



## Resumen del proyecto

### Empresa

Consejo municipal de Lisboa

### Lugar

Lisboa, Portugal

### Objetivos del proyecto

- Mitigar el riesgo de inundaciones en Lisboa a través de la intervención en la infraestructura existente.
- Mejorar la capacidad de drenaje de los sistemas de aguas pluviales existentes.
- Desviar el exceso de aguas pluviales en áreas críticas mediante la construcción de dos nuevos túneles.

### Productos utilizados

MOHID Studio, OpenFlows FLOOD

## Datos rápidos

- MOHID Studio y OpenFlows FLOOD se utilizaron para implementar un modelo 2D detallado y de alta resolución del área más crítica de Lisboa. Mediante la combinación del modelo de aguas pluviales con un modelo terrestre, fue posible representar diferentes escenarios y evaluar cuál sería la mejor solución para desviar el agua de las zonas críticas.
- Los eventos históricos se reprodujeron para validar el modelo durante la implementación. El modelo validado se utilizó para analizar diferentes períodos de retorno.
- La mejor trayectoria y el tamaño de los túneles se determinaron mediante la evaluación de los escenarios del modelo.

## ROI (retorno sobre la inversión)

- Gracias a la nueva infraestructura de mitigación de inundaciones, se evitarán 20 inundaciones importantes durante los próximos 100 años, lo cual permitirá ahorrar cientos de millones de euros.

# Avance hacia un paradigma proactivo con el respaldo de un modelado integrado preciso y complejo

Gracias al software de modelado de inundaciones de última generación de Bentley, es posible estudiar la efectividad del nuevo plan maestro de drenaje para el municipio de Lisboa

## Reiteradas inundaciones en el centro de Lisboa

Los cambios climáticos, como el aumento del nivel del mar y los frecuentes eventos de lluvias extremas, han aumentado el riesgo de inundaciones en la ciudad de Lisboa. Los alrededores de la ciudad portuguesa también han experimentado una rápida urbanización en los últimos años, por lo que el suelo se ha vuelto impermeable y se ha producido una mayor cantidad de inundaciones en la región. La mayoría de las veces, los eventos de inundación son una consecuencia de las fuertes lluvias, que ocurren en una o varias subcuencas.

La infraestructura existente en Lisboa no es adecuada para garantizar un drenaje eficiente durante estas tormentas. Por lo tanto las inundaciones en Lisboa, particularmente en el centro de la ciudad, se han convertido en un evento recurrente en los últimos años. Entre 1900 y 2006, Lisboa registró 84 inundaciones, y entre el 2008 y el 2014, se produjeron 15 eventos de inundaciones.

Más allá de los costos materiales, las consecuencias pueden afectar la salud y la vida de los seres humanos, por lo cual nació la necesidad urgente de un enfoque disruptivo, así que se creó un nuevo plan maestro de drenaje de EUR 170 millones para la municipalidad de Lisboa.

## Adopción de una solución disruptiva: cambiar de un pensamiento reactivo a una mentalidad proactiva

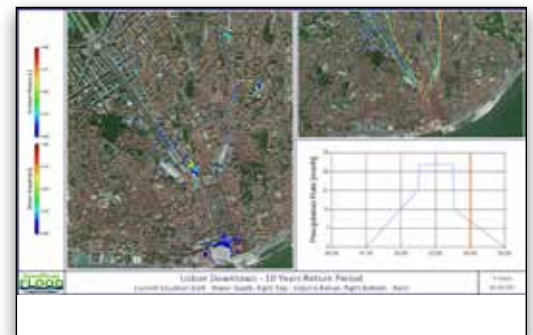
La construcción de reservas de agua subterránea en el centro de Lisboa es una estrategia posible para contener y prevenir eventos de inundaciones en la ciudad. Sin embargo, se determinó que las consecuencias de la construcción en el área del centro histórico no eran una opción. Por consiguiente, la estrategia alternativa era desviar el flujo de agua de las áreas de riesgo y canalizarlo hacia el estuario del Tajo.

Sin embargo, la viabilidad, la eficacia y las ventajas de esta solución de ingeniería compleja y disruptiva debían analizarse y cuantificarse completamente antes de la implementación. Para evitar los enfoques de gestión reactivos del pasado (construir primero y revisar las consecuencias después), esta vez se presentó un enfoque proactivo. La estrategia de la municipalidad de Lisboa era aprovechar toda la información, el conocimiento y la tecnología disponibles para desarrollar un plan integral, así como estudiar diferentes escenarios antes

de la implementación. El moderno simulador de inundaciones urbanas de Action Modulers se convirtió en un elemento clave en el desarrollo de este enfoque proactivo, ya que permite a la ciudad modelar escenarios alternativos de manera integral.

## En realidades complejas, es necesario un modelado complejo

El simulador de inundaciones urbanas se utilizó para desarrollar e implementar un modelo dinámico e integrado para estudiar tanto el drenaje como el flujo terrestre durante varios períodos de retorno. El objetivo principal era comparar la situación existente con el escenario futuro después de la implementación de la estrategia de construcción de túneles.



*Simulación de inundaciones en el centro de Lisboa. En la imagen, se muestra el agua estancada en la superficie (a la izquierda), la capacidad del sistema de aguas pluviales (arriba a la derecha) y la tormenta de diseño (abajo a la derecha).*

En el simulador de inundaciones urbanas, se integran dos motores de modelado numérico avanzado: 1) el motor MOHID Land para simular los procesos hidrológicos en las cuencas hidrográficas y los procesos hidráulicos del flujo terrestre 2D; y 2) el motor SWMM para simular el flujo en sistemas urbanos de aguas pluviales.

El intercambio de agua entre MOHID Land y los flujos de tuberías 1D se calcula a partir de gradientes hidráulicos, lo que permite que el agua terrestre fluya desde MOHID Land al sistema de aguas pluviales a través de entradas y canales, y, en el caso de sobrecargas de drenaje, se desborda a través de los pozos (agua que fluye de regreso del sistema de aguas pluviales a MOHID Land).

*La principal ventaja de usar este enfoque de modelado matemático es que facilita la implementación de un paradigma proactivo para analizar y visualizar con precisión las consecuencias de varios escenarios con una tecnología económica.*

**Obtenga más información sobre Bentley en:**  
**[www.bentley.com](http://www.bentley.com)**

**Póngase en contacto con Bentley**  
1-800-BENTLEY (1-800-236-8539)  
Fuera de los Estados Unidos  
+1 610-458-5000

**Listado de oficinas en el mundo**  
[www.bentley.com/contact](http://www.bentley.com/contact)

Se aplicaron mallas computacionales de alta resolución con más de 500 000 nodos, correspondientes a una resolución espacial de 4 metros. Estas mallas computacionales se basaron en interpolaciones de las capas de datos de topografía y planimetría actualizadas.

La lluvia considerada se basó en diferentes períodos de retorno y eventos históricos, se supuso que las condiciones del suelo eran de alta humedad (baja capacidad de infiltración) y se analizaron dos escenarios diferentes de nivel del mar.

### **Validación de intervenciones costosas con tecnologías económicas**

El sistema de modelado implementado permitió al equipo reproducir, de manera positiva, las inundaciones frecuentes que se han producido en el centro de Lisboa el último tiempo.

Las comparaciones entre la situación actual y la solución propuesta permitieron al equipo identificar claramente la solución planteada como una opción válida y efectiva, lo cual permitió reducir el área de inundación significativamente.



*Simulación de inundaciones en el centro de Lisboa. En la imagen, se muestra una comparación de dos escenarios diferentes.*

La principal ventaja de usar este enfoque de modelado matemático es que facilita la implementación de un paradigma proactivo para analizar y visualizar con precisión las consecuencias de varios escenarios con una tecnología económica. Este beneficio permite a los encargados de la toma de decisiones reducir los riesgos de decisiones inadecuadas e insostenibles sobre la recuperación de la infraestructura de drenaje, lo cual suele ser un proceso costoso.