



MODELACIÓN MATEMÁTICA DE RÍOS EN ZONAS URBANAS PARA LA OBTENCIÓN DE MAPAS DE RIESGO ANTE INUNDACIONES: CASO DE ESTUDIO RÍO JIGÜE

Autor:

Anabel Reyes Ramírez

Tutores:

MSc. Raymundo Rodríguez T.

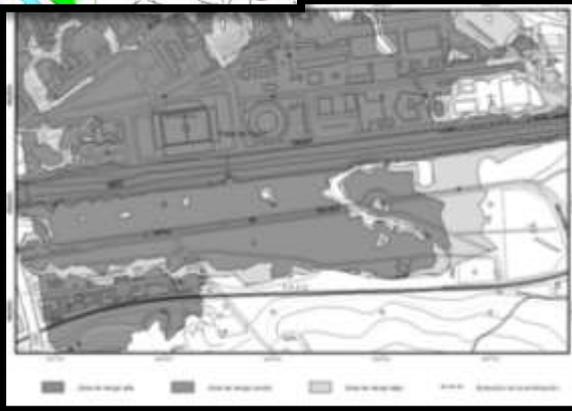
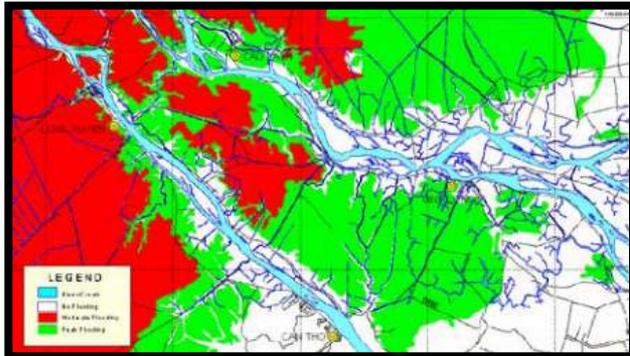
Ing. Aniel Álvarez González.



**Las inundaciones
constituyen
fenómenos
naturales
potencialmente
destructivos.**



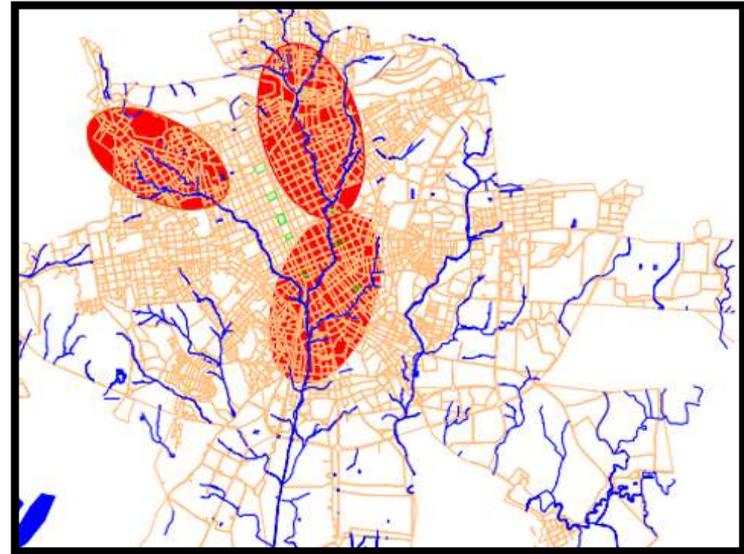
Los mapas de zonificación de riesgo obtenidos mediante los modelos matemáticos de simulación hidráulica, constituyen una herramienta eficaz para prevenir pérdidas y reducir daños.



INTRODUCCIÓN



En Holguín el 4.4% de los habitantes pueden ser vulnerables a las inundaciones (13 859)





INTRODUCCIÓN



Río Jigüe



INTRODUCCIÓN



Crecida mes
Julio 2006
(102.3 mm en
dos horas)
Nivel
aproximado
2.70 m



Problema de la investigación

La necesidad de realizar un modelo matemático preciso que refleje las condiciones actuales del cauce y permita obtener mapas de riesgo confiables para la reducción de vulnerabilidad ante inundaciones en la cuenca del río Jigüe.

Objeto de la investigación

Estudios para reducción de riesgo y vulnerabilidad ante inundaciones fluviales.

Campo de acción

Modelaciones matemáticas de fenómenos hidráulicos para la obtención de mapas de riesgo ante inundaciones fluviales.



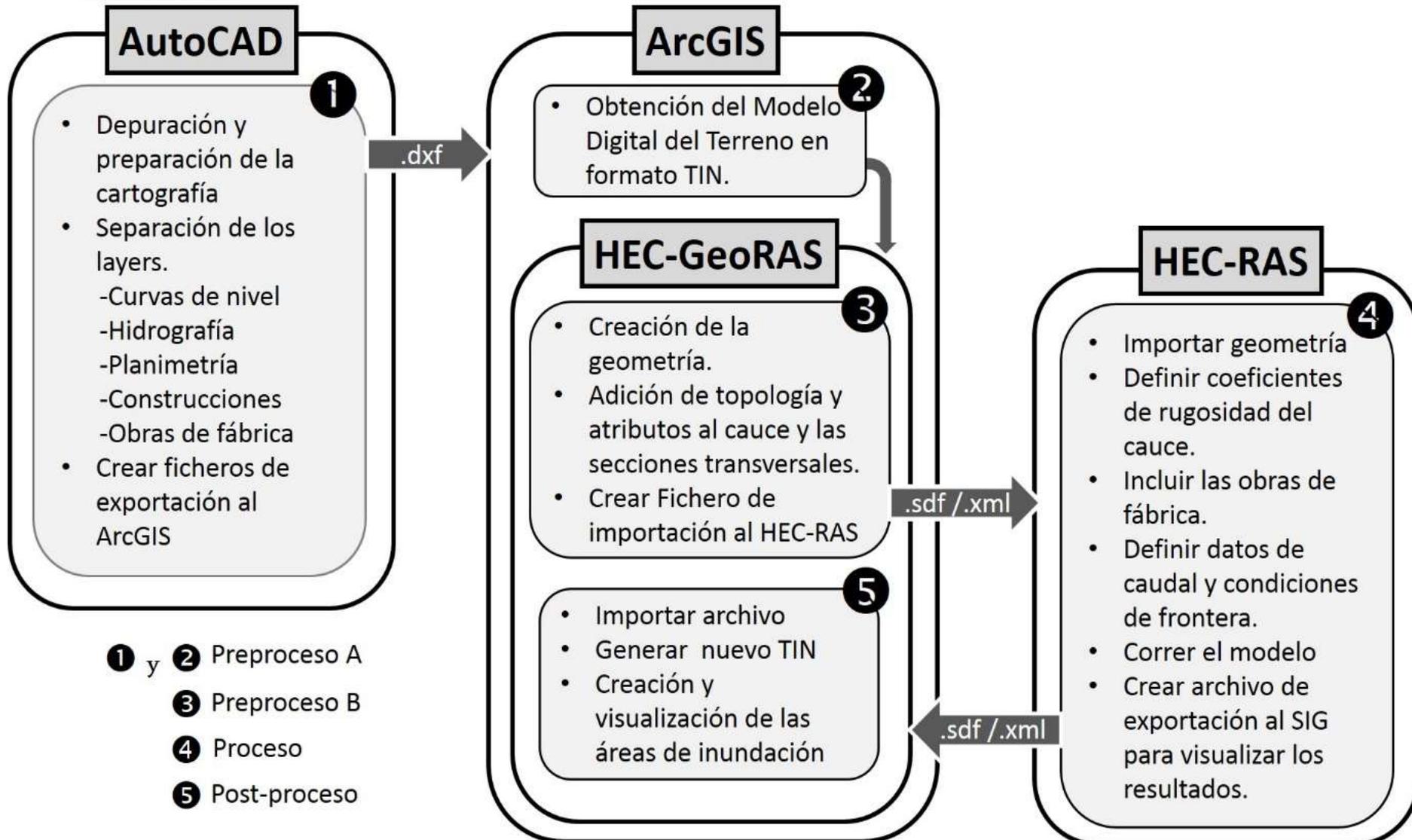
Objetivo general

Realizar la modelación matemática de un tramo del río Jigüe de la ciudad de Holguín para la obtención de los mapas de riesgo ante inundaciones fluviales.

Hipótesis

Si se modela matemáticamente las condiciones actuales del cauce del río Jigüe se podrán obtener mapas de riesgo más confiables y así reducir la vulnerabilidad a las inundaciones en este río de la ciudad de Holguín.

Secuencia de trabajo para la modelación



Aplicación en el río Jigüe de la ciudad de Holguín

AutoCAD

1

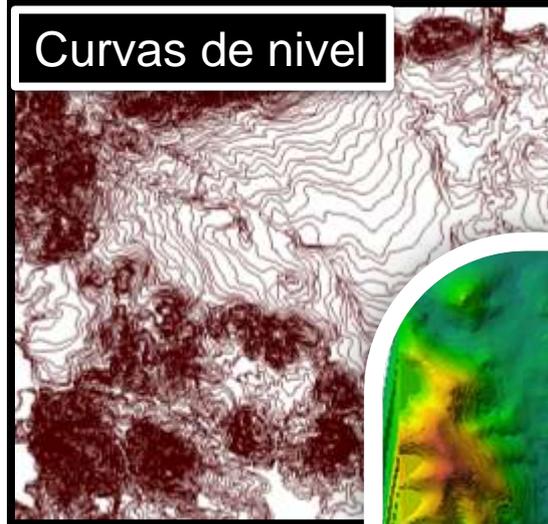
- Depuración y preparación de la cartografía
- **Separación de los layers.**
 - Curvas de nivel
 - Hidrografía
 - Planimetría
 - Construcciones
- Crear ficheros de exportación al ArcGIS

ArcGIS

2

- **Obtención del Modelo Digital del Terreno en formato TIN.**

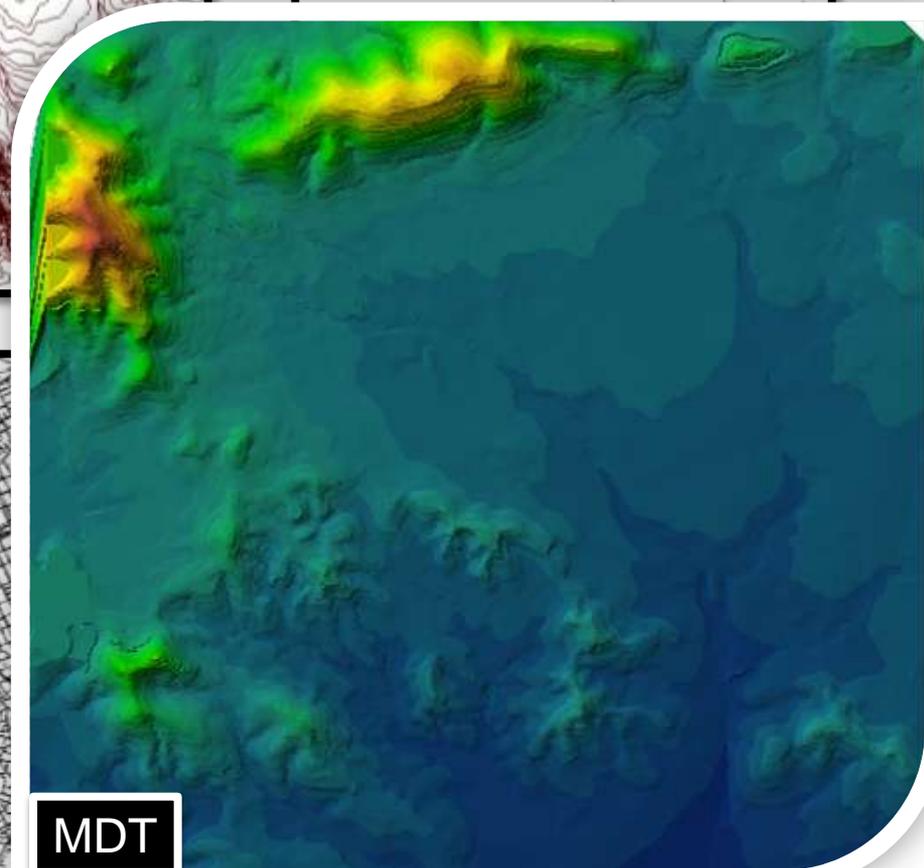
Curvas de nivel



Red Hidrográfica



Planimetría



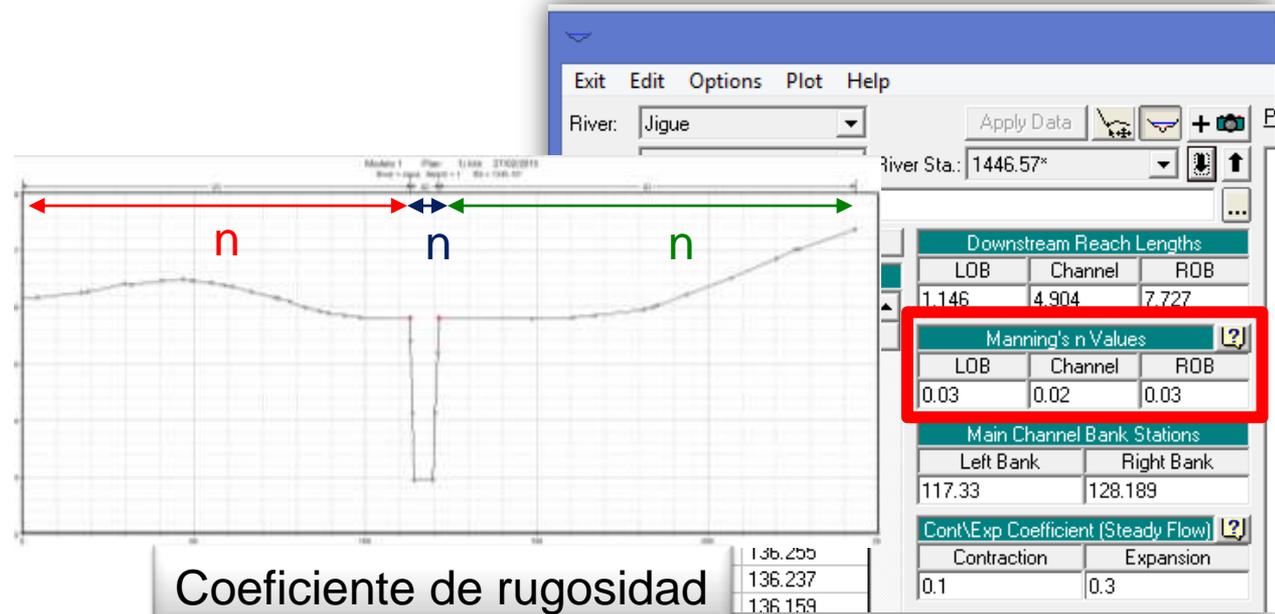
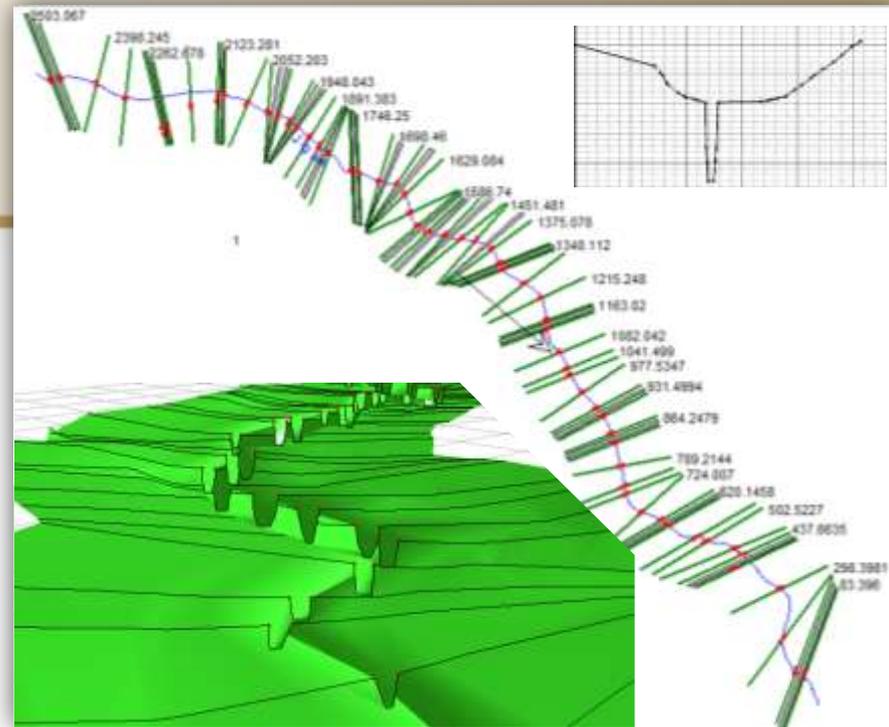
MDT

Secciones transversales

HEC-RAS

4

- **Importar geometría**
- **Definir coeficientes de rugosidad del cauce.**
- Incluir las obras de fábrica.
- Modelar las viviendas
- Definir datos de caudal y condiciones de frontera.
- Correr el modelo
- Crear archivo de exportación al SIG para visualizar los resultados.



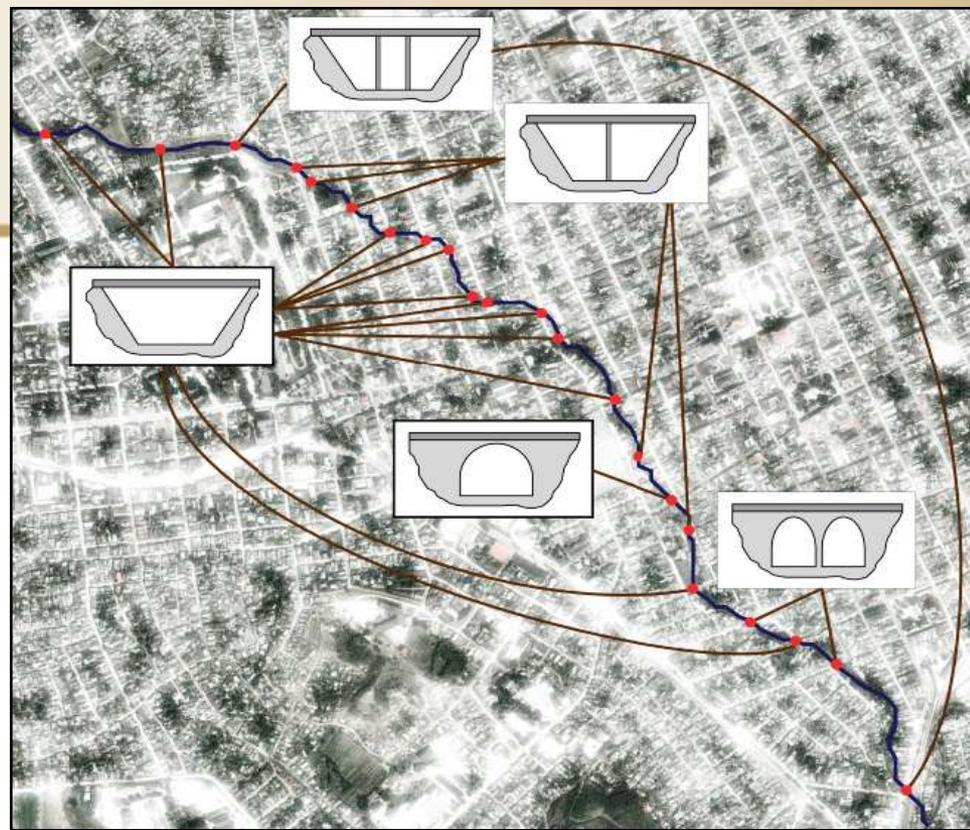
Coeficiente de rugosidad

136.253
136.237
136.159

HEC-RAS

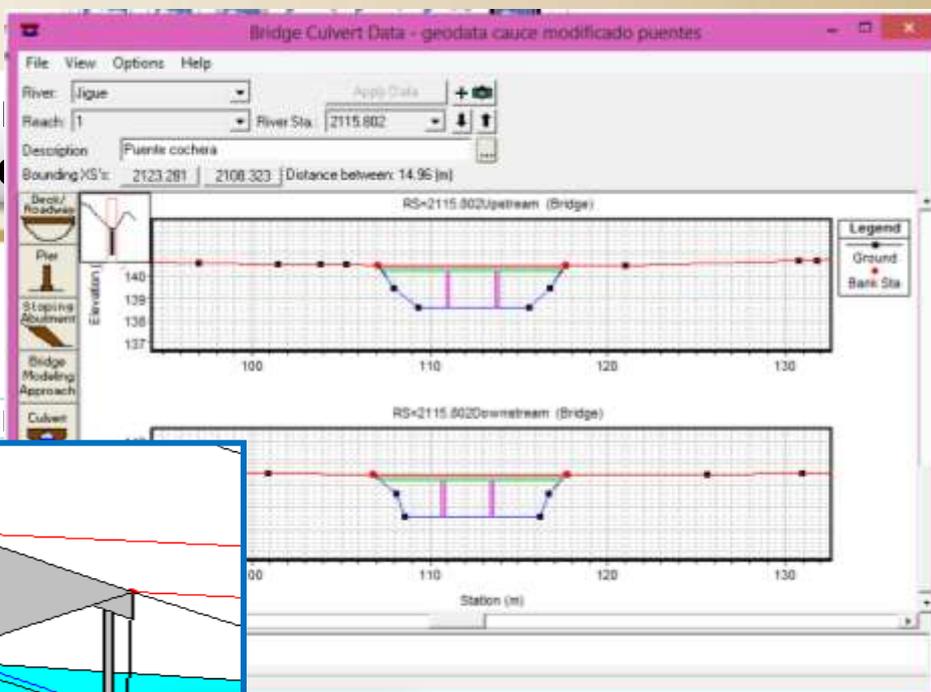
4

- Importar geometría
- Definir coeficientes de rugosidad del cauce.
- **Incluir las obras de fábrica.**
- Modelar las viviendas
- Definir datos de caudal y condiciones de frontera.
- Correr el modelo
- Crear archivo de exportación al SIG para visualizar los resultados.





Levantamiento geométrico de las obras de fábrica

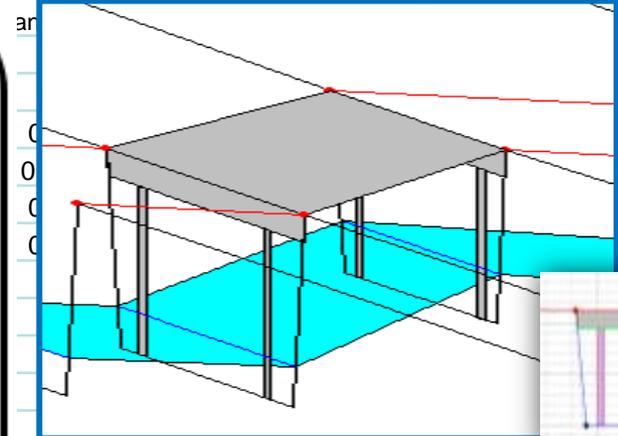


HEC-RAS

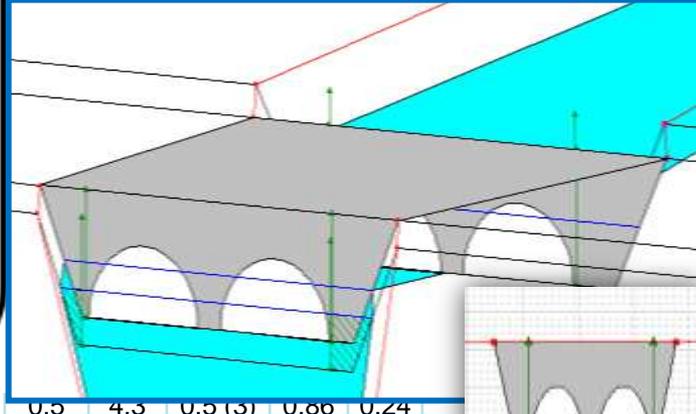
4

- Importar geometría
- Definir coeficientes de rugosidad del cauce.
- **Incluir las obras de fábrica.**
- Modelar las viviendas
- Definir datos de caudal y condiciones de frontera.
- Correr el modelo
- Crear archivo de exportación al SIG para visualizar los resultados.

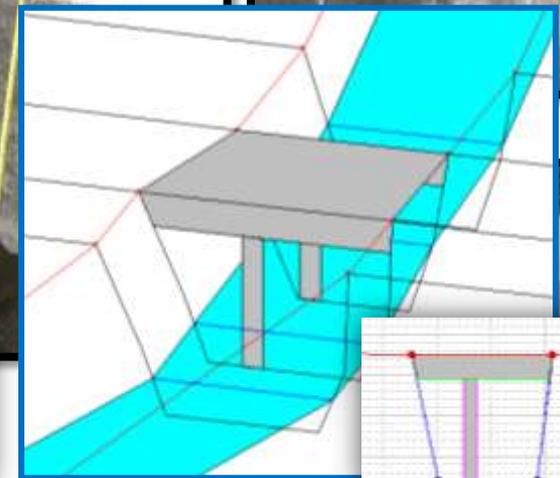
Pilas Preti



0.73 0.19 10



0.5 4.3 0.5 (3) 0.86 0.24

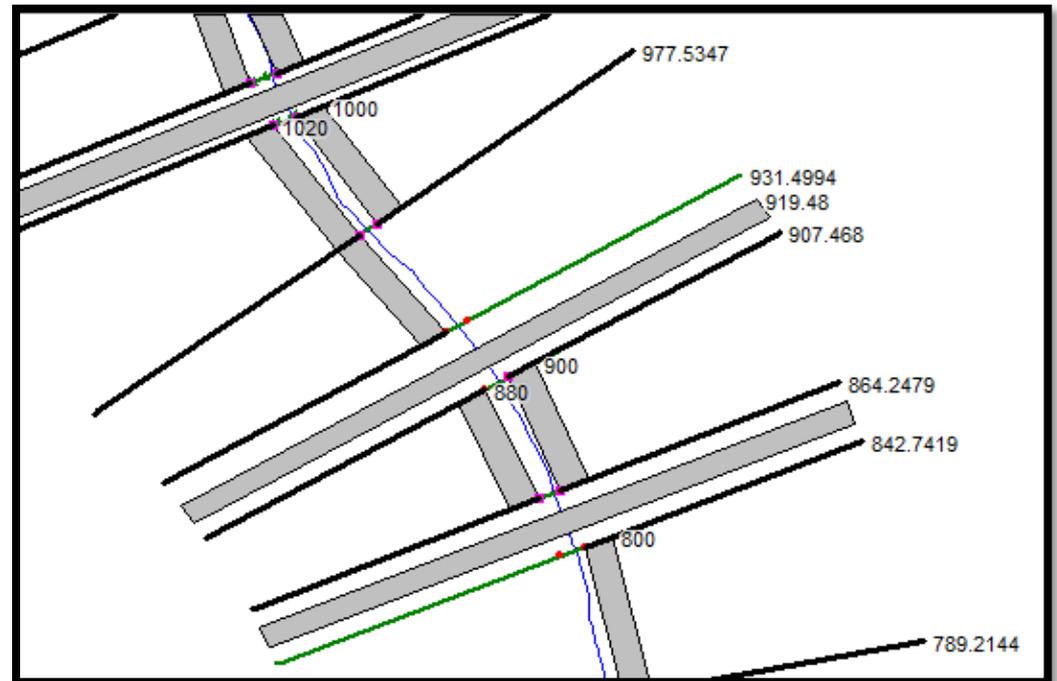


Maceo 16.6 8 0.7 2

HEC-RAS

4

- Importar geometría
- Definir coeficientes de rugosidad del cauce.
- Incluir las obras de fábrica.
- **Modelar las viviendas**
- Definir datos de caudal y condiciones de frontera.
- Correr el modelo
- Crear archivo de exportación al SIG para visualizar los resultados.





Aplicación en el río Jigüe de la ciudad de Holguín

HEC-RAS

4

- Importar geometría
- Definir coeficientes de rugosidad del cauce.
- Incluir las obras de fábrica.
- Modelar las viviendas
- **Definir datos de caudal y condiciones de frontera.**
- Correr el modelo
- Crear archivo de exportación al SIG para visualizar los resultados.

Introducción de los datos de flujos

Steady Flow Data - hidrología 2

File Options Help

Enter/Edit Number of Profiles (25000 max): 5 **Reach Boundary Conditions ...** Apply Data

Locations of Flow Data Changes

River: Jigüe Add Multiple...

Reach: 1 River Sta.: 2503.067 Add A Flow Change Location

Flow Change Location			Profile Names and Flow Rates				
River	Reach	RS	1%	2%	5%	10%	20%
1 Jigüe	1	2503.067	41.5	34.8	23.5	18.3	9
2 Jigüe	1	2052.203	42	36	28	19	10
3 Jigüe	1	1891.383	44	38	29	20	11
4 Jigüe	1	1763.87	45	39	30	21	11
5 Jigüe	1	1375.078	59	51	39	27	15
6 Jigüe	1	1082.042	71	61	47	33	17
7 Jigüe	1	599.7615	82	71	55	38	20
8 Jigüe	1	172.559	97	84	64	44	23

Steady Flow Boundary Conditions

Set boundary for all profiles Set boundary for one profile

Available External Boundary Condition Types

Known W.S. Critical Depth Normal Depth Rating

Selected Boundary Condition Locations and Types

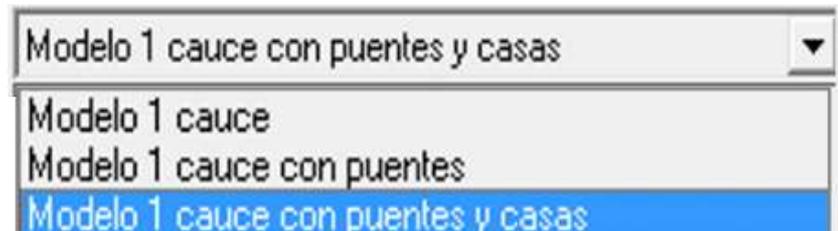
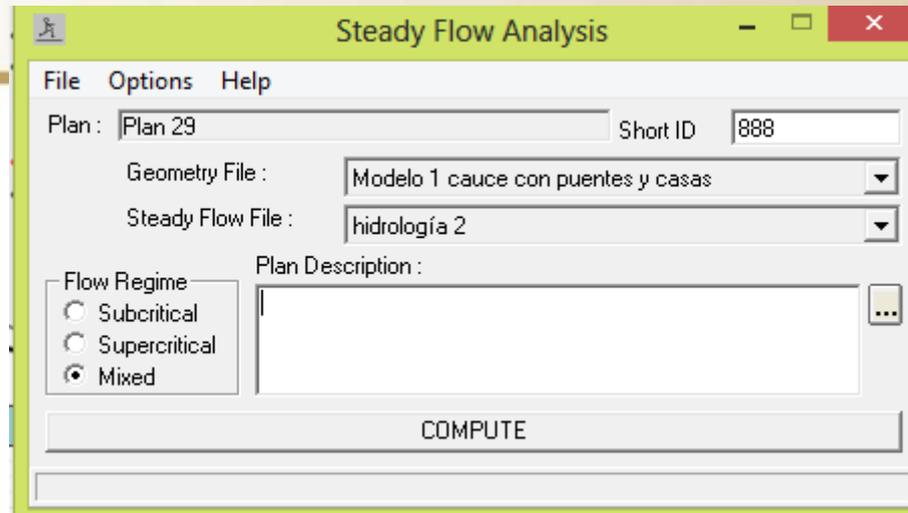
River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
Jigüe	1	all	Normal Depth S = 0.008	Normal Depth S = 0.008

HEC-RAS

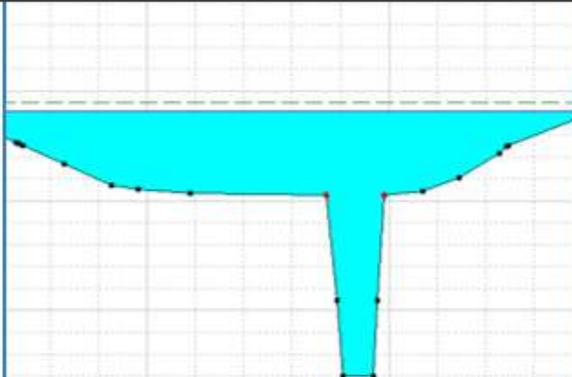
4

- Importar geometría
- Definir coeficientes de rugosidad del cauce.
- Incluir las obras de fábrica.
- Modelar las viviendas
- Definir datos de caudal y condiciones de frontera.
- **Correr el modelo**
- Crear archivo de exportación al SIG para visualizar los resultados.

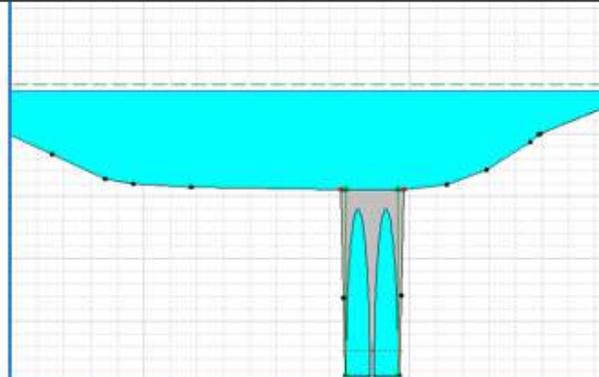
Aplicación en el río Jigüe de la ciudad de Holguín



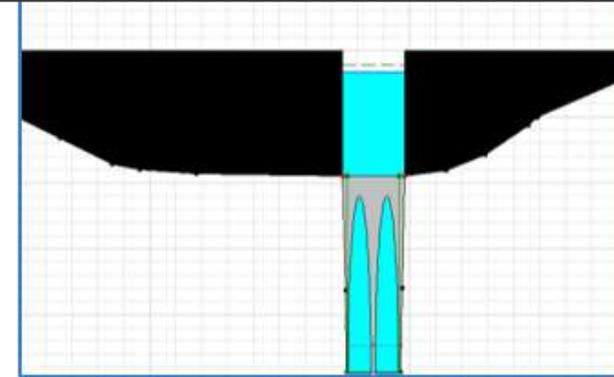
Cauce natural



Con puentes



Con puentes y viviendas



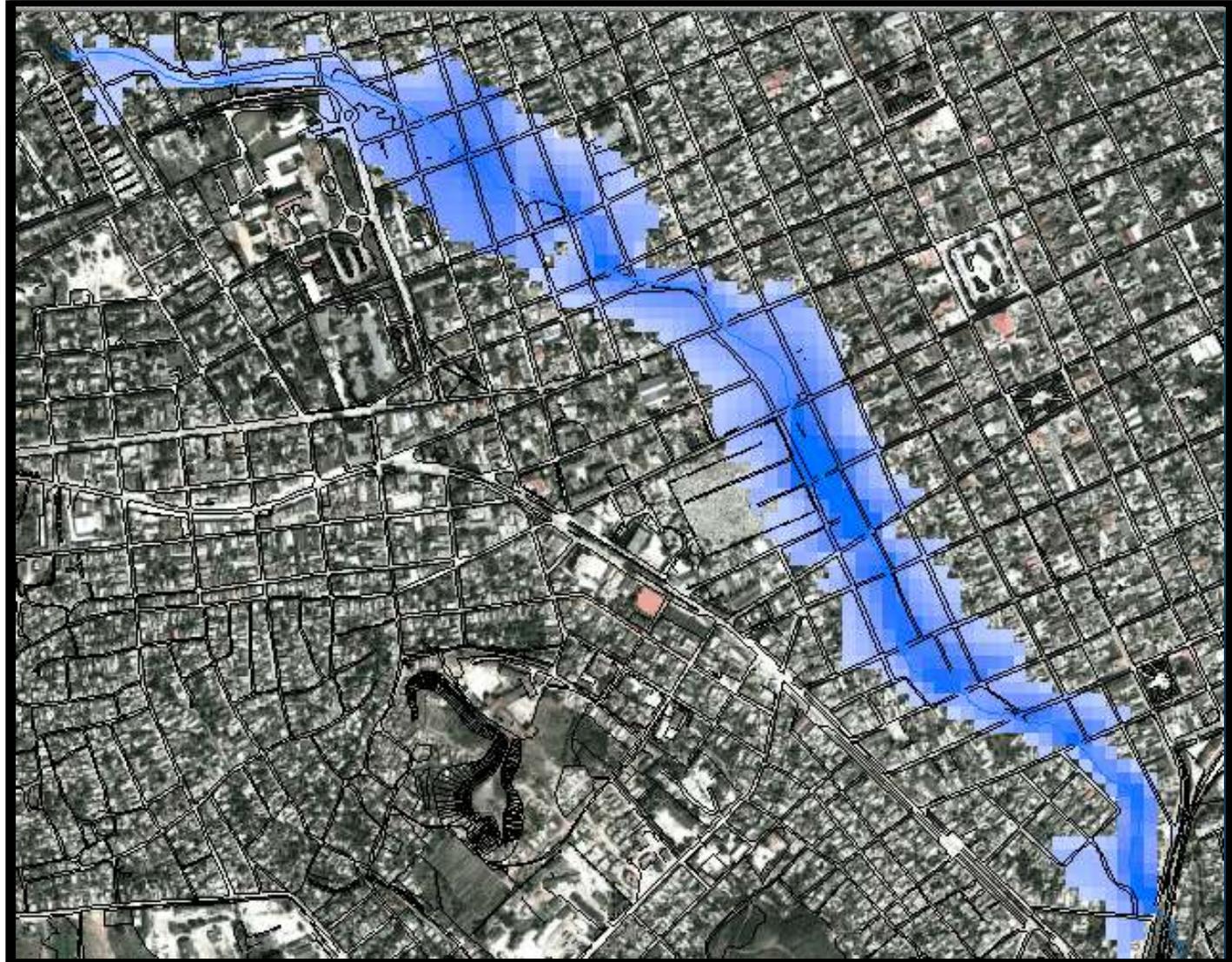
Mapa de riesgo ante inundaciones del río Jigüe

ArcGIS

HEC-GeoRAS

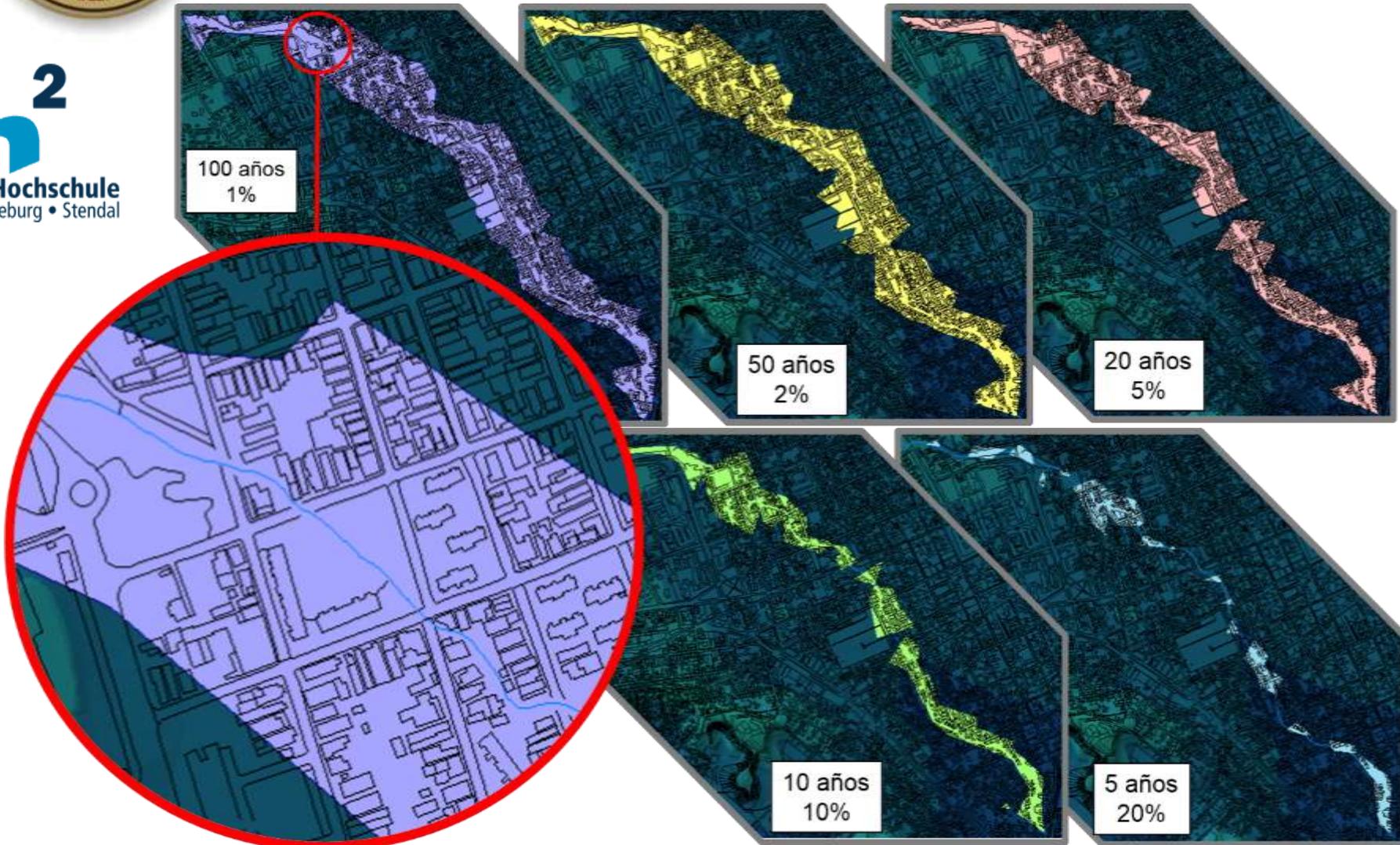
5

- Importar archivo
- Generar nuevo TIN
- **Creación y visualización de las áreas de inundación**





Cuantificación de los posibles daños durante las inundaciones



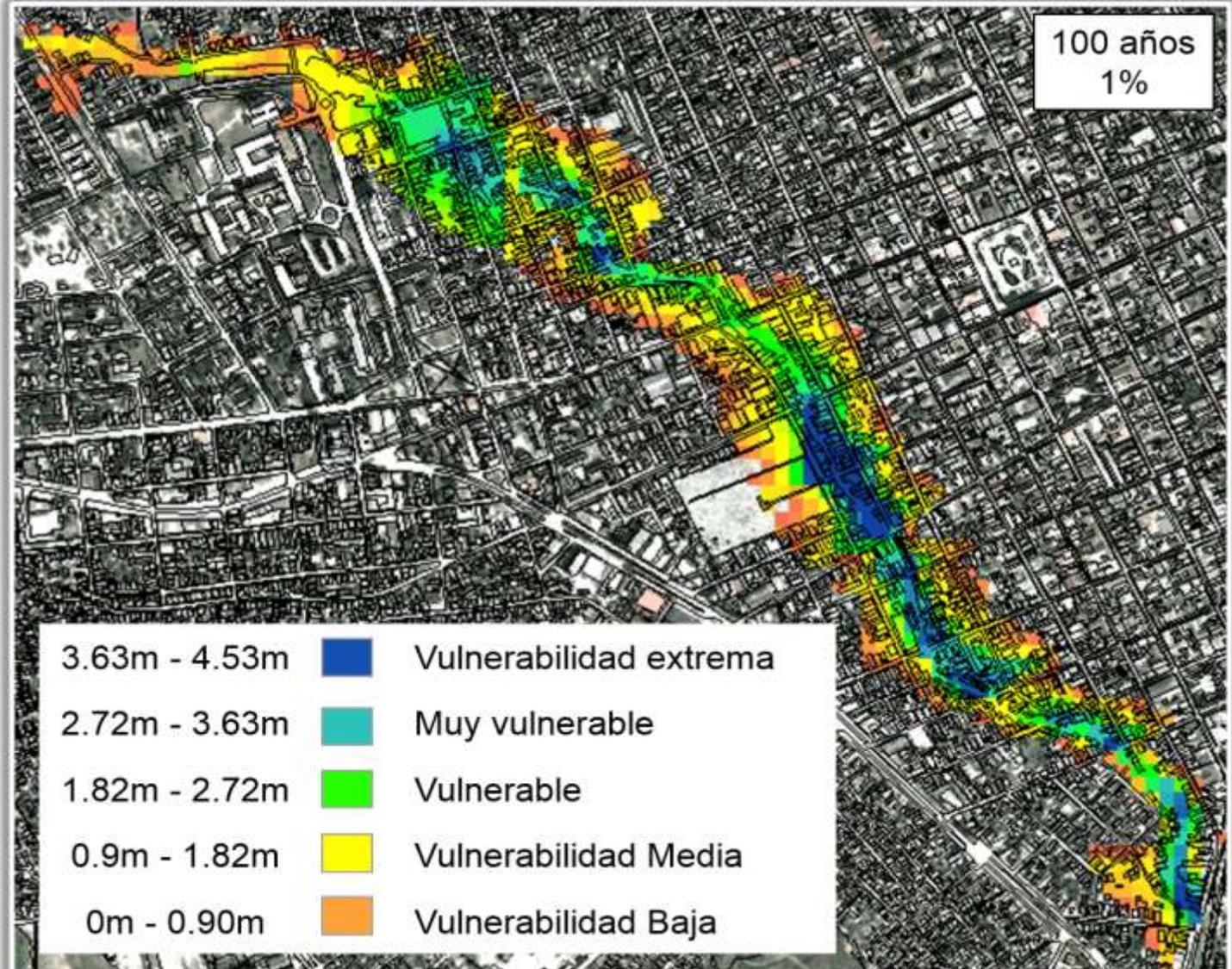


Cuantificación de los posibles daños durante las inundaciones

Cuantificación de los daños en el río Jigüe.

Probabilidad	Área Inundable		Viviendas en riesgo	Habitantes vulnerables
	m ²	km ²		
Q(100) 1%	357433.35	0.36	1446	5784
Q(50) 2%	298623.11	0.29	1274	5096
Q(20) 5%	232314.68	0.23	935	3740
Q(10) 10%	165588.74	0.165	660	2640
Q(5) 20%	64439.08	0.06	249	996

Clasificación de las zonas de riesgo





- Se logró representar en el modelo las obras de fábrica y simular el efecto de las construcciones que se encuentran en las márgenes del río. Estas características propias de un río en zonas urbanas, garantizan la similitud de los resultados con los fenómenos ocurridos en la vida real.
- El uso del software HEC-RAS con su potente algoritmo de cálculo y abalado internacionalmente en el uso de este tipo de condiciones, asegura la calidad y confiabilidad de los resultados obtenidos en el cálculo hidráulico.
- Se mostró como se pudieron obtener a partir de los mapas, resultados concretos de las viviendas que presentan un mayor grado de vulnerabilidad y por lo tanto requieren una mayor atención por parte de los organismos responsables.
- Las zonas con mayor riesgo, según los mapas, se encuentran en las áreas bajas del Hospital Lenin y a partir de la calle Luz Caballero y hasta el final del río, coincidiendo con estudios de vulnerabilidad realizados en años anteriores.
- Los mapas obtenidos presentan un buen nivel de confiabilidad y pueden ser utilizados como herramientas para la toma de decisiones en cuanto al ordenamiento territorial y las políticas de protección ante desastres.



1. Para complementar este estudio y lograr resultados más completos se recomienda dar continuidad a la presente investigación a partir de los siguientes aspectos:
 - Utilizar datos de flujo más actualizados, incluso vincularlos con los resultados obtenidos a partir de un modelo hidrológico de la cuenca del río.
 - Trabajar con planos topográficos más actualizados, obtenidos preferiblemente a partir de levantamientos topográficos, capaces de describir detalladamente las características fisiográficas de la cuenca del río.
 - Profundizar en las aplicaciones y facilidades que brinda el modelo, como el estudio del transporte de sedimentos.
 - Modelar el comportamiento hidrodinámico del cauce en un modelo 2D y comparar los resultados con el enfoque 1D empleado en el presente trabajo.
 - Tener en cuenta la presencia de las viviendas en el cauce desde la obtención del modelo digital del terreno.
 - Obtener el catastro actualizado de la zona para realizar un inventario físico de las construcciones afectadas más reales, así como obtener por parte de planificación física el número exacto de la población afectada.



- Realizar un estudio económico detallado para determinar el costo monetario de los daños producidos por la inundación, según la magnitud de la misma.
 - Trabajar en la obtención de registros y datos de límites de avenidas que permitan hacer estudios comparativos para validar en un futuro este modelo
2. Aplicar esta misma secuencia de trabajo, en futuras simulaciones hidráulicas con el objetivo de obtener los mapas de riesgo ante inundaciones en el resto de las cuencas hidrográficas Marañón, Guillenes, Milagrito, que se encuentran en el sector urbano de la ciudad de Holguín. De esta manera conocer no solo la capacidad de transporte hídrico de toda la red hidrográfica, sino el nivel de vulnerabilidad que presentan todos los sectores de la ciudad.
3. Divulgar los resultados de la presente investigación en a las instituciones responsabilizadas, tanto en el ordenamiento territorial y la preservación de vidas y bienes materiales, como en el control de los recursos hídricos: Planificación Física, Consejo de Defensa Civil, RAUDAL, CITMA etc.



MUCHAS GRACIAS