

UNIVERSIDAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DESCARTES

FALLAS DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS EN
SERIE DE LA VIVIENDA DE TIPO MEDIO
RESIDENCIAL

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTA

KOMUKAI SOLÓRZANO YOSHIRO

ASESOR

DR. JOSÉ RAFAEL GUZMÁN MONZÓN

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS; NOVIEMBRE 2021



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DICTAMEN DE APROBACIÓN

AGRADECIMIENTOS

En este trabajo está plasmado el fruto de un esfuerzo en conjunto.

A mis padres: gracias por todo el apoyo y sustento del día a día a lo largo de mis años de estudio, por siempre alentarme a seguir adelante y enseñarme a nunca rendirme para poder alcanzar mis sueños y aspiraciones.

A mi hermano: por ser siempre un apoyo moral y poder aconsejarme en lo académico y en lo profesional.

A mis docentes: por dejarme una enseñanza de vida en cada lección dentro y fuera del aula.

A mis compañeros de clase: por formar parte dentro de mi etapa universitaria y permitir a lo largo de estos cuatro años y medio, llevarme no solo colegas sino verdaderos amigos.

A mi asesor: Dr. Guzmán gracias por acompañarme y asesorarme durante este camino sin usted esto no se hubiera sido posible.

ÍNDICE

CAPÍTULO I. MARCO CONTEXTUAL.....	5
1.1 Panorama general de la vivienda.....	6
1.1.1 Breves antecedentes históricos	6
1.1.2 El desarrollo del proceso constructivo en serie en México	8
1.1.3 Actores involucrados en los procesos constructivos en serie de la vivienda media-residencial de México.....	9
1.2 Planteamiento del problema	10
1.3 Justificación.....	12
1.4 Objetivos	15
1.4.1 Objetivo General	15
1.4.2 Objetivos Específicos.....	15
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	15
2.1 Vivienda	16
2.1.1 Vivienda en Serie.....	17
2.2 Procesos Constructivos en Serie.....	19
2.2.1 Etapas del proceso constructivo en serie	21
2.3 La Productividad en los Procesos Constructivos	26
2.4 Calidad en la Construcción.....	27
2.4.1 Inspección de la Calidad	30
2.5 La Calidad Residencial.....	30
2.5.1 Modelos que aseguran la Calidad de la Construcción de la Vivienda de tipo Medio Residencial.....	32

2.5.2 Indicadores de Calidad en la Construcción de la Vivienda de Tipo Medio Residencial	35
CAPITULO III. MATRIZ DE CONGRUENCIA Y PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN	36
3.1 Matriz de Congruencia.....	37
3.2 Propuesta de Implementación	39
3.2.1 Las fallas presentes en las viviendas construidas en serie y sus aspectos.....	39
3.2.2 Modelo 3Cv+2 orientado a la Calidad Total en Procesos constructivos en Serie	43
3.2.3 Indicadores	44
3.2.4 Instrumentos de recolección de información de la propuesta.....	48
3.3 Implementación de la Propuesta.....	50
3.3.1 Consideraciones	52
3.4 Procedimientos de apoyo de la Propuesta.....	52
3.4.1 Selección de Métodos para la Reunión de Datos	52
3.4.2 Monitoreo	52
3.4.3 Calendarización	53
3.4.4 Revisión de las tolerancias de cada actividad	53
3.4.5 Administración Participativa	53
3.5 Manual de Calidad de la empresa	53
3.6 Evaluación de la propuesta.....	55
3.6.1 Muestreo	55
3.6.2 Recurrencia de la Falla	56
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y EXPERIENCIAS.....	56
CONCLUSIÓN	59
ANEXOS.....	61

Anexo 1 Ficha Técnica.....	61
Anexo 2 Matriz de Aseguramiento de Calidad	63
Ejemplo formato	63
Ejemplo aplicación Matriz de Aseguramiento de Calidad	64
Anexo 3 Formato de Calendarización.....	66
Ejemplo formato Calendarización.....	66
Ejemplo aplicación Formato Calendarización	67
Bibliografía.....	68
Fuentes Virtuales	71

INTRODUCCIÓN

El título de la presente investigación monográfica es el de “Fallas de los procesos constructivos en serie en la vivienda tipo medio residencial”. La inquietud por desarrollar dicho tema surge de que, en México, muchas familias desean adquirir una vivienda propia para habitar, que no sólo cubra sus necesidades básicas de habitación, sino que a la vez represente un patrimonio de inversión que provea a sus miembros de un ambiente sano para vivir; por lo que la adquisición de viviendas de tipo medio residencial representa tanto una necesidad básica como una meta para la población de clase media de nuestro país. Lo anterior origina una gran demanda de viviendas de este tipo, demanda que tratan de cubrir distintos desarrolladores de fraccionamientos utilizando procesos en serie para su construcción.

Sin embargo, la rapidez con la que se efectúan estos procesos productivos en serie, muchas veces ocasiona que estas viviendas presenten fallas de construcción; lo que representa pérdidas tanto para las empresas constructoras como para los compradores que en la mayoría de las ocasiones realizan grandes esfuerzos para adquirir sus casas, por lo que dichas fallas generan un impacto adicional a su economía al tener que realizar las reparaciones necesarias e inciden de manera negativa en la reputación de las organizaciones constructoras.

Derivado de lo anterior, la presente investigación abordará las fallas más recurrentes en procesos constructivos en serie de la vivienda tipo medio residencial, con la finalidad de elaborar una propuesta de mejora para prevenirlas. Para ello, el capitulado se estructura de la siguiente manera:

CAPÍTULO I. MARCO CONTEXTUAL: en este primer capítulo se describen los entornos y la situación en la que se desarrollan los procesos constructivos en serie de la vivienda media-residencial, esto para identificar los factores que interactúan en dichos procesos y establecer causales de las fallas que se originan en ellos. También se describirán los antecedentes históricos de la construcción en serie. De igual forma, se plantea la importancia de la

presente investigación y se formulan los objetivos a los que se buscará dar respuesta con ella.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO: en este apartado se recopilan referentes y conceptos de interés que sirvan de sustento teórico a la propuesta de implementación que servirá para dar respuesta a la problemática planteada; como lo son el detallar el proceso constructivo en serie de la vivienda de tipo medio residencial, y los conceptos que inciden en su producción: calidad y productividad.

CAPÍTULO III. MATRIZ DE CONGRUENCIA Y PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN: con base en la información obtenida a lo largo del trabajo, se construyó una matriz de congruencia que guiará los elementos que debían de ser contenidos en la propuesta de implementación, tales como indicadores, modelos e instrumentos dirigidos a implementar la calidad en la industria de la construcción de vivienda, así como las pautas para identificar y prevenir las fallas más recurrentes en el proceso constructivo en serie de la vivienda-media residencial de nuestro país. También se presentan recomendaciones para hacer más efectiva la propuesta.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y EXPERIENCIAS: en este capítulo se ahonda en la experiencia de la elaboración del presente documento detallando puntos de convergencia, así como de contraste con la información obtenida de la revisión bibliográfica.

CONCLUSIÓN: para finalizar, se presentan la síntesis y conclusiones derivadas del desarrollo de toda la investigación.

CAPÍTULO I. MARCO CONTEXTUAL

La industria de la construcción es uno de los sectores de mayor importancia en el desarrollo de cualquier país y, al igual que otros sectores de la economía nacional, se desarrolla en un campo donde la competencia es cada día más fuerte, por lo que el sector de la construcción, al igual que otros sectores de la industria, tiene la necesidad de mejorar sus procesos y la forma de administrar sus proyectos (Barrantes, 2007), así como identificar implementaciones

que permitan añadir valor agregado a sus procesos constructivos, con el fin de lograr una mayor eficiencia en su desempeño, y ofrecer un mejor servicio a sus clientes.

En este sentido, el proceso constructivo en serie se ha convertido en una solución para que la industria de la construcción pueda dar respuesta a la demanda de vivienda no sólo para la población con menos recursos (a la que se destinan las viviendas de interés social) sino a la población de clase media también, por lo que a continuación se ahondará en el panorama general de la vivienda en México y en los antecedentes históricos que originaron el proceso constructivo en serie.

1.1 Panorama general de la vivienda

Desde la perspectiva del Gobierno Federal de nuestro país, la vivienda es un aspecto que forma parte importante de la calidad de vida de la población. Su producción, como otras actividades del sector construcción, contribuye de manera considerable a la actividad económica, al caracterizarse como fuente de generación de empleo, y a su vez como eslabón de importancia en la cadena productiva dados los insumos que emplea, de procedencia nacional. Por otra parte, para la población en general, la vivienda es un elemento fundamental en la formación de su patrimonio. En congruencia con esto, la CONAVI (2014) señala que, para la mayoría de las familias mexicanas, la vivienda representa su activo más importante, por lo que vale la pena remontarse a los antecedentes que dieron lugar a los procesos constructivos en serie.

1.1.1 Breves antecedentes históricos

No se puede citar una fecha precisa que marque el inicio de la serialización en la construcción, pero como antecedentes se pueden mencionar una serie de acontecimientos económicos, sociales y tecnológicos importantes en la historia, tales como el escenario de Inglaterra de finales del siglo XVIII, en un proceso de industrialización. Así, en países desarrollados el surgimiento de los conjuntos habitacionales que empezaron a utilizar procesos constructivos semi industrializados se relaciona con el desarrollo urbano moderno después de la Segunda Guerra Mundial, mientras en América Latina se da dos décadas más tarde.

En nuestro país, el origen de la serialización de la vivienda surge como proceso vinculado al espacio residencial concebido para solucionar, por una parte, el problema de la demanda insatisfecha de grupos sociales de bajos ingresos; pero eventualmente, estos procesos productivos serializados representaron un instrumento adecuado para sanear o mejorar zonas deterioradas, o bien inhibir el crecimiento informal que a su vez generaba múltiples problemas sociales. De igual forma, García (2013) señala que entre los principales factores que influyeron para masificar la producción de viviendas se pueden mencionar el crecimiento exponencial en la demanda de viviendas (ésta empieza a experimentarse a finales de la Segunda Guerra Mundial), los avances técnicos y tecnológicos, el descubrimiento de nuevos materiales, circunstancias ambientales, y factores económicos (tales como crisis y recesiones).

Aunado a lo anterior, el aumento de la población en las ciudades ocasionada por la inmigración de trabajadores provenientes de entornos rurales trajo como consecuencia necesidades de servicios y vivienda; por lo que el proceso constructivo en serie nace para dar respuesta a dichos requerimientos de habitabilidad.

En este sentido, Yocupicio y Valenzuela (2018) refieren que se concibe la vivienda en serie como una vivienda producto de la industrialización que se caracteriza por la repetición, modulación y producción masiva, pensada para un “prototipo de familia”; tratándose de un nuevo tipo de vivienda, diseñada para responder a diferentes situaciones económicas, técnicas y demográficas; capaz de presentar diferentes tipos de soluciones físico-espaciales; desde los que contienen vivienda colectiva, multi o plurifamiliar en bloques de edificios en los que la unidad es el departamento, provistas de áreas abiertas destinadas al uso generalmente recreativo de los residentes, hasta las numerosas viviendas individuales o unifamiliares idénticas y contiguas, que también cuentan con áreas abiertas y equipamiento de uso social; y viviendas familiares del tipo medio residencial, las que se abordan en esta investigación. A continuación, se verá cómo ha sido el desarrollo del proceso constructivo en serie de nuestro país.

1.1.2 El desarrollo del proceso constructivo en serie en México

Retomando lo mencionado en el apartado anterior, como resultado del desplazamiento de la población rural a las ciudades, en México surgieron los asentamientos irregulares desde 1940 y un crecimiento voraz en extensión que originó el incremento del valor de los terrenos, que dejaron de ser agrícolas para convertirse en urbanos (Montejano et al., 2018). Todo esto ocasionó que, en nuestro país, a mediados del siglo pasado se crearan diversos institutos y políticas de vivienda, cuya función principal era atender a trabajadores asalariados con el propósito de enfrentar de forma masiva el problema habitacional por medio de fraccionamientos de viviendas construidas en serie, en áreas urbanas del país.

Montejano et al. (2018) reseñan que, ya durante el primer decenio del siglo veintiuno, la política de desarrollo de vivienda social en México promovió la construcción masiva de nuevos conjuntos habitacionales en municipios de las periferias urbanas, lo que favoreció una baja mezcla de uso de suelo. Así, los nuevos proyectos habitacionales crearon una nueva forma de urbanización, basada en modelos de construcción en serie.

Por otra parte, el proceso constructivo en serie tiene la capacidad de adaptarse a la forma en que se están desarrollando las urbanizaciones de nuestro país, pues como Negrete (2013) señala, “la ciudad se integra como un todo y en ella se articulan múltiples procesos constructivos que toman forma en diferentes temporalidades y espacialidades” (p.16). De acuerdo con esto, en la actual producción del tejido urbano se puede identificar que inciden de forma importante tres factores:

- 1) Nuevas formas adoptadas por la división social-residencial.
- 2) Nuevas prácticas de consumo.
- 3) Aumento acelerado de las tasas vehiculares.

La interacción de estos tres procesos da como resultado un tipo de ciudad que responde a una modalidad de planeación urbana donde las grandes obras de la construcción (unidades habitacionales, obras públicas o los megaproyectos), tienen que hacer uso de ciertos

procesos constructivos, tales como el en serie; útiles no sólo para proporcionar una solución masificada de vivienda, sino para las necesidades de planeación de las ciudades.

1.1.3 Actores involucrados en los procesos constructivos en serie de la vivienda media-residencial de México

Cuando los planeadores o encargados de la toma de decisiones que intervienen en la construcción de la ciudad “ponen en marcha un proyecto, tienen en cuenta un sinnúmero de consideraciones sobre su viabilidad” (Negrete, 2013, p.13). Por su parte, Pedrotti (2015) identifica que algunas de estas variables o actores involucrados en las dinámicas de la producción en serie de las viviendas de tipo medio residencial de nuestro país, son:

- Empresas desarrolladoras del sector privado.
- Recursos de orden tecnológico, material y humano.
- Las formas de gestionar y ejecutar las etapas de los procesos constructivos en serie, así como los mecanismos que cada desarrolladora o constructora implementen para asegurar la calidad y productividad del proceso.
- Formulación de políticas que rigen los procesos constructivos.
- Regulación de la producción de los espacios residenciales que se pretendan procurar o crear.
- Condiciones de producción del espacio residencial, que son aquellas que se establecen en la política habitacional y urbana, en su caso.
- Problemática habitacional general y los sectores que pueden diseñar y ejecutar las soluciones (formalizadas en los planes y programas de vivienda), así como en los arreglos organizacionales que se establezcan para el funcionamiento de los distintos organismos o dependencias encargadas de la promoción y financiamiento de la producción.
- Marcos regulatorios, operativos y administrativos específicos sobre la construcción de vivienda, la gestión del suelo habitacional e incluso el crecimiento urbano. Éstos generalmente están vinculadas al ámbito de gobierno intermedio y local (estatal-municipal).

Como se puede observar, hay una gran cantidad de elementos involucrados en la producción de la vivienda de tipo medio residencial, a la que se debe de agregar la identidad misma de la organización que los ejecuta (más allá de considerar a la empresa como un colectivo), pues finalmente ésta determina los procesos en sí y los elementos que intervienen en ellos, tales como logística, insumos y mano de obra.

1.2 Planteamiento del problema

Uno de los objetivos al implementar procesos constructivos industrializados es el de lograr acortar los tiempos de construcción, lo que ocasionará que, si no se cuenta con mecanismos que aseguren la calidad del producto final, pueda representar un detractor en su calidad al entregar una vivienda con defectos de construcción.

Para González (2014), los defectos de construcción se determinan como “defectos que afecten a la cimentación, los soportes, las vigas, los forjados, los muros de carga u otros elementos estructurales, y que comprometan directamente la estabilidad del edificio o inmueble” (p. 6); provocando que la estructura sea funcional en su totalidad, o como el comprador pensaba iba a funcionar. Estas fallas en las viviendas edificadas mediante procesos constructivos en serie se pueden categorizar en estos cuatro rubros: 1) deficiencias o defectos de diseño, 2) Deficiencias del material, 3) Deficiencias o defectos de construcción, 4) Deficiencias de la superficie o de los cimientos.

De igual forma, las fallas más comunes en las construcciones y que a menudo se pasan por alto, son los asentamientos en suelos, agrietamiento en losas y muros, desprendimiento de pintura en acabados, así como filtraciones de humedad. Generalmente, estas fallas traen como consecuencia una pérdida económica principalmente; pero no solamente tienen impacto económico, sino que también pueden llegar a poner en riesgo la seguridad (García J., 2020). Sobre ello, Audeves et al. (2013) hicieron un estudio en nuestro país cuya unidad de análisis fue un desarrollo de viviendas de construcción masiva de tipo medio residencial en la etapa de construcción, en donde se pudieran realizar observaciones directas respecto a la forma de cómo se llevan a cabo las tareas involucradas durante la edificación de las

viviendas. A partir de dicho estudio los autores identificaron las fallas descritas en el Cuadro 1 como las más recurrentes en viviendas de procesos constructivos en serie.

Cuadro 1 Fallas en las viviendas de procesos constructivos en serie

Fallas representativas	Fallas representativas
Acabado exterior(AE)	Humedades(H)
Instalaciones visibles por deficiencia de acabado.	Humedad en techos.
Partes de la vivienda sin acabado.	Humedad en muros.
Acabado desnivelado o con abultamientos de material.	Humedad por filtraciones en azotea
Acabado interior(AI)	Instalación hidráulica(IH)
Bloques visibles debajo de acabado.	Fugas en tuberías.
Acabado desnivelado o con abultamientos de material.	Goteras en llaves.
Partes de la vivienda sin acabado.	Baja presión de agua en llaves y regaderas.
Aluminio y vidrio(AL)	Instalación sanitaria(IS)
Ventanas desajustadas.	Fugas en tubería.
Filtraciones de agua en ventanas.	Registro con fuga de olores.
Ventanas difíciles de operar.	Marcos y puertas(MP)
Operadores que no funcionan correctamente.	Cerraduras descompuestas.
Baños(B)	Puertas desajustadas.
Fugas en muebles de baño.	Obra exterior(OE)
Malos olores en cifas.	Terreno mal terraceado.
Cocina(C)	Banqueta sin acabado o defectuoso.
Tarja mal colocada o floja.	Pintura(P)
Losetas de meseta levantadas.	Falta de pintura en alguna sección.
Meseta con empotramiento deficiente.	Decoloración de pintura.
Grietas(G)	Pisos(PI)
Grietas acabado en muros.	Acumulamiento de agua en pisos.
Grietas estructurales.	Pisos levantados en vivienda.
Grietas acabado en plafones.	Hundimiento de pisos.
	Pisos de diferentes tonos.

Fuente: Causas de fallas constructivas generadas en los proyectos (Audeves et al., 2013)

La falta de verificación en puntos críticos de los procedimientos de las tareas de ejecución y la falta de supervisión, representan las principales fuentes de fallas en las secciones de la vivienda.

Derivado de lo anterior, se plantea que, si bien es cierto que como Gascón (2010) señala, que los procesos constructivos deben masificarse, debido la necesidad de ser más productivos y competitivos en el mercado; también es cierto que se deben implementar procesos congruentes con estos métodos de construcción que garanticen la calidad de los productos terminados (en este caso las viviendas de tipo medio residencial); por lo que se propone una metodología de inspección que sea capaz de detectar las causas de los patologías más

frecuentes en los procesos constructivos en serie de las viviendas de tipo media residencial y que añadan valor agregado a dichos procesos.

1.3 Justificación

En el caso de la industria de la construcción en México, ésta representa una importante fuente de empleos tanto directos como indirectos, temporales o permanentes; lo que impulsa la economía. También cabe señalar que la inversión en infraestructura propicia el consumo del mercado interno, pues cuando las obras están en desarrollo no solamente generan empleos, sino que activan el consumo de insumos para la construcción; puesto que, “acorde con datos de la matriz insumo-producto elaborada por el INEGI, beneficia a 66 ramas del sector industrial, entre las que destacan la industria del acero, hierro, cemento, arena, cal, madera y aluminio” (Quiroz, 2020, pág. 1); lo que dinamiza la economía nacional. En cuanto a su caracterización como proveedor de viviendas, desde el 2014 el sector de la construcción experimentó un acelerado proceso de recuperación y, en la actualidad,

Las cifras de registro de nueva edificación y colocación de créditos para vivienda, sin duda presentan un balance muy favorable. En las perspectivas hacia delante, habrá que tomar en cuenta también el entorno económico, y particularmente la dinámica de la demanda agregada, pues al final, es ésta la que determina el ritmo al que se coloca la vivienda y, por tanto, al que puede crecer la industria en el corto plazo (CONAVI, 2014, p.2).

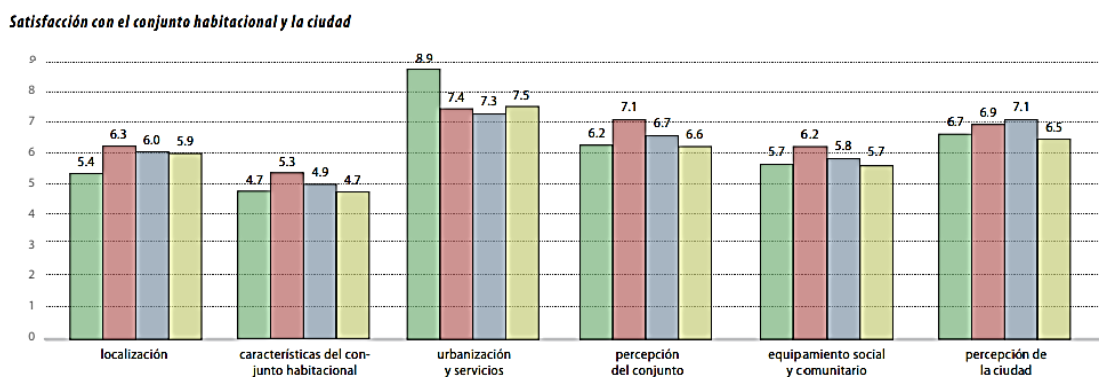
Este organismo también reporta que, a lo largo de la última década, el crecimiento en el parque habitacional ha sido de cerca de un millón de viviendas por año. Con base en lo planteado, llama la atención que, como Solís (2009) señala, en múltiples estudios se presentaron las siguientes características en los proyectos de vivienda en serie:

- Carencia de especificaciones claras con tolerancias sin definir criterios de calidad; nula o baja definición del proceso de supervisión de la obra y del proyecto.
- Falta de seguimiento de verificación de la calidad, solo se verifican ciertas actividades o insumos principales y algunos subproductos.
- La falta de vinculación entre el proceso de supervisión y el proceso de control de calidad. No se cuenta con un programa de obra que defina las actividades a supervisar y la verificación de la calidad.

- Rechazo a la implantación de modelos de aseguramiento de calidad por considerarlos como trabajo innecesario y tedioso.

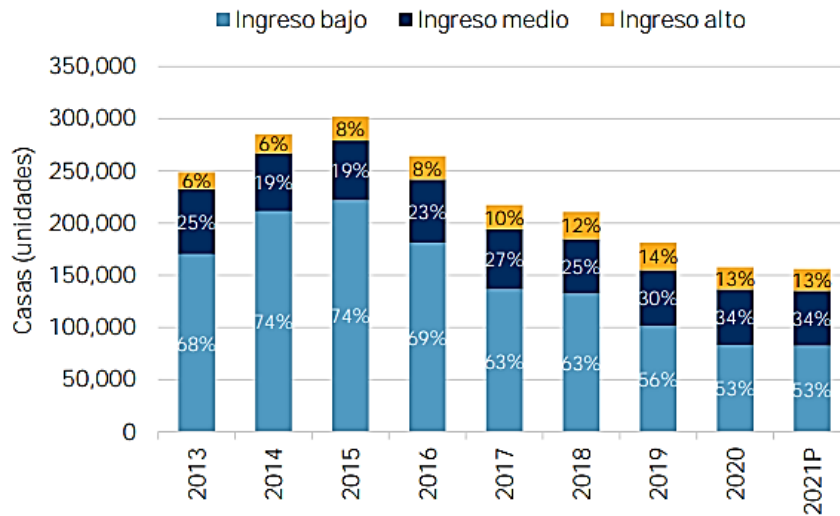
Las consecuencias de lo anterior se reflejan en los resultados proporcionados por la Secretaría Hipotecaria Federal (SHF) en su investigación anual en la que los residentes de los principales conjuntos habitacionales a lo largo de la República Mexicana miden las valoraciones y características específicas de la vivienda, el fraccionamiento o conjunto habitacional. Esta encuesta asigna puntajes, en los que (1) representa la mínima satisfacción y (10) la máxima. A partir de 6 se considera un grado aceptable de satisfacción por parte del residente. En lo que refiere a la satisfacción con la vivienda, el índice se ubicó en 5,80 debido a que los residentes evaluaron con una menor calificación las características ambientales y físicas de la construcción respecto a años anteriores. Las características físicas y arquitectónicas de los fraccionamientos reportaron la calificación más baja, con 5.3 (Sánchez, 2012), como se puede ver en la gráfica de la Figura 1 “Satisfacción con la vivienda en México”. Esta información coincide también con lo reportado por Cajal y otros (2021), que refieren que la oferta de vivienda de tipo medio residencial se redujo por quinto año consecutivo, con 157,802 unidades producidas en 2020. Esto representa una disminución de 12.9% con respecto al nivel de 2019 y una caída de 47.7% con respecto a la producción de 2015 (ver la Gráfica de la Figura 2).

Figura 1 Satisfacción con la vivienda en México



Fuente: La Vivienda en México (Sánchez, 2012)

Figura 2 Caída en la adquisición de viviendas en serie



Fuente: La Vivienda en México (Sánchez, 2012)

Lo anterior representa un indicativo que refleja que es emergente añadir valor agregado a las viviendas de tipo medio superior terminadas para aumentar su demanda; más cuando las perspectivas en cuanto a crecimiento demográfico y aumento de la necesidad de vivienda deberían de reflejar una mayor demanda de viviendas; pero los resultados de los informes indican lo contrario. Esto puede obedecer a que, como García (2013) menciona, la población mexicana carente de una vivienda desea tener la certeza de que la vivienda que adquirirá posea un alto nivel de calidad; y si no es así, la población con posibilidades medias preferirá construirla por su cuenta.

Derivado de lo expuesto, la importancia de los resultados de la presente investigación radica en que servirá como referente para identificar los puntos críticos en los procesos productivos en serie de viviendas de tipo medio residencial, y ofrecerá las pautas para implementar mecanismos que aseguren la calidad en este tipo de viviendas construidas en serie. Por ello, los resultados serán de interés para el sector de la construcción en general, tanto para profesionistas como para las organizaciones del ramo de la construcción.

De igual forma, la implementación de la propuesta que surja del desarrollo de este trabajo beneficiará a la sociedad en general, no sólo a la población de clase media para que adquiera

viviendas con más calidad, sino que al representar un referente que permita al sector de la construcción implementar una cultura de mejora continua, añadirá valor agregado a las prácticas de este sector para entregar productos de calidad, ahorrar en reparaciones y evitar el desperdicio de recursos materiales, económicos y de mano de obra al corregir errores.

1.4 Objetivos

A continuación, se formulan los objetivos que guiarán el desarrollo de la presente investigación.

1.4.1 Objetivo General

- Elaborar una propuesta dirigida a prevenir las principales fallas en los procesos constructivos en serie en las viviendas de tipo medio residencial de México.

1.4.2 Objetivos Específicos

1. Hacer un análisis del proceso constructivo en serie de las viviendas tipo medio residencial.
2. Detectar puntos críticos en los procesos constructivos en serie.
3. Identificar las principales fallas originadas en estos puntos críticos.
4. Plantear mecanismos de prevención y solución para cada una de estas fallas.
5. Proponer un proceso que evite que se entreguen viviendas terminadas con fallas generadas durante proceso constructivo en serie.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presentan los conceptos y referentes de interés para esta investigación, como lo son el proceso constructivo en serie de la vivienda de tipo medio residencial de nuestro país, la importancia de que se ofrezca calidad en su construcción y cómo se pueden implementar indicadores de calidad en los procesos constructivos en serie; para lo que se inicia definiendo qué es la vivienda, a través de un enfoque desde la actividad de la construcción.

2.1 Vivienda

Como concepto básico, el Diccionario de la Real Academia Española (DRAE) señala que el término vivienda proviene del latín *vivienda* que significa “cosa en la que se ha de vivir”; y señala que una vivienda es un “lugar cerrado y cubierto construido para ser habitado por personas” (RAE, 2021). Por su parte, para la Organización de las Naciones Unidas (ONU) el derecho a una vivienda adecuada es un derecho humano reconocido en la normativa internacional de los derechos humanos como elemento integrante del derecho a un nivel de vida adecuado, y señala que:

La vivienda adecuada está reconocida como un derecho en los instrumentos internacionales incluidos la Declaración de los Derechos Humanos y el Pacto Internacional de los Derechos Económicos, Sociales y Culturales. La vivienda adecuada debe proveer más que cuatro paredes y un techo (ONU Habitat, 2021).

En este sentido, el mismo organismo refiere que los siete elementos de un Vivienda Adecuada son (ONU Habitat, 2021): 1. Seguridad de la tenencia, 2. Disponibilidad de servicios, materiales, instalaciones e infraestructura, 3. Asequibilidad, 4. Habitabilidad, 5. Accesibilidad, 6. Ubicación, 7. Adecuación cultural.

Como se puede ver, los materiales, instalaciones e infraestructura forman parte de estos siete aspectos básicos, por lo que su calidad y la calidad de su construcción (la que se ve afectada por las fallas) debe de ser tomada en cuenta en los procesos constructivos masivos.

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) define a la vivienda de la siguiente manera:

Espacio delimitado generalmente por paredes y techos de cualquier material, con entrada independiente, que se construyó para la habitación de personas, o que al momento del levantamiento censal se utiliza para vivir (INEGI, 2010).

Respecto al término de vivienda, Gazmuri (2013) plantea que:

La vivienda es el espacio donde la familia convive para satisfacer sus necesidades básicas, uno de los aspectos que caracteriza las condiciones materiales de la vida familiar y un bien de primera necesidad, por cuanto el bienestar que ofrece sus condiciones de habitabilidad influye de manera fundamental en la realización de las funciones familiares, la estabilidad, el equilibrio emocional, el estado de salud y capacidad de trabajo de sus moradores. Desde esta perspectiva es algo más que un

techo, es un espacio integrador de procesos sociales necesario para la consolidación de la familia y el desarrollo de sus miembros (p. 33).

Los diccionarios básicos definen el concepto de vivienda desde dos perspectivas, las de “espacio” y “habitabilidad”; mientras que la ONU amplía el concepto considerándolo un bien de primera necesidad básica de la sociedad; lo que es congruente con la población de nuestro país, para la que la vivienda representa tanto un patrimonio como una necesidad básica.

Cabe señalar que llama la atención que, mientras para el INEGI (2010) la vivienda es solamente es un “espacio con paredes y techo”; Gazmuri (2013) considera que es un espacio en el que se desarrolla la vida familiar, de convivencia humana, y es capaz de incidir en el equilibrio emocional y salud de quienes la habitan. Así, la vivienda no solamente proporciona un lugar para vivir con paredes y techo, sino que brinda un espacio protector para que una familia se desarrolle de forma integral en su entorno, por lo que la calidad de su infraestructura es un factor relevante para la sociedad en general. Habiendo conceptualizado el término de vivienda e identificado su importancia dentro de la sociedad, se verá lo concerniente a la fabricación de la vivienda en serie.

2.1.1 Vivienda en Serie

Como se ha visto a lo largo de esta investigación, los factores tiempo y costo en la construcción de viviendas son de vital importancia para la elección de uno u otro sistema o proceso constructivo. Cabe señalar que todos los proyectos habitacionales están dirigidos a un determinado grupo social, para lo cual, desde su concepción espacial, ésta se planifica con base a un espacio y tipo de material, los cuales se ven incididos a su vez por las variables de tiempo y costo (Castillo, 2013).

En congruencia con lo anterior, la vivienda en serie ha representado un método para que la población pueda habitar fraccionamientos, buscando mejorar sus condiciones de vida logrando mediante su proceso y adquisición de insumos disminuir el costo de la casa habitación por ser una vivienda que se realiza de forma repetida (en serie), en un espacio delimitado (coto, fraccionamiento, etc.). Esto hace que la vivienda en serie sea un producto

de la industrialización que se caracteriza por la repetición, modulación y producción masiva, con base en un “prototipo de familia” para la cual se proponen soluciones genéricas (Soto, 2014) que se configuran en el prototipo de vivienda a producir.

Hay diferentes clasificaciones de la vivienda en serie, una es respecto a su costo, tipificándose de la siguiente manera: 1) De interés social, 2) Vivienda media-residencial, 3) Vivienda residencial.

Otra es en cuanto al número de familias que las habitan, categorizándose en a) Viviendas plurifamiliares o, b) Viviendas unifamiliares.

A continuación, se describirán las características principales de las viviendas media-residencial, por ser este tipo de viviendas a las que está dirigida la problemática que se aborda en esta investigación.

2.1.1.1 Características de las viviendas media-residencial

Las principales características de la infraestructura de una vivienda media-residencial son:

- Superficie de 60m², planeadas para 4 personas como máximo.
- Suelen tener de 2 a 3 habitaciones.
- La estancia y comedor suelen estar en el mismo espacio.
- Hay un espacio para la cocina que suele estar cerca del área de lavado.
- De 1 y 1/2 a dos baños.
- En algunos casos cuentan con jardín o un pequeño balcón.
- El estacionamiento normalmente no está cubierto y no suele haber más habitaciones para disponer de un estudio, o área de juegos.

Cualquier tipo de vivienda se fabrica mediante un proceso constructivo masivo o en serie, que se detallará en el siguiente apartado.

2.2 Procesos Constructivos en Serie

Gutiérrez (2003) señala que se denomina “Proceso Constructivo” al conjunto de fases, sucesivas o solapadas en el tiempo, necesarias para la materialización de un edificio o de una infraestructura.

Dada la creciente tasa demográfica, y como Castillo (2013) refiere, que, ante la necesidad de optimizar un proceso de construcción con una mayor eficiencia, en el menor tiempo posible y reduciendo los costos tanto de mano de obra como de los materiales; la técnica de construcción tradicional (muros de mampostería reforzada) ha dado lugar a nuevos sistemas constructivos. De esta forma, surge el proceso constructivo en serie. Como definición, el mismo autor señala que:

La construcción de viviendas en serie es un proceso industrializado, en donde se traduce en un programa de ejecución del proyecto en los plazos previstos de unos tiempos de ejecución cortos o acelerados y en un perfecto control de costos en donde las variaciones entre una vivienda a otra son casi “cero”, exceptuando los incrementos en los precios de materiales y mano de obra durante su ejecución. De tal manera y de acuerdo con lo expresado anteriormente, existe diferencia en la forma de construir, agrupación de grupos o metas de trabajo, rendimientos de ejecución, recursos de equipo y herramientas para la ejecución del proyecto que inciden directamente en el costo total por unidad o vivienda (Castillo 2013, p. 4).

Una ventaja para la reducción de costos de viviendas industrializadas es que, en este tipo de construcción masiva o en serie, la mayor parte de los muros, las secciones de piso y las cubiertas pueden ser fabricadas directamente desde un almacén. La industrialización del proceso constructivo es mucho más eficiente cuando estos elementos son más repetitivos, puesto que los perfiles y vigas son fabricados según las medidas necesarias evitando desperdicio de materiales en obra, ya que muchos de los elementos de revestimiento son preinstalados en la estructura antes de que sean transportados a la obra.

En lo concerniente a los tiempos de ejecución, la velocidad de trabajo puede llegar a ser tres veces mayor que cuando se construyen los elementos estructurales en el lugar; además de que se tiene la ventaja de que dichos elementos pueden ser fabricados en un sitio protegido de las condiciones climáticas. Adicional a lo anterior, se presentan una serie de ventajas que

la industrialización ofrece en conjunto con la tecnología y los materiales utilizados para las constructoras o empresas desarrolladoras (Bernabeu, 2007):

1. Menor utilización de andamios y cimbrados.
2. Menor contratación de personal y supervisión.
3. Reducción de renta de maquinaria y equipo en tiempo y cantidad.
4. Menor rotación de personal de obra y por lo tanto más estabilidad; lo que debe de aportar a la calidad del proyecto al tener mano de obra con experiencia en labores específicas.
5. Reducción de manejo de escombros (acarreos).
6. Reducción en gastos de limpieza.

Dependiendo de los materiales de acabado y del menor tiempo de obra, Gutiérrez (2003) asevera que los costos directos pueden reducirse de un 20 a 25% respecto de la construcción tradicional. Esta cifra puede aumentar si se consideran los costos indirectos.

En referente a la mano de obra y sus tiempos de trabajo, éstos se reducen considerablemente gracias al bajo peso de los materiales a pesar de sus grandes dimensiones, a la utilización de fijación mecánica en vez del cemento, a la aplicación de materiales de secado rápido en revestimientos exteriores, a la fácil instalación de tuberías hidráulicas, sanitarias, y conductos eléctricos; además de ofrecer al mismo tiempo a la estructura la excelente resistencia del acero.

Aunque cada constructora o desarrolladora tenga sus propios procesos específicos de construcción, generalmente el proceso constructivo se articula en diferentes etapas: cada etapa se ejecuta en cadena para hacer más eficiente la mano de obra y, en vez de construir una casa completa después de otra, se empieza a trabajar en todas las casas al mismo tiempo la misma etapa, y se prosigue a la siguiente cuando ya se terminó el subproceso en la mayoría de las casas.

Por ejemplo, se cuela al mismo tiempo cierta cantidad de las planchas de cimentación para aprovechar toda la mezcla que viene ya preparada de proveedor y conforme se endurezca, se prosigue con los muros de todas las casas.

Existen procesos constructivos en serie tales como el de HOMEX y la empresa EMB Construcción que utilizan moldes de aluminio con el objetivo de tener un sistema estandarizado, uniforme y controlado para producir viviendas en serie de forma masiva.

Este sistema de moldes de aluminio es un sistema integral que mediante un solo colado obtiene los muros interiores y exteriores, lozas, escaleras, etc. Esto da la capacidad de producir monóticamente por lo menos una casa por día con un número reducido de trabajadores (HOMEX, 2010). En el siguiente apartado, se desglosarán las etapas del proceso constructivo en serie.

2.2.1 Etapas del proceso constructivo en serie

Como se mencionó con antelación, cada desarrolladora pudiera tener su propio proceso constructivo en serie, pero de forma general las etapas son las siguientes (HOMEX, 2010):

1. ETAPA: CIMENTACIÓN

Esta etapa consta de las siguientes actividades: a. Trazo y Nivelación, b. Excavación de sepas, c. Instalaciones hidro-sanitarias, d. Instalaciones Eléctricas, e. Colocación del polietileno (impermeabilizante), f. Colación de acero, g. Colación de cimbra perimetral, h. Verificación de los niveles de cimbra, i. Colocación de perfiles niveladores, j. Colado de la loza de cimentación, k. Retiro de Cimbra de cimentación.

En este punto, la loza de cimentación se ha terminado. Esta etapa es la base para construir una casa libre de actividades de reproceso. La precisión que se usa en cada uno de estos pasos determinará el nivelado exacto de la vivienda; por lo que valdría la pena implementar en este punto una inspección de esta etapa del proceso, que pudiera identificar fallas potenciales antes de proseguir, y prevenirlas.

Figura 3 Etapa 1



Fuente: Homex (2010)

2. ETAPA 2: ARMADO DE MOLDE

- a. Trazo para cimbra de molde: el propósito de este trazo es el garantizar un alineamiento preciso y rápido durante el cimbrado.
- b. Colación de U de Tope: terminado el trazo se colocan las “U” de tope con el equipo de fijación. Éstas servirán para dar una correcta alineación al molde y evitar un descuadre durante el armado.
- c. Acero en Muros: Se coloca la malla electrosoldada sujetándola a la varilla de arranque. Posteriormente se coloca el acero, los amarres, escuadras y longitudes de traslape definidas por el proyecto. Los refuerzos diagonales de puertas y ventanas, los cuales no pueden ser removidos, ayudarán a reducir posibles fisuras en la vivienda.

Figura 4 Subproceso Acero en muros



Fuente: Homex (2010)

Dada la importancia de los pasos de esta etapa para la infraestructura de la vivienda, también sería importante implementar de forma metodológica una inspección en esta parte de la etapa.

e. Colocación de discos separadores: en muros es importante calzar el acero con los discos separadores para centrar el acero de refuerzo y evitar el contacto con las paredes del molde. Esto garantiza que el acero quede totalmente embebido en el muro.

f. Armado del molde: se procede a la preparación de las fundas de las corbatas. Estas fundas son recubrimientos sintéticos los cuales permiten el retiro de la corbata después de colado el molde sin dañar la corbata o la estructura de concreto. Las corbatas permiten garantizar la separación entre paneles interiores y exteriores al tamaño del muro deseado. Posteriormente, se realiza la aplicación del desmoldante para la protección del molde.

Ya que se han completado las actividades anteriores, se procede al armado del molde iniciando por una esquina interior dando estabilidad al armado.

Una vez que se termina el proceso de armado, en este punto las grandes desarrolladoras sugieren que se ejecute un control de calidad para asegurar que el proceso se ha completado sin defectos; para ello, sería importante implementar un formato que funja como listado de revisión y que sea avalado por los responsables directos de la obra.

Figura 5 Bloqueos temporales en conexiones eléctricas



Fuente: Homex (2010)

- g. Viguetas y Bovedilla: el siguiente paso es la colocación de las viguetas y bovedillas sobre los muros para tener la loza lista para que se realice el colado monolíticamente.
- h. Apuntalamiento metálico: se utilizan puntales metálicos y vigas para el apuntalamiento. La finalidad de este paso es facilitar el proceso de armado.
- i. Acero en Azotea: se coloca el acero de refuerzo en la azotea de acuerdo con las especificaciones del proyecto. Es importante la utilización de ciguetas para calzar el acero adecuadamente, como se ilustra en la Figura 6.

Figura 6 Acero en la azotea



Fuente: Homex (2010)

j. Colado de Molde: el colado de los muros debe ser perimetral, esto es mover continuamente la descarga de la bomba para evitar el acumulamiento de concreto en una sola zona. Durante el proceso de colado, es muy importante verificar continuamente el llenado correcto del molde para garantizar la calidad del colado.

k. Lavado del molde: durante el colado del molde, se utiliza la estación de limpieza. Se debe tener cuidado de aplicar el chorro de agua en forma diagonal a la cara del molde para evitar que el muro se erosione.

l. Descimbrado del Molde: se debe tener cuidado que los accesorios se retiren con la herramienta adecuada.

m. Limpieza del Molde: la limpieza diaria del molde es fundamental para garantizar la durabilidad y buen funcionamiento. Los moldes limpios garantizan un mínimo de imperfecciones y el correcto uso del agente desmoldante. De igual forma, se reduce la acumulación de concreto lo que incrementa significativamente el peso del equipo y reduce la productividad.

Al terminar estas etapas, las viviendas quedan lista para recibir los acabados que se instalarán (HOMEX, 2010). Cabe señalar que, aunque con los procesos productivos en serie se han reducido costos y tiempos de entrega, como Gascón (2010) señala, las desarrolladoras han sacrificado la calidad por la cantidad (no por la productividad, como se verá en el siguiente apartado). De igual forma, en las definiciones y la descripción de procesos vista hasta este punto, no se considera la variable de calidad ni se refieren mecanismos dirigidos a asegurar que las diferentes etapas, o al menos las identificadas como las más críticas, cumplan con lineamientos de calidad.

2.3 La Productividad en los Procesos Constructivos

Un sistema productivo como el de la construcción, basa su actividad en la transformación de insumos y recursos en edificios, inmuebles u otros productos. Para ello, los principales tipos de insumos son los materiales, la mano de obra, maquinarias, herramientas y equipos, y la información (Botero y Álvarez, 2004).

Con base a esta tipificación de insumos y recursos, se pueden determinar diferentes categorías de productividad en la construcción, de lo que resultaría:

- Productividad en los materiales: afectada por el desperdicio de éstos.
- Productividad de la mano de obra: este es un factor fundamental, ya que regularmente determina la rapidez con la que se desarrolla la construcción; y de ella depende la productividad de otros recursos.
- Productividad de la maquinaria: se debe de tomar en cuenta que los equipos representan altos costos de inversión, por lo que es necesario racionalizar su uso en los proyectos, evitando tiempos muertos.

Si bien como ya se vio, con el objetivo de ser más productivas las organizaciones constructoras descuidan la calidad, la relación productividad-calidad no es inversa: por el contrario, como Botero y Álvarez (2004) consideran, procesos menos productivos aportan menos calidad al producto final; con lo que se infiere una relación positiva calidad-productividad.

En este sentido, los autores definen la productividad en el ámbito de la construcción como “la medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un proyecto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad determinado” (p. 51). Como se puede observar, en esta definición se toma en cuenta la calidad; ya que el logro de la productividad involucra la eficiencia y la efectividad, puesto que no tiene sentido producir grandes cantidades de obra si éstas presentan problemas de calidad (fallas), pues a la larga representarán problemas para la organización, lo que afectará su productividad al tener que retrabajarlas, afectando también de forma directa su rentabilidad, lo que debería de ser tomado más en cuenta por las constructoras mexicanas. Todo esto lleva a ahondar en la cuestión de la calidad en la construcción.

2.4 Calidad en la Construcción

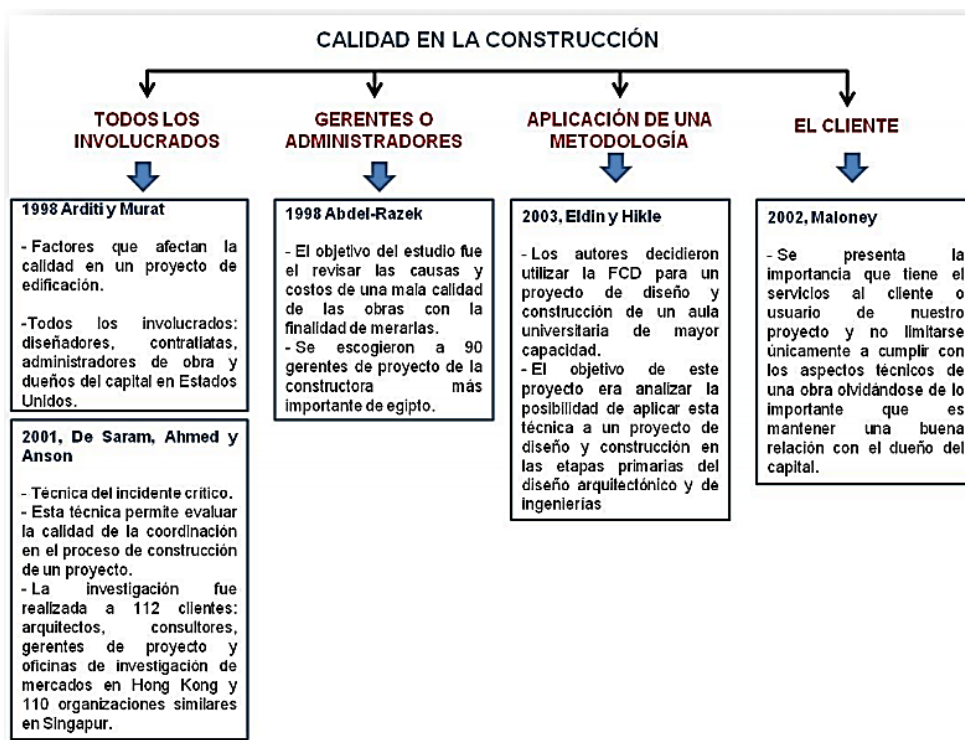
Arditi y Murat (1997) refieren que fue en la década de los ochenta que la administración total de calidad adquirió importancia en la industria de la construcción. Cabe señalar que la administración total de la calidad tiene sus fundamentos en los aportes de teóricos de Deming, Juran, Crosby, Feigenbam e Ishikawa; cuyas contribuciones para implementar sistemas de calidad son ampliamente reconocidas, principalmente en las industrias manufactureras y las electrónicas.

Deming consideró que la mayoría de los problemas en la industria están en sus procesos y que a través de métodos estadísticos dichos problemas pueden ser controlados. Por otro lado, Juran elaboró un modelo para el control de la calidad enfocado a lograr la completa satisfacción de los clientes; por lo que para este modelo es necesario implementar variables que reflejen la perspectiva del cliente final.

Por su parte, Crosby en 1991 introdujo el concepto de “cero defectos”. Este concepto revolucionó los paradigmas en los que se consideraba como aceptable una calidad con niveles superiores al 95% o al 98%. Todos los trabajos de estos teóricos de la calidad influyeron de alguna forma en el sector de la construcción, ya que para el año 1991 la Sociedad Nacional de Ingenieros (NSPE) de EUA, adoptó el modelo de la administración total de la calidad para los procesos constructivos en los que estuvieran involucrados arquitectos,

titulares de las propiedades, ingenieros, vendedores y subcontratistas. Derivado de esta adopción por parte de la Sociedad Nacional de Ingenieros; el Instituto de la Industria de la Construcción de EUA definió diferentes líneas de investigación relacionadas con la aplicación de diferentes filosofías de calidad a la industria. A raíz de este impacto cultural para la industria se han generado diversos trabajos de investigación relacionados con la calidad en la construcción. En el cuadro 2 se muestra el concepto de calidad involucrando diferentes aspectos en investigaciones de la última década, específicamente en proyectos de construcción (Solís, 2009).

Cuadro 2 Calidad en la Construcción



Fuente: Modelo de Calidad para la Construcción de Vivienda en México (Solís, 2009)

Arditi y Murat en 1998 presentaron un trabajo de investigación en el que identificaron los factores que influían específicamente en la calidad de los proyectos de construcción, categorizados de la siguiente manera:

1. Administradores de la construcción: deben de estar involucrados en todas las etapas del proyecto, tales como el diseño, construcción, y uso del inmueble.

2. Industriales de la construcción: deben de garantizar que se ofrezca la capacitación requerida y constante para entender con profundidad el proyecto de construcción, y de esta manera alcanzar los estándares deseados.
3. Directivos: mantener la efectividad de los equipos de trabajo involucrados en el proyecto, a través de una eficiente coordinación y cooperación.
4. Contratistas: que se implementen parámetros de calidad en todas las etapas del proyecto.

Cabe señalar que implementar un control de calidad dentro de una empresa conlleva un costo. Siguiendo con los mismos autores, según los resultados de sus estudios este costo representa entre el 1% al 5% del costo total del proyecto. Actualmente, en la industria de la construcción en general, y en el de la vivienda, se tiene la creencia de que adoptar las técnicas de calidad utilizadas en la industria manufacturera en la industria de la construcción no es factible (Arditi y Murat, 1997); lo que aunado a la poca sensibilización en los sectores de la construcción de nuestro país sobre los sistemas de cultura de mejora continua representa un obstáculo para que se implementen sistemas de calidad dirigidos a reducir o eliminar fallas en las viviendas fabricadas mediante procesos constructivos en serie, pues se ve como un concepto abstracto que sólo conlleva gastos sin valorar las ventajas de un producto final con calidad.

Por otra parte, esta poca disposición por parte de las constructoras para implementar metodologías de calidad puede deberse a la poca practicidad inherentes a los sistemas y modelos de calidad que originalmente fueron diseñados para la industria de la manufactura, lo que suscita la necesidad de implementar indicadores concretos de calidad congruentes con los procesos de cada constructora. En cuanto al impacto de que las constructoras no cuenten con sistemas de calidad, Crosby (1991) refiere que el costo de la mala calidad puede impactar hasta en un 20% sobre el total de las ventas; con lo que se demuestra que es mejor invertir de un 1% a un 5% en implementar mecanismos dirigidos a garantizar la calidad, y que incidirá de manera positiva en la productividad de la constructora.

Es importante tener en cuenta que, para cualquier sistema de calidad la etapa de inspección es fundamental, por lo que en el siguiente apartado se detallará en qué consiste una inspección de calidad.

2.4.1 Inspección de la Calidad

La inspección de la calidad es una etapa en los procesos productivos masivos que tiene sus orígenes en el auge de la revolución industrial, cuando se propagó el estilo de producción en serie. En ese tiempo, era una novedad que los productores de artículos trataban de cumplir alguna especificación de sus productos para satisfacer las necesidades particulares de los clientes. Para dar respuesta a estas necesidades, se colocaron las inspecciones de calidad al final de la línea o proceso de manufactura, para evaluar los productos como aprobados o rechazados, de acuerdo con las especificaciones que debían de tener dichos productos.

A partir de entonces, las organizaciones empezaron a considerar la calidad como una condición necesaria en sus productos o servicios, y no sólo como un valor agregado. Cuando se detectaban errores en los productos, se destinaba un retrabajo dirigido a que dichos productos rechazados cumplieran con los estándares de calidad; en caso de que no fuera posible retrabajarlos los productos se descartaban para evitar que llegaran al cliente, por lo que a los productos que no cumplen con los estándares de calidad determinados se les denomina “rechazos” (Castañares, 2015). A continuación, se verá lo concerniente a la calidad residencial.

2.5 La Calidad Residencial

En lo referente a la calidad de las viviendas residenciales, Pedrotti (2015) refiere que se han desarrollado muchos trabajos y conceptualizaciones respecto a lo que se puede considerar como calidad de la vivienda; entre ellos, el propio concepto de vivienda adecuada que se estableció en la Conferencia Cumbre de las Naciones Unidas sobre Ciudades, Hábitat II, celebrada en Estambul en 1996, que señala que la calidad en la vivienda “significa algo más que disponer de un techo sobre la cabeza, significa disponer de un lugar íntimo, un espacio, seguridad, estabilidad y durabilidad estructural, iluminación y ventilación, una infraestructura básica, agua, saneamiento y gestión de desechos y un emplazamiento cercano al trabajo y a

los servicios básicos, todo ello a un costo razonable”. En lo que respecta a las variables de calidad residencial desde el enfoque de satisfacción residencial en la vivienda, se observan las siguientes (Pedrotti, 2015):

1. La preocupación más recurrente refiere al hacinamiento, en tanto dimensiones totales de la vivienda, y/o dimensiones de cada una de las habitaciones que la componen;
2. La calidad material de la construcción (lo que es competencia directa de las constructoras y desarrolladoras);
3. Una comparación de la vivienda actual con la anterior, a través de la detección de ventajas y desventajas, o los deseos de mudarse del habitante (lo que también debería de representar un punto de interés para las constructoras y desarrolladoras en cuanto a ofrecer productos competitivos);
4. Seguridad física (estructural) de la construcción; lo que también es responsabilidad directa de los constructores.

Para garantizar que se ofrezcan viviendas con calidad de tipo medio residencial construidas en serie, es necesario contar con un esquema de medición de procesos, con tolerancias, que permitan en el futuro definir criterios sólidos para rechazar o aceptar los procesos de construcción terminados en el transcurso del tiempo.

En este sentido, Forshyte (2014) presenta un estudio en el que afirma que efectivamente las tolerancias de calidad en un proceso de construcción necesitan ser revisadas periódicamente para asegurarse de que son alcanzables en términos de las condiciones dentro de la industria en la localidad donde se aplican. El autor resalta también que, al tener una metodología de medición de calidad, con parámetros objetivos, los trabajadores ya no laborarán sobre supuestos personales, sino sobre estándares esperados; lo que representa un punto de interés para el ámbito de la construcción en nuestro país.

Por su parte, Huang (2010) plantea que la calidad en los proyectos de construcción debe reflejarse en un conjunto de cambios a lo largo de los mismos; derivados de los ajustes para

prevenir errores. Esto da pie a identificar metodologías de calidad útiles para la construcción, las que se describen a continuación.

2.5.1 Modelos que aseguran la Calidad de la Construcción de la Vivienda de tipo Medio Residencial

En cuanto a los modelos que se enfocan en garantizar la calidad de la construcción en serie de la vivienda de tipo medio residencial, sólo se identifica uno que realmente se enfoque en el área de la construcción: si bien existen conceptos y modelos dirigidos a garantizar la calidad del producto final, como se ha mencionado la mayoría de ellos fueron diseñados para la industria manufacturera, aunque se puedan adecuar al área de la construcción. En seguida, se presenta lo referente a estos conceptos y modelos, así como su efectividad para el campo de la construcción

2.5.1.1 Aplicación del Concepto de Calidad Total en la Construcción de la Vivienda del tipo Medio Residencial

El concepto de calidad total es sumamente amplio, pero en su aproximación a la actividad constructiva, Sallaberry (2018) señala que el concepto se caracteriza como la optimización de la calidad de todo el proceso de la gestión completa de la obra, desde su inicio hasta su etapa de post entrega, en forma permanente. Para el autor, esto implica como mínimo: 1) Compromiso y liderazgo para realizar la programación, los métodos de trabajo y responsabilidad y liderazgo de los encargados de llevar el control del trabajo. 2) El compromiso y liderazgo por el Cambio de los profesionales proyectistas y ejecutores de las obras. 3) Transmitir los conceptos de Cambio y Calidad a todos los operadores del proceso constructivo. 4) Formar Equipos Integrados interactivos e interdisciplinarios (Sallaberry, 2018).

Lo anterior puede dar las pautas para implementar un modelo o metodología de calidad en cuanto a puntualizar que se lleven a cabo estas acciones para asegurar el buen funcionamiento o metodología de calidad, pero no los representa por sí mismo.

2.5.1.2 Seis Sigma en la Construcción

La aplicación de este modelo de calidad en el ámbito de la construcción es reciente, ya que tiene sus antecedentes en el 2004, cuando Sui Peng y Sze Hui publicaron una investigación llevada a cabo en Singapur, la que se tituló “Implementación y Aplicación del Seis Sigma a la Construcción”. Este trabajo fue muy innovador en la industria de la construcción, y se sustentó en todo un conjunto de metodologías, conceptos, herramientas tales como el diagrama de Pareto y el de Causa y Efecto, conformación y certificación de líderes de equipos (Black Belt), y herramientas estadísticas para su ejecución; lo que puede resultar muy costoso y conlleva mucho tiempo de implementación, por lo que es poco práctico de implementar en cualquier constructora que tenga proyectos en serie.

Además, cabe señalar que dicha implementación se evaluó respecto a una calificación de 100 puntos. Las calificaciones que obtuvo fueron: en procesos y trabajos relacionados con la parte estructural de la edificación 45, trabajos arquitectónicos 50, y el área mecánica y eléctrica 5. Este sistema de evaluación está basado en estándares o criterios históricos del desempeño de la mano de obra en el campo (Sui Pheng y Sze Hui, 2004); y, como se puede observar, las edificaciones y viviendas en las que se implementó el modelo y fueron evaluadas tampoco obtuvieron una buena evaluación en los aspectos calificados. Por otra parte, está la cuestión en cuanto a su aplicabilidad en contextos nacionales.

2.5.1.3 El MODELO 3Cv+2

La principal fortaleza de este modelo es que fue diseñado para asegurar la calidad en la actividad de la construcción, y que toma en cuenta que una característica de la industria de la construcción de vivienda es la variabilidad, lo que la hace diferente a otras actividades, lo que complica que “existan lineamientos específicos para definir el nivel de calidad que el usuario recibe en un producto que tendrá que pagar buena parte de su vida y que formará parte de su patrimonio familiar” (Solís, 2009, p.77).

Como Solís (2009) refiere, este modelo considera tres criterios de calidad para la vivienda (insumo-proceso-producto), más dos auditorías, una interna y otra externa. Su objetivo

principal es establecer bases y lineamientos que den forma y estructura al concepto de calidad durante los procesos constructivos de una vivienda. A través del modelo, los eslabones involucrados de la cadena constructiva adquieren mejoras en sus procesos, y metodologías de revisión y evaluación del trabajo de construcción.

Como se mencionó con antelación, un aspecto que distingue la actividad constructiva es la variabilidad que se puede presentar en el desarrollo de procesos en serie: el modelo busca a través de un sistema de aseguramiento de la calidad, reducir esa variabilidad en los procesos constructivos y garantizarle al usuario un nivel alto de calidad de su vivienda, con base a parámetros constructivos técnicamente comprobados. Para ello, Solís (2009) identifica las siguientes ventajas en el modelo:

- Utiliza parámetros constructivos que garantizan la calidad, y se adapta a las distintas formas de construir una vivienda.
- Genera cultura de calidad en la industria de la vivienda, puesto que desde los directivos hasta los obreros lo conocen y desarrollan.
- Capacidad de generar un sistema de evaluación sencillo que permita realizar comparaciones.
- Verifica la calidad de la vivienda en todas sus fases.
- Asegura la calidad de los procesos de construcción.
- Congruencia con la realidad tecnológica del entorno y de cada empresa (materiales, mano de obra, herramientas, equipo, etc.); lo que representa una fortaleza deseable para los fines de esta investigación.
- Potencia la eficiencia en la supervisión de la obra.
- Flexible a cualquier realidad administrativa y operativa de las empresas.

Pero como su ventaja principal, se puede determinar que es que permite una implementación gradual de una metodología de calidad dirigida a alcanzar niveles de calidad total en los procesos constructivos en serie, útil para cualquier empresa constructora sin importar sus características. Si bien implantar el modelo en sí requiere que la organización constructora desarrolle todo un proceso de certificación, se pueden retomar algunos de sus

elementos principales para que la constructora empiece a desarrollar una cultura de mejora en sus procesos.

2.5.2 Indicadores de Calidad en la Construcción de la Vivienda de Tipo Medio Residencial

Para Souza (1994), los indicadores representan expresiones numéricas que reflejan información obtenida a partir de la medición y evaluación de una estructura de producción, de los procesos que la componen y/o de los productos resultantes; útiles para cuantificar en qué medida se han alcanzado los objetivos.

El autor señala que, cuando el indicador representa un resultado obtenido en un determinado proceso o las características de los productos finales resultantes, se caracteriza en un Indicador de Desempeño, ya que se refiere al comportamiento del proceso o producto en relación con determinadas variables. Los indicadores de desempeño pueden dividirse en (Souza, 1994):

- Indicadores de Calidad: miden el desempeño de un producto o servicio relacionado con las necesidades de los clientes, ya sean internos o externos.
- Indicadores de Productividad: cuantifican el desempeño de los procesos a través de relaciones elaboradas a partir de los recursos utilizados y los respectivos resultados alcanzados.

Para implantar un sistema de indicadores en una empresa constructora, es indispensable definir previamente una metodología adecuada para la selección de éstos, así como para la recolección de los datos que serán utilizados y el análisis de los indicadores. Esta metodología también debe reflejar los aspectos que se deseen mejorar, por ejemplo: grados de satisfacción del cliente final, desfases en el tiempo de entrega, tasa de desperdicio de materiales, productividad de la mano de obra, calidad, etc.

En lo concerniente a la calidad, que representa un punto de interés en este trabajo para disminuir las fallas en los procesos constructivos en serie, es importante resaltar que se define con relación a un "Cliente". Existen dos tipos de clientes: los internos y los externos. Los externos son los que reciben el producto final, representados en este caso como los

propietarios de las viviendas, mientras que los internos son los que están presentes durante toda la etapa de producción y reciben el resultado de algún proceso, caracterizados por los diferentes eslabones de la cadena del proceso constructivo en serie.

Por ello, los indicadores se pueden colocar tanto en procesos como en productos, por lo que para identificar las fallas e implementar acciones correctivas que eviten que se generen, sería importante implementar formatos de detección de fallas a lo largo de los subprocesos de la cadena del proceso productivo en serie; que refleje en qué subproceso se presentan más fallas y los tipos más recurrentes de ellas.

Cabe señalar que, dada la diversidad que se puede tener en cuanto al diseño de prototipos de viviendas de tipo medio residencial, es complejo definir indicadores de calidad funcionales para todos estos prototipos. Sin embargo, es posible evaluar la calidad de la ejecución a través de los trabajos rehechos o mal ejecutados. En este sentido, se puede tomar como un indicador universal de la calidad de una obra la ausencia de retrabajos, por lo que, un trabajo bien ejecutado redundará en el costo total de la obra. Con base en esto, se pueden establecer los siguientes indicadores (Villagarcía, 2012):

- Porcentaje de horas gastadas en operaciones de retrabajos.
- Porcentaje del costo de las operaciones de retrabajos.

La información para estos indicadores se puede recolectar al final de cada proceso constructivo, para que sea de utilidad en la mejora del proceso y para la toma de decisiones de los responsables.

CAPITULO III. MATRIZ DE CONGRUENCIA Y PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN

De acuerdo con la información obtenida a partir de la revisión bibliográfica, en este capítulo se presenta la matriz de congruencia que se siguió para diseñar la propuesta de intervención y la propuesta dirigida a la problemática planteada.

3.1 Matriz de Congruencia

En la matriz de congruencia que se presenta, se detallaron los elementos que vinculan la investigación con los elementos que se deberán de considerar en el diseño de la propuesta de solución.

Tabla 1 Matriz de Congruencia

Problema de Investigación	Objetivo General/ Específicos	Concepto/ Modelo Teórico que sustentará la propuesta	Variables	Instrumentos de apoyo a la propuesta	Evaluación de la propuesta
Fallas de la vivienda de tipo medio residencial generadas en los procesos constructivos en serie	Objetivo General: Elaborar una propuesta dirigida a prevenir las principales fallas en los procesos constructivos en serie en las viviendas de tipo medio residencial de México	Concepto de Calidad Total Modelo 3cv+2	Indicadores de productividad Indicadores de pérdidas Indicadores de Calidad Indicadores de Fallas Tolerancias	Matriz de recurrencia de fallas Checklist Fichas Técnicas Matriz de aseguramiento de Calidad Descripción de procedimientos	Matriz de recurrencia de fallas Muestreo

	<p>Objetivos</p> <p>Específicos:</p> <p>1) Detectar puntos críticos en los procesos constructivos en serie.</p> <p>2) Identificar las principales fallas originadas en estos puntos críticos.</p> <p>3) Plantear mecanismos de prevención y solución para cada una de estas fallas.</p> <p>4) Proponer un proceso que evite que se entreguen viviendas terminadas con fallas</p>				
--	--	--	--	--	--

	generadas durante proceso constructivo en serie.				
--	--	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia (2021)

3.2 Propuesta de Implementación

Principalmente, la propuesta que se presenta está dirigida a evitar las fallas que se presentan en las viviendas de tipo medio residencial construidas en serie, por lo que se inicia abordando los aspectos que la propuesta debe de contemplar en lo que respecta a estas fallas.

3.2.1 Las fallas presentes en las viviendas construidas en serie y sus aspectos.

Dado que en los procesos constructivos en serie se utilizan los mismos materiales y el mismo proceso para la vivienda producto final, es muy posible que, si se presenta una falla específica en una vivienda, la misma falla se repita en una gran parte del conjunto de viviendas; por lo que el muestreo puede representar una actividad útil para identificar fallas en este tipo de procesos.

No se debe de perder de vista que cada constructora tiene sus procesos constructivos en serie, materiales, costos, etc. lo que representa una gran variabilidad en cuanto a las viviendas producto final (aunque se clasifiquen en la categoría de tipo medio residencial) y las fallas que se pueden presentar en ellas; de igual forma también tiene que ver las condiciones ambientales de la región en que se construye la vivienda lo que en México representa una gran variabilidad (por ejemplo, los mismos materiales pueden tener una mayor o menor resistencia a la humedad y corrosión dependiendo del clima de la región); pero a continuación se definen algunos aspectos generales que pueden servir de pauta.

1. Causalidad de las Fallas

En cuanto a la causalidad de las fallas, Barona y Sánchez (2005) señalan que, “estudios realizados en diferentes países sostienen que más de un 60% de las patologías que

experimentan las edificaciones tienen su origen en las etapas de diseño y ejecución” (p. 63), lo que determina la necesidad de fortalecer los procesos constructivos.

2. Continuidad de la Calidad del proceso

Como se vio a lo largo de este trabajo, la calidad final en el proceso constructivo depende, en la mayoría de las actividades, de la calidad del trabajo que entrega la actividad que la precede, pues el proceso constructivo en serie consta de una cadena de etapas vinculadas (Barrantes, 2007); de ahí que muchos de los problemas que se presentan en las actividades que influyen en los procesos constructivos se derivan de la ejecución de los trabajos realizados en otras etapas o actividades, por lo que este punto se toma en cuenta para la realización de la propuesta de mejora.

3. Tipología de las Fallas

Poves (2015) identifica la siguiente tipificación de fallas en las viviendas construidas en serie:

- Mecánicas: grietas, fisuras, desprendimiento, erosión mecánica.
- Físicas: humedad, suciedad, erosión.
- Químicas: oxidación y corrosión, organismos (moho), erosión química.

En cuanto a su nivel de gravedad, Barona y Sánchez (2005) ofrecen la siguiente categorización de fallas en viviendas:

1) Importantes: aparecen en cualquiera de los elementos componentes de la vivienda que denotan pérdida de la capacidad de trabajo para la cual fue diseñada o inhabilitación de su función a corto plazo. Afectan la seguridad y su atención es imprescindible.

2) Menos importantes: aparecen en cualquiera de los elementos componentes que no implican pérdida de la capacidad de trabajo para la cual fue diseñada o inhabilitación de su función de inmediato, pero que pueden llegar a provocarlo de no dársele la atención requerida. Son potencialmente importantes y su atención es recomendada.

3) Leves: aparecen en cualquiera de los elementos componentes sin afectar la seguridad ni habitabilidad de la vivienda, pero resultan indeseables por el deterioro moral que provocan al afectar el confort y las cualidades estéticas. Se sugiere su atención.

4. Recurrencia de las Fallas

En un estudio enfocado a las fallas que afectan a las viviendas construidas en serie, Barona y Sánchez (2005) obtuvieron que el 26% de las patologías detectadas se clasificaron como importantes, es decir, que ponían en peligro la estabilidad física de la vivienda. El 47 % fue menos importante y un 26 % fueron evaluadas como leves. De igual forma, dado que los autores obtuvieron un 73 % de daños evaluados de importantes o menos importantes en el estado general de la muestra, con lo que identificaron una baja calidad en los procesos constructivos con los que fueron elaboradas estas viviendas.

Tabla 2 Matriz de Recurrencia de Fallas

	Descripción	P	Interpretación
PROBABILIDAD	Probable que suceda	10	Debe esperarse
	Es completamente posible y nada extraño (probabilidad del %)	6	Puede producirse
	Sería una ausencia o coincidencia rara (no es normal que suceda)	3	Raro pero posible
	Sería una coincidencia remotamente posible (se sabe que ha ocurrido, probabilidad del 1%)	1	Poco casual
	Nunca ha sucedido en muchos años de exposición.	0.5	Coherente pero posible

Fuente: Modelo de inspección de calidad para los procesos constructivos (Chacón, 2016)

Por otra parte, cada constructora puede implementar la matriz de la Tabla 2 para identificar la recurrencia de fallas, la cual fue diseñada tomando como referencia diagramas de Ishikawa con la finalidad de buscar soluciones inmediatas y alternativas.

5. Principales fallas presentes en las viviendas de tipo medio residencial construidas en serie.

En lo referente a este punto, Barona y Sánchez (2005) obtuvieron que las patologías más frecuentes fueron las siguientes (pp. 68-69):

- Humedades: principalmente, de cubierta por fallo de la impermeabilización, de capilaridad o ascensión desde el terreno, de fachada por salpicadura y retención de los materiales (higroscopicidad), y las accidentales por fugas y roturas en instalaciones.
- Fisuras y grietas: en muros y otros elementos estructurales como los castillos y cadenas de cimentación. Las principales causas de estas patologías están en violaciones a los documentos técnico-normativos y consecuencias de sismos.
- Rotura en los cierres de vanos: la principal causa de esta patología es la absoluta falta de mantenimiento y la acción de la lluvia sobre los elementos de metal que conforman los marcos de puertas y ventanas.
- Pérdida del revestimiento: sobre todo en muros y otros elementos estructurales, como losas de entrepiso y cubierta, y escaleras. Las causas de estos deterioros son básicamente defectos de proyecto y ejecución.
- Los dos elementos componentes que más lesiones reportaron fueron los cierres de vanos y los muros.

De igual forma, los autores señalan que en el caso de los muros se concentra una gran cantidad de lesiones al coincidir varias familias de patologías, como son las humedades, fisuras y grietas y los daños en los revocos.

En este caso, las causas que más inciden son las relativas a las violaciones de las normativas vigentes, tanto en la etapa de proyecto como de ejecución; puntos en los que deberá de poner especial atención el Responsable de Obra. Las lesiones en las cubiertas o losas de azotea tienen como causa principal daños defectos de proyecto y ejecución y en menor medida el envejecimiento natural de los materiales, pues la vida útil de las protecciones rara vez rebasa de los 5 a los 8 años.

Por su parte, Barrantes (2007) puntualiza que las actividades que generan mayores problemas en los procesos constructivos en la vivienda de tipo medio residencial son: Mueble de cocina, Fontanerías, Recubrimientos, Pega de bloques y Formaletas. Lo anterior se tendrá en cuenta para establecer los indicadores de las fallas de los que se auxiliará esta propuesta.

6. Puntos críticos del Proceso

Por lo que respecta a los procesos patológicos que pueden generar daños en la vivienda, comprometiendo directamente la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio, Poves (2015) señala los siguientes: cimentación, instalación de soportes y vigas, forjados, muros de carga.

El comportamiento anómalo de la cimentación y estructura en una vivienda se manifestarán en grietas y fisuras, las que, a su vez, se manifestarán principalmente en tabiquerías, muros de cerramiento y revestimientos; antes que en los elementos estructurales (Poves, 2015).

3.2.2 Modelo 3Cv+2 orientado a la Calidad Total en Procesos constructivos en Serie

El Modelo 3C+2 representa una metodología dirigida a implantar el concepto de Calidad Total en las empresas constructoras que emplean procesos en serie, por lo que es sumamente extenso y al igual que el Modelo Seis Sigma contempla infinidad de lineamientos y estrategias para implementar la calidad en las organizaciones constructoras, con la diferencia de que este modelo es sumamente flexible, lo que facilita su implementación.

Si bien para las constructoras puede resultar complejo de desarrollar el modelo en su totalidad e involucrarse en el proceso de certificación, si se pueden replicar algunos de los procesos que el modelo presenta con el objetivo de que la constructora asegure un buen resultado en cada una de las etapas del proceso constructivo; por lo que a continuación, se proponen algunos de sus elementos principales para que las constructoras puedan ir implementando metodologías de calidad y de esta forma empezar a redireccionar sus objetivos de forma paulatina al concepto de calidad total.

Objetivo: establecer bases y lineamientos que den forma y estructura al concepto de calidad durante los procesos constructivos en serie de una vivienda.

Criterios de calidad para la vivienda de tipo medio residencial: Insumo-Proceso-Producto.

Mecanismos de aseguramiento de Calidad: dos auditorías: una interna y otra externa.

Documentación: Manual de Calidad del Modelo.

Categorización de los Procesos Constructivos: aunque en la vivienda en serie todos los procesos constructivos son importantes, como se vio con antelación algunos son críticos para la definición final de la calidad de la vivienda. El modelo de calidad 3cv+2 tiene por objeto asegurar la calidad de todos los procesos de construcción de la vivienda, especialmente en los críticos para la seguridad y durabilidad de ésta. Para ello, los procesos constructivos se pueden clasificar en dos grandes categorías para fines de su atención:

Procesos Críticos: agrupan a los procesos estructurales y funcionales como son las instalaciones hidráulicas, sanitarias y eléctricas.

Procesos Principales: agrupan a los procesos estéticos.

3.2.3 Indicadores

Para obtener parámetros medibles que reflejen la efectividad de un proceso o modelo, en cualquier implementación se deben de definir indicadores que permitan evaluarla en cualquier momento. Para el presente caso, se proponen los siguientes tipos de indicadores que proporcionen información útil para la organización, sobre la que se puedan hacer análisis cuantitativos y comparativos entre los resultados obtenidos por las constructoras antes y después de implementar el modelo.

3.2.3.1 Indicadores de Productividad

Se propone utilizar los siguientes indicadores globales de productividad:

- Desviación del Costo: el fin de este indicador es saber qué tan confiables son los presupuestos en los que se basa la obra. Como Villagarcía (2012) señala, si se obtienen valores mayores a cero, se infiere que se han gastado más recursos de los proyectados, lo que refleja que el presupuesto estuvo mal elaborado o que hubo un desperdicio de recursos.
- Desviación del Plazo: refleja el grado de confiabilidad para proyectar el tiempo de ejecución de la obra.

3.2.3.2 Indicadores de Pérdidas

Consumo de mano de obra: puede cuantificarse en relación de horas/superficie² construida. Si bien este tipo de indicadores es esencial para cualquier constructora, Villagarcía (2012) puntualiza que los indicadores de consumo de mano de obra se deben manejar de manera minuciosa, ya que debido a las múltiples variables que los condicionan, sólo son comparables en condiciones muy específicas.

En este sentido es importante, no simplemente calcular el indicador, sino relacionarlo con los factores que afectan o pueden afectar la productividad, ya que el índice por sí solo no será de utilidad si no está relacionado con la comprensión de las causas que pueden alterar la productividad y los factores que condicionan un servicio, por lo que realmente servirán para atender dichas causas.

Pérdidas de materiales: este tipo de indicadores es sumamente relevante dada su gran incidencia en el costo final de obra. El tener información para cuantificar las pérdidas, hace posible que las constructoras adquieran métodos para reducir sus pérdidas a través del control del consumo de materiales. Para ello, Villagaracía (2012) propone los siguientes indicadores:

- Pérdidas de concreto
- Pérdidas de acero
- Pérdidas de ladrillo

- Variación porcentual del espesor medio del tarrajeo de pared con relación al especificado en el proyecto.
- Variación porcentual del espesor medio del contrapiso con relación al especificado en el proyecto.

3.2.3.3 Indicadores de Calidad

En cuanto a los indicadores de calidad, hay una gran variedad de ellos y se deben de definir en congruencia a cada etapa del proceso según los principales errores de calidad que la organización quiera suprimir, pero principalmente se pueden definir los siguientes:

Yield: se determina en relación de lo obtenido con lo proyectado, es decir, es el porcentaje en el que se logra un objetivo. En este sentido, el yield será expresado en términos de porcentajes.

Reducción de la Variabilidad: los procesos de producción, aunque sean los mismos varían al momento de ejecutarse y pueden generar diferencias entre productos, así se manufacturen con la misma materia prima y mano de obra. Existen dos motivos para reducir la variabilidad en el proceso de producción: una producción uniforme disminuye la aparición de actividades que no agregan valor, causada por la interrupción de los flujos de trabajo y retrabajos para subsanar las fallas generadas durante las distorsiones del proceso, lo que genera pérdidas de productividad (Ayala, 2012). En este sentido, la reducción de la variabilidad es un objetivo y un indicador que señale que las propuestas implementadas dirigidas a aumentar la calidad en los procesos constructivos en serie, está funcionando. Puede ser expresada en porcentaje.

3.2.3.4 Indicadores de Fallas y Tolerancias

También se deberán de definir en congruencia con lo que la organización proyecte o con base a los que identifique que en la etapa de muestreo se presentan con mayor frecuencia, pero pueden seleccionarse los siguientes que corresponden a los procesos críticos; para los que se deberán de establecer las tolerancias de acuerdo con los lineamientos de cada proyecto:

- Trazo y nivelación: diferencia significativa en las medidas (en milímetros o centímetros), procesos incompletos (en porcentaje).
- Cimentación de concreto: puntos de amarre y tiro directo en capas alternadas incompletos.
- Losa de Cimentación: armado, peralte, diferencia significativa de ubicación de instalaciones, de ubicación de castillos, escuadras y apariencia final (segregado, exposición de acero, desnivel mayor a 2 mm x m²).
- Muros de Block PB y PA: desplante de primera hilada (escuadras, ejes y vanos) (si es correcto con base al plano y escuadras), plomeo (diferencia significativa en milímetros x entrecaposo).
- Muros de Block PB y PA: ubicación vanos de puertas y ventanas, sección de castillos, apariencia castillos y muros (deberá de ser sin segregado y acero expuesto, junta uniforme, superficie limpia, sin residuos y sin daños).
- Losa de Entrecaposo y escalera: sección y Armado de losa, vigas y escalera; Instalaciones (eléctricas, hidráulicas, sanitarias, gas), apariencia superior e inferior (deberá de ser sin segregado y acero expuesto, junta uniforme, superficie limpia, sin residuos y sin daños); sección, huellas y peraltes (diferencia significativa en milímetros o centímetros).
- Losa de azotea: sección y Armado de losa, vigas y escalera; Instalaciones (eléctricas, hidráulicas, sanitarias, gas) (deberán de ser conforme a los planos), apariencia superior e inferior (deberá de ser sin segregado y acero expuesto, junta uniforme, superficie limpia, sin residuos y sin daños).
- Albañilería interior: verificación de plomeo y sentido de marcos, ubicación de nivel de llaves y tubos, instalación de cableado (guías), verificar escuadre, despiece y cortes de azulejo, apariencia (deberá de ser uniforme en los resanes, anchos de boquilla, plomeo de azulejo).
- Ventanas: nivelación, plomos, fijación.
- Impermeabilización: instalación de malla (sentido, traslapes y pliegues), adherencia (burbujas de aire), superficie cubierta (deberá cubrir la superficie especificada).

- Yeso: plomeo, aristas y remates, apariencia y uniformidad (uniforme en espesor, perfilado de salidas, color, total de los elementos).
- Acabados interiores y accesorios: insumos especificados, apariencia uniforme (color, tono, tipo de insumo), limpieza uniforme a la vista (vidrios, pisos, muebles de baño, muros).
- Instalación Eléctrica: instalados especificados, marca, tipo y calibre según proyecto.
- Instalación de Gas: hermética, completa según proyecto.
- Instalación hidrosanitaria: hermética, completa según proyecto.

3.2.4 Instrumentos de recolección de información de la propuesta

Los instrumentos o herramientas son los elementos básicos para que el modelo 3cv+2 recolecte los datos requeridos. Cabe señalar que, dada la flexibilidad de este modelo, cada organización puede generar formatos o herramientas adicionales (por ejemplo, formatos de reclamos de clientes en los que se identifiquen las fallas) en congruencia con sus objetivos.

3.2.4.1 Checklist de recolección de datos

De forma adicional, cualquier empresa constructora se puede apoyar de Checklists para la recolección de datos. Este es un instrumento práctico que se puede llenar de forma rápida, útil para recolectar registros congruentes con necesidades específicas. El Checklist se utiliza en cualquier momento en que se quiera asegurar que se han seguido todos los pasos o implementado las acciones necesarias para cumplir con un objetivo.

Para el Checklist de Recolección de Datos Barrantes (2007) señala que se deberá definir lo siguiente:

1. Establecer el propósito de los datos que se están tratando de reunir: Determinar la causa principal de los problemas (por ejemplo, determinar la causa principal de los reclamos de los clientes)
2. Definir el tipo de datos necesarios: datos que ayudarán a comprender las causas potenciales y las categorías de los problemas (de tipo cualitativo, cuantitativo, etc.).
3. Identificar quiénes los llenarán y dónde se deben recolectar los datos.

3.2.4.2 Checklist de definición de problemas

El Checklist de Definición de Problemas se utiliza para identificar información específica enfocada al análisis de un problema. Se puede implementar de manera departamental u organizacional, dependiendo del objetivo con el que se quiera utilizar la información. Este instrumento se puede elaborar de la siguiente manera para identificar y acordar una descripción efectiva del problema:

- Específica: que explique exactamente qué está mal y distinga la deficiencia de otros problemas en la organización.
- Observable: que describa la evidencia visible del problema (para lo que se puede complementar con fotos).
- Medible: que indique el alcance del problema en términos cuantificables.
- Manejable: a) se puede resolver dentro de la esfera de influencia del equipo; y b) se puede resolver en un plazo de tiempo razonable.

3.2.4.3 Ficha Técnica

Es un formato estandarizado en la organización que documenta los procesos constructivos determinados por la empresa para verificar y certificar la calidad. En la ficha técnica se definen bajo el enfoque de procesos (antes, durante, después) las características de los insumos, el proceso constructivo y el producto final.

La ficha técnica representa un referente que la constructora debe actualizar continuamente, agregando, suprimiendo o modificando fichas de acuerdo con la actualización, cambios o mejoras que sufra el proceso constructivo, de tal manera que siempre esté vigente y sea congruente con la realidad tecnológica de la empresa. Detalla qué es lo que debe ser verificado, por lo que es un instrumento primordial para las auditorías.

Para que la ficha realmente represente una herramienta de recolección de información y sea un instrumento útil para la auditoría, deberá de contener los apartados descritos en el Anexo 1 Ficha Técnica.

3.2.4.4 Matriz de aseguramiento de Calidad

Las matrices son instrumentos en los que cada equipo de supervisores y auditores de calidad llevan a cabo evaluaciones cuantitativas y cualitativas de cada uno de los procesos, así como una evaluación completa de todos los procesos seleccionados. En las matrices se resumen y correlacionan los elementos de verificación indicados en la ficha técnica y los criterios definidos en la sección de descripción de procedimientos. En este sentido, las matrices de aseguramiento de calidad ofrecen la correlación entre el qué verificar de las fichas técnicas y el cómo verificar descrito en los procedimientos. Son los instrumentos a utilizar en campo de manera cotidiana, ya que las fichas son los referentes, y las matrices de aseguramiento reflejarán cómo los procedimientos son ejecutados de forma real por el personal de la organización en la práctica. En el Anexo 2 se presenta un ejemplo de un formato de Matriz de Aseguramiento de Calidad, y un ejemplo para su llenado.

3.2.4.5 Descripción de Procedimientos

Como Solís (2009) refiere, la descripción de los procedimientos representa el referente del cómo verificar. Caracteriza una guía que el personal responsable de monitorear la calidad de la vivienda (verificadores, supervisores, residentes, etc.) debe de seguir para calificar los procesos constructivos definidos en las fichas técnicas.

3.2.4.6 Bitácora de calidad

En este documento se deberá de registrar de manera general los procedimientos evaluados, fecha, y resultado de evaluación, así como las observaciones que considere pertinentes el auditor interno de calidad; así como quien o quienes llenar la bitácora. Representa un formato de más fácil acceso que la Matriz de aseguramiento de calidad, es decir, se puede revisar de una forma más rápida y práctica; y está al alcance de los interesados en la información que se consigna en ella.

3.3 Implementación de la Propuesta

Para que la propuesta que se presenta realmente sea efectiva, se deberá de apoyar de las siguientes líneas de acción:

- I. El personal de campo y el auditor de calidad deben conocer y entender perfectamente los instrumentos de los que se apoyará la propuesta (fichas técnicas, checklist, descripción de procesos, etc.).
- II. Los instrumentos de apoyo deberán de representar criterios estandarizados en la organización útiles para la aceptación o rechazo de los procesos de construcción supervisados.
- III. El supervisor con el apoyo del auditor de calidad deberá de hacer un seguimiento de cada una de las etapas de construcción de la vivienda, y en conjunto decidir si aceptan o rechazan el proceso constructivo evaluado; tomando en cuenta que la calidad de cada proceso constructivo es determinante para la siguiente etapa.
- IV. La aceptación o rechazo mencionada en el apartado anterior deberá de determinarse en función del cumplimiento de los criterios. De igual forma, dicha evaluación debe quedar asentada en un reporte semanal o en la bitácora de calidad.
- V. El incumplimiento del estándar de calidad fijado para los procesos constructivos obliga al supervisor y al auditor, o a ambos, a emitir un aviso de calidad de no conformidad; así como las causales de ello.
- VI. En congruencia con lo anterior, cuando se identifique un incumplimiento al estándar de calidad (o rechazo o cualquier actividad que involucre un retrabajo) se deberán de tomar las medidas correctivas del proceso y documentarse, que deberán realizarse de manera inmediata, sin modificar la calificación obtenida en el mismo. Los resultados de mejora deberán ser evaluados en las mediciones posteriores, de tal manera que se genere una cultura de calidad.
- VII. El supervisor y el auditor de calidad realizarán un informe de lo acontecido durante la ejecución del proceso constructivo en serie, independientemente del seguimiento que se lleva para asegurar la calidad parcial al final de cada paquete de viviendas. De este modo pueden identificarse las mejores prácticas del contratista, y las áreas de oportunidad, generando información útil para retroalimentar el ciclo de mejora continua.

3.3.1 Consideraciones

- I. Como García et al. (2005) y Solís (2009) identifican, las actividades propias del modelo 3cv+2 no deberán de sustituir de ninguna forma a las actividades de supervisión tradicional propios de los procesos constructivos en serie dado que este modelo enfoca en sistematizar y regular el proceso de supervisión de la vivienda; mientras que la supervisión regular se define con base en los lineamientos de control de cada empresa, en tanto que la verificación de estándares se hace en las viviendas seleccionadas de una muestra para fines de registro.
- II. La práctica cotidiana del personal de campo en la aplicación del modelo de calidad 3cv+2 permitirá afinar y sistematizar el sentido práctico de la supervisión de obra y generar experiencia, además de integrar un registro de la calidad de la vivienda.

3.4 Procedimientos de apoyo de la Propuesta

De igual forma, se presentan los siguientes procedimientos de apoyo que se deberán de ejecutar para la efectividad de la propuesta.

3.4.1 Selección de Métodos para la Reunión de Datos

Un método idóneo para la recolección de datos será el que tome poco tiempo para recolección, bajo costo y de alta confiabilidad, así como facilidad de acceso a los datos. Para ello, el método se puede auxiliar de los checklists descritos en el apartado de instrumentos.

3.4.2 Monitoreo

El monitoreo representa una actividad básica en cualquier proceso: consiste en numerosas observaciones cortas de la labor de los operarios en su sitio de trabajo, así como del uso que se les da a los equipos, categorizando en grupos principales esas mediciones, para lo que cada constructora puede definir sus indicadores y formatos.

De cualquier forma, se debe de tomar en cuenta que a través del monitoreo se puede conocer el tiempo que se lleva cada operación, se detectan los problemas que afectan la productividad, así como los puntos críticos que generan las fallas más recurrentes en cada caso en procesos constructivos en serie específicos.

3.4.3 Calendarización

Para facilitar el cumplimiento de los controles de calidad, es necesario definir cronogramas de trabajo en donde se incluya la revisión a fin de brindar un referente útil para conocer los tiempos de avance y tener un mejor control. En el Anexo 3 se propone un ejemplo para ello.

3.4.4 Revisión de las tolerancias de cada actividad

Las tolerancias de calidad en un proceso de construcción deben de revisarse periódicamente para asegurarse que son funcionales al proyecto y congruentes con la normatividad de la localidad.

3.4.5 Administración Participativa

Barrantes (2007) recomienda para disminuir las pérdidas en el personal que labora en construcción, implementar la herramienta de Administración Participativa, para concientizar a los trabajadores sobre la importancia de usar adecuadamente los materiales y equipos, y darles la confianza de comunicar situaciones que ellos consideran no adecuadas.

3.5 Manual de Calidad de la empresa

La base documental del modelo 3cv+2 se integra en un manual de calidad que es desarrollado por cada una de las organizaciones constructoras. Cabe señalar que, en congruencia con la flexibilidad del modelo, para García et al. (2005) este manual de calidad tiene la característica de ser evolutivo, ya que una vez implementado deberá de actualizarse, mejorarse y adaptarse continuamente de acuerdo con los procesos técnicos y administrativos que se ejecutan en la construcción de las viviendas en serie. Para ello será fundamental que en el proceso de integración de la base documental; el líder interno de calidad se apoye técnicamente en los departamentos de diseño, construcción y control, para la definición de los procesos constructivos, y del procedimiento de verificación de estos.

Solís (2009) sugiere la siguiente estructura para la integración de la base documental del modelo de calidad, en el que las secciones IV, V, y VI son obligatorias:

- Sección I. Perfil de la empresa

- Sección II. Introducción de calidad de la empresa (misión, visión, política de calidad, etc.)
- Sección III. Guía de Aplicación del Modelo 3Cv+2
- Sección IV. Fichas Técnicas ordenadas lógicamente de acuerdo con el proceso constructivo
- Sección V. Procedimientos de ejecución y medición ordenados lógicamente de acuerdo con el proceso constructivo
- Sección VI. Matrices de Aseguramiento de Calidad ordenadas lógicamente de acuerdo con el proceso constructivo.
- Sección VII. Anexos

Conceptos para integrar el Manual de Calidad del modelo

Descripción de Procedimientos: descripción por escrito del proceso constructivo y de los criterios de supervisión, para llevar a cabo la verificación en campo de los elementos indicados en la ficha técnica (García et al., 2005).

Matriz de Aseguramiento de Calidad: es una herramienta cotidiana de trabajo de los supervisores, auditores y personal involucrado en el proceso de implantación, verificación y mejora de la calidad de la vivienda (García et al., 2005). En las matrices se resumen y correlacionan los elementos de verificación indicados en la ficha técnica y los criterios definidos en la sección de descripción de procedimientos.

Auditoría Interna: proceso de verificación que realizan los supervisores y los auditores internos para garantizar la ejecución de las viviendas con base en los criterios establecidos (García et al., 2005). En este proceso se identifican las desviaciones, las fallas, y las medidas correctivas que deben realizarse. Se propone que la organización prepare y certifique a sus propios auditores internos.

Auditoría Externa: proceso de verificación y evaluación que realizan los organismos externos para corroborar la correcta aplicación de la Base Documental. En este sentido, el encargado

de ejercer esta función puede ser el Director Responsable de Obra (DRO) al estar avalado por un Colegio de Ingenieros Civiles o Arquitectos.

Ciclo de Mejora: es el proceso continuo que se debe verificar en la organización para mejorar la Base Documental y el proceso constructivo de la vivienda.

3.6 Evaluación de la propuesta

Toda propuesta requiere de una evaluación que refleje si su implementación fue útil o no, por lo que a continuación se sugieren los siguientes mecanismos de evaluación:

3.6.1 Muestreo

En los procesos constructivos en serie, las viviendas que se producen no difieren en cuanto a materiales y diseños utilizados, por lo que como Muñoz (2004) puntualiza, al presentarse una falla en una de estas viviendas es muy probable que esta misma falla se replique en la totalidad del conjunto. Por ello, el muestreo de viviendas puede representar una práctica sumamente útil para que la constructora identifique las fallas más recurrentes que se originan en sus procesos y se enfoque en prevenirlas.

En el muestreo utilizado en el modelo 3cv+2 los elementos de la muestra se seleccionan con base a la conveniencia; lo que hace este método sumamente práctico. La muestra deberá de ser de tipo aleatorio simple, ya que cada una de las viviendas o lotes del fraccionamiento tienen la misma probabilidad de ser elegidos, y en las que la selección de un lote o vivienda no afecta las probabilidades de elección de cualquier otro.

Por ejemplo, para cada 500m² de área de construcción se puede analizar un área mínima de 30 m² y una máxima de 150 m² (es decir, entre el 6% y el 30% del área). En este sentido, la evaluación consistirá en identificar el número de defectos entre el número de revisiones realizadas por cada proceso constructivo; después se realizará la cuantificación de los totales de defectos y revisiones por cada concepto general de análisis. Con estos datos se pueden retroalimentar los indicadores que cada organización considere utilizar.

3.6.2 Recurrencia de la Falla

Si los controles implementados tuvieron resultado, entonces por consecuencia la recurrencia de la falla debió de haber disminuido, por lo que se propone verificar a través de la Matriz de Recurrencia de Fallas que se presentó en la Tabla 2 para corroborar que la incidencia de la falla haya disminuido.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y EXPERIENCIAS

Como se vio a lo largo de esta investigación, una característica de la industria de la construcción es su gran variabilidad, sobre todo en lo que respecta en la construcción en serie de la vivienda de tipo medio residencial, dada la cantidad de organizaciones del sector privado que se dedica a proveer su demanda. Todas estas organizaciones tienen metodologías de trabajo muy diferentes, lo que abona a la diversidad de este sector. Lo anterior, hace que no existan lineamientos estandarizados que definan el nivel de calidad que el usuario recibe en un inmueble que formará parte de su patrimonio familiar, y que le representa una fuerte inversión; por lo que lo óptimo sería ofrecer viviendas de calidad en las que ya no se tenga que invertir en reparaciones una vez entregadas.

Por otra parte, llama la atención que la vivienda en serie en nuestro país, en muchas ocasiones aún utiliza procesos artesanales: esto hace que el éxito o fracaso de los procesos dependa de la destreza y experiencia de las personas que ejecutan los trabajos y de quién los dirige, lo que lógicamente incide en la uniformidad de los procesos constructivos y complica alcanzar estándares de calidad uniformes, aunque se trate de procesos constructivos en serie similares.

Derivado de toda esta variabilidad y del entorno económico en el que interactúa la industria de la construcción, sus problemas generalmente son una baja productividad de la organización y baja calidad en las viviendas entregadas.

Además, no se debe perder de vista que casi todos los proyectos de construcción son diferentes (aunque se engloben en la tipificación de la vivienda de tipo medio residencial) e involucran una gran cantidad de variables y participantes en un mismo espacio, delimitado por el sitio de la obra, y en un mismo tiempo. Todo lo anterior complica que se implementen metodologías y estándares rígidos de calidad en lo que respecta a la vivienda de tipo medio residencial producida en serie.

También es importante identificar que la calidad final de la vivienda depende, a su vez, de la calidad de las etapas, y por su parte, la calidad específica de cada etapa depende en gran medida de la etapa que la antecede: en este sentido, es esencial identificar puntos críticos de los procesos constructivos en serie para implementar mecanismos dirigidos a evitar que se generen fallas en ellos; ya que la falta de supervisión y verificación en los procedimientos y tareas de ejecución representa la mayor fuente de las principales deficiencias y fallas en las secciones de la vivienda. Como referente, se considera que los procesos críticos son aquellos que agrupan a los procesos estructurales y funcionales, tales como instalaciones hidráulicas, sanitarias y eléctricas.

Dentro de estos procesos críticos, los autores revisados mencionan que los elementos en los que se presentan más problemas en las viviendas son los acabados interiores, techos, muros y albañilería exteriores, pisos, muros interiores, losas, puertas, ventanas y otros componentes. Por lo que respecta a los procesos patológicos que pueden generar daños en la vivienda, comprometiendo directamente la resistencia mecánica y la estabilidad de ella, los autores señalaron la cimentación, instalación de soportes y vigas, forjados, muros de carga: en este sentido, la falta de funcionalidad de la cimentación y estructura en la vivienda, se manifestará en grietas y fisuras, las que, a su vez, se presentarán en tabiquerías, muros de cerramiento y revestimientos antes que en los elementos estructurales. Se hace hincapié en que, en cuanto a las fallas que afectan a la vivienda de tipo medio residencial construida en serie, la información se obtuvo de trabajos de investigadores interesados en el tema, ya que las constructoras del sector privado que son las proveedoras de este tipo de vivienda no comparten de forma abierta información sobre las fallas que se presentan en sus procesos, lo

que complica que se hagan estudios y trabajos dirigidos a elevar la calidad de los procesos constructivos en serie.

Dicha información sería de gran utilidad, ya que si bien surge el comparativo entre los altos estándares de calidad y metodologías que utiliza la industria manufacturera para asegurar la calidad en sus productos terminados, y teóricamente se afirma que sí es posible transpolar dichas metodologías de calidad a las organizaciones constructoras argumentando algunos puntos en común; se reitera que la industria de la construcción es muy diferente: como evidencia de ello, se hizo referencia a un estudio en el que se documentó la alta complejidad para insertar la metodología Seis Sigma en constructoras orientales y los pobres resultados que se obtuvo de ello, lo que demanda que existan modelos de gestión de calidad diseñados especialmente para la industria de la construcción, que tomen en cuenta sus procesos y necesidades.

En este sentido, se pueden implementar modelos de gestión diseñados para mejorar de manera gradual y sostenida los procesos y calidad de la industria de la construcción de la vivienda en serie, tomando en cuenta sus características: por ello, en la propuesta de mejora presentada se considera el Modelo 3C+2, llamado así porque toma en cuenta los siguientes tres elementos: insumos-procesos-producto terminado (los cuales representan elementos focales en los procesos constructivos) y se auxilia de dos inspecciones. Adicionalmente, la propuesta contempló instrumentos e indicadores de interés congruentes con las necesidades de las organizaciones constructoras, puso enfoque en procesos y puntos críticos propios de esta actividad, y ofreció métodos de muestreo para su evaluación de práctica aplicación.

Cabe señalar que se optó por el modelo mencionado dada su gran flexibilidad de adecuación en las organizaciones constructoras. Por otra parte, en la propuesta se ofrecieron puntos generales que cada empresa puede adaptar según sus necesidades; lo importante será empezar a implementar los mecanismos pertinentes tales como las inspecciones y documentación en fichas técnicas, matrices de aseguramiento de calidad, y el manual de calidad de la organización para que ésta empiece a redireccionar su desempeño hacia una cultura de mejora continua y calidad total.

Como Castañares (2015) asevera, la convicción de implementar modelos que aseguren la calidad en los procesos constructivos en serie requiere que los involucrados dejen vicios y salgan de una visión tradicional de corrección de errores al final del ciclo, y que se enfoquen en garantizar la calidad durante todo el proceso y sus etapas. En lo que respecta a la organización, para que ésta se comprometa con la gestión de calidad, será esencial concientizar a sus directivos y colaboradores de que implementar metodologías de calidad, hará más productiva a la organización, ya que le evitará pérdidas por retrabajos y le dará una buena reputación en el mercado.

CONCLUSIÓN

En esta investigación, se consideró la importancia tanto social como de necesidad básica de la vivienda, ya que ésta va más allá de ser sólo un espacio delimitado por paredes y techo: ello demanda que las empresas proveedoras de viviendas pongan especial interés en proporcionar productos que aporten de forma positiva a la calidad de vida de las familias que las habitarán.

En este sentido, durante el desarrollo del presente trabajo se evidenció carencia de referentes por parte de las organizaciones constructoras privadas que ofrezcan información sobre los problemas que éstas afrontan en sus procesos, así como las soluciones técnicas y herramientas conceptuales de las que se auxilian para solventarlos, lo que sólo complica que se diseñen modelos dirigidos a implementar la calidad en procesos productivos en serie de las viviendas de tipo medio residencial.

Sin embargo, desde una perspectiva teórica, la información reflejó que las causas más representativas que incidieron en la generación de fallas en las viviendas de tipo medio residencial tienen que ver con la falta de supervisión y uniformidad en los procesos en serie, pues éstos aún se realizan de manera artesanal, lo que aporta una gran variabilidad en los resultados que se puedan obtener de ellos, pues dependen en gran parte del factor humano.

Por otra parte, cabe señalar que la supervisión e inspección son actividades básicas para los procesos en serie, ya que de la calidad de cada proceso dependerá la calidad y funcionalidad de la siguiente etapa; por lo que una mala supervisión o deficiencia en la inspección que deje pasar por alto fallas afectará el resto del proceso y la calidad final de la vivienda.

Lo anterior evidencia la falta de métodos que verifiquen la correcta ejecución de las labores que integran cada eslabón del proceso constructivo en serie, métodos que representarían inspecciones de calidad. Para que estas inspecciones sean efectivas, deberán de contemplar la verificación en puntos críticos de los procedimientos de las tareas de ejecución y auxiliarse de las herramientas adecuadas para ello, tales como ayudas visuales e instrumentos en los que se recoja la información generada de estas inspecciones, útil para dar continuidad a la calidad a lo largo del proceso.

Por ello, se presentó una propuesta en la que se integraron elementos congruentes con las necesidades de la industria de la construcción proveedora de la vivienda en serie, tales como el Modelo 3C+2, indicadores e instrumentos pertinentes para reflejar registros de interés para estas organizaciones, conceptos, instrumentos y métodos de evaluación de aplicación práctica que generarán información útil para la toma de decisiones enfocada a disminuir las fallas y mejorar los procesos constructivos en serie.

Para que la propuesta sea eficaz, se recomienda concientizar al personal involucrado en los procesos constructivos sobre la importancia de implementar mecanismos de aseguramiento de calidad y su documentación; ya que el aprendizaje de las fallas de construcción y mejora de los procesos se debe de adquirir tanto a nivel individual como a nivel organizacional, para que éste se genere de forma sostenida y abone a la experiencia de la organización: todo esto favorecerá el que la constructora entre en un proceso de cultura de calidad, la hará más productiva y aumentará su rentabilidad.

ANEXOS

Anexo 1 Ficha Técnica

Ficha Técnica – Aseguramiento de Calidad de Procesos		Versión:
(Nombre de la Empresa)		Fecha:
		Hoja: de:
Departamento Emisor:	Proceso: (Nombre o descripción del proceso a documentar)	
Actividades a Verificar	Ayudas Visuales (Apoyos gráficos)	Observaciones
Antes de la ejecución o supervisión		
Describe los documentos, información, procesos, insumos y, en general, todos los requisitos necesarios para la adecuada ejecución del proceso definido en el proceso (campo superior derecho)	Fotografías, diagramas y apoyos visuales para la descripción del campo “Antes de la ejecución o Supervisión” para que el operador tenga un referente sobre si lo que está recibiendo del proceso anterior es lo adecuado. En caso contrario, deberá de notificarlo o documentarlo.	Ofrece información adicional a la descripción “Antes de la ejecución o supervisión”.
Durante la Ejecución o Supervisión		
Describe los criterios, requisitos y especificaciones	Presenta de forma gráfica (mediante fotografías,	Ofrece información adicional a la descripción “Durante la

que deberán de cumplir los procesos en ejecución, y que serán revisados por el supervisor, por el auditor de calidad de la empresa, y por DRO (Director Responsable de la Obra).	diagramas y apoyos visuales) la descripción del campo “Durante de la ejecución o Supervisión”.	ejecución o supervisión”.
Después de la Ejecución o Supervisión		
Describe los criterios, requisitos y especificaciones que deberán de cumplir los elementos construidos, y que serán revisados por el supervisor, por el auditor de calidad de la obra y por DRO (Director Responsable de la Obra).	Presenta de forma gráfica (mediante fotografías, diagramas y apoyos visuales) la descripción del campo “Después de la ejecución o Supervisión”.	Ofrece información adicional a la descripción “Después de la ejecución o supervisión”.
Elaboración:	Autorizó:	
	Fecha:	

Elaboración propia con información de: 3cv+2: Modelo de Calidad para la Construcción de Vivienda en México (Solís, 2005).

Anexo 2 Matriz de Aseguramiento de Calidad
Ejemplo formato

CRITERIOS DE MEDICIÓN						
CONCEPTOS						EVALUACIÓN
EVALUACIÓN TOTAL DE CADA CRITERIO DE MEDICIÓN						

* En el campo “Conceptos” se indican los conceptos o actividades que se evaluarán en cada visita de revisión a la obra.

* En los Criterios de Medición, se indican los criterios a medir para la evaluación de cada uno de los conceptos.

* En la Evaluación Total de cada criterio de medición se indica el parámetro numérico resultante de la evaluación de cada criterio de medición (se puede evaluar como 3, 2 y 1 y al final sacar el promedio respecto a éstos).

Ejemplo aplicación Matriz de Aseguramiento de Calidad

	CRITERIOS DE MEDICIÓN								EVALUACIÓN	
	Muros de Block				Cerramientos					
CONCEPTOS	Desplante de primera	Plomeo	Ubicación vanos de	Sección de castillos	Apariencia castillos y muros	Armado	Niveles superior e	Apariencia	Pasos y cajas de Instalaciones	
Escuadras, anchos de huecos en puertas y sellado de primera junta, ejes, medidas de espacio, salidas de instalaciones de la primera carrera de blocks.	3									100%
La revisión se ejecutará previo al colado de castillos. Una vez que éstos han sido cimbrados el objetivo será: alturas, plomeos, escuadras, anchos de castillos, sujeción del armado de castillos, anchos en ventanas, alturas de antepechos y ubicación.		3	2	3						88.9%
La revisión se realiza antes de colar cerramientos pero una vez que han sido cimbrados: apariencia de				3						100%
					1	3			1	55.6%

castillos y bajantes colados con anterioridad, niveles superior e inferior de cerramientos, estado de la madera, cruce de instalaciones, armados, sección.										
Apariencia de cerramientos, marcar rebabeos, resanes, colación y resanes de instalaciones al terminar muros y cerramientos.				3					100%	
							2		66.7%	
	+ 90% correcto a plano y escuadras ± 1 mm X mm	+ 90% correcto a plano y con diferencia menor o igual a 5 mm X entrepiso	+90% correcto a plano y con diferencia $\pm a 5$ mm	+90% correcto con diferencia ± 1 cm.	+90% correcto, sin segregado o acero expuesto, junta uniforme, superficie limpia, sin residuos o daños.	± 1 cm.	+90% correcto con diferencia ± 1 cm.	+90% correcto, sin segregado o acero expuesto	100% respecto a plano	85.2%
EVALUACIÓN TOTAL DE CADA CRITERIO DE MEDICIÓN:									85.2	

Anexo 3 Formato de Calendarización

Ejemplo formato Calendarización

Etapa	Punto de control o Proceso	Tipo de Revisión	Tiempo asignado a la etapa	Tiempo en el que se hará la revisión

* En la columna “Etapa” se identifica el subproceso al que corresponde la actividad que se calendarizará.

* En el punto de control o proceso, se señala la actividad en la que la constructora encontró fallas de manera recurrente.

* El tipo de revisión debe ser congruente con la falla que se pretende auditar.

* En el campo “Tiempo asignado a la etapa” se consigna el número de días determinado para la etapa en sí.

* En la columna “Tiempo en el que se hará la revisión” se debe de definir el número de día de la etapa en el que se auditará la actividad.

Ejemplo aplicación Formato Calendarización

Etapa	Punto de control o Proceso	Tipo de Revisión	Tiempo asignado a la etapa	Tiempo en el que se hará la revisión
Cimentación (preparación del terreno)	Compactación del terreno	Laboratorio de mecánica de suelos	5 días	1 día
Cimentación (colado)	Calidad del concreto	Ensaye de compresión de cilindros de concreto	2 días	7, 14 y 21 días
Muros	Verticalidad	Plomada	3 días	1 día
Instalaciones	Sin obstrucciones	Guía acerada	5 días	1 día
Acabados	Estética acorde a proyecto	Supervisión de obra	7 días	7 días

Bibliografía

- Arditi, D., & Murat, G. H. (1997). Factors That Affect Process Quality in the Life Cycle of Building Projects. ASCE. Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 124 No. 3.
- Audeves, S., Solís, R., Álvarez, S., & Martínez, A. (2013). CAUSAS DE FALLAS CONSTRUCTIVAS PRESENTADAS EN PROYECTOS . CYAD, 117-134.
- Ayala, M. (2012). Tesis Implementación del Modelo de Calidad 3CV+2 para la Construcción de la Vivienda en serie. Bucamaranga: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Barona, E., & Sánchez, F. (2005). Procesos patológicos en viviendas de interés social. El Hombre y la Máquina, 62-71.
- Barrantes, G. (2007). Implementación en procesos constructivos de métodos de calidad utilizados a nivel industrial. Bogotá: ICO TEC.
- Bernabeu, A. (2007). Estrategias de diseño estructural en la arquitectura contemporánea. Madrid: Departamento de Estructuras de Edificación .
- Botero, B., & Álvarez, M. (2004). Guía de mejoramiento para la productividad en la construcción. Rev. Uni. EAFIT, 50-64.
- Cajal, S., Martínez, L., & Michel, A. (2021). Para el sector de vivienda en México, la recuperación tardaría en llegar. México: S&P Global.
- Castañares, E. (2015). METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CORRELACIÓN CALIDAD-POSVENTA PARA DESARROLLOS INMOBILIARIO . Barcelona: UPC.
- Castillo, C. (2013). PRESUPUESTO Y PROGRAMACIÓN DE VIVIENDAS EN SERIE. Guatemala: USAC.
- CEESCO. (2019). Situación de la Actividad Productiva de la Empresas Constructoras. Nuevo León: CMIC.

- Chacón, W. (2016). Modelo de inspección de calidad para los procesos constructivos. Costa Rica: TEC.
- CONAVI. (2014). Vivienda. México: Subdirección General de Análisis de Vivienda.
- Crosby, P. (1991). La calidad no cuesta: el arte de cerciorarse de la calidad. México: CECSA.
- Forshyte, P. (2014). Consumer-perceived appearance tolerances in construction quality management. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 12-13.
- García, E. (2013). DIAGNÓSTICO SOBRE LAS POSIBILIDADES DE LDESARROLLO DE UNA EDIFICACIÓN RESIDENCIAL INDUSTRIALIZADA DIRIGIDA A SATISFACER LAS NECESIDADES DE VIVIENDA PÚBLICA. País Vasco: ERAIKAL.
- García, J. (2020). Las fallas más comunes en una construcción. Obtenido de <http://dossa.com.mx/noticias/las-fallas-mas-comunes-en-una-construccion-2/>
- García, S., Luna, K., Solís, J., & Matiendo, C. (2005). Modelo de calidad 3cv+2 en la producción de la vivienda social. Brasil: I ELAGEC.
- Gascón, S. (2010). La administración del proceso constructivo de viviendas. Santiago: ITC.
- Gazmuri, P. (2013). Familia y habitabilidad en la vivienda. Aproximaciones metodológicas para su estudio desde una perspectiva sociológica. *Con Criterio/ Sociología de la vivienda*, 32-47.
- González, M. (2014). RESPONSABILIDADES EN LA CONSTRUCCIÓN: DEFECTOS CONSTRUCTIVOS Y DAÑOS A TERCEROS . *Derecho Civil UCLM* , 1-29.
- Gutiérrez, A. (2003). Plan para el Sistema Consiructivo Sieei Frame como una Nueva Área de Negocios. Morelos: CMIC.
- HOMEX. (2010). Informa Anual 2010. México: HOMEX.
- Huang, T. (2010). Dynamic quality management in complex construction projects. *IIE Annual Conference and Expo 2010 Proceedings*.

- INEGI. (2010). Glosario. Recuperado el 05 de julio de 2021, de <https://www.inegi.org.mx/app/glosario/default.html?p=cpv2010>
- Kenneth Kennedy, R. (2017). Understanding, Measuring, and Improving Overall Equipment Effectiveness: How to Use OEE to Drive Significant Process Improvement.
- Leandro, A. (2008). Mejoramiento de los procesos constructivos. Tecnología en Marcha, 64-68.
- Montejano, J., Caudillo, C., & Cervantes, M. (2018). Vivienda de interés social, segregación residencial y accesibilidad. Estudios Demográficos y Urbanos, 187-224.
- Muñoz, M. (2004). Patologías en las Viviendas Sociales. Chile: Ciencias de la Ingeniería.
- Negrete, M. (2013). Discurso y materialidad de los procesos constructivos en la Ciudad de México . Alteralidades, 9-25.
- ONU Habitat. (2021). Elementos de una vivienda adecuada. Recuperado el 05 de julio de 2021, de <https://onuhabitat.org.mx/index.php/elementos-de-una-vivienda-adecuada#:~:text=La%20vivienda%20adecuada%20est%C3%A1%20reconocida,cuatro%20paredes%20y%20un%20techo.>
- Pedrotti, I. (2015). Calidad Residencial y Condiciones de Producción. México: Infonavit-UNAM.
- Poves, F. (2015). EXPOSICIÓN DE LAS PATOLOGÍAS MÁS HABITUALES EN LOS EDIFICIOS. Colegio de la Arquitectura Técnica de Cantabria.
- Quiroz, J. (2020). Análisis del Sector Construcción. México: MONEX.
- Real Academia Española. (2021). Diccionario de la lengua española. Recuperado el 05 de julio de 2021, de <https://dle.rae.es/vivienda?m=form>
- Sallaberry, C. (2018). LA CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN. Palermo: Construya.
- Sánchez, J. (2012). La vivienda social en México. México: JSA.

- Solís, J. (2009). Modelo de Calidad para la Construcción de Vivienda en México. México: TEC.
- Soto, J. (2014). LA DIMENSIÓN HUMANA DE LA VIVIENDA EN SERIE. Guerrero: Arquitectura y Urbanismo.
- Souza, e. a. (1994). Sistema de Gestão da Qualidade para Empresas Construtoras. SINDUSCON : Sebrae.
- Sui Pheng, L., & Sze Hui, M. (2004). Implementing and Applying Six Sigma in Construction. Journal of Construction Engineering and Management, Vol.130, Num.4.
- Villagarcía, S. (2012). Indicadores de Productividad y Calidad en la Construcción de edificaciones. Sumilla, 1-14.
- Yates, K., & Lockley, E. (2002). Documenting and Analyzing Construction Failures. Journal of Construction Engineering and Management, 8-17.
- Yocupicio, F., & Valenzuela, J. (2018). Historia de la Construcción de la Vivienda en Serie en México. México: UNAM.

Fuentes Virtuales

- García, J. (2020). Las fallas más comunes en una construcción. Obtenido de <http://dossa.com.mx/noticias/las-fallas-mas-comunes-en-una-construccion-2/>
- INEGI. (2010). Glosario. Recuperado el 05 de julio de 2021, de <https://www.inegi.org.mx/app/glosario/default.html?p=cpv2010>
- ONU Habitat. (2021). Elementos de una vivienda adecuada. Recuperado el 05 de julio de 2021, de <https://onuhabitat.org.mx/index.php/elementos-de-una-vivienda-adecuada#:~:text=La%20vivienda%20adecuada%20est%C3%A1%20reconocida,cuatro%20paredes%20y%20un%20techo.>