseñar el control de calidad estadístico, sus aportes fueron claves para la aplicación del método Kaizen. En los años ochenta este método convierte a Japón en la primera potencia económica del mundo [6]. El término "Kaizen" se introdujo en América en 1986 al publicar Masaaki Imai, el libro "Kaizen: La Clave de la Ventaja Competitiva Japonesa" que tuvo amplia aceptación entre industriales y empresas que requerían de un método de mejora continua [16]. Imai explica que en el lenguaje japonés Kaizen significa "Mejora Continua" y que en la práctica pretende involucrar por igual a todos los miembros de la organización en el proceso que se está analizando y a costo relativamente bajo para la empresa.

El método Kaizen es cíclico y sirve para analizar los problemas, corregirlos y que estos no vuelvan a presentarse mediante la aplicación de disciplina y orden. Además, aumenta la productividad con poca inversión económica [6].

La aplicación del método Kaizen en la presente investigación es a través del ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar), desarrollado por W.E. Deming. Este ciclo es un proceso mediante el cual se fijan nuevos estándares sólo para ser objetados, revisados y sustituidos por estándares nuevos [6].



El objetivo general de la investigación es proponer una herramienta de mejora de la interfaz diseño-construcción basada en el método Kaizen, para reducir los defectos de diseño y optimizar los recursos de la construcción en la ciudad de Loja. Para ello, será necesario:

- Investigar sobre la interfaz diseño-construcción y el método Kaizen para conocer la conceptualización de ambas temáticas.
- Evaluar la interfaz diseño-construcción mediante un estudio de campo para determinar la problemática en la ciudad de Loja.
- Establecer parámetros de mejora de la interfaz diseño-construcción para reducir los defectos de diseño.
- Proponer una herramienta de mejora de la interfaz diseño-construcción para optimizar los recursos de la construcción en la ciudad de Loja.

## 2. Materiales y métodos.

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo. Se usó la recolección de datos a través de encuestas y estudios de caso para establecer una herramienta basada en el método Kaizen y comprobar la mejora de la interfaz diseño-construcción en la ciudad de Loja.

El tipo de estudio que abordó la investigación fue experimental. Se identificó la variable independiente “mejora de la interfaz diseño-construcción” y se analizó las consecuencias de las variables dependientes “defectos de diseño” y “recursos en la construcción”.

Los datos de la encuesta y estudios de caso fueron recolectados en la ciudad de Loja, Ecuador. La encuesta realizada sirvió para determinar el nivel de aplicación de las etapas de diseño y construcción. Los estudios de caso se realizaron para evaluar la interfaz diseño-construcción, determinar los defectos de diseño y establecer parámetros de mejora.

El planteamiento base para la toma de decisiones es la investigación de Alarcón y Mardones (1997) en su propuesta estudio experimental: identificación de los problemas y soluciones de diseño

Se realizaron 279 encuestas, los datos fueron recolectados del 09/ene/2017 al 31/ene/2017. La población se obtuvo mediante la fórmula estadística de Gauss (Ecuación 1) con una confiabilidad de 95% y con un error admisible del 5%.

$$N = \frac{n\sigma^2 Z^2}{(n-1)e^2 + \sigma^2 Z^2} \quad (1)$$

Donde  $N$  = Tamaño de la muestra (No. de unidades a determinarse);  $\sigma^2$  = Varianza de la población respecto a las principales características que se van a presentar. Es un valor constante que equivale a 0.5;  $n$  = Universo o número de unidades de la población total;  $Z^2$  = Valor obtenido mediante niveles de confianza o nivel de significancia con el que se va a realizar el tratamiento de las estimaciones. Es un valor constante que su se lo toma en relación al 95% equivale a 1.96;  $n - 1$  = Es una corrección que se usa para muestras grandes mayores a de 30;  $e^2$  = Límite aceptable de error muestral, que generalmente varía entre 0.01 y 0.09 para este caso se tomó el valor de 0.05 que equivale al 5%.

Cuya muestra resulta del promedio de profesionales que obtuvieron una licencia de construcción en el municipio de Loja entre 2012 y 2016.

Los estudios de caso consistieron en evaluar 15 proyectos de vivienda unifamiliar de dos plantas de entre 101 a 200 m<sup>2</sup>. El tamaño de la muestra fue el mínimo establecido para un estudio experimental cuantitativo [4]. Las características de los proyectos corresponden a las más frecuentes entre 2012 y 2016 al momento de obtener una licencia de construcción. La evaluación se realizó sobre la información y documentación del proyecto que poseía el constructor al momento de iniciar la obra y comprobación del cumplimiento al finalizarla.

Para el desarrollo de la herramienta se aplicó el método Kaizen, principio de Pareto e indicadores de eficiencia. Tanto en la encuesta como en los estudios de caso se realizaron las mediciones a través del escalamiento de Likert.

El escalamiento de Likert fue desarrollado por Rensis Likert en 1932. Consiste en un conjunto de cinco puntos que permite valorar el grado de conformidad o cumplimiento respecto de una acción, donde a cada punto se le asigna un valor numérico [4].

En la herramienta se incorporó la mejora continua aplicando el método Kaizen. Se escogió este método debido a que involucra a todos los miembros de la organización por igual, es cíclico, estudia los problemas, los corrige y se preocupa para que no se vuelvan a presentar mediante la disciplina y orden. Además aumenta la productividad con poca inversión económica.

El método Kaizen fue aplicado en la herramienta a través del ciclo Deming o PHVA, que es una estrategia de mejora continua de la calidad en cuatro pasos. Empieza con un estudio de la situación actual, donde se reúnen los datos en hoja de comprobación que van a usarse en la propuesta del plan de mejoramiento “parámetros de mejora” y “reducción de defectos de diseño”. Una vez que el plan ha sido terminado, es ejecutado “puesta en práctica”. Luego, se revisa la ejecución para observar si han producido los mejoramientos “optimización de recursos en la construcción”. Si ha tenido éxito el experimento, se emprende la acción final, la estandarización metodológica, para asegurar que la inserción de los nuevos métodos serán aplicados de forma continua para el mejoramiento sostenido “acciones correctivas” [6]. Además en la etapa de planificar, dentro de la reducción de defectos de diseño, se aplicó el principio de Pareto para la selección de datos y en la etapa de verificar, la optimización de recursos se basó en la eficiencia.

El principio de Pareto, más conocido como el principio del 80/20, plantea que un 20% de los factores o causas se concentra el 80% del efecto [3]. La aplicación del 20% más alto de los parámetros de mejora, reducen los defectos de diseño del interfaz diseño-construcción en un 80%; es así que para alcanzar la mejora continua se establece la regla que únicamente los parámetros de mejora son aptos si los valores se encuentran sobre el 80%. Convirtiéndose así el principio de Pareto en el test de significancia de ésta investigación.

El análisis de la eficiencia se refiere a la optimización de recursos o entradas del proceso, que deben ser obtenidos al mejor costo, tiempo oportuno, cantidad adecuada y de calidad. Por lo que se incluyen medios humanos, materiales y económicos [11]. Es por eso que en la herramienta (%) eficiencia es lo mismo que (%) optimización de recursos y está dada por la siguiente relación:  $(\text{Puesta en práctica} \times \text{Reducción de defectos de diseño}) / \text{Planificación esperada}$  o 100%.

Para comprobar la ejecución de la herramienta, se aplica en un caso de vivienda unifamiliar de dos plantas en la ciudad de Loja. Se registró el cumplimiento de parámetros de mejora, reducción de defectos y la puesta en práctica. Al ser una herramienta de mejora el profesional que la aplique corregirá sus componentes para que llegue a la optimización de recursos esperados. Al ser cíclica, se propone la aplicación de un flujograma con la finalidad de entender el proceso que se aplica.

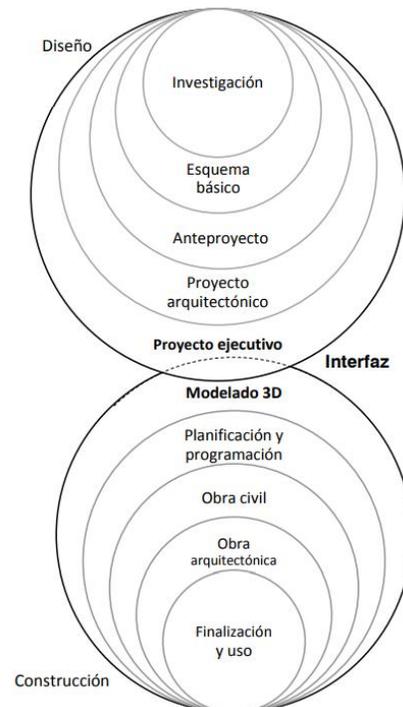
### 3. Resultados.

#### 3.1. Proceso de producción de la arquitectura.

El proceso de producción de la arquitectura o proyecto se

organiza jerárquicamente por fases, etapas, factores, actividades y requerimientos. Está conformado por la fase de diseño y la fase de construcción. Según la revisión bibliográfica la fase de diseño comprende las etapas de investigación, esquema básico, anteproyecto, proyecto arquitectónico, proyecto ejecutivo y modelado 3D. La fase de construcción engloba las etapas de proyecto ejecutivo, modelado 3D, planificación y programación, obra civil, obra arquitectónica, finalización y uso.

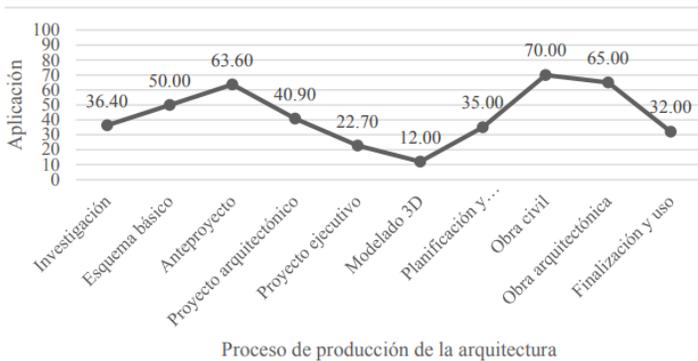
Como se muestra en la **Figura 2**, la intersección de la fase de diseño y la fase de construcción generan la zona de interfaz en las etapas de proyecto ejecutivo y modelado 3D. Además, la figura muestra que a medida que las fases se acercan una de otra, la cantidad de información aumenta, y a medida que se alejan, la cantidad de información disminuye. Las fases que contienen mayor cantidad de información están en la zona de interfaz.



**Figura 2.** Etapas diseño – construcción y su interfaz.

Para determinar el grado de ejecución de las etapas del proceso de producción de la arquitectura diseño-construcción en la ciudad de Loja se realizó una encuesta a los profesionales.

La **Figura 3**, valorada por medio del escalamiento de Likert, muestra el porcentaje de encuestados que ejecutan muy a menudo cada etapa. Esto demuestra que el 63% de las obras civiles son ejecutadas con un anteproyecto. Así mismo las etapas de interfaz diseño-construcción, como son el proyecto ejecutivo y el modelado 3D, se ejecutan en un 22% y 12% respectivamente en las obras. Lo que significa trabajar sobre ellas para mejorar el proceso de producción de la arquitectura.



**Figura 3.** Aplicación del proceso de producción de la arquitectura diseño – construcción en Loja.

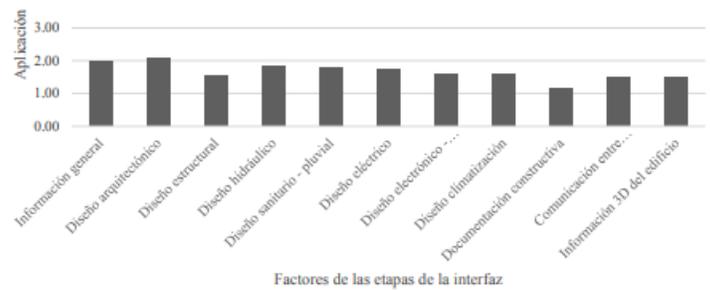
### 3.2. Evaluación de la interfaz diseño – construcción.

Luego de la revisión y análisis del proceso de producción de la arquitectura, la investigación se centró en el estudio de la zona de interfaz proyecto ejecutivo y modelado 3D, la cual debe desarrollarse entre el diseñador y constructor formando un equipo.

El proyecto ejecutivo es la solución constructiva del proyecto arquitectónico. Agrupa detalles y especificaciones de todos los materiales, elementos, sistemas constructivos y equipos. Debe llevarse a cabo en su totalidad antes del inicio de la obra. En base a la revisión bibliográfica, se compone por los factores de: información general, diseño arquitectónico, diseño estructural, diseño hidráulico, diseño sanitario y pluvial, diseño eléctrico, diseño electrónico y telecomunicaciones, diseño climatización, documentación constructiva y comunicación entre especialistas. Cada factor a su vez se compone de actividades que contribuyen al desarrollo de la etapa [12].

El Modelado 3D se refiere a la representación digital en tres dimensiones del proyecto ejecutivo. Origina el modelo de información del edificio, que comprende información geográfica, geometría del edificio, relaciones espaciales, cantidades y propiedades de sus componentes. Es el primer acercamiento a la construcción de la obra. Según la bibliografía, el factor que lo compone es información 3D del edificio, además se compone de actividades que contribuyen al desarrollo de la etapa [12].

La evaluación de las etapas del proyecto ejecutivo y modelado 3D se realizó a través de los estudios de caso. Estos se valoraron de acuerdo al escalamiento de Likert en cinco puntos: muy bajo (1), bajo (2), medio (3), alto (4) y muy alto (5). Cada etapa del proyecto ejecutivo está directamente influenciada por los factores que son el resultado de la valoración de las actividades. En la **Figura 4** se muestran los resultados de la evaluación de los factores que conforman cada etapa:



**Figura 4.** Aplicación de los factores de las etapas de la interfaz en Loja.

De acuerdo a la evaluación de la interfaz diseño-construcción que se muestra en la figura anterior, los factores que se encuentran en escala muy baja (1) son: documentación constructiva, comunicación entre especialistas e información 3D del edificio.

El análisis de los estudios de caso detectó y jerarquizó las actividades de la interfaz diseño-construcción que no permiten el óptimo cumplimiento de las etapas de proyecto ejecutivo y modelado 3D. La **Tabla 1** presenta los resultados.

**Tabla 1.** Aplicación de las actividades interfaz diseño-construcción en Loja. (Autor)

No.	ACTIVIDADES INTERFAZ DISEÑO-CONSTRUCCIÓN	APLICACIÓN (%)
1	Control de cambios entre especialidades	20.00
2	Necesidades del cliente	20.00
3	Registro de cambios del propietario	20.00
4	Cronograma de obra	21.33
5	Volumen de obra y costos	21.33
6	Especificaciones estructurales	22.67
7	Especificación de detalles constructivos	22.67
8	Detalles de carpinterías	22.67
9	Detalles electrónicos - telecomunicaciones en modelo 3D	24.00
10	Detalles climatización en modelo 3D	24.00
11	Especificaciones climatización	25.33
12	Especificaciones arquitectónicas	25.33
13	Especificaciones electrónicas y telecomunicaciones	25.33
14	Procedimiento de ejecución de especificaciones constructivas	25.33
15	Detalles estructurales en modelo 3D	25.33
16	Detalles sanitarios - pluviales en modelo 3D	25.33
17	Detalles eléctricos en modelo 3D	26.67
18	Modelado 3D acorde con materiales de diseño arquitectónico	28.00
19	Detalles arquitectónicos en modelo 3D	29.33
20	Dimensiones y ejes en diseño arquitectónico	29.33
21	Control de errores entre especialidades	30.67
22	Dimensiones en diseño eléctrico	30.67
23	Especificaciones eléctricas	30.67
24	Detalles hidráulicos en modelo 3D	30.67
25	Dimensiones en diseño sanitario y pluvial	30.67
26	Lectura de vistas de diseño electrónico y telecomunicaciones	30.67
27	Simbología y codificaciones estructurales	30.67
28	Detección de conflictos en el modelo 3D	32.00
29	Dimensiones en diseño hidráulico	32.00
30	Representación gráfica de diseño climatización	32.00

**Tabla 1.** Continuación.

31	Representación gráfica de diseño estructural	32.00
32	Control de entregas entre especialidades	32.00
33	Informes técnicos entre especialidades	32.00
34	Especificaciones sanitarias y pluviales	32.00
35	Simbología y codificaciones arquitectónicas	32.00
36	Simbología y codificaciones diseño eléctrico	32.00
37	Dimensiones y ejes en diseño estructural	32.00
38	Dimensiones del modelo 3D concuerdan con plano ejecutivo	32.00
39	Registro de soluciones de diseño en modelo 3D	33.33
40	Documentos de registro de aprobaciones internas entre especialidades	33.33
41	Codificación de instalaciones en modelo 3D de acuerdo a estudios	33.33
42	Representación gráfica de diseño electrónico y telecomunicaciones	33.33
43	Dimensiones en diseño climatización	33.33
44	Simbología y codificaciones hidráulicas	33.33
45	Simbología y codificaciones climatización	34.67
46	Lectura de vistas de diseño climatización	34.67
47	Simbología y codificaciones electrónicas y telecomunicaciones	34.67
48	Especificaciones hidráulicas	34.67
49	Simbología y codificaciones sanitarias y pluviales	34.67
50	Dimensiones en diseño electrónico y telecomunicaciones	36.00
51	Lectura de vistas diseño estructural	37.33
52	Lectura de vistas diseño hidráulico	37.33
53	Lectura de vistas diseño sanitario y pluvial	38.67
54	Lectura de vistas diseño eléctrico	38.67
55	Representación gráfica de diseño eléctrico	41.33
56	Representación gráfica de diseño hidráulico	44.00
57	Representación gráfica de diseño sanitario y pluvial	44.00
58	Descomposición del modelo 3D	44.00
59	Rotulación del proyecto	48.00
60	Áreas de proyecto	50.67
61	Lectura de vistas diseño arquitectónico	58.67
62	Escalas del proyecto	60.00
63	Representación gráfica de diseño arquitectónico	61.33

El porcentaje del cumplimiento muy bajo hace referencia a la falta o falla de alguna parte o característica de las actividades, y por ende se convierten en defectos de diseño. Su incidencia está comprendida en un rango de 0% a 29,99% del total de casos analizados. Son 20 actividades con defectos que necesitan ser mejoradas o corregidas para obtener la optimización en los recursos previo a la construcción. En la ciudad de Loja la práctica de proyecto ejecutivo es muy baja y el modelado 3D tiene poca aplicación, como se demuestra en la **Tabla 2**. Los defectos son la clave para determinar los parámetros de mejora.

### 3.3. Parámetros de mejora.

Un parámetro es la información necesaria y orientativa para valorar o evaluar una determinada actividad o situación, que puede generar comparaciones o predicciones mediante un valor asignado. Se busca corregir defectos de diseño mediante la

aplicación de actividades que sirvan de guía o referencia para mejorar la calidad de la interfaz. Las actividades que fueron valoradas con un bajo nivel de cumplimiento serán las seleccionadas para implantar los parámetros de mejora y estas agrupadas según el grado de especialidad, como se observó en la

**Tabla 2.**

**Tabla 2.** Parámetros de mejora interfaz diseño-construcción en Loja.

Información general	1.	Necesidades del cliente
	2.	Registro de cambios del propietario
	3.	Especificaciones estructurales
Especificaciones de estudios	4.	Especificaciones climatización
	5.	Especificaciones arquitectónicas
	6.	Especificaciones electrónicas y telecomunicaciones
Dimensionamiento	7.	Dimensiones y ejes en diseño arquitectónico
	8.	Cronograma de obra
	9.	Volumen de obra y costos
Documentación constructiva	10.	Especificación de detalles constructivos
	11.	Detalles de carpinterías
	12.	Procedimiento de ejecución de especificaciones constructivas.
Comunicación entre especialidades	13.	Control de cambios entre especialidades
	14.	Detalles electrónicos - telecomunicaciones en modelo 3D
	15.	Detalles climatización en modelo 3D
Modelado 3D	16.	Detalles estructurales en modelo 3D
	17.	Detalles sanitarios - pluviales en modelo 3D
	18.	Detalles eléctricos en modelo 3D
	19.	Modelado 3D acorde con materiales de diseño arquitectónico
	20.	Detalles arquitectónicos en modelo 3D

Una vez identificados los parámetros de la interfaz diseño-construcción se establecen los puntos de partida para su mejoramiento. Es necesario contar con una herramienta que permita su control y seguimiento.

### 3.4. Herramienta de mejora de la interfaz.

La herramienta está compuesta de dos hojas de comprobación:

*3.4.1. Lista de control, contiene los requerimientos de las actividades, en donde se medirá la reducción de defectos de diseño y la puesta en práctica.*

Para determinar con exactitud la reducción de defectos de diseño y puesta en práctica se propone una lista de control que abarca todos los requerimientos de las actividades que conforman los parámetros de mejora, medidos con valoración de cumple (10) y no cumple (0) (**Tabla 3**).

**Tabla 3.** Modelo de lista de control con valores óptimos.

No.	PARÁMETROS DE MEJORA	Reducción defectos diseño (%)	Puesta práctica (%)
	* Escala de valoración: óptimo (100%), excelente (80%), muy aceptable (70%), aceptable (60%), significativo (50%), parcial (40%), limitado (30%), deficiente (20%), insuficiente (10%), nulo (0%).	Condición $\geq 80\%$	Condición $\leq (\%)$ Reducción defectos diseño
<b>1</b>	<b>Necesidades del cliente</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
a	Datos cliente (s)	10	10
b	Ubicación del terreno	10	10
c	Dimensiones del terreno	10	10
d	Documentos legales	10	10
e	Capacidad de inversión	10	10
f	Espacios a proyectarse	10	10
g	Condicionantes municipales	10	10
h	Condicionantes de clima	10	10
i	Factibilidad	10	10
j	Alcance de la obra	10	10
<b>2</b>	<b>Registro de cambios del propietario</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
a	Hoja tipo de procedimiento	10	10
b	Datos de la persona que solicita cambios	10	10
c	Fecha y hora de cambios	10	10
d	Motivo de los cambios	10	10
e	Viabilidad de los cambios	10	10
f	Rediseños según cambios solicitados	10	10
g	Codificación según número de cambios	10	10
h	Datos del ejecutor de cambios	10	10
i	Firma del ejecutor de cambios	10	10
j	Firma de conformidad y aceptación del propietario	10	10
<b>3</b>	<b>Especificaciones estructurales</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
a	Título de rubro	10	10
b	Descripción del rubro	10	10
c	Procedimiento de ejecución del rubro	10	10
d	Condiciones de ejecución del rubro	10	10
e	Unidades de medición del rubro	10	10
f	Recursos humanos a intervenir	10	10
g	Equipo y maquinaria utilizado en el rubro	10	10
h	Herramienta utilizada en el rubro	10	10
i	Control de calidad del rubro	10	10
j	Control de seguridad industrial en el rubro	10	10
<b>4</b>	<b>Especificaciones climatización</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
a	Título de rubro	10	10
b	Descripción del rubro	10	10
c	Procedimiento de ejecución del rubro	10	10
d	Condiciones de ejecución del rubro	10	10
e	Unidades de medición del rubro	10	10
f	Recursos humanos a intervenir	10	10

g	Equipo y maquinaria utilizado en el rubro	10	10
h	Herramienta utilizada en el rubro	10	10
i	Control de calidad del rubro	10	10
j	Control de seguridad industrial en el rubro	10	10
<b>5</b>	<b>Especificaciones arquitectónicas</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
a	Título de rubro	10	10
b	Descripción del rubro	10	10
c	Procedimiento de ejecución del rubro	10	10
d	Condiciones de ejecución del rubro	10	10
e	Unidades de medición del rubro	10	10
f	Recursos humanos a intervenir	10	10
g	Equipo y maquinaria utilizado en el rubro	10	10
h	Herramienta utilizada en el rubro	10	10
i	Control de calidad del rubro	10	10
j	Control de seguridad industrial en el rubro	10	10
<b>6</b>	<b>Especificaciones electrónicas y telecomunicaciones</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
a	Título de rubro	10	10
b	Descripción del rubro	10	10
c	Procedimiento de ejecución del rubro	10	10
d	Condiciones de ejecución del rubro	10	10
e	Unidades de medición del rubro	10	10
f	Recursos humanos a intervenir	10	10
g	Equipo y maquinaria utilizado en el rubro	10	10
h	Herramienta utilizada en el rubro	10	10
i	Control de calidad del rubro	10	10
j	Control de seguridad industrial en el rubro	10	10
<b>7</b>	<b>Dimensiones y ejes en diseño arquitectónico</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
a	Nomenclatura de ejes	10	10
b	Ejes transversales	10	10
c	Ejes longitudinales	10	10
d	Nomenclatura para dimensiones	10	10
e	Dimensiones en planta	10	10
f	Dimensiones en alzados	10	10
g	Dimensiones en secciones	10	10
h	Niveles en planta	10	10
i	Niveles en alzados	10	10
j	Niveles en secciones	10	10
<b>8</b>	<b>Cronograma de obra</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
a	Datos del constructor	10	10
b	Lugar y fecha de inicio	10	10
c	Listado de rubros a ejecutarse	10	10
d	Unidades de los rubros	10	10
e	Volúmenes de obra	10	10
f	Tiempo de ejecución de la obra	10	10
g	Actividades antecesoras y predecesoras	10	10
h	Costos de los rubros	10	10

Tabla 3. Continuación.

i	Segmentación de los costos por actividad	10	10
j	Aprobación del cliente (s)	10	10
<b>9</b>	<b>Volumen de obra y costos</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
a	Datos del responsable de obtener volúmenes	10	10
b	Datos del responsable de obtener costos	10	10
c	Listado de rubros a ejecutarse	10	10
d	Estratificación de rubros	10	10
e	Anexos planimétricos	10	10
f	Base de datos de costos unitarios, actualizados	10	10
g	Costos indirectos	10	10
h	Costos de impuestos	10	10
i	Análisis de imprevistos	10	10
j	Aprobación del cliente (s)	10	10
<b>10</b>	<b>Especificación de detalles constructivos</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
a	Título de rubro	10	10
b	Descripción del rubro	10	10
c	Procedimiento de ejecución del rubro	10	10
d	Condiciones de ejecución del rubro	10	10
e	Unidades de medición del rubro	10	10
f	Recursos humanos a intervenir	10	10
g	Equipo y maquinaria utilizado en el rubro	10	10
h	Herramienta utilizada en el rubro	10	10
i	Control de calidad del rubro	10	10
j	Control de seguridad industrial en el rubro	10	10
<b>11</b>	<b>Detalles de carpinterías</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
a	Listado de carpinterías a ejecutarse	10	10
b	Proceso de instalación	10	10
c	Detalle de tiempo para instalación	10	10
d	Detalles de ensambles	10	10
e	Detalles planimétricos	10	10
f	Detalles axonométricos	10	10
g	Detalles de tipo de material	10	10
h	Detalles de fijaciones	10	10
i	Aprobación del cliente (s)	10	10
j	Términos de referencia para contratación	10	10
<b>12</b>	<b>Procedimiento de ejecución de especificaciones constructivas</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
a	Datos del procedimiento	10	10
b	Objetivo del procedimiento	10	10
c	Alcance del procedimiento	10	10
d	Código del procedimiento	10	10
e	Número de la versión del procedimiento	10	10
f	Identificación de cambios con respecto a la última versión	10	10
g	Personal que realiza el procedimiento	10	10
h	Visto bueno de los responsables	10	10

i	Contenido de los procedimientos en cuestión	10	10
j	Anexos gráficos del procedimiento	10	10
<b>13</b>	<b>Control de cambios entre especialidades</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
a	Listado de cambios arquitectónico	10	10
b	Listado de cambios estructural	10	10
c	Listado de cambios hidro-sanitario	10	10
d	Listado de cambios eléctrico	10	10
e	Listado de cambios otras ingenierías	10	10
f	Detección de errores	10	10
g	Detección de causas	10	10
h	Detección del efecto del error	10	10
i	Propuesta de posibles soluciones	10	10
j	Legalización de cambios por parte de los especialistas	10	10
<b>14</b>	<b>Detalles electrónicos - telecomunicaciones en modelo 3D</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
a	Verificar planos y especificaciones en 2D	10	10
b	Listado de elementos que conforman la ingeniería	10	10
c	Desarrollo de capas	10	10
d	Desarrollo de bloques	10	10
e	Desarrollo de materiales	10	10
f	Codificación de cada elemento del modelado	10	10
g	Emplazamiento de cada elemento de acuerdo a las especificaciones de ingeniería	10	10
h	Convalidación de errores 2D a 3D	10	10
i	Convalidación de soluciones	10	10
j	Aprobación del especialista	10	10
<b>15</b>	<b>Detalles climatización en modelo 3D</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
a	Verificar planos y especificaciones en 2D	10	10
b	Listado de elementos que conforman la ingeniería	10	10
c	Desarrollo de capas	10	10
d	Desarrollo de bloques	10	10
e	Desarrollo de materiales	10	10
f	Codificación de cada elemento del modelado	10	10
g	Emplazamiento de cada elemento de acuerdo a las especificaciones de ingeniería	10	10
h	Convalidación de errores 2D a 3D	10	10
i	Convalidación de soluciones	10	10
j	Aprobación del especialista	10	10
<b>16</b>	<b>Detalles estructurales en modelo 3D</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
a	Verificar planos y especificaciones en 2D	10	10
b	Listado de elementos que conforman la ingeniería	10	10
c	Desarrollo de capas	10	10
d	Desarrollo de bloques	10	10
e	Desarrollo de materiales	10	10
f	Codificación de cada elemento del modelado	10	10

**Tabla 3.** Continuación.

g	Emplazamiento de cada elemento de acuerdo a las especificaciones de ingeniería	10	10
h	Convalidación de errores 2D a 3D	10	10
i	Convalidación de soluciones	10	10
j	Aprobación del especialista	10	10
<b>17</b>	<b>Detalles sanitarios - pluviales en modelo 3D</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
a	Verificar planos y especificaciones en 2D	10	10
b	Listado de elementos que conforman la ingeniería	10	10
c	Desarrollo de capas	10	10
d	Desarrollo de bloques	10	10
e	Desarrollo de materiales	10	10
f	Codificación de cada elemento del modelado	10	10
g	Emplazamiento de cada elemento de acuerdo a las especificaciones de ingeniería	10	10
h	Convalidación de errores 2D a 3D	10	10
i	Convalidación de soluciones	10	10
j	Aprobación del especialista	10	10
<b>18</b>	<b>Detalles eléctricos en modelo 3D</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
a	Verificar planos y especificaciones en 2D	10	10
b	Listado de elementos que conforman la ingeniería	10	10
c	Desarrollo de capas	10	10
d	Desarrollo de bloques	10	10
e	Desarrollo de materiales	10	10
f	Codificación de cada elemento del modelado	10	10
g	Emplazamiento de cada elemento de acuerdo a las especificaciones de ingeniería	10	10
h	Convalidación de errores 2D a 3D	10	10
i	Convalidación de soluciones	10	10
j	Aprobación del especialista	10	10
<b>19</b>	<b>Modelado 3D acorde con materiales de diseño arquitectónico</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
a	Lista de materiales de diseño arquitectónico exterior	10	10
b	Lista de materiales de diseño arquitectónico interior	10	10
c	Listado de materiales para entorno	10	10
d	Convalidación de errores y soluciones 2D	10	10
e	Verificación de capas 3D	10	10
f	Verificación de codificaciones 3D	10	10
g	Recopilación de información gráfica	10	10
h	Configuración de software de renderizado	10	10
i	Registro de pruebas de renderizado	10	10
j	Convalidación de errores y soluciones 3D	10	10
<b>20</b>	<b>Detalles arquitectónicos en modelo 3D</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
a	Verificar planos y especificaciones en 2D	10	10

b	Listado de elementos que conforman lo arquitectónico	10	10
c	Desarrollo de capas	10	10
d	Desarrollo de bloques	10	10
e	Convalidación de materiales 2D	10	10
f	Codificación de cada elemento del modelado	10	10
g	Emplazamiento de cada elemento de acuerdo a las especificaciones	10	10
h	Convalidación de errores 2D a 3D	10	10
i	Convalidación de soluciones	10	10
j	Aprobación del diseñador	10	10

Para la puesta en práctica primero debe llenarse la lista de control, la que proporciona los datos a la herramienta en sí.

#### 3.4.2. Herramienta de mejora de la interfaz diseño-construcción, que se enlazará con la lista de control.

La herramienta de mejora es una hoja de comprobación que se estructura en base al método Kaizen a través del ciclo Deming o PHVA. (Tabla 4)

**PLANIFICAR:** Compuesta por los parámetros de mejora interfaz diseño-construcción y la reducción de defectos de diseño. Los parámetros de mejora son valorados de acuerdo a la reducción de defectos de diseño. Deben cumplir la condición de ser mayor o igual al 80% (principio de Pareto). En caso de que el valor sea menor, se deberán realizar las acciones correctivas en lista de control hasta cumplirlo.

**HACER:** La puesta en práctica se evalúa al momento de finalizar la fase de construcción, donde se comprueba en obra la aplicación de los parámetros de mejora desarrollados. El porcentaje de puesta en práctica no debe superar el porcentaje de reducción de los defectos de diseño.

**VERIFICAR:** La constatación del cumplimiento de lo planificado se lo hace a través del cálculo de la eficiencia que determina la optimización de recursos. La eficiencia es la relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados, es decir entre la puesta en práctica y la reducción de defectos de diseño.

**ACTUAR:** Si luego de la verificación la optimización de recursos en la construcción es  $\leq 60\%$ , el equipo del proyecto ejecuta las acciones correctivas en cada parámetro que no cumpla con la condición para solucionar en proyectos futuros. Además en esta etapa se debe implementar una estandarización metodológica para el mejoramiento continuo a través de acciones que aporten con soluciones como registros, formatos, listas de verificación y procedimientos.

Tabla 4. Modelo de herramienta con valores óptimos.

HERRAMIENTA PARA MEJORAR LA INTERFAZ DISEÑO-CONSTRUCCIÓN APLICANDO EL MÉTODO KAIZEN EN LA CIUDAD DE LOJA					
Método Kaizen: Ciclo Deming (PHVA)					
PLANIFICAR	HACER	VERIFICAR	ACTUAR		
Parámetros de mejora interfaz diseño-construcción	Reducción defectos diseño (%)	Puesta práctica (%)	Optimización recursos construcción (%)	Acciones correctivas	
No.	Condición $\geq$ 80%	Condición $\leq$ (%) Reducción defectos diseño	Eficiencia (%)	Condición $\leq$ (60%) optimización de recursos construcción	
1	Necesidades del cliente	100	100	100	optimo
2	Registro de cambios del propietario	100	100	100	optimo
3	Especificaciones estructurales	100	100	100	optimo
4	Especificaciones climatización	100	100	100	optimo
5	Especificaciones arquitectónicas	100	100	100	optimo
6	Especificaciones electrónicas y telecomunicaciones	100	100	100	optimo
7	Dimensiones y ejes en diseño arquitectónico	100	100	100	optimo
8	Cronograma de obra	100	100	100	optimo
9	Volumen de obra y costos	100	100	100	optimo
10	Especificación de detalles constructivos	100	100	100	optimo
11	Detalles de carpinterías	100	100	100	optimo
12	Procedimiento de ejecución de especificaciones constructivas	100	100	100	optimo
13	Control de cambios entre especialidades	100	100	100	optimo
14	Detalles electrónicos - telecomunicaciones en modelo 3D	100	100	100	optimo
15	Detalles climatización en modelo 3D	100	100	100	optimo
16	Detalles estructurales en modelo 3D	100	100	100	optimo
17	Detalles sanitarios - pluviales en modelo 3D	100	100	100	optimo
18	Detalles eléctricos en modelo 3D	100	100	100	optimo
19	Modelado 3D acorde con materiales de diseño arquitectónico	100	100	100	optimo
20	Detalles arquitectónicos en modelo 3D	100	100	100	optimo

La estructura de la herramienta puede ser útil para cualquier tipo de proyecto sin distinción de uso o actividad, así mismo sirve como mecanismo para dar seguimiento a los proyectos y mejorar de forma cíclica, hasta tener la información que permita la optimización de los recursos. El usuario de la herramienta puede personalizarla para que se ajuste a su proceso de trabajo.

El proceso de mejora continua se completó con la aplicación cíclica de la herramienta, es decir, el mejoramiento de proyecto a proyecto. Le permite llevar un control de cierre de fases tanto del diseño como construcción establece los recursos a evaluar en la interfaz (Figura 5)

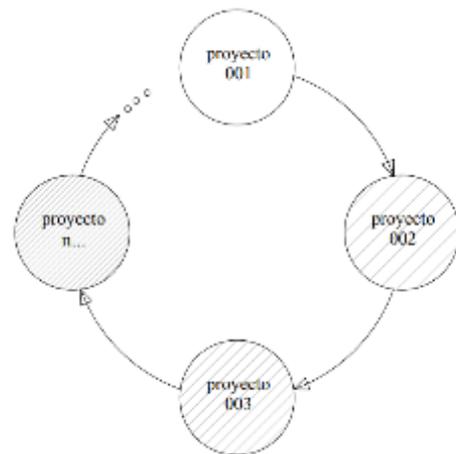


Figura 5. Herramienta de mejora de la interfaz diseño-construcción.

### 3.5. Puesta en práctica de la herramienta en un proyecto experimental.

El proyecto experimental consistió en la evaluación de una vivienda unifamiliar de 145m<sup>2</sup> distribuidos en dos plantas en la ciudad de Loja. En primer lugar se evaluó la reducción de defectos de diseño analizando toda la información y documentación del proyecto que poseía el constructor al momento de iniciar la obra,

y en segundo lugar se evaluó la puesta en práctica que consistió en valorar el cumplimiento al finalizar la fase de construcción. El propietario contrató a un arquitecto director de proyecto responsable de las fases de diseño y construcción. El diseño arquitectónico e ingenierías fueron realizados por los respectivos especialistas, bajo la supervisión y coordinación del director de proyecto. A continuación los resultados (**Tabla 5**).

**Tabla 5.** Puesta en práctica de la herramienta de mejora en un proyecto experimental.

PUESTA EN PRÁCTICA: HERRAMIENTA PARA MEJORAR LA INTERFAZ DISEÑO-CONSTRUCCIÓN APLICANDO EL MÉTODO KAIZEN EN LA CIUDAD DE LOJA					
Método - Kaizen: Ciclo Deming (PHVA)					
	PLANIFICAR	HACER	VERIFICAR	ACTUAR	
Parámetros de mejora interfaz diseño-construcción	Reducción defectos diseño (%)	Puesta práctica (%)	Optimización recursos construcción (%)	Acciones correctivas	
No.	* Escala de valoración: óptimo (100%), excelente (80%), muy aceptable (70%), aceptable (60%), significativo (50%), parcial (40%), limitado (30%), deficiente (20%), insuficiente (10%), nulo (0%).	Condición ≥ 80%	Condición ≤ (%) Reducción defectos diseño	Condición ≤ (60%) optimización de recursos construcción	
1	Necesidades del cliente	60	60	36	Registro de datos del cliente
2	Registro de cambios del propietario	0	0	0	Formato de registros
3	Especificaciones estructurales	0	0	0	Estandarización de especificaciones
4	Especificaciones climatización	0	0	0	Estandarización de especificaciones
5	Especificaciones arquitectónicas	0	0	0	Estandarización de especificaciones
6	Especificaciones electrónicas y telecomunicaciones	0	0	0	Estandarización de especificaciones
7	Dimensiones y ejes en diseño arquitectónico	50	50	25	Normalizar el dibujo
8	Cronograma de obra	0	0	0	Registro en formatos
9	Volumen de obra y costos	0	0	0	Registro en formatos
10	Especificación de detalles constructivos	0	0	0	Estandarización de especificaciones
11	Detalles de carpinterías	0	0	0	Normalizar el dibujo
12	Procedimiento de ejecución de especificaciones constructivas	0	0	0	Establecer procedimientos
13	Control de cambios entre especialidades	0	0	0	Registro en formatos
14	Detalles electrónicos - telecomunicaciones en modelo 3D	0	0	0	Estandarización de especificaciones
15	Detalles climatización en modelo 3D	0	0	0	Estandarización de especificaciones
16	Detalles estructurales en modelo 3D	0	0	0	Estandarización de especificaciones
17	Detalles sanitarios - pluviales en modelo 3D	0	0	0	Estandarización de especificaciones
18	Detalles eléctricos en modelo 3D	0	0	0	Estandarización de especificaciones
19	Modelado 3D acorde con materiales de diseño arquitectónico	20	20	4	Check list
20	Detalles arquitectónicos en modelo 3D	0	0	0	Estandarización de especificaciones

Como se observa, en los resultados no se cumplió los parámetros de mejora, la reducción de defectos de diseño tuvo una valoración por debajo de la condicionante (80%) y por ende la optimización de recursos fue nula.

Se recomienda tomar acciones correctivas como recopilar la información, comprobar formatos de registros de estandarización

de especificaciones en cada uno de los parámetros para solucionar los defectos del proyecto ejecutivo y modelado 3D. Estas acciones deben realizarse de acuerdo a la metodología que aplica el profesional en su empresa u oficina.

### 3.6. Proceso de la herramienta.

Para garantizar la mejora continua de cada proyecto es necesario establecer un proceso que permita encontrar salidas y orientar al profesional en la toma de decisiones. El diagrama de flujo representa de manera gráfica el proceso de la herramienta que responde a la interfaz diseño-construcción. La estructura está diseñada para que en caso de desviación tome las medidas

correctivas y continúe a la siguiente etapa. (Figura 6)

El proceso determina cuando tomar decisiones en la reducción de defectos de diseño para continuar con la fase de construcción, también detecta si la puesta en práctica permite optimizar los recursos y reconocer cuando se debe tomar las acciones correctivas de acuerdo a las condicionantes.

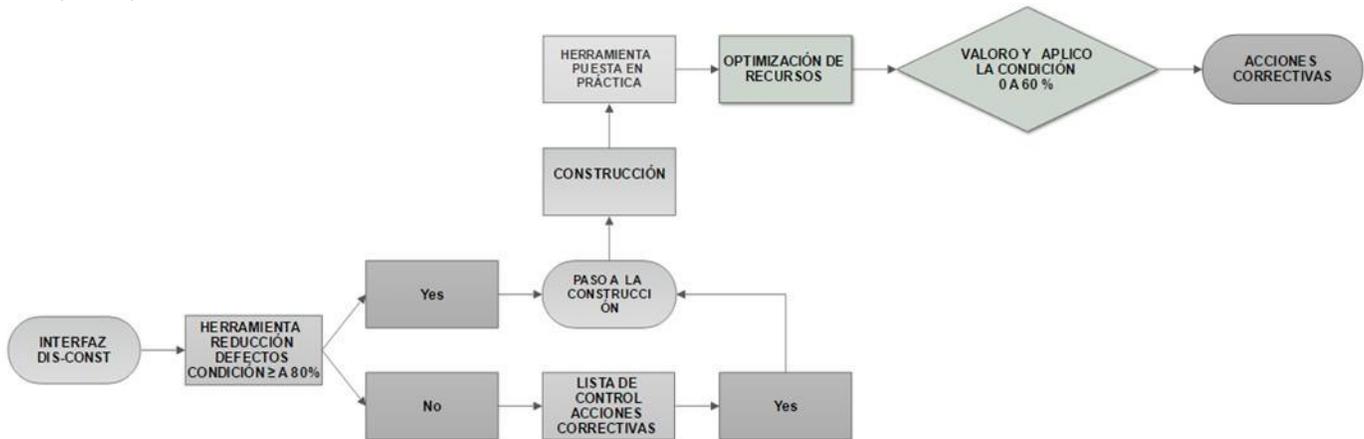


Figura 6. Proceso para aplicación de la herramienta de mejora de la interfaz.

## 4. Discusión.

En la presente investigación se determina que el proceso de producción de la arquitectura está compuesto jerárquicamente por fases, etapas, factores, actividades y requerimientos. Las etapas de proyecto ejecutivo y modelado 3D, se convierten en la interfaz diseño-construcción, poco aplicadas en la ciudad de Loja.

Los análisis de estudios de caso determinaron que la interfaz diseño-construcción en la ciudad de Loja tiene baja incidencia en los factores documentación constructiva, comunicación entre especialistas e información 3D del edificio. Así mismo en actividades de información general, especificaciones de estudios y dimensionamiento.

El bajo cumplimiento de las actividades son los defectos de diseño y para corregirlos se determinó 20 parámetros de mejora que sirven para desarrollar la herramienta bajo el esquema de mejora continua.

Se tienen dos limitaciones de la investigación, la primera es que al igual que en cualquier estudio por encuestas, la recopilación de datos puede tener influencia de respuestas poco confiables y limitación de tiempo. La segunda se debe a que los parámetros de mejora podrían variar.

El principal aporte de esta investigación es la herramienta desarrollada para medir las variables de reducción de defectos de

diseño y optimización de recursos en la construcción a través de la eficiencia detectada en obra, además de generar una mejora continua en base a su aplicación. Entre otros puntos positivos es el esquema que permite comprender el funcionamiento del proceso diseño-construcción y su interfaz, así como identificar las etapas donde los defectos de diseño generan más conflictos.

Con respecto a otros estudios se aporta claramente con la definición de la interfaz en el proceso de producción de la arquitectura. Los aportes propios de la investigación son:

- El funcionamiento, estructuración y relación del proceso de producción de la arquitectura; entendido como el análisis del diseño y la construcción al reconocer las fases que un proyecto presenta, el cumplimiento de cada etapa y actividades que demanda la interfaz (Figura 2).
- La esquematización de su funcionamiento mediante listas de control y hojas de comprobación (Tabla 3), que aportan a la comunicación entre las partes (sea este cliente o profesionales especialistas independientes o de pequeñas empresas).
- La valoración de parámetros de diseño al dar cumplimiento con información general clara, especificaciones de estudios, dimensionamientos correctos, documentación constructiva, comunicación entre especialidades y el modelado 3d (Tabla 2).

- La eficiencia de la interfaz al establecer que la construcción es ejecutada según lo planificado, de acuerdo a lo diseñado, a través de una herramienta que permite ciclos de mejoramiento continuo, aportando con los correctivos necesarios de proyecto a proyecto registrados y evidenciados, brindando efectos positivos y de calidad.

La herramienta puede ser aplicada por cualquier profesional o empresa ya sea pública o privada, durante las fases de diseño y construcción de cualquier tipo de infraestructura. En investigaciones futuras se pueden evaluar los problemas de la interfaz desde el punto de vista de recursos humanos, materiales, financieros y tecnológicos.

La representación gráfica del proceso de aplicación de la herramienta permite tener una lectura concreta del procedimiento a seguir a través del flujograma por parte de los profesionales.

El funcionamiento de la herramienta es a largo plazo ya que depende del ciclo de vida del proyecto, es decir, hay que considerar que el proyecto ejecutivo y el modelado 3d esté finalizado para realizar un primer acercamiento de medición, otro aspecto a considerar es que conforme avance la obra se va midiendo los parámetros de mejora según la puesta en práctica. Una vez finalizada la obra se puede medir la optimización de recursos para aplicar en los proyectos posteriores, hasta lograr un óptimo resultado en ciclos de proyectos posteriores.

## 5. Conclusiones.

Entendiendo la arquitectura como el arte y técnica de diseñar y construir edificios, que genera una contribución importante en el desarrollo económico, y en la generación de empleo, es que el diseño-construcción debe ser estudiado con mayor énfasis.

Las principales fases del proceso de producción de la arquitectura se han distanciado a lo largo de los tiempos. Esto ha causado muchos problemas entre los profesionales de campo. Los principales defectos según los resultados son: la escasa información de las necesidades del cliente, la falta de coordinación entre especialidades, el desaprovechamiento de recursos y retrasos causados por cambios de última hora de propietarios, diseñadores y constructores que no se registra en documentación para poderlos corregir oportunamente.

Los parámetros de mejora establecidos reducen los defectos de diseño y sus requerimientos son determinados por cada usuario de la herramienta. La optimización de recursos en la construcción se mide a través de la aplicación de la eficiencia relacionando lo planificado y lo ejecutado.

La implementación de la herramienta propuesta tiene varios beneficios para los diseñadores y constructores, ya que contribuyen a evitar la producción de residuos y retrabajo, tanto en la oficina de diseño como en la obra porque se proponen acciones correctivas antes de pasar a la construcción

## 6. Referencias.

- [1] Banco Central del Ecuador. (16 de octubre de 2016). BANCO CENTRAL DEL ECUADOR. Obtenido de <https://www.bce.fin.ec/index.php/component/k2/item/773>
- [2] Cisneros, L. (2011). Metodología para la Reducción de Pérdidas en la Etapa de Ejecución de un Proyecto de Construcción (Tesis de Maestría). México: Universidad Autónoma de México.
- [3] Delers, A. (2016). El principio de Pareto: Optimice su negocio con la regla del 80/20. 50Minutos.Es.
- [4] Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). Metodología de la Investigación. México DF., México: Mc. Graw Hill.
- [5] Hygum, M., Emmitt, S., Bonke, S., & Kirk, A. (2011). Facilitating Client Value Creation in the Conceptual Design Phase of Construction Projects: A Workshop Approach. *Architectural Engineering and Design Management*, 18-30.
- [6] Imai, M. (2014). La clave de la ventaja competitiva japonesa. México: PATRIA S.A.
- [7] INEC. (2015). Encuesta de edificaciones. Quito.
- [8] Loyola, M., & Goldsack, L. (2010). Constructividad y Arquitectura. Santiago: Facultad de Arquitectura y Urbanismo - Universidad de Chile.
- [9] Maciel, T., Stumpf, M., & Kern, A. (2016). Propuesta de un sistema de planificación y control de residuos en la construcción. *Revista ingeniería de construcción*, vol. 31 no.2.
- [10] Orihuela, P., Orihuela, J., & Motiva, S. (2005). Aplicaciones del Lean Design a proyectos inmobiliarios de vivienda. Seminario Internacional: Ventajas competitivas en la construcción. Lima.
- [11] Rodríguez, E. (2012). Guía para la construcción de indicadores de gestión. Departamento Administrativo de la Función Pública, Bogotá, 15.
- [12] Soler, M. (2015). Saber vivir de la arquitectura. Madrid: Mairera.
- [13] Soler, M. (2016). Manual para la dirección integrada de proyectos en construcción (Segunda ed.). Madrid: Mairera Libros.



- [14] Sugumaran, B., & Lavanya, M. (2013). Evaluation of Design Construction Interface in Construction Industry. International Journal of Engineering Research & Technology.
- [15] Tercero, J. (2011). Propuesta de metodología para la implementación de la Filosofía Lean en proyectos de construcción (Tesis de Maestría). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- [16] Vivan, A., Ortiz, F., & Paliari, J. (2016). Model for kaizen project development for the construction industry. Gestão & Produção, 23(2), 333-349.