

# Soluciones basadas en la naturaleza para la resistencia a las inundaciones

## Salisbury Brook y Salisbury Plain River



**Ciudad de Brockton**  
Brockton, Massachusetts

Diciembre de 2020



1550 Main Street, Suite 400  
Springfield, MA 01103



## Resumen ejecutivo

En 2019, la Oficina Ejecutiva de Energía y Asuntos Ambientales de Massachusetts otorgó una subvención de acción para la Preparación ante la Vulnerabilidad Municipal (MVP) a la Ciudad de Brockton para que lleve a cabo un estudio que desarrollaría una comprensión precisa de los riesgos para la infraestructura, el medio ambiente y los residentes que tienen como resultado las inundaciones en la ciudad, y para que identifique soluciones que aborden esos riesgos y que aumenten la resistencia a las inundaciones a lo largo de Salisbury Brook y Salisbury Plain River. Este informe documenta el proceso y los hallazgos de ese estudio y recomienda enfoques basados en la naturaleza que imitan los sistemas naturales o funcionan con estos para aumentar la capacidad de almacenamiento de inundaciones, disminuir el riesgo de inundaciones y aumentar de manera proactiva la resistencia de la ciudad a los impactos del cambio climático.

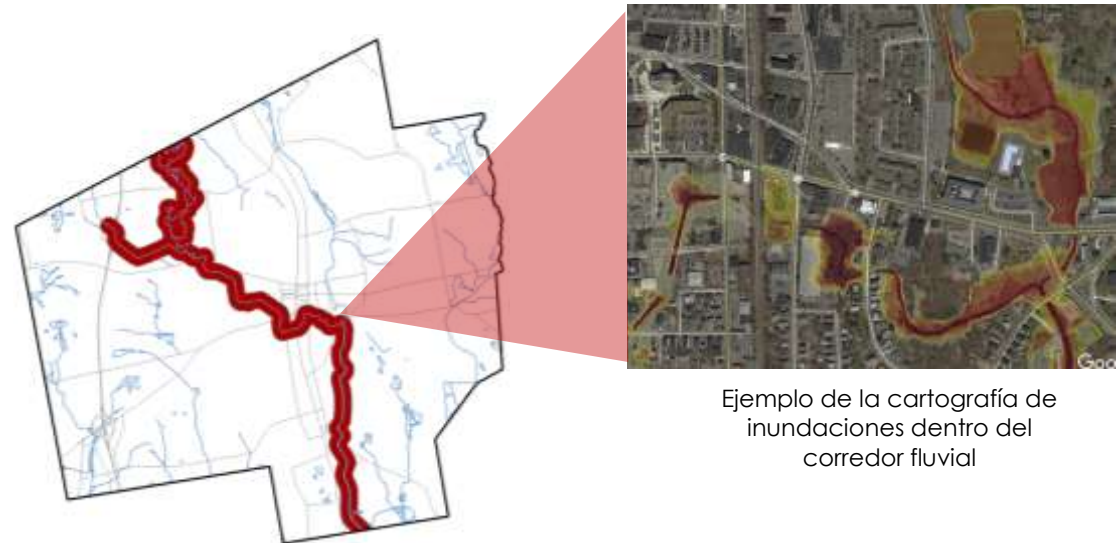
### Antecedentes y descripción general del proyecto

La ciudad ha venido sufriendo un aumento en la frecuencia de las tormentas que causan problemas de inundaciones en vecindarios y carreteras. Las tormentas intensas que ocurren durante todo el año producen grandes volúmenes de lluvia, lo que hace que los ríos y arroyos se desborden, que se ejerza una presión significativa sobre las presas y alcantarillas, y que el sistema de infraestructura de aguas pluviales se sobrecargue. A menudo, el impacto de las inundaciones se manifiesta en toda la ciudad, por ejemplo, en los cierres de carreteras en lugares propensos, como Crescent Street y Kmart Plaza en Main Street. Se prevé un aumento en la frecuencia de las precipitaciones extremas y las inundaciones debido a los efectos del cambio climático.

Debido al alto grado de superficies impermeables en la ciudad, incluso los volúmenes moderados de aguas pluviales en Brockton pueden causar la inundación de edificios e infraestructuras. En 2010, los rescatistas tuvieron que sacar a los residentes de las casas inundadas mediante un

bote. Además, se sabe que ciertos vecindarios son particularmente propensos a las inundaciones y a los cortes de energía relacionados. A lo largo de Belmont Avenue, la ciudad ya compró y demolió cuatro casas debido a los reiterados daños por inundaciones.

Con el fin de desarrollar un plan para abordar estos problemas de inundaciones a nivel de toda la ciudad, en lugar de cada caso en particular, la ciudad se asoció con Fuss y O'Neill para garantizar el financiamiento a través del programa MVP de subvenciones de acción para desarrollar un enfoque integrado de todas las aguas que permita aumentar la resistencia a las inundaciones en toda la ciudad. Desde el inicio de este proyecto, la ciudad ha sido muy consciente de sus vecinos río abajo, por lo que reconoce que si bien acelerar el paso del agua a través de la ciudad podría aliviar algunas preocupaciones en relación con las inundaciones, esto solo causaría mayores impactos para las comunidades río abajo. Los enfoques que se señalan aquí se centran en detener e infiltrar el agua en la parte alta de la cuenca para limitar los impactos de las inundaciones aguas abajo. El proyecto se diseñó para evaluar la viabilidad del uso de soluciones basadas en la naturaleza, como la restauración de humedales y llanuras aluviales o la implementación de infraestructuras verdes para abordar tanto las inundaciones ribereñas como las inundaciones provocadas por el drenaje pluvial, y para priorizar proyectos futuros que tengan como objetivo aumentar la capacidad de almacenamiento de inundaciones y mitigar riesgo de inundaciones.

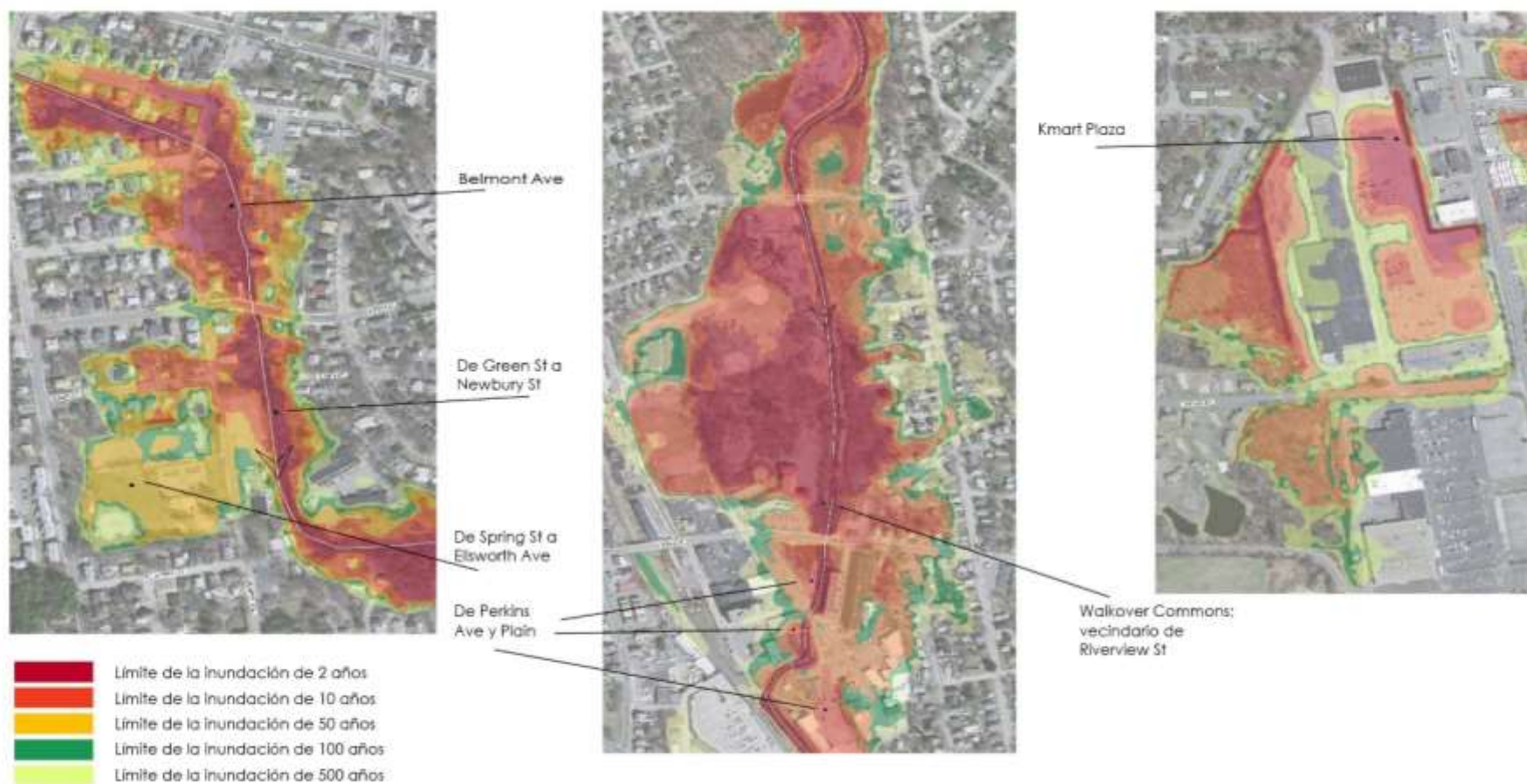


Ejemplo de la cartografía de inundaciones dentro del corredor fluvial

## Áreas propensas a inundaciones

Fuss y O'Neill realizó simulaciones hidráulicas e hidrológicas del corredor de Salisbury Brook y Salisbury Plain River, que divide la ciudad de norte a sur. Este tipo de simulaciones nos permite predecir y cartografiar los límites de la inundación, es decir, qué tan lejos se extenderán las aguas de la crecida durante las tormentas de diferentes magnitudes. Los resultados de los análisis identificaron las áreas más propensas a inundaciones frecuentes, incluidas las que se muestran aquí. La cartografía de las inundaciones para todo el corredor fluvial está disponible en el informe completo.

Las simulaciones también revelaron que varios puentes en todo el sistema fluvial se desbordarían durante el evento de inundación de 10 años, incluidos los de Prospect Street, Belmont Avenue, North Arlington Street/Newbury Street, Pine Avenue y Perkins Avenue. Estos se consideran los puentes más propensos a inundaciones durante las grandes precipitaciones.



## Impactos climáticos previstos

El cambio climático está afectando los patrones de precipitaciones, por lo que los eventos de lluvia más intensos y fuertes son más frecuentes en todo el noreste. El aumento de la intensidad y frecuencia de las tormentas más grandes contribuirá a empeorar las condiciones de inundación a lo largo del sistema de Salisbury Brook/Salisbury Plain River. Para tener en cuenta las condiciones futuras previstas, la simulación hidráulica que se construyó para este proyecto aplica un factor de aumento de las precipitaciones que simula los eventos de precipitaciones futuros con un incremento del 20 % en comparación con las tormentas actuales. (Este factor de aumento coincide con las proyecciones climáticas a escala regional y local). Para el año 2040, las proyecciones indican que, en varios puntos del sistema fluvial, la crecida de 2 años producirá niveles de elevación de inundaciones que varían de 1 pulgada a 16 pulgadas por encima lo que se experimenta en una crecida de 2 años en la actualidad, mientras que la crecida de 100 años del año 2040 producirá un aumento de los niveles de elevación de inundaciones que van de 1 pulgada a 31 pulgadas por encima lo que se experimenta en una crecida de 100 años en la actualidad.

## Evaluación y priorización de riesgos

Se desarrolló una herramienta de evaluación y priorización de riesgos de manera específica para la ciudad de Brockton que utiliza un método de puntuación ponderado para priorizar las propiedades/parcelas y las infraestructuras de carreteras y puentes ubicadas dentro de las áreas de inundación que se cartografiaron. Las parcelas dentro de las llanuras aluviales de Salisbury Brook y Salisbury Plain River se clasificaron y puntuaron según los siguientes factores:

- "criticidad", donde las instalaciones más críticas son aquellas para las cuales incluso una pequeña posibilidad de inundación representa una amenaza significativa para la salud y la seguridad públicas (p. ej., los hospitales o las estaciones de policía);
- impactos potenciales en el desarrollo económico y el empleo;
- valor en la provisión de vivienda para los residentes de la ciudad;
- valor de los posibles daños económicos directos en caso de inundación;
- extensión geográfica de los impactos para las carreteras.

El proceso de priorización se utilizó para identificar las propiedades individuales con puntuaciones de alto riesgo, así como para identificar las ubicaciones donde se concentra el riesgo. Dichas ubicaciones de concentración ayudan a resaltar las áreas de uso residencial o no crítico que pueden no tener una puntuación alta de manera individual, pero que representan un "punto crítico" de riesgo dentro de la ciudad.

Los tonos más oscuros indican las ubicaciones que obtuvieron las puntuaciones más altas en cuanto al nivel de riesgo.



## Soluciones basadas en la naturaleza para el almacenamiento de inundaciones

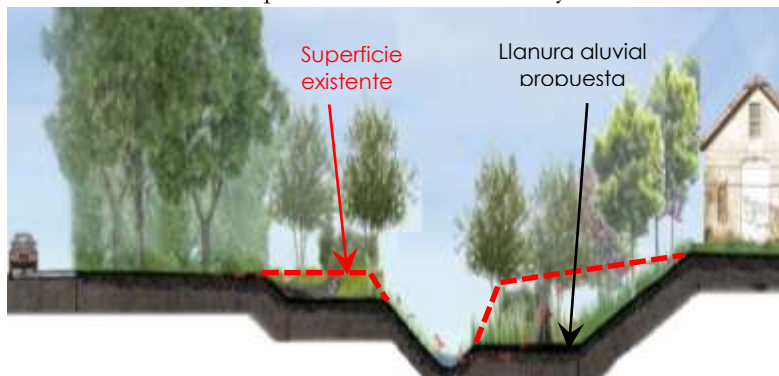
Las soluciones basadas en la naturaleza se enfocan en restaurar o mejorar el hábitat natural y las funciones de almacenamiento de inundaciones de las áreas de estanque o las llanuras de inundación para aumentar el almacenamiento y reducir la elevación de las inundaciones. Las técnicas de restauración incluyen la excavación para aumentar el almacenamiento de la llanura aluvial, el ensanchamiento del canal del río en las áreas donde el desarrollo ha provocado la invasión de la llanura natural aluvial del río, y la iluminación natural de los canales de arroyos subterráneos.

En un inicio, se consideró a las parcelas de propiedad de la ciudad y las parcelas no desarrolladas como sitios donde implementar las soluciones basadas en la naturaleza. Además, se pensó en las adquisiciones y en la compra de propiedades desarrolladas; sin embargo, estas opciones suelen ser más costosas.

El análisis incluyó una evaluación de tres tipos de alternativas:

- Excavación y mejora ecológica de Ellis Brett Pond o Cross Pond
- Restauración de las llanuras aluviales en parcelas no desarrolladas
- Compra/reubicación y restauración de las llanuras aluviales en sitios desarrollados

Se realizaron análisis de costo-beneficio para conocer el orden de magnitud de cada alternativa de modo que esto ayude en la priorización de los proyectos recomendados. De este análisis surgieron tres posibles soluciones como las opciones más beneficiosas y rentables.



Sección habitual de restauración de las llanuras aluviales (modificado del Departamento de Transporte de Virginia [VDOT], 2018)

## 1) Instalación de una compuerta de aliviadero e implementación de la estrategia de gestión del nivel del agua en Ellis Brett Pond

Una compuerta de cresta con bisagras en la parte inferior controlada de manera remota permitiría a la ciudad aprovechar mejor el almacenamiento de inundaciones existente disponible en Ellis Brett Pond. Si se instala una compuerta, se podrían bajar los niveles del agua antes de las grandes tormentas; luego, se podría elevar la compuerta para permitir la detención del escurrimiento para su posterior liberación al río de manera controlada.

- Mejor alternativa independiente
- Beneficios en todo el sistema fluvial
- Reducción de entre 6 pulgadas y 1 pie a más en cuanto a las inundaciones en los tramos superiores
- Beneficios primarios para los eventos de 2 y 10 años
- Costo estimado: \$400 000 a \$900 000 (no incluye la operación ni el mantenimiento)

Instalación de la compuerta del aliviadero en Ellis Brett Pond: Cambio simulado en la elevación de la superficie del agua para cada evento de tormenta (pies). Las reducciones de 0,2 pies o más se muestran en azul.				
Ubicación en el sistema fluvial	2 años	10 años	50 años	100 años
De Elmwood Ave a Pleasant St	-1,0	-0,7	-0,0	0,0
Del conducto de Pleasant St a Moraine St	-1,1	-0,9	-0,1	0,0
Del conducto de Moraine St a Ash St	-0,8	-0,7	-0,3	0,0
De Ash St a Belmont Ave	-0,8	-0,4	-0,1	0,0
De Belmont Ave a Carleton St	-0,6	-0,3	-0,1	0,0
De Carleton St a la alcantarilla N. Arlington	-0,9	-0,5	-0,1	0,0
De Belmont St a Allen St	-0,6	-0,3	0,0	0,0
De Allen St a White Ave	-0,4	-0,1	-0,1	0,0
De White Ave al puente ferroviario	-0,5	-0,2	-0,1	0,0
Del puente ferroviario a Otis St	-0,4	-0,1	-0,1	0,0
De Otis St a Grove St	-0,3	-0,2	-0,1	0,0
De Pine Ave a Perkins Ave	-0,4	-0,1	-0,1	0,0
De Perkins Ave a Plain St	-0,4	-0,2	-0,1	0,0
De Plain Street a Sargent's Way	-0,2	-0,1	0,0	0,0
De Sargent's Way a K-Mart Plaza	-0,2	-0,1	0,0	0,0

## 2) Excavación y mejora ecológica de Ellis Brett Pond

En la actualidad, el Ellis Brett Pond tiene un área de superficie de embalse normal de cerca de 1,6 acres y, por lo general, contiene cerca de 13 000 yardas cúbicas de agua. Una presa retiene el estanque que, por lo general, se mantiene en condiciones secas con controles de flujo mínimos (tabloncillos de embalse) aplicados al vertedero principal de la presa. Se propone la excavación y restauración/mejora de los humedales en un área de hasta nueve acres, principalmente al norte del embalse existente, para aumentar el área de almacenamiento disponible por debajo de la elevación típica de la superficie del agua.

- Reducción de hasta seis pulgadas en la elevación de la inundación para eventos de 2 a 100 años como una alternativa independiente
- Beneficios que se extienden desde el embalse hasta Otis Street
- Posibles dificultades en materia de permisos
- Costo estimado: \$2,5 millones a \$5 millones



## 3) Restauración de llanuras aluviales de parcelas no desarrolladas cerca de Sargent's Way

Se propone la excavación en tres parcelas sin desarrollar que son propiedad de la ciudad entre Plain Street y Sargent's Way para crear 18 300 yardas cúbicas adicionales de almacenamiento en llanuras aluviales. Se propone crear 22 500 yardas cúbicas adicionales de almacenamiento de inundaciones mediante la excavación en tres áreas no desarrolladas dentro de parcelas de propiedad privada que se ubican inmediatamente aguas abajo de Sargent's Way a lo largo de una sección restringida del canal del río.

- Reducciones de entre 7 y 9 pulgadas en la elevación de la inundación para los eventos de 2 a 100 años
- Impactos limitados a Pine Street y a las áreas aguas abajo
- Mayores reducciones de la elevación de inundaciones en el extremo sur de la ciudad en relación con las alternativas de Ellis Brett Pond
- Costo estimado de \$2,5 millones a \$4,8 millones



Límites propuestos para la excavación de Ellis Brett Pond

## Enfoque recomendado

Recomendamos implementar un enfoque basado en la naturaleza que incluye tanto la excavación de Ellis Brett Pond, para aumentar el volumen de almacenamiento de inundaciones y la instalación de una estructura de compuerta en Ellis Brett Pond, así como la restauración de la llanura aluvial en las tres parcelas no desarrolladas en las cercanías de Sargent's Way. Esta alternativa combina dos enfoques clave:

- Utilizar la presa de Ellis Brett Pond para retener agua adicional durante los eventos de tormenta y controlar su descarga.
- Aplicar enfoques de restauración de llanuras aluviales que impliquen la excavación de propiedades clave a lo largo del corredor fluvial para crear almacenamiento adicional en las llanuras aluviales donde, en la actualidad, el Salisbury Plain River está restringido por riberas canalizadas, o para crear desarrollo dentro de la llanura aluvial.

Juntos, estos enfoques producen un almacenamiento adicional de inundaciones en puntos importantes del sistema fluvial, lo que da como resultado reducciones de hasta 18 pulgadas en las elevaciones de las inundaciones durante los eventos de inundación más frecuentes. Se observan beneficios significativos a lo largo del río durante las inundaciones de 2 y 10 años, y varios puentes están protegidos contra desbordes durante la inundación de 10 años. Esta alternativa también ofrece beneficios de reducción de inundaciones en todo el sistema fluvial para la inundación de 50 años, incluida la protección contra desbordes del cruce del puente de White Avenue durante ese evento. El trabajo de restauración de la llanura aluvial aguas abajo proporciona protección adicional para las propiedades comerciales en el extremo sur de la ciudad, lo que agrega un beneficio adicional significativo entre Pine Ave. y Sargent's Way para los eventos de tormenta de 10 a 500 años en relación con la inclusión de solo los componentes de Ellis Brett.

---

**Esta solución rentable y de alto impacto puede reducir el riesgo de inundaciones en toda la ciudad, con reducciones de hasta 18 pulgadas en las elevaciones de las inundaciones durante eventos de inundación más frecuentes.**

---

Los costos de orden de magnitud para el enfoque combinado se estiman en \$7 millones, con un rango de costos probable de entre \$5 millones y

\$10,5 millones. Al priorizar esta solución rentable y de alto impacto, la ciudad puede reducir el riesgo de inundaciones en toda la ciudad. Esta estrategia es mucho más eficiente que implementar protecciones en cada caso en particular para edificios o infraestructuras en riesgo.

A pesar de estos beneficios, la alternativa preferida no cubre todas las áreas de inundación conocidas. Se necesitarán medidas adicionales de protección contra inundaciones para completar una estrategia integral de resistencia para la ciudad.

Las aplicaciones de infraestructuras ecológicas para la gestión de las aguas pluviales en el lugar deben explorarse en toda la ciudad, incluso durante cualquier remodelación futura de las propiedades de K-Mart Plaza o Westgate Mall. La simulación reveló que, debido al tamaño relativamente pequeño de Westgate Mall en relación con la cuenca y al alto grado de cobertura impermeable en toda la cuenca, la instalación de infraestructura verde en el centro comercial tendría poco impacto en las inundaciones a escala de toda la ciudad. Sin embargo, una implementación más amplia de infraestructura verde en toda la cuenca y en toda la ciudad sin duda podría tener impactos importantes en las inundaciones aguas abajo al infiltrar el agua en el lugar y reducir los caudales máximos. Estas prácticas también tienen un valor significativo para mejorar la calidad del agua.

Los resultados de nuestra simulación hidráulica e hidrológica también indican la importancia de atenuar las aguas de las inundaciones río arriba en las otras cuencas hidrográficas de la ciudad, antes de que contribuyan a los caudales en Salisbury Plain River. Los estudios y simulaciones adicionales también deben centrarse en el desarrollo de soluciones paralelas y apropiadas basadas en la naturaleza para Trout Brook y otras áreas de la ciudad a fin de desarrollar un enfoque integral para las protecciones contra inundaciones basadas en la naturaleza.

Con el tiempo, las medidas adicionales propuestas pueden incluir la compra de propiedades para facilitar el retiro planificado y la reubicación de los usos del suelo en propiedades propensas a inundaciones a áreas más protegidas de la ciudad. Si se realizan de manera estratégica, estos esfuerzos pueden ser parte de una estrategia de reurbanización planificada que, en simultáneo, protege a los residentes y negocios establecidos de los impactos climáticos, cree espacios verdes en la ciudad y abra oportunidades para la densificación de uso mixto a fin de fortalecer la base económica de la ciudad.

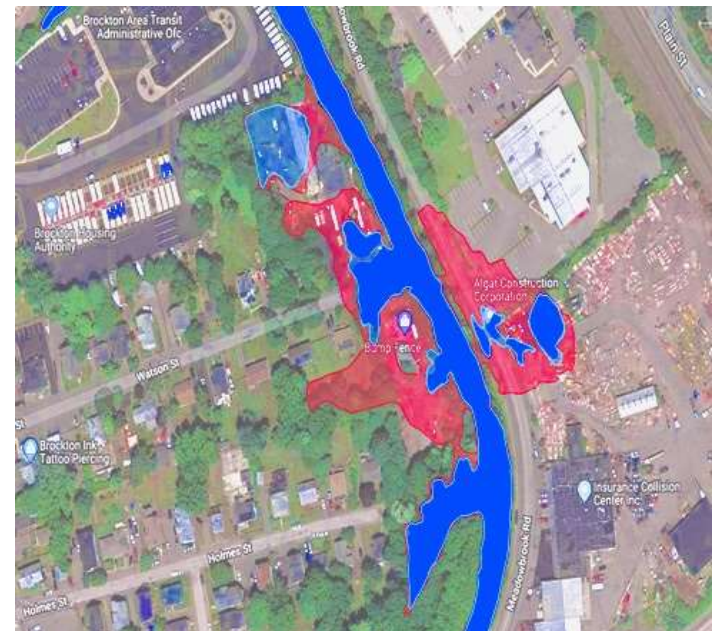


## Reducciones de inundaciones simuladas para el enfoque recomendado

(compuerta y excavación del vertedero de Ellis Brett Pond, restauración de la llanura aluvial aguas abajo)

Ubicación en el sistema fluvial	Cambio simulado en la elevación de la superficie del agua para cada evento de tormenta (pies)				
	2 años	10 años	50 años	100 años	500 años
De Elmwood Ave a Prospect St	-1,3	-0,9	-0,1	0,0	0,0
De Prospect St a Pleasant St	-1,4	-1,0	-0,1	0,0	0,0
Del conducto de Pleasant St a Moraine St	-1,5	-1,4	-0,3	-0,2	-0,1
Del conducto de Moraine St a Ash St	-1,3	-1,0	-0,8	-0,6	-0,1
De Ash St a Belmont Ave	-1,3	-0,7	-0,3	-0,3	-0,1
De Belmont Ave a Carleton St	-1,1	-0,9	-0,3	-0,1	-0,1
De Carleton St a la alcantarilla N. Arlington	-1,1	-1,1	-0,3	0,0	-0,1
De Belmont St a Warren Ave	-0,8	-0,5	-0,2	-0,1	-0,1
De Warren Ave a Allen St	-0,8	-0,4	-0,2	-0,1	0,0
De Allen St a White Ave	-0,5	-0,2	-0,7	-0,1	0,0
De White Ave al puente ferroviario	-0,7	-0,3	-0,8	-0,2	0,0
Del puente ferroviario a Otis St	-0,6	-0,2	-0,4	-0,2	-0,1
De Otis St a Grove St	-0,5	-0,3	-0,2	-0,1	-0,1
De Grove St a Pine Ave	-0,6	-0,3	-0,2	-0,1	-0,1
De Pine Ave a Perkins Ave	-0,9	-0,5	-0,3	-0,2	-0,1
De Perkins Ave a Plain St	-1,0	-0,8	-0,4	-0,5	-0,2
De Plain Street a Sargent's Way	-0,9	-0,8	-0,7	-0,7	-0,6
De Sargent's Way a K-Mart Plaza	-0,4	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2

Comparaciones de los límites de las inundaciones por inundaciones para Belmont Ave (arriba) y Plain Street/Sargent's Way. Límites existentes (rojo). Límite previsto de la inundación después de la instalación de únicamente la compuerta puerta de Ellis Brett (azul claro). Límite previsto para la alternativa compuesta (azul oscuro).



*La Oficina Ejecutiva de Energía y Asuntos Ambientales (EEA) brindó asistencia financiera en el marco del Programa de Subvenciones para la Preparación ante la Vulnerabilidad Municipal (MVP) del año fiscal 2019.*

*La subvención de acción MVP ofrece recursos financieros a los municipios que buscan promover acciones prioritarias de adaptación climática para abordar los impactos del cambio climático causados por el clima extremo, el aumento del nivel del mar, las inundaciones tierra adentro y costeras, el calor severo y otros impactos climáticos.*



### **Equipo de consultores**

Fuss y O'Neill, Inc.: Julianne Busa, Ph. D.; Sean Arruda, ingeniero profesional y gerente certificado de llanuras aluviales (PE, CFM); Dean Audet, ingeniero profesional (PE); Liz Isenstein, M. C., ingeniera en formación (EIT); Nelson Tull, ingeniero en formación (EIT); Sarah Hayden, magíster en Administración de Empresas (MBA), M. C.; Arnold Robinson, Instituto Americano de Planificadores Certificados (AICP).

Elaboración de los documento fotografías y gráficos a cargo de Fuss y O'Neill a menos que se indique lo contrario.