

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA CIVIL 3



ARMANDO DIAS DUARTE
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA CIVIL 3



ARMANDO DIAS DUARTE
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Gabriel Motomu Teshima
Revisão: Os autores
Organizador: Armando Dias Duarte

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

D812 Coleção desafios das engenharias: engenharia civil 3 /
Organizador Armando Dias Duarte. – Ponta Grossa -
PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-639-0

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.390212610>

1. Engenharia civil. I. Duarte, Armando Dias. II. Título.
CDD 624

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

A coleção de trabalhos intitulada “Coleção desafios das engenharias: Engenharia Civil 3” é uma obra que tem como foco principal a discussão científica por intermédio de trabalhos diversos que compõe seus capítulos. O volume abordará de forma categorizada e interdisciplinar trabalhos, pesquisas, relatos de casos e/ou revisões que através dos resultados, possam auxiliar na tomada de decisão, tanto no campo acadêmico, quanto no desenvolvimento profissional.

Os estudos apresentados, foram desenvolvidos em diversas instituições de ensino e pesquisa do país e também um caso internacional. Em todos esses trabalhos foram apresentadas diversas problemáticas a respeito do estudo de interação solo-estrutura, orçamento de obras, desempenho de materiais, aditivos para materiais da construção civil, análises através da ferramenta Building Information Modelling (BIM), gestão de resíduos **sólidos**, entre outros. Os estudos presentes nos trazem à tona, temas interdisciplinares através da segurança de obras civis, aspectos econômicos, sociais e ambientais.

Os temas discutidos nesta obra, possuem a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres e todos aqueles que de alguma forma se interessam pela área da Engenharia Civil, com temáticas atuais e que são apresentadas como desafios enfrentados pelos profissionais e acadêmicos, deste modo a obra “Coleção desafios das engenharias: Engenharia Civil 3”, apresenta uma teoria fundamentada nos resultados práticos obtidos pelos diversos professores e acadêmicos que desenvolveram seus trabalhos e pesquisas, os quais serão apresentados de maneira concisa e didática.

A divulgação científica é de suma importância para o desenvolvimento de toda uma nação, portanto, fica evidenciada a responsabilidade de transmissão dos saberes através de plataformas consolidadas e confiáveis, sendo a Atena Editora, capaz de oferecer uma maior segurança para os novos pesquisadores e os que já atuam nas diferentes áreas de pesquisa, exporem e divulguem seus resultados.

Armando Dias Duarte


SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANÁLISE DA INTERAÇÃO SOLO-ESTRUTURA EM EDIFICAÇÕES DE CONCRETO ARMADO SOBRE FUNDAÇÕES SUPERFICIAIS

Mateus Lima Barros

Vinicius Costa Correia

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126101>

CAPÍTULO 2..... 13

ANÁLISE DE HASTES DELGADAS EM GRELHAS HIPERESTÁTICAS

Antônio Luís Alves da Cunha

Luiz Carlos Mendes


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126102>

CAPÍTULO 3..... 28

ANÁLISE DE SÓLIDOS INELÁSTICOS SOB DEFORMAÇÃO FINITA USANDO ELEMENTOS BIARTICULADOS 2D E 3D

William Taylor Matias Silva

Sebastião Simão da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126103>

CAPÍTULO 4..... 46


APLICAÇÃO DA NORMA ABNT NBR 16747 (2020) – INSPEÇÃO PREDIAL EM EMPREENDIMENTOS RURAIS – ESTUDO DE CASO

Camilla Cristina Cunha Menezes

Marcos de Paulo Ramos

Thiago Pena Bortone

Rachel Jardim Martini

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126104>

CAPÍTULO 5..... 58

APLICAÇÃO DE CURSO EXTENSÃO DE ORÇAMENTO DE OBRAS EM BIM COMPARANDO COM A METODOLOGIA ATUAL DA DISCIPLINA DE ORÇAMENTO DE OBRAS DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DO INSTITUTO FEDERAL DE SERGIPE – CAMPUS ESTÂNCIA

Anna Cristina Araujo de Jesus Cruz

José Carlos de Anunciação Cardoso Júnior

Mariana Silveira Araujo

Natália Ramos dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126105>


CAPÍTULO 6..... 67

CORROSÃO NA ARMADURA EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO DEVIDO AO ATAQUE DE SULFATOS

Henrique Resende dos Santos

Adriano de Paula e Silva

Eduardo Chahud
Cristiane Machado Parisi Jonov

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126106>

CAPÍTULO 7..... 78

DANOS PÓS INCÊNDIO NA ESTRUTURA DE UMA SUBESTAÇÃO ELÉTRICA. UM ESTUDO DE CASO NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO


Rodolpho Medeiros Frossard
Anna Luiza Macachero Victor Rodrigues
Lara Sandrini
Matheus Carreiro Zani
Warribe Lima de Siqueira
Geilma Lima Vieira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126107>

CAPÍTULO 8..... 90

DEGRADAÇÃO TÉRMICA DE CONCRETOS CONVENCIONAIS SUBMETIDOS A ALTAS TEMPERATURAS E RESFRIAMENTO LENTO


Moacyr Salles Neto
Flávio Roldão de Carvalho Lelis

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126108>

CAPÍTULO 9..... 103

DESEMPENHO DE EDIFICAÇÕES HOSPITALARES VIA DIMENSÕES MORFOLÓGICAS


Alyria Donegá
João da Costa Pantoja

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126109>

CAPÍTULO 10..... 115

DIFICULDADE DOS DISCENTES DE ENGENHARIA CIVIL NA MATÉRIA DE MECÂNICA VETORIAL COMPARANDO OS PARÂMETROS DO ENSINO PRESENCIAL E DO ENSINO REMOTO

Alessandro Leonardo da Silva
Emanuela dos Santos Gonzaga
Gustavo Neves Quintão Gonzales
Marcelo Robert Fonseca Gontijo
Thais Prado Vasconcelos Silva
Rodrigo Silva Fonseca
Heron Viterbre Debique Sousa
Ícaro Viterbre Debique Sousa


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261010>

CAPÍTULO 11..... 125

EFEITO DO TEOR e TIPO de CIMENTO NO MÓDULO DE RESILIÊNCIA DE SOLO ARENOSO ESTABILIZADO QUIMICAMENTE

José Wilson dos Santos Ferreira
Michéle Dal Toé Casagrande

Raquel Souza Teixeira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261011>

CAPÍTULO 12..... 136

ESTUDIOS DE PELIGRO SÍSMICO EN EL MUNICIPIO DE IXHUACÁN DE LOS REYES, VERACRUZ

Gilbert Francisco Torres Morales

Ignacio Mora González

Saúl Castillo Aguilar

René Álvarez Lima

Raymundo Dávalos Sotelo

José Alberto Aguilar Cobos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261012>

CAPÍTULO 13..... 150

ESTUDO DA APLICAÇÃO DO LÁTEX DA SERINGUEIRA AMAZÔNICA (*HEVEA BRASILIENSIS*) COMO ADITIVO EM ARGAMASSA COM CIMENTO PORTLAND PARA MELHORA DE COMPORTAMENTO MECÂNICO

José Costa Feitoza

Natália da Mata Batista

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261013>

CAPÍTULO 14..... 160

ESTUDO DE UMA CONTENÇÃO UTILIZANDO FERRAMENTA NUMÉRICA E MÉTODOS APROXIMADOS DE DIMENSIONAMENTO DE TIRANTES

Renathielly Fernanda da Silva Brunetta

Isabela Grossi da Silva

Leandro Canezin Guideli

Vitor Pereira Faro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261014>

CAPÍTULO 15..... 173

AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DO TRATAMENTO TÉRMICO NO GNAISSE MILONÍTICO

Kelly de Oliveira Borges da Costa

Afonso Rangel Garcez de Azevedo

Carlos Maurício Fontes Vieira


Elaine Aparecida Santos Carvalho Costa

Geovana Carla Girondi Delaqua

Gustavo de Castro Xavier

Letícia Borges da Costa

Vinícius Alves Polinicola

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261015>


CAPÍTULO 16..... 183

VIGAS DE GRAN ALTURA DE HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS. EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA AL CORTE

Viviana Carolina Rougier

Miqueas Ceferino Denardi

Dario Orestes Vercesi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261016>

CAPÍTULO 17..... 195

GESTÃO E OPERAÇÃO DE SISTEMAS DE AR CONDICIONADO: UMA NOVA ABORDAGEM USANDO MODELAGEM 6D

João Bosco Pinheiro Dantas Filho

Guilherme Bruno de Souza Ribeiro

Pedro Holanda

Bruna Vital Roque

Rodrigo G. Ribeiro

Artur de Almeida Evangelista

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261017>

CAPÍTULO 18..... 206

GRANULOMETRIA DOS AGREGADOS GRAÚDOS COMERCIALIZADOS NOS MUNICÍPIOS DA CHAPADA DO APODI/RN – ANÁLISE COMPARATIVA COM A NORMA NBR 7211/2009

Renata Samyla Matias Nogueira

Clélio Rodrigo Paiva Rafael

Edna Lucia da Rocha Linhares

Ronald Assis Fonseca

Rokátia Lorrany Nogueira Marinho

Ligia Raquel Rodrigues Santos

Jaiana de Araújo Pinheiro

Carlos Eduardo Carvalho Oliveira

Edyelly Cristtian Galdino Fernandes

Francisco Felinto de Lima Neto

Luzianne Galvão Pimenta

Géssica de Moura Ribeiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261018>

CAPÍTULO 19..... 221


INSPEÇÃO PREDIAL EM EMPREENDIMENTOS RURAIS APLICABILIDADE DA NBR 16747

Camilla Cristina Cunha Menezes

Marcos de Paulo Ramos

Thiago Pena Bortone

Rachel Jardim Martini

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261019>

CAPÍTULO 20..... 232


GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Wallace Ribeiro Nunes Neto

Camila Moraes Silva

Pedro Paulo Barbosa Nunes Sobrinho


Carlos Augusto Rocha de Moraes Rego
Lourival Coelho Paixão
Marcio Mendes Cerqueira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261020>

CAPÍTULO 21.....241

LOCUS SAECULARIS: MATERIAIS QUE CONSTRÍRAM UMA TRADIÇÃO


João Hermem Fagundes Tozatto
Crystian André Montozo Botelho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261021>

CAPÍTULO 22.....253

MODELAGEM NUMÉRICA DE PAREDE DIAFRAGMA ATIRANTADA EM ÁREA URBANA


Isabela Grossi da Silva
Renathielly Fernanda da Silva Brunetta
Leandro Canezin Guideli
Vitor Pereira Faro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261022>

CAPÍTULO 23.....266

NOVA TECNOLOGIA DE CONSTRUÇÃO DE TORRES EÓLICAS

Ilo Borba

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261023>

CAPÍTULO 24.....273

O CORREDOR BIOCEÂNICO: REESTRUTURAÇÃO TERRITORIAL DE NOVAS HINTERLÂNDIAS


Carlos Andrés Hernández Arriagada
Teo Felipe Bruder Gouveia




 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261024>

CAPÍTULO 25.....287

O MAPA DE DANOS COMO FERRAMENTA DE MANUTENÇÃO E RESTAURO DE EDIFICAÇÕES: UMA REVISÃO LITERÁRIA

Lucas Rodrigues Cavalcanti
Eliana Cristina Barreto Monteiro
Carlos Fernando Gomes do Nascimento
Catharina Silveira Rodrigues
Fabrício Fernando de Souza Lima
Amanda de Moraes Alves Figueira
José Maria de Moura Júnior
Sabrina Santiago Oliveira
Roberto Revoredo de Almeida Filho
Flávio Matheus de Moraes Cavalcante

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261025>

CAPÍTULO 26	302
TREINAMENTO DE REDES NEURAIS ARTIFICIAIS PARA O DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO	
João Victor Fernandes Masalkas	
Emerson Felipe Felix	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261026	
CAPÍTULO 27	316
UMA FORMULAÇÃO ANALÍTICA PARA DETECÇÃO DE PONTOS LIMITES E DE BIFURCAÇÃO	
William Taylor Matias Silva	
Sebastião Simão da Silva	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261027	
CAPÍTULO 28	333
UTILIZAÇÃO DO CARVÃO OBTIDO A PARTIR DA PIRÓLISE DA CASCA DE ARROZ PARA ADSORÇÃO DE AZUL DE METILENO	
Camila Ribeiro Rodrigues	
Marcelo Mendes Pedroza	
Mayara Shelly Miranda Bequimam	
David Barbosa Dourado	
Danielma Silva Maia	
Marcel Sousa Marques	
Hellen Dayany Barboza Barros	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261028	
SOBRE O ORGANIZADOR	338
ÍNDICE REMISSIVO	339

CAPÍTULO 12

ESTUDIOS DE PELIGRO SÍSMICO EN EL MUNICIPIO DE IXHUACÁN DE LOS REYES, VERACRUZ

Data de aceite: 01/10/2021

Gilbert Francisco Torres Morales

Investigador del Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver. México.

Ignacio Mora González

Investigador del Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana Xalapa, Ver. Méxic.

Saúl Castillo Aguilar

Académico de la Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver. México.

René Álvarez Lima

Académico de la Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver. México.

Raymundo Dávalos Sotelo

Investigador del Instituto de Ecología A.C., Xalapa, Ver. México

José Alberto Aguilar Cobos

Alumno de la Facultad de Ingeniería Civil y colaborador del Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver. México.

RESUMEN: Daños importantes debido a sismos de gran intensidad se han registrado en Veracruz, después del sismo de 1985, se tiene el segundo lugar en número de víctimas con el sismo de Xalapa de 1920 y el tercero con el de Orizaba de 1973. Ixhuacán de los Reyes fue uno de los

municipios más afectados por El Sismo de 1920, cuyo epicentro estuvo a tan sólo 11 Km. Después de casi un siglo, sismos inquietan a Ixhuacán, la población informa sentir más de 10 sismos en los primeros días del año 2019, siendo 2 los más importantes, el del 3 de enero, a las 00:19:18, con una magnitud de 4.2. El segundo el 5 de enero a las 03:32:14, una magnitud de 4.3.

Autoridades solicitaron la participación del CCTUV para realizar estudios de peligro sísmico para minimizar sus efectos en población y edificaciones.

PALABRAS CLAVE: Microzonificación, Peligro, Vulnerabilidad, Riesgo.

ABSTRACT: Important damages due to earthquakes of great intensity have been registered in Veracruz, after the 1985 earthquake, it has the second place in number of victims with the Xalapa earthquake of 1920 and the third with the Orizaba earthquake of 1973. Ixhuacán de Los Reyes was one of the municipalities most affected by the 1920 earthquake, whose epicenter was only 11 km. After almost a century, earthquakes disturb Ixhuacán, the population reports feeling more than 10 earthquakes in the first days of 2019, 2 being the most important, the one on January 3, at 00:19:18, with a magnitude of 4.2. The second on January 5 at 03:32:14, a magnitude of 4.3. Authorities requested the participation of the CCTUV to carry out seismic hazard studies to minimize its effects on the population and buildings.

INTRODUCCIÓN

El estado de Veracruz han sufrido en algún momento daños importantes debido a sismos de gran intensidad, recordando que después del sismo de la ciudad de México en 1985 con 6,000 víctimas, el Estado de Veracruz tiene el segundo lugar con el sismo de Xalapa, que ocurrido en 1920 con 650 víctimas (Fig.1) y el tercer lugar con el de Orizaba del año de 1973 con 539 muertes. El municipio de Ixhuacán de los Reyes fue uno de los más afectados por El Sismo de Xalapa de 1920 ($M_s=6.2$) (Fig.2). Este sismo se originó en la Sierra Madre Oriental, entre los Estados de Puebla y Veracruz. El epicentro se ubicó a tan sólo 11 Km al suroeste del pueblo de Ixhuacán de los Reyes.

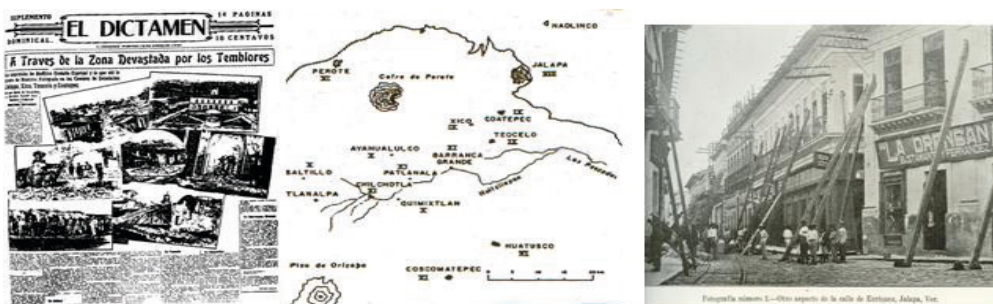


Figura 1. Foto periódico El Dictamen que informa del sismo de Xalapa, mapa que muestra las intensidades (MM) y una fotografía del centro histórico de Xalapa.

Después de casi un siglo, sismos inquietan la región central del estado de Veracruz y en particular el municipio de Ixhuacán de los Reyes, la población informa que han sentido más de 10 eventos sísmicos en los primeros días del año, Debido a los antecedentes históricos de la zona la población se preocupa de que pudiera ocurrir un evento sísmico como el de 1920, por lo cual las autoridades municipales solicitaron la participación del Centro de Ciencias de la Tierra de la Universidad Veracruzana (CCTUV), para realizar un estudio al respecto. Enfatizando que la ocurrencia de los eventos sísmicos es algo que no se puede predecir, pero que si se puede trabajar en estudios para minimizar los efectos en la población y en sus edificaciones. Estos estudios son de Ingeniería sísmica, que incluyen la delimitación de los peligros sísmicos, mediante estudios de microzonificación sísmica, para con esto, más adelante, poder trabajar con estudios del cálculo de la amenaza sísmica probabilista, en el municipio y sus poblaciones más importantes.

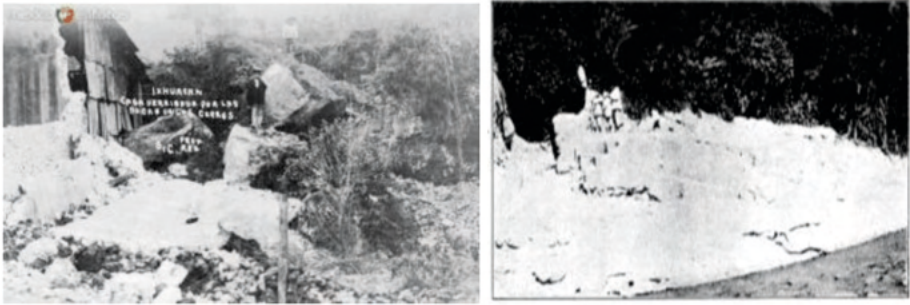


Figura 2. Imagen de una casa en Ixhuacán afectada por la caída de rocas (www.mexicoenfotos.com) y una casa sepultada por la avenida de lodo en Barranca Grande (Flores T., H. Camacho 1922).

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE MUNICIPIO IXHUACÁN DE LOS REYES

Ubicación

El municipio de Ixhuacán de los Reyes está ubicada en la Región Central del Estado de Veracruz, en las estribaciones sur del Cofre de Perote. Entre los paralelos $19^{\circ} 17'$ y $19^{\circ} 28'$ de latitud norte; los meridianos $96^{\circ} 58'$ y $97^{\circ} 11'$ de longitud oeste; altitud entre 800 y 3,700 m y en la cabecera municipal 1,800 m. Tiene un área aproximada de 149 Km², cuenta con 59 localidades y una población de aproximadamente 9933 habitantes. Limita con los siguientes municipios: al norte con los municipios de Ayahualulco y Xico; al este con los municipios de Xico, Teocelo, Ayahualulco, Cosautlán de Carvajal y Tlaltetela; al sur con el municipio de Tlaltetela y el estado de Puebla; al oeste con el estado de Puebla y el municipio de Ayahualulco (Fig.3).

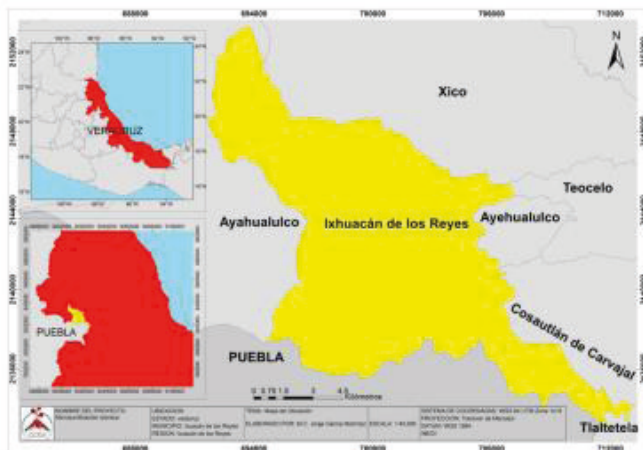


Figura 3. Ubicación del municipio de Ixhuacán de los Reyes.

Características principales del Municipio

Respecto a la Fisiografía, el municipio se encuentra en la provincia del eje neovolcánico en la subprovincia de Lagos y Volcanes de Anáhuac (56%) y Chiconquiaco (44%). En el sistema de topeformas: a la sierra volcánica con estrato volcanes o estrato volcanes aislados (56%), lomerío de basalto (29%) y lomerío de aluvión antiguo (15%) . Su Clima es semicálido húmedo con lluvias todo el año (46%), templado húmedo con lluvias todo el año (34%), Templado húmedo con abundantes lluvias en verano (13%) y semifrio subhúmedo con lluvias en verano (7%).

El municipio tiene una Geología de acuerdo con el INEGI, respecto al periodo: (48%) del cuaternario, del Cretácico el (40%) y Neógeno (12%). Por el tipo de Roca: Ígnea extrusiva: (26 %) es Basalto, Toba Básica (26%) y andesita (5%). Roca Sedimentaria: Caliza (40%) y Suelo aluvial (2%), (Fig. 4).

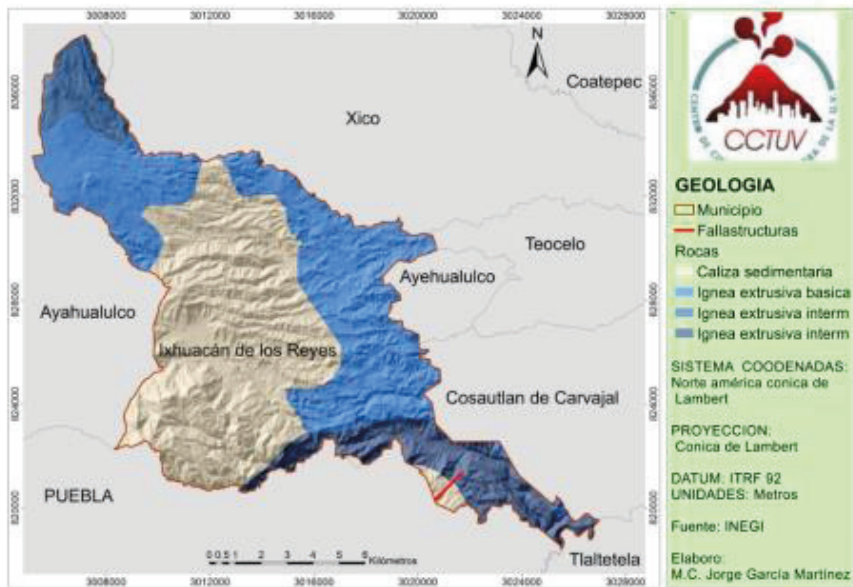


Figura 4. Geología del municipio de Ixhuacán de los Reyes.

Estudios peligro sísmico

Como una primera etapa, se realizará un análisis de la sismicidad histórica en la región y los daños a las comunidades. En esta primera etapa es importante delimitar los daños por estos eventos sísmicos históricos, para poder interpretar alguna relación de daños con el tipo de suelo.

El evento sísmico histórico más importante es sin duda el sismo de 1920 donde se

reportaron daños a las edificaciones y en especial a la capilla de La Luz, ubicada en el barrio del mismo nombre, donde se reporta que la cúpula del templo colapsó y una de sus torres quedó severamente dañada. Sin embargo, el fenómeno más importante asociado a este sismo en el municipio, fue el deslizamiento de laderas en las márgenes del río Huitzilapan o de los Pescados, que sepultó a los pueblos ubicados en sus márgenes y generó 419 muertes.

En los primeros días del año 2019, la población en el municipio de Ixhuacán de los Reyes informó, que se percibieron al menos 10 eventos sísmicos, siendo 2 los más importantes, el primero ocurrido el 3 de enero del 2019 a las 00:19:18 y de acuerdo al Servicio Sismológico Nacional (SSN) con una magnitud de 4.2 y una profundidad de 5 Km. El segundo fue el del día 5 de enero de 2019 a las 03:32:14 y de acuerdo al SSN con una magnitud de 4.3 y una profundidad de 2 Km (Fig.5).



Figura 5. Sismos más importantes en enero 2019 en el municipio de Ixhuacán (SSN).

Como parte de un análisis de la sismicidad en la zona, se tiene de acuerdo al Servicio Sismológico Nacional (SSN), que de 1900 a agosto de 2021 se han presentado 120 sismos en un radio de 45 kilómetros alrededor del pueblo de Ixhuacán, de magnitudes entre 3 a 6.7, de estos los más importantes son el del 3 de enero de 1920, conocido como el sismo de Xalapa y el del 19 de abril de 1920, el cual tuvo una mayor magnitud pero fue un sismo cuya profundidad fue de 110 km (Fig.6). Cada uno de los sismos anteriores, representan los sismos que generan el mayor peligro para la parte central del estado de Veracruz. El primero es un sismo conocido como intraplaca cortical, el cual es debido a la acumulación de esfuerzos y generación de fayas, por la creación de las grandes montañas, volcanes y cordilleras, fenómeno asociado a la subducción del pacifico mexicano. El segundo sismo es un sismo conocido como de profundidad intermedia o profundo de subducción, el cual

al igual que el anterior está asociado a la zona de subducción, pero que ocurre a grandes profundidades por él fallamiento normal vertical de grandes porciones de roca de la corteza que caen hacia el manto. Sismos de este tipo históricos en la región es el sismo de Orizaba de 1973.

Realizando un recuento de los sismos del 2018 a 2019 se encontraron 35 sismos de acuerdo al SSN, pero en el primer semestre del 2019, son 27 los sismos detectados, lo que indica un aumento significativo en la sismicidad en la zona en ese periodo, que se hace manifiesta en los sismos percibidos por la población a principios del 2019 (Fig.7). La sismicidad en el 2019 del 1 de enero del 2019 al 1 de enero del 2020 se reportaron 44 sismos en la misma área de 45 km de radio alrededor de la cabecera municipal de Ixhuacán, con una magnitud máxima de 4.4 a 4 km al suroeste de XICO, VER. 2019-01-05, 03:32:15 (hora del centro) Lat: 19.3992°, Long: -97.0375° Prof: 7.2 km y para este mismo periodo del 2020 al 2021, la sismicidad disminuyo ya que sólo se registraron 13 sismos con una magnitud máxima de 4.

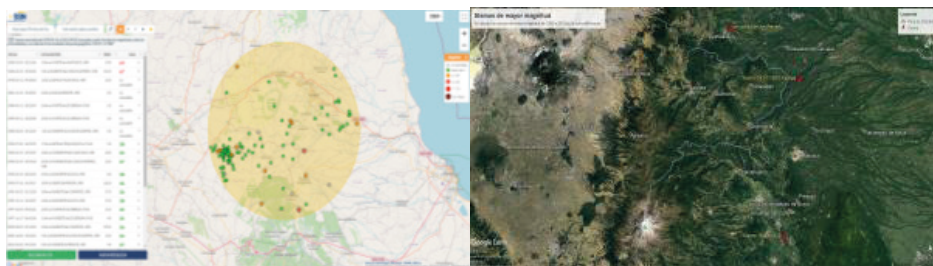


Figura 6. Sismos más importantes en un radio de 45 kilómetros alrededor del pueblo de Ixhuacán entre 1900 a agosto 2021 (SSN).

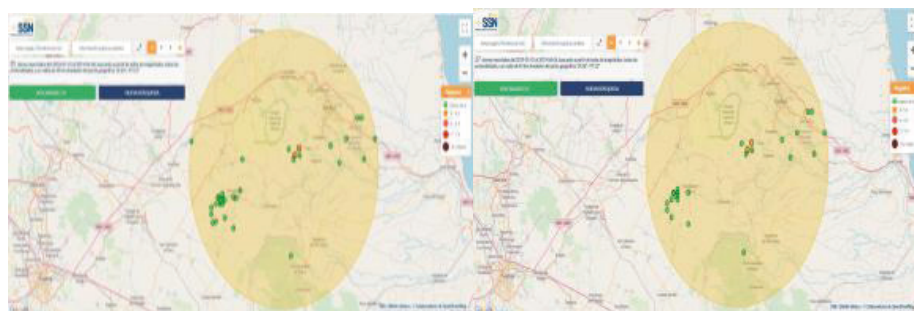


Figura 7. Sismos más importantes en un radio de 45 kilómetros alrededor del pueblo de Ixhuacán entre 2018 al 2019 (SSN).

Toma de puntos de vibración ambiental

Para identificar las características dinámicas de los suelos en el municipio de Ixhuacán se realizaron varias campañas de registro de vibración ambiental y hasta la fecha se han tomado 10 puntos de vibración ambiental en 5 de las principales localidades del municipio, como Monte Grande, Cocoxatla, Tlachi e Ixhuacan *Tabla 1*. (Fig. 8 y 9). Se utilizó un acelerómetro triaxial, CMG-5TD de la marca Guralp System. Después de orientar y nivelar el aparato en cada punto, se registraron aproximadamente 30 minutos continuos de vibración ambiental, estos se grabaron en las memorias internas de los equipos que después se descargaron a una computadora para su análisis. De los registros de vibración ambiental obtenidos se procedió a su análisis espectral para obtener sus razones H/V, estos registro fueron analizados con ayuda del programas GEOPSY, (GEOPSY, 2007) (Fig.8, 10, 11, 12, 13).

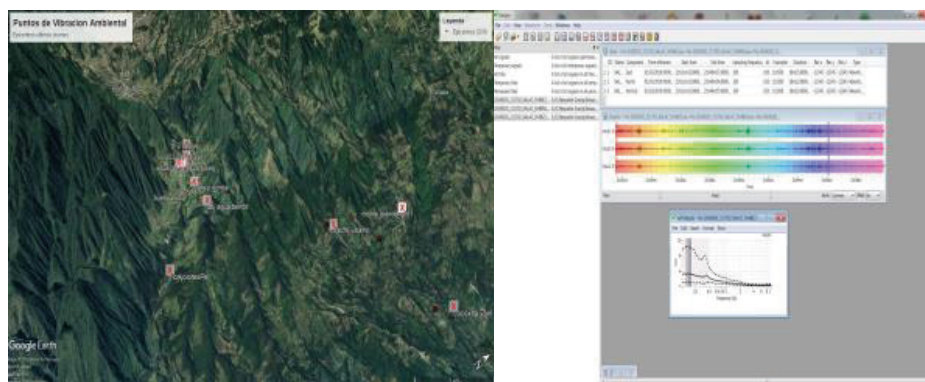


Figura 8. Puntos tomados de Vibración ambiental y su análisis (H/V) con ayuda del programa Geopsy.

id	Campaña	fecha	Punto	Ubicación	x E	y N
1	1	01-mar-19	1	Monte Grande	702514.187	2146144.69
2	1	01-mar-19	2	Cocoxatla	704991.25	2145601.85
3	1	01-mar-19	3	Tlachi	701652.01	2144220.08
4	1	01-mar-19	4	Ixhuacán	697737.57	2141202.85
5	3	15-mar-21	5	Agua Bendita	699343.75	2141154.6
6	3	15-mar-21	6	Guadalupe	698457.355	2141268.67
7	3	15-mar-21	7	Entrada ixhuacán	698506.13	2140394.93
8	4	09-abr-21	8	Tanque	697268.45	2141616.4
9	4	09-abr-21	9	Puente Colgante	697966.6	2141316.9
10	4	09-abr-21	10	Estación Casa Cultura	697664	2141242

Tabla 1. Puntos tomados de Vibración ambiental

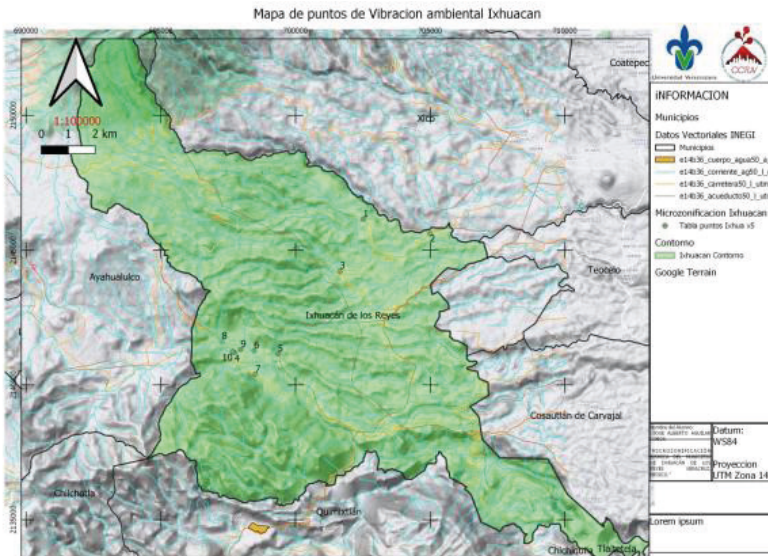


Figura 9. Puntos tomados de Vibración ambiental



Figura 10. Toma del punto 1 de vibración ambiental y resultados del Análisis.

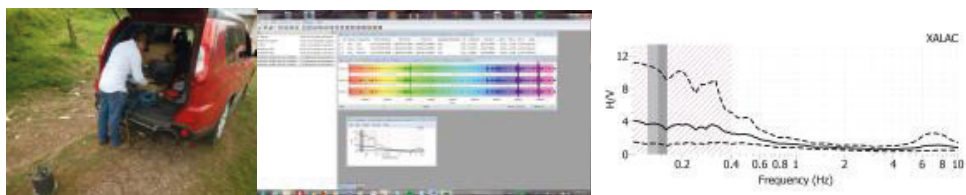


Figura 11. Toma del punto 2 de vibración ambiental y resultados del Análisis.



Figura 12. Toma del punto 3 de vibración ambiental y resultados del Análisis.



Figura 13. Toma del punto 3 de vibración ambiental y resultados del Análisis.

De los análisis que se realizaron para todos los puntos tomados de vibración ambiental se obtuvieron los siguientes resultados.

id	fecha	Punto	Ubicación	frecuencia	Periodo	Amplificación
1	01-mar-19	1	Monte Grande	2.150	0.4651	1.18
2	01-mar-19	2	Cocoxatla	7.400	0.1351	1.46
3	01-mar-19	3	Tlachi	3.019	0.3312	0.93
4	01-mar-19	4	Ixhuacán	22.810	0.0438	1.18
5	15-mar-21	5	Agua Bendita	2.500	0.4000	1.22
6	15-mar-21	6	Guadalupe	15.000	0.0667	1.00
7	15-mar-21	7	Entrada ixhuacán	2.163	0.4623	2.75
8	09-abr-21	8	Tanque	10.000	0.1000	3.25
9	09-abr-21	9	Puente Colgante	4.330	0.2309	1.00
10	09-abr-21	10	Estación Casa Cultura	12.350	0.0810	1.24

Tabla 2. Resultado del análisis de los puntos tomados de Vibración ambiental

Sismos registrados por las estaciones de monitoreo sísmico.

Para el registro de eventos sísmicos en la zona se instalaron 2 estaciones de monitoreo sísmico, algunos de los sismos registrados en las estaciones son Tabla3, (Fig. 14, 15, 16):

FECHA Y HORA UTC	LOCALIZACION	LATITUD °	LONGITUD °	PROFUNDIDAD (KM)	MAGNITUD	FECHA Y HORA LOCAL
22/02/2021 15:21	133 km al SUROESTE de CD HIDALGO, CHIS	14.2508	-93.3003	2.5	5	22/02/2021 09:21
23/02/2021 09:30	94 km al SURESTE de SALINA CRUZ, OAX	15.4008	-94.8563	16.9	5	23/02/2021 03:30
12/03/2021 11:25	90 km al SUROESTE de TONALA, CHIS	15.6	-94.43	16	5	12/03/2021 05:25

Tabla 3. Registro de eventos sísmicos 2020

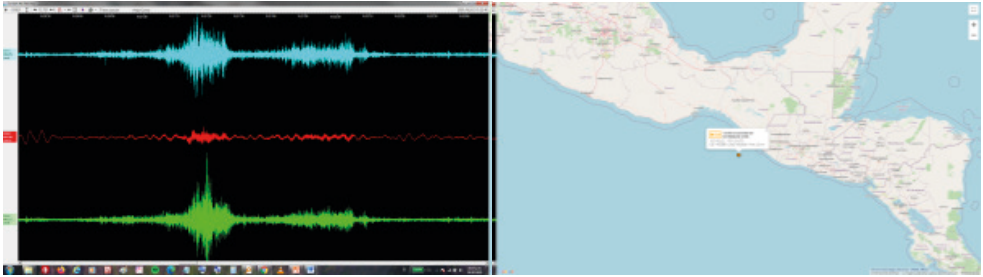


Figura 14. Registro del sismo número 1. Localización del sismo a 133 km al suroeste de CD HIGALGO; CHIS. 2021-02-22, 15:21:20 UTC, Lat.: 14.2508°, Long: -93.3003°. Prof.: 2.5 km.

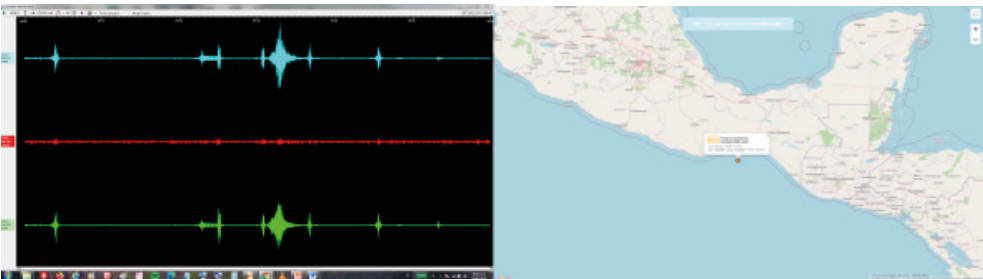


Figura 15. Registro del sismo número 2. Localización del sismo a 94 km al suroeste de SALINA CRUZ, OAX. 2021-02-23, 09:30:18 UTC, Lat.: 15.4008°, Long: -94.8563°. Prof.: 16.9 km.

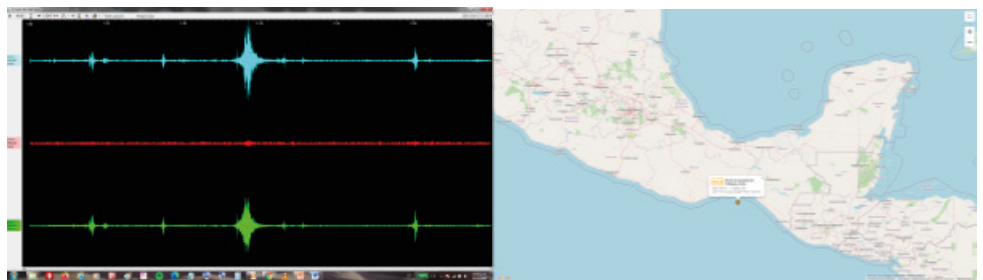


Figura 16. Registro del sismo número 3. Localización del sismo a 90 km al suroeste de TONALA, CHIS. 2021-03-12, 11:25:52 UTC, Lat.: 15.6°, Long: -94.43°. Prof.: 16.0 km.

Con los resultados del análisis se pudieron hacer 3 mapas donde se puede visualizar graficamente la frecuencia el periodo y la amplificación del suelo en el municipio, para la elaboracion de estos mapas se utilizo el programa Qgis de uso libre y el metodo de interpolacion IDW.

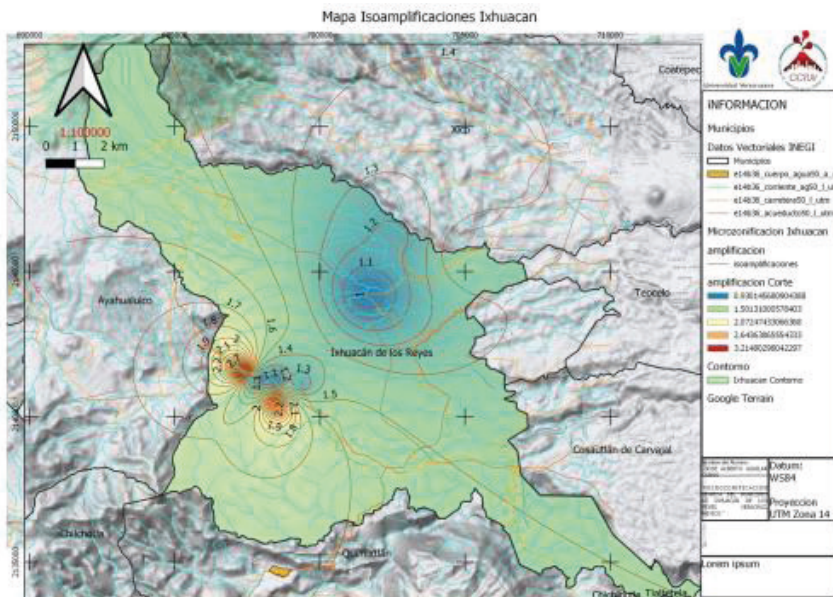


Figura 17. Mapa de Isoamplificaciones para el municipio de Ixhuacán.

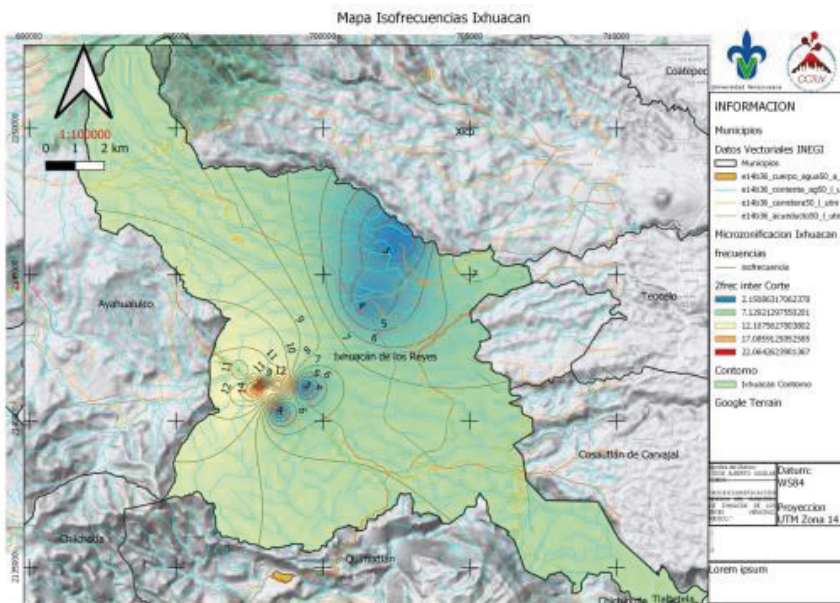


Figura 18. Mapa de Isofrecuencias para el municipio de Ixhuacán.

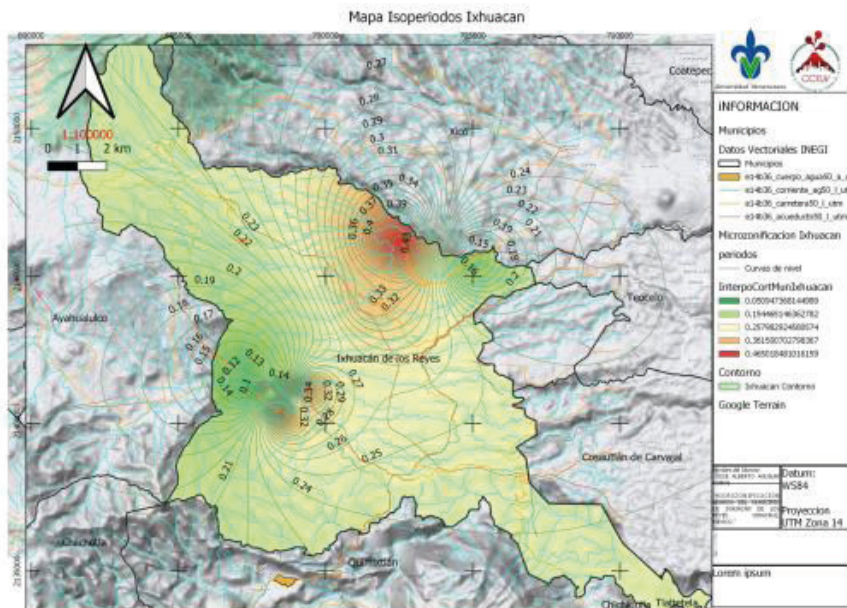


Figura 19. Mapa de Isoperiodos para el municipio de Ixhuacán.

COMENTARIOS FINALES

Resumen de resultados y conclusiones

De acuerdo con los resultados de los puntos de vibración ambiental tomados en el municipio, se observa un suelo sin amplificación dinámica importantes, correspondiente al tipo de suelo descrito en la geología, formado por rocas calizas y basaltos, considerando hasta el momento a los suelos sin un efecto de sitio marcado, la respuesta de estos suelos es periodos cortos y sin amplificación dinámicas importantes (Fig. 20), Siendo las edificaciones de pocos niveles y construidos de materiales rígidos, como la mampostería o mampostería confinada, los que tendrían mayor respuesta ante eventos sísmicos, cabe recalcar que están son las edificaciones predominantes en el municipio, pero considerando la poca amplificación de los suelos se considera no se tendría problema al efecto de sitio.

Como parte de la investigación se instalaron 2 estaciones de monitoreo sísmico no permanentes en el municipio, para poder hacer un análisis de la sismicidad local y aplicar entre las estaciones, la técnica de razón espectral estándar, para definir mejor el periodo dominante del suelo, así como, la técnica de correlaciones espaciales entre estaciones (SPAC) y poder definir mejor las características del suelo. De los registros sísmicos en las estaciones observamos que la intensidad fue muy baja, teniendo intensidades de menos de 5 gales para los eventos registrados. Se pretende a futuro realizar estudios

geofísicos específicos para algunos puntos de interés en el municipio, consistentes en pruebas SPAC y MASW, para poder determinar mejor las características del suelo y su velocidad de propagación de ondas de cortante. Lo anterior para encaminar el estudio de microzonificación a estudios de amenaza sísmica probabilista para el municipio

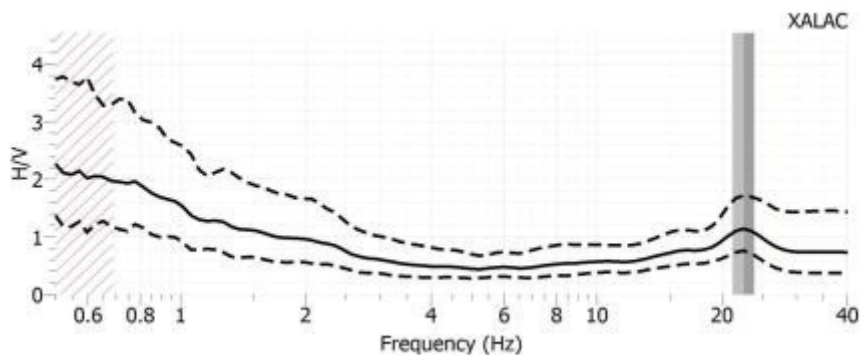


Figura 20. Resultados del análisis H/V, mostrando una respuesta plana, que corresponde al tipo de material de basaltos y calizas de la zona.

Se estudiarán además, los fenómenos asociados al tipo de suelo en el municipio, ya que el tipo de suelo formado por roca caliza que tiene el municipio, pueden presentar problemas de disolución por el agua, lo que origina oquedades o cavernas, las cuales pueden ser de tamaño considerable y pueden generar hundimientos bruscos, generando sismos. Algunos fenómenos que se encontraron en el municipio durante la visita robustece esta teoría. Uno de estos fue, la pérdida de un río hacia el subsuelo después de los eventos sísmicos de inicio de año, además, de la percepción de movimientos súbitos de muy poca duración en la zona limítrofe al río perdido, lo que indicaría el desplome de oquedades o cavernas por donde está ahora circulando el afluente.

Información transmitida por personal de obras públicas y protección civil del H. Ayuntamiento de Ixhuacán, fue la existencia de cavernas en la zona y de un episodio de un hundimiento de una Iglesia en el primer cuadro de la cabecera municipal, en donde el predio donde supuestamente estaba la iglesia esta deshabitado y tiene un desnivel y geometría muy bien definido, que podría ser por el hundimiento del terreno, esto se tendrá que investigar y comprobar con algún experimento geofísico ya que este evento fue hace mucho tiempo y sólo se tiene el dicho y no se cuenta con evidencias. En general el municipio resulta muy interesante para su estudio y se continuará el trabajo para dar a su población y edificaciones una mayor seguridad ante eventos sísmicos.

RECOMENDACIONES Y AGRADECIMIENTOS

Se recomienda el continuar con los estudios del peligro y definir mejor las características del suelo en el municipio para poder interpretar mejor los fenómenos ocurridos.

Se agradece a las autoridades municipales de Ixhuacán de Los Reyes el apoyo para los trabajos del personal del CCTUV y del CA SISE, en especial al Director de Obras Públicas Ing. Francisco Javier García Colorado y al presidente municipal C. José Luis Vargas Gonzales.

REFERENCIAS

Flores T. y H. Camacho, "Terremoto Mexicano del 3 de enero de 1920", Boletín 38, Instituto Geológico Mexicano, 107 pp., (1922). <http://bcct.unam.mx/bogeolpdf/geo38/geo381.pdf>.

Geopsy. Sesame European (Neries) (Geopsy, Marc Wathelet, 2002), SESAME, "Guidelines for the implementation of the h/v spectral ratio technique on ambient vibrations measurements. Processing and interpretation". Sesame European research project WP12. European Commission – Research General Directorate. Project No. EVG1-CT-2000-00026, (2007).

SSN, Servicio Sismológico Nacional (2015): <http://www.ssn.unam.mx/>

ÍNDICE REMISSIVO

A

Altas Temperaturas 78, 79, 87, 88, 90, 91, 102, 173, 174, 175, 180

Análise Estrutural 115, 119, 122, 124, 255

Argamassa 83, 92, 150, 152, 153, 154, 156, 157, 158, 159, 244, 249, 295, 300

Arquitetura Hospitalar 103, 107, 112

Avaliação de Desempenho 103, 104, 106, 107, 112, 113

B

Bim 3, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205

BIM 5D 58, 59, 61, 65

C

Cimento 67, 71, 73, 79, 80, 84, 90, 91, 92, 94, 95, 125, 126, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 150, 152, 153, 154, 156, 157, 158, 162, 163, 164, 165, 207, 245, 254, 258, 304

Concreto 1, 2, 5, 12, 46, 57, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 98, 99, 101, 112, 114, 152, 153, 158, 159, 175, 192, 207, 220, 245, 246, 251, 254, 259, 266, 267, 271, 272, 299, 300, 302, 303, 304, 305, 307, 308, 309, 312, 313, 314

Concreto Armado 1, 2, 5, 46, 67, 68, 69, 70, 71, 75, 76, 78, 80, 82, 83, 88, 245, 246, 254, 266, 267, 271, 272, 302, 303, 304, 307, 308, 312, 313

Contenções 160, 172, 253, 255, 265

Corrosão das armaduras 67, 68, 69, 72, 75, 80, 82

D

Decreto 58, 60, 61, 65, 66, 290, 299

Deep Beams 183, 193, 194

Degradação 48, 76, 80, 87, 90, 91, 92, 102, 105, 177, 289, 294, 295, 297, 300, 337

Disseminação 58, 60, 61, 66

Durabilidade 52, 56, 69, 75, 76, 78, 80, 88, 108, 113, 126, 173, 174, 175, 181, 207, 297, 298

E

Elementos de barra biarticulados 29, 44, 317

Ementa 58, 60, 62

Empreendimentos Rurais 46, 47, 49, 55, 56

Engenharia Civil 3, 1, 12, 28, 48, 58, 60, 62, 63, 88, 90, 113, 115, 116, 117, 125, 134, 135, 150, 172, 195, 220, 265, 266, 291, 292, 303, 304, 316, 338

Engenharia Diagnóstica 78, 80

F

Fundações Superficiais 1, 2, 3, 4, 12, 265

G

Gnaisse 173, 174, 175, 176, 179, 180

Grelhas Hiperestáticas 13, 14, 26

H

Hastes de Paredes Delgadas 14, 27

Hospital Architecture 103

I

Incêndio 51, 78, 79, 80, 83, 84, 85, 87, 90, 92, 97, 101, 108, 110, 111, 112, 175

Inspeção Predial 46, 47, 48, 49, 52, 55, 56, 57, 103, 109

Interação Solo-Estrutura 3, 1, 2, 3, 5, 11, 12, 254, 255, 265

Íons Sulfatos 67, 69, 72, 73, 75

L

Látex da seringueira 150, 151, 157

M

Máquinas de ar condicionado 195, 196, 198, 199, 201, 202, 203

Mecânica Vetorial 115, 116, 117, 118, 119

Metodologia Empírico-Mecanística 125, 134

Microzonificación, Peligro, Vulnerabilidad, Riesgo 136

Modelagem 6D 195

Módulo de Resiliência 125, 126, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135

P

Patologias 47, 48, 56, 57, 76, 115, 291, 296, 298, 300

Pavimentação 125, 129, 134, 135, 239

Performance Evaluation 103

R

Recalque 1, 3, 4, 263

S

SAP2000 1, 2, 3, 5

SFRC 183, 193

Shear Strength 183, 193

Solo-Cimento 125, 126, 128, 131, 133, 134, 135

T

Tensão de bimomento 13, 24, 26

Tensão de flexão 13, 26, 27

Tratamento Térmico 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181

Treliça 28, 29, 40, 116, 119, 120, 316, 317, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 330, 331

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA CIVIL 3

- 
-  www.atenaeditora.com.br
 -  contato@atenaeditora.com.br
 -  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 -  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA CIVIL 3

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br