



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA**

**Facultad de Arquitectura
Instituto de Investigaciones Históricas
FES Aragón**

**APLICACIÓN WEB PARA AUDITAR EL CUMPLIMIENTO DE LA
NORMATIVIDAD EN PROYECTOS EJECUTIVOS PARA VIVIENDA EN MÉXICO**

**TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRO EN ARQUITECTURA
En el campo de conocimiento de Tecnologías**

**PRESENTA:
Arq. Octavio Vargas Soto**

**TUTORA PRINCIPAL
Dra. Geneviève Lucet
Instituto de Investigaciones Estéticas, UNAM**

**MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR
Mtro: Francisco Reyna Gómez
Facultad de Arquitectura, UNAM
Dr. Carlos Alfredo Bigurra Alzati
Facultad de Arquitectura, UNAM**

Ciudad de México, 2021



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

UNAM POSGRADO

Arquitectura



Universidad Nacional Autónoma de México
Maestría y Doctorado en Arquitectura

APLICACIÓN WEB PARA AUDITAR EL CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVIDAD EN PROYECTOS EJECUTIVOS PARA VIVIENDA EN MÉXICO

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRO EN ARQUITECTURA
En el campo de conocimiento de Tecnologías

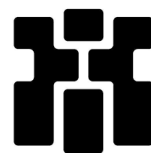
PRESENTA:

Arq. Octavio Vargas Soto

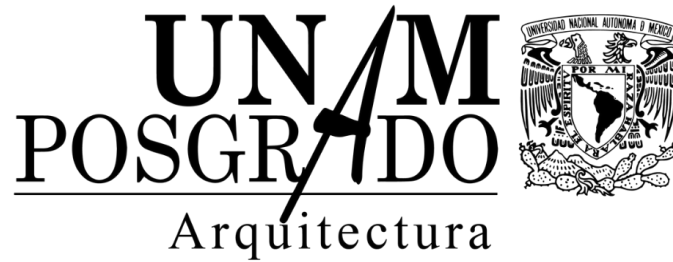
SINODALES:

Mtro. Jorge Rangel Davalos
Facultad de Arquitectura, UNAM

Dr. José Luis Bermúdez Alcocer
Facultad de Arquitectura, UNAM



AGRADECIMIENTOS



A la Universidad Nacional Autónoma de México y su Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura por permitirme continuar con mis estudios y aprendizaje.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo otorgado en el marco del programa Becas del Programa de Fomento, Formación y Consolidación de Capital Humano de Alto Nivel.

Mi gratitud a todos aquellos que me apoyaron: profesores, amigos, familia, ustedes saben quiénes son, mi más sincero aprecio y agradecimiento.

ÍNDICE:

INTRODUCCIÓN.	1
• Justificación.....	4
• Preguntas de investigación.....	5
• Objetivos.....	6
• Hipótesis.....	6
I. EL PROYECTO EJECUTIVO PARA LA VIVIENDA EN MÉXICO.	7
• Demanda y necesidad.....	8
• Normatividad en el proyecto ejecutivo.....	17
• Revisión del cumplimiento de la normatividad.....	31
II. APLICACIÓN WEB PARA AUDITAR EL CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVIDAD EN PROYECTOS EJECUTIVOS DE VIVIENDA EN MÉXICO.	41
• Concepto general de la propuesta.....	41
• Integración del sistema.....	45
III. PROTOCOLO EXPERIMENTAL.	74
• Método.....	74
• Variables.....	76
• Muestra.....	78
• Recursos.....	80

IV. RESULTADOS.....	90
• Desarrollo de indicadores.....	91
• Descripción de la muestra.....	92
• Prueba de hipótesis.....	94
• Análisis de resultados.....	100
V. CONCLUSIONES.....	105
ÍNDICE DE FIGURAS.....	108
ÍNDICE DE TABLAS.....	111
REFERENCIAS.....	112
GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ABREVIATURAS.....	117

INTRODUCCIÓN.

Una actividad fundamental del sector de la construcción es la planeación de la obra y en particular el desarrollo del proyecto que define todas las especificaciones (características, arquitectónicas, constructivas y técnicas) de la edificación, que buscan satisfacer las necesidades del cliente. Esto conlleva la intervención de distintas especialidades, así como diversos conocimientos, técnicos, científicos y tecnológicos que provienen de varias especialidades como, arquitectura, ingeniería, entre otras.

La actividad de construcción está regulada por múltiples documentos normativos establecidos por, leyes, reglamentos, normas; en general estos tienen como propósito, garantizar la seguridad de las personas, evitar el daño a la salud y prevenir el deterioro al medio ambiente. En nuestro país la aplicación de normas para la construcción surge con el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal publicado en 1920 que a la fecha ha evolucionado debido al avance del conocimiento científico, técnico y tecnológico.

El desarrollo del conocimiento ha permitido que exista una continua actualización y especialización de las normas, se identifica que existen grupos de normas dedicadas a las características arquitectónicas del edificio, otra parte se especializa en los componentes que dan sustento a la construcción y otro conjunto se refiere a los equipos, así como a las redes que suministran los servicios para el funcionamiento del edificio. En otro sentido el desarrollo de las normas también está ligada a la diversidad de nuestro país debido al clima, la orografía, la hidrografía, la demografía, la biodiversidad, la organización política, entre otras.

Entonces, aplicar de manera rigurosa las obligaciones legales es un proceso laborioso que implica revisar diversos parámetros normativos en continua actualización. En contraste, el no hacerlo implica posible rechazo de la información; con alteraciones sustanciales en las necesidades del cliente, afectando procesos antes o durante el proceso de construcción de edificio.

Se observa que, la tarea de revisión de cumplimiento de normatividad en general es realizada de manera manual y en la mayoría de los casos los criterios que evalúan las normas son de orden cuantitativo y no requieren de dictamen o interpretación, por lo que solo se necesita de la comparación de la norma versus la propuesta del proyecto.

Lo cual permite clasificar a la tarea de revisión de cumplimiento de normas, como proceso sistematizado, que puede estandarizarse mediante la clasificación de los datos que intervienen para la validación de la norma y automatizarse con la ayuda de aplicaciones o programas de cómputo; tal como se realiza en otras actividades por ejemplo: trámites bancarios, compras electrónicas, clases virtuales, entre otros, que se llevan a cabo con la ayuda de aplicaciones de cómputo alojadas en plataformas en el internet.

Esta forma de realizar trámites o actividades está en aumento y parece inevitable que en el futuro se evolucione a la realización del trámite de licencia o manifestación de construcción a través de este medio, cambiando la entrega de documentos y revisión manual por la sistematización a través de la estandarización de la información digital y la automatización del método de revisión.

Esta investigación surge de mi inquietud por aprovechar las tendencias tecnológicas para el desarrollo de programas de cómputo de uso sencillo, con interfaces intuitivas enfocadas en el usuario, para mejorar las fases de planeación de las obras de construcción en su etapa de aplicación de normatividad y reglamentos de construcción. Con ello se busca agilizar la forma de trabajo al evitar el rechazo de solicitudes de licencia o manifestación de construcción por incumplimiento de las normas, evitar cambios por errores en la revisión de normatividad y optimizar los tiempos para la realización de revisión de normas.

Para ello, en el cuerpo de este documento se describe el diseño de la herramienta detallando los elementos tecnológicos usados; se realiza la evaluación de la solución mediante el método experimental y el documento es una guía para incorporar este sistema de revisión de normas en la práctica diaria de profesionales de la construcción dedicados a la creación, revisión y gestión de proyectos ejecutivos de vivienda.

- **Justificación.**

La revisión del cumplimiento de normatividad en proyectos de vivienda en nuestro país es un proceso que se realiza por profesionales de la construcción de forma manual, este modo de efectuar la revisión es susceptible de presentar errores. La calidad de la revisión dependerá de la pericia adquirida por cada individuo, así también los resultados se limitan a validar el cumplimiento sin detallar abundar en más detalles, esto tiene como consecuencia poco análisis del proyecto en relación a la norma.

Lo anterior genera en el proceso de desarrollo de proyecto y planeación de obra, desviaciones en: la calidad, el tiempo de ejecución, posibles rechazos en los procesos de autorización y puede llegar a propiciar fallas en el proceso de edificación, las cuales deparan en corrección o repetición de trabajos, aumentando el costo y tiempo de ejecución.

Por otra parte, la especialización, así como la cantidad de elementos normativos a los cuales es sometido un proyecto de vivienda es sumamente complejo, sin embargo, esta labor al ser un proceso de comparación es susceptible de automatizarse tal como se ha visto en la literatura internacional donde se observan cambios en la manera para revisar el cumplimiento de normas, se opta cada vez más por la automatización aprovechando tecnologías de la información.

Los programas de cómputo además de ser una herramienta para automatizar la forma de revisión, ofrecen alternativas para el análisis y representación de datos por lo que resultaría útil aprovechar esta característica para incluir informes y señalar de manera explícita las evaluaciones que se realizan a los proyectos de vivienda. Proponer estas tecnologías busca garantizar el apego a las normas, perfeccionar el proceso de revisión y ofrecer mejores condiciones para el análisis del proyecto en relación a la norma.

- **Preguntas de investigación.**

La investigación aborda como principal término mejorar procedimientos por ello es importante establecer de manera central esta pregunta:

¿Al revisar la normatividad en proyectos ejecutivos de vivienda cuáles son las diferencias esperadas entre la manera manual y computacional?

Para contestar esta interrogante se requiere de cuestionamientos auxiliares que definen el contenido de la investigación siendo los siguientes:

- ¿Qué tipos de vivienda se construyen en México y cuáles son las características que las diferencian?
- ¿En referencia a las normas cuáles son requeridas para un proyecto de vivienda?
- ¿De la variedad de normas que se requieren en un proyecto como es su distribución respecto a los componentes del proyecto ejecutivo?
- ¿Fuera y dentro de nuestro país, que métodos son los más usuales para revisar la normatividad?
- ¿Qué sistema o aplicación de cómputo se puede actualizar en tiempo real y de manera constante acorde con los cambios que pueden presentar las normas?
- ¿Es posible transferir datos normativos a una aplicación de cómputo?
- ¿Cómo evaluar el desempeño de un método de revisión manual o automatizado?

- **Objetivos.**

Generales:

- Diseñar un método de validación del cumplimiento de las normas de edificación con enfoque a la revisión de la geometría del espacio arquitectónico representado en el proyecto ejecutivo de edificación, reduciendo al mínimo la intervención humana.
- Comparar el método manual y el desarrollado de manera cuantitativa para mostrar sus diferencias, ventajas, desventajas y oportunidades.

Específicos:

- Analizar la demanda y necesidad de vivienda en nuestro país.
- Comparar métodos manuales y automatizados para la revisión del cumplimiento de normas
- Identificar cuáles son las normas específicas para proyectos ejecutivos de vivienda en México
- Desarrollar una aplicación web en concordancia de los objetivos generales y específicos.

- **Hipótesis.**

En la revisión o auditoría al cumplimiento de normas de construcción para proyectos de vivienda en México, existen diferencias en el tiempo y aciertos según el método de revisión (manual o automatizado).

I. EL PROYECTO EJECUTIVO PARA LA VIVIENDA EN MÉXICO.

En este primer capítulo se analiza el estado actual del proceso para realizar proyectos ejecutivos de vivienda en nuestro país.

Se exploran aspectos como, la realización del proyecto, las normas que se requieren contemplar, los procedimientos para su revisión, el costo y tiempo del proceso de autorización con las autoridades correspondientes, así como la demanda y necesidad del sector de la construcción de vivienda. Este estudio tiene como objetivo identificar los aspectos teóricos requeridos para conformar la aplicación web que se plantea como alternativa a la revisión manual del cumplimiento de la normatividad para proyectos ejecutivos de vivienda.

Las necesidades observadas en este proceso de la arquitectura (revisión y validación de normas en proyectos ejecutivos de vivienda) son el material preciso para la etapa de requerimientos conforme al desarrollo de aplicaciones web.

Los temas que se abordan en este capítulo también sirven como punto de referencia para la fase experimental, el análisis de las distintas circunstancias en torno al proyecto ejecutivo de vivienda incorpora datos para plantear como se realizaran las mediciones del modo manual frente al modo automatizado propuesto en la solución de aplicación web.

- **Demanda y necesidad.**

¿Por qué la vivienda?

Este estudio se enfoca a la vivienda debido al impacto que tiene esta tipología arquitectónica en la industria de la construcción y en la economía del país.

En efecto la industria de la construcción representa aproximadamente del 7% de Producto Interno Bruto Nacional en cada uno de los años 2017, 2018 y 2019 según el estudio Valor de producción de las empresas constructoras dado a conocer el 22 de marzo de 2019 y editado por el Centro de Estudios Económicos del Sector de la Construcción (CEESCO, 2019b).

El PIB de la construcción se define de la siguiente manera:

La producción bruta de un país se puede medir por el lado de los gastos y por el lado de las ventas. Por el lado de los gastos incluye las compras de insumos intermedios que realiza a otras industrias nacionales y al extranjero (importaciones); el pago al gobierno por concepto de impuestos a los productos netos de subsidios; el pago a los factores primarios, que son el trabajo y el capital, es decir, las remuneraciones y la renta de capital y; los impuestos a la producción netos de subsidios que son vinculados a los factores primarios, como es el caso del impuesto sobre nómina. El pago a los factores primarios y los impuestos sobre la producción netos de subsidios es lo que se conoce como valor agregado bruto.

Por lo tanto, la aportación al PIB o VAB del sector construcción se analiza de dos formas: mediante su generación directa de valor agregado en la economía, que se mide por el pago que realiza a sus trabajadores y a los dueños del capital y mediante su generación total de valor agregado en la economía, que se mide por el valor de los productos finales que vende, donde se está considerando implícitamente el valor agregado de los insumos intermedios que utiliza (CEESCO, 2016, pp. 95, 97).

El PIB de la industria de la construcción reportado al cuarto trimestre del 2019 por el (INEGI, 2020) asciende a 1,182,151 millones de pesos y ocupa el segundo lugar de las actividades

secundarias, es superado solo por las industrias manufactureras y rebasa a varias industrias como minería y otras; estos datos determinan la importancia de la construcción en México.

Viendo a detalle el sector de la construcción en el reporte Situación de la Actividad Productiva de la Empresas Constructoras (CEESCO, 2019a), las construcciones se dividen en obra pública y privada además de tener una gran variabilidad en el sentido de las tipologías por esto se describe en la *Figura 1*.

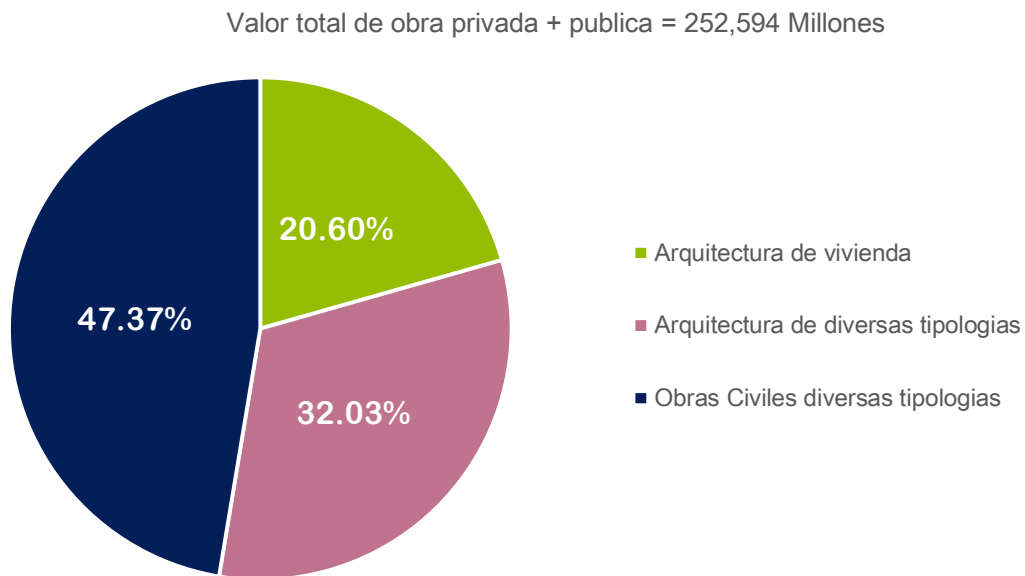


Figura 1 Distribución porcentual valor total obra pública y privada 1.er semestre 2019.

Fuente: Gráfico propio con datos de “Situación de la Actividad Productiva de la Empresas Constructoras (Enero - Junio 2019)” Centro de Estudios Económicos del Sector de la Construcción, 2019, pp. 8 y 10.

En la gráfica se integraron, el valor total de obra pública y de la obra privada para el primer semestre del 2019 con el fin de observar su distribución porcentual donde, el 47% integra obras de carácter civil como puentes, caminos, carreteras, obras de infraestructura, etc. las cuales no están directamente relacionadas con la arquitectura. Por otro lado, se encontró que el 32% corresponde a obras de arquitectura con una gran variabilidad de tipologías arquitectónicas como oficinas, comercio, escuelas, hospitales, clínicas, etc. El subsector de vivienda cuenta con el 20% del valor

de las obras y es diverso respecto a su nivel económico (social, medio, residencial, etc.), forma de organizarse (unifamiliar o plurifamiliar) o bien con relación a su extensión en espacio (vertical u horizontal).

La vivienda se caracteriza por presentar cierta regularidad en cuanto a sus componentes (espacios, instalaciones, estructura), a diferencia del 32% de las obras donde la variabilidad en las tipologías supone encontrar poca o nula similitud entre las edificaciones.

Existe una gran variabilidad en la vivienda respecto a factores como demanda, viviendas construidas, tipos de vivienda y regiones

La demanda y necesidad son parte del contexto social de la vivienda en México. De acuerdo a la (SEDATU, 2019, p. 17) “Una vivienda asequible es aquella cuyo costo no compromete la capacidad de las personas para acceder a otros satisfactores básicos (alimento, salud, vestimenta, entre otros). Por lo anterior, se considera que los gastos asociados a la vivienda no deberían superar el 30% del ingreso familiar”.

Las condiciones económicas de un importante sector de la población explican el rezago habitacional que se especifica en el documento Estado Actual de la Vivienda en México (SHF y CIDOC, 2019). Aproximadamente 9.2 millones de viviendas están en un bajo nivel de habitabilidad “(techo o paredes precarias, piso de tierra, hacinamiento y/o falta de excusado)” (SHF y CIDOC, 2019, p. 73) de las cuales aproximadamente el 30% ascienden a 2.9 millones son clasificadas como familias que no cuentan posesión o propiedad de un terreno por lo que requieren adquirir la vivienda a diferencia del resto donde se necesitan acciones de auto-producir o mejorar lo existente.

De acuerdo con el reporte del Registro Único de Vivienda (RUV, 2016) de los 2.9 millones de viviendas requeridas en el 2016 se estima que se edificaron alrededor de 264 mil viviendas

equivalentes al 10%, el déficit es amplio. Además, es importante distinguir las regiones con base a su demanda. Es decir, cómo se distribuyen en el territorio las familias que tienen acceso a créditos para comprar una casa.

En la **Figura 2** se observa la demanda de vivienda en su forma de adquisición descartando mejoramiento y autoproducción. Esto equivale a 533 mil viviendas distribuidas en las 32 entidades federativas, separado por viviendas edificadas 181 mil en color verde (RUV, 2019a) y demanda pendiente de 352 mil en color rojo; la información fue ordenada de acuerdo a la demanda teniendo en los primeros lugares al estado de Nuevo León, Jalisco, Estado de México y la Ciudad de México, que concentran el 33% de las viviendas requeridas.

Además, se generó el análisis del porcentaje de construcción que se edifica con referencia a lo demandado. En el país el promedio es de 32% destacando casos donde hay una alta demanda y un bajo porcentaje de edificación como la Ciudad de México que se ubica en cuarto lugar con una demanda de 33 mil viviendas y un porcentaje de construcción del 6%, el más bajo para las 32 entidades federativas.

El Estado de México se encuentra en tercer lugar de demanda con 38 mil viviendas y un porcentaje de construcción de 31% lo que es muy similar al promedio nacional.

Se traen a colación los datos del Estado de México debido a que estima una demanda conjunta por la conexión estrecha con las zonas limítrofes de la Ciudad de México conformando lo que se conoce como la zona metropolitana del valle de México donde es indistinguible el límite de las entidades.

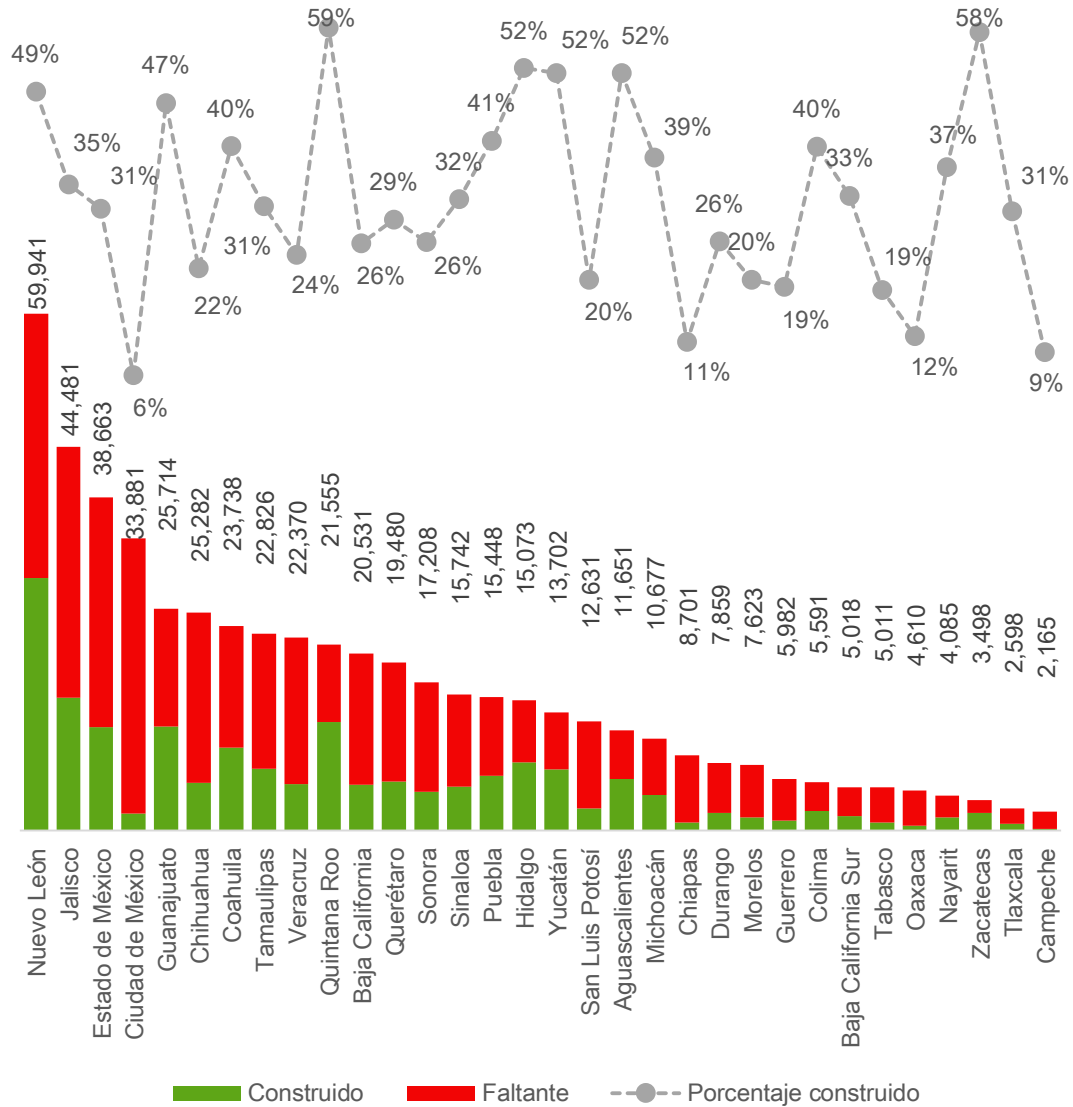


Figura 2 Demanda y construcción de vivienda por entidad federativa en 2019.

Fuente: Gráfico propio con datos de “Estado Actual de la Vivienda en México 2018” Sociedad Hipotecaria Federal, Fundación CIDOC, 2019, p. 33 y “Cifras Básicas RUV” Registro Único de Vivienda, 2019, p. 1.

Otra forma de interpretar los datos recabados consiste en separar por grupos las localidades según la relación demanda / construcción, considerando los 32 estados de la República Mexicana (*Figura 3*).

- Mayor demanda y alto porcentaje de viviendas edificadas estado de Nuevo León.
- Mayor demanda y bajo porcentaje de viviendas edificadas Ciudad de México.
- Menor demanda y alto porcentaje de viviendas edificadas Zacatecas.
- Menor demanda y bajo porcentaje de vivienda edificadas Campeche

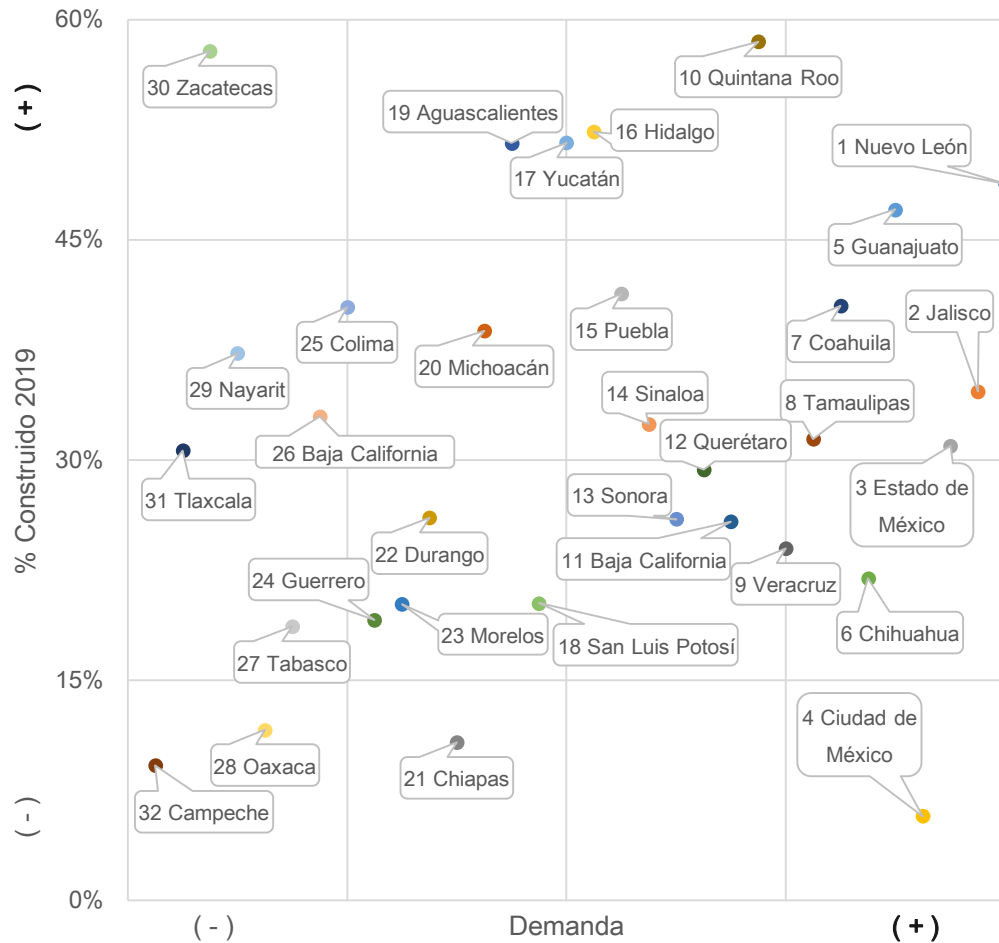


Figura 3 Demanda y porcentaje construido en 2019.

Fuente: Gráfico propio con datos de “Estado Actual de la Vivienda en México 2018” Sociedad Hipotecaria Federal, Fundación CIDOC, 2019, p. 33 y “Cifras Básicas RUV” Registro Único de Vivienda, 2019, p. 1.

También es importante considerar las características particulares de las viviendas como el área de construcción, el precio de la vivienda y las habitaciones que las conforman.

Para conocer la clasificación de la vivienda en relación al costo, se opta por utilizar el índice de precios de la vivienda (INFONAVIT y Intelimétrica, 2017) actualizando a precios de 2019, esto se observa en la **Tabla 1** donde se aprecian 8 niveles de manera progresiva y se contempla desde la vivienda económica con un costo máximo de \$303,083 hasta el límite superior correspondiente a la vivienda Residencial +F.

Tabla 1 Clasificación de la Vivienda en Veces Salario Mínimo Mensual.

Clase	Segmento	Mínimo UMA	Máximo UMA	Precio máximo MXN
1	Económica A	< 118	118	\$303,083.00
2.1	Popular B1	118	128	\$328,768.00
2.2	Popular B2	128	158	\$405,823.00
2.3	Popular B3	158	200	\$513,700.00
3	Tradicional C	200	350	\$898,975.00
4	Media D	350	750	\$1,926,375.00
5	Residencial E	750	1500	\$3,852,750.00
6	Residencial + F	1500	> 1500	

UMA = Unidad de Mínima de Cuenta 2019

Nota: Fuente: Gráfico propio ajustado de “Índice de precios de la vivienda INFONAVIT” Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores, Intelimétrica, 2017, p. 13.

En relación con el área de construcción y las habitaciones de las viviendas se recurre a la clasificación de la vivienda por precio incluida en el Código de Edificación de Vivienda (CONAVI, 2017) (**Tabla 2**). Los datos se clasifican en base a los rangos de precios en relación a la Unidad de Medida y Actualización (UMA) y se agregan datos promedio de área construida, así como la relación de locales que integran cada tipo de vivienda.

Tabla 2 Clasificación de la vivienda por precio.

	Económica A	Popular B	Tradicional C	Media D	Residencial E	Residencial + F
Superficie m²	40	50	71	102	156	más de 188
Precio UMA	hasta 118	de 118.1 a 200	de 200.1 a 350	de 350.1 a 750	de 750.1 a 1,500	mayor de 1,500
Locales						
1 Baño	1 Baño	1 y ½ Baños	2 Baños	3 a 4 Baños	3 a 5 Baños	
Área de usos múltiples	Estancia - comedor	Estancia - comedor	Sala Comedor	Sala Comedor	Sala Comedor	Sala Comedor
	1 a 2 Recámaras	2 a 3 Recamaras	2 a 3 Recamaras	3 a 4 Recamaras	3 a 4 Recamaras	3 a más Recamaras
			1 Cuarto de servicio	1 Cuarto de servicio	1 a 2 Cuartos de servicio	1 a 2 Cuartos de servicio
				Sala familiar	Sala familiar	Sala familiar
					Gimnasio	Gimnasio
						Salón de juegos

Nota: Fuente: Gráfico propio ajustado de “Código de Edificación de Vivienda”, Comisión Nacional de Vivienda, 2017, p. 61.

A partir de la información expuesta en las **Tabla 1** y **Tabla 2** se hizo el análisis con los datos del Registro Único de Vivienda (RUV, 2019a) y se encontró predominio de la vivienda tipo B3 y C. Además en relación al área de construcción se aprecia que la gran mayoría de viviendas rondan entre los 45 m² y los 60 m² (**Figura 4**).

En particular y debido a su concurrencia territorial, se analizaron las viviendas construidas en el Estado de México y la Ciudad de México para el año 2019. Se observa la mayor concentración para viviendas tipo “C” “D” y el predominio de las viviendas de 45 m² a 60 m². Esto es coincidente con la tendencia nacional. En relación al precio de venta, las viviendas tipo “C” “D” tienen un costo que ronda en un poco más de \$513,700 y un máximo de \$ 1,926,375 de acuerdo con la **Tabla 2**.

Con ello se puede deducir un área de 71 m² hasta 102 m² sin embargo se observa en la (**Figura 5**) el predominio de vivienda de 45 m² a 60 m². Esto indica altas posibilidades de que el alto costo de la vivienda este en función de la cercanía con las áreas conurbadas. Entonces, para

determinar cuáles serán los componentes que pudieran tener estas viviendas se utiliza la descripción de la vivienda popular B con el máximo de recamaras debido a que se encuentra en la media, entre 45 m² y 60 m².

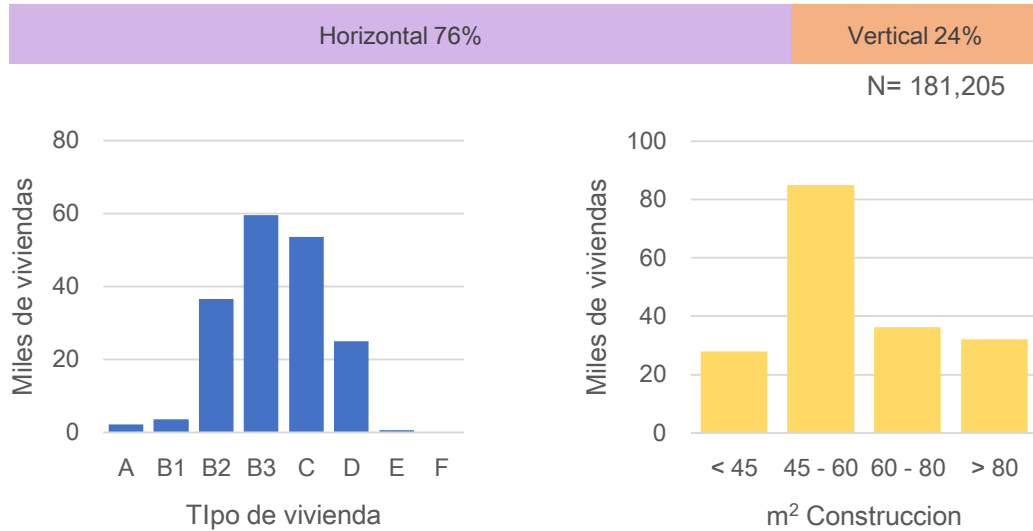


Figura 4 Tipo de vivienda y área construida nacional 2019.

Fuente: Gráfico propio con datos de “Cifras Básicas RUV” Registro Único de Vivienda, 2019, p. 1.

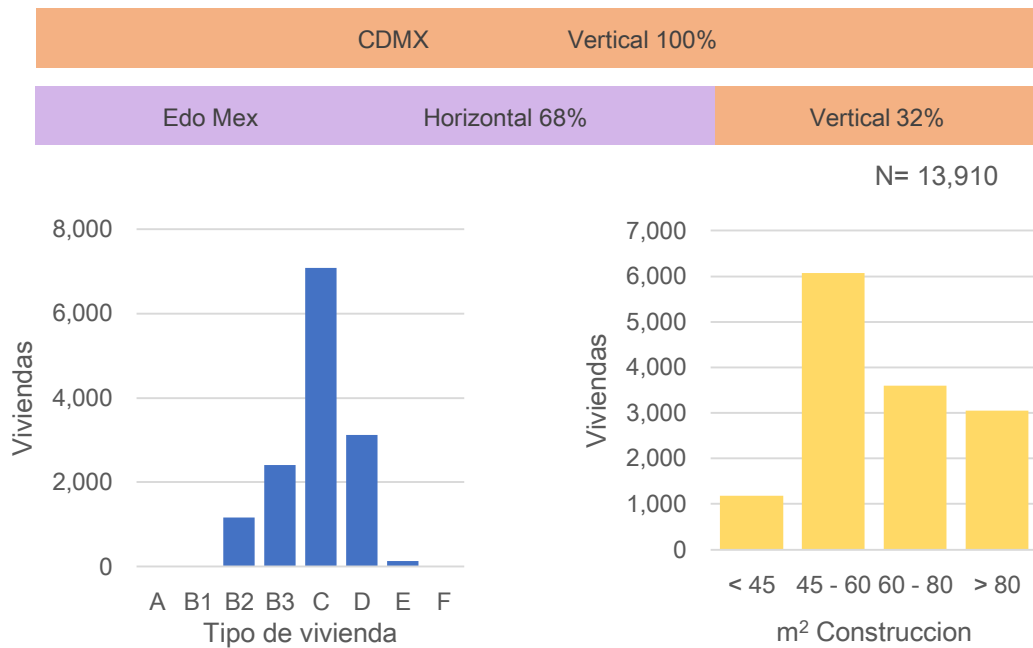


Figura 5 Tipo de vivienda y área construida CDMX y Edo Mex 2019.

Fuente: Gráfico propio con datos de “Cifras Básicas RUV” Registro Único de Vivienda, 2019, p. 1.

- **Normatividad en el proyecto ejecutivo.**

Paredes, (1999) describe la evolución de los reglamentos. En primer lugar, menciona el reglamento de construcciones para el Distrito Federal publicado en 1920 con el fin de analizar el comportamiento sísmico, posteriormente nuevas publicaciones aparecieron en 1942, 1957, 1966, 1976, 1985 y 1987. Las actualizaciones del reglamento, corresponden a eventos telúricos, nuevos estudios técnicos o científicos y referencia a normas internacionales. Por ello es importante decir que el objeto de este subcapítulo es describir la variabilidad de reglamentos en nuestro país.

Sin embargo, con el fin de facilitar el estudio de los reglamentos se propone agruparlos y ordenarlos en relación a los documentos de construcción por lo que a continuación se describe.

El proyecto ejecutivo se ha descrito en distintos documentos sin embargo se puede conocer de manera general su alcance documental en los aranceles de honorarios profesionales dados a conocer por distintos colegios de arquitectos (*Tabla 3*). Con esto se permite “precisar los alcances por servicios profesionales y estandarizar los honorarios por el ejercicio de la arquitectura y el diseño urbano en sus diversas modalidades, dentro del territorio de la República Mexicana; además, sentar las bases que normen la relación entre el arquitecto y quien solicite sus servicios, en el plano del más alto nivel ético” (FCARM, 2008, p. 76).

Tabla 3 Alcance de los servicios profesionales por Diseño Arquitectónico.

Etapa	Producto
1	Diseño Conceptual
2	Anteproyecto
3	Diseño Ejecutivo
4	Estructura
5	Instalación Eléctrica
6	Instalación Hidrosanitaria
7	Instalación de Gas

8	Instalación de Aire Acondicionado
9	Instalación de Voz y Datos
10	Instalación de Telefonía y Sonido
11	Instalación de Gases Medicinales
12	Instalación de Vapor y Condensados
13	Instalación de Pararrayos
14	Instalación Contra Incendio
15	Instalación de Circulaciones Mecánicas

Nota: Fuente: Gráfico propio ajustado de “Arancel de Honorarios Profesionales” Federación de Colegios de Arquitectos de la República Mexicana A.C., 2008, pp. 82, 83, 84.

En la **Tabla 3** se indican quince apartados de los cuales tres son trabajos referentes con el diseño arquitectónico y el uso de suelo. Además, once incisos representan ingenierías de diversas especialidades.

Al tener clasificados los documentos requeridos para la construcción de un proyecto de arquitectura se procede a estudiar las normas en función de las etapas descritas en la **Tabla 3**, para determinar su uso y pertinencia en los proyectos ejecutivos.

La magnitud de la información contenida en el proyecto ejecutivo depende del tamaño del proyecto, la tipología, la tecnología que se incorpore al edificio, entre otros componentes, por otro lado, al buscar autorizar el proyecto con la intención de edificar la obra se observa que existen diversas disposiciones legales que norman el ámbito de la construcción.

En nuestro país los reglamentos de construcción están planteados por regiones (municipios o entidades federativas) debido al orden constitucional; dado que cada territorio tiene independencia para determinar sus normas jurídicas, incluyendo las referentes a la construcción. Esta condición ofrece la posibilidad de adecuar la normatividad a las condiciones que cada región considere como útiles, generando herramientas a la medida, en beneficio de los usuarios y su entorno.

Así, la regionalización incrementa las variantes con las cuales se califica a las construcciones, con la convicción de contar con instrumentos para enfrentar de manera adecuada la diversidad del territorio mexicano, cuidando la salud de los habitantes, la seguridad de las construcciones y los diversos parámetros que ayudan con la protección del medio ambiente.

Cubrir la diversidad de 32 entidades federativas con 2467 municipios, se traduce en 141 reglamentos de construcción identificados por Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural A.C. (SMIE, 2020), sin embargo esta recopilación no es absoluta porque varias localidades no cuentan aún con reglamentación y podrán incorporarse otras normas con el paso del tiempo.

De manera particular, para el Estado de México se agregaron al conteo el reglamento del libro quinto del código administrativo del estado de México que comprende las normas correspondientes al uso de suelo, lotificación, etc., y las normas técnicas complementarias que provienen de la Ciudad de México. En efecto en los reglamentos municipales se ya que se ha detectado la indicación por utilizar este conjunto de normas, al no contar con un equivalente en las legislaciones municipales.

Debido a la complejidad y especialización de las normas técnicas complementarias se especifica cada una por separado, aunque en la cotidianeidad del gremio se les conoce como un conjunto que abarca, las Normas Técnicas para el Proyecto Arquitectónico, las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo, por mencionar algunas.

En la contabilización de normas para la Ciudad de México se consideró adicionales a lo indicado por la SMIE los 16 Programas Delegacionales de Desarrollo Urbano y los 47 Programas Parciales de Desarrollo Urbano. Están relacionados con los usos de suelo y normatividad urbana, contabilizando un elemento para todo el conjunto.

En esta clasificación de reglamentos se consideraron normas referentes al uso de suelo, reglamentos de construcción, normas técnicas para a ingeniería y arquitectura (*Figura 6*). El estado de Guanajuato se encuentra en primer lugar contabilizando 34 documentos normativos (*Figura 6*).

Entrando en detalle se pueden apreciar dos fenómenos. Uno lo que sucede en la Ciudad de México y Estado de México (*Tabla 4*); donde la normatividad en relación al uso de suelo y el desarrollo urbano son específicos a un territorio definido y las normas para la arquitectura e ingeniería son las comunes para toda la Ciudad. En segundo fenómeno es lo observado en el estado de Guanajuato donde el número de elementos normativos está determinado por 34 reglamentos municipales y ningún elemento normativo es común en la entidad federativa (*Figura 6*).

En la *Figura 6* se observa la distribución de los reglamentos por entidad federativa con un total de 141 por ello se destaca alta variabilidad de normas así como posibilidades en el incremento de documentos normativos en la medida que avancen los estudios en otras regiones del país.

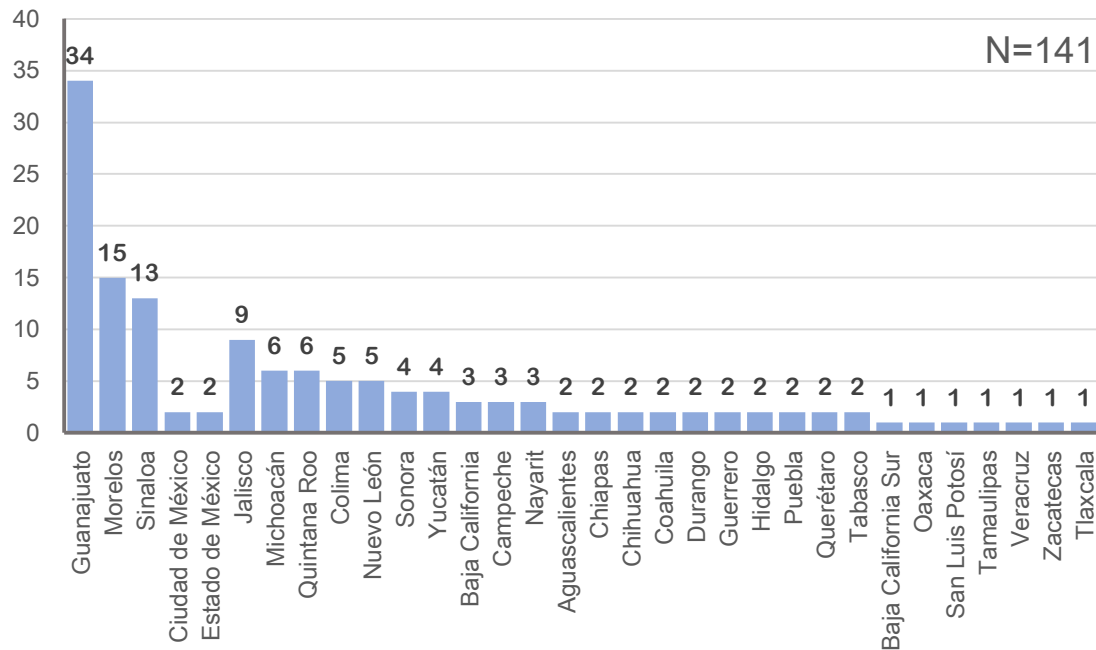


Figura 6 Reglamentos de construcción en México.

Fuente: Gráfico propio, información del estudio y demás datos de “Reglamentos de construcción en México”, Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural A.C., 2020.

Tabla 4 Desgloce reglamentos de construcción Ciudad de México y Estado de México.

No.	Designación del documento normativo	Territorio
1	Desarrollo Urbano Planes Delegacionales (16) / Parciales (47)	Alcaldía
	Programas de Desarrollo Urbano	Municipio
	Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal	
	Normas Técnicas Complementarias para el Proyecto Arquitectónico	
	Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones	
	Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Madera	
	Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto	Todo el territorio
2	Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Acero	de la Ciudad de México y Estado
	Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones	de México
	Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones	
	Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Viento	
	Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo	
	Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Ejecución de Obras e Instalaciones Hidráulicas	

Nota: Gráfico propio.

En otro sentido y al hacer la revisión de los textos normativos, los reglamentos mencionan de manera frecuente a otras instancias normativas como son las NOM (Normas Oficiales Mexicanas) o las NMX (Normas Mexicanas).

Las NOM y NMX se definen de acuerdo lo siguiente:

Norma mexicana “NMX”: la que elabore un organismo nacional de normalización, o la Secretaría, en los términos de esta Ley, que prevé para un uso común y repetido reglas, especificaciones, atributos, métodos de prueba, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio

o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado.

Norma oficial mexicana “NOM”: la regulación técnica de observancia obligatoria expedida por las dependencias competentes, conforme a las finalidades establecidas en el artículo 40, que establece reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado y las que se refieran a su cumplimiento o aplicación. (Camara de Diputados, 2018, p. 3)

Se destaca para el ámbito de la arquitectura y construcción que las normas oficiales mexicanas tendrán como finalidad establecer:

I. Las características y/o especificaciones que deban reunir los productos y procesos cuando éstos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana, animal, vegetal, el medio ambiente general y laboral, o para la preservación de recursos naturales;

X. Las características y/o especificaciones, criterios y procedimientos que permitan proteger y promover el mejoramiento del medio ambiente y los ecosistemas, así como la preservación de los recursos naturales;

XI. Las características y/o especificaciones, criterios y procedimientos que permitan proteger y promover la salud de las personas, animales o vegetales;

XIII. Las características y/o especificaciones que deben reunir los equipos, materiales, dispositivos e instalaciones industriales, comerciales, de servicios y domésticas para fines sanitarios, acuícolas, agrícolas, pecuarios, ecológicos, de comunicaciones, de seguridad o de calidad y particularmente cuando sean peligrosos (Camara de Diputados, 2018, pp. 13, 14);

Para las Normas Mexicanas se tiene la siguiente peculiaridad:

Las normas mexicanas son de aplicación voluntaria, salvo en los casos en que los particulares manifiesten que sus productos, procesos o servicios son conformes con las mismas y sin perjuicio de que las dependencias requieran en una norma oficial mexicana

su observancia para fines determinados. Su campo de aplicación puede ser nacional, regional o local. (Camara de Diputados, 2018, p. 19)

No obstante, se definieron las NOM y NMX, pero también se requiere determinar cuáles son las normas que pueden ser revisas en el momento de la elaboración de un proyecto ejecutivo para vivienda. En este caso me auxilie del Código de Edificación de Vivienda elaborado por la Comisión Nacional de Vivienda “CONAVI” en año 2017.

Esta publicación se define como “un modelo normativo voluntario que promueva que las autoridades competentes, expidan, apliquen y mantengan en vigor y permanentemente actualizadas, disposiciones legales, normas oficiales mexicanas, códigos de procesos de edificación y/o reglamentos de construcción” (CONAVI, 2017, p. 3).

El análisis realizado por CONAVI expone en el anexo 1, 230 NOM y NMX que pudieran ser aplicables en todo tipo de vivienda en el territorio nacional (CONAVI, 2017, p. 499).

Sin embargo, para el presente estudio se analizó cuáles son las NOM y NMX requeridas para el proyecto ejecutivo de una vivienda horizontal o vertical, con la superficie de 45 m² a 60 m² de construcción, que decir la vivienda predominante a nivel nacional en 2019. Las normas que se seleccionaron son para un sistema constructivo a base de muros de carga con losas planas y considerando materiales como block de cemento arena y concreto armado para losas y elementos de refuerzo (*Tabla 5*).

Tabla 5 Desgloce NOM y NMX para vivienda de 45 m² – 60 m².

No.	Clave	Descripción
1	NMX-U-125-SCFI-2016	Industria dela construcción - Edificaciones revestimientos para techo con alto índice de reflectancia solar especificaciones y métodos de ensayo.
2	NMX-Q-020-1978	Cerraduras para puertas de entradas e intercomunicación.

3	NMX-B-294-1986	Industria siderúrgica - Varillas corrugadas de acero, torcidas en frío, procedentes en lingote o palanquilla, para refuerzo de concreto (esta Norma cancela la NOM-B-294-1972)
4	NMX-B-500-CANACERO-2015	Industria siderúrgica - Escalerilla de acero para refuerzo horizontal de muros de mampostería especificaciones y métodos de prueba (cancela a la NMX-B-500-CANACERO 2008). Código de Prácticas Generales del Manual de Construcción en Acero del Instituto Mexicano de la Construcción en Acero, A.C. (I.M.C.A.)
5	NMX-C-299-ONNCCE-2010	Industria de la construcción - Concreto hidráulico estructural Agregados ligeros Especificaciones y métodos de ensayo (Cancela a la NMX-C-299-1987).
6	NOM-009-ENER-2014	Límites, métodos de prueba y etiquetado Eficiencia energética en sistemas de aislamientos térmicos industriales
7	NMX-B-253-CANACERO-2013	Industria siderúrgica - Alambre de acero liso o corrugado para refuerzo de concreto Especificaciones y métodos de prueba (cancela a la NMX-B- 253-CANACERO-2006).
8	NMX-B-080-1987	Alambrón de Acero laminado en Caliente para Forja en Frío.
9	NMX-B-455-CANACERO-2015	Industria siderúrgica - Armaduras electro-soldadas de sección triangular, de alambre de acero corrugado o liso para refuerzo a flexión de elementos estructurales de concreto Especificaciones y métodos de prueba (cancela a la NMX-B-455-CANACERO 2007)
10	NMX-B-456-CANACERO-2017	Industria siderúrgica - Armaduras electro-soldadas de alambre de acero para castillos y dalas Especificaciones y métodos de prueba (Cancela a la NMX-B-456-CANACERO-2013)
11	NMX-C-404-ONNCCE-2012	Industria de la construcción - Mampostería Bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso estructural Especificaciones y métodos de ensayo (Cancela a la NMX-C-404-ONNCCE-2005).
12	NOM-004-ENER-2014	Eficiencia energética para el conjunto motor - bomba, para bombeo de agua limpia de uso doméstico, en potencias de 0,180 kw (¼ HP) hasta 0,750 kw (1 HP). Límites, métodos de prueba y etiquetado.
13	NMX-C-003-ONNCCE-2015	Industria de la construcción – Cal hidratada - Especificaciones y métodos de ensayo (Cancela a la NMX-C-003-ONNCCE-2010).
14	NMX-ES-001-NORMEX-2005	Energía solar - rendimiento térmico y funcionalidad de colectores solares para calentamiento de agua métodos de prueba y etiquetado.
15	NOM-003-ENER-2011	Eficiencia térmica de calentadores de agua para uso doméstico y comercial. Límites, método de prueba y etiquetado.

16	NOM-011-SESH-2012	Calentadores de agua de uso doméstico y comercial que utilizan como combustible Gas L.P. o Gas Natural. Requisitos de seguridad, especificaciones, métodos de prueba, marcado e información comercial (Cancela a la NOM-020-SEDG-2003).
17	NMX-ES-004-NORMEX-2010	Energía solar evaluación térmica de sistemas solares para calentamiento de agua método de prueba.
18	NMX-ES-003-NORMEX-2008	Energía solar requerimientos mínimos para la instalación de sistemas solares térmicos, para calentamiento de agua.
19	NMX-C-021-ONNCCE-2015	Industria de la construcción - Cemento para albañilería (mortero) Especificaciones y métodos de ensayo (Cancela a la NMX-C-021-ONNCCE-2010)
20	NMX-C-414-ONNCCE-2014	Industria de la construcción - Cementantes hidráulicos Especificaciones y métodos de ensayo (Cancela a la NMX-C-414-ONNCCE-2010).
21	NMX-B-505-CANACERO-2011	Industria siderúrgica - clavos especificaciones y métodos de prueba.
22	NMX-C-111-ONNCCE-2014	Industria de la construcción - Agregados para concreto hidráulico Especificaciones y métodos de ensayo (Cancela a la NMX-C-111-ONNCCE-2004).
23	NMX-C-122-ONNCCE-2004	Industria de la construcción - Agua para concreto Especificaciones (Cancela a la NMX-C-122-1982).
24	NMX-E-199/2-SCFI-2003	Industria del plástico - Conexiones de poli (cloruro de vinilo) (PVC) sin plastificante, usadas en la construcción de sistemas sanitarios. Especificaciones (Cancela a la NMX-E-199/2-1995-SCFI).
25	NOM-018-ENER-2011	Aislantes Térmicos para Edificaciones. Características y Métodos de Prueba
26	NMX-C-460-ONNCCE-2009	Industria de la Construcción - Aislamiento Térmico Valor "R" para las envolventes de Vivienda por Zona Térmica para la República Mexicana Especificaciones y Verificación
27	NOM-020-ENER-2011	Eficiencia Energética en Edificaciones. Envoltorio de Edificios para Uso Habitacional.
28	NOM-024-ENER-2012	Características Térmicas y Ópticas del Vidrio y Sistemas Vidriados para Edificaciones. Etiquetado y Métodos de Prueba.
29	NOM-028-ENER-2010	Eficiencia energética de lámparas para uso general. Límites y métodos de prueba.
30	NOM-030-ENER-2012	Eficacia luminosa de lámparas de diodos emisores de luz (led) integradas para iluminación general. Límites y métodos de prueba.

31	NMX-C-437-ONNCCE-2004	Industria de la construcción - mantos prefabricados impermeables a base de asfaltos modificados vía proceso catalítico o con polímeros del tipo app y SBS especificaciones y métodos de prueba.
32	NMX-C-450-ONNCCE-2010	Industria de la construcción - impermeabilizantes elastómeros especificaciones y métodos de ensayo.
33	NOM-004-SEDG-2004	Instalaciones de aprovechamiento de Gas L.P. Diseño y construcción.
34	NOM-009-SESH-2011	Recipientes para contener Gas L.P., tipo no transportable. Especificaciones y métodos de prueba.
35	NOM-011-SEDG-1999	Condiciones de seguridad de los recipientes portátiles para contener Gas L.P. en uso.
36	NOM-014-SESH-2013	Conexión integral y conexión flexible que se utilizan en instalaciones de aprovechamiento de Gas L.P. o Gas Natural. Especificaciones y métodos de prueba.
37	NMX-E-043-SCFI-2002	Industria del plástico - Tubos de polietileno (PE) para la conducción de gas natural (GN) y gas licuado de petróleo (GLP) Especificaciones (Cancela a la NMX-E-043-1977).
38	NMX-X-021-SCFI-2014	Industria del gas - tubos multicapa a base de polietileno y aluminio para la conducción de gas natural (GN) y gas licuado de petróleo (GLP) especificaciones y métodos de ensayo. (Cancela a la NMX-x-021-SCFI-2007).
39	NOM-014-SCFI-1997	Medidores de desplazamiento positivo tipo diafragma para gas natural o L.P. Con capacidad máxima de 16 m ³ / h con caída de presión máxima de 200 Pa. (20,40 mm de columna de agua) (esta norma cancela a la NOM-014-SCFI-1993)
40	NOM-001-SECRE-2010	Especificaciones del gas natural (cancela y sustituye a la NOM-001-SECRE-2003, Calidad del gas natural y la NOM-EM-002-SECRE-2009, Calidad del gas natural durante el periodo de emergencia severa).
41	NOM-001-SEDE-2012	Instalaciones Eléctricas (Utilización)
42	NOM-009-CONAGUA-2001	Inodoros para uso sanitario - Especificaciones y métodos de prueba.
43	NOM-010-CONAGUA-2000	Válvula de admisión y válvula de descarga para tanque de inodoro Especificaciones y métodos de prueba.
44	NOM-008-CONAGUA-1998	Regaderas empleadas en el aseo corporal Especificaciones y métodos de prueba.
45	NMX-C-415-ONNCCE-2015	Industria de la construcción válvulas y grifos para agua especificaciones y métodos de ensayo (cancela a la NMX-C-415-ONNCCE-2013).

46	NMX-AA-176-SCFI-2015	Instalaciones hidrosanitarias para la edificación de vivienda-especificaciones y métodos de ensayo.
47	NOM-017-ENER/SCFI-2012	Eficiencia energética y requisitos de seguridad de lámparas fluorescentes compactas auto balastradas. Límites y métodos de prueba.
48	NMX-C-422-ONNCCE-2002	Industria de la construcción losetas cerámicas esmaltadas y sin esmaltar para piso y muro especificaciones y métodos de prueba.
49	NMX-B-013-CANACERO-2016	Industria siderúrgica - Malla ciclón de alambre de acero galvanizado Especificaciones y método de prueba (cancela a la NMX-B-013-CANACERO- 2008).
50	NMX-B-290-CANACERO-2013	Industria siderúrgica - Malla electro-soldada de acero liso o corrugado para refuerzo de concreto Especificaciones y métodos de prueba (cancela a la NMX-B-290-CANACERO-2006).
51	NMX-C-420-ONNCCE-2017	Industria de la construcción - Mezclas adhesivas para instalación de recubrimientos cerámicos y piedras naturales Especificaciones y métodos de prueba (Cancela la NMX-C- 420-ONNCCE-2003)
52	NMX-C-486-ONNCCE-2014	Industria de la Construcción - Mampostería Mortero para Uso Estructural -Especificaciones y Métodos de Ensayo.
53	NMX-C-423-ONNCCE-2003	Industria de la construcción - Pinturas látex (antes pinturas vinílicas) Especificaciones y métodos de prueba (Cancela a la NMXU- 097-1981).
54	NMX-C-406-ONNCCE-2014	Industria de la construcción - Componentes para sistemas de losas prefabricadas de concreto Especificaciones y métodos de ensayo. (Cancela a la NMX-C-406-1997-ONNCCE).
55	NMX-C-013-1978	Paneles de yeso para muros divisorios, plafones y protección contra incendio.
56	NMX-C-168-1977	Placas o bloques de yeso para muros interiores
57	NMX-C-174-1977	Placas de yeso para plafones
58	NMX-C-441-ONNCCE-2013	Industria de la construcción – Mampostería - Bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso no estructural Especificaciones y métodos de ensayo (Cancela a la NMX-C-441-ONNCCE-2005).
59	NMX-C-463-ONNCCE-2010	Industria de la construcción - bovedilla de poliestireno expandido para losas de entresijos y azotea de concreto a base de viguetas prefabricadas especificaciones y métodos de ensayo.
60	NMX-C-137-ONNCCE-2010	Industria de la construcción - espuma rígida de poliestireno, EPS especificaciones y métodos de ensayo.
61	NMX-W-018-SCFI-2006	Productos de cobre y sus aleaciones - tubos de cobre sin costura para conducción de fluidos a presión especificaciones y métodos de prueba (cancela a la NMX-W-018-1995-SCFI).

62	NMX-W-101/2-SCFI-2004	Productos de cobre y sus aleaciones conexiones soldables de latón especificaciones y métodos de prueba (cancela a la NMX-W-101/2-1995-SCFI).
63	NMX-X-002-1-SCFI-2015	Productos de cobre y sus aleaciones conexiones de latón roscadas y con abocinado a 45° especificaciones y métodos de prueba (cancela a la NMX- X-002-1-1996).
64	NMX-C-307-ONNCCE-2016	Industria de la construcción - Edificaciones Resistencia al fuego de elementos y componentes Especificaciones y métodos de ensayo Parte 1: elementos estructurales (Cancela a la NMX-C-307/1-ONNCCE-2009)
65	NMX-AA-164-SCFI-2013	Edificación sustentable criterios y requerimientos ambientales mínimos.
66	NMX-C-374-ONNCCE-CNCP-2012	Industria de la construcción - Tinacos y cisternas prefabricadas Especificaciones y métodos de ensayo (Cancela a la NMX-C-374-ONNCCE- CNCP-2008).
67	NMX-E-143/1-CNCP-2011	Industria del plástico - Tubos de poli (cloruro de vinilo) (PVC) sin plastificante utilizados en sistemas de abastecimiento de agua a presión Especificaciones y métodos de ensayo (Cancela a la NMX-E-143/1-SCFI-2002).
68	NMX-E-199/1-CNCP-2005	Industria del plástico -Tubos de poli (cloruro de vinilo) (PVC) sin plastificante usados en la construcción de sistemas sanitarios Especificaciones (Cancela a la NMX-E-199/1-1998-SCFI).
69	NMX-E-018-CNCP-2012	Industria del plástico - Tubos de polietileno de alta densidad (PEAD) para la conducción de agua a presión Especificaciones y métodos de ensayo (Cancela a la NMX-E-018-SCFI-2002)
70	NMX-E-181-CNCP-2016	Industria del plástico tubos y conexiones de poli (cloruro de vinilo clorado) (cpvc) para sistemas de distribución de agua caliente y fría especificaciones y métodos de prueba (cancela a la NMX-E-181-CNCP-2006).
71	NMX-E-012-SCFI-1999	Industria del plástico - Tubos y conexiones de poli (cloruro de vinilo) (PVC) sin plastificante para instalaciones eléctricas Especificaciones. (Cancela a la NMX-E-012-1994-SCFI)
72	NMX-E-215/2-CNCP-2012	Industria del plástico tubos de poli (cloruro de vinilo) (PVC) sin plastificante con junta hermética de material elastomérico, utilizados para sistemas de alcantarillado serie inglesa especificaciones (Cancela a la NMX-E-211/1-1999-SCFI).
73	NMX-C-039-ONNCCE-2015	Industria de la construcción - Varilla corrugada de acero proveniente de lingote y palanquilla para refuerzo de concreto Especificaciones y Métodos de prueba (Cancela a la NMX-B-006-1988).

74	NMX-C-407-ONNCCE-2001	Varillas corrugadas y lisas de acero, procedentes de riel, para refuerzo de concreto. (Cancela a la NOM-B-18-1975).
75	NMX-B-018-1988	Varillas corrugadas y lisas de acero, procedentes de eje, para refuerzo de concreto. (Cancela a la NOM-B-32-1975).
76	NMX-B-032-1988	Industria siderúrgica - Varilla corrugada de acero, grado 60, laminada en frío para refuerzo de concreto Especificaciones y métodos de prueba (Cancela a la NOM-B-072-CANACERO-2008).
77	NMX-B-072-CANACERO-2016	Industria siderúrgica - varilla corrugada de acero de baja aleación para refuerzo de concreto especificaciones y métodos de prueba (cancela a la NOM-B-457-1988).
78	NMX-B-457-CANACERO-2013	Industria siderúrgica-varilla corrugada de acero para refuerzo de concreto especificaciones y métodos de prueba.
79	NMX-R-060-SCFI-2013	Ventanas y productos arquitectónicos para el cerramiento exterior de fachadas clasificaciones y especificaciones.
80	NMX-B-506-CANACERO-2011	Industria siderúrgica-varilla corrugada de acero para refuerzo de concreto especificaciones y métodos de prueba.

Nota: Fuente: Gráfico propio ajustado de “Código de Edificación de Vivienda” Comisión Nacional de Vivienda., 2017. pp. 499-512.

Como se anticipó, el objeto de este apartado es observar cuantas normas son requeridas para un proyecto de vivienda, también apreciar la distribución en los planos y documentos de construcción. Para ello se recurre a la **Figura 7** donde se conjuntan las NOM, NMX y documentos normativos para la Ciudad de México y Estado de México.

Se contabilizaron 82 documentos normativos ordenados de acuerdo con lo establecido en la **Tabla 3**, para observar la magnitud de documentos a revisar en un proyecto ejecutivo y conocer los elementos normativos que se revisan más frecuentemente en el desarrollo del proyecto ejecutivo.

En la **Figura 7** se observa que los documentos normativos referentes al reglamento y normas técnicas de arquitectura (señalados en verde) están presentes en todo el desarrollo del proyecto, mientras que, las normas referentes a la ingeniería estructural cuentan con la mayor cantidad de documentos a revisar llegando a 26 (señalados en color azul).

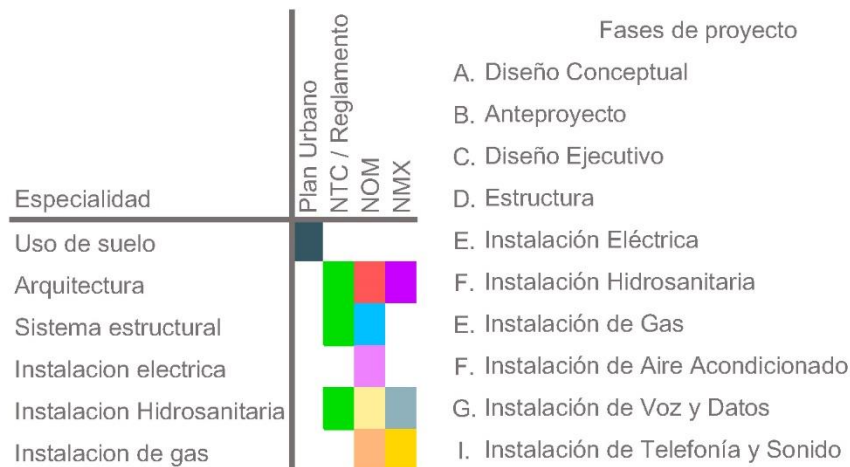
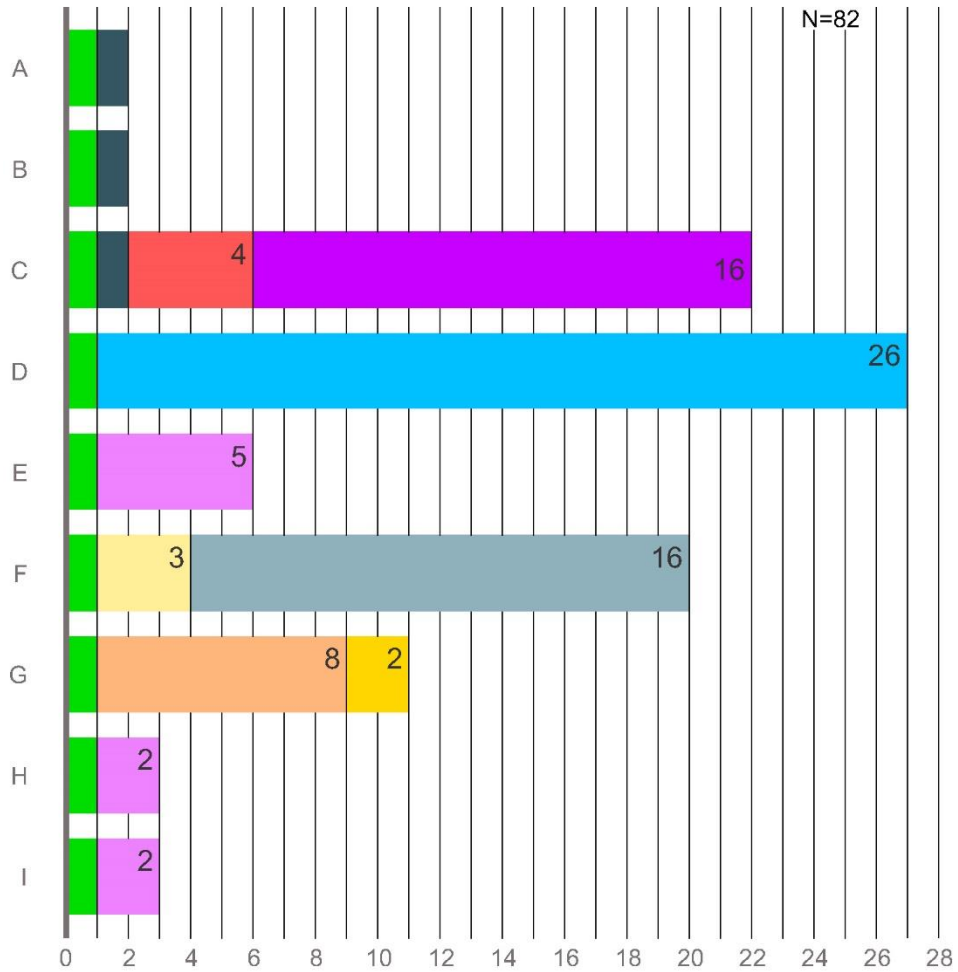


Figura 7 Documentos normativos de acuerdo al contenido del proyecto ejecutivo.

Fuente: Gráfico propio, información de este estudio y demás datos de “Reglamentos de construcción en México”, Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural A.C., 2020., “Código de Edificación de Vivienda” Comisión Nacional de Vivienda., 2017. pp. 499-512.

- **Revisión del cumplimiento de la normatividad.**

La revisión del cumplimiento de la normatividad en proyectos ejecutivos de vivienda se define para este estudio por el modo en el que se realiza y las herramientas que se utilizan para la validación. El modo se refiere a la acción de revisar que los parámetros normativos se cumplan, de acuerdo con la basta cantidad de documentos normativos requeridos para un proyecto ejecutivo de vivienda.

En nuestro país esta labor es una tarea realizada de manera manual donde arquitectos o ingenieros recaban, comparan y validan la información del proyecto ejecutivo. Es importante reconocer el probable riesgo de cometer errores, así como posibles interpretaciones erróneas de las normas por parte de los profesionales de la arquitectura e ingeniería.

Por otro lado, en el plano internacional se cuenta con alternativas para la revisión del cumplimiento de la normatividad, dejando a cargo de programas informáticos obtener, comparar y validar la información contenida en archivos digitales. Esto se define como modo automatizado, se debe precisar que al igual que en el modo manual existe el riesgo de cometer errores sin embargo este riesgo es mitigado con la inclusión de sistemas informáticos automatizados.

No hay que dejar de lado que al automatizar los procesos de revisión se debe de analizar la naturaleza de los datos procedentes del proyecto ejecutivo por ello es importante describir a los sistemas de representación arquitectónica usados actualmente en nuestro país. Los datos que proporcionan los documentos de construcción van en función del sistema que se utilice para su elaboración destacando dos en particular. El primero es el diseño asistido por computadora (CAD) por sus siglas en inglés, se define como:

La práctica tradicional de dibujo por computadora, con el objetivo de diseñar representaciones de dibujos en dos dimensiones que las personas puedan interpretar para

generar información. El requisito principal en este proceso es que los dibujos deben "verse visualmente correctos" y contener la información variada" (Eastman, Lee, Jeong, y Lee, 2009, p. 4).

Además, en los programas de cómputo tipo CAD se destaca la incorporación de herramientas para representación en tercera dimensión que agregan más detalle al usuario, sin cambiar la forma en la cual se realizan las actividades, ni los productos generados.

El segundo sistema que se ha incorporado de manera reciente es el modelado de información de construcción (BIM) por sus siglas en inglés, se define como:

Modelos de construcción basados en objetos. Los objetos que se verifican ahora tienen un tipo y propiedades. Por lo tanto, los requisitos de un modelo de construcción adecuado son más estrictos que los requisitos de representación anteriores. Los arquitectos y otros que definan modelos de construcción deben prepararlos para que los modelos proporcionen la información necesaria en estructuras acordadas bien definidas (Eastman, Lee, Jeong, y Lee, 2009, p. 4).

El sistema BIM se incorpora en el año 2000 (Dimyadi y Amor, 2013) y es una metodología que incorpora la comunicación, administración de proyectos, control de obra, presupuestos entre otras funciones.

De acuerdo a lo anterior es importante señalar que los sistemas CAD ofrecen información geométrica de líneas, puntos, polígonos como se observa en la *Figura 8* sin embargo carecen de una estructura orientada al lenguaje arquitectónico a diferencia de los sistemas BIM donde los datos están organizados de acuerdo a objetos como muros, pisos, ventanas, puertas en concordancia con los elementos de las construcciones tal como se ilustra en la *Figura 9*.

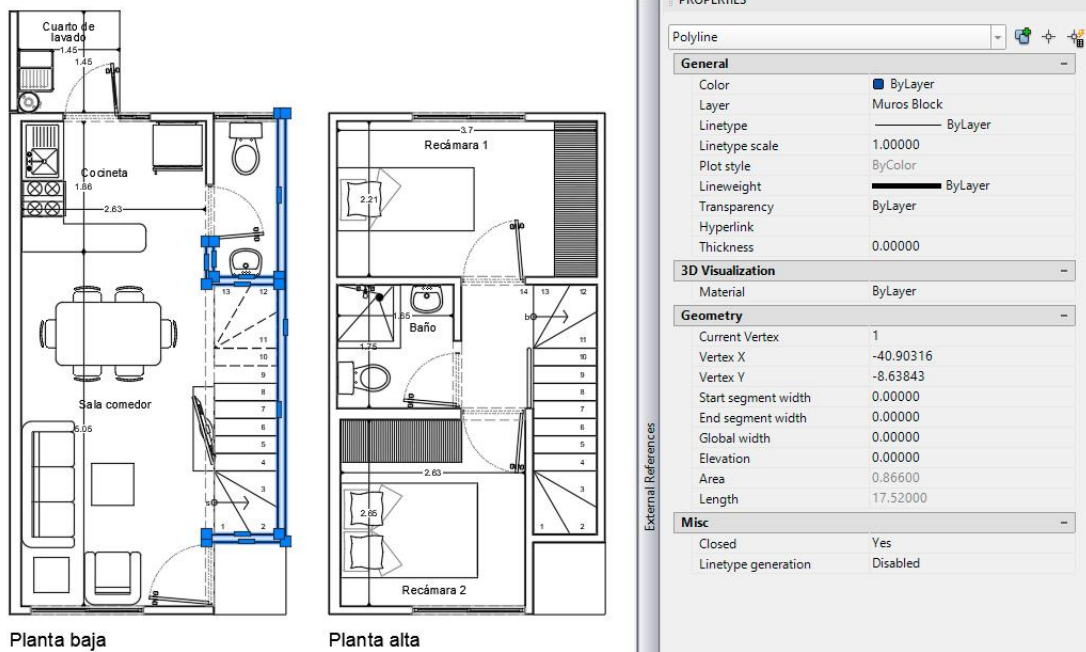


Figura 8 Datos de geometría aplicaciones CAD.

Fuente: Gráfico propio, información de este estudio y programa de cómputo “AutoCAD 2018 versión estudiante”, ©Autodesk, Inc. All rights reserved 2017.

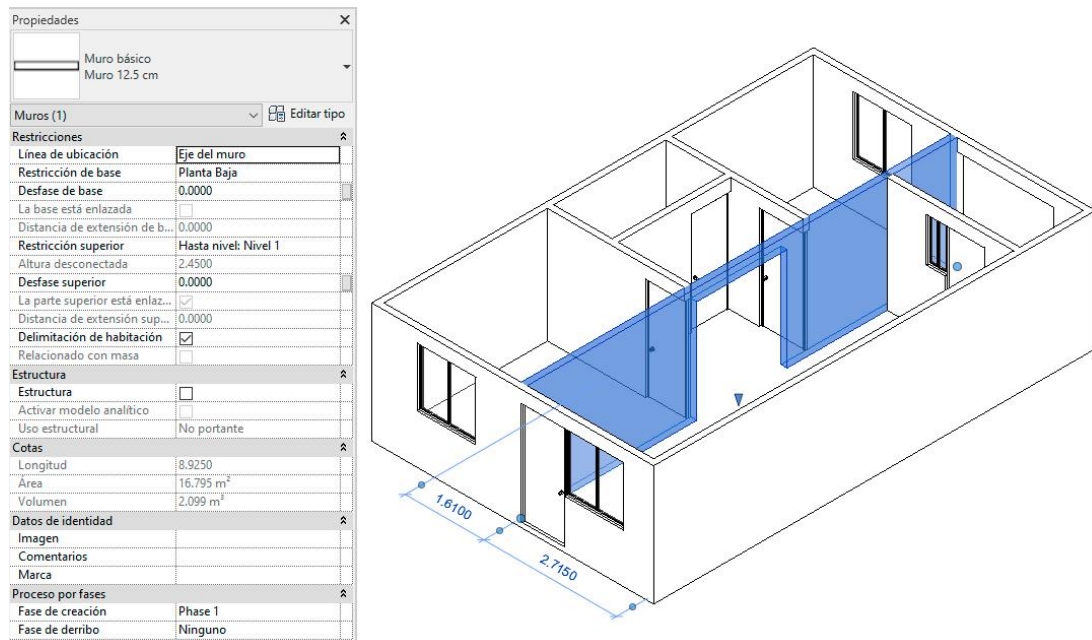


Figura 9 Datos de objetos aplicaciones BIM.

Fuente: Gráfico propio, información de este estudio y programa de cómputo “Revit 2020 versión estudiantil”, ©Autodesk, Inc. All rights reserved 2019.

En México de acuerdo a la “Encuesta BIM” realizada en 2017 por la Fundación de la Industria de la Construcción (FIC, 2017) se observó que existen una diversidad de soluciones utilizadas por el sector de la construcción, donde el 42% utiliza sistemas BIM y el 58% opta por sistemas CAD. En el caso de las aplicaciones tipo BIM el programa Revit es ocupado por 64% de los usuarios encuestados y para los sistemas CAD predomina el uso de la herramienta AutoCAD con casi el 80% de las observaciones.

En cuanto a las herramientas que auxilian a los profesionales de la arquitectura e ingeniería se encontraron tres tipos; lista de verificación, responsiva y aplicaciones de cómputo automatizadas. A continuación, se detalla cada uno.

En México se tiene una plataforma tecnológica conocida como registro único de vivienda (RUV). Es un sistema de registro de datos que integra toda la información de las viviendas disponibles para el mercado de la venta de inmuebles en todo el país; además funciona como medio de consulta para los organismos que otorgan financiamiento y créditos en apoyo a la producción y adquisición de viviendas, tal es el caso del INFONAVIT, FOVISSSTE, FONHAPO, SHF y CONAVI.

El sistema tiene diferentes funciones, sin embargo, existe uno de particular interés llamado Verificación documental dedicado a revisar información diversa de la vivienda. En particular se contempla un apartado para la revisión del proyecto ejecutivo autorizado legalmente mediante licencia de construcción o su equivalente. La revisión es efectuada por empresas adscritas por el Registro Único de Vivienda.

Sin embargo el proceso de verificación documental adquiere otras competencias como lo descrito en los Criterios para la Prestación de servicios de Verificación y Dictaminación de Vivienda en el Registro Único de Vivienda descrito en el inciso “27” donde se valida lo siguiente “ El Proyecto

Ejecutivo esté integrado en congruencia con lo establecido por la reglamentación correspondiente que incide en su autorización(local, estatal o federal)” (INFONAVIT, 2019).

Esta cláusula permite realizar una revisión extraordinaria a la prevista en la licencia o permiso de construcción. Esta validación se realiza mediante un formulario (RUV, 2019b) que es parte del sistema alojado en el sitio web de la plataforma (*Figura 10*).

Vista A

Información general

Nombre o Razón Social	Número de Referencia	Número de orden de Verificación	Nombre del Frente

DOCUMENTOS OBLIGATORIOS
(La revisión de estos documentos se controla en el sistema de gestión de documentos)

Tipo de Documento	Nombre de Carga	Sin Revisión	Cumple	No Cumple	Observaciones
Planos de Diseño Urbano e Ingenierías					
Plano Topográfico					
2. topografico.dwf		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Plano de lotificación y sembrado					
3. plano_lotificación y sembrado.dwf		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Poligonal					
4. plano_poligonal.dwf		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Zonificación de uso de suelo					
plano_zonificación y uso de suelo.dwf		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Delimitación de la oferta					
6. plano_delimitación de la oferta.dwf		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Reporte Documental de la Orden de Verificación

Regresar Revisión Documental

Vista B

Información general

Nombre o Razón Social	Número de Referencia	Número de orden de Verificación	Nombre del Frente

Nombre Documento	Condición	Observaciones
Planos de Diseño Urbano e Ingenierías		
Plano Topográfico		
3 topografico natural y de proyectos.dwf	Cumple	Sin Observaciones
Plano de lotificación y sembrado		
5 lotificación y sembrado.dwf	Sin Verificar	Sin Observaciones
Poligonal		
2 poligonal.dwf	Cumple	Sin Observaciones
Zonificación de uso de suelo		
4 zonificación de uso d suelo.dwf	Sin Verificar	Sin Observaciones
Delimitación de la oferta		
6 delimitación de la oferta, restricciones o afectaciones.dwf	Sin Verificar	Sin Observaciones

Figura 10 Formulario aplicación RUV.

Fuente: Gráfico adaptado de “Guía operativa validación de CUV’S y orden de verificación”. Registro Único de Vivienda, 2019.

El formulario contempla la emisión de un reporte mediante un tablero. El profesional de la construcción que revisa los documentos reporta mediante la selección de opciones, así como una sección para especificar con texto las observaciones. Esto corresponde a la vista “A” del tablero. Por otro lado, la vista del oferente de vivienda donde observa el dictamen del proyecto ejecutivo corresponde a la vista “B” del tablero.

De lo anterior se destaca que al ser un documento alojado en internet favorece la comunicación ya que está disponible en cualquier horario, en todo el país y no se requiere presencia física para entregar el reporte, etc. Sin embargo, es solo una herramienta de reporte por lo que la forma en la cual se realiza la revisión queda a criterio del profesional de la construcción.

Otra posibilidad es lo que ofrecen los procesos de autorización para construcción donde la autoridad municipal, estatal o federal otorga el permiso para que una obra pueda ser construida mediante el mecanismo de licencia, permiso, manifestación de construcción o sus equivalentes.

Este proceso contempla varias fases administrativas y requiere de distintos formatos donde destaca la siguiente leyenda “Declaro haber cumplido con todas y cada una de las disposiciones que se establecen en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y demás ordenamientos legales aplicables en la materia” (Iztapalapa, 2020). En particular el Director Responsable de Obra (DRO), corresponsables, propietario, interesado y representante legal son los que respaldan esta responsiva conforme al formato registro de manifestación de construcción tipo B o C a cargo de la alcaldía Iztapalapa.

El sustento proviene del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal:

ARTÍCULO 32.- Director Responsable de Obra es la persona física auxiliar de la Administración, con autorización y registro otorgado por la Secretaría de Obras y Servicios,

a través del Instituto, quien tiene la atribución en todas aquellas actividades vinculadas con su responsiva, de ordenar y hacer valer en la obra, la observancia de la Ley, de este Reglamento y demás disposiciones aplicables, incluyendo las ambientales.

ARTÍCULO 35.- Para el ejercicio de su función, el Director Responsable de Obra tiene las siguientes obligaciones:

II. Dirigir, vigilar y asegurar que tanto en el proyecto como en la ejecución de la obra se cumpla con lo establecido en los ordenamientos aplicables.

III. Ordenar en la obra, el cumplimiento de este Reglamento y de la normatividad aplicable, incluyendo en materia ambiental.

XIII. Verificar que los proyectistas hayan firmado los planos y memorias del proyecto, así como el especialista haya firmado el estudio de mecánica de suelos y/o en su caso, los estudios correspondientes, con base en lo dispuesto en el artículo 54 segundo párrafo de la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, asumiendo la responsabilidad de su actuar en apego a la normatividad vigente;

ARTÍCULO 36.- Corresponsable es la persona física auxiliar de la Administración, con autorización, registro y conocimientos técnicos especializados en las siguientes materias:

- A. Seguridad Estructural.
- B. Diseño Urbano y Arquitectónico e.
- C. Instalaciones.

Dicho profesional responderá, en forma conjunta con el Director Responsable de Obra o de manera autónoma, en los casos en que otorgue su responsiva en los aspectos técnicos relacionados al ámbito de su intervención profesional, debiendo cumplir con lo establecido en la Ley, en este Reglamento y en las demás disposiciones aplicables.

ARTÍCULO 39.- Para el ejercicio de su función, los Corresponsables tienen las siguientes obligaciones:

- I. El Corresponsable en Seguridad Estructural:
 - a) Cumplir con los requisitos establecidos en las Normas Técnicas Complementarias para la revisión de la Seguridad Estructural de las Edificaciones (NTC-RSEE).

c) Verificar que los proyectos cumplan con las características generales para seguridad estructural establecidas en el Capítulo II del Título Sexto de este Reglamento y entregar los informes de revisión al Instituto, de conformidad con lo establecido en las NTCRSEE;

II. Del Corresponsable en Diseño Urbano y Arquitectónico:

b) Revisar el proyecto en los aspectos correspondientes a su especialidad, verificando que hayan sido realizados los estudios y se hayan cumplido las disposiciones establecidas en este Reglamento, el Reglamento para el Ordenamiento del Paisaje Urbano del Distrito Federal, los Programas, y las demás disposiciones relativas al Desarrollo Urbano;

c) Verificar que el proyecto cumpla con las disposiciones relativas a los Programas, los planos de zonificación para anuncios y las declaratorias de usos, destinos y reservas; con los requerimientos de habitabilidad, accesibilidad, funcionamiento, higiene, servicios, acondicionamiento ambiental, comunicación, prevención de emergencias e integración al contexto e imagen urbana contenidos en el Título Quinto del presente Reglamento, y con las disposiciones legales y reglamentarias en materia de conservación del patrimonio urbano arquitectónico, tratándose de inmuebles afectos al patrimonio cultural urbano, o que estén ubicados en Áreas de Conservación Patrimonial;

III. Del Corresponsable en Instalaciones:

b) Revisar el proyecto en los aspectos correspondientes a su especialidad, verificando la factibilidad de otorgamiento de los servicios públicos y que se hayan cumplido las disposiciones de este Reglamento y la legislación vigente al respecto, relativas a la seguridad, previsiones contra incendio y funcionamiento de las instalaciones; (CDMX, 2019).

En el caso de la responsiva es la máxima declaración del cumplimiento normativo para el proyecto ejecutivo, se manifiesta por escrito y de manera oficial, sin embargo, esta responsiva es útil en términos legales para deslindar responsabilidades, pero carece de información detallada del cumplimiento siendo complicado el manejo de los datos específicos para la toma de decisiones.

El entorno internacional se caracteriza por el interés en la automatización del proceso de revisión como una herramienta para profesionales de la arquitectura e ingeniería. En algunos casos esta propuesta es impulsada por los gobiernos.

Se encontraron dos artículos de importancia señalando los antecedentes de los sistemas automatizados uno es el de (Dimyadi y Amor, 2013) donde el análisis retrospectivo desde los años 80 hasta poco más del 2010, revela el desarrollo de aplicaciones basadas en el sistema CAD, así como la aparición y evolución e otras herramientas de cómputo a partir del surgimiento de los sistemas BIM. El otro artículo de trascendencia es de (Narayanswamy, Liu, y Al-Hussein, 2019) en el marco del 36° Simposio Internacional sobre Automatización y Robótica en la Construcción donde se retoma el análisis con publicaciones del 2013 enfocándose a las soluciones de cómputo basadas en el sistema BIM. A partir de estos artículos se construyó la **Tabla 6** haciendo un recuento desde los años 80 hasta el año 2019.

Tabla 6 Aplicaciones de cómputo para automatizar la revisión.

Aplicación	Sistema	Reportado	Características
Steel 3D	CAD	1984	Estructura de marcos rígidos
SICAD	CAD	1989	Estructura diseño de puentes
FireCode	CAD	1987	Seguridad contra incendios
ICADS	CAD	1990	Múltiple
Corenet BP-Expert	CAD	1995	Múltiple
Solibri Model Checker	BIM	2000	Múltiple y reporte de incidencias 3D
EDM Model Checker	BIM	1998	Múltiple y reporte de incidencias 3D
FORNAX	BIM	2002	Múltiple y reporte de incidencias 3D
Corenet e-Plan Checker	BIM	2002	Múltiple y reporte de incidencias 3D
Desing Check	BIM	2006	Múltiple y reporte de incidencias 3D

Nota: Fuente: Gráfico propio ajustado de “BIM-based Automated Design Checking for Building Permit in the Light-Frame Building Industry”. Narayanswamy, H., Liu, H., y Al-Hussein, M., 2019 p.3. y “Automated Building Code Compliance Checking – Where is it at?” Dimyadi, J., y Amor, R., 2013 p.3.

En la **Tabla 6** se destaca como ha ido evolucionando este tipo de aplicaciones de cómputo pasando de sistemas CAD a sistemas BIM. En los artículos se han revisado diversas reglamentaciones para arquitectura e ingeniería, en diversos países como Estados Unidos, Nueva Zelanda, Alemania, Portugal, Noruega, Australia entre otros.

Al hacer la revisión del funcionamiento de cada sistema se observa que a partir de la aparición de los sistemas BIM predomina un enfoque visual, donde se busca por medio de la representación 3D ilustrar mediante colores el cumplimiento del aspecto normativo auditado. También destacan reportes generados por las aplicaciones donde se integran los detalles de los incidentes encontrados.

Otro aspecto a destacar es que existe intercambio de información para las distintas empresas que proveen las aplicaciones de cómputo esta característica sin importar los formatos de archivo, este estándar se conoce como IFC (Industry Foundation Classes) y actúa como nodo de comunicación entre la gama de programas informáticos BIM, a diferencia en los sistemas CAD donde se complica el intercambio de información entre los diversos tipos de aplicaciones.

II. APLICACIÓN WEB PARA AUDITAR EL CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVIDAD EN PROYECTOS EJECUTIVOS DE VIVIENDA EN MÉXICO.

Con los datos obtenidos en el anterior capítulo, se identificaron patrones útiles para definir los criterios de diseño de una solución a los problemas detectados con relación a la ineficiencia del proceso de revisión del cumplimiento de las normas. Esto permite generar una propuesta amplia, flexible y adaptable.

Estos patrones, reflejan una visión amplia del problema y buscan crear los ejes de la solución. Se habla de ejes de la solución debido a que se pretende que la propuesta tenga posibilidades para adaptarse a los múltiples escenarios de los proyectos ejecutivos de vivienda en México.

El análisis de las múltiples soluciones que existen en el mercado e instituciones, da pauta para buscar sus aciertos y errores para revisar la factibilidad de adaptación a la realidad mexicana.

Conjuntamente el examen de la normatividad, la actividad de construcción y las herramientas para la revisión de normas tienen como objetivo formar un sistema global para posteriormente enfocarse en un segmento específico, esto permite que la solución pueda adaptarse a otros escenarios no resueltos pero tomados en cuenta desde la concepción.

- **Concepto general de la propuesta.**

¿Por qué una aplicación web? Como se observa en el capítulo anterior los ejemplos internacionales para el desarrollo de proyectos y para la revisión de normas utilizaron el sistema BIM sin embargo en nuestro país este sistema solo es usado por el 42% de los profesionales. Los demás recurren a sistemas CAD y no se vislumbra la adopción de un solo sistema.

Por otro lado, en México se observa que la revisión del vasto número de elementos normativos aplicables a vivienda es realizada de manera manual y se plasma en reportes que no

explican en detalle las razones de no cumplimiento cuando este ocurre aun cuando estos informes se realizan con ayuda de programas de cómputo y en plataformas electrónicas.

En este contexto se toma la decisión de dividir el desarrollo de la solución en dos grupos. Uno se dedica a la extracción de datos en el programa de cómputo donde se elabora el documento de construcción y el otro grupo se ocupa de revisar estos datos respecto a la norma en turno. El segundo se haría mediante una aplicación web. Con este sistema de trabajo se busca tener un sistema unificado para los sistemas CAD/BIM con sus respectivos programas de cómputo e integrar la robusta cantidad de elementos normativos aplicables a una vivienda. La aplicación web se vuelve un nodo de comunicación entre estos elementos (*Figura 11*).

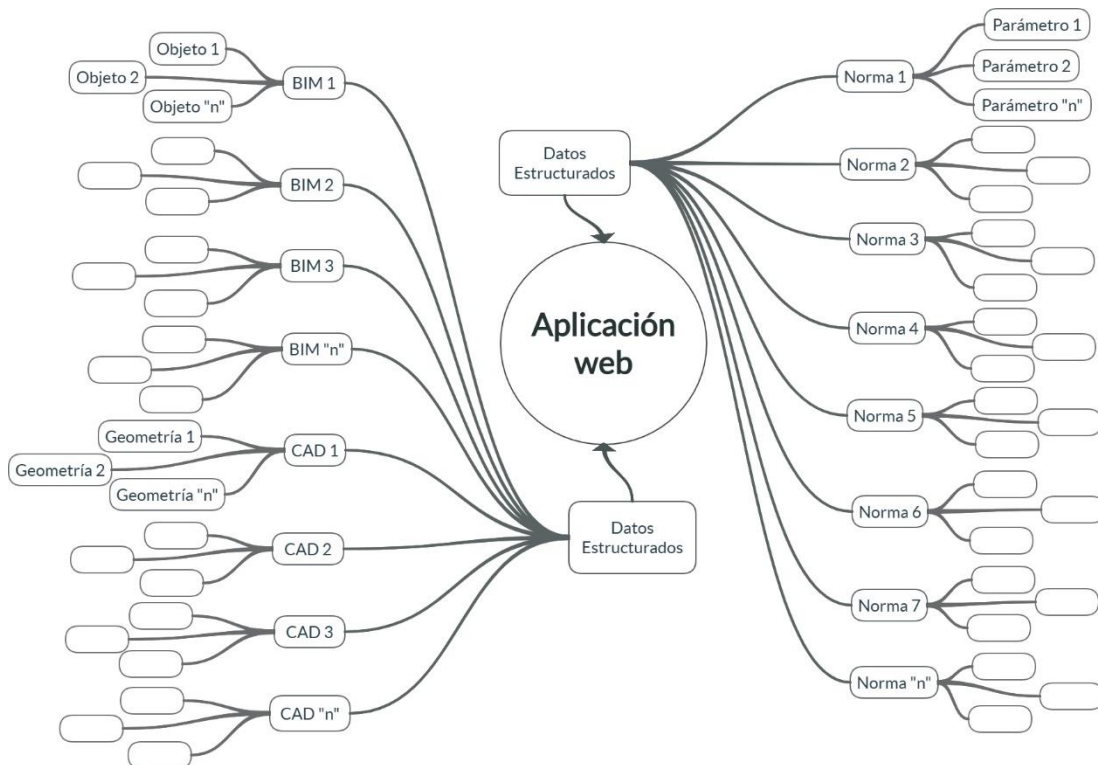


Figura 11 Esquema general del sistema.
Fuente: Gráfico propio con datos de esta investigación.

De lo anterior es pertinente establecer lo siguiente: el origen de las aplicaciones web es el conjunto de tecnologías de la información conocido como “computación en la nube” definida por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología de Estados Unidos (NIST siglas en inglés) como:

Un modelo que permite el acceso ubicuo, conveniente y bajo demanda a un conjunto compartido de recursos informáticos de cómputo configurables (por ejemplo: redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios) que pueden aprovisionarse y liberarse rápidamente con un mínimo esfuerzo de gestión o interacción con el proveedor de servicios (Mell y Grance, 2011).

En este trabajo de investigación se abordan dos perfiles. El primero es el usuario final de la aplicación que recurre a este servicio desde sus instalaciones utilizando la solución desde el enfoque software como un servicio SaaS por sus siglas en inglés donde:

La capacidad proporcionada al consumidor consiste en utilizar las aplicaciones del proveedor que se ejecutan en una infraestructura de nube. Las aplicaciones son accesibles desde varios dispositivos a través de una interfaz de cliente ligero como un navegador (p.ej., correo web), o una interfaz del programa. El consumidor no gestiona ni controla la infraestructura de nube subyacente que incluye la red, servidores, sistemas operativos, almacenamiento o incluso funcionalidades individuales de aplicación, con la posible excepción de unos parámetros limitados de configuración de la aplicación específicos del usuario (Mell y Grance, 2011).

El segundo es el desarrollador de las aplicaciones que ofrece este servicio en línea aprovechando las herramientas disponibles, estandarizadas para alojar y distribuir la solución desde el enfoque plataforma como un servicio PaaS por sus siglas en inglés donde:

La capacidad ofrecida al cliente es implementar en la infraestructura de la nube las aplicaciones creadas o adquiridas por el cliente, que fueran creadas utilizando lenguajes y herramientas de programación apoyadas por el proveedor. El consumidor no gestiona ni controla la infraestructura de la nube subyacente que incluye la red, servidores, sistemas operativos o almacenamiento, pero tiene control sobre las aplicaciones desplegadas y la posibilidad de controlar las configuraciones de entorno del hosting de aplicaciones (Mell y Grance, 2011).

Ahora bien, es importante recalcar cuales son las ventajas encontradas para las aplicaciones web en el marco de los perfiles el usuario así como el desarrollador de la aplicación (*Tabla 7*).

Tabla 7 Ventajas de las aplicaciones web usuarios y desarrolladores.

Usuario	Desarrollador
Software como un Servicio (SaaS)	Plataforma como un Servicio (PaaS)
Los proveedores de la aplicación son los que proporcionan a los usuarios el software a través de un modelo de suscripción	Proporciona una plataforma con herramientas para probar, desarrollar y alojar aplicaciones en un mismo entorno
Los usuarios no tienen que administrar, instalar o actualizar la aplicación de cómputo	Permite centrarse en el desarrollo sin tener que preocuparse por la infraestructura. Es el proveedor el que suministra todos los recursos al consumidor
Las aplicaciones son accesibles desde casi cualquier dispositivo conectado a internet y desde prácticamente cualquier parte del mundo	Los proveedores gestionan la seguridad, los sistemas operativos, el software del servidor y copias de seguridad. El usuario no tiene que lidiar con la complejidad de validar la seguridad del sistema.
El uso de los recursos se pueden dimensionar en función de las necesidades del servicio	Facilita el trabajo colaborativo incluso si los equipos trabajan a distancia.
Los datos están seguros en la nube; las fallas en los equipos no provocan la pérdida de datos	

Nota: Fuente: Gráfico propio ajustado de “Servicios de minería de datos en Cloud Computing (Tesis doctoral)”, Parra, M., 2019, pp. 34, 36.

Lo anterior es visto desde la perspectiva de un entorno de las tecnologías de la información, sin embargo, para esta investigación se observan aportaciones referentes al ámbito de la arquitectura como la posibilidad de ajustar de manera rápida cuando existen cambios en la normatividad. También ajustar posibles errores o incremento de capacidades en el programa sin la necesidad de sustituir el programa en el dispositivo del usuario.

- **Integración del sistema.**

El sistema que se desarrollo debe apegarse al estado actual de las tecnologías de la información enfocando las capacidades de esta especialidad al contexto de esta investigación. Para el desarrollo de aplicaciones de cómputo tipo web, hay diversas metodologías. Se clasifican en dos grupos:

Las metodologías ágiles (Molina, Zea, Centeno, y García, 2018). Son metodologías que se caracterizan por su flexibilidad, sus resultados en corto plazo, su adaptabilidad ante los cambios y su orientación a generar prototipos de manera constante. Las metodologías tradicionales (Molina, Zea, Centeno, y García, 2018) son metodologías centradas en el control del proceso, donde se busca detallar las actividades, los artefactos a producir y las herramientas a utilizar; fomentando la documentación de todos los componentes.

De acuerdo con las características del proyecto de investigación se elige un enfoque hacia las metodologías ágiles. Por ello se propone el uso y adaptación de la metodología “Desarrollo de aplicaciones web como Producto Mínimo Viable (PMV)” que tiene por propósito según (Alvarez, 2018, p. 1) “la construcción de un (PMV), el cuál será un desarrollo preliminar de la aplicación que poseerá las características mínimas para ser acogido por una cantidad considerable de usuarios”. Además, se estima, que el contexto donde se aplica la metodología tiene las siguientes características:

- El equipo de trabajo está conformado por un número reducido de personas (entre 2 y 4), de las cuáles sólo algunas poseen conocimientos en desarrollo web.
- El equipo de trabajo no posee experiencia en proyectos previos, ni tiene conocimiento acerca de las metodologías de desarrollo.

- Se disponen de recursos económicos muy limitados, por lo que está fuera del alcance llevar a cabo acciones como contratar algún tipo de consultoría o adquirir licencias para herramientas de software propietario.
- El tiempo para desarrollar la solución es corto, por lo que es mandatorio el saber administrarlo, llevando a cabo acciones que efectivamente logren alcanzar los objetivos del proyecto.

El desarrollo de la aplicación y sus componentes se realiza bajo los pasos indicados en el siguiente diagrama:

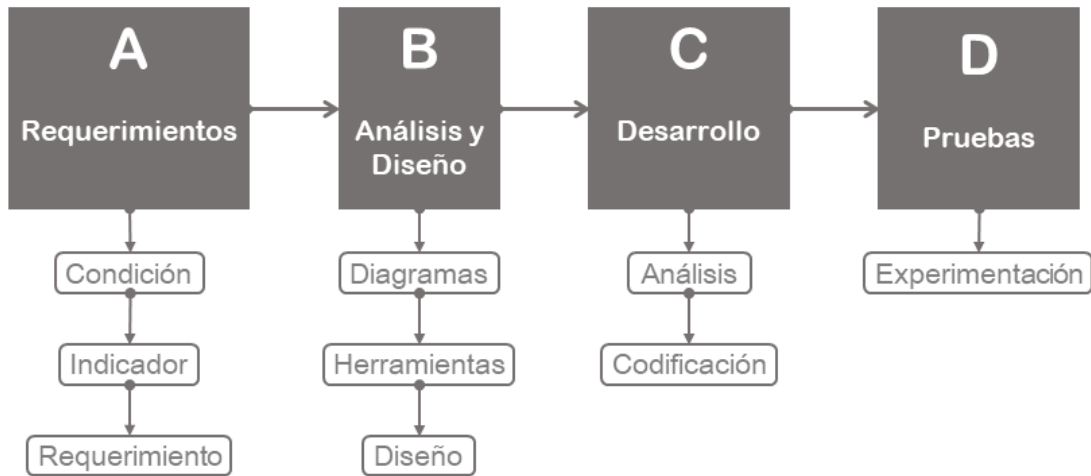


Figura 12 Metodología de desarrollo PMV.

Fuente: Gráfico propio con datos de “Metodología para el desarrollo de aplicaciones web ajustada al contexto de los Productos Mínimos Viables”, Alvarez, J. E., 2018.

El diagrama se ajustó al propósito de la investigación, donde el paso “D” correspondiente a la realización de las pruebas y se traslada a la experimentación con fines similares a los indicados por (Alvarez, 2018).

A continuación, se detallan los pasos correspondientes a Requerimientos, Análisis y Diseño, así como Desarrollo tomando en cuenta la metodología y ajustando como sea necesario.

Requerimientos.

Esta sección establece, la propuesta específica del proyecto es decir el modulo o sección de la aplicación que se desarrolla como Producto Mínimo Viable en aras de que sirva como modelo para posteriormente abarcar otras secciones, para ello nos apoyamos de la siguiente tabla:

Tabla 8 Requerimientos basados en la evidencia analizada.

Condición	Indicador	Requerimiento
Región del país a analizar	Zona metropolitana del Valle de México; Ciudad de México se construye el 6% de la demanda, Estado de México se construye el 31% de la demanda, 72 mil viviendas demanda total	Analizar en conjunto las viviendas para el Estado de México y la Ciudad de México por su conformación territorial común.
Tipo de reglamentación a revisar	Lo relacionado con normas para arquitectura está presente a lo largo del desarrollo de toda la documentación del proyecto	Analizar las Normas Técnicas Complementarias para el Proyecto Arquitectónico que son de uso común en el Valle de México.
Superficie de la vivienda en análisis	Zona metropolitana del Valle de México predomina la vivienda de 45 m ² a 60 m ² .	Analizar viviendas con locales correspondientes a la clasificación Popular C
Distribución de la vivienda	Ciudad de México 100% vivienda vertical, Estado de México 68% vertical y 32% horizontal	Analizar viviendas horizontales y verticales
Sistema de representación proyecto ejecutivo	BIM 46% - tercer decil Revit CAD 54% - tercer cuartil Auto CAD	Analizar solución en AutoCAD y Revit
Indicadores que debe mostrar el sistema	Permisos de construcción cumplimiento general, programas de revisión extranjeros indicadores cualitativos para cada valor revisado	Capaz de revisar cumplimiento general y revisión de parámetro a parámetro con valor cuantitativo.

Nota: Fuente: Gráfico propio y datos propios de este estudio.

Con esta tabla se especifica de manera puntual, las funciones que se requieren gestionar en el análisis y diseño de la aplicación como se explica en el siguiente apartado.

Análisis y diseño.

El aparatado tiene como objetivo sentar las bases para la construcción del sistema. Para esto se auxilia de tres elementos: establecer diagramas de secuencia, seleccionar herramientas para el desarrollo y diseño de interfaces.

Para un manejo ágil de la solución de cómputo se nombra al componente alojado en los programas de representación arquitectónica como Ext-Dat dedicado a extraer y organizar los datos requeridos y la aplicación web como Auditoria en Datos Normados (ADN) destinada a realizar la revisión, auditoria y reporte del cumplimiento a la norma.

Diagramas de secuencia: Son elementos para organizar la actuación del usuario determinado el flujo y los escenarios de uso.

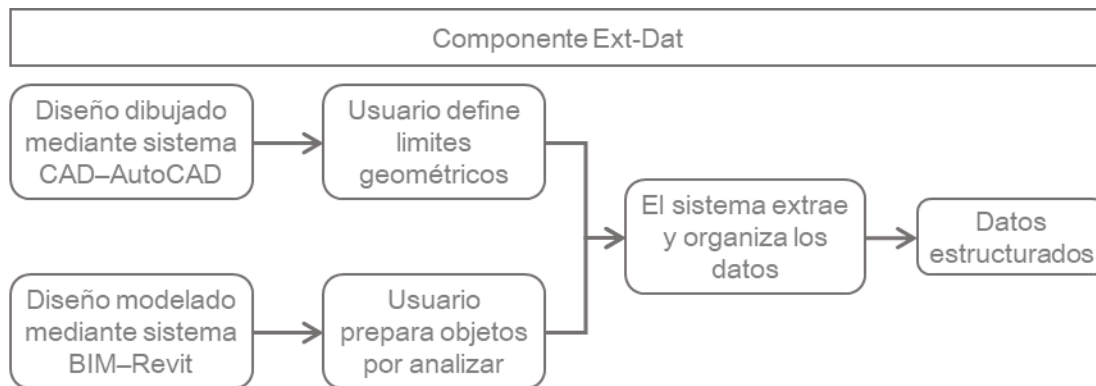


Figura 13 Secuencia uso Ext-Dat.

Fuente: Gráfico propio con datos de esta investigación.

En la **Figura 13** se observa el proceso requerido para la extracción de datos en el sistema CAD y BIM el desarrollo debe de estar en función de las siguientes condiciones, no se debe de requerir una capacitación significativa, la ejecución del extractor de datos debe de ser mediante ícono o comando los elementos que se manipulen deben de seguir la lógica de uso original del programa de modelado (Revit) o dibujo (AutoCAD).

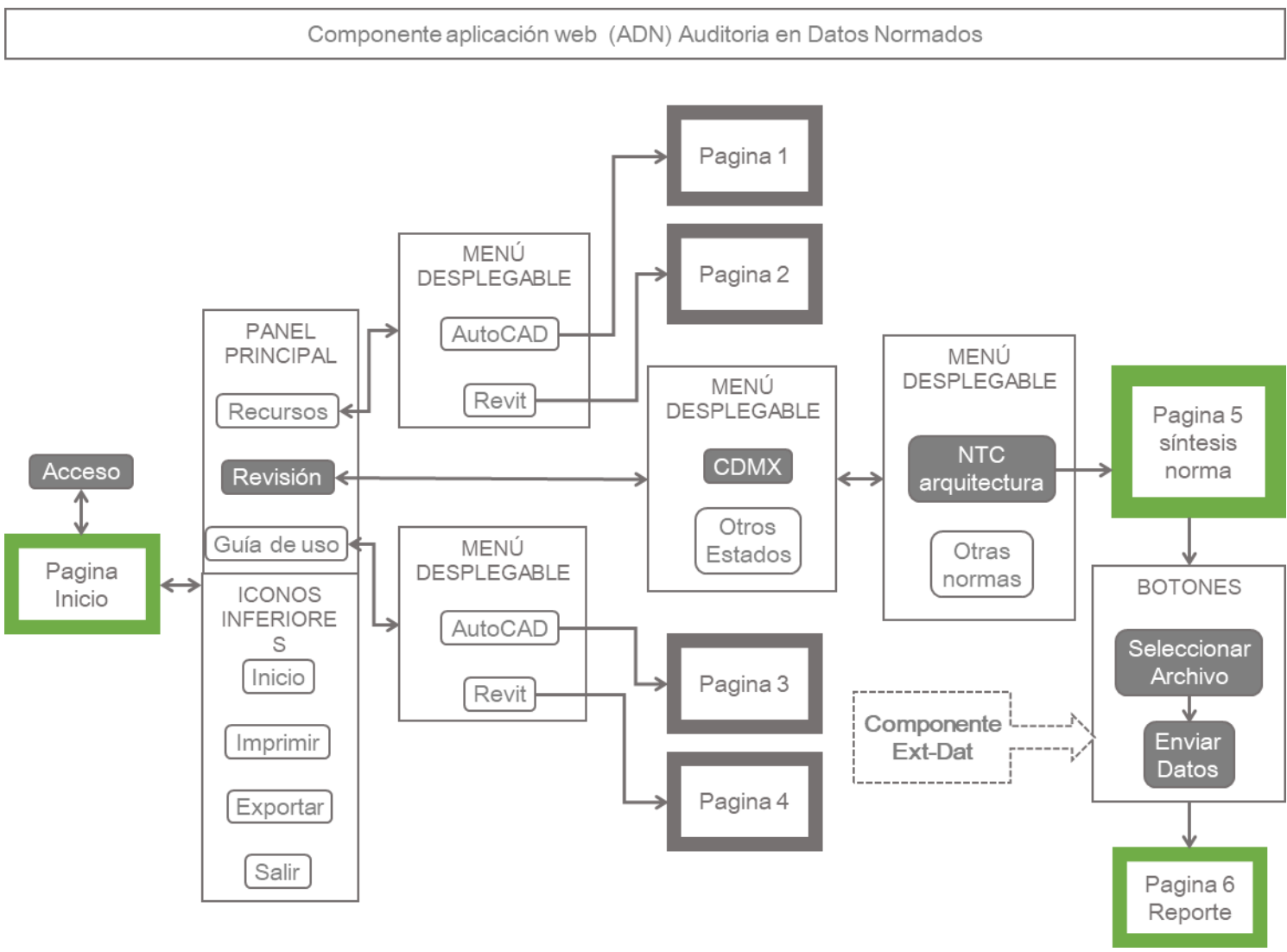


Figura 14 Secuencia uso aplicación web ADN.
Fuente: Gráfico propio con datos de esta investigación.

Particularmente antes de explicar la secuencia del uso de la aplicación es importante determinar el tema o genero del desarrollo, debido a la gran variedad de estilos para presentar la información en función de la usabilidad. Una de las tantas clasificaciones se puede apreciar por Bootstrap team donde se muestran esquemas dedicados al comercio electrónico, promoción, corporativos, blog, portafolio, administración y tablero de control.

En particular el tema o formato de presentación tablero de control es el más apegado al desarrollo propuesto por sus características de navegación, presentación de la información, así como el enfoque hacia el reporte de métricas en diversas formas.

Se explica en la (*Figura 14*) la secuencia de uso enfocada al tablero de control propuesto. Se puede apreciar el uso de una sección de la página como nodo de navegación con acceso a todo el desarrollo que se presentara como una barra de acceso. Una segunda sección es cambiante de acuerdo a la elección del usuario, los apartados en color verde considerados como fundamentales en el esquema de la solución web creada. Por otro lado, y no menos importante es la identificación del sitio donde se agregan los datos recabados por el componente Ext-Dat.

Las herramientas para el desarrollo son todas las tecnologías de software requeridas para resolver la propuesta. Es importante precisar que la elección está en función de varios factores como, aprovechar al máximo los programas libres de licenciamiento, el nivel de documentación (manuales, guías, tutoriales) existente para la herramienta en cuestión. En la *Tabla 9* se enlistan las herramientas elegidas para el componente Ext-Dat por otra parte en la *Tabla 10* se describe lo utilizado para la parte de la aplicación web ADN.

Tabla 9 Herramientas para desarrollo componente Ext-Dat.

Conjunto de herramientas para extraer y estructurar los datos		
	Herramienta	Uso
AutoCAD	Bloques dinámicos	Convertir las propiedades geométricas en un objeto (recamara, sala, ventana)
	Extracción de Datos	Estructurar los datos geométricos de los objetos
	Secuencias de comandos (SCRIPT)	Ejecutar de manera automatizada la extracción de datos
	AutoLisp	Empaquetar la extracción de datos en icono o comando en la interfaz del usuario.
	Interface de personalización de usuario (CUI)	Mostrar el Ext-Dat en la pantalla del usuario
Revit	Objetos	Agrupar las características geométricas requeridas para el análisis específico
	Dynamo	Estructurar y organizar los datos geométricos de los objetos
	Reproductor Dynamo	Mostrar y ejecutar el Ext-Dat en la pantalla del usuario

Nota: Fuente: Gráfico propio y datos propios de este estudio.

Tabla 10 Herramientas para desarrollo componente ADN.

Conjunto de herramientas para aplicación web		
	Herramienta	Uso
Back-end	Apache	Plataforma de servidor web
	MySQL	Gestión de datos provenientes de Ext-Dat y valores normativos
	PHP MyAdmin	Administrar MySQL a través de una página web
	PHP	Operación y análisis de datos alojados en la base de datos
	JavaScript	Mostrar los resultados de manera dinámica en la página web
Front-end	HTML 5	Estructurar y organizar cada página web
	CSS	Diseño visual de la página web
	Bootstrap	Generar estilo responsivo en la página web para visualización en distintos dispositivos favoreciendo la usabilidad
	Plotly	Librería gráfica para mostrar datos de manera interactiva
	DataTables	Crear un manejo avanzado mediante controles de interacción en tablas de páginas web
	Gentelella Alela!	Tema y organización de la aplicación web

Nota: Fuente: Gráfico propio y datos propios de este estudio.

En el caso de la **Tabla 9** se enlistaron dos aplicaciones de cómputo AutoCAD y Revit y las respectivas herramientas propuestas para realizar la extracción y estructuración de datos que provienen del proyecto en cuestión.

En la **Tabla 10**, las herramientas se dividen en dos enfoques uno es el llamado *front-end* dedicado a mostrar la información al usuario en la pantalla o página web y otro es lo que se conoce como *back-end* enfocando las herramientas para el desarrollo lógico o programado de la aplicación. Sin embargo, ambos grupos *front-end* y *back-end* están amalgamados en un solo sistema.

El diseño de las interfaces consiste en lo siguiente:

Son los elementos gráficos que nos ayudan a comunicarnos con un sistema o estructura. En el caso de la publicación digital tiene características de hipermedia, lo que permite un entendimiento y/o acción por parte del usuario. Es pertinente aclarar que estos son elementos gráficos que nos permiten comunicarnos con un sistema o estructura, en el caso de las publicaciones digitales, a través de la pantalla del ordenador (Luna, 2004, p. 4).

Como se especificó en la sección de herramientas para organizar la página web (**Tabla 10**) correspondiente a un esquema de panel de control, donde al hacer una búsqueda de diversos modelos se eligió el tema conocido como Gentella Alela! desarrollado por (Colorlib. y Silkalns, 2016), se adaptó para este caso tres elementos principales las cuales corresponden a:

- La barra de acceso común o panel de navegación. Contiene los elementos y apartados de toda la aplicación web (**Figura 15**).
- La caratula de norma. La página que tendrá como fin presentar el elemento normativo a revisar, así como sus subíndices presentando de manera general el contenido de las normas además de otro apartado donde se realice la revisión de los datos aportados por Ext-Dat (**Figura 16**).

- El reporte de auditoria. Esta página contiene una copia del texto normativo, el resultado general de la revisión, así como el detalle de la auditoria (*Figura 17 y 18*).

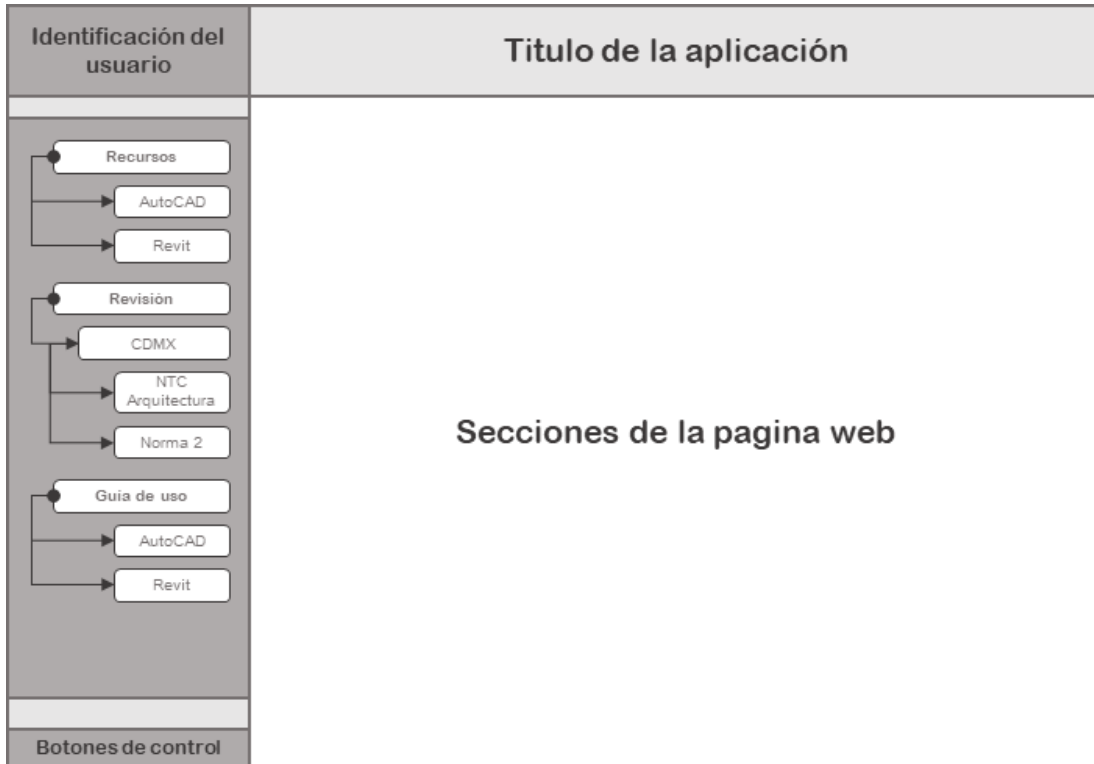


Figura 15 Diseño general y panel de navegación.

Fuente: Gráfico propio con datos de esta investigación.

A partir de la información del tema Gentella Alela (Colorlib. y Silkalns, 2016), se ajusta el esquema original de acuerdo a la *Figura 15*. Se agregan en el lado izquierdo las casillas específicas para la aplicación, en especial los dedicados al panel de navegación, con sus correspondientes apartados y subdivisiones.

Identificación del usuario	Título de la aplicación
Panel de navegación	Localidad de análisis
	Nombre del documento normativo
	Capítulos o apartados del documento normativo que ayude a generar una descripción general.
	Sección para agregar y auditar datos del componente Ext-Dat
	<input type="button" value="Botón Examinar"/> <input type="button" value="Botón Enviar"/> <input type="button" value="Botón Auditar"/>
Botones de control	

Figura 16 Diseño caratula de norma.

Fuente: Gráfico propio con datos de esta investigación.

Para el diseño de la carátula de norma se parte de un diseño general, que puede ser adaptado en un futuro a múltiples textos normativos, dividiéndose en cuatro apartados descritos de la siguiente manera:

-Localidad de análisis: especificar el nivel donde actúa la norma en cuestión (ciudad, municipio estado, etc.).

-Nombre del documento normativo: nombrar tal como se conoce la norma (NMX, NOM, NTC, etc.) junto con su número o nombre complementario.

-Capítulos o apartados: transcribir la estructura de la norma para tener el contexto de la evaluación (títulos, artículos, secciones, etc.)

-Sección Ext-Dat: aquí se manejan y utilizan los datos que se extrajeron del sistema con tres botones “examinar, enviar y auditar” siendo el más importante este último el de acceso al resumen con los resultados de la revisión al cumplimiento de la norma.

Identificación del usuario	Titulo de la aplicación									
Panel de navegación	Localidad de análisis									
	Nombre del documento normativo									
	Transcripción del documento normativo, agregando tablas, graficas o detalles, con el propósito de que el usuario pueda comparar con los resultados de la auditoría. Dividido en las secciones indicadas previamente									
	Resultado de la auditoría general:	<input type="button" value="SI"/>								
	El proyecto cumple con la norma _____	<input type="button" value="No"/>								
Resultado de la auditoría.										
Se presenta a manera de tabla teniendo los siguientes elementos:										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Numero</th> <th>Local</th> <th>Medición 1</th> <th>Medición N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>#</td> <td>Nombre</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>			Numero	Local	Medición 1	Medición N	#	Nombre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Numero	Local	Medición 1	Medición N							
#	Nombre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
Botones de control										

Figura 17 Diseño reporte de auditoría.

Fuente: Gráfico propio con datos de esta investigación.

En la **Figura 17** se muestra el diseño de la pantalla que tiene como propósito mostrar el texto normativo completo y el resultado de la auditoría de manera gráfica y cuantitativa por lo que la información se organiza en una tabla.

Tener la información de la norma disponible junto con la tabla de los resultados de la revisión permite al usuario hacer comparaciones del proyecto con el elemento normativo en un sentido cuantitativo, basado en datos numéricos, además de contar con una evaluación global que genera una alerta cuando prevalecen todos los datos correctos o que muestra otra advertencia al encontrar datos incorrectos.

En la **Figura 18** se detalla el diseño de cada gráfico que describe los elementos contenidos en cada figura generada por la aplicación web. En este caso se recurrió al sistema que ofrece la herramienta Plotly Technologies que sirve para la visualización de datos en páginas web, de manera dinámica. Su propósito se ajusta a las necesidades de la investigación.

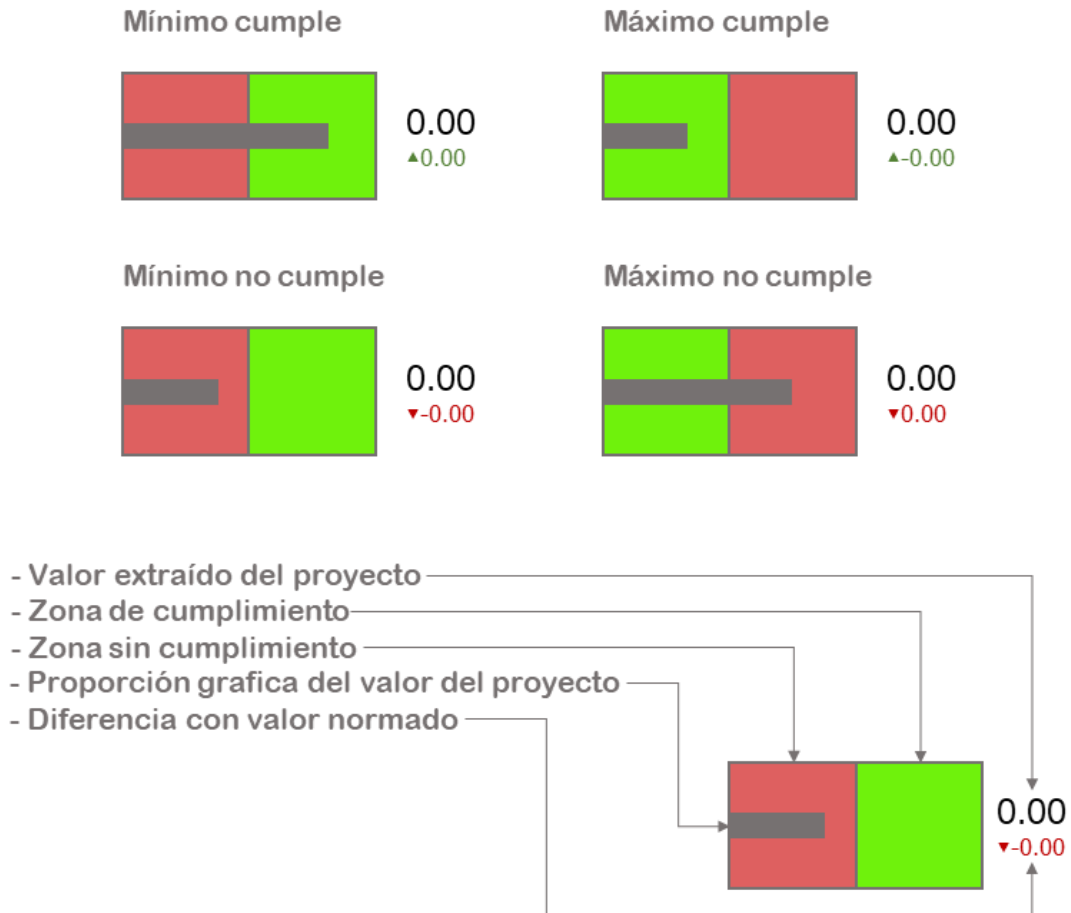


Figura 18 Diseño detalle de auditoria.

Fuente: Gráfico adaptado de “Plotly JavaScript Open Source Graphing Library”. Plotly Technologies Inc., 2020.

Desarrollo.

Este apartado consiste en integrar el análisis realizado en los distintos capítulos con el fin de concretar la solución de cómputo. Esto se muestra con el apoyo de distintos gráficos que explican el proceso de codificación, así como los elementos auxiliares necesarios para conformar el componente Ext-Dat y la aplicación web ADN.

Comienzo con el cuadro de constantes normativas y variables del diseño. Previo a la codificación en los sistemas de cómputo es indispensable conocer cuáles son los valores que se requieren, de acuerdo a su origen, así como su organización o tratamiento.

De acuerdo con los requerimientos, se analiza una sección del texto normativo Norma Técnica Complementaria para el Proyecto Arquitectónico (CDMX, 2011) en su apartado 2.1 DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS LOCALES EN LAS EDIFICACIONES:

La altura máxima de entrepiso en las edificaciones será de 3.60 m, excepto los casos que se señalen en la Tabla 2.1 y en los estacionamientos que incorporen eleva-autos. En caso de exceder esta altura se tomará como equivalente a dos niveles construidos para efectos de la clasificación de usos y destinos y para la dotación de elevadores.

Las dimensiones y características mínimas con que deben contar los locales en las edificaciones según su uso o destino, se determinan conforme a los parámetros que se establecen en la siguiente tabla.

Tabla 11 Dimensiones y características mínimas en edificaciones.

	Área mínima	Lado mínimo	Altura mínima
Recámara principal	7	2.4	2.3
Recámaras adicionales, alcoba, cuarto de servicio y otros espacios habitables	6	2.2	2.3
Sala o estancia	7.3	2.6	2.3
Comedor	6.3	2.4	2.3
Sala-comedor	13	2.6	2.3

Cocina	3	1.5	2.3	
Cocineta integrada a estancia o a comedor		2	2.3	(a)
Cuarto de lavado	1.68	1.4	2.1	
Baños y sanitarios			2.1	(b)
Estancia o espacio único habitable	25	2.6	2.3	

Nota: Fuente: Gráfico propio ajustado de “Norma Técnica Complementaria para el Proyecto Arquitectónico modificación julio 2017”. Gaceta Oficial de la Ciudad de México, 2011.

- a) La dimensión de lado se refiere a la longitud de la cocineta;
- b) Las dimensiones libres mínimas para los espacios de los muebles sanitarios, se establecen en la Tabla 3.3 de estas Normas;(CDMX, 2011).

Se observan una serie de valores para cada local o espacio, sin embargo, es indispensable tener los datos identificados y ordenados por lo que se construyó la **Tabla 12** donde se observan treintaisiete constantes y veintisiete variables que se extraerán del diseño arquitectónico.

Tabla 12 Variables y constantes para codificación.

		Variable		Constante	
Recámara principal	área	v_01	área	c_01	7
	lado mínimo	v_02	lado mínimo	c_02	2.4
	altura	v_03	altura mínima	c_03	2.3
			altura máxima	c_04	3.6
Recámaras adicionales	área	v_04	área	c_05	6
	lado mínimo	v_05	lado mínimo	c_06	2.2
	altura	v_06	altura mínima	c_07	2.3
			altura máxima	c_08	3.6
Sala o estancia	área	v_07	área	c_09	7.3
	lado mínimo	v_08	lado mínimo	c_10	2.6
	altura	v_09	altura mínima	c_11	2.3
			altura máxima	c_12	3.6
Comedor	área	v_10	área	c_13	6.3
	lado mínimo	v_11	lado mínimo	c_14	2.4
	altura	v_12	altura mínima	c_15	2.3
			altura máxima	c_16	3.6
Sala -	área	v_13	área	c_17	13

	lado mínimo	v_14	lado mínimo	c_18	2.6
	altura	v_15	altura mínima	c_19	2.3
			altura máxima	c_20	3.6
Cocina	área	v_16	área	c_21	3
	lado mínimo	v_17	lado mínimo	c_22	1.5
	altura	v_18	altura mínima	c_23	2.3
			altura máxima	c_24	3.6
Cocineta	lado mínimo	v_19	lado mínimo	c_25	2
	altura	v_20	altura mínima	c_26	2.3
			altura máxima	c_27	3.6
Cuarto de lavado	área	v_21	área	c_28	1.68
	lado mínimo	v_22	lado mínimo	c_29	1.4
	altura	v_23	altura mínima	c_30	2.1
			altura máxima	c_31	3.6
Baños y sanitarios	altura	v_24	altura mínima	c_32	2.1
			altura máxima	c_33	3.6
Espacio único habitable	área	v_25	área	c_34	25
	lado mínimo	v_26	lado mínimo	c_35	2.6
	altura	v_27	altura mínima	c_36	2.3
			altura máxima	c_37	3.6

Nota: Fuente: Gráfico propio con datos de esta investigación.

Una vez identificados estos valores se procede a revisar su relación apoyándose en distintos diagramas de flujo que sirven como ruta para la codificación en el lenguaje de programación.

La función de los diagramas de flujo está enfocada a orientar el proceso de programación en los distintos componentes como son:

- Creación de bases de datos y con los valores que serán alojados en las mismas
- Procesamiento de datos en la zona *back-end* de la aplicación
- Presentación de los datos por las herramientas *front-end* de la aplicación
- Organización y estructuración de datos que arroje el Ext-Dat

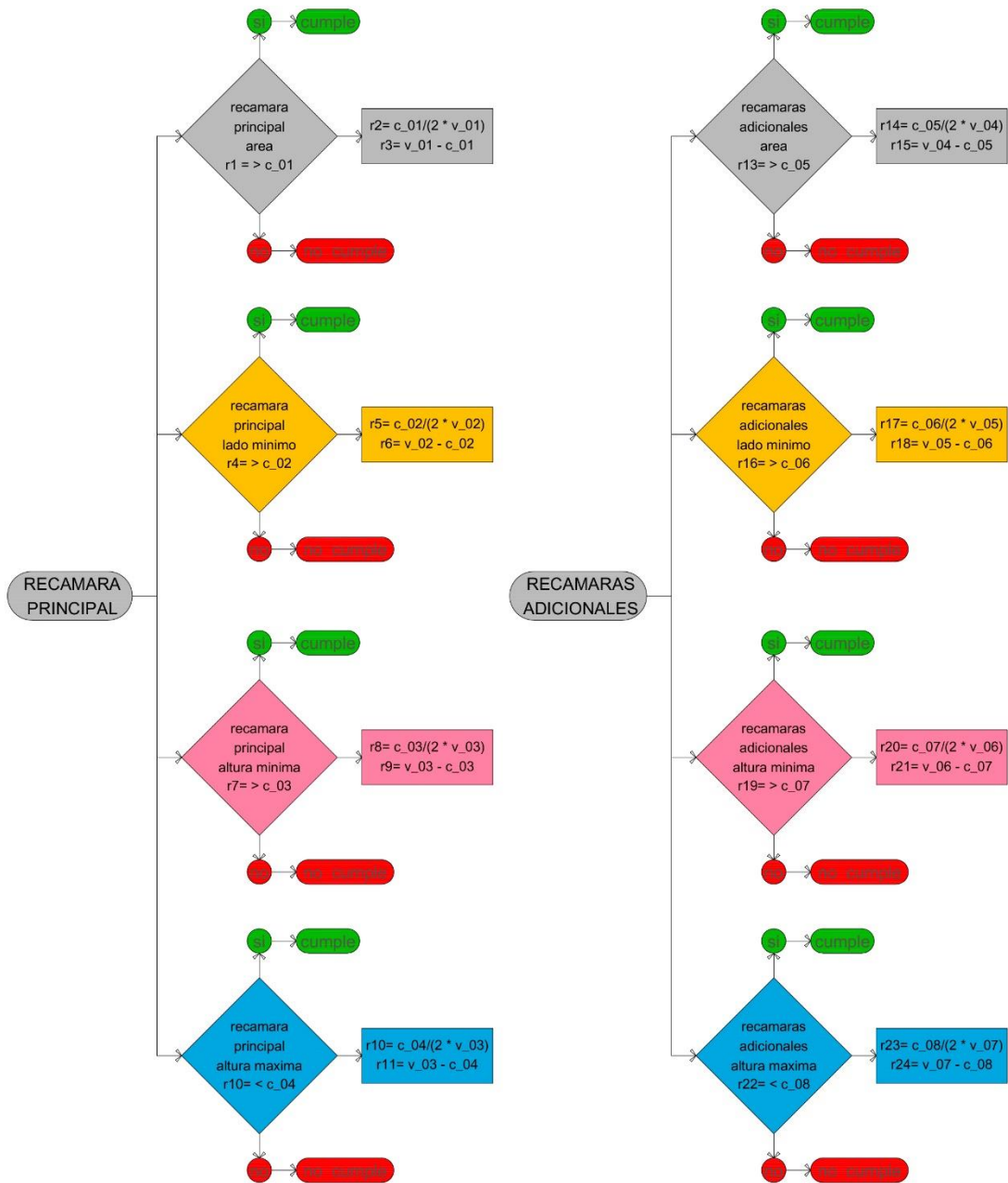


Figura 19 Diagrama de flujo constantes norma y variables proyecto.

Fuente: Gráfico propio con datos de esta investigación.

Se observa en la **Figura 19** veinticuatro operaciones a realizarse por programa que opera en el *back-end* de la aplicación en este caso es programación mediante lenguaje PHP, además se requiere alojar en la base de datos ocho constantes de la norma, así como siete variables a extraerse

del proyecto y posteriormente alojar en la base de datos. Al extrapolar las constantes, y variables se deben realizar ciento once operaciones.

Por otra parte, es importante relacionar las operaciones con las representaciones mostradas al usuario. Para ello presento el ejemplo *Figura 19* específico del proceso de validación de la recámara principal que cuenta con las operaciones r1, r2, r3. Los resultados son ocupados para generar los valores descritos en la *Figura 18* como la zona de cumplimiento / zona sin cumplimiento, la proporción grafica del valor del proyecto y la diferencia con el valor normado respectivamente.

A partir del diagrama de flujo (*Figura 19* y *Tabla 12*) se procede a describir como se construyó el componente Ext-Dat para cada uno de los programas de cómputo. Para el programa AutoCAD, se observan cinco pasos para la operación del sistema y se describen de la siguiente manera (*Figura 21*):

1.- Utilizando la herramienta de bloques dinámicos se configuró un elemento para cada espacio arquitectónico; dentro de este elemento se colocaron acotaciones que de manera automática registrarán valores de área, altura y lados. Por el momento se configuró para espacios rectangulares ortogonales y la operación corresponde al usuario ajustando los controles señalados en círculos rojos, a los límites del espacio considerado.

2.- Se estructuran los datos capturados por los bloques dinámicos mediante la herramienta *data extraction* propia del sistema AutoCAD. Como fue previamente configurada, esta tarea se hace de manera automatizada la configuración esta guardada en un archivo externo.

3.- Rutina. Mediante la instrucción *Script* se configura la ejecución del proceso *data extraction* previamente guardado en un archivo externo. Esta tarea se realiza de manera automatizada y

culmina con la creación de un archivo de tipo CSV (*Comma Separated Values*) que contiene los datos recabados de los bloques dinámicos ya ordenados y separados por comas y filas.

4.- Lenguaje *Lisp*. Un auxiliar más es una rutina creada mediante el lenguaje de programación *lisp*. Esta rutina tiene el propósito de automatizar la ejecución mediante la activación de un ícono en la interfaz de AutoCAD o bien se llama la instrucción mediante un comando; de igual manera se realiza de manera automatizada.

5.- Botón Ext-Dat. En este paso el usuario solo debe invocar la instrucción mediante un clic señalado por el círculo rojo. Con ello se ejecutan los pasos 2, 3, 4, y se obtiene un archivo CSV (*Figura 20*). Posteriormente este archivo será solicitado por la aplicación web.

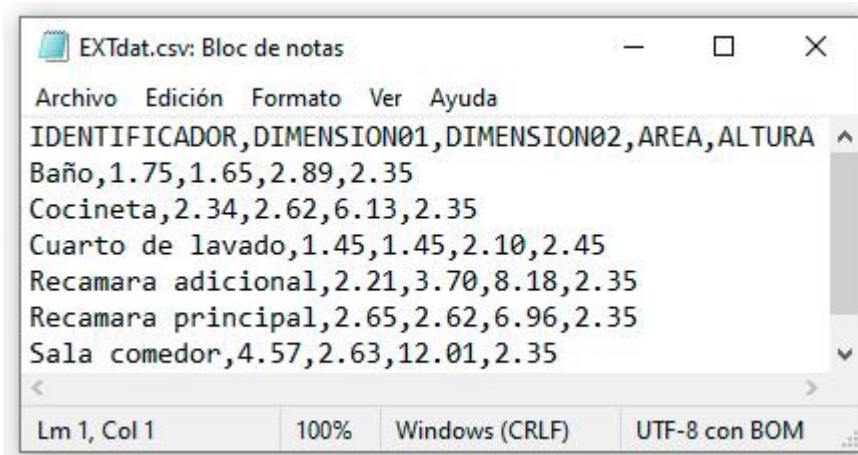


Figura 20 Datos extraídos archivo CSV.

Fuente: Gráfico propio, información de este estudio y programa de cómputo “Bloc de notas”, ©Microsoft Corporation, All rights reserved, 2019.

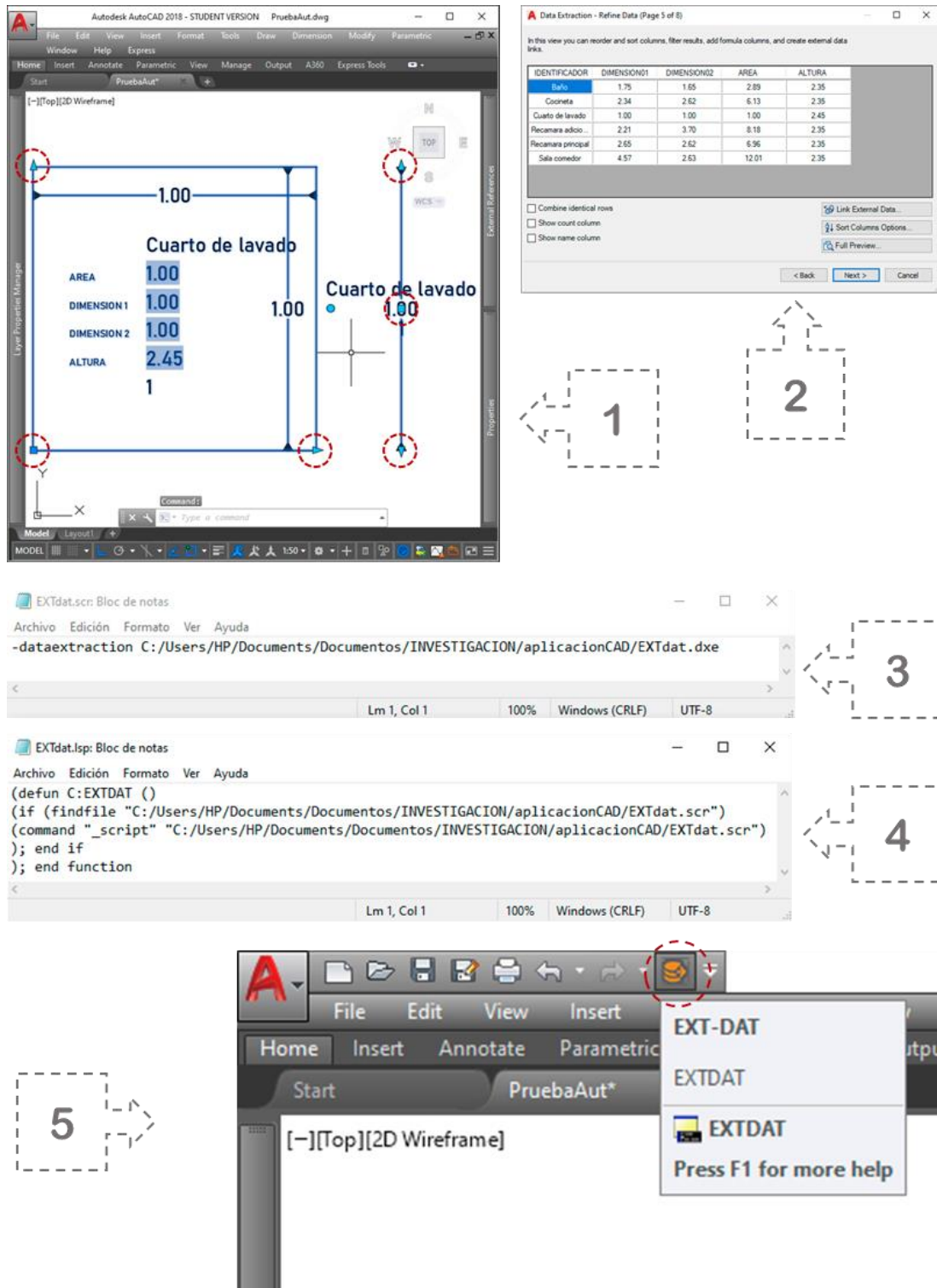


Figura 21 Componentes Ext-Dat en programa AutoCAD.

Fuente: Gráfico propio, información de este estudio y programas de cómputo “AutoCAD 2018 versión estudiante”, ©Autodesk, Inc. All rights reserved 2017 y “Bloc de notas”, ©Microsoft Corporation, All rights reserved, 2019.

El componente Ext-Dat para Revit se realiza en cinco pasos para obtener el archivo CSV (*Figura 22*). Cada uno de ellos se describe de la siguiente manera:

1.- Como se comentó en páginas anteriores en el caso del programa Revit y en general los programas de tipo BIM, se recaba la información por medio de objetos. En este caso me apoyo de la herramienta enfocada en los objetos tipo habitación donde se entrega al usuario un archivo pre configurado con los nombres de los locales.

2.- La herramienta “habitaciones” está configurada para determinar de manera automatizada los límites de un local directamente en el modelo arquitectónico y el usuario solo verifica que los datos sean correctos y en su defecto ajusta la falla encontrada.

3.- Una vez revisado y ajustado el límite de cada habitación el usuario procede a designar el tipo de local (recámara, baño, cocineta, etc.). Este elemento servirá de identificador y agrupador de información.

4.- Estructuración y extracción de datos. Para esta tarea se utiliza el sistema Dynamo (Autodesk, 2016) que se vale de un método de programación de tipo visual. Este sistema se encuentra integrado a Revit como un *plug-in*. Con esta aplicación de cómputo se obtiene un archivo (*Figura 20*).

5.- La reproducción del conjunto de instrucciones se programada en el sistema Dynamo. Esta tarea se lleva a cabo mediante una aplicación agregada de nombre “Reproductor de Dynamo” que permite al usuario ejecutar las instrucciones por medio de un clic.

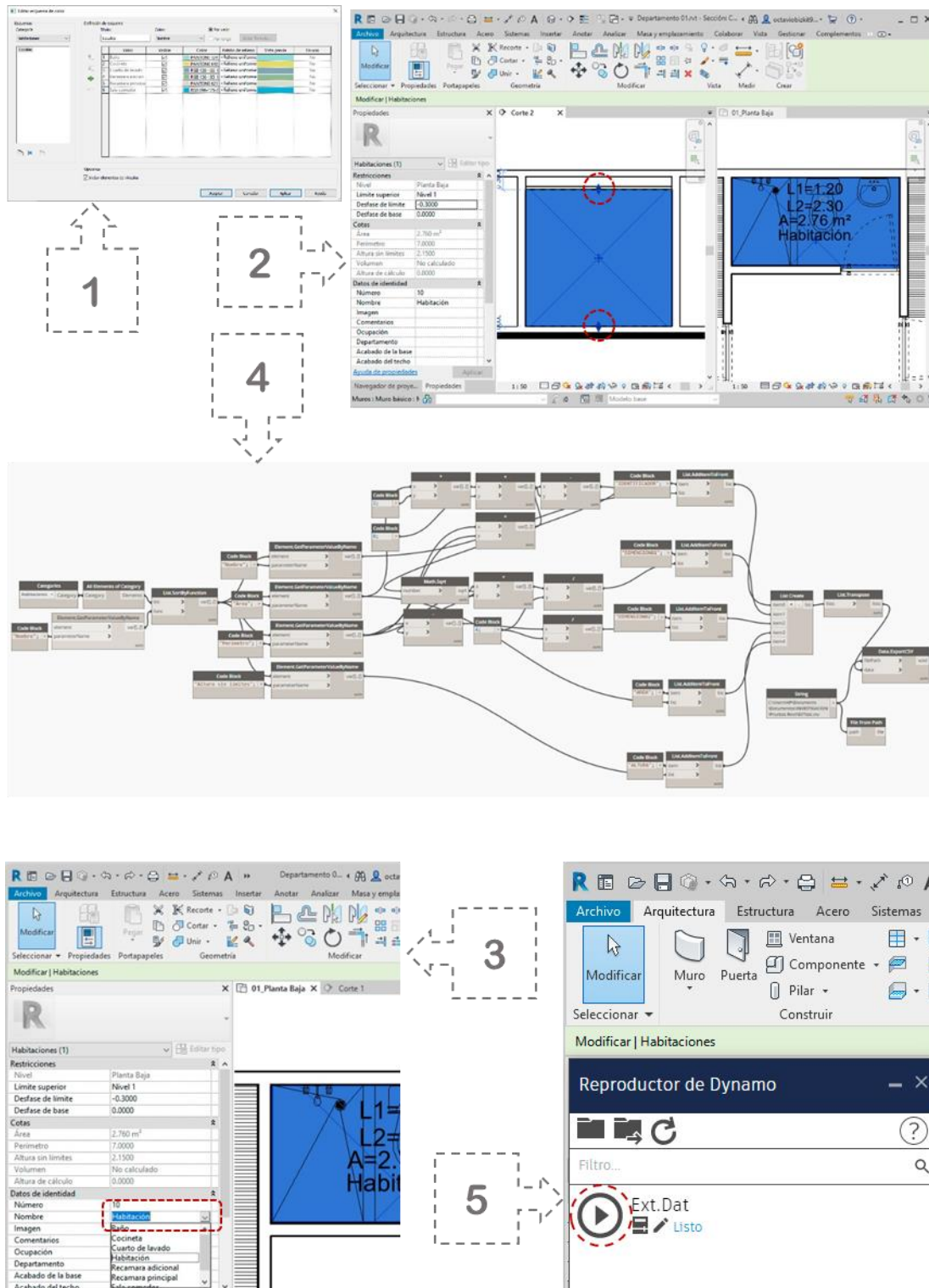


Figura 22 Componentes Ext-Dat en programa Revit.

Fuente: Gráfico propio, información de este estudio y programa “Revit 2020 versión estudiante” ©Autodesk, Inc. All rights reserved, 2019.

Como se comentó en párrafos anteriores, el sistema encargado de evaluar los datos arrojados por el componente Ext-Dat es la aplicación web ADN. Explico a continuación el proceso de desarrollo y el conjunto de herramientas utilizadas para este propósito.

Las pantallas que observa el usuario. Una aparece al comenzar el proceso de revisión (*Figura 23*) y la otra se presenta al completar el proceso de auditoria (*Figura 24*).

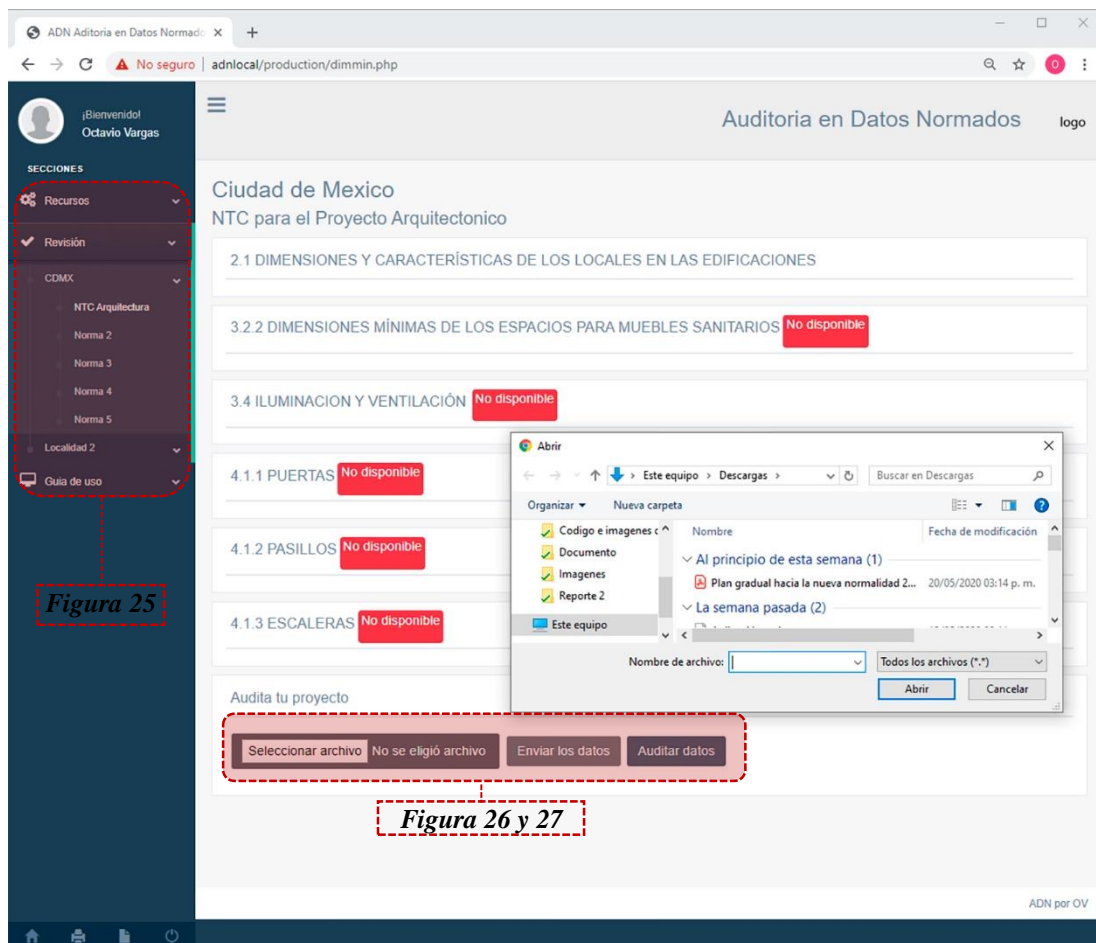


Figura 23 Caratula de norma aplicación web ADN.

Fuente: Gráfico propio, información de este estudio y programa “Google Chrome”. Google LLC., Todos los derechos reservados, 2020.

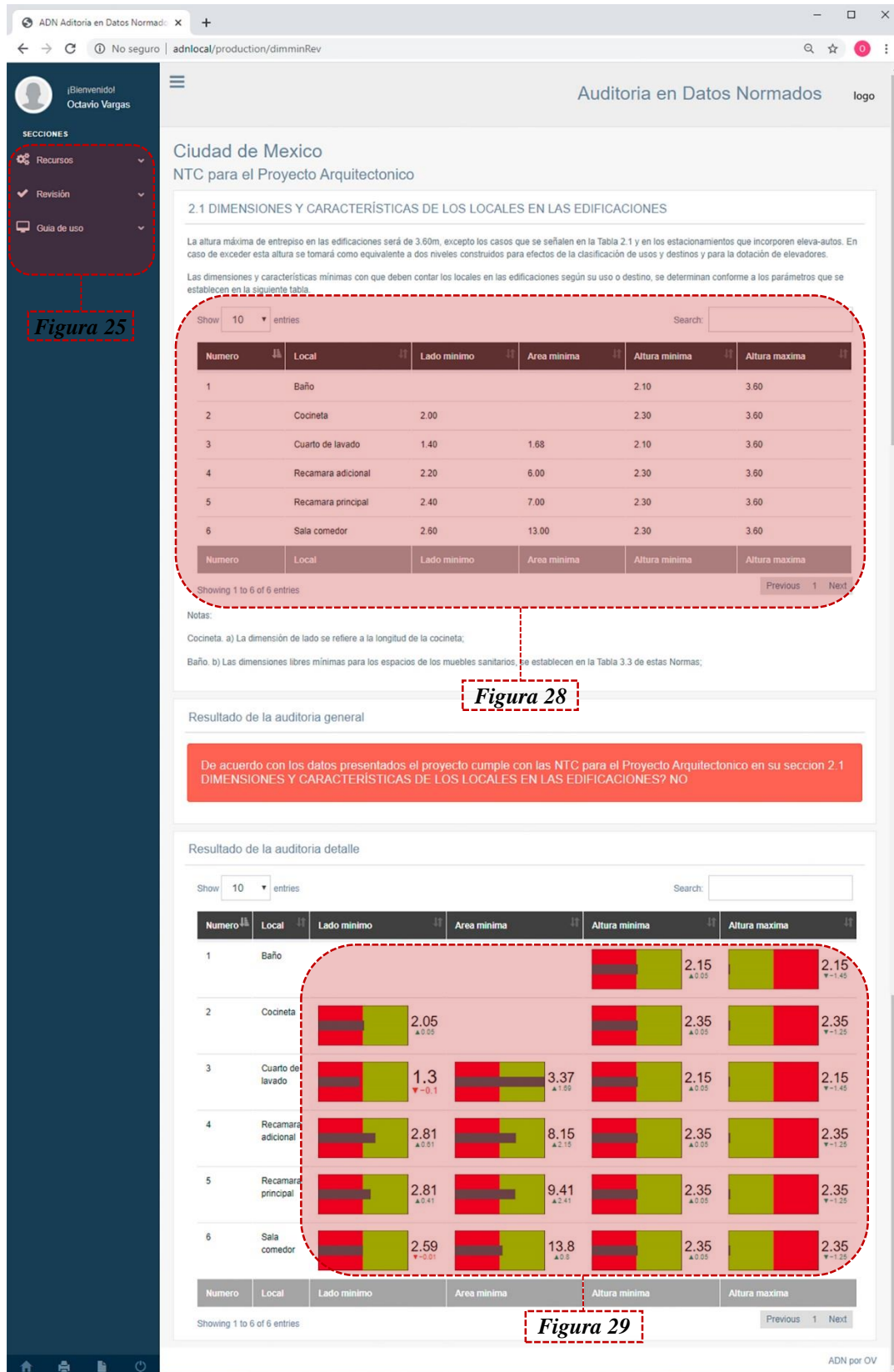
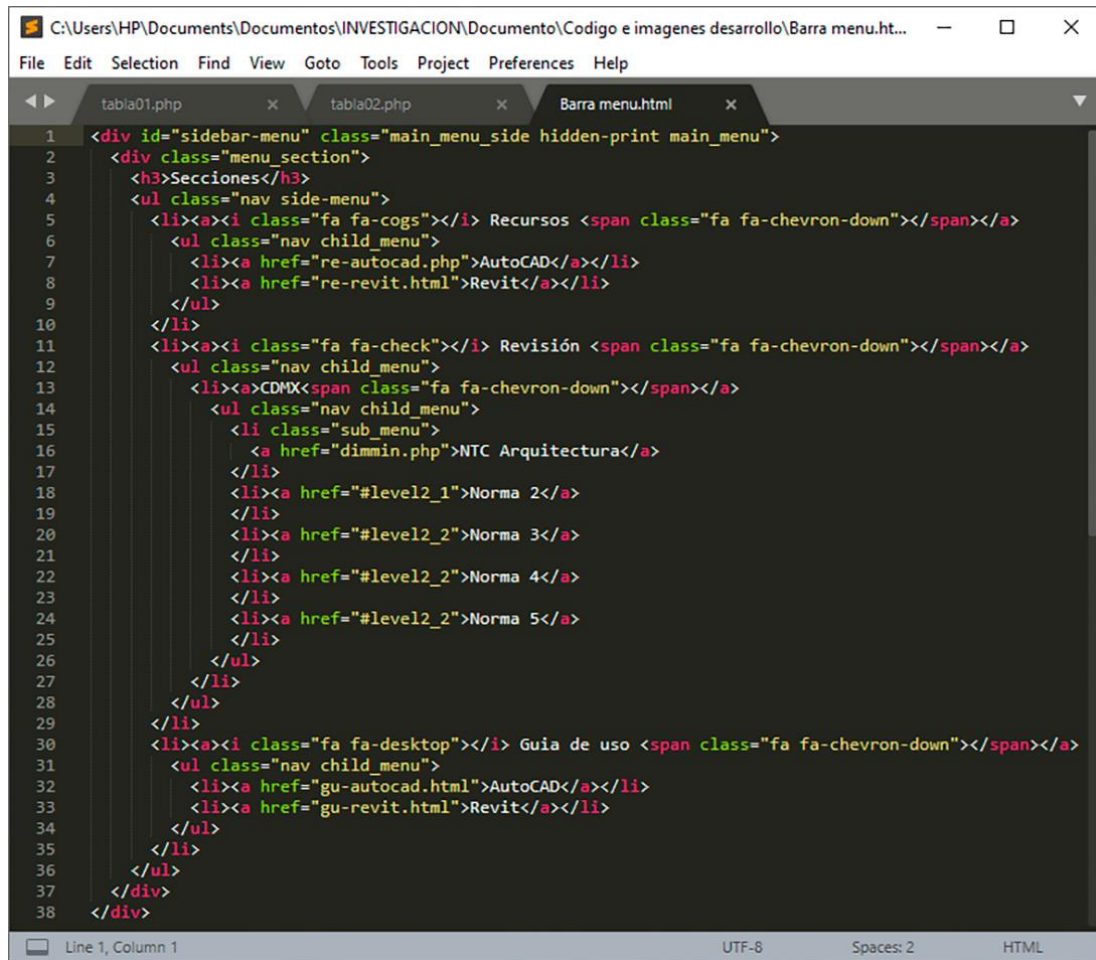


Figura 24 Reporte de auditoria aplicación web ADN.

Fuente: Gráfico propio, información de este estudio y programa “Google Chrome”. Google LLC., Todos los derechos reservados, 2020.

Para describir la composición de estas pantallas, se presentan algunas secciones del código generados para cada componente, Estas se señalan en la *Figura 23* y *Figura 24* por medio de recuadros en línea punteada.



```
1 <div id="sidebar-menu" class="main_menu_side hidden-print main_menu">
2 <div class="menu_section">
3 <h3>Secciones</h3>
4 <ul class="nav side-menu">
5 <li><a><i class="fa fa-cogs"></i> Recursos <span class="fa fa-chevron-down"></span></a>
6 <ul class="nav child_menu">
7 <li><a href="re-autocad.php">AutoCAD</a></li>
8 <li><a href="re-revit.html">Revit</a></li>
9 </ul>
10 </li>
11 <li><a><i class="fa fa-check"></i> Revisión <span class="fa fa-chevron-down"></span></a>
12 <ul class="nav child_menu">
13 <li><a>CDMX<span class="fa fa-chevron-down"></span></a>
14 <ul class="nav child_menu">
15 <li class="sub_menu">
16 <a href="dimmin.php">NTC Arquitectura</a>
17 </li>
18 <li><a href="#level2_1">Norma 2</a>
19 </li>
20 <li><a href="#level2_2">Norma 3</a>
21 </li>
22 <li><a href="#level2_2">Norma 4</a>
23 </li>
24 <li><a href="#level2_2">Norma 5</a>
25 </li>
26 </ul>
27 </li>
28 </ul>
29 </li>
30 <li><a><i class="fa fa-desktop"></i> Guia de uso <span class="fa fa-chevron-down"></span></a>
31 <ul class="nav child_menu">
32 <li><a href="gu-autocad.html">AutoCAD</a></li>
33 <li><a href="gu-revit.html">Revit</a></li>
34 </ul>
35 </li>
36 </ul>
37 </div>
38 </div>
```

Figura 25 Código para panel de navegacion.

Fuente: Gráfico propio, información de este estudio y programa “Sublime Text 3”, Sublime HQ Pty Ltd, 2020.

Se eligió esta sección del código para explicar el concepto de la aplicación web en su estructura principal compuesta por código de tipo HTML, PHP y JavaScript. En su conjunto la información está organizada por el tema Gentelella Alela, donde en este caso se combinan código HTML, etiquetas CSS, elementos de la herramienta Bootstrap. La actividad principal a este nivel consiste en ajustar todos los textos fijos como títulos, secciones, descripciones, etc.

```
236 <?php
237
238 if (isset($_POST["enviar"]))
239 {
240     require_once("tablas/clases/conexion.php");
241     $archivo = $_FILES["archivo"]["name"];
242     $archivo_copiado = $_FILES["archivo"]["tmp_name"];
243     $archivo_guardado = "copia_" . $archivo;
244     echo $archivo . "&nbsp;  esta en la ruta temporal:&nbsp;  " . $archivo_copiado;
245     if (copy($archivo_copiado, $archivo_guardado))
246     {
247         echo "";
248     }
249     else
250     {
251         echo "hubo un error";
252     }
253     if (file_exists($archivo_guardado))
254     {
255         $locales = fopen($archivo_guardado, "r"); //leo el archivo que contiene los datos del producto
256         while (($datos = fgets($locales, 1000, "")) != FALSE) //Leo línea por línea del archivo hasta un máximo de 1000 caracteres por línea leída usando
257             coma(,) como delimitador
258         {
259             $linea[] = array('local'=>$datos[0], 'dimension01'=>$datos[1], 'dimension02'=>$datos[2], 'area'=>$datos[3], 'altura'=>$datos[4]); //Arreglo Bidimensional
260             // para guardar los datos de cada línea leída del archivo
261         }
262         fclose($locales); //Cierra el archivo
263         unset($linea[0]); // Elimina los títulos de las columnas
264         $ingresado=0; //Variable que almacenara los insert exitosos
265         $error=0; //Variable que almacenara los errores en almacenamiento
266         $duplicado=0; //Variable que almacenara los registros duplicados
267         foreach($linea as $indice=>$value) //Iteracion el array para extraer cada uno de los valores almacenados en cada items
268         {
269             $local=$value["local"];
270             $dimension01=$value["dimension01"];
271             $dimension02=$value["dimension02"];
272             $area=$value["area"];
273             $altura=$value["altura"];
274             $sql=mysqli_query($conexion, "select * from p_locales_depto where local='$local'"); //Consulta a la tabla
275             $num=mysqli_num_rows($sql); //Cuenta el número de registros devueltos por la consulta
276             if ($num==0) //Si es == 0 inserto
277             {
278                 if ($insert=mysqli_query($conexion, "insert into p_locales_depto (local, dimension01, dimension02,area, altura) values('$local','$dimension01','$
279                 dimension02','$area','$altura)"));
280                 {
281                     echo $msj.'';
282                     $ingresado++;
283                 }
284             }
285             //fin del if que comprueba que se guarden los datos
286             else //sino ingresa el producto
287             {
288                 $duplicado++;
289                 echo $duplicado.'';
290             }
291         }
292     }
293     echo " " . number_format($error,2) . " Errores de almacenamiento<br/>";
294 }
295 }
296 }
297
298 <form action="dimmin.php" class="formulario completo" method="post" enctype="multipart/form-data">
299     <input type="file" name="archivo" class="btn btn-secondary btn-xs"/>
300     <input type="submit" value="Enviar los datos" class="btn btn-secondary btn-xs" name="enviar" />
301     <a href="dimminRev" class="btn btn-dark btn-xs"> Auditar datos </a>
302 </form>
303 </div>
304 </div>
305 </div>
306 </div>
307 </div>
308 </div>
309 </div>
310 </div>
311 </div>
312
```

Figura 26 Código para componente Ext-Dat.

Fuente: Gráfico propio, información de este estudio y programa “Sublime Text 3”, Sublime HQ Pty Ltd, 2020.

En las *Figura 26* *Figura 27* se muestra al mecanismo para atraer los datos provenientes del componente Ext-Dat, donde se incorporan funciones como botones o la apertura de ventanas por parte de la aplicación. Este proceso está codificado en lenguaje PHP, primero extrae los datos contenidos en el archivo CSV, y luego envía esta información a una base de datos alojada en un

servidor remoto para su posterior consulta. Se combina el lenguaje PHP con indicaciones en lenguaje propio de la base de datos MySQL.

Previamente se diseñaron las tablas de la base de datos para alojar la información proveniente del Ext-Dat, así como lo recabado por las constantes de la norma en revisión.

El uso de bases de datos permite un sistema de consultas e intercambio de datos dinámico, centralizado y fácilmente escalable a otros documentos normativos o variabilidad en los diseños arquitectónicos como lo podemos observar en el siguiente apartado donde el código se dedica a la consulta de datos. Además, se puede actualizar fácilmente si las normas son modificadas.

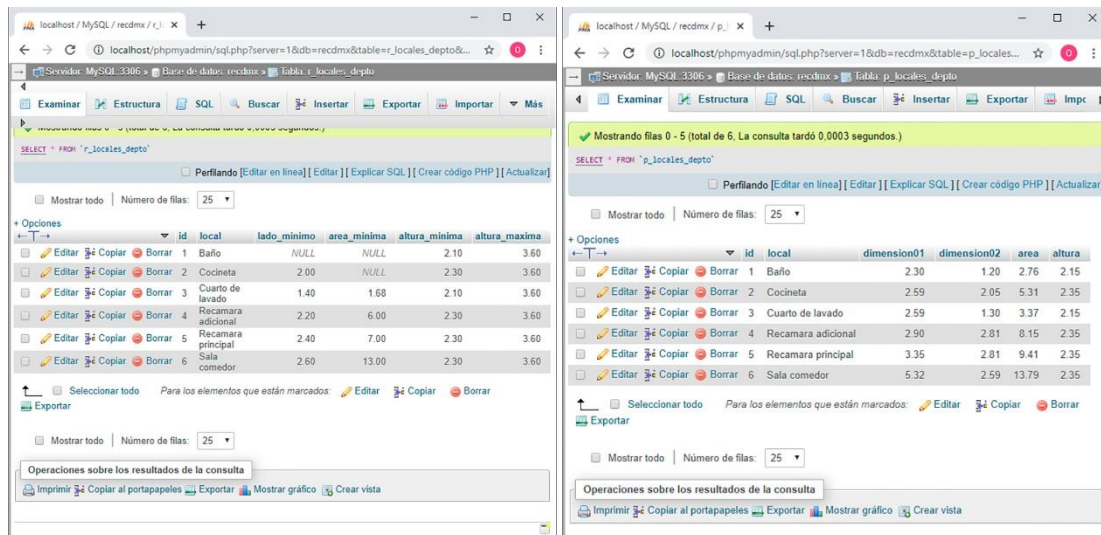


Figura 27 Tablas para base de datos MySQL.

Fuente: Gráfico propio, información de este estudio y programa “Google Chrome”. Google LLC., Todos los derechos reservados, 2020.

```
<?php
1 require_once("clases/conexion.php"); // Se conecta con la base de
2 datos
3
4 // Se genera consulta a la base
5 // de datos
6
7 $registro_r_locales_depto=mysqli_query($conexion,"select * from r_locales_depto ") or // Se hace la consulta para todos
8 los valores de la tabla r_locales_depto // Mensaje si no se logro la
9 die("Problemas con la consulta:".mysqli_error($conexion)); // Se traen todos los valores con
10 $aM_r_locales_depto=mysqli_fetch_all($registro_r_locales_depto,MYSQLI_NUM); // Se genera un arreglo
11 // Se genera un arreglo // Activar si se requiere
12 // Activar si se requiere
13 /*
14 verificar o acceder a un valor del arreglo
15 $fila = 2;
16 $columna = 1;
17 echo $aM_r_locales_depto[$fila][$columna];
18
19 $fila = 3;
20 $columna = 4;
21 echo $aM_r_locales_depto[$fila][$columna];
22 */
23 // Tabla con valores del vector
24 // recolectado
25
26 $s1 = '<table class="table table-hover table-condensed" id="iddatatable2">
27 <thead style="background-color: #424242;color: white;font-weight: bold;
28 ">
29 <tr> <th>Numero</th> <th>Local</th> <th>Lado minimo</th> <th>Area minima</th> <th>Altura minima</th> <th>Altura
30 maxima</th> </tr>
31 </thead>
32 <tfoot style="background-color: #A4A4A4;color: white;font-weight: bold;">
33 <tr> <th>Numero</th> <th>Local</th> <th>Lado minimo</th> <th>Area minima</th> <th>Altura minima</th> <th>Altura
34 maxima</th> </tr>
35 </tfoot>';
36
37 foreach ( $aM_r_locales_depto as $r )
38 {
39     $s1 .= '<tr>';
40     foreach ( $r as $v )
41     {
42         $s1 .= '<td>'. $v .'</td>';
43     }
44     $s1 .= '</tr>';
45 }
46 $s1 .= '</table>';
47 echo $s1;
48 echo "<br/>";
49
50 <script type="text/javascript">
51 $(document).ready(function() {
52     $('#iddatatable2').DataTable();
53 });
54 </script>
```

Figura 28 Tabla de datos normativos.

Fuente: Gráfico propio, información de este estudio y programa “Sublime Text 3”, Sublime HQ Pty Ltd, 2020.

Al tener los datos alojados en tablas dentro de una base de datos se procede a realizar las consultas pertinentes para construir objetos o realizar cálculos. En este caso (**Figura 28**) se expone el procedimiento para extraer la información normativa a fin de mostrarla al usuario en la página web. Esto se logra mediante código PHP e insertos de código HTML con una herramienta especializada en tablas de nombre *DataTables* (SpryMedia, 2020) (**Figura 24**).

```
C:\wamp64\www\adnlocal\production\tablas\php\barra3.php - (production) - Sublime Text (UNREGISTERED)
File Edit Selection Find View Goto Tools Project Preferences Help
tabla01.php x barra3.php Barra menu.html x
1
2 <?php
3 require_once("../classes/conexion.php"); // Se conecta con la base de datos
4 // Se genera consulta a la base de datos
5
6 $registro_p_locales_depto=mysqli_query($conexion,"select * from p_locales_depto ") or // Se hace la consulta para todos los valores de la tabla
7 p_locales_depto
8 die("Problemas con la consulta:".mysqli_error($conexion)); // Mensaje si no se logro la consulta
9 $all_p_locales_depto=mysqli_fetch_all($registro_p_locales_depto,MYSQLI_NUM); // Se traen todos los valores con indices numericos
10 foreach ($all_p_locales_depto as $value) // Se genera un arreglo multidimensional
11 { // Activar si se requiere imprimir los valores del arreglo
12 // multidimensional
13
14 $fila = 0;
15 $columna = 5;
16 $consulta =array ($all_p_locales_depto[$fila][$columna]);
17
18 //print_r($consulta); // Activar si se requiere imprimir los valor
19 $datoToJS=json_encode($consulta);
20 /*
21 [0] Array ( [0] => 1 [1] => Baño [2] => dim01 [3] => dim02 [4] => area [5] => altura )
22 [1] Array ( [0] => 2 [1] => Cocineta [2] => dim01 [3] => dim02 [4] => area [5] => altura )
23 [2] Array ( [0] => 3 [1] => Cuarto de lavado [2] => dim01 [3] => dim02 [4] => area [5] => altura )
24 [3] Array ( [0] => 4 [1] => Recamara adicional [2] => dim01 [3] => dim02 [4] => area [5] => altura )
25 [4] Array ( [0] => 5 [1] => Recamara principal [2] => dim01 [3] => dim02 [4] => area [5] => altura )
26 [5] Array ( [0] => 6 [1] => Sala comedor [2] => dim01 [3] => dim02 [4] => area [5] => altura )
27 */
28
29 ?>
30
31
32 <div id="graficaBarra3"></div>
33
34 <script type="text/javascript">
35 function crearCadenaLineal(json){
36 var parsed = JSON.parse(json);
37 var arr = [];
38 for(var x in parsed){
39 arr.push(parsed[x]);
40 }
41 return arr;
42 }
43 </script>
44
45
46 <script type="text/javascript">
47
48 var jsdato = crearCadenaLineal('<?php echo $datoToJS ?>');
49 var sDato = jsdato.toString();
50 var data = [
51 {
52 type: "indicator",
53 mode: "number+gauge+delta",
54 value: Number(sDato),
55 domain: { x: [0, 1], y: [0, 1] },
56 delta: { reference: 2.1,font: { family: "Arial" } },
57 gauge: {
58 shape: "bullet",
59
60 axis: {
61 visible: false,
62 range: [0, 4.2]
63
64 },
65
66 steps: [
67 { range: [0, 2.1], color: "#D9042B" },
68 { range: [2.1, 4.2], color: "#ABD904" }
69 ],
70 bar: { color: "#54575C" }
71 }
72 ];
73
74 ];
75
76 var layout = { width: 180, height: 60, autosize: false,
77 margin: {
78 l: 0,
79 r: 0,
80 b: 0,
81 t: 0,
82 pad:0
83 },
84 font: { color: "black", family: "Arial" }
85 };
86 var config = { responsive: true };
87
88 Plotly.newPlot('graficaBarra3', data, layout, config);
89
90
91 </script>
92
```

Figura 29 Auditoria dato a dato.

Fuente: Gráfico propio, información de este estudio y programa “Sublime Text 3”, Sublime HQ Pty Ltd, 2020.

En *Figura 29* se describe el proceso de revisión dato a dato mediante el uso de distintos procesos, combinando diversos lenguajes de programación así como herramientas para que el usuario visualice el gráfico designado para la comparación y evaluación de datos normativos en relación a los datos del proyecto proporcionado. Esto se lleva a cabo inicialmente por la consulta de datos alojados en las tablas, mediante el lenguaje MySQL. Estos datos son agrupados en una matriz por medio del lenguaje PHP. En un siguiente paso se guardan los datos específicos en una variable. Luego se trasladan los valores guardados al lenguaje JavaScript que será el encargado de mostrar la gráfica mediante la utilidad Plotly (Plotly Technologies Inc., 2020).

Con este paso se completa el desarrollo de la aplicación mostrando un Producto Mínimo Viable con el apoyo de las herramientas previamente desarrollados por los profesionales de las tecnologías de la información.

De acuerdo al esquema de la metodología PMV, el paso siguiente es la validación del producto mediante pruebas. Sin embargo, esta fase se desarrolla en el siguiente capítulo.

III. PROTOCOLO EXPERIMENTAL.

De acuerdo a la metodología utilizada para el desarrollo de la propuesta de aplicación corresponde hacer pruebas para completar el ciclo de creación.

Con ello se propone hacer el análisis bajo un protocolo experimental que busca observar el comportamiento de la aplicación en un entorno controlado. Esto se logra con la evaluación del uso de la aplicación, por parte de profesionales de la construcción bajo un protocolo establecido.

El diseño experimental tiene como objetivo recolectar mediciones en las variables tiempo y aciertos para un mismo sujeto en función del modo en el cual se realice la revisión: manual o automatizada con relación a la revisión de cumplimiento de normatividad de dos diseños de vivienda a continuación se describe el procedimiento y los recursos para realizar el experimento:

- **Método.**

Se describen los pasos y organización del método a realizar en el diagrama de la experimentación (*Figura 30*). El proceso empieza con garantizar los criterios de inclusión. Posteriormente se ejecuta la prueba manual con el diseño casa o departamento. El siguiente paso consiste en ejecutar la prueba automatizada cuidando no repetir el tipo de vivienda probado en el paso anterior. Al concluir la prueba automatizada se solicita al usuario registrar el formulario de datos complementarios.

Finalmente se procede a concentrar los datos de las mediciones y con la ayuda de estadística descriptiva e inferencial se describe la muestra, se valora la hipótesis, se discuten los resultados y se formulan las conclusiones.

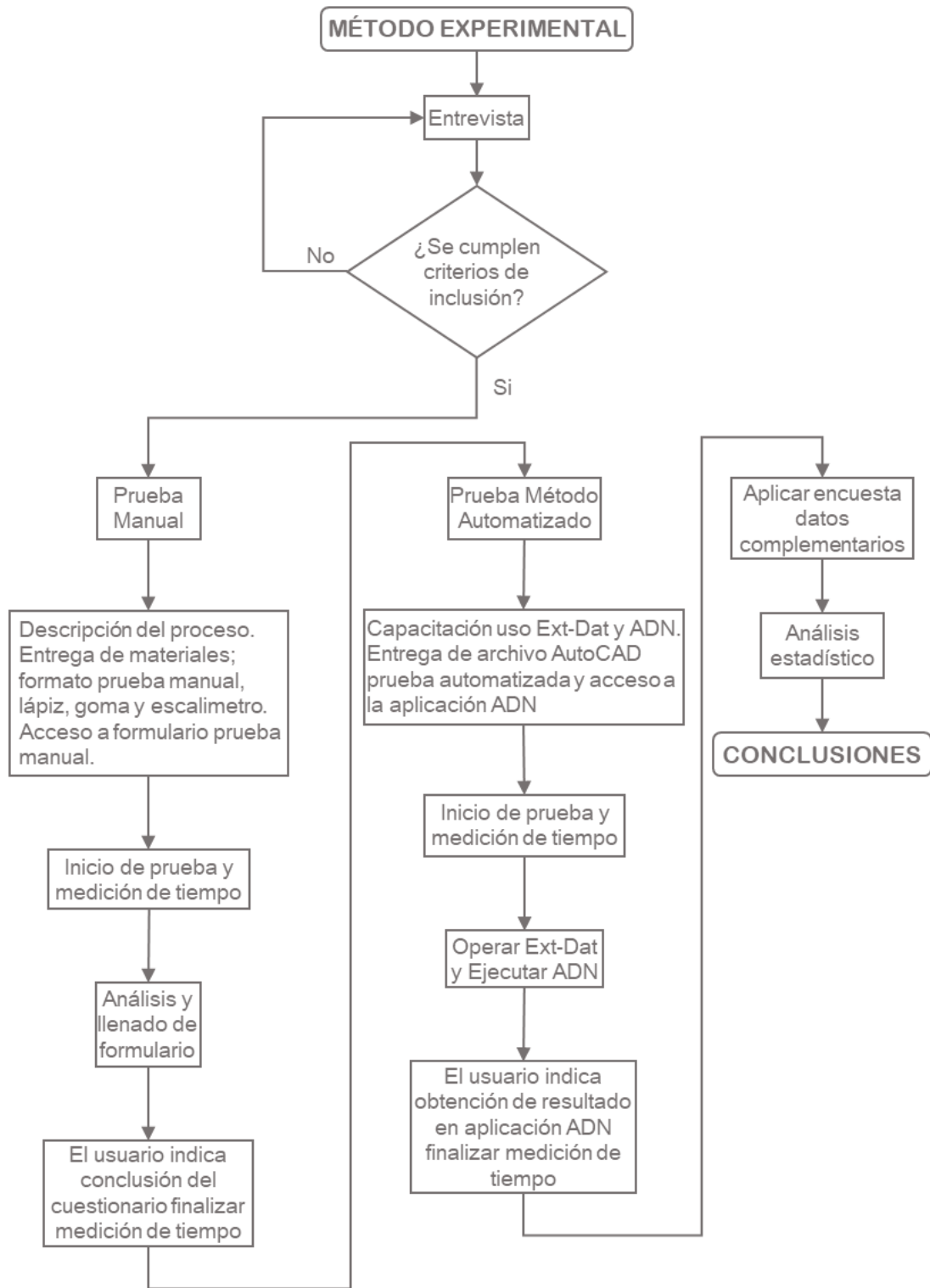


Figura 30 Diagrama de la experimentación.
Fuente: Gráfico propio, información de este estudio.

- **Variables.**

La investigación plantea las siguientes variables:

VARIABLES INDEPENDIENTES:

Método manual: se describe como el conjunto de actividades realizadas por profesionales de la arquitectura para la revisión de los planos o modelos tridimensionales de objetos arquitectónicos con el fin de evaluar el cumplimiento de un texto normativo, mediante la observación, el análisis y la elaboración un veredicto.

Método automatizado: se define como la evaluación del cumplimiento de un texto normativo a partir de archivos digitales de objetos arquitectónicos, donde el usuario es auxiliado por herramientas de cómputo dedicadas a la extracción, análisis de datos y presentación de un veredicto.

VARIABLES DEPENDIENTES:

Tiempo: es la cuantificación en minutos y segundos mediante cronometro para la revisión por medio del método manual o automatizado. El periodo de la medición inicia cuando se proporcionan los materiales para realizar la prueba, así como una breve explicación del procedimiento a realizar y culmina cuando el usuario determina que ha realizado con éxito el procedimiento.

Aciertos: Para cada una de las pruebas se tienen los valores válidos correspondientes. El proceso consiste en comparar y cuantificar todos los reactivos ocupados. La coincidencia debe de ser total en el caso del veredicto de cumplimiento. Para cada valor numérico, la tolerancia corresponde redondear las unidades a centímetros.

Variables continuas o constantes:

Para completar los elementos requeridos en el experimento se necesita de otras variables, sin embargo, su intervención se considera continúa o constante con el fin de evitar variaciones en los resultados de las variables dependientes las cuales son:

Diseño arquitectónico: se compone de dos tipos de vivienda, de superficie entre 40 m² y 60 m², uno de tipo horizontal unifamiliar, otro de tipo vertical multifamiliar. Tienen el mismo número de locales a evaluar y difieren en las dimensiones de cada habitación. Cada uno de los tipos de vivienda podrá ser revisado por el método automatizado o manual, con el propósito de eliminar desviaciones por memorización de los datos de la prueba previa.

Normatividad: es lo concerniente a las Normas Técnicas Complementarias para el Proyecto Arquitectónico del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal en su apartado 2.1 Dimensiones y a características de los locales en las edificaciones.

Sujeto de estudio: es el profesional de la construcción que cumple con los criterios de inclusión establecidos en el apartado dedicado a la muestra. Existen múltiples perfiles para los prestadores de servicios profesionales, por ello se describe un perfil específico con ello se busca evitar afectar las mediciones de las variables dependientes.

Aplicación de cómputo para representación: se analizaron dos sistemas para la representación del proyecto ejecutivo Revit y Auto CAD sin embargo para este estudio solo se utiliza el programa AutoCAD para no afectar las variables dependientes al tener dos programas de cómputo significativamente diferentes en su estructura de trabajo.

- **Muestra.**

El observatorio laboral (SNE, 2019) contabiliza poco más de 228 mil profesionistas ocupados en las áreas de arquitectura y urbanismo. Esto contempla a todos los sectores de la industria de la construcción (energía, educación, vivienda, etc.) en los ámbitos público y privado. Sin embargo, existen una gran cantidad de perfiles profesionales en el sector de la construcción por lo que se recurre a la información de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción para definir los límites de los sujetos a encuestar.

De acuerdo con el Tabulador de servicios profesionales (CEICO y CMIC, 2019) los prestadores de servicios profesionales se pueden agrupar por las categorías estudios y proyectos, supervisión y construcción en concordancia las actividades que realizan. Por otro lado, el documento describe tres rangos que pueden estar presentes en una empresa las cuales son nivel operativo, nivel táctico y nivel estratégico. Con ello se establecen once categorías laborales y sus respectivas definiciones de perfil donde se describen cualidades cualitativas y cuantitativas para cada tipo de actividad que puede realizar una empresa.

Los criterios de inclusión y exclusión para los sujetos de estudio se proponen a partir del análisis de la información de la tabla II.6 del Tabulador de servicios profesionales (CEICO y CMIC, 2019) obteniendo lo siguiente:

-Inclusión: los individuos que cuentan con experiencia mínima de 2 años en trabajos dedicados exclusivamente al sector de vivienda en la clasificación estudios y proyectos en los niveles de profesionista, líder, coordinador, gerente, etc. o bien que sean homologables por la toma de decisión en las tareas diseño y validación de proyectos ejecutivos desde una perspectiva técnica hacia las normas de construcción.

-Exclusión: todos aquellos profesionistas que laboren en campos dedicados a actividades de supervisión o construcción en cualquiera de sus niveles como son supervisor, laboratorista técnico, topógrafo, analista de precios, residentes, etc. o bien cuando el enfoque de decisión sea hacia una valoración económica o de mercado.

Una vez desarrollado el perfil profesional de los sujetos de estudio se procede a definir el tamaño de la muestra apoyándose en formulas estadísticas. Se sabe que la población estimada es de poco más de 228 mil profesionales en áreas de arquitectura y urbanismo sin embargo no está determinado qué proporción de estos sujetos cumplen con los criterios de inclusión.

Esto lleva a proponer el uso de la formula estadística donde se desconoce el total de la población de estudio, estableciendo el tamaño de muestra en 20 profesionistas con el fin de obtener una evaluación ágil en correspondencia con el nivel de desarrollo propuesto para la aplicación, se explica a continuación:

$$n = Z^2 * p * q / e^2 \qquad n = 19.84 = 20$$

n = tamaño de la muestra

p / q = 0.5 el 50% porcentaje de la población que tiene o no tiene el atributo deseado

Z = 1.96 corresponde al 95% de confianza

e = 0.22 se acepta un 22% de error máximo

- **Recursos.**

Este apartado es dedicado a las herramientas e instrumentos necesarios para realizar el proceso experimental. Se detallan cada uno de ellos de la siguiente manera:

Diseños de vivienda, se proponen dos opciones de vivienda para efectuar las pruebas alojadas en formatos para la aplicación de la prueba manual o bien en archivos digitales para ejercer la prueba automatizada.

- Prototipo Casa: es una vivienda de 54 m² lograda en dos niveles. En el primer nivel se desarrollan dos recamaras y el baño, en la planta baja está alojada la sala-comedor y cocineta integrada, así como espacios dedicados a cuarto de lavado, escalera y medio baño (*Figura 31* y *Figura 32*).
- Prototipo Departamento: se desarrolla en un solo nivel con un área construida de 52 m² donde se alojan dos recamaras, baño, cuarto de lavado, sala-comedor y cocineta integrada (*Figura 36*).

Sistema de revisión manual, está compuesto por un formato y un formulario:

- El formato "Prueba manual": (*Figura 31* y *Figura 32*) Se entrega de manera impresa al usuario de prueba. Tiene por objetivo mostrar las medidas y distribución de los espacios a evaluar. Está a escala y cuenta con una tabla para realizar notas. En específico se tienen dos versiones uno para la casa y otro para el departamento.
- El formulario "Prueba manual": se proporciona un formulario donde se alojan; el texto normativo, los reactivos de la norma a revisar (*Tabla 12*) y un reactivo dedicado a la evaluación global tal como se realiza en las responsivas solicitadas en los tramites de autorización de construcción. El usuario rellena el formulario evaluando cada uno de los

puntos solicitados con la información del formato prueba manual (*Figura 31* y *Figura 32*) en sus versiones casa y departamento.

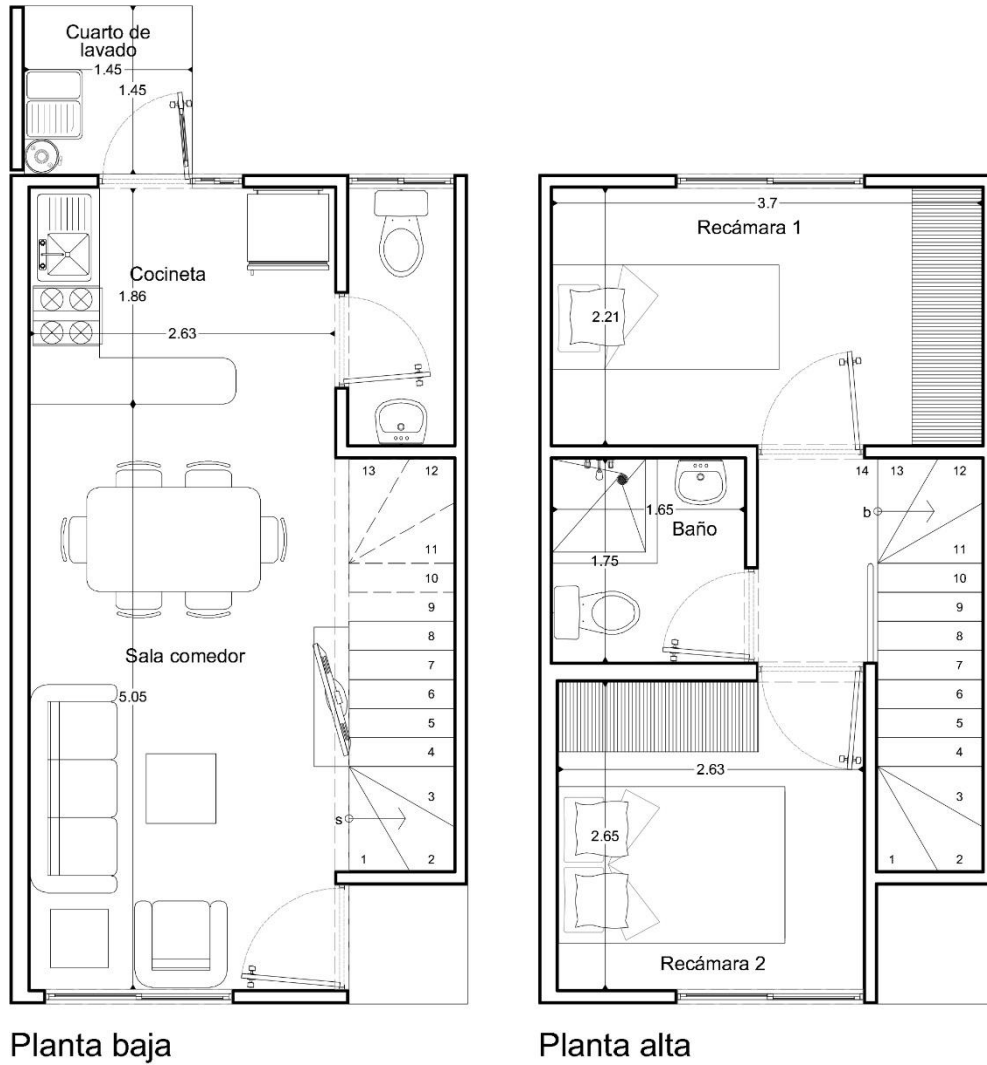
Sistema de revisión automatizada, está compuesto por la aplicación ADN y el archivo “Prueba automatizada”: es un fichero preparado en formato AutoCAD que contiene el diseño de la vivienda casa o el departamento sin especificar acotaciones y las partes del componente Ext-Dat precargadas (*Figura 36*).

Encuesta datos complementarios, está dedicada al control y descripción de la muestra en los primeros dos reactivos. Las preguntas subsecuentes se realizan para dar constancia del cumplimiento de los criterios de aceptación.

Encuesta de evaluación, la metodología de desarrollo PVM requiere un componente de pruebas por ello se incorpora un apartado orientado a la percepción, con relación a la utilidad y facilidad del método automatizado. Corresponde a los dos últimos puntos donde se pide al usuario contestar a dos preguntas de acuerdo a una escala del uno al cinco. Con esto se busca retroalimentar el diseño general de la aplicación ADN.

Los formularios (formulario prueba manual, encuesta datos complementarios y encuesta de evaluación) se ejecutan con la ayuda de *google forms* en un dispositivo electrónico como una tableta electrónica, celular o computadora

Prueba manual prototipo Casa



Planta baja

Planta alta

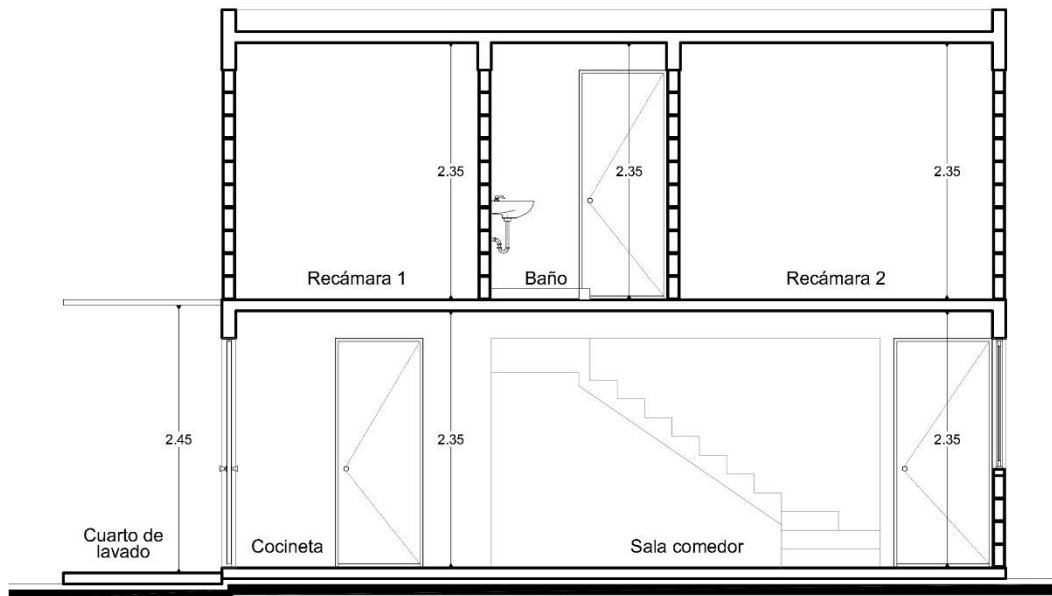
hoja 1 de 2

Figura 31 Prueba manual prototipo Casa 1 de 2.

Fuente: Gráfico propio, información de este estudio y programa de cómputo “AutoCAD 2018 versión estudiante”, ©Autodesk, Inc. All rights reserved 2017.

Prueba manual prototipo Casa

Tabla de areas casa tipo	
Planta baja	area
Sala Comedor	
Cocineta	
Cuarto de lavado	
Planta alta	area
Recamara principal	
Recamara adicional	
Baño	



Corte

hoja 2 de 2

Figura 32 Prueba manual prototipo Casa 2 de 2.

Fuente: Gráfico propio, información de este estudio y programa de cómputo “AutoCAD 2018 versión estudiante”, ©Autodesk, Inc. All rights reserved 2017.

Revisión Manual

*Obligatorio

Recámara principal

REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL DISTRITO FEDERAL

NORMA TÉCNICA COMPLEMENTARIA PARA EL PROYECTO ARQUITECTÓNICO

TIPO DE EDIFICACIÓN VIVIENDA UNIFAMILIAR Y MULTIFAMILIAR

2.1 DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS LOCALES EN LAS EDIFICACIONES

La altura máxima de entrepiso en las edificaciones será de 3.60m, excepto los casos que se señalen en la Tabla 2.1 y en los estacionamientos que incorporen eleva-autos. En caso de exceder esta altura se tomará como equivalente a dos niveles construidos para efectos de la clasificación de usos y destinos y para la dotación de elevadores.

Las dimensiones y características mínimas con que deben contar los locales en las edificaciones según su uso o destino, se determinan conforme a los parámetros que se establecen en la siguiente tabla.

- a) La dimensión de lado se refiere a la longitud de la cocineta;
- b) Las dimensiones libres mínimas para los espacios de los muebles sanitarios, se establecen en la Tabla 3.3 de estas Normas;

	Área mínima	Lado mínimo	Altura mínima	
Recámara principal	7	2.4	2.3	
Recámaras adicionales, alcoba, cuarto de servicio y otros espacios habitables	6	2.2	2.3	
Sala o estancia	7.3	2.6	2.3	
Comedor	6.3	2.4	2.3	
Sala-comedor	13	2.6	2.3	
Cocina	3	1.5	2.3	
Cocineta integrada a estancia o a comedor		2	2.3	(a)
Cuarto de lavado	1.68	1.4	2.1	
Baños y sanitarios			2.1	(b)

Figura 33 Formulario para prueba manual 1 de 3.

Fuente: Gráfico propio, información de este estudio y programa de cómputo “Google Forms”.

Recamara principal

Lado mínimo *

Tu respuesta _____

Área *

Tu respuesta _____

Altura *

Tu respuesta _____

Evaluación *

	Cumple	No cumple
Área mínima	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lado mínimo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Altura Mínima	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Altura Máxima	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figura 34 Formulario para prueba manual 2 de 3.

Fuente: Gráfico propio, información de este estudio y programa de cómputo “Google Forms”.

The image shows a Google Form interface. At the top, there is a dark grey header with the text "Evaluación Global". Below this, a white question box contains the text "¿El proyecto cumple con la normatividad? *". A dropdown menu is open, showing three options: "Elige" (highlighted in light blue), "Si", and "No". Below the question box, there is a grey bar with the text "Nunca" and "le Formularios de Google.". At the bottom of the form, there is a disclaimer: "Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google. [Notificar uso inadecuado](#) - [Términos del Servicio](#) - [Política de Privacidad](#)". The "Google Formularios" logo is visible at the bottom center.

Figura 35 Formulario para prueba manual 3 de 3.

Fuente: Gráfico propio, información de este estudio y programa de cómputo “Google Forms”.

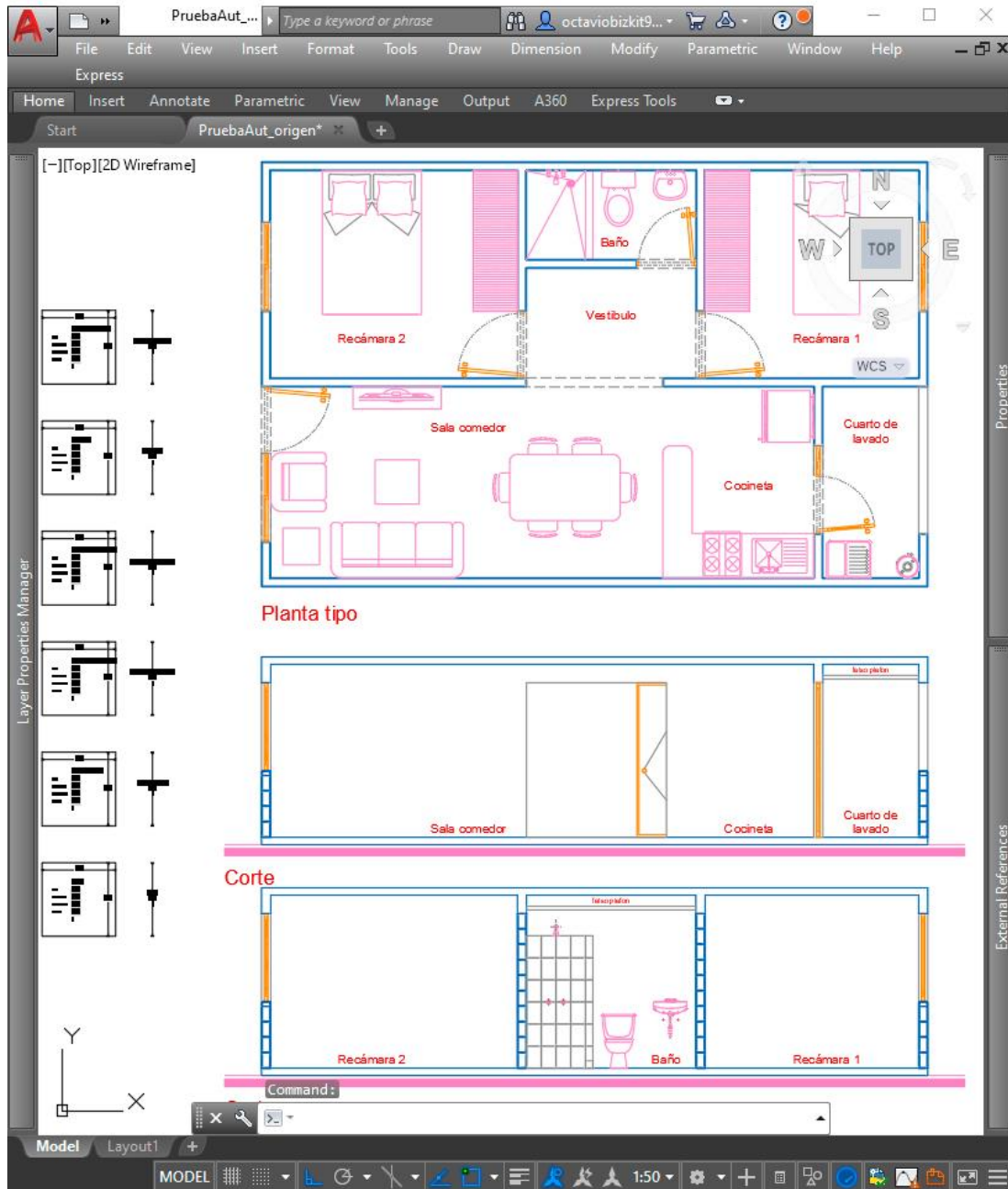


Figura 36 Prueba automatizada prototipo Departamento

Fuente: Gráfico propio, información de este estudio y programa de cómputo "AutoCAD 2018 versión estudiante", ©Autodesk, Inc. All rights reserved 2017.

The image shows a Google Forms survey titled "Encuesta ADN". The form is divided into several sections. The first section is a header with the title "Encuesta ADN" and a subtitle "Este formulario corresponde a la auditoria automatizada en datos normados". Below this is a red asterisk and the word "Obligatorio". The second section is a text input field labeled "Nombre *". The third section is a text input field labeled "Edad". The fourth section is a text input field labeled "Años en ramo de vivienda *". The fifth section is a list of checkboxes labeled "Puestos desempeñados en la vivienda *", with options: "Subdirector", "Gerente", "Coordinador", and "Proyectista".

Encuesta ADN

Este formulario corresponde a la auditoria automatizada en datos normados

***Obligatorio**

Nombre *

Tu respuesta

Edad

Tu respuesta

La vivienda

Años en ramo de vivienda *

Tu respuesta

Puestos desempeñados en la vivienda *

- Subdirector
- Gerente
- Coordinador
- Proyectista

Figura 37 Formulario para encuesta datos complementarios 1 de 2.

Fuente: Gráfico propio, información de este estudio y programa de cómputo "Google Forms".

Evaluación de la aplicación

¿Que tan útil es la aplicación? *

1 2 3 4 5

poco mucho

¿Que tan fácil es el uso de la aplicación? *

1 2 3 4 5

difícil muy fácil

Figura 38 Formulario para encuesta datos complementarios 2 de 2.

Fuente: Gráfico propio, información de este estudio y programa de cómputo “AutoCAD 2018 versión estudiante”, ©Autodesk, Inc. All rights reserved 2017.

IV. RESULTADOS.

Se usan métodos estadísticos para la evaluación del sistema propuesto, esto produce evidencia que ayuda a determinar el futuro de desarrollo del sistema ya que como se planteó, el alcance de este trabajo de investigación es un Producto Mínimo Viable o bien un anteproyecto como se conoce en arquitectura.

Se busca evaluar de manera ágil esta estepa de desarrollo con la intención de que los resultados encontrados aporten datos que sustenten el desarrollo, así como el futuro uso masivo y comercial.

Es importante realizar esta fase de evaluación con ello se pueden corregir posibles desviaciones, así como valorar con la ayuda de una muestra y de manera cuantitativa el avance del desarrollo, sus posibilidades, así como sus fallas.

De acuerdo al planteamiento del diseño experimental, se realizaron 20 pruebas pareadas midiendo el tiempo para revisar las normas de manera manual y posteriormente de con el programa ADN de manera automatizada, a continuación, se dan a conocer los hallazgos recabados, así como la interpretación de los mismos.

- **Desarrollo de indicadores.**

La medición directa nos permite observar las diferencias en ambos procedimientos, sin embargo, a partir de los preceptos proporcionados por la estadística descriptiva, se recurre al desarrollo de distintos indicadores que permiten una lectura crítica, a continuación, se describe cada uno de ellos.

Grupos por edades: esta escala describe la muestra en virtud de la variabilidad por grupos de edad. El periodo propuesto es de 5 años para cada grupo comenzando a los 25 años cuando es probable alcanzar la acreditación profesional y dos años de experiencia laboral.

Grupos por trayectoria profesional: esta clasificación se utiliza para describir los años de experiencia profesional de acuerdo a los criterios de inclusión. Con ello se generan grupos en función de las capacidades adquiridas por los años laborados en proyectos de vivienda. Se proponen periodos de dos años para agrupar estos conjuntos.

Grupos cargo ejercido: el propósito es clasificar a los sujetos encuestados de acuerdo al nivel de responsabilidad que haya declarado con ello se observa a que perfiles se logró llegar con el estudio. Por ello se recurrió a una clasificación en cinco categorías, proyectista, coordinador, gerente, subdirector, director abarcando los niveles establecidos por el Tabulador de servicios profesionales (CEICO y CMIC, 2019).

Eficiencia: consiste en comparar los tiempos medidos para cada método (manual o automatizado) de manera nominal. Se indica cual método registra menor o mayor tiempo de ejecución. Sin embargo, este sistema resulta inconveniente para realizar comparaciones, ya que al variar el número de datos en pruebas futuras resulta incompatible hacer comparaciones.

Por ello se recurre a un procedimiento de razón en cual se determina por cada dato revisado cuanto tiempo es ocupado. Esto se define de la siguiente manera:

$$Ec = T / Dm$$

Donde:

Ec = Eficiencia = minutos / dato revisado

Dm = Datos medidos

T = Tiempo prueba

Eficacia: el objetivo es saber que tan certera es la revisión en cada método (manual o automatizado). Esto se logra comparando cuantos datos son acertados para cada procedimiento sin embargo se recurre a una medida porcentual para facilitar comparaciones futuras. Se define del siguiente modo:

$$Ez = (Da / Dm) * 100$$

Donde:

Ez = Eficacia = % Datos acertados

Da = Datos acertados

Dm = Datos medidos

- **Descripción de la muestra.**

A continuación, se muestran una serie de figuras de acuerdo a los indicadores propuestos con el fin de describir los datos obtenidos en este estudio. Se detallan principalmente características representativas del grupo de sujetos participantes:

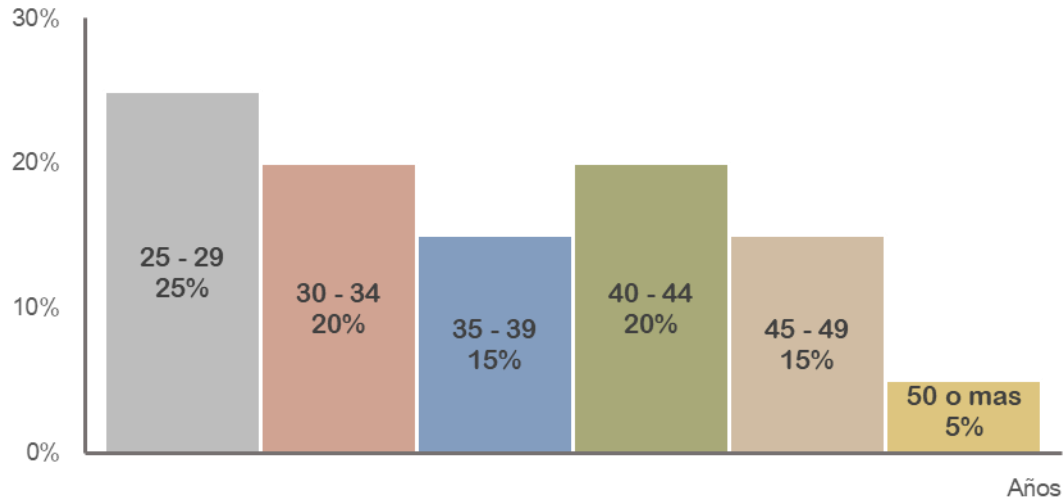


Figura 39 Grupos edad.

Fuente: Gráfico propio, información de este estudio.

La muestra está compuesta por sujetos de entre 25 y 58 años, organizados en grupos de edad con rangos de 5 años, la media general es de 36 años. El grupo más numeroso corresponde a las edades de entre 25 a 29 años con el 25% de las observaciones, sin embargo, cuatro grupos fluctúan entre un 15% y 20%. Solo un grupo cuenta con solo un integrante y corresponde al grupo de 50 años o más.

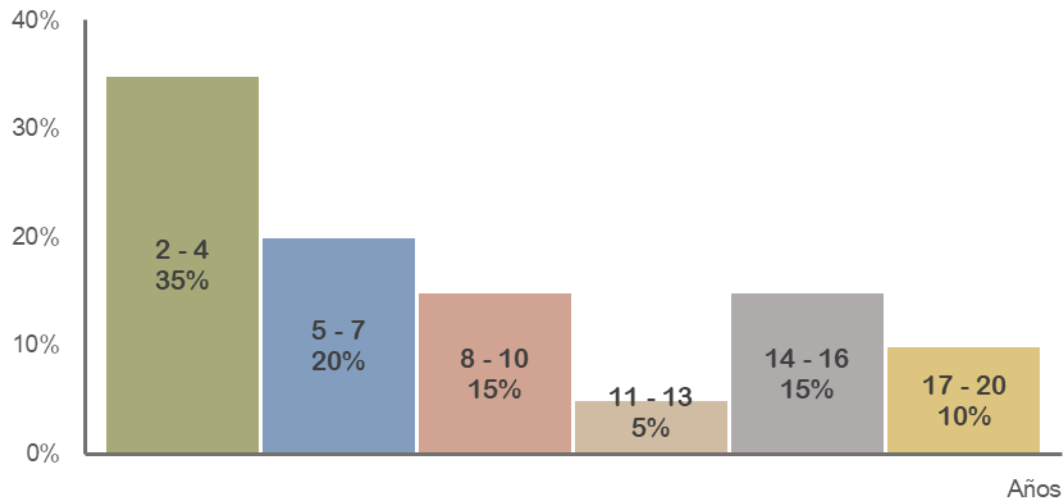


Figura 40 Grupos trayectoria en proyectos de vivienda.

Fuente: Gráfico propio, información de este estudio.

Para la trayectoria profesional la muestra tiene una media de 8 años de experiencia en proyectos de vivienda. Destaca el grupo con experiencia de ente 2 a 4 años con el 35% de las observaciones. En segundo lugar y con el 20% de las observaciones corresponde al rango de 5 a 7 años de experiencia. Los cuatro grupos restantes contienen entre el 5% al 15% respectivamente.

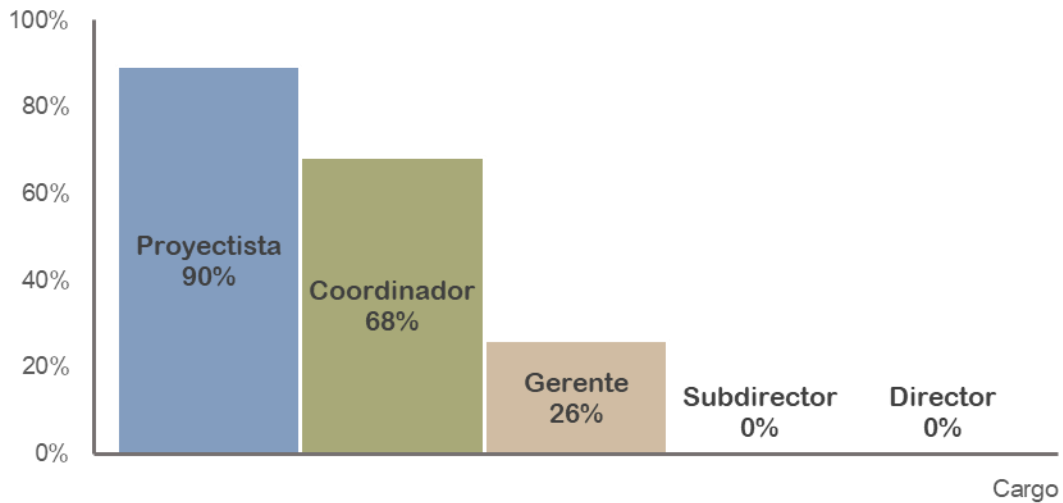


Figura 41 Grupos cargo ejercido.

Fuente: Gráfico propio, información de este estudio.

Otra característica de los sujetos encuestados es; su trayectoria profesional encontrando que el 90% han desempeñado la posición de proyectista, seguida de un 68% que han desempeñado el puesto de coordinador. Con ello se observa un enfoque hacia los niveles operativo y táctico de acuerdo con el Tabulador de Servicios Profesionales (CEICO y CMIC, 2019).

- **Prueba de hipótesis.**

Para describir las diferencias encontradas en los métodos de revisión manual y automatizado respecto a las variantes tiempo y aciertos, se recurre a la estadística inferencial donde el análisis está centrado en contrastar la hipótesis planteada.

El contraste de hipótesis se lleva a cabo eligiendo el tipo de prueba estadística descrito en El protocolo de investigación VI: cómo elegir la prueba estadística adecuada (Flores-Ruiz, Miranda-Novales, y Villasís, 2017). Como se ha mencionado anteriormente el objeto de este estudio es comparar dos formas de realizar un procedimiento, donde se evalúan dos variables cuantitativas (tiempo y aciertos) para esto se opta por utilizar el análisis t – student para dos muestras pareadas clasificada como una prueba paramétrica pertinente para este estudio.

El procedimiento para llevar a cabo la prueba t-student para dos muestras pareadas es:

- Probar que los datos de las muestras tengan una distribución normal.
- Establecer la hipótesis de investigación (H1); es la conclusión que se busca probar con la investigación realizada.
- Establecer la hipótesis nula (H0); es la hipótesis que se pretende rechazar a partir de la evidencia que proporciona el experimento.
- Establecer el nivel de significancia; con ello se establece la referencia con la cual se medirá la fuerza de la evidencia para rechazar la hipótesis nula H0, o el riesgo de no rechazarla.

A continuación, se describen los parámetros bajo los cuales se realizó el contraste de hipótesis, se destaca que el procedimiento se llevó a cabo con la ayuda del programa Statistics Kingdom.

- Se revisa si la muestra es consistente con una distribución normal apoyándose en la prueba Shapiro Wilk que es recomendada acorde al tamaño de la muestra, así como el tipo de prueba para con el cual se contrasta la hipótesis.

- Hipótesis nula H0: En la revisión o auditoria al cumplimiento de normas de construcción para proyectos de vivienda en México, no existen diferencias en el tiempo y aciertos debido al método de revisión (manual o automatizado).
- Hipótesis de investigación H1: En la revisión o auditoria al cumplimiento de normas de construcción para proyectos de vivienda en México, existen diferencias en el tiempo y aciertos debido al método de revisión (manual o automatizado).
- Se establece un nivel de significancia: $\alpha = 0.05$ para t-student y Shapiro Wilk

Tabla 13 Datos de experimento.

Casos	Variable tiempo "minutos"		Variable error "% datos validos"	
	Manual	Automatizada	Manual	Automatizada
1	9.32	9.17	69%	97%
2	16.03	7.22	97%	97%
3	14.42	9.35	97%	89%
4	13.17	6.30	92%	89%
5	7.92	5.85	97%	92%
6	11.20	6.07	89%	75%
7	14.18	8.27	97%	94%
8	10.73	4.42	83%	89%
9	10.05	7.43	92%	72%
10	11.60	5.22	97%	97%
11	12.58	4.37	92%	56%
12	10.62	7.63	92%	97%
13	10.55	7.45	86%	92%
14	11.70	5.25	97%	92%
15	13.58	4.22	87%	94%
16	10.67	5.18	97%	94%
17	8.65	5.27	97%	97%
18	11.88	15.57	61%	72%
19	11.78	4.90	89%	86%
20	12.87	5.83	100%	86%

Nota: Fuente: Gráfico propio con datos de esta investigación.

Para la variable tiempo se acepta que la muestra proviene de una distribución normal esto con un valor $p=0.07953$ que supera al rango establecido y con la aplicación de la prueba de Shapiro Wilk. Por otro lado, en cuanto a la prueba t-student realizada para el contraste de hipótesis se tiene un valor de significancia observado $p=0.00000102815$ menor que 0.05 el rango propuesto, el valor observado cumple con el nivel de significancia propuesto para rechazar la hipótesis nula en favor de la hipótesis de investigación. Lo anterior se confirma con la **Figura 42** donde se observa el histograma que censa la diferencia de tiempo entre las dos pruebas, con una frecuencia de 10 casos para el intervalo mayor a 5 minutos y menor a 10 minutos indicado por la barra correspondiente a 7.5 minutos.

La prueba indica, que la diferencia de tiempo es significativa entre ambos métodos, esto se observa en sombreado gris en la **Figura 43**, Además se aprecian los registros para cada una de las pruebas, en color rojo el método manual y en color verde el método automatizado. Se hallaron dos registros atípicos corresponden a la muestra número 1 y 18.

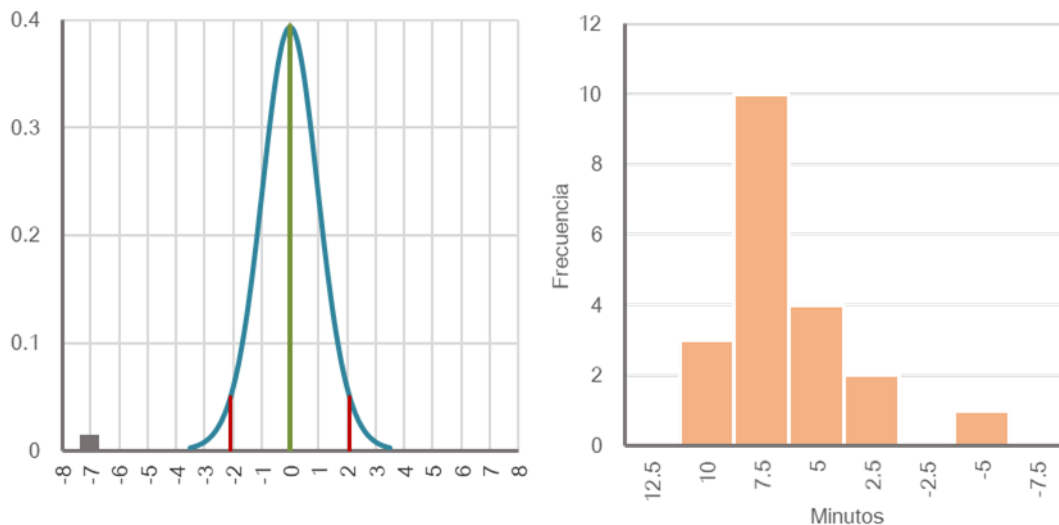


Figura 42 Distribución T – Student / Histograma diferencia tiempo.

Fuente: Gráfico propio, información de este estudio.

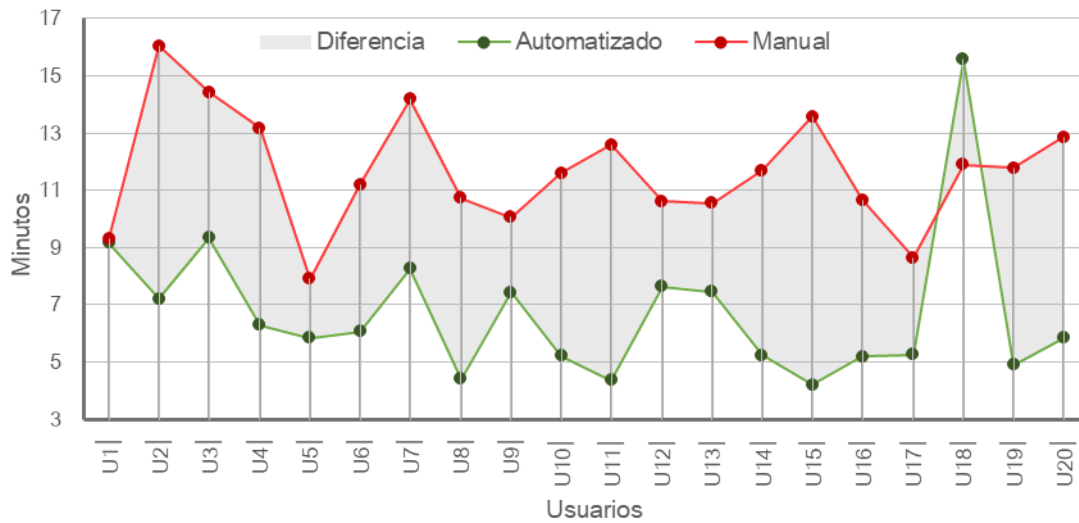


Figura 43 Diferencia tiempo.

Fuente: Gráfico propio, información de este estudio.

En el caso de la variable aciertos; se tiene un valor $p= 0.1104$ lo cual indica que los datos obtenidos y evaluados por la prueba Shapiro Wilk, son suficientemente consistentes para considerar que los datos provienen de una distribución normal. Para la evaluación de la hipótesis se obtuvo un valor de significancia observado $p = 0.44469832796$ menor que 0.05 el rango propuesto esto aporta suficiente evidencia para aceptar la hipótesis nula, esto se observa en la **Figura 44** donde el histograma indica la mayor frecuencia para el intervalo 20% a -40% indicado en la barra -20% con 12 casos donde hay una diferencia de hasta 20% entre el porcentaje de datos acertados para ambos métodos.

Las diferencias en los aciertos no son significativas para ambos métodos. De manera gráfica lo podemos observar en la **Figura 45** donde la desigualdad representada en color gris es escasa; inclusive existen mediciones coincidentes para ambos métodos.

Por otra parte, se calculó la media para cada conjunto de datos obteniendo un promedio de 90% de datos válidos para el método manual y automatizado confirmando como no existente la desigualdad para ambos métodos en esta variable.

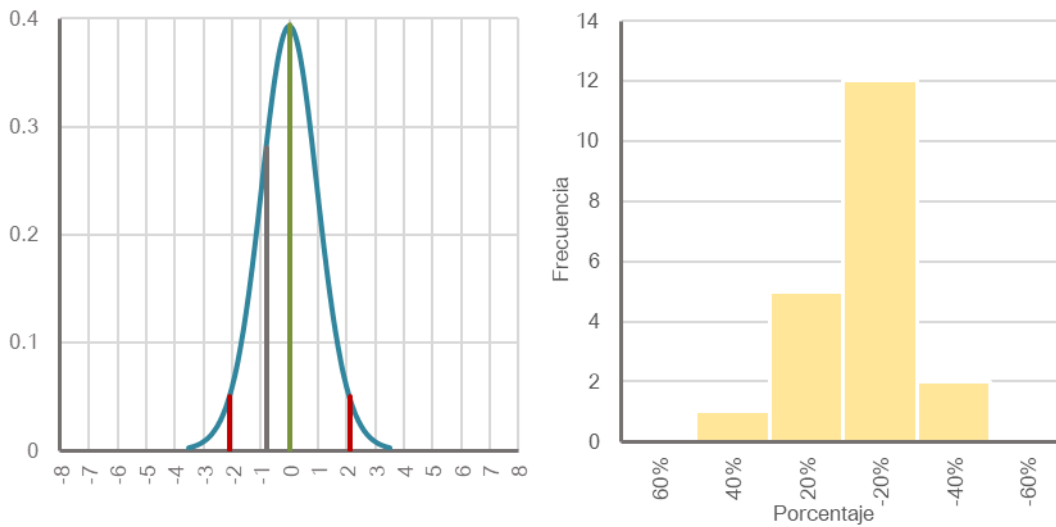


Figura 44 Distribución T – Student / Histograma diferencia aciertos.

Fuente: Gráfico propio, información de este estudio.

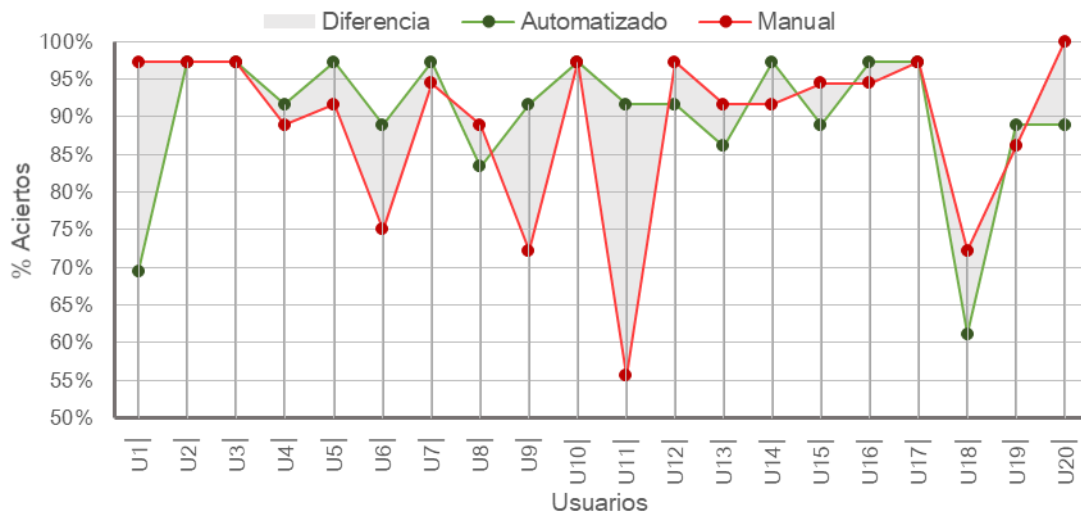


Figura 45 Diferencia aciertos.

Fuente: Gráfico propio, información de este estudio.

La visión general para las dos variables aciertos y tiempo de acuerdo al método de revisión se conjuntan de la siguiente manera: En la revisión o auditoría al cumplimiento de normas de construcción para proyectos de vivienda en México, no existen diferencias significativas para la variable aciertos sin embargo se encontraron diferencias significativas para la variable tiempo; esto debido al método de revisión (manual o automatizado).

- **Análisis de resultados.**

El análisis de los resultados de las pruebas de validación de la normatividad permite identificar tendencias, retroalimentar y valorar las cualidades de cada método de revisión.

En el capítulo II se abordó lo relacionado con los métodos para validar el cumplimiento de la normatividad y se destacó la responsiva de cumplimiento derivada de los procesos de autorización para construcción. Este procedimiento contempla una revisión general de las normas sin indicar detalles.

Un proceso similar al de las responsivas se incluye en cada uno de los tipos de prueba donde el revisor o la aplicación web determinan el cumplimiento del conjunto de reglas que se están evaluando. Para este caso es el apartado 2.1 de la Norma Técnica Complementaria para el Proyecto Arquitectónico del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal. Se incluyó este parámetro en cada tipo de revisión manual o automatizado debido a su trascendencia desde el punto de vista legal y en aras de que este elemento se integre a la revisión y posterior autorización de proyectos de construcción como tradicionalmente se realiza.

Los diseños presentados incurrieron en al menos un parámetro de incumplimiento por lo que la respuesta válida era "No". Los resultados para cada método se observan en la **Figura 46** donde se observa un 100% de estimaciones válidas para el método automatizado a diferencia del método manual donde siete estimaciones resultaron fallidas y 13 presentaron un resultado válido.

Es difícil reconocer cual fue el motivo de error para el método manual sin embargo es importante destacar la eficacia del método automatizado para el mismo conjunto de datos revisados.

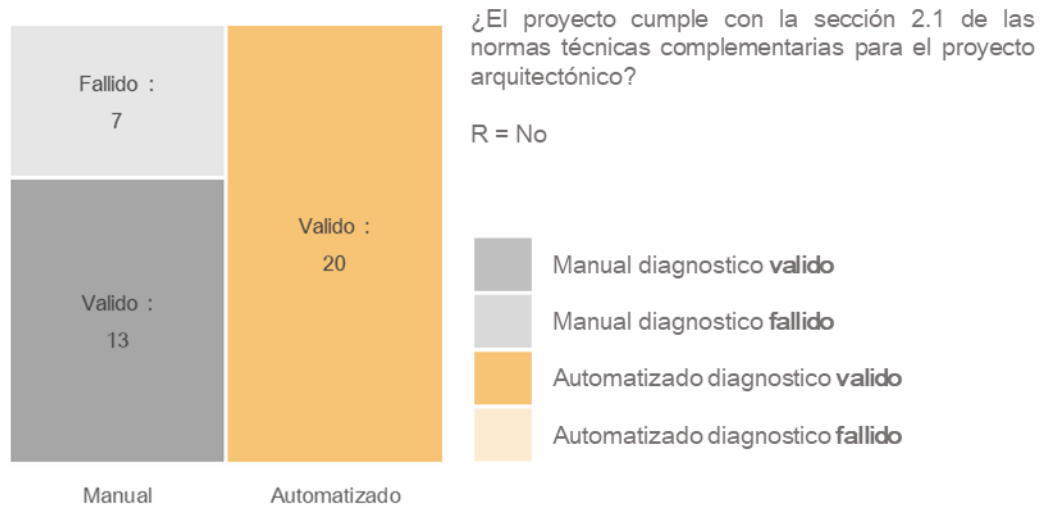


Figura 46 Revisión general método manual y automatizado.

Fuente: Gráfico propio, información de este estudio.

Por otra parte, con la revisión de la hipótesis se identificó en la gran mayoría de las mediciones un menor tiempo para la revisión al utilizar el método automatizado. Sin embargo, es importante estimar cuál es el tamaño de esta disminución. Por ello se calculó el porcentaje de ahorro estimado donde para el tercer cuartil de las observaciones se logra un ahorro de entre un 29% hasta un 69% respecto al método manual; para el resto de las mediciones el ahorro fluctúa en poco más del 25%, descartando dos muestras de carácter atípico (*Figura 47*).

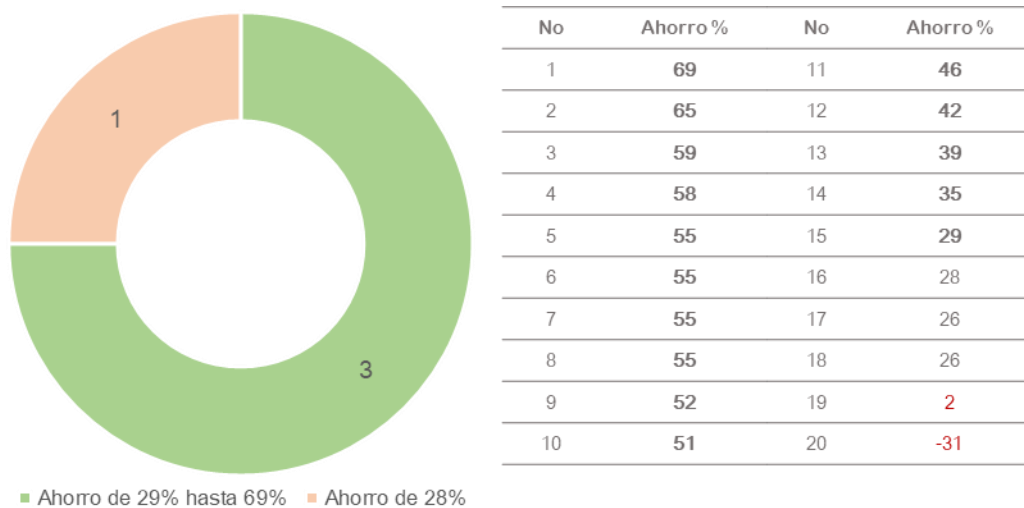


Figura 47 Eficiencia método manual y automatizado.

Fuente: Gráfico propio, información de este estudio.

En referencia a la diferencia de aciertos, la hipótesis indica una diferencia poco significativa. Sin embargo, es importante detallar que se puede esperar una diferencia al usar el método manual o automatizado. Por ello se recurre a dividir en deciles el porcentaje de valores acertados para cada método. Se encontró que para el ultimo decil el método automatizado cuenta con un 80% de las observaciones y el método manual cuenta con un 70% de las 20 mediciones (*Figura 48*).

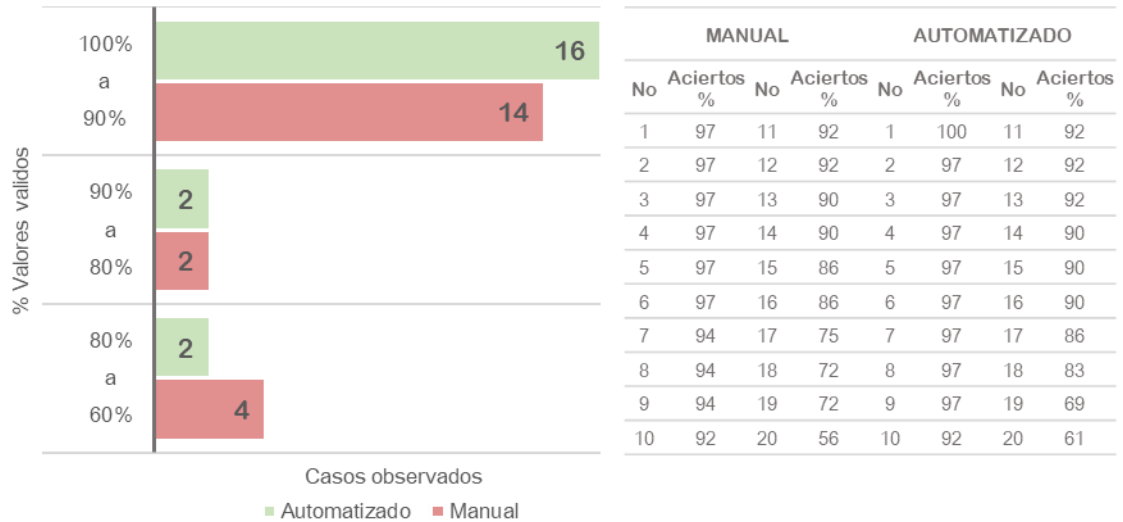


Figura 48 Eficacia método manual y automatizado.

Fuente: Gráfico propio, información de este estudio.

¿Qué método tiene mejor desempeño?

Como se ha descrito en el caso de la eficacia los resultados son muy semejantes para ambos métodos, a diferencia de la eficiencia donde existe una diferencia significativa. Con esto el método automatizado supera al método manual. En la *Figura 49* el eje de las “x” corresponde a los valores referentes a la eficiencia ordenados de menor a mayor (izquierda - derecha), en el eje de las “y” se colocaron los valores correspondientes a la eficacia ordenados de menor a mayor (abajo - arriba).

En color naranja se aprecian los valores correspondientes a la prueba manual y en color azul los valores pertenecientes a la prueba automatizada. Además, se graficaron los valores medios, indicados en color rojo para el método manual y en color verde para el método automatizado.

El mejor desempeño con relación a la eficiencia y eficacia se da para las mediciones que se encuentran ubicadas en el recuadro ultimo superior derecho. A partir de ese recuadro al recorrerse hacia la izquierda la medición será menos eficiente y al descender será menos eficaz.

Para describir el conjunto de los datos del experimento se recurre a la media del conjunto de datos donde se observa que; la media del método manual en color rojo es superada por la media del método automatizado indicada en color verde que está ubicada lo más próximo el recuadro ultimo superior derecho.

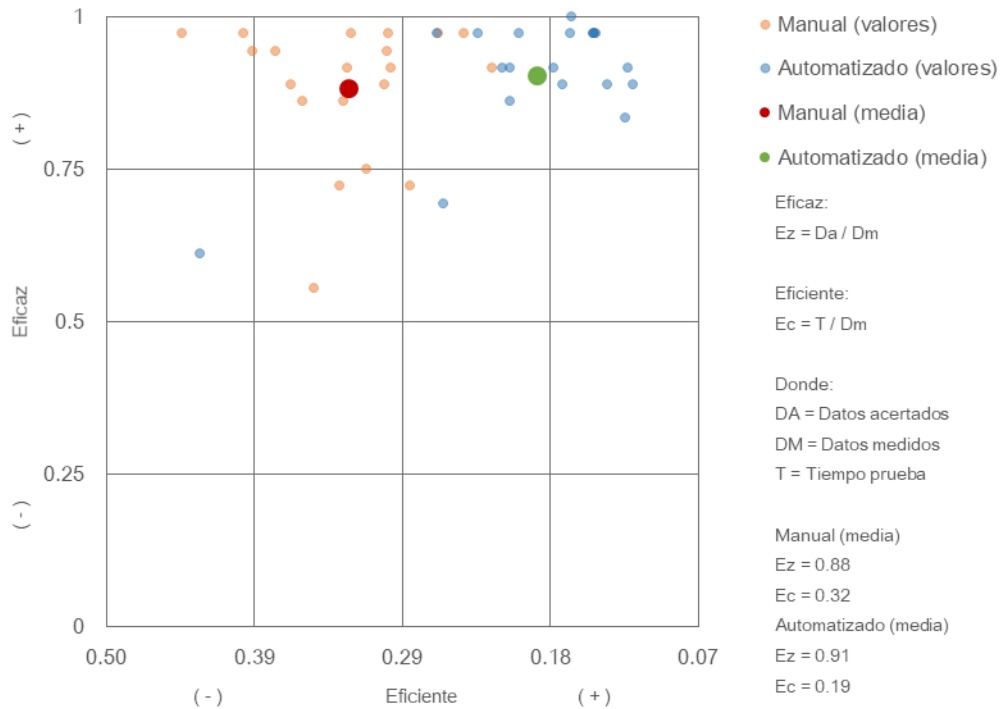


Figura 49 Valoración método manual y automatizado.

Fuente: Gráfico propio, información de este estudio.

Por último, se presentan las impresiones recolectadas para cada uno de los usuarios de la aplicación mediante dos preguntas que se refieren a la utilidad y facilidad del programa ADN. Con

ello se sabe que el 85% de los encuestados calificaron con el valor máximo en una escala del uno al cinco la facilidad y utilidad de la aplicación web.

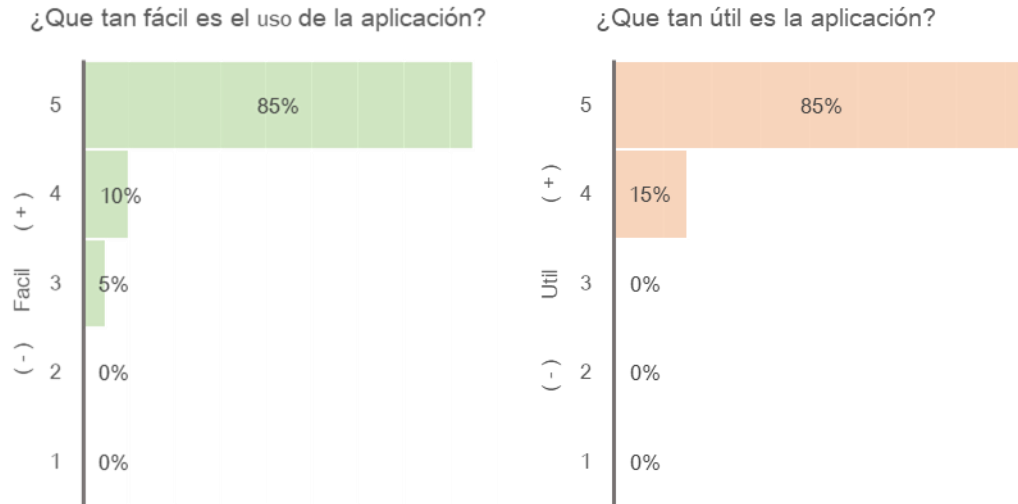


Figura 50 Experiencia de usuario aplicación ADN.

Fuente: Gráfico propio, información de este estudio.

Esto indica aceptación de la aplicación en su conjunto y ofrece buscar áreas de oportunidad para mejorar la experiencia del usuario. Por ello es importante realizar estudios futuros con relación a la experiencia del usuario para recibir una retroalimentación y orienta el futuro de la aplicación.

V. CONCLUSIONES.

Las herramientas automatizadas y manuales analizadas tienen como objetivo revisar que los elementos cumplan con los umbrales establecidos por la norma. Sin embargo, las existentes no consideran el reporte de los márgenes de error en la medición. Esto se identificó como una meta para mejorar los procesos de revisión disponibles. Por ello la herramienta ADN se diseñó con elementos que muestran numéricamente y gráficamente el comportamiento de estas restricciones, mediante un tablero de control alojado en una aplicación web. Esto permite que el usuario cuente con los datos del análisis de la norma respecto al proyecto revisado y se evita la realización de cálculos adicionales para verificar los umbrales establecidos por la norma. De esta manera, se agiliza y hace más transparente el proceso de revisión de normatividad.

Por otro lado, se estudia la diferencia entre el método manual y el método automatizado para revisar la aplicación de la normatividad en un proyecto de vivienda. Al realizar el proceso de investigación y mediante la experimentación se observó que no existe una diferencia significativa en relación a los aciertos obtenidos en cada método de revisión, es decir la eficacia de ambos métodos es similar. De manera aislada se puede asumir que daría lo mismo utilizar cualquier método de revisión, pero el planteamiento de la investigación propone analizar ambos métodos bajo otra variable de importancia que es el tiempo requerido para realizar la revisión de cierto número de datos. En este caso para la variable tiempo se encontró una diferencia significativa entre el método manual y el método automatizado. Con ello se concluye que al medir en conjunto la eficacia (datos válidos) y la eficiencia (tiempo) el método automatizado tiende a superar al método manual.

El proceso de creación de la aplicación ADN se basa en reducir la intervención humana en el proceso de revisión de normatividad para un proyecto de vivienda. Esto se logró mediante la conversión de los parámetros que provienen del proyecto y de las normas en datos estructurados.

El primer paso consistió en estandarizar los datos al vaciar las constantes que provienen de las normas en una base de datos informática y crear un sistema de extracción de datos que se originan en las tecnologías digitales para la representación de la arquitectura (programas CAD y BIM). Posteriormente se realizó la automatización de la revisión auxiliándose de la programación al crear una aplicación de cómputo que se aloja en un entorno web. En conjunto, se logra la reducción de la intervención humana ya que la revisión se realiza por medio de operaciones lógicas previamente configuradas y que se ejecutan de manera automática al utilizar el programa de cómputo.

El proceso de investigación promueve la interdisciplinariedad al combinar conocimientos específicos de las tecnologías de la información y computación a los ámbitos de la arquitectura y construcción. Es importante destacar la síntesis y tecnificación que ha logrado el campo de las tecnologías aplicadas a la creación de soluciones de cómputo, ofreciendo sin costo múltiples herramientas, así como su amplia documentación. Esto permite adquirir el conocimiento rápidamente para incluirlo en otros campos como es el caso de esta investigación. La propuesta busca que los arquitectos adquieran conocimientos de cómputo y los incluyan en su quehacer profesional ya que el documento se plantea como guía para realizar otras aplicaciones de cómputo sabiendo de antemano el proceso de desarrollo, así como los posibles resultados observados en la experimentación. El objetivo consiste en optimizar procesos utilizando un método automatizado centrado en la evaluación de datos.

En la literatura revisada se observa un enfoque importante por abordar de manera amplia la automatización de procesos para la revisión y aplicación de normas en documentos de construcción. Los retos son el aprovechamiento de la información que está alojada en modelos digitales, sistematizar los parámetros de las normas y disminuir la intervención humana que se requiere para la identificación y clasificación de elementos tales como locales, piezas, equipos entre otros. Siendo

el más importante, a mi parecer, la disminución de la intervención humana para identificar elementos, en este ámbito se encontraron investigaciones que proponen la utilización de tecnologías como la inteligencia artificial y sus distintas variantes para enfocarlas en el reconocimiento automatizado tal como se hace para la identificación facial mediante fotografía o video. Con ello al aumentar la automatización de todos los procesos que se realizan actualmente de manera manual, es posible evitar errores, reducir los tiempos y por lo tanto mejorar diversas actividades complejas en las actividades de planeación y desarrollo de documentos para la construcción.

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Distribución porcentual valor total obra pública y privada 1.er semestre 2019.	9
<i>Figura 2</i> Demanda y construcción de vivienda por entidad federativa en 2019.....	12
<i>Figura 3</i> Demanda y porcentaje construido en 2019.....	13
<i>Figura 4</i> Tipo de vivienda y área construida nacional 2019.....	16
<i>Figura 5</i> Tipo de vivienda y área construida CDMX y Edo Mex 2019.....	16
<i>Figura 6</i> Reglamentos de construcción en México.....	20
<i>Figura 7</i> Documentos normativos de acuerdo al contenido del proyecto ejecutivo.	30
<i>Figura 8</i> Datos de geometría aplicaciones CAD.....	33
<i>Figura 9</i> Datos de objetos aplicaciones BIM.....	33
<i>Figura 10</i> Formulario aplicación RUV.....	35
<i>Figura 11</i> Esquema general del sistema.....	42
<i>Figura 12</i> Metodología de desarrollo PMV.....	46
<i>Figura 13</i> Secuencia uso Ext-Dat.....	48
<i>Figura 14</i> Secuencia uso aplicación web ADN.....	49
<i>Figura 15</i> Diseño general y panel de navegación.....	53
<i>Figura 16</i> Diseño caratula de norma.....	54
<i>Figura 17</i> Diseño reporte de auditoria.....	55
<i>Figura 18</i> Diseño detalle de auditoria.....	56
<i>Figura 19</i> Diagrama de flujo constantes norma y variables proyecto.....	60

<i>Figura 20</i> Datos extraídos archivo CSV.....	62
<i>Figura 21</i> Componentes Ext-Dat en programa AutoCAD.	63
<i>Figura 22</i> Componentes Ext-Dat en programa Revit.....	65
<i>Figura 23</i> Caratula de norma aplicación web ADN.....	66
<i>Figura 24</i> Reporte de auditoria aplicación web ADN.	67
<i>Figura 25</i> Código para panel de navegación.....	68
<i>Figura 26</i> Código para componente Ext-Dat.	69
<i>Figura 27</i> Tablas para base de datos MySQL.....	70
<i>Figura 28</i> Tabla de datos normativos.....	71
<i>Figura 29</i> Auditoria dato a dato.....	72
<i>Figura 30</i> Diagrama de la experimentación.....	75
<i>Figura 31</i> Prueba manual prototipo Casa 1 de 2.....	82
<i>Figura 32</i> Prueba manual prototipo Casa 2 de 2.....	83
<i>Figura 33</i> Formulario para prueba manual 1 de 3.	84
<i>Figura 34</i> Formulario para prueba manual 2 de 3.	85
<i>Figura 35</i> Formulario para prueba manual 3 de 3.	86
<i>Figura 36</i> Prueba automatizada prototipo Departamento	87
<i>Figura 37</i> Formulario para encuesta datos complementarios 1 de 2.....	88
<i>Figura 38</i> Formulario para encuesta datos complementarios 2 de 2.....	89
<i>Figura 39</i> Grupos edad.....	93

<i>Figura 40</i> Grupos trayectoria en proyectos de vivienda.....	93
<i>Figura 41</i> Grupos cargo ejercido.	94
<i>Figura 42</i> Distribución T – Student / Histograma diferencia tiempo.....	97
<i>Figura 43</i> Diferencia tiempo.....	98
<i>Figura 44</i> Distribución T – Student / Histograma diferencia aciertos.....	99
<i>Figura 45</i> Diferencia aciertos.....	99
<i>Figura 46</i> Revisión general método manual y automatizado.	101
<i>Figura 47</i> Eficiencia método manual y automatizado.	101
<i>Figura 48</i> Eficacia método manual y automatizado.....	102
<i>Figura 49</i> Valoración método manual y automatizado.....	103
<i>Figura 50</i> Experiencia de usuario aplicación ADN.....	104

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1</i> Clasificación de la Vivienda en Veces Salario Mínimo Mensual.....	14
<i>Tabla 2</i> Clasificación de la vivienda por precio.....	15
<i>Tabla 3</i> Alcance de los servicios profesionales por Diseño Arquitectónico.....	17
<i>Tabla 4</i> Desgloce reglamentos de construcción Ciudad de México y Estado de México.....	21
<i>Tabla 5</i> Desgloce NOM y NMX para vivienda de 45 m ² – 60 m ²	23
<i>Tabla 6</i> Aplicaciones de cómputo para automatizar la revisión.....	39
<i>Tabla 7</i> Ventajas de las aplicaciones web usuarios y desarrolladores.....	44
<i>Tabla 8</i> Requerimientos basados en la evidencia analizada.....	47
<i>Tabla 9</i> Herramientas para desarrollo componente Ext-Dat.....	51
<i>Tabla 10</i> Herramientas para desarrollo componente ADN.....	51
<i>Tabla 11</i> Dimensiones y características mínimas en edificaciones.....	57
<i>Tabla 12</i> Variables y constantes para codificación.....	58
<i>Tabla 13</i> Datos de experimento.....	96

REFERENCIAS.

- Alvarez, J. E. (2018). *Metodología para el desarrollo de aplicaciones web ajustada al contexto de los Productos Mínimos Viables*. Bucaramanga: Scientia et Technica. Obtenido de <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/15711>
- Autodesk. (2016). *Dynamo*. ©Autodesk, Inc. All rights reserved. Obtenido de <https://dynamobim.org/>
- Autodesk. (2017). *AutoCAD 2018 versión estudiante*. ©Autodesk, Inc. All rights reserved. Obtenido de <https://www.autodesk.mx/products/autocad/overview>
- Autodesk. (2019). *Revit 2020 versión estudiante*. ©Autodesk, Inc. All rights reserved. Obtenido de <https://www.autodesk.mx/products/revit/overview>
- Bootstrap team. (2020). *Bootstrap*. MIT License. Obtenido de <https://getbootstrap.com/>
- Camara de Diputados. (2018). *Ley Federal sobre Metrología y Normalización*. Ciudad de México: H. Congreso de la Unión. Obtenido de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/130_150618.pdf
- CDMX. (2011). *Norma Técnica Complementaria para el Proyecto Arquitectónico* (modificación julio 2017 ed.). Ciudad de México: Gaceta Oficial de la Ciudad de México. Obtenido de https://data.consejeria.cdmx.gob.mx/portal_old/uploads/gacetas/4d4cbbb4bad62.pdf
- CDMX. (2019). *Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal*. Ciudad de México: Gobierno de la Ciudad de México / Recopilación 2019 por Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural. Obtenido de <http://www.smie.org.mx/archivos/informacion-tecnica/reglamentos-construccion-mexico/ciudad-de-mexico/ciudad-de-mexico-reglamento-construccion-compendio-reformas-2004-2019-smie.pdf>
- CEESCO. (2016). *Diagnóstico del Sector de la Construcción y Propuestas para el Impulso de la Infraestructura en México*. Ciudad de México: Centro de Estudios Económicos de la Construcción. Obtenido de https://www.cmic.org.mx/cmic/ceesco/2016/Documento_extenso_vfinal_191215.pdf

- CEESCO. (2019a). *Situación de la Actividad Productiva de la Empresas Constructoras (Enero - Junio 2019)*. Ciudad de México: Centro de Estudios Económicos del Sector de la Construcción. Obtenido de <https://www.cmic.org.mx/cmic/ceesco/2019/PDF/Bolet%C3%ADn%20Situaci%C3%B3n%20de%20la%20Actividad%20Productiva%20de%20las%20Empresas%20Constructoras%20a%20Nivel%20Nacional%20Ene-Jun%202019.pdf>
- CEESCO. (2019b). *Valor de Producción de las Empresas Constructoras (Enero 2019)*. Ciudad de México: Centro de Estudios Económicos del Sector de la Construcción. Obtenido de <https://www.cmic.org.mx/cmic/ceesco/2019/VALOR%20DE%20PRODUCCI%C3%93N%20DE%20LAS%20EMPRESAS%20CONSTRUCTORAS%20A%20Enero%20DE%202019.pdf>
- CEICO, & CMIC. (2019). *Tabulador de Servicios Profesionales*. Ciudad de México: Centro Nacional de Ingeniería de Costos / Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción.
- Colorlib., & Silkalns, A. (2016). *Gentella Alela!* MIT License. Obtenido de <https://github.com/ColorlibHQ/gentelella>
- CONAVI. (2017). *Código de Edificación de Vivienda*. Ciudad de México: Comisión Nacional de Vivienda. Obtenido de <https://www.gob.mx/conavi/documentos/codigo-de-edificacion-de-vivienda-3ra-edicion-2017>
- Dimyadi, J., & Amor, R. (2013). *Automated Building Code Compliance Checking – Where is it at?* Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/236681238_Automated_Building_Code_Compliance_Checking_-_Where_is_it_at
- Eastman, C., Lee, J., Jeong, Y., & Lee, J. (2009). *Automatic rule-based checking of building designs*. Automation in Construction. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580509001198>
- FCARM. (2008). *Arancel de Honorarios Profesionales*. Ciudad de México: Federación de Colegios de Arquitectos de la República Mexicana A.C. Obtenido de <http://www.fcarm.org.mx/aranceles/>

- FIC. (2017). *Encuesta BIM 2017*. Ciudad de México: Fundación de la industria de la construcción. Obtenido de https://issuu.com/lidiamr0/docs/resultados_encuesta_bim
- Flores-Ruiz, E., Miranda-Novales, M., & Villasís, K. (2017). *El protocolo de investigación VI: cómo elegir la prueba estadística adecuada*. Revista Alergia México. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/ram/v64n3/2448-9190-ram-64-03-0364.pdf>
- Google LLC. (2020). *Google Chrome*. Google LLC. Todos los derechos reservados. Obtenido de <https://www.google.com/intl/es/chrome/>
- INEGI. (2020). *Producto Interno Bruto de México durante el cuarto trimestre de 2019 por grupo de actividades económicas*. Ciudad de México: Instituto Nacional de Geografía y Estadística. Obtenido de https://www.inegi.org.mx/temas/pib/default.html#Informacion_general
- INFONAVIT. (2019). *Criterios para la prestación de servicios de verificación y dictaminación de vivienda en el registro único de vivienda*. Ciudad de México: Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores. Obtenido de https://portalmx.infonavit.org.mx/wps/wcm/connect/a038d77e-56d2-4e0f-81c7-0a025431adf4/Criterios_prestacion.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=url&ContentCache=NONE&CACHE=NONE&CACHEID=ROOTWORKSPACE-a038d77e-56d2-4e0f-81c7-0a025431adf4-n1Z1qC4
- INFONAVIT, & Intelimétrica. (2017). *Índice de precios de la vivienda INFONAVIT*. Ciudad de México: Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores, Intelimétrica. Obtenido de <https://infonavit.janium.net/janium/Documentos/65547.pdf>
- Iztapalapa. (2020). *Registro de manifestación de construcción tipo B o C*. Ciudad de México: Gobierno de la Ciudad de México. Obtenido de http://www.iztapalapa.cdmx.gob.mx/tramitesyservicios/tramites/1pdf/TIZTAPALAPA_RMC_2.pdf
- Luna, L. (2004). *El diseño de interfaz gráfica de usuario para publicaciones digitales*. Ciudad de México: DGSCA, UNAM. Obtenido de http://www.revista.unam.mx/vol.5/num7/art44/ago_art44.pdf

- Mell, P., & Grance, T. (2011). *The NIST Definition of Cloud Computing*. U.S.: National Institute of Standards and Technology. Obtenido de <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>
- Microsoft Windows. (2019). *Bloc de notas*. ©Microsoft Corporation, All rights reserved.
- Molina, J. R., Zea, M. P., Centeno, M. J., & García, F. G. (2018). *Comparación de metodologías en aplicaciones web*. Alicante: 3C Tecnología: glosas de innovación aplicadas a la pyme. Obtenido de <https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2018/03/art1.pdf>
- Naciones Unidas. (1987). *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo Nota del Secretario General*. Nueva York: Naciones Unidas. Obtenido de <https://undocs.org/es/A/42/427>
- Narayanswamy, H., Liu, H., & Al-Hussein, M. (2019). *BIM-based Automated Design Checking for Building Permit in the Light-Frame Building Industry*. Canada: 36th International Symposium on Automation and Robotics in Construction. Obtenido de https://www.iaarc.org/publications/fulltext/ISARC_2019_Paper_211.pdf
- Paredes, T. (1999). *Modelo de reglamento de construcción para el estado de Tlaxcala, el caso de Huamantla, Tlaxcala (Tesis Maestría en admon. de la construcción)*. Ciudad de México: Instituto Tecnológico de la Construcción. Obtenido de https://inforavit.janium.net/janium/TESIS/Maestria/Paredes_Quirban_Tiberio_44909.pdf
- Parra, M. (2019). *Servicios de minería de datos en Cloud Computing (Tesis doctoral)*. Granada: Universidad de Granada. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10481/56592>
- Plotly Technologies Inc. (2020). *Plotly JavaScript Open Source Graphing Library*. Obtenido de <https://plotly.com/javascript/>
- RUV. (2016). *Cifras Básicas RUV*. Ciudad de México: Registro Único de Vivienda. Obtenido de <http://portal.ruv.org.mx/index.php/cifras-basicas-ruv/>
- RUV. (2019a). *Cifras Básicas RUV*. Ciudad de México: Registro Único de Vivienda. Obtenido de <http://portal.ruv.org.mx/index.php/cifras-basicas-ruv/>

RUV. (2019b). *Guía operativa validación de CUV'S y orden de verificación*. Ciudad de México: Registro Único de Vivienda. Obtenido de <http://portal.ruv.org.mx/wp-content/uploads/2020/02/validacion-cuvs.pdf>

SEDATU. (2019). *Plan Nacional de Vivienda*. Ciudad de México: Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. Obtenido de <https://www.gob.mx/sedatu/documentos/programa-nacional-de-vivienda-2019-2024>

SHF, & CIDOC. (2019). *Estado Actual de la Vivienda en México 2018*. Ciudad de México: Sociedad Hipotecaria Federal, Fundación CIDOC. Obtenido de <https://www.gob.mx/shf/documentos/estado-actual-de-la-vivienda-en-mexico-eavm-2018>

SMIE. (2020). *Reglamentos de construcción en México*. Ciudad de México: Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural A.C. Obtenido de <http://www.smie.org.mx/informacion-tecnica/reglamentos-construccion-mexico.php>

SNE. (2019). *Observatorio Laboral / Estadísticas de carreras profesionales por área / Arquitectura y Urbanismo*. Servicio Nacional del Empleo. Obtenido de https://www.observatoriolaboral.gob.mx/static/estudios-publicaciones/Panorama_arquitectura.html

SpryMedia. (2020). *DataTables*. ©SpryMedia Ltd. MIT licenced. Obtenido de <https://datatables.net/>

Sublime. (2019). *Sublime Text 3*. ©Sublime HQ Pty Ltd, Copyright. Obtenido de <https://www.sublimetext.com/3>

GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ABREVIATURAS.

ADN: Auditoria en Datos Normados. Nombre que se le designo a la aplicación de cómputo propuesta en este estudio.

AutoCAD: nombre comercial de un programa de cómputo para dibujo en dos dimensiones, así como modelado en tres dimensiones comercializado por la empresa Autodesk.

Back-end: en el desarrollo de aplicaciones web se conoce como capa de presentación donde el usuario interactúa.

BIM: Building Information Modeling en español modelado de información de construcción, también llamado modelado de información para la edificación, es el proceso de generación y gestión de datos de un edificio.

Bootstrap: es una biblioteca multiplataforma o conjunto de herramientas de código abierto para diseño de sitios y aplicaciones web.

CAD: Computer Aided Design en español diseño asistido por computadora es el uso de ordenadores para ayudar en la creación, modificación, análisis u optimización de un diseño.

CEESCO: Centro de Estudios Económicos del Sector de la Construcción de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción.

CEICO: Centro Nacional de Ingeniería de Costos de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción.

CIDOC: Centro de Investigación y Documentación de la Casa, A.C.

CMIC: Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción.

CONAVI: Comisión Nacional de Vivienda.

CSS: Cascading Style Sheets en español Hojas de estilo en cascada, es un lenguaje de diseño gráfico para definir y crear la presentación de un documento estructurado escrito en un lenguaje de marcado.

CSV: Comma Separated Values en español valores separados por coma son un tipo de documento en formato abierto sencillo para representar datos en forma de tabla, en las que las columnas se separan por comas.

Data Tables: es un plugin que permite añadir funcionalidades avanzadas a cualquier tabla HTML como filtrado, ordenado.

Dynamo: Editor de algoritmos gráficos para Autodesk Revit.

Ext-Dat: Nombre que se le designo al componente propuesto para extraer y estructurar datos que provienen de aplicaciones para la representación de edificaciones.

FCARM: Federación de Colegios de Arquitectos de la República Mexicana.

FIC: Fundación de la Industria de la Construcción, A.C.

FONHAPO: Fondo Nacional de Habitaciones Populares.

FOVISSSTE: Fondo de la Vivienda del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado.

Front-end: capa de acceso a datos en el desarrollo de aplicaciones web se conoce como capa de acceso a datos.

HTML: HyperText Markup Language en español lenguaje de marcas de hipertexto es un lenguaje de marcado que se utiliza para el desarrollo de páginas de Internet.

INFONAVIT: Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores.

JavaScript: es un lenguaje de programación interpretado, dialecto del estándar ECMAScript. Se define como orientado a objetos, basado en prototipos, imperativo, débilmente tipado y dinámico.

Lisp: es una familia de lenguajes de programación de computadora de tipo multiparadigma. El acrónimo LISP significa "List Processor" en español Procesamiento de listas. Las listas

encadenadas son una de las estructuras de datos importantes de Lisp, y el código fuente de Lisp en sí mismo está compuesto de listas.

MySQL: es un sistema de gestión de bases de datos relacional desarrollado por Oracle Corporation y está considerada como la base de datos de código abierto más popular del mundo, y una de las más populares en general junto a Oracle y Microsoft SQL Server, sobre todo para entornos de desarrollo web.

PHP: acrónimo de Hypertext Preprocessor en español preprocesador de hipertexto es un lenguaje de código abierto especialmente adecuado para el desarrollo web y que puede ser incrustado en HTML.

Revit: es un software de Modelado de información de construcción , para Microsoft Windows, desarrollado actualmente por Autodesk.

RUV: Registro Único de Vivienda.

SEDATU: Secretaría De Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano.

SHF: Sociedad Hipotecaria Federal.

SMIE: Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural. A.C.

SNE: Servicio Nacional del Empleo.