



**UNIVERSIDAD DEL MAR  
CAMPUS PUERTO ESCONDIDO**

**CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE ATLAS DE DESLAVES DE  
PUERTO ESCONDIDO Y SALINA CRUZ**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
LICENCIADO EN INFORMÁTICA**

**PRESENTA  
KEVIN LENIN CHAVEZ SANTIAGO**

**DIRECTORA DE TESIS  
ESP. EN GEOM. EDITH GALVÁN OCHOA**



## ***Dedicatoria***

*A mi madre, **Luciana Santiago Patiño**, cuyo amor y comprensión incondicionales se transformaron en mi mayor fortaleza y nunca me permitieron rendirme.*

*A mi padre, **Juan José Chávez Santos**, cuyo apoyo y paciencia infinitas me permitieron transformar los obstáculos en escalones hacia mis triunfos.*

*A mis abuelos, **Ruth** y **Melquiades** (+), cuyo cariño me acompañó incluso en las horas más inciertas.*



## ***Agradecimientos***

*Al Fondo Sectorial de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación en Actividades Espaciales, CONACYT-AEM. Cuyo apoyo económico resultó de gran ayuda en mi proceso de titulación.*

*A mi alma máter, la Universidad del Mar campus Puerto Escondido, por proporcionarme la preparación necesaria para manejarme en el ámbito de la Informática de forma ética y profesional en todo momento. Y a su sistema de becas por servicios educativos, cuyo apoyo me permitió concluir satisfactoriamente mis estudios universitarios.*

*Al sistema de becas Manutención del estado de Oaxaca, por seleccionarme como becario y brindarme apoyo económico durante la mayor parte de la carrera.*

*A mi directora de tesis, Esp. En Geom. Edith Galván Ochoa, por la gran confianza puesta en mí al aceptarme como tesista, por su valioso tiempo y apoyo a lo largo de estos meses. Por su amabilidad y honestidad, pero sobre todo, por su dedicación de muchas horas de trabajo, disponibilidad e infinita paciencia para orientarme en temas en los que yo era un lego.*

*A mis revisores de tesis Dr. Ángel Salvador López Vásquez, M.C. Manuel Alejandro Valdés Marrero, M.C. Gricelda Valera Venegas y M.C. Isidro Moctezuma Cantorán por su paciencia, tiempo, disposición y aportes para la mejora de este proyecto.*

*A Dios, por el regalo de la vida, por la bendición de unos padres tan maravillosos, y por una familia y amigos cuyo apoyo, comprensión y cariño siempre me han acompañado.*

*A mis padres, quienes siempre me ofrecieron su apoyo y comprensión incondicionales, y nunca han escatimado en decirme cuan orgullosos están de mí. Toda una vida no me alcanzará para demostrarles lo agradecido que estoy con ustedes. Siempre han sido mi mayor motor para salir adelante. Los amo con todo el corazón, gracias infinitas, porque sin ustedes nunca habría podido llegar hasta donde me encuentro el día de hoy.*

*A mi gran mentor, el Sr. Eduardo Barreto, quién me inspiró a dejar de comportarme como una víctima y a elegir ser el único responsable de todo lo que ocurre en mi vida. Gracias por abrir mi mente, por hacerme volver a soñar, pero sobre todo, por mostrarme que los sueños sí se hacen realidad.*

*A mi gran amigo y mentor, Lic. Antonio Reyes Cortés, por su amistad, por estar siempre dispuesto a apoyarme. Gracias por no perder la esperanza en mí a pesar de todos mis errores.*

*A mi gran amigo y mentor, M. en C. H. Jorge Iván Vásquez Suárez, por su amistad, por su apoyo incondicional en momentos difíciles, por sus lecciones de vida. Gracias por nunca permitirme comprarme pretextos e inspirarme a transformarme en la mejor versión de mí mismo.*

## Resumen

El objetivo principal de este proyecto de tesis consistió en la construcción y diseño de un atlas que identifique las zonas susceptibles de movimiento de laderas en las ciudades de Puerto Escondido y Salina Cruz, Oaxaca, haciendo uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

La problemática observada es que, ante los estragos que sigue provocando este fenómeno, es notorio que la información respecto a este, resulta insuficiente o es obsoleta. Ante lo cual, no solo es necesario proporcionar información actualizada, sino que esta cuente con un contexto visual que permita una mayor comprensión que la que se obtiene con un documento escrito.

El proceso de construcción del atlas estuvo conformado por la recopilación y análisis de información, el pre-procesamiento de datos y el álgebra de mapas. Estos pasos preparan las diferentes capas de información y la lógica detrás de las mismas, para ser utilizadas en los mapas correspondientes. De este proceso depende la congruencia de la información plasmada en el atlas.

El proceso de diseño del atlas estuvo conformado por el diseño de la base cartográfica, el diseño de las capas generadas en el proceso de construcción y los acabados. Estos pasos conforman la estética y claridad del atlas. De este proceso depende que la información generada en la construcción sea comprensible para quien la consulte.

Como producto final se construyó y diseñó un atlas de zonas susceptibles de movimiento de laderas de Puerto Escondido y Salina Cruz, Oaxaca. Este atlas contiene ocho mapas temáticos (cuatro de Puerto Escondido y cuatro de Salina Cruz), con información de imágenes de satélite e infraestructura vial actualizada hasta el año 2016.

Para esta investigación se utilizaron las variables geología, pendiente, geomorfología, tipo de suelo y precipitación. Como resultados se tiene que la zona de mayor susceptibilidad de movimiento de laderas tiene una extensión de 36,625 ha ubicada al noreste de Puerto Escondido, y 67,264 ha en el suroeste de Salina Cruz.





## **Abstract**

This thesis main objective was the construction and design of an atlas that identifies hillsides movement susceptibilities zones in the cities of Puerto Escondido and Salina Cruz, Oaxaca, using Geographic Information Systems (GIS) tools.

The problem observed is that on the face of the damage that are still being provoked by this phenomena, the information about it is insufficient or obsolete. Therefore, it is necessary not only to give updated information, but to provide a visual context that allows a better comprehension than the one provided by a written report.

The atlas construction process is conformed by the information compilation and analysis, the data preprocessing and map algebra. These steps prepare different information layers and their logic to be used in the corresponding maps. The atlas information congruency depends on this process.

The atlas design process is conformed by a cartography base design, the design of the layers generated by the construction process and the finishes. These steps are the atlas's esthetic and clarity. The comprehension from the information generated by the construction depends on this process.

As a final product, an atlas of hillsides movement susceptibilities zones from Puerto Escondido and Salina Cruz, Oaxaca was constructed and designed. It contains eight thematic maps (four from Puerto Escondido and four from Salina Cruz) with updated stellite images and road infrastructure information until the year 2016.

For this research, were used the variables geology, slope, geomorfology, type of soil and rainfall. As results, the higgest hillsides movement susceptible zone is an 36,625 hectares area on the Puerto Escondido nordeast, and 67,264 hectares on the Salina Cruz southwest.



## CONTENIDO

LISTADO DE FIGURAS.....	v
LISTADO DE CUADROS.....	ix
LISTADO DE ECUACIONES .....	xi
GLOSARIO DE TÉRMINOS .....	xiii
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES .....	5
2.1. Estado del arte y trabajos relacionados.....	5
2.1.1. Trabajos relacionados.....	5
2.1.2. Estado del arte.....	8
2.2. Justificación .....	13
2.3. Planteamiento del problema.....	14
2.3.1. Metodología .....	15
2.4. Objetivos.....	15
2.4.1. Objetivo general.....	15
2.4.2. Objetivos específicos .....	15
2.5. Alcances y límites del estudio .....	16
2.5.1. Alcances del estudio.....	16
2.5.2. Límites del estudio .....	16
CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO .....	19

3.1. Construcción .....	19
3.2. Diseño .....	20
3.3. Atlas .....	20
3.3.1. Atlas de susceptibilidad.....	21
3.4. Sistemas de información geográfica .....	21
3.4.1. Información espacial .....	22
3.4.2. Sistema de coordenadas geográficas .....	22
3.4.3. Modelo vectorial .....	23
3.4.4. Modelo ráster .....	24
3.4.5. Análisis espacial.....	25
3.4.6. Álgebra de mapas .....	26
3.5. Deslaves .....	26
3.6. Metodología .....	27
3.6.1. Recopilación de información oficial de las zonas de deslaves .....	27
3.6.2. Verificación de campo .....	27
3.6.3. Identificación de zonas de deslave .....	28
CAPÍTULO 4. DESARROLLO DEL TEMA .....	29
4.1. Descripción del área de estudio .....	30
4.1.1. Ubicación geográfica de Puerto Escondido, Oaxaca, México .....	31
4.1.2. Ubicación geográfica de Salina Cruz, Oaxaca, México.....	31
4.2. Análisis de información oficial.....	32
4.2.1. Cartografía oficial .....	33
4.2.2. Imágenes de satélite .....	40
4.3. Verificación de campo .....	42
4.4. Procesamiento de la información.....	46
4.4.1. Clasificación de datos espectrales.....	46
4.4.2. Análisis espacial.....	48
4.4.3. Descripción de variables .....	50
4.4.4. Álgebra de mapas .....	55

4.4.5. Identificación de zonas de deslaves .....	56
4.4.6. Acabados .....	56
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS ..	59
ANEXO A. TABLAS DE PONDERACIONES DE LAS CINCO VARIABLES .....	63
A.1. Pendiente .....	64
A.2. Precipitación .....	64
A.3. Tipo de suelo .....	65
A.4. Geología .....	65
A.5. Geomorfología .....	66
ANEXO B. ATLAS .....	67
ANEXO C. CONTENIDO DEL CD .....	79
REFERENCIAS .....	83



## LISTADO DE FIGURAS

<b>Figura 2.1.</b> Recolección de muestras de suelo en Puerto Escondido, Oaxaca. ....	7
<b>Figura 2.2.</b> Recolección de muestras de suelo en Salina Cruz, Oaxaca. ....	7
<b>Figura 2.3.</b> Afectaciones en el arco costero Caprica-Espichel. ....	9
<b>Figura 3.1.</b> Ejemplo de un atlas. ....	21
<b>Figura 3.2.</b> Ejemplo de los elementos del modelo vectorial. ....	23
<b>Figura 3.3.</b> Ejemplo de un modelo ráster, composición de radiancias. ....	24
<b>Figura 3.4.</b> Combinaciones de bandas para imágenes Landsat. ....	25
<b>Figura 4.1.</b> Flujograma de procesos para la construcción y diseño del atlas. ....	30
<b>Figura 4.2.</b> Asentamiento urbano de Puerto Escondido, Oaxaca. ....	31
<b>Figura 4.3.</b> Asentamiento urbano de Salina Cruz, Oaxaca. ....	32
<b>Figura 4.4.</b> Sección faltante del MDE de Salina Cruz, Oaxaca. ....	34
<b>Figura 4.5.</b> Selección dentro del menú de navegación en el sitio oficial de INEGI. ....	34
<b>Figura 4.6.</b> Selección de clasificación de información en el sitio oficial de INEGI. ....	35
<b>Figura 4.7.</b> Selección del tipo de recursos en el sitio oficial de INEGI. ....	35
<b>Figura 4.8.</b> Buscador de productos en el sitio oficial de INEGI. ....	35
<b>Figura 4.9.</b> Selección del tipo de producto en el sitio oficial de INEGI. ....	36
<b>Figura 4.10.</b> Descarga de recursos en el sitio oficial de INEGI. ....	36
<b>Figura 4.11.</b> Archivos obtenidos del sitio oficial de INEGI. ....	37
<b>Figura 4.12.</b> Secciones del MDE de Salina Cruz, Oaxaca. ....	38
<b>Figura 4.13.</b> Selección de recurso en el sitio oficial de la CONABIO. ....	38
<b>Figura 4.14.</b> Selección de metadatos en el sitio oficial de la CONABIO. ....	39
<b>Figura 4.15.</b> Selección del formato de descarga en el sitio oficial de la CONABIO. ....	39
<b>Figura 4.16.</b> Imagen de satélite Landsat de Puerto Escondido, Oaxaca. ....	41
<b>Figura 4.17.</b> Imagen de satélite Landsat de Salina Cruz, Oaxaca. ....	41
<b>Figura 4.18.</b> Colonia Esmeralda, Puerto Escondido, Oaxaca. ....	42
<b>Figura 4.19.</b> Colonia Emiliano Zapata, Salina Cruz, Oaxaca. ....	43
<b>Figura 4.20.</b> Colonia Linda Vista, Salina Cruz, Oaxaca. ....	43
<b>Figura 4.21.</b> Playa Coral, Puerto Escondido, Oaxaca. ....	44
<b>Figura 4.22.</b> Colonia Lombardo, límite con Linda Vista, Salina Cruz, Oaxaca. ....	44

<b>Figura 4.23.</b> Colonia Esmeralda, Puerto Escondido, Oaxaca.....	45
<b>Figura 4.24.</b> Colonia Vicente Guerrero, Salina Cruz, Oaxaca. ....	45
<b>Figura 4.25.</b> Composición de las bandas Landsat 4,3,2 de Puerto Escondido, Oaxaca. ....	47
<b>Figura 4.26.</b> Composición de las bandas Landsat 7,5,3 de Salina Cruz, Oaxaca.....	47
<b>Figura 4.27.</b> Digitalización de calles de Puerto Escondido, Oaxaca. ....	49
<b>Figura 4.28.</b> Digitalización de calles de Salina Cruz, Oaxaca.....	50
<b>Figura 4.29.</b> Capa de la variable Pendiente, de Puerto Escondido, Oaxaca. ....	51
<b>Figura 4.30.</b> Capa de la variable Pendiente, de Salina Cruz, Oaxaca.....	51
<b>Figura 4.31.</b> Capa de la variable Precipitación, de Puerto Escondido, Oaxaca.....	52
<b>Figura 4.32.</b> Capa de la variable Precipitación, de Salina Cruz, Oaxaca. ....	52
<b>Figura 4.33.</b> Capa de la variable Tipo de suelo, de Puerto Escondido, Oaxaca.....	53
<b>Figura 4.34.</b> Capa de la variable Tipo de suelo, de Salina Cruz, Oaxaca.....	53
<b>Figura 4.35.</b> Capa de la variable Geología, de Puerto Escondido, Oaxaca. ....	54
<b>Figura 4.36.</b> Capa de la variable Geología, de Salina Cruz, Oaxaca.....	54
<b>Figura 4.37.</b> Capa de la variable Geomorfología, de Puerto Escondido, Oaxaca. ....	55
<b>Figura 4.38.</b> Capa de la variable Geomorfología, de Salina Cruz, Oaxaca. ....	55
<b>Figura B.1.</b> Portada del atlas.....	68
<b>Figura B.2.</b> Índice del atlas.....	69
<b>Figura B.3.</b> Introducción del atlas. ....	70
<b>Figura B.4.</b> Mapa uno de Puerto Escondido, Oaxaca (Rasgos físico-geográficos).....	71
<b>Figura B.5.</b> Mapa dos de Puerto Escondido, Oaxaca (Protección Civil). ....	72
<b>Figura B.6.</b> Mapa tres de Puerto Escondido, Oaxaca (Análisis de suelo NOM-021-2000).73	
<b>Figura B.7.</b> Mapa cuatro de Puerto Escondido, Oaxaca (Superposición de cinco variables físico-geográficas). ....	74
<b>Figura B.8.</b> Mapa uno de Salina Cruz, Oaxaca (Rasgos físico-geográficos). ....	75
<b>Figura B.9.</b> Mapa dos de Salina Cruz, Oaxaca (Protección Civil). ....	76
<b>Figura B.10.</b> Mapa tres de Salina Cruz, Oaxaca (Análisis de suelo NOM-021-2000).....	77
<b>Figura B.11.</b> Mapa cuatro de Salina Cruz, Oaxaca (Superposición de cinco variables físico-geográficas). ....	78
<b>Figura C.1.</b> Contenido del CD.....	79
<b>Figura C.2.</b> Contenido de la carpeta Documento de tesis.....	80



**Figura C.3.** Contenido de la carpeta Atlas..... 81



## LISTADO DE CUADROS

<b>Cuadro A.1.</b> Ponderación de la variable Pendiente de Puerto Escondido, Oaxaca.....	64
<b>Cuadro A.2.</b> Ponderación de la variable Pendiente de Salina Cruz, Oaxaca. ....	64
<b>Cuadro A.3.</b> Ponderación de la variable Precipitación de Puerto Escondido, Oaxaca. ....	64
<b>Cuadro A.4.</b> Ponderación de la variable Precipitación de Salina Cruz, Oaxaca. ....	64
<b>Cuadro A.5.</b> Ponderación de la variable Tipo de suelo de Puerto Escondido, Oaxaca.....	65
<b>Cuadro A.6.</b> Ponderación de la variable Tipo de suelo de Salina Cruz, Oaxaca. ....	65
<b>Cuadro A.7.</b> Ponderación de la variable Geología de Puerto Escondido, Oaxaca.....	65
<b>Cuadro A.8.</b> Ponderación de la variable Geología de Salina Cruz, Oaxaca. ....	65
<b>Cuadro A.9.</b> Ponderación de la variable Geomorfología de Puerto Escondido, Oaxaca. ...	66
<b>Cuadro A.10.</b> Ponderación de la variable Geomorfología de Salina Cruz, Oaxaca.....	66



## LISTADO DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1.</b> Susceptibilidad.....	56
---	----