



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES**

**CENTRO DE CIENCIAS DEL DISEÑO Y DE LA CONSTRUCCIÓN
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO PRÁCTICO
“DESARROLLO DE HERRAMIENTAS PARA LA DIAGNOSIS
ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS DAÑADOS POR EFECTO DE
FALLAS ASOCIADAS A SUBSIDENCIA”**

PRESENTA

I.C. Ofelia Reyes Tiscareño

TUTOR

Dr. en Ing. Jesús Pacheco Martínez

INTEGRANTES DEL COMITÉ TUTORIAL

Dr. en Ing. José Ortiz Lozano

Dr. en Ing. Mario Eduardo Zermeño de León.

Aguascalientes, Ags., 17 de mayo de 2021.

AUTORIZACIONES

CARTA DE VOTO APROBATORIO
COMITÉ TUTORAL

Dr. en C.T.C. Héctor Homero Posada Ávila
DECANO (A) DEL CENTRO DE CIENCIAS DEL DISEÑO Y DE LA CONSTRUCCION

PRESENTE

Por medio del presente como **Miembros del Comité Tutorial** designado del estudiante **OFELIA REYES TISCAREÑO** con ID 26480 quien realizó el *trabajo práctico* titulado: **DESARROLLO DE HERRAMIENTAS PARA LA DIAGNOSIS ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS DAÑADOS POR EFECTO DE FALLAS ASOCIADAS A SUBSIDIENCIA**, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia damos nuestro consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que nos permitimos emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que *ella* pueda proceder a imprimirlo así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Ponemos lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, le enviamos un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"Se Lumen Proferre"

Aguascalientes, Ags., a **11 de junio** de 2021.



Dr. Jesús Pacheco Martínez
Tutor de trabajo práctico



Dr. José Ángel Ortiz Lozano
Asesor de trabajo práctico



Dr. Mario Eduardo Zermeno de León
Asesor de trabajo práctico

c.c.p.- Interesado
c.c.p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado

Elaborado por: Depto. Apoyo al Posgrado.
Revisado por: Depto. Control Escolar/Depto. Gestión de Calidad.
Aprobado por: Depto. Control Escolar/ Depto. Apoyo al Posgrado.

Código: DO-SEE-FO-16
Actualización: 00
Emisión: 17/05/19



DICTAMEN DE LIBERACIÓN ACADÉMICA PARA INICIAR LOS TRÁMITES DEL EXAMEN DE GRADO



Fecha de dictaminación dd/mm/aa: 14 de junio 2021

NOMBRE: Ofelia Reyes Tiscareño ID 26480
PROGRAMA: Maestría en Ingeniería Civil LGAC (del posgrado): Estructuras y Construcción
TIPO DE TRABAJO: () Tesis (x) Trabajo práctico

TITULO: Desarrollo de Herramientas para la Diagnosis Estructural de Edificios Dañados por efecto de Fallas Asociadas a Subsistencia

Aplicación para dispositivos móviles para la Diagnosis Estructural de Edificios Dañados por efecto de Fallas Asociadas a Subsistencia

IMPACTO SOCIAL (señalar el Impacto logrado):

INDICAR SI/NO SEGÚN CORRESPONDA:

Elementos para la revisión académica del trabajo de tesis o trabajo práctico:

- SI El trabajo es congruente con las LGAC del programa de posgrado
SI La problemática fue abordada desde un enfoque multidisciplinario
SI Existe coherencia, continuidad y orden lógico del tema central con cada apartado
NA Los resultados del trabajo dan respuesta a las preguntas de investigación o a la problemática que aborda
SI Los resultados presentados en el trabajo son de gran relevancia científica, tecnológica o profesional según el área
NA El trabajo demuestra más de una aportación original al conocimiento de su área
NA Las aportaciones responden a los problemas prioritarios del país
NO Generó transferencia del conocimiento o tecnológica

El egresado cumple con lo siguiente:

- SI Cumple con lo señalado por el Reglamento General de Docencia
SI Cumple con los requisitos señalados en el plan de estudios (créditos curriculares, optativos, actividades complementarias, estancia, predoctoral, etc)
SI Cuenta con los votos aprobatorios del comité tutorial, en caso de los posgrados profesionales si tiene solo tutor podrá liberar solo el tutor
NA Cuenta con la carta de satisfacción del Usuario
SI Coincide con el título y objetivo registrado
SI Tiene congruencia con cuerpos académicos
NA Tiene el CVU del Conacyt actualizado
NA Tiene el artículo aceptado o publicado y cumple con los requisitos institucionales (en caso que proceda)

En caso de Tesis por artículos científicos publicados:

- NA Aceptación o Publicación de los artículos según el nivel del programa
NA El estudiante es el primer autor
NA El autor de correspondencia es el Tutor del Núcleo Académico Básico
NA En los artículos se ven reflejados los objetivos de la tesis, ya que son producto de este trabajo de investigación.
NA Los artículos integran los capítulos de la tesis y se presentan en el idioma en que fueron publicados
NA La aceptación o publicación de los artículos en revistas indexadas de alto impacto

Con base a estos criterios, se autoriza se continúen con los trámites de titulación y programación del examen de grado

SI x
No

FIRMAS

Elaboró:

* NOMBRE Y FIRMA DEL CONSEJERO SEGÚN LA LGAC DE ADSCRIPCIÓN:

Miguel Ángel Soto Zamora
Dr. Miguel Ángel Soto Zamora

NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO TÉCNICO:

Martín Hernández Marín
Dr. Martín Hernández Marín

* En caso de conflicto de intereses, firmará un revisor miembro del NAB de la LGAC correspondiente distinto al tutor o miembro del comité tutorial, asignado por el Decano.

Revisó:

NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO:

Dr. en A. Alejandro Aposta Colazo

Autorizó:

NOMBRE Y FIRMA DEL DECANO:

Dr. en C.T.C. Héctor Homero Posada Ávila

Nota: procede el trámite para el Depto. de Apoyo al Posgrado

En cumplimiento con el Art. 105C del Reglamento General de Docencia que a la letra señala entre las funciones del Consejo Académico... cuidar la adecuada terminal del programa de posgrado y el Art. 105F las funciones del Secretario Técnico, llevar el seguimiento de los alumnos.

Elaborado por: D. Apoyo al Posg.
Revisado por: D. Control Escolar/D. Gestión de Calidad.
Aprobado por: D. Control Escolar/D. Apoyo al Posg.

Código: 00-SEE-FD-15
Actualización: 03
Emisión: 20/06/19

AGRADECIMIENTOS

Profundamente agradecida con Dios por las bendiciones derramadas en cada una de las acciones para lograr este objetivo. Las personas, los recursos, la institución, todos ellos constituyen una obra mas allá de la casualidad.

A mi madre por su incondicionalidad en todo.

A mis hermanos, siempre conmigo.

A Fernanda, Camila y Andrés que han venido a mi vida a enseñarme grandes lecciones.

A mi tutor, Dr. Jesús Pacheco Martínez, gracias siempre.

A la M. en Ing. Guadalupe Lira por su apoyo y acompañamiento.

A la coordinación técnica de la Maestría en Ingeniería Civil.

A mis compañeros de la Maestría, generosos en compartir su experiencia.

DEDICATORIAS

Al recuerdo de Lino, siempre en mi corazón.

A Ofelia, mi madre, amor de mis amores.

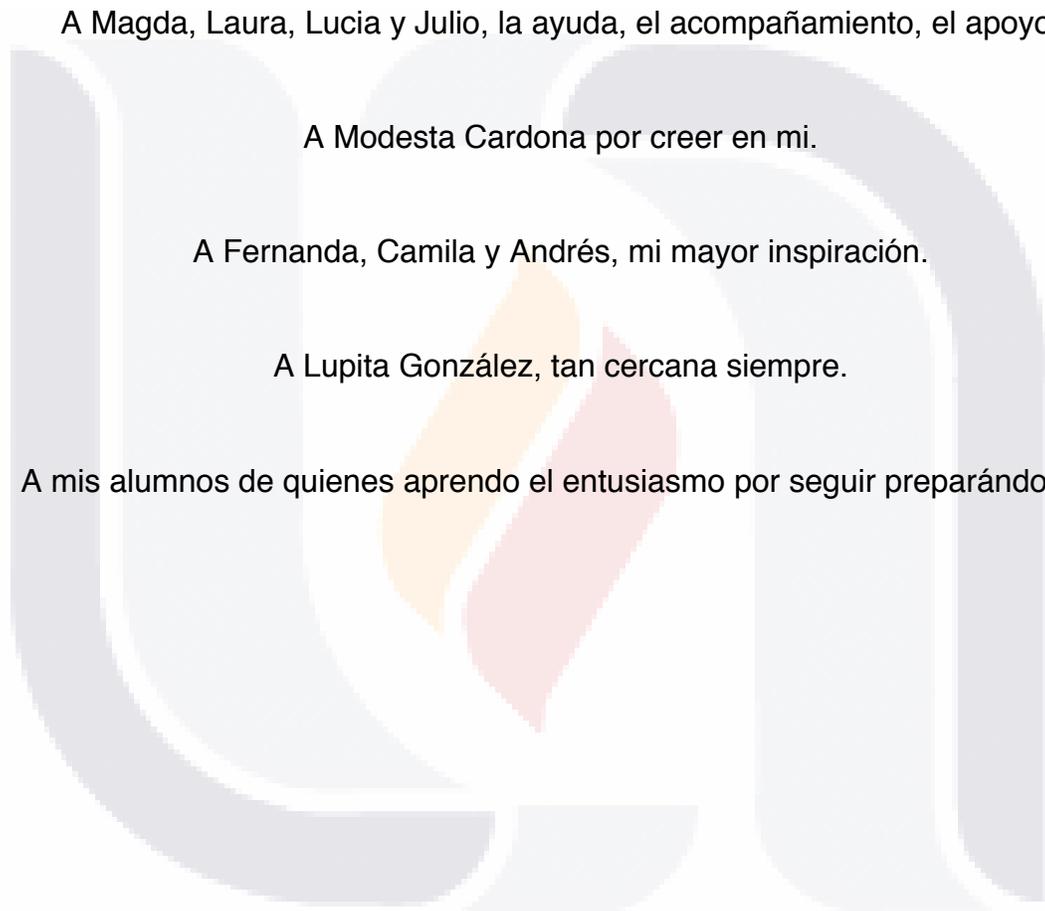
A Magda, Laura, Lucia y Julio, la ayuda, el acompañamiento, el apoyo.

A Modesta Cardona por creer en mí.

A Fernanda, Camila y Andrés, mi mayor inspiración.

A Lupita González, tan cercana siempre.

A mis alumnos de quienes aprendo el entusiasmo por seguir preparándome.



ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	1
ÍNDICE DE TABLAS	2
ÍNDICE DE GRÁFICAS	3
RESUMEN EN ESPAÑOL	4
RESUMEN EN INGLÉS	6
INTRODUCCIÓN	8
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
Antecedentes	10
Diagnóstico	11
Justificación	14
OBJETIVOS	16
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	17
DISEÑO DE LA APLICACIÓN (Metodología)	20
CONSTRUCCION DE EVALUA-AP	23
DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	30
CONCLUSIONES	32
BIBLIOGRAFÍA	34

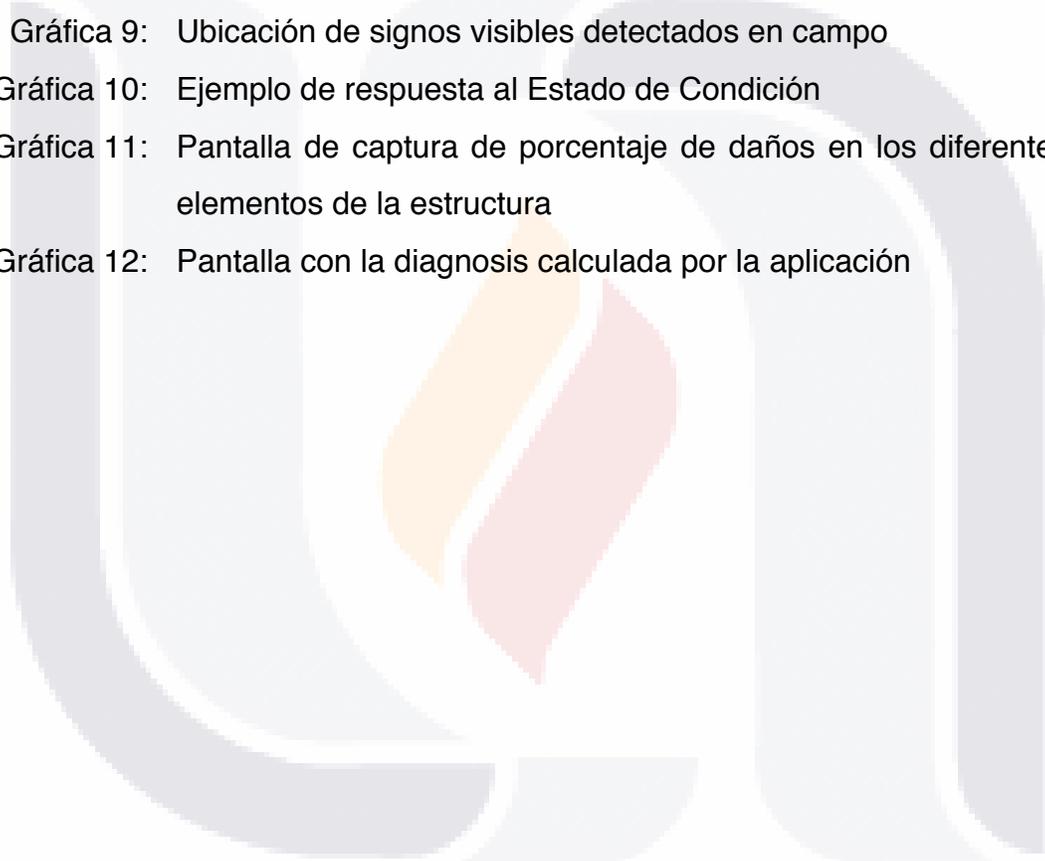
ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Factor de importancia de los principales elementos de la estructura	18
Tabla 2: Estados de condición para el Índice de Estado de Condición	19
Tabla 3: Ejemplo de una patología en la Tabla de Identificación de patologías y enlace para localizar la tabla completa	20



ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1:	Esquema de funcionamiento para la aplicación	21
Gráfica 2:	Diagrama de navegación para la aplicación	22
Gráfica 3:	Portada de la aplicación	23
Gráficas 4 y 5:	Ubicación y uso del inmueble	24
Grafica 6:	Tipo de estructura	25
Gráficas 7 y 8:	Navegación en la definición de signos visuales	26
Gráfica 9:	Ubicación de signos visibles detectados en campo	27
Gráfica 10:	Ejemplo de respuesta al Estado de Condición	28
Gráfica 11:	Pantalla de captura de porcentaje de daños en los diferentes elementos de la estructura	29
Gráfica 12:	Pantalla con la diagnosis calculada por la aplicación	30



RESUMEN

El crecimiento de la población y de la actividad económica en el estado de Aguascalientes están asociados al incremento en la explotación de los mantos acuíferos que se contraponen a la recarga de estos.

Esta sobre explotación de los mantos es una de las causas que producen el fenómeno subsidencia y que a lo largo de tres décadas ha sido objeto de estudio con la necesidad paralela de evaluar los daños en los inmuebles y la subsecuente propuesta de solución a la estructura dañada.

Actualmente, diferentes instancias gubernamentales y organizaciones civiles cuentan con protocolos para la diagnosis en campo que permiten conocer el grado de daño estructural que impera en los inmuebles, no sólo los que se encuentran en zona de falla por efecto de subsidencia, sino que atienden a toda la gama de posibles causas del daño.

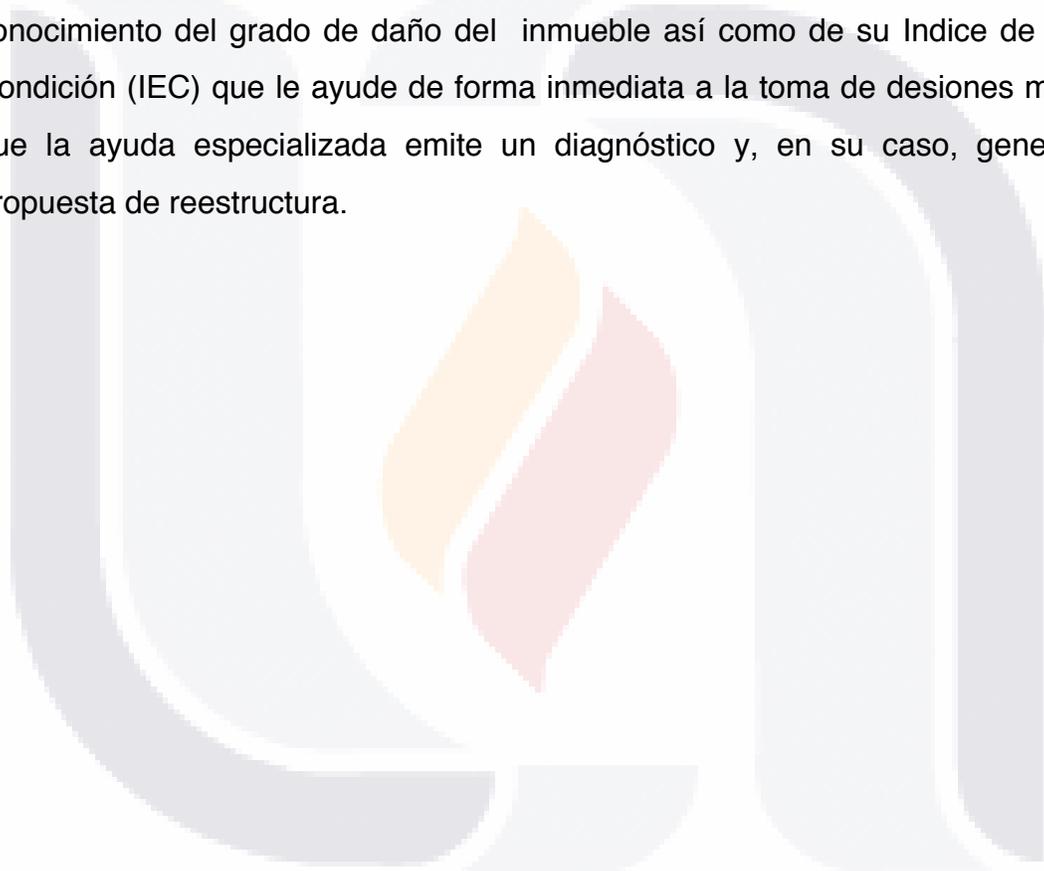
El fundamento primordial para cualquiera de los protocolos es la de detectar y registrar los síntomas para llegar a la diagnosis que, a priori, le permita al interprete tomar decisiones inmediatas acerca de la ocupación y uso de los inmuebles.

Tal es el caso de la coordinación de protección civil en cada uno de los estados en nuestro país en la que se da respuesta inmediata para evitar los riesgos a la población y darle la certeza sobre la seguridad de los inmuebles.

El gobierno local y los cuerpos colegiados trabajan de manera conjunta para ofrecer a la población recursos electrónicos, constantemente actualizados, para facilitar ubicaciones, trayectorias y dimensiones de las zonas de falla en tanto que va alimentando una base de datos que cada vez mas aporta cifras en cuanto a los daños y que facilitan información valiosa para la propuesta de reestructuración.

Este material propone una aplicación móvil que ayude a las primeras respuestas en campo sobre el inmueble dañado en zona de falla por efecto de subsidencia para el estado de Aguascalientes que arroje información suficiente para la toma de decisiones sobre inmuebles afectados.

Dicha aplicación, propone guiar al usuario en un ambiente intuitivo hacia el conocimiento del grado de daño del inmueble así como de su Índice de Estado Condición (IEC) que le ayude de forma inmediata a la toma de decisiones mientras que la ayuda especializada emite un diagnóstico y, en su caso, genera una propuesta de reestructura.



ABSTRACT

The growth of the population and of the economic activity in the state of Aguascalientes are associated with the increase in the exploitation of the aquifers that is opposed to the recharge of these.

This over-exploitation of the mantles is one of the causes that produce the subsidence phenomenon and that over three decades has been the object of study with the parallel need to evaluate the damage to the buildings and the subsequent proposal for a solution to the damaged structure.

Currently, different government agencies and civil organizations have protocols for field diagnosis that allow knowing the degree of structural damage that prevails in buildings, not only those that are in the fault zone due to the subsidence effect, but they attend to all the range of possible causes of damage.

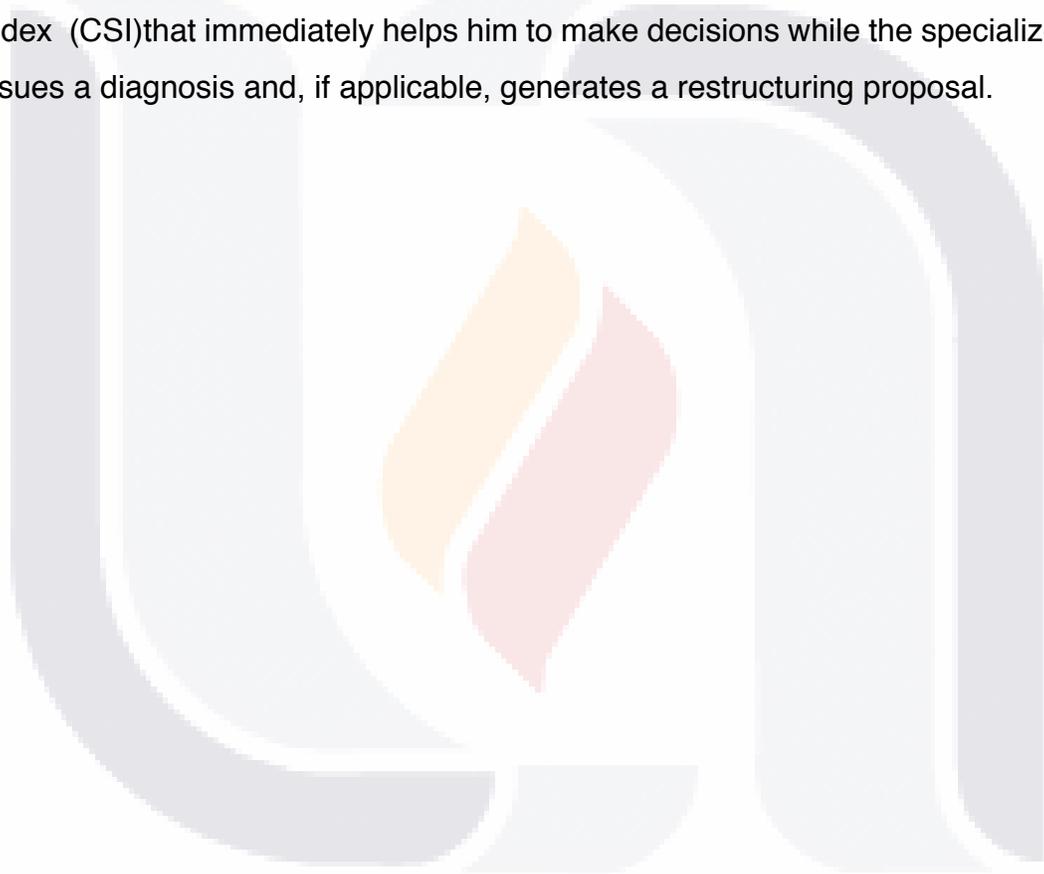
The primary foundation for any of the protocols is to detect and record the symptoms to arrive at a diagnosis that, a priori, allows the interpreter to make immediate decisions about the occupation and use of the buildings.

Such is the case of the civil protection coordination in each of the states in our country in which an immediate response is given to avoid risks to the population and to give certainty about the security of the buildings.

The local government and the collegiate bodies work together to offer the population electronic resources, constantly updated, to facilitate locations, trajectories and dimensions of the fault zones while feeding a database that increasingly provides figures in regarding the damages and that they provide valuable information for the restructuring proposal.

This material proposes a mobile application that helps the first responses in the field about the damaged property in the fault zone due to the subsidence effect for the state of Aguascalientes that yields enough information to make decisions about affected properties.

Said application proposes a guide the user in an intuitive environment towards the knowledge of the degree of damage to the property as well as its Condition Status Index (CSI) that immediately helps him to make decisions while the specialized help issues a diagnosis and, if applicable, generates a restructuring proposal.



INTRODUCCIÓN

Entre los factores que favorecen a la subsidencia, provocados por la acción del hombre, sobresale la sobre explotación de mantos acuíferos en respuesta al crecimiento industrial y de vivienda en las ciudades en desarrollo, esto en contraposición a la poca actividad para la recarga de estos mantos.

Como consecuencia de lo anterior, la presencia de numerosas fallas, característica de la provincia geológica conocida como el cinturón volcánico de México en donde la combinación de explotación excesiva de los mantos y el agrietamiento y fallamiento del suelo, son una constante.

Para efecto de evaluar en campo el grado de daño, se ha tomado en cuenta la propuesta (Ortíz et al, 2010) la cual se enfoca en la metodología de inspección en campo así como la evaluación de daños en la estructura de los inmuebles.

Para la inspección en campo, (Ortíz et al, 2010) consideró las patologías mas comunes, en el estado de Aguascalientes, tanto en elementos de concreto reforzado como en cimentación; con ello fue posible crear la tabla de indentificación de patologías que agrupa la definición de cada una de ellas, los factores que influyen, y la descripción de los signos visibles acompañada de una imagen que ilustra dicha descripción.

También, dicho documento, propone el IEC, índice de estado de condición en el que no se encuentran elementos de tabla de ilustraciones. Se relaciona el porcentaje de elementos dañados en la estructura con el factor de importancia de cada elemento estructural, dando como resultado un valor numérico para el IEC, del cual se podrá tener la respectiva descripción en base a la tabla que este mismo informe incluye.

Toda esta información se ha estructurado para incluirla en la aplicación móvil que permite discriminar paso a paso las condiciones del inmueble que no se encuentran, conduciendo directamente a la descripción del IEC que impera.

La aplicación esta diseñada de tal manera que el usuario realice la inspeccion visual por sí mismo, contestando preguntas fáciles de contestar con la ayuda de imágenes que ilustran las diferentes condiciones del inmueble.



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Antecedentes.

Por definición, “subsistencia apunta al hundimiento de la corteza terrestre que permite que se esta se acumule y se preserve” (Oxford University Press, 2000). Ocurre primordialmente en zonas donde los sedimentos se acumulan para despues formar cuencas sedimentarias.

La subsistencia, hundimiento vertical, es apenas una manifestación en la superficie de una serie de mecanismos sub superficiales de deformación (Tomás Roberto, 2009) y que de las dos formas en las que se presenta: endógena y exógena, esta última es el factor que desencadena en el Valle de Aguascalientes las fallas asociadas a esta.

A partir de los años 70's el crecimiento económico de esta región ha requerido la instalación de infraestructura industrial como respuesta a los requerimientos estratégicos de la zona, aunado a ello está el cremieniro de las zonas urbanas y el decremento de espacios para la agricultura y la explotación excesiva de los mantos acuíferos.

Sumando al problema de la sobre explotación de los mantos acuíferos, se encuentra el tema del cambio climático que repercute en la escases de lluvias y el aumento de las zonas áridas en el estado de Aguascalientes.

Una consecuencia detectada es la de los efectos en los inmuebles que se encuentran en zona de falla y la creciente necesidad de dar solución a su estructura para garantizar a los usuarios la ocupación segura de estos con el evidente rescate de su patrimonio.

Diagnóstico

Actualmente, la preocupación de las instancias de los diferentes órdenes de gobierno, así como de asociaciones civiles y colegios de profesionistas, está encaminada al levantamiento de censo de los inmuebles afectados y de la valoración del grado de daño de éstos.

Por su parte, también existen instancias que dan respuesta inmediata en casos de emergencia o no previstos, tal es el caso de las coordinaciones de protección civil que atienden mayormente, en situación de emergencia, en donde se presume un daño a los inmuebles, independientemente si su ubicación está en zona de fallas. Mediante su protocolo establecido, protección civil toma las primeras decisiones sobre el resguardo de las personas, así como del uso y la ocupación de los inmuebles antes de que llegue la opinión especializada.

SIFAGG

Por su parte el gobierno del Estado de Aguascalientes cuenta en su sitio con el Sistema de Información de Fallas Geológicas y Grietas (SIFAGG), misma que ha sido actualizada desde 2002 con datos importados como la ubicación y recorrido de las grietas, características del suelo en estas zonas de falla, la longitud de grietas y fallas, etc.

Cuenta también con una ficha técnica en la que se pone al alcance de los usuarios conceptos básicos y recomendaciones para la reparación de muros afectados por una falla. Esta última, no sustituye la opinión de un perito estructurista que pueda

garantizar la efectividad de la solución propuesta ni la seguridad de las personas y la construcción a atender. (Aguascalientes, 2021)

Según el sitio web y conforme a las estadísticas actualizadas al 2019, la longitud alcanzada por las fallas es de 308,491 metros lineales mientras que la longitud de las grietas es de 17,004 metros lineales (Aguascalientes, 2021).

CIFGGEA

El Comité interinstitucional de Fallas Geológicas y Grietas del Estado de Aguascalientes, creado en año 2004 mediante decreto oficial el Gobierno de Estado de Aguascalientes (Comité Interinstitucional de Fallas Geológicas y Grietas del Estado De Aguascalientes, 2019) con el propósito de atender a cuatro ejes rectores:

- la evaluación de la seguridad estructural de los edificios: análisis y seguimiento para la atención especializada
- el estudio de propuestas para el equilibrio del acuífero, dado que este es un tema central para el efecto de fallas y grietas provocadas por la subsidencia
- alimentar la base de datos de la cartografía del estado con apego a la legislación vigente y,
- evaluación de seguridad estructural de los edificios y el análisis de la información generada en cada uno de estos rubros.

El CIFGGEA, es un equipo nutrido de trabajo en el que las dependencias involucradas de los tres órdenes de gobierno y liderados por la dependencia estatal, la Secretaría de Gestión Urbanística, Ordenamiento Territorial, registral y catastral del estado de Aguascalientes, SEGUOT.

El CIFGGEA reporta en su sitio web la existencia de más de dos mil 500 viviendas dañadas por fallas geológicas (Comité Interinstitucional de Fallas Geológicas y

Grietas del Estado De Aguascalientes, 2019), lo que conlleva la paralela necesidad de otorgar soluciones a la población afectada ante la nula ayuda para la reconstrucción o la adquisición de un nuevo patrimonio.

Aunque los esfuerzos son constantes, la cantidad de inmuebles dañados aun sobrepasa al número de registro de estos en los diferentes medios oficiales ya que una dificultad a la que se enfrentan es a la de la imposibilidad de acceder a muchos de ellos.

Coordinación de Protección Civil

Las coordinaciones de protección civil de los gobiernos estatal y municipales, han sido un portadores de las primeras respuestas a los habitantes ante la presunción de daño en los inmuebles, independientemente del origen y la causa de estos.

Estas dependencias cuentan con protocolos que a nivel nacional han sido estandarizados y constantemente revisados y adaptados a la medida de las condiciones que imperan en las diferentes zonas de nuestro país. Recientemente, ante la necesidad de estandarizar criterios, para el Estado de Aguascalientes, en el reconocimiento de los diferentes tipos de grietas en inmuebles, provocados o no por fallas geológicas, han propuesto un manual para la identificación de grietas ocasionados por problemas geotécnicos con la intención de estandarizar líneas de acción que ayuden a dar atención y respuesta al usuario sobre el estado de daño en el inmueble mientras que se emite un dictámen por parte de la autoridad en el tema.

Es común que ante la presunción de un daño en un inmueble se recurra a la coordinación de protección civil y ésta, a su vez es la primera instancia que toma decisiones sobre el uso y la ocupación de los inmuebles, generalmente no se trata

de la ayuda especializada y aun cuando esta ayuda especializada estuviera en sitio, no es posible dar una respuesta inmediata a la condición de daño. Así que, la Coordinación de Protección Civil propone todo un protocolo de procedimientos en campo y la estandarización de criterios para que esta primera información recabada dé inicio a un proceso para la búsqueda de respuestas sobre las estructuras.

Hasta la fecha, las coordinaciones de protección civil, cuentan con formatos que recaban la suficiente información sobre la ubicación, uso y propietario del inmueble; también cuenta con la información detallada de los diferentes tipos de patologías detectadas y los elementos que se ven comprometidos.

Justificación

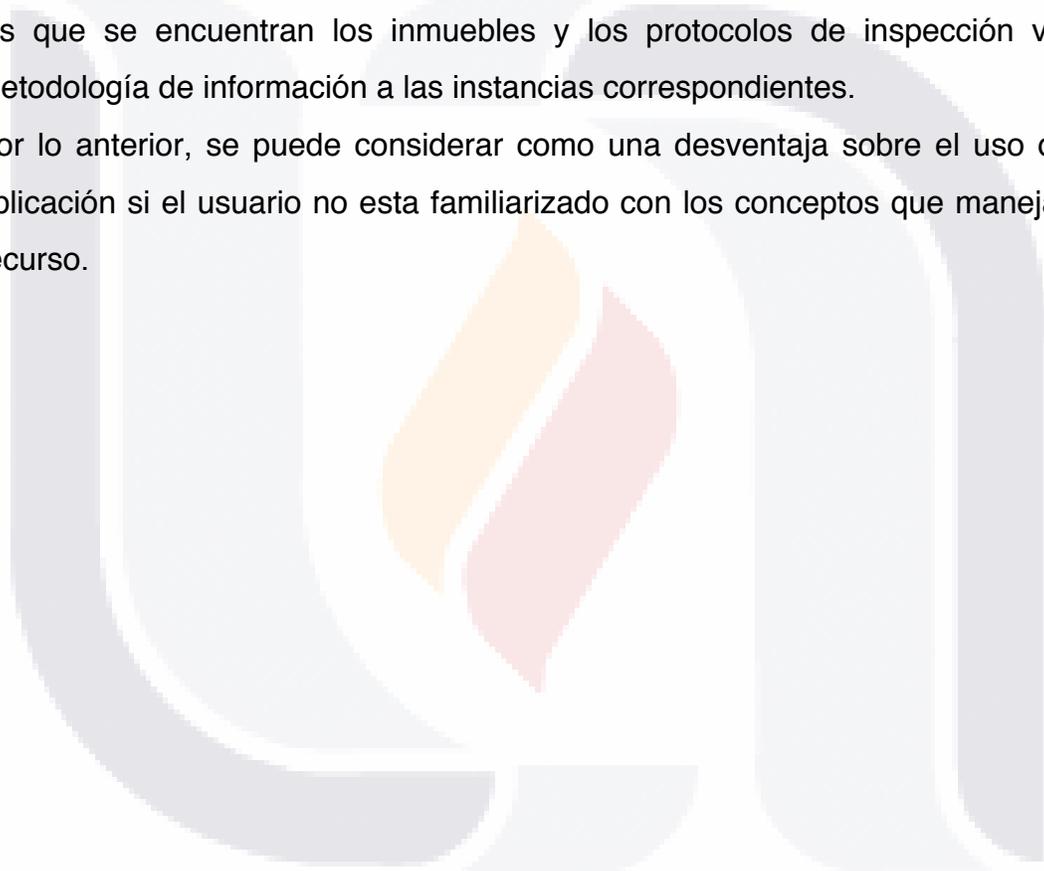
El presente documento muestra una aplicación móvil que constituye una herramienta para la diagnosis en campo que ayude a la toma de decisiones sobre el uso y la ocupación de los inmuebles en donde se presume daño estructural. Dicha aplicación representa una opción práctica, amigable, sin problema de portabilidad que de manera inmediata facilita datos al usuario sobre la ubicación de inmueble, un valor numérico que refiere la condición en la que se encuentra la estructura (Índice de Estado de Condición), el estado de condición, variable cualitativa de orden y la interpretación de los resultados.

La sugerencia de uso de la aplicación no sustituye en grado alguno la intervención de personal especializado en dictaminar del estado de la estructura ni tampoco hace propuesta de solución estructural alguna. La aplicación EVALUA-AP, como se le identificará en adelante, puede ser una herramienta que facilite una respuesta rápida al momento de tomar decisiones sobre uso y ocupación de los inmuebles, así como a optimizar los tiempos de respuesta entre las instancias oficiales involucradas para dar solución a la población en términos de reestructuración.

Sector, población o grupo afectado por la problemática

EVALUA-AP esta diseñada pensando en el sector que presta servicios de atención inmediata a la preocupación de la población sobre la estabilidad estructural de los inmuebles ya que se requiere un mínimo de conocimiento sobre la identificación de elementos estructurales, comportamiento de los materiales que pongan en riesgo a los diferentes elementos de las construcciones, ubicación de las zonas de riesgo en las que se encuentran los inmuebles y los protocolos de inspección visual y metodología de información a las instancias correspondientes.

Por lo anterior, se puede considerar como una desventaja sobre el uso de esta aplicación si el usuario no esta familiarizado con los conceptos que maneja dicho recurso.



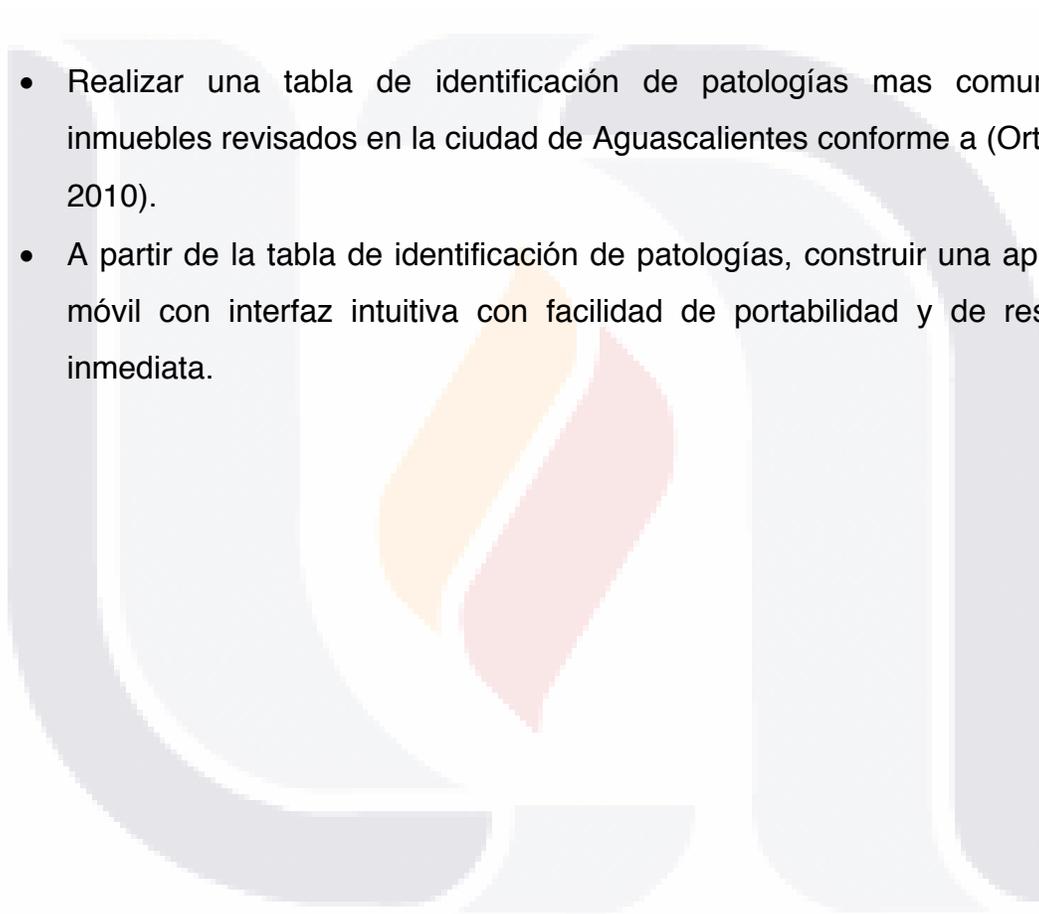
OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una aplicación móvil para su implementación en la diagnosis estructural de edificios dañados por subsidencia.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Realizar una tabla de identificación de patologías mas comunes en inmuebles revisados en la ciudad de Aguascalientes conforme a (Ortiz et al, 2010).
- A partir de la tabla de identificación de patologías, construir una aplicación móvil con interfaz intuitiva con facilidad de portabilidad y de respuesta inmediata.



FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

De acuerdo con (Ortíz et al, 2010), se muestran las patologías más comunes observadas en la inspección a edificaciones, las cuales se dividen en dos grupos característicos:

- a) Patologías en el concreto reforzado
- b) Patologías en mampostería confinada

También considera la elaboración de un formato de inspección para la evaluación de daños que permita conocer la situación real en la que se encuentra la estructura de los inmuebles.

Derivado de la inspección que se realizó a una muestra significativa de viviendas para darle sustento al informe, se llegó a la conclusión que, de los elementos estructurales revisados, seis fueron los que tuvieron mayor número de frecuencias, estos elementos son:

- Losas
- Vigas
- Otros elementos de la superestructura
- Columnas
- Cimentación
- Otros elementos de la subestructura

Para cada uno de los elementos anteriores, se evalúa el estado de condición, el cual involucra el porcentaje de observaciones registradas en la inspección visual, con el factor de importancia de daño que se le ha asignado a cada elemento conforme a la tabla siguiente:

Elemento	Factor de Importancia
Losas	1.88
Vigas	2.14
Otros elementos de la superestructura	1.88
Columnas	3.75
Cimentación	2.14
Otros elementos de la subestructura	1.88

Tabla 1 Factor de importancia de los principales elementos de la estructura

Finalmente, se obtiene la expresión:

$$IEC = 5(P_T F_T + P_V F_V + P_{SE} F_{SE} + P_P F_P + P_{SB} F_{SB})$$

Fórmula 1: Índice de Estado de Condición

Donde:

P_T = Porcentaje de daño en losas

P_V = Porcentaje de daño en vigas

P_{SE} = Porcentaje de daño de otros elementos de superestructura

P_E = Porcentaje de daño en columnas

P_P = Porcentaje de daño en cimentación

P_{SB} = Porcentaje de daño en otros elementos de subestructura

F_T = Factor de importancia del daño en losas

F_V = Factor de importancia del daño en vigas

F_{SE} = Factor de importancia del daño de otros elementos de superestructura

F_E = Factor de importancia del daño en columnas

F_P = Factor de importancia del daño en cimentación

F_{SB} = Factor de importancia del daño en otros elementos de subestructura

La justificación en la formula 1 del valor 5, se debe a que se proponen cinco estados de condición como lo muestra la siguiente tabla:

IEC	Estado de condición	Descripción
0 – 3.75	1 Bueno	La estructura no presenta ningún daño.
3.75 – 7.50	2 Aceptable	Presenta deficiencias menores con evolución lenta y únicamente requiere de trabajos rutinarios de mantenimiento.
7.50 – 11.25	3 Regular	La estructura presenta una o varias deficiencias importantes que, de no atenderse, pueden evolucionar hacia deficiencias graves; estos problemas requieren atención a mediano plazo.
11.25 -15.00	4 Malo	Presenta una o más deficiencias graves que implique un peligro inminente para la seguridad pública de los usuarios; estos problemas requieren de atención inmediata.
>15.00	5 Dañado	Presenta daños que pueden provocar el colapso a corto plazo: requiere de trabajos de rehabilitación urgentes.

Tabla 2.- Estados de condición para cada IEC (Ortíz et al, 2010)

El Índice de Estado de Condición representa el elemento base para la construcción de la aplicación móvil.

DISEÑO DE LA APLICACIÓN (Metodología)

Para poder llevar a cabo la construcción de la aplicación, fue necesaria, previo, la construcción de una tabla de identificación de patologías en donde, de manera práctica se reúnen los siguientes elementos:

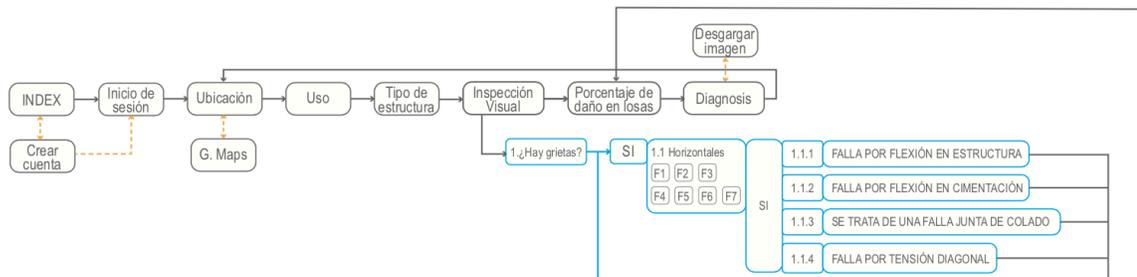
- El nombre de la patología
- Su descripción
- Factores que influyen
- Signos visibles: su definición y una imagen para su total comprensión

Tipos de patologías de acuerdo a su origen a. Patologías en el concreto reforzado					
Patología	Definición	Factores que influyen		Descripción	Signos visibles Imágen
Corrosión de acero de refuerzo	Proceso químico que provoca la oxidación del acero en el concreto	Características del material		Fisuras paralelas a la dirección del refuerzo	
		Medio ambiente			Humedad
		Disposición del acero de refuerzo		Manchas de óxido en la superficie del concreto	
		Carbonatación			Incremento en el volumen de los elementos del refuerzo

Tabla 3.- Ejemplo de una patología (Ofelia, 2021)

En la tabla se puede observar que hay signos visibles que se repiten en más de un tipo de patología así, agrupándolas, se ha podido establecer una serie de preguntas que sólo tiene opción a dos respuestas: si y no que, al ser contestadas, se van eliminando los signos visibles que no aparecen en la inspección visual; este proceso de eliminación lleva al estado de condición conforme se ha mostrado en la tabla.

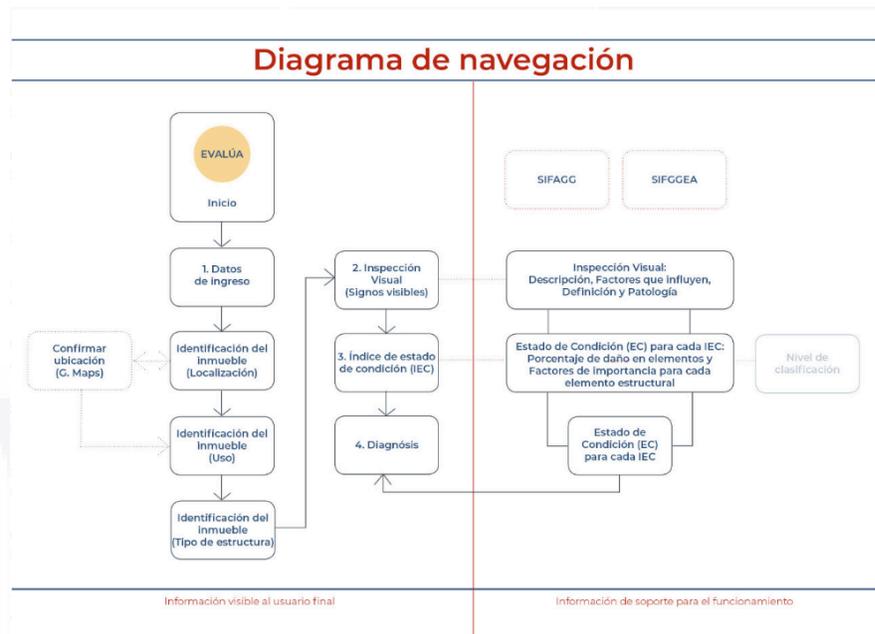
En la siguiente imagen se muestra un esquema de funcionamiento en el que se muestran los elementos a incluir en la aplicación, así como un ejemplo de presentación de preguntas para eliminar signos visibles y por ende patologías:



Gráfica 1.- Esquema de funcionamiento para la aplicación

Una vez resuelto el sistema de eliminación por medio de sencillas respuestas, se ha creado un diagrama de navegación en el que se pueden observar todos los elementos que la aplicación contiene: por un lado la información visible al usuario final, la cual se divide en los datos de ingreso, capturados por el usuario en cuanto la localización, uso y tipo de estructura; también cuenta con la inspección visual en donde el usuario se enfrenta a una variedad de imágenes que le ayudan a la identificación de los signos visibles que definen las patologías.

Al final, como repuesta, el usuario obtiene el índice de estado de condición (IEC) así como su descripción y el estado de condición con su respectiva caracterización. El diagrama de navegación también contempla la información de soporte para el funcionamiento en el que se desarrollan los cálculos con los datos que por default se tienen como lo son los factores de importancia y la ecuación para definir el IEC.



Gráfica 2.- Diagrama de navegación para la aplicación EVALUA-AP

CONSTRUCCION DE EVALUA-AP

Una de los principales desafíos en la construcción de la aplicación es tener siempre presente que si se trata de una herramienta que puede llegar a ser útil, cercana y fácil de utilizar. Este factor fue determinante para que la navegación se lleve a cabo en el menor tiempo posible con el menor numero de pasos posibles.

A continuación, se muestran los elementos de la aplicación:

Una portada en la que se tenga a la vista el nombre de la aplicación y una imagen que lo identifique con los campos para el registro necesario para usar la aplicación y por consecuencia, la generación de una base de datos:



Grafica 3.- Portada de la aplicación EVALUA-AP

La idea de la creación de una base de datos, como cualquier otro protocolo que exista, requiere de la información básica del inmueble al que se le inspeccionará, esta información que requiere la aplicación es sobre la ubicación y uso del inmueble:

The image shows two mobile application screens side-by-side, both titled "IDENTIFICACIÓN DEL INMUEBLE".

The left screen, titled "Ubicación", features a vertical list of input fields: "Dirección", "Número", "Código Postal", "Municipio", and "Localidad". A teal button labeled "SIGUIENTE" is positioned at the bottom of the form.

The right screen, titled "Uso", features a vertical list of radio button options: "Vivienda", "Educación", "Salud", "Oficinas", "Comercial", and "Otro". A teal button labeled "SIGUIENTE" is positioned below the options.

Graficas 4 y 5.- Ubicación y uso del inmueble

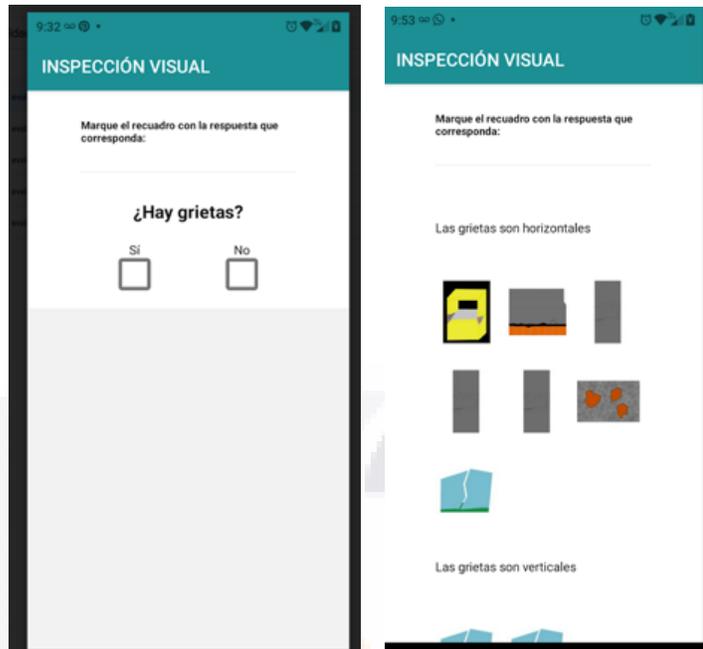
Con la finalidad de analizar los datos acerca de la estructura que impera en un inmueble, se abrió un espacio para el tipo de estructura:

The image shows a mobile application interface for property identification. At the top, there is a dark header with the text 'IDENTIFICACIÓN DEL INMUEBLE'. Below this, the main content area is titled 'Tipo de estructura'. Underneath the title, there are six radio button options arranged in two columns: 'Concreto', 'Estructura metálica', 'Muros de ladrillo', 'Pórticos de madera', 'Muro de adobe', and 'Otro'. At the bottom of the form area, there is a teal button labeled 'SIGUIENTE'. The entire form is set against a light gray background with a large, faint watermark of a stylized 'U'.

Gráfica 6.- Tipo de estructura

A partir de la siguiente pantalla comienza el llenado para la inspección visual, el cual se basa en sistema de eliminación con la ayuda de respuestas simples: se comienza con el signo visible que presentó mayor frecuencia en el concentrado de la tabla, se refiere al de las grietas.

En la imagen de la izquierda se muestra la pantalla en la que el usuario debe contestar a la pregunta ¿hay grietas? Si su respuesta es si, entonces la pantalla que sigue muestra una colección de tipos de grietas con su respectiva ilustración, de las cuales -con un solo toque-, se selecciona la opción que mas se asemeja a lo observado por el usuario de la aplicación en campo.



Gráficas 7 y 8.- Navegación en la definición de signos visuales

Aunque la interfaz lleva de manera visual a la recolección de los datos, en la siguiente pantalla se define en qué elemento o elementos aparecen los signos visibles ya seleccionados:

9:57

INSPECCIÓN VISUAL

Marque el recuadro con la respuesta que corresponda:

Está ubicada en un elemento débil de la estructura

Mayores en la parte inferior y menores en la parte superior

A lo largo de la unión de concretos

Se ha despegado la piedra de la mezcla con tendencia a traspasar el elemento de lado a lado

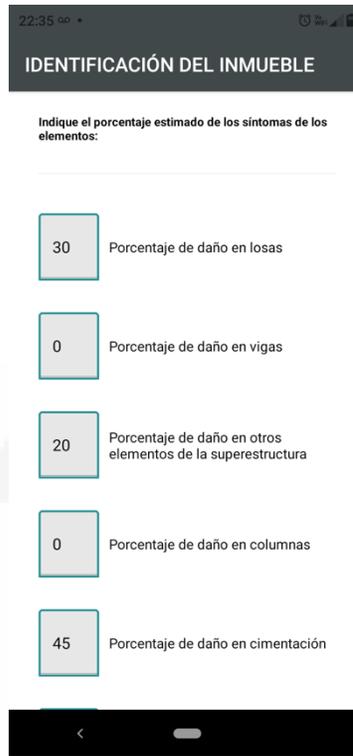
Gráfica 9.- Ubicación de signos visibles detectados en campo

Después de seleccionar la o las opciones, se obtiene el estado de condición en el que arroja una información a priori del tipo de patología que se presenta:



Gráfica 10.- Ejemplo de respuesta al estado de condición

Para la definición del Índice de Estado de Condición, el observador debe llenar espacios con los porcentajes de daño observados. Para esta sección es importante que el usuario considere que del total de área que se inspeccione, estime el porcentaje de esta área que se observa dañada.



Gráfica 11.- Pantalla de captura de porcentaje de daño en los diferentes elementos de la estructura

La siguiente pantalla muestra el resultado del calculo del IEC, su valor numérico, el estado de condición y la respectiva descripción de estos resultados. En esta ultima pantalla también se muestran las opciones para descargar la imagen con la diagnosis resultante y la opción, también, para realizar otra inspección visual.



Gráfica 12.- Pantalla con la diagnosis calculada por la aplicación

Con la información recabada en campo se crea una base de datos que mas adelante podrá ser utilizada para su análisis y también vinculada a otro tipo de datos asociados con inspecciones visuales.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

EVALUA-AP estará lista para su descarga a partir de la tercera semana de junio en la tienda de aplicaciones PlayStore para dispositivos Android y a partir de esa misma fecha comienza el periodo de prueba que se publicará en la pagina web (Ofelia, 2021).

Es importante destacar que la facilidad de navegación depende de que tan involucrado está el usuario con los términos y la pericia para la identificación de signos que pueden definir una patología.

En unos cuantos minutos se puede tener la respuesta inmediata para toma de decisiones, con la salvedad de que no se trata de un dictamen autorizado ni tampoco se trata de una propuesta de reestructuración.



CONCLUSIONES

El desarrollo de la aplicación EVALUA-AP representa una herramienta que ayuda en la obtención de los primeros datos acerca del estado de inmuebles donde se presume daño estructural. Lo que significa que no se convierte por si sola en la herramienta que dictamina el estado de las estructuras ni propone solución para la rehabilitación de la estructura, para ello, la presencia en sitio de personal capacitado es la mejor alternativa en la búsqueda de respuestas y soluciones.

La tabla de identificación de patologías facilita al observador un panorama visual amplio en cuanto a la definición de las patologías, las causas que las provocan y los signos visibles, sin embargo, es importante que el observador domine temas como lo son el comportamiento de las estructuras, las patologías que se puedan presentar, cómo identificarlas.

En esta primera fase de uso de la EVALUA-AP, le usuario podrá obtener una imagen, que podrá compartir a quien considere necesario, en la que se incluyen los datos capturados y el resultado de la inspección, con ello podrá tener la primera respuesta antes de que los especialistas emitan un dictamen.

En esta primera etapa, EVALUA-AP esta programada para un ambiente Android lo que la hace accesible aun gran numero de usuarios, se puede ubicar en Google Play en tiendas de aplicaciones y requiere un mínimo de memoria en los dispositivos móviles.

Una mejora inmediata para esta aplicación, será la generación de una base de datos que el administrador pueda compartir que arroje información valiosa sobre usuarios, ubicaciones, tipos de inmueble e índices de estado de condición, todo esto atendiendo los lineamientos para el uso de datos personales.

La construcción de la aplicación EVALUA-AP, permite un acceso fácil y rápido que otorga la información suficiente para las primeras decisiones en sitio acerca de la ocupación de los inmuebles.

Facilita al usuario la posibilidad de guardar los resultados obtenidos en la inspección visual.

Como parte del proceso de actualización de la aplicación, las posibilidades de perfeccionar esta herramienta son permanente, ya que este proceso es un ciclo de mejora constante de acuerdo a factores tecnológicos como son las actualizaciones de sistema operativo y la expansión a otros sistemas operativos (iOS), pero también mejoras de orden disciplinar, como el crecimiento de bases de datos a partir de la información generada a partir del uso de la aplicación, agregar campo para la geo referenciación, graficas, informes, entre otros.



BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

(s.f.).

Comité Interinstitucional de Fallas Geológicas y Grietas del Estado De Aguascalientes. (2019 de 2019). *¿qué es el CIFGGEA?* Obtenido de Comité Interinstitucional de Fallas Geológicas y Grietas del Estado De Aguascalientes:

<https://sites.google.com/view/cifggea/inicio>

Aguascalientes, G. d. (12 de 05 de 2021). *aguascalientes.gob.mx*. Obtenido de Secretaria de Obras Publicas:

<https://eservicios2.aguascalientes.gob.mx/sop/sifagg/documentos/FichaTecnica2020.pdf>

Michael, A. (2020). *Dictionary of Geology and Earth Sciencies*. Oxford: Oxforrd University Press.

Ofelia, R. (2021). *Evalua-App*. Obtenido de son hijas de su madre:

<https://www.sonhijasdesumadre.com.mx/evalua/>

Ortíz et al, 2. (2010). *Estudio de Patologías Estructurales y Determinación del Estado de Condición de Viviendas Afectadas por Agrietamientos Asociadoa al Fenómeno de la Subsistencia en la Ciudad de Aguascalientes*.

Tomás Roberto, H. G. (2009). Subsistencia del terreno. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 302.