



**ESTUDIO HIDRÁULICO DEL RIO ARAXES**  
**EN BETELU (NAVARRA)**

*Empresa consultora:*



*C/ Julian Gayarre nº 8, bajo  
31005 Pamplona  
Tlf: 948 224776 – 948 220132  
Fax: 948 203593  
Email: vs.pamplona@vsingenieria.com*

***Pamplona, Junio de 2015***

## INDICE GENERAL

MEMORIA

APÉNDICE Nº 1: SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

APÉNDICE Nº 2: ANÁLISIS DE ESTADO ACTUAL

APÉNDICE Nº 3: ANÁLISIS DE ESTADO DEFINITIVO

APÉNDICE Nº 4: ANÁLISIS COMPARATIVO

## MEMORIA

## INDICE DE LA MEMORIA

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO .....	5
2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	5
3. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN .....	6
4. METODOLOGÍA UTILIZADO Y DESCRIPCIÓN DEL MODELO .....	7
4.1. Obtención de la malla de cálculo .....	7
4.2. Condiciones de contorno .....	9
4.3. Condiciones internas.....	9
4.4. Otros condicionantes.....	11
4.5. Parámetros de simulación .....	12
5. ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL .....	13
5.1. Período de retorno de 10 años .....	13
5.2. Período de retorno de 100 años .....	13
5.3. Período de retorno de 500 años.....	16
5.4. Zona de Flujo Preferente .....	18
6. PROBLEMÁTICA ACTUAL DE BETELU .....	19
6.1. Escorrentías de la carretera NA-1300 .....	19
6.2. Galería de la embotelladora y su entorno .....	20
6.3. Entorno del azud de la fábrica .....	23
6.4. Tramo de la fábrica .....	24
6.5. Pasarela peatonal y grupo Lakobeikoa .....	24
6.6. Tramo desde el grupo Lakobeikoa al Ayuntamiento .....	27
6.7. Tramo desde el Ayuntamiento hasta la Casa-Torre Apeztegi-zarra .....	29
6.8. Tramo final.....	34
7. PROPUESTA DE SOLUCIONES A LA PROBLEMÁTICA ACTUAL .....	34
7.1. Criterios y zonas de actuación prioritarias .....	34
7.2. Simulaciones realizadas.....	34
8. ANÁLISIS DEL ESTADO DEFINITIVO .....	37
8.1. Período de retorno de 100 años .....	38
8.2. Período de retorno de 500 años.....	38
8.3. Zona de Flujo Preferente .....	39
9. MEDIDAS A RECOGER EN EL PLAN GENERAL MUNICIPAL .....	39
9.1. Medidas estructurales .....	39
9.2. Medidas adicionales .....	40
10. CONCLUSIONES DEL PRESENTE ESTUDIO .....	41

## **1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETO**

El Ayuntamiento de Betelu ha encargado la actualización del Plan General Municipal y como parte de los trabajos de redacción del mismo se ha solicitado a la Confederación Hidrográfica del Cantábrico Oriental (en adelante CHC) la información referente a los riesgos de inundabilidad del municipio generados por el río Araxes y sus afluentes.

La Confederación Hidrográfica del Cantábrico en cumplimiento de la Directiva Europea 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación, y su trasposición al ordenamiento jurídico estatal mediante el Real Decreto 903/2010, tras un Estudio Preliminar de Riesgo de Inundación (EPRI) incluyó (1ª fase) la localidad de Betelu dentro de las Áreas de Riesgo Potencial Significativo por Inundación (ARPSIs) y posteriormente (2ª fase) desarrolló un estudio específico para determinar los Mapas de Riesgo e Inundabilidad.

Los resultados de esta 2ª fase se presentaron en diciembre de 2013 con el objeto de servir como base para la fase 3ª: redacción del Plan de Gestión de Riesgos de Inundación (PGRI) que se encuentra actualmente en exposición pública y que deberá estar finalizado antes de diciembre de 2015. El PGRI deberá incorporar un programa de medidas de prevención, protección, preparación, recuperación y revisión orientado a lograr los objetivos de la gestión del riesgo de inundaciones.

Parte de la tramitación de este PGRI consiste en realizar reuniones informativas con los ayuntamientos, técnicos... a las cuales ha asistido el Ayuntamiento de Betelu con el equipo redactor del PGM, interesándose en colaborar con la CHC en el PGRI y buscar una solución a los riesgos de inundabilidad del núcleo urbano.

Es por ello que el Ayuntamiento de Betelu ha decidido encargar por propia iniciativa y asumiendo su coste, un estudio hidráulico de detalle basado en el de la CHC, para determinar una serie de medidas que mejoren la inundabilidad del núcleo urbano, incorporándolas al Plan General Municipal y presentándolas en la CHC para su inclusión en el PGRI, si es caso.

Por tanto, el objeto del presente estudio hidráulico es determinar las medidas necesarias y asumibles que mejoren la inundabilidad actual del núcleo urbano de Betelu, para su inclusión en el Plan General Municipal y elevarlas a la CHC para que sean incluidas en el PGRI, si esta lo estima oportuno.

## **2.- DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

La zona de estudio comprende el tramo del río Araxes a su paso por el núcleo de población de Betelu, habiéndose catalogado como Área de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSIs): ES017-NAV-12-1 y afectando al término municipal de Betelu, en la Comunidad Foral de Navarra.

En el Apéndice nº 1: situación y emplazamiento se ubica el área de estudio.

Las coordenadas (UTM 30, Datum ETRS89) del tramo estudiado son:

Inicio río Araxes: X = 583759, Y = 4763890

Final río Araxes: X = 58289, Y = 4764617

La longitud del tramo de estudio es de aproximadamente 1645 m.

En este tramo el río Araxes tiene una pendiente longitudinal media de 0,012 m/m, y un trazado bastante rectilíneo, a excepción de algún que otro tramo curvo a lo largo de su recorrido y en gran parte del núcleo urbano está encauzado mediante muros.

El inicio del tramo se sitúa a la altura del azud del antiguo batán existente aguas arriba de la población de Betelu, aproximadamente a unos 350 m., junto a un aparcamiento existente en la margen derecha del río.

En el comienzo del tramo, el río discurre encajado entre laderas, teniendo a su margen derecha la carretera NA-1300, y describiendo una profunda curva a la izquierda antes del tramo recto de aproximación a la población de Betelu. A la entrada de Betelu el río es encauzado mediante una galería de aproximadamente 80 m, bajo la explanada de la embotelladora de agua, para luego continuar en superficie, dejando la población en su margen derecha.

A la salida de la galería aguas abajo de la embotelladora y en la margen izquierda existen varias casas, dos de ellas muy afectadas por las inundaciones del río Araxes y donde confluye este con la regata Ipintza.

El núcleo urbano de Betelu se sitúa principalmente en la margen derecha, en una zona donde el valle se ensancha, por lo que es una zona sensible a las inundaciones, no obstante una gran parte de las edificaciones se localizan a suficiente altura con respecto al cauce.

Nada más salir del núcleo urbano, el río Araxes recibe por su margen izquierda los aportes de la regata Intza, en un tramo rectilíneo paralelo a la carretera NA-1300, con sus márgenes ocupadas por praderas y vegetación riparia. Aquí termina el área de estudio.

### **3.- RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN**

El Ayuntamiento de Betelu ha solicitado a la CHC toda la información disponible del estudio realizado para la determinación de los mapas de riesgo e inundabilidad, a fin de partir de una base y unos criterios de simulación comunes.

La información aportada por la Confederación ha sido la siguiente:

- Texto y planos del Estudio hidráulico cuenca del Oria, ARPSIS: ES017-NAV-12-1 y ES017-NAV-12-2. Río Araxes en Betelu, Arribe y Atallu. Marzo de 2015.
- Modelos Digitales del Terreno: en formato ASCII de malla 1x1 m obtenidos mediante LIDAR y corregidos con trabajos de campo, utilizados para el estudio de CHC. Se utiliza el MDT con edificios y sin puentes para la simulación y otro con puentes para comprobar las cotas de los tableros.
- Archivos shape del estudio de CHC con las zonas de malla, muros, rugosidad, edificios...
- Trabajos topográficos realizados para la caracterización del cauce (mediante batimetrías) riberas y márgenes (perfiles) y estructuras.

La información cartográfica es la más importante en un modelo bidimensional como es el caso, ya que de la precisión de esta depende la calidad de los resultados obtenidos.

Además de la información aportada por la Confederación se han consultado los datos topográficos, las ortofotos recientes, información territorial y medioambiental (archivos SIG) y demás información disponible en los servicios web del Gobierno de Navarra, así como la información referente al PGM de Betelu proporcionada por el equipo redactor del mismo e información de primera mano proporcionada en diversas reuniones.

#### **4.- METODOLOGÍA UTILIZADA Y DESCRIPCIÓN DEL MODELO**

El estudio hidráulico de la CHC se ha realizado siguiendo la *‘Guía metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables. Publicada por el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino’*.

Según esta Guía, el modelo hidráulico apropiado para zonas con desbordamientos laterales importantes, en los cuales la componente transversal de la velocidad es significativa, es un modelo bidimensional, que resuelva las ecuaciones de Saint-Venant, permitiendo una determinación más precisa de los calados y velocidades de toda el área de estudio.

El inconveniente de los modelos bidimensionales es que requieren una mayor capacidad de procesamiento y por tanto un mayor tiempo de computación, así como una mayor definición de la malla cartográfica y de las condiciones de contorno e internas del modelo.

El estudio proporcionado por la CHC ha sido realizado mediante el programa comercial Infoworks, mientras que en el presente estudio se ha utilizado el programa IBER.

IBER es un programa que surgió en 2010 del interés del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) en disponer de un modelo bidimensional de simulación de flujo en ríos y fue desarrollado por la Universidad Politécnica de Cataluña, la Universidad de Coruña y el Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería (CIMNE) a partir de herramientas numéricas previas de cada uno de ellos.

##### **4.1.- Obtención de la malla de cálculo**

El primer paso para la realización del estudio es obtener la malla de cálculo del programa a partir de los datos proporcionados por la CHC. Como se ha comentado, este paso es vital para conseguir una buena calidad del modelo y los resultados.

Se ha tomado como base para la obtención de la malla de cálculo el MDT del estudio de la CHC y los archivos shape de rugosidad, malla de cálculo y polígonos (edificios), así como las ortofotos recientes descargadas del SITNA.

Una vez cargada toda la información en el programa ArcGIS y comprobada su bondad, se ha procedido a editar las nuevas zonas (polígonos) que determinan la malla de cálculo, para su carga en el modelo IBER.

Dado que se trata de un estudio de detalle y tras varias visitas al emplazamiento, se han detectado las zonas de topografía más complicada, así como las más inundables y de mayor complejidad de simulación (estructuras, edificaciones, obras de fábrica...) y que por tanto necesitan un mayor detalle en la malla de cálculo.

Hay que tener en cuenta que una malla de cálculo demasiado pequeña tiene una gran precisión, pero implica una gran capacidad computacional y un elevado tiempo de simulación (superior a 24h para una malla de 1x1m en toda el área de estudio)

A fin de obtener una malla de cálculo de precisión adecuada, con un tiempo de simulación aceptable y precisión de resultados, se han realizado diversas pruebas y se ha llegado a la determinación de las siguientes zonas diferenciadas de la malla de cálculo:

- Precisión de 1x1 m: en los taludes del cauce, entorno de estructuras y zonas complejas por existencias de muros u obstrucciones.
- Precisión de 2x2 m: en el fondo del cauce y en las zonas urbanizadas. Se trata de la zona de mayor interés del estudio, ya que es el núcleo urbano afectado por las inundaciones.
- Precisión de 5x5 m: en zonas de cultivo y laderas perimetrales de la zona de estudio que quedan en su gran mayoría fuera de la zona inundable.

Una vez cargados los polígonos correspondientes a estas zonas en IBER, se ha procedido a la generación de la malla, de tipo no estructurada con el tamaño indicado para cada una de ellas, obteniéndose la malla de cálculo definitiva, formada por unos 92.000 elementos triangulares y 48.000 nodos.

Para reducir el tiempo de cálculo se han eliminado de la malla de cálculo los contornos de los edificios, apareciendo como huecos, ya que son zonas de no circulación del flujo y así se aligera la malla.

Una vez que se obtiene la malla de cálculo hay que darle elevación, para lo cual se utiliza el MDT del terreno sin puentes, asignándose automáticamente desde el archivo ASCII.

Tras todo este proceso, la malla de cálculo queda de la siguiente manera:



Figura 1: detalle malla de cálculo



## 4.2.- Condiciones de contorno

Una vez obtenida la malla de cálculo definitiva hay que asignar las condiciones iniciales y de contorno. Para poder comparar la bondad del modelo, se han utilizado las mismas condiciones que las del estudio de la CHC.

### 4.2.1.- Condición inicial

Se asume como condición inicial de la malla que todos los elementos en el instante inicial están secos.

### 4.2.2.- Condiciones de contorno

En los elementos de borde IBER supone por defecto un muro infinito, por lo que no es necesario introducir ninguna condición de borde al modelo. No obstante, para evitar que esto ocurra y se obtengan resultados inapropiados, se ha generado una malla de cálculo mayor que la zona de inundación.

De acuerdo a los caudales indicados en el estudio de la CHC se han impuesto tres condiciones de entrada:

<b>Caudales (m<sup>3</sup>/s) aplicados según el período de retorno</b>			
<b>Cauce</b>	<b>T10</b>	<b>T100</b>	<b>T500</b>
1.- Río Araxes	73	116	177
2.- Regata Intza	13	24	34
3.- Regata Ipintza	4	9	13

La condición de salida del contorno impuesta es la de flujo crítico o supercrítico. Con esta opción no es necesario definir ningún parámetro, ya que el programa IBER determina las condiciones hidráulicas de la salida en función de lo que ocurre aguas arriba en el modelo; por tanto sólo hay que seleccionar las líneas por las que sale el agua del modelo.

## 4.3.- Condiciones internas

La condición interna más importante para la calidad del modelo es la determinación de la rugosidad del terreno. La rugosidad depende de los usos del suelo en la zona de estudio, que se definen en los mapas de usos del suelo y que están disponibles en formato SIG en diversas páginas de datos espaciales.

Para este estudio se ha utilizado el archivo ASCII de rugosidades proporcionado por la CHC para su estudio, realizando una asignación automática de dichas rugosidades a los elementos de la malla de cálculo. El uso del suelo y el coeficiente de Manning aplicados en el modelo han sido los siguientes:

Uso del suelo	Coefficiente de Manning
Arbolado	0.1
Arbolado disperso	0.06
Cauce	0.04
Matorral	0.065
Pastos	0.035
Ribera	0.13
Suelo desnudo	0.03
Urbano	0.025

Según esto, la rugosidad de la malla de cálculo queda definida de la siguiente forma:

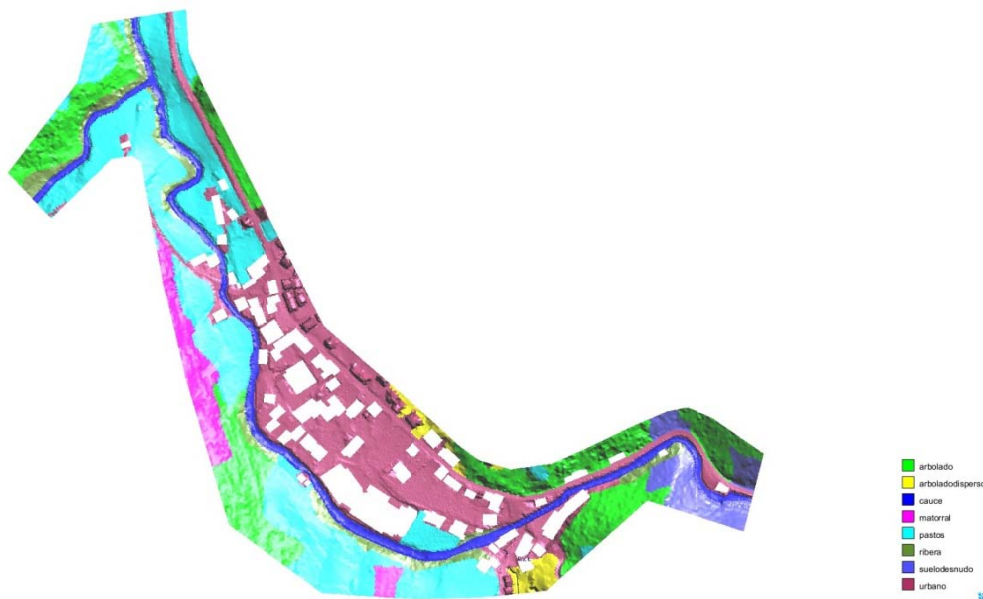
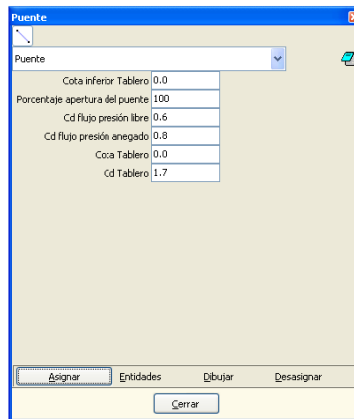


Figura 2: zonas de rugosidad del área de estudio

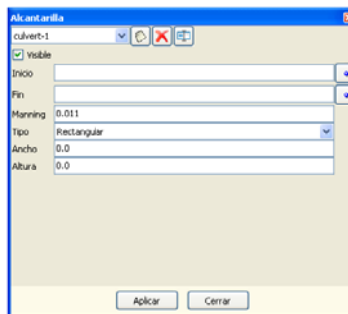
Las demás condiciones internas vienen determinadas por las estructuras existentes, sin contar los azudes, ya que estos están integrados en el MDT gracias a los trabajos batimétricos realizados.

En IBER, las estructuras son condiciones internas del modelo que se definen de varias formas según sean un puente, una obra de fábrica, una compuerta, un vertedero... En el presente estudio sólo hay puentes y obras de fábrica.

Los puentes se modelizan seleccionando las líneas que definen el tablero aguas arriba y asignando las cotas superiores e inferiores del mismo, así como los coeficientes de descarga en flujo libre y anegado, e IBER determina automáticamente en función de las condiciones y geometría, el tipo de flujo que se produce en el puente y resuelve las ecuaciones adecuadas.



En el caso de las obras de fábrica se determina el punto de inicio y fin, el coeficiente de Manning, el tipo de sección (rectangular o circular) y las dimensiones de la misma:



Las cotas, geometría... de las estructuras presentes se han definido en base a los trabajos topográficos realizados (croquis acotados) y a las visitas de campo.

Los azudes y estructuras consideradas en el estudio para cada caso se encuentran indicados en los planos correspondientes al estado actual y definitivo.

El tramo del río Araxes que discurre en galería bajo la explanada de la planta embotelladora se ha simulado como un puente, ya que IBER no tiene opción de simular la geometría de la sección de dicha galería.

Lo mismo ocurre con la estructura existente en la regata Ipintza, habiéndose simulado su sección semicircular como una obra de fábrica rectangular de sección hidráulica equivalente.

#### **4.4.- Otros condicionantes**

Dentro del modelo existen otros condicionantes importantes para la correcta simulación del modelo, como son los muros, líneas de rotura...

En el caso de IBER no es posible determinar este tipo de elementos, lo que supone que al asignar las elevaciones del MDT a la malla de cálculo, aun con la tolerancia de cota asignada al mínimo, parte de la información se distorsiona; por ello se ha retocado manualmente la malla, con la información recogida en las visitas de campo al área de estudio, para que esta sea lo más fiel posible al terreno, especialmente en la zona urbana que cuenta con multitud de calles y muros.

#### 4.5.- Parámetros de simulación

Para terminar de definir el modelo hay que fijar los parámetros de simulación que el programa utiliza para realizar los cálculos. En IBER, se pueden configurar múltiples datos del problema:

- Parámetros de tiempo (s): instante inicial, tiempo de simulación, intervalo entre resultados, incremento máximo de tiempo.
- Parámetros generales: relativos al tipo de esquema numérico de cálculo, método de secado, condiciones de discretización temporal, fricción en las paredes...
- Resultados: permite seleccionar los parámetros que se calcularán y mostrarán como resultados en el postproceso (calado, velocidad, peligrosidad, tensión de fondo, nº de Froude...)
- Además existen otras opciones como el cálculo de turbulencia, peligrosidad personalizada, sedimentos, vía de intenso desagüe, rotura de presas e hidrología

En el presente estudio se han utilizado los siguientes parámetros de simulación:

- **Instante inicial:** 0 s
- **Tiempo de simulación:** el necesario en cada caso para estabilizar el cálculo y que el caudal de entrada sea igual al de salida. Varía según simulaciones entre 1500 s para el estado actual de T10 y 2100 s para el estado definitivo de T500.
- **Intervalo de resultados:** 60 s
- **General:** esquema numérico de 1er orden (más rápido) con un valor de CFL de 0,045 para la discretización temporal, método de secado por defecto y un límite seco-mojado de 0,001.
- **Resultados:** calado, velocidad, caudal específico, cota de agua, máximos de los anteriores y peligrosidad según el RD 9/2008.

Una vez definidos estos parámetros se acaba la fase de preproceso y se procede a lanzar el cálculo, que una vez terminado, permite en la fase de postproceso visualizar los resultados. El tiempo medio de cálculo de las simulaciones ha sido de 120 min.

## **5.-ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL**

Una vez simulado el estado actual para las avenidas de 10, 100 y 500 años se comprueba que los resultados obtenidos son muy similares a los del estudio de la CHC, con algunas pequeñas diferencias derivadas de un mayor detalle del presente estudio y de la utilización de un software de simulación diferente.

Esta semejanza de resultados confirma la bondad de ambos estudios, ya que partiendo de los mismos datos y condiciones se obtienen resultados muy similares.

En los planos del Apéndice nº 2 del presente estudio se muestran los planos generados a partir de los resultados gráficos del programa, tanto de calado, velocidad, peligrosidad y zona de flujo preferente.

A continuación se realiza un análisis de los resultados obtenidos que permitirá en el siguiente apartado explicar la problemática actual de Betelu en cuanto al riesgo de inundaciones. Para ello vamos a recorrer el área de estudio en la dirección del flujo, identificando para cada periodo de retorno los puntos y tramos de desbordamiento.

### **5.1.- Período de retorno de 10 años**

Para la avenida de 10 años, la práctica totalidad del área de estudio se encuentra libre de inundaciones, excepto en las zonas más bajas, como es obvio. Estas zonas bajas son:

- La curva a izquierdas de la carretera NA-1300 antes de la recta de entrada al núcleo urbano. Calado máximo de 0,04 m y velocidad prácticamente nula.
- Las dos casas de la margen izquierda del río Araxes en la confluencia con la regata Ipintza, ya que se encuentran a nivel del cauce, sin protección alguna y en plena confluencia. Es más, la regata Ipintza desemboca en el río Araxes entre ambas casas.  
El calado es máximo en la desembocadura de la regata Ipintza entre las dos casas con 2,64 m y una velocidad de 0,66 m/s. A la salida de la galería del río Araxes (pared casa) el calado es de 2,00 m y la velocidad media del flujo es de 5,50 m/s.
- El tramo comprendido entre la casa de la pasarela peatonal junto al Ayuntamiento y la Casa-Torre Apeztegi-zarra aguas abajo del puente a Intza, es el más afectado por las inundaciones. Esto se debe a que es un tramo curvilíneo, encauzado mediante muros (especialmente altos en la margen derecha) con la existencia del puente de la carretera NA-7513 a Intza, casas a ambos lados junto al cauce y puntos bajos en las calles.  
El calado medio es de 0,50 m llegando a casi 1 m en algunos puntos. Al tratarse de una zona embalsada a consecuencia de las obstrucciones (puente, casas, muros) la velocidad máxima es de 1,25 m/s estando en su mayoría por debajo de 1 m/s. El flujo se acelera aguas abajo del puente.

### **5.2.- Período de retorno de 100 años**

Los principales puntos de desbordamiento y áreas afectadas por la avenida de 100 años son los siguientes:

- Desde el inicio del tramo hasta la entrada a la galería de la embotelladora, la carretera NA-1300 se inunda, escurriendo el agua por la calzada y volviendo la gran parte al cauce a la entrada de la galería.

El calado medio es de unos 0,25 m con un punto máximo de 0,60 m en la curva. La velocidad media es de 1,30 m/s con un máximo en el punto de desbordamiento al final de la curva de 3,20 m/s.

- La galería bajo la explanada de la embotelladora no presenta problemas para esta avenida, únicamente existen algunos pequeños escurrimientos por la calzada de la carretera y la explanada de la embotelladora, provenientes del desbordamiento de aguas arriba. Aunque no son caudales significativos, el agua que escurre por la carretera acaba llegando al núcleo urbano a través del viario y contribuye a la inundación del Grupo Lakobeikoa.
- La margen izquierda a la salida de la galería y la confluencia con la regata Ipintza se ve afectada en mayor medida que para T10, con calados de 2,50 m en la salida de la galería y de 2,96 m en la confluencia. La velocidad a la salida de la galería alcanza los 7,50 m/s y en la salida de la regata Ipintza entre las casas es de 3,50 m/s.
- En la margen derecha entre la salida de la galería y la fábrica, pese a la existencia del azud para toma de la fábrica, únicamente se inundan praderas y un par de cobertizos. El calado oscila entre 0,40 y 0,70 m y la velocidad es de 2 m/s aguas arriba del azud y de 0,30 m/s aguas abajo.

Es muy importante considerar que el nivel interior de la fábrica se encuentra aproximadamente 2 m por debajo del nivel del prado de aguas arriba y que el cierre existente en ese lado está a nivel del prado, por lo que cualquier avenida que sobrepase la cota del terreno provocará graves inundaciones y daños en el interior de la fábrica.

- En el tramo correspondiente a la fábrica el río está muy encauzado por los muros de hormigón de la fábrica en la margen derecha y el talud natural de la margen izquierda, no generándose inundaciones en este tramo debido a la altura de los citados muros.
- Justo aguas abajo de la fábrica se ubica una pasarela de hormigón que comunica el Grupo Lakobeikoa con una edificación y unas huertas en la margen izquierda. La pasarela y estribos están hechos de hormigón armado, y pese a su gran altura, estrechan la sección del cauce y provocan una importante obstrucción que genera el desbordamiento del río hacia su margen derecha y el embalsamiento de todo el tramo anterior. El desbordamiento es muy localizado, con un calado de 0,20 m y una velocidad de 0,98 m/s, que posteriormente se lamina por los viales alrededor del Grupo Lakobeikoa.
- En el tramo que discurre desde la pasarela anterior y la curva a derechas que describe el cauce, la margen izquierda está ocupada por muros de hormigón y la margen derecha por el núcleo urbano, concretamente por el grupo de viviendas Lakobeikoa. Los muros de hormigón de la margen izquierda están escalonados y sirven para sujetar el talud de las huertas anteriormente citadas, con una altura total de 6,00 m, lo que provoca que la zona inundable sea la margen contraria, es decir, el núcleo urbano, que se encuentra 3 m más abajo. A esto hay que sumar las escorrentías provenientes de la NA-1300 por la calle Antigua.

El estrechamiento del cauce mediante los muros coincide con el tramo aguas abajo de la pasarela lo que provoca que el flujo se acelere, alcanzando una velocidad en el cauce de 7 a 7,77 m/s con un calado de 2,49 m.

El calado máximo en el grupo Lakobeikoa es de 0,20 m y la velocidad de 2,42 m/s en la orilla y de 0,84 m/s en el vial transversal al cauce.

- Una vez pasada la curva a derechas, el cauce discurre en un tramo rectilíneo hasta la altura del Ayuntamiento. La margen izquierda está ocupada por un prado y pequeñas huertas, con un muro bajo que define el cauce a partir de la pasarela peatonal existente. La margen

derecha está ocupada por prados y vegetación de ribera hasta la casa, cuya pared hace de muro; estando encauzado a partir de la casa, punto donde se ubica la pasarela peatonal que conecta ambos márgenes.

El prado de la margen izquierda está en ladera y se inunda con un calado máximo cerca del cauce de 2,51 m y una velocidad máxima de 2 m/s.

La margen derecha antes de la casa es una zona baja con un acceso al cauce, lo que facilita su inundación, alcanzando un calado máximo de 1,87 m y extendiéndose por la calle antigua, llegando incluso a la rampa de acceso a las cocinas del colegio cercano con un calado de 0,15 m.

En la margen derecha tras la casa, el cauce está delimitado por varios muros que forman terrazas (huertas) y protegen la calle Antigua, contando estos últimos con una altura de 4,5 m. Pese a los citados muros, el agua alcanza la calle Antigua aunque con un calado de 0,05 m y una velocidad prácticamente nula. Sin embargo en la terraza baja donde se ubica la pasarela, el garaje de la casa y la huerta, el agua alcanza un calado medio de 0,70 m y una velocidad media de 0,30 m/s.

- El tramo que discurre desde el Ayuntamiento hasta la Casa-Torre Apeztegi-zarra, una vez pasado el puente a Intza, es el tramo más conflictivo de todo el estudio, ya que el río discurre encauzado entre muros, describiendo una 'S' de izquierda-derecha con el puente de la NA-7513 en mitad de la curvas y casas en ambos márgenes tanto aguas arriba, como aguas abajo del mismo.

La margen izquierda antes del puente cuenta inicialmente con un muro que se eleva a la altura de la casa de aguas arriba del puente para proteger la entrada al garaje. En las huertas anteriores a la casa el agua alcanza un calado de 0,65 m y una velocidad de 1,56 m/s, mientras que en el acceso al garaje el calado es de 1,60 m y la velocidad de 2 m/s.

La margen derecha antes del puente también está protegida por muros hasta la casa existente, pero desaparecen entre la casa y el puente, lo que facilita el desbordamiento. El calado alcanzado en esta margen es de 1,62 m antes de la casa y de 2,18 m en el punto bajo tras la misma, con velocidades de 1,15 m/s y 0,98m/s respectivamente. La calle Antigua también se inunda al estar en pendiente hacia el Ayuntamiento, con un calado de 1,47 m y una velocidad de 1,50 m/s.

El puente de Intza se encuentra esviado respecto del cauce y no tiene capacidad hidráulica suficiente para acoger la avenida, por lo que entra en carga y el agua lo sobrepasa, alcanzando un calado de 0,60 m sobre el tablero y velocidades de 2,90 m/s, provocando la inundación de todo el entorno. La carretera en la margen derecha es el punto más bajo donde confluyen varias calles, alcanzándose un calado de 1,25 m y una velocidad de 0,65 m/s.

Aguas abajo del puente en la margen izquierda se encuentra la Casa-Torre Apeztegi-zarra protegida por un muro a la entrada, pero que no es suficiente para evitar la inundación con un calado de 1,10 m en la esquina izquierda y de 2,09 m en la esquina derecha que está en el cauce, con velocidades respectivas de 0,74 y 4,19 m/s. En la pared lateral que delimita el cauce, el calado es de 2,53 m y una velocidad que oscila entre 4,19 y 1,88 m/s.

Justo aguas abajo del puente en la margen derecha existe una borda que favorece la inundación provocada por el puente a Intza, dificultando el desagüe de la avenida y provocando el refluo de la misma.

- El tramo final desde la Casa-Torre hasta el punto final del estudio transcurre por una zona de prados y vegetación riparia, con un meandro cerrado antes de la confluencia con la regata Intza. El calado en este tramo es inferior a 1 m, con velocidades medias de 1,50 m/s; excepto en el interior de los meandros que alcanza 1,65 m y velocidad de 1,20 m/s, y en la confluencia con la regata que alcanza un calado de 2,07 m y una velocidad de 0,20 m/s.

En el inicio del tramo en la margen derecha se afecta al Camino de la granja y a una vivienda existente enfrente de la Casa-Torre. El calado alcanzado en la esquina izquierda de la vivienda que linda con el cauce es de 1,34 m y la velocidad de 3,09 m/s.

### **5.3.- Período de retorno de 500 años**

En general, los puntos y tramos de desbordamiento e inundaciones de la avenida de 500 años son los mismos que para la avenida de 100 años, pero con una mayor afección:

- En el tramo de inicio hasta la embotelladora el calado medio en la carretera NA-1300 alcanza los 1,10 m con una velocidad media de 2 m/s.
- La galería de la embotelladora no es capaz de acoger todo el caudal, produciéndose la inundación de parte de la explanada de la embotelladora, que dada su pendiente escurre hacia la calle Irigoyen, juntándose con la que viene por la carretera desde aguas arriba. El calado sobre la galería es de 0,05 m con una velocidad de 1,25 m/s.
- La mayor parte del agua que viene escurriendo por la carretera desde aguas arriba vuelve al río a la entrada de la galería de la embotelladora o entra a la explanada de la misma a través de la puerta existente junto a la carretera, pero otra pequeña parte continúa por la carretera (Calle Mayor) gracias a la pendiente y al peralte de la calzada, hasta la calle Antigua por la que discurre hasta unirse al agua desbordada por el puente de la fábrica y el grupo Lakobeikoa. El calado medio en la carretera es de 0,07 m con una velocidad de 0,60 m/s y en la calle Antigua el calado es de 0,03 m con una velocidad máxima de 0,90 m/s.
- En las casas existentes en la margen izquierda a la salida de la galería el río Araxes alcanza un calado de 4,75 m con una velocidad de 7,55 m/s. En la confluencia con la regata Ipintza el calado es de 3,95 m y la velocidad de 1,27 m/s. Esto supone que la regata Ipintza no tiene capacidad de desagüe al río Araxes y se embalsa, provocando que el soterramiento de la regata Ipintza se desborde en la entrada y el agua discurra por la calle Irigoyen, sumándose a la que escurre proveniente de la galería. En el punto bajo de la calle Irigoyen el calado es de 0,55 m y la velocidad máxima es de 3,60 m/s.
- Desde la confluencia con la regata Ipintza hasta el puente tras la fábrica, la afección se limita a la margen derecha, inundándose los prados y algún cobertizo existente (las viviendas no resultan afectadas) así como la propia fábrica, al no estar protegida en su límite con el prado de aguas arriba. El calado medio en este límite es de 1,20 m y la velocidad de 0,5 m/s. En el límite con el río, la fábrica está protegida por los muros de hormigón existentes.
- La pasarela de hormigón existente tras la fábrica y que comunica el grupo Lakobeikoa con las huertas de la otra margen no tiene capacidad hidráulica suficiente para acoger esta avenida y genera la sobreelevación del tramo aguas arriba y el desbordamiento por el estribo derecho, inundando el grupo Lakobeikoa y las calles de alrededor, incluida la calle Antigua hacia la fábrica y la entrada de esta. A este desbordamiento se suman las escorrentías provenientes de la carretera desde la galería.



El agua discurre principalmente por la calle Antigua debido a la pendiente de la misma y vuelve hacia el río por el interior del grupo Lakobeikoa. El calado en la zona de desbordamiento principal (estribo derecho) y la calle Antigua oscila entre 1,11 y 1,38 m y la velocidad oscila entre 4,5 m/s y 0,78 m/s respectivamente.

En el prado existente entre el cauce y el grupo Lakobeikoa el calado medio es de 0,23 m y la velocidad de 2,23 m/s.

En el aparcamiento interior del grupo Lakobeikoa el calado medio es de 0,30 m y la velocidad de 2,40 m/s.

- Desde el grupo Lakobeikoa hasta la pasarela junto al Ayuntamiento la principal afección la sufren las casas de la margen derecha, especialmente la anterior a la pasarela; pero además se produce la inundación del patio del colegio y de los sótanos del mismo.  
La casa junto a la curva del río sufre un calado de 0,86 m y una velocidad de 1,64 m/s mientras que la casa anterior a la pasarela sufre, en su pared sur, un calado medio de 1,63 m y una velocidad de 1,20 m/s.  
La calle Antigua alcanza un calado máximo de 1,05 m en su punto bajo y una velocidad de 0,70 m/s.  
El patio del colegio alcanza un calado de 0,07 m, pero en las partes bajas (rampas) el calado llega a los 1,98 m.
- El tramo del Ayuntamiento al puente de Intza se inunda en ambas márgenes, afectando principalmente a la margen derecha. En la margen izquierda se afecta al prado y a la casa existente, con un calado de 2,30 m y una velocidad de 1,70 m/s en la entrada del garaje junto al cauce.  
En la margen derecha, parte del agua que se desborda por el estribo derecho de la pasarela, rebota en los muros y vuelve hacia atrás por la calle Antigua. A pesar de los muros de esta margen el agua llega hasta el nivel de la calle Antigua y hasta la puerta del Ayuntamiento, con un calado de 0,25 m. El agua discurre por la pendiente de la calle hasta el punto bajo del cruce con la carretera NA-7513, afectando a las viviendas existentes. La casa anterior al estribo derecho del puente resulta afectada con un calado de 3,33 m y una velocidad 1,78 m/s.
- En el puente a Intza y su entorno la afección es máxima, al tratarse de un punto bajo de difícil solución. En el cruce de calles de la margen derecha el agua alcanza los 1,76 m de calado y una velocidad de 0,75 m/s llegando hasta mitad de la calle que baja desde la carretera NA-1300. La mayor parte de esta inundación desagua por el Camino de la granja, que alcanza un calado de 2,30 m y una velocidad de 2,01 m/s.  
En el puente, el agua alcanza un calado de 1,10 m sobre el tablero con una velocidad de entre 2,06 y 3,06 m/s. Este desbordamiento afecta a la casa ubicada tras el estribo derecho con un calado medio de 3,00 m y una velocidad de 2,85 m/s.  
En la margen izquierda la Casa-Torre Apeztegi-zarra se ve afectada en su parte más alta con 2,26 m de agua y una velocidad de 2,05 m/s mientras que en la pared ubicada en el cauce, el calado es de 3,29 m y la velocidad de 4,01 m/s.
- En el tramo final, la mayor afección la sufre la casa existente enfrente de la Casa-Torre, en la margen derecha, al estar en la parte exterior de la curva, justo en la dirección del flujo desviado por la propia Casa-Torre. Esto provoca que el calado en la pared sur alcance los 2,01 m y la velocidad sea de 3,06 m/s con un máximo en la esquina con el cauce de 5,59 m/s.  
El resto de superficie afectada son prados y zonas de ribera, con un calado medio de 2,00 m en los meandros y confluencia con la regata Intza y velocidades de 1,50 a 2,93 m/s según zonas.

#### 5.4.- Zona de Flujo Preferente

Siguiendo lo establecido en el Artículo 9 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico, se ha procedido al cálculo de la Zona de Flujo Preferente. Este Artículo, establece en el apartado 2 lo siguiente:

*“2. Sin perjuicio de la modificación de los límites de la zona de policía, cuando concurra alguna de las causas señaladas en el artículo 6.2 del Texto Refundido de la Ley de Aguas, la zona de policía podrá ampliarse, si ello fuese necesario, para incluir la zona o zonas donde se concentra preferentemente el flujo, al objeto específico de proteger el régimen de corrientes en avenidas, y reducir el riesgo de producción de daños en personas y bienes. En estas zonas o vías de flujo preferente sólo podrán ser autorizadas por el organismo de cuenca aquellas actividades no vulnerables frente a avenidas y que no supongan una reducción significativa de la capacidad de desagüe de dicha vía.*

*La zona de flujo preferente es aquella zona constituida por la unión de la zona o zonas donde se concentra el flujo durante las avenidas, o vía de intenso desagüe, y de la zona donde, para la avenida de 100 años de periodo de retorno, se puedan producir graves daños sobre las personas y los bienes, quedando delimitado su límite exterior mediante la envolvente de ambas zonas.*

*A los efectos de la aplicación de la definición anterior, se considerará que pueden producirse graves daños sobre las personas y los bienes cuando las condiciones hidráulicas durante la avenida satisfagan uno o más de los siguientes criterios:*

- a) Que el calado sea superior a 1 m;*
- b) Que la velocidad sea superior a 1 m/s;*
- c) Que el producto de ambas variables sea superior a 0,5 m<sup>2</sup>/s.*

*Se entiende por vía de intenso desagüe la zona por la que pasaría la avenida de 100 años de periodo de retorno sin producir una sobreelevación mayor que 0,3 m, respecto a la cota de la lámina de agua que se produciría con esa misma avenida considerando toda la llanura de inundación existente. La sobreelevación anterior podrá, a criterio del organismo de cuenca, reducirse hasta 0,1 m cuando el incremento de la inundación pueda producir graves perjuicios o aumentarse hasta 0,5 m en zonas rurales o cuando el incremento de la inundación produzca daños reducidos.*

*En la delimitación de la zona de flujo preferente se empleará toda la información de índole histórica y geomorfológica existente, a fin de garantizar la adecuada coherencia de los resultados con las evidencias físicas disponibles sobre el comportamiento hidráulico del río.”*

De acuerdo a lo expuesto con anterioridad, se ha procedido a la delimitación de la zona de flujo preferente en el ámbito del estudio. Como se ha comentado en un apartado anterior, el programa IBER cuenta con un módulo de cálculo específico para peligrosidad, que implementa los parámetros propios del Real Decreto 9/2008.

Según los resultados obtenidos por el modelo y que se muestran en el plano 2.5 del Apéndice nº 2, las zonas más destacadas que se encuentran dentro de esta zona de graves daños o zona de flujo preferente son:

- La calzada de la carretera NA-1300 en la recta de entrada al núcleo urbano.
- Las casas ubicadas en la margen izquierda a la salida de la galería y en la confluencia con la regata Ipintza.

- La casa de la pasarela peatonal junto al Ayuntamiento.
- El puente a Intza y las casas de su entorno, aguas arriba y aguas abajo en ambas márgenes; así como el punto bajo del cruce de calles.
- La Casa-Torre Apeztegi-zarra
- El camino de la granja y la casa existente enfrente de la Casa-Torre.

## **6.- PROBLEMÁTICA ACTUAL DE BETELU**

En este apartado se analizan independientemente los puntos y/o tramos más característicos afectados por la inundabilidad en el núcleo urbano de Betelu, tratando de explicar la casuística de cada uno de ellos, ayudados del material gráfico y de los resultados obtenidos con el modelo.

Para ello se va a tener en cuenta la avenida de 500 años, que es la más desfavorable y la que determina la zona inundable.

### **6.1.- Escorrentías de la carretera NA-1300**

El agua que se desborda e inunda la calzada de la carretera NA-1300 antes de entrar a Betelu vuelve en su mayoría al cauce a la entrada de la galería, pero una parte suficientemente considerable escurre por la calzada y afecta a las calles Irigoyen, la propia NA-1300 (calle Mayor) y la calle Antigua que baja desde la NA-1300 hasta la fábrica.

Esto es debido a la pendiente y peralte de los viales, como se aprecia en las siguientes fotografías:



Recta de entrada a Betelu



Intersección con c/Irigoyen



c/Mayor (NA-1300)



Intersección con c/Antigua (bajada a fábrica)

El caudal estimado que escurre por la calzada de la NA-1300 a la entrada de Betelu es de  $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$  de los cuales  $2/3$  partes escurren por la calle Irigoyen ( $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$ ) y el resto por la calle Mayor hacia la fábrica.

Pese a no tratarse de caudales significativos, debido a la existencia de puntos bajos, entradas a viviendas, garajes y sótanos, es conveniente tenerlo en cuenta y tomar medidas para evitarlo o protegerse.

## **6.2.- Galería de la embotelladora y su entorno**

La galería de la planta embotelladora de agua que se encuentra a la entrada de Betelu es una estructura singular que junto con las características de su entorno, condiciona la inundabilidad de toda la zona. Es por ello que en este apartado se va a analizar la propia galería y la zona de la confluencia de la regata Ipintza, ya que ambas afectan a la calle Irigoyen.

La galería es una estructura de hormigón armado de aproximadamente 80 m de longitud que cubre el cauce del río Araxes y que permitió en su día la ejecución de la explanada de trabajo y aparcamiento de la actual embotelladora y anteriormente del antiguo balneario. Además permite el cruce del río a las viviendas ubicadas en la margen izquierda, donde se encuentran también una antigua ermita y una residencia geriátrica.

La galería tiene una sección de 8,85 m de anchura y 4,08 m de altura a la entrada y de 7,72 m de anchura y 5,04 m de altura a la salida. La diferencia de cota entre la entrada y la salida es de aproximadamente 4 m, lo que en 80 m de longitud supone una pendiente del 5%. Esta es una pendiente es muy elevada para un cauce y hace que la capacidad hidráulica de la galería sea muy alta, por eso es capaz de acoger incluso la avenida de 500 años, excepto la parte que viene desbordada desde aguas arriba.

Justo a la entrada de la galería existe un pequeño azud de 1 m de altura aproximadamente, que favorece la contracción del flujo y que la galería sea capaz de acoger las avenidas altas, aunque provoca el desbordamiento aguas arriba y la inundación de la carretera.

Estos desbordamientos entran a la explanada de la embotelladora por la puerta existente en el cierre (cuya rampa lo favorece) y confluyen en la calle Irigoyen con las escorrentías provenientes de la carretera NA-1300.

En las siguientes fotografías se muestra la zona de la entrada de la galería:



Cauce visto desde la galería



Entrada a la galería y azud anterior





Puerta de entrada embotelladora desde NA-1300



Acceso a embotelladora desde c/Irigoyen

La disposición transversal de la c/Irigoyen hace que actúe a modo de colector de todas las escorrentías mencionadas y su elevada pendiente las conduce hacia el punto bajo de la misma, en el cruce de calles donde se ubican la ermita, la residencia geriátrica y una vivienda.

A estas escorrentías procedentes de la galería y la carretera se unen las provenientes del desbordamiento del soterramiento de la regata Ipintza, provocadas por el taponamiento de la salida de esta. En las fotografías siguientes se muestra el punto bajo de la c/Irigoyen desde el cruce con la carretera NA-1300 y desde la entrada al soterramiento de la regata Ipintza:



Vista de la c/Irigoyen desde la galería



Vista de la c/Irigoyen desde la regata Ipintza

A la salida de la galería el problema reside en la margen izquierda, donde se ubica una casa cuya pared delimita el propio cauce y tras la cual confluye la regata Ipintza, pasando el cauce de esta última entre la casa y una borda.

La regata Ipintza proviene de un valle transversal de la margen izquierda y está soterrada por una galería en curva que permite el paso de la c/Irigoyen sobre ella y cuya salida se produce entre la casa y la borda mencionadas, contando con una anchura de aproximadamente 5 m.

Aunque el soterramiento de la regata Ipintza tiene sección y pendiente suficiente para acoger el caudal de cálculo, el problema reside en que la crecida del río Araxes aumenta el nivel del cauce, taponando la salida de la regata Ipintza y provocando que se inunde toda la zona, se llene el soterramiento y se desborde también a la entrada, escurriendo por la c/Irigoyen hasta el punto bajo.

El soterramiento de la regata tiene una sección semicircular de 4 m de anchura y 2 m de altura a la entrada, con una salida mayor, de 5 m de anchura y 2,50 m de altura.

Para mejor comprensión se adjuntan las siguientes fotografías:



Salida galería embotelladora



Entrada soterramiento regata Ipintza



Salida soterramiento regata Ipintza



Confluencia Araxes-Ipintza



Salida regata Ipintza



Salida regata Ipintza

Como se puede apreciar en las fotografías el problema de inundación de esta zona es muy considerable, alcanzándose un calado en el punto más estrecho de la salida de la regata de 3,19 m y una velocidad de 3,16 m/s.

Por otro lado, en la pared de la casa que da al cauce del río Araxes se alcanzan velocidades superiores a 9 m/s con calados que oscilan entre 2,50 y 4,75 m lo cual la convierte en una zona de altísimo riesgo.

A esa velocidad de flujo la capacidad erosiva del agua puede provocar el descalce de las cimentaciones, generando el derrumbe del edificio. Es por ello que se recomienda revisar el estado de esta edificación tras los episodios de avenida, por si fuese necesario realizar alguna intervención.



### 6.3.- Entorno del azud de la fábrica

La margen derecha a la salida de la galería está protegida por muros de hormigón en los primeros metros coincidiendo con las viviendas existentes y posteriormente desaparecen, estando ocupada por prados.

Unos 40 m aguas arriba de la fábrica, existe un azud de aproximadamente 1,30 m de altura que permite tomar agua para el proceso industrial y que provoca el embalsamiento aguas arriba, ralentizando el flujo e inundando los prados.

La inundación de la margen derecha afecta a la fábrica de forma muy especial, puesto que la cota del muro de cerramiento está al nivel del prado y el suelo de la fábrica se encuentra 2 m por debajo de este, así que todo el agua que supere la cota del prado entra a la fábrica, con el agravante de que no tiene salida por ninguno de los laterales. Esta situación no sólo supone un grave riesgo para las personas, sino grandes pérdidas económicas en una industria muy importante para la localidad.

Se recomienda actuar urgentemente en este punto, elevando la cota del muro perimetral hasta los 289,25 m para evitar la entrada de agua a la fábrica.

En las siguientes fotografías se muestra la zona:



Salida galería embotelladora



Margen derecha aguas abajo de la galería



Cauce aguas arriba del azud de la fábrica



Azud de la fábrica



Canal de toma del azud



Detalle cierre sureste de la fábrica y nivel del interior

#### **6.4.- Tramo de la fábrica**

Desde el inicio de la fábrica hasta la pasarela peatonal que conecta con las huertas de la margen izquierda, el cauce está delimitado por muros de hormigón que protegen la fábrica en la margen derecha y el talud natural de la margen izquierda.

Este estrechamiento, agravado por la existencia de la pasarela peatonal que actúa de tapón, hace que en este tramo el flujo se ralentice y aumente el calado. La velocidad media del tramo es de 2,25 m/s y el calado medio de 6,00 m.

La inundación de la fábrica no se produce en este tramo, al estar protegida por muros; la entrada de agua se produce por el límite de aguas arriba ya comentado y por el desbordamiento de aguas abajo provocado por la pasarela peatonal.



Cauce en el tramo de la fábrica

#### **6.5.- Pasarela peatonal y grupo Lakobeikoa**

En la calle que separa la fábrica del grupo de viviendas Lakobeikoa existe una pasarela peatonal de hormigón que permite el paso a una edificación y una zona de huertas. Tanto la pasarela, como sus estribos y los muros de hormigón de la edificación y que sujetan el talud de las huertas, provocan un estrechamiento del cauce, haciendo que se desborde hacia la margen derecha, donde se encuentran las viviendas del grupo Lakobeikoa.

Antes de analizar la inundación de esta zona conviene mostrar varias fotografías:





Vista aguas arriba de la pasarela



Vista aguas abajo de la pasarela



Cauce desde aguas abajo (muros huertas)



Margen derecha en final del grupo Lakobeikoa



Límite fábrica desde c/Antigua



c/Antigua desde entrada fábrica

En las fotografías se observa el estrechamiento provocado por los estribos de la pasarela y la edificación, así como la barrera al flujo que supone la propia pasarela, siendo de hormigón incluso la barandilla. Pese a tener un gálibo de 5,86 m, la pasarela entra en carga y el agua se desborda por la margen derecha.

Aguas abajo de la pasarela los muros de las huertas de la margen izquierda provocan que el agua sólo pueda ocupar la margen derecha, cuya cota es 3 m más baja, lo que incrementa la inundación del grupo Lakobeikoa y su entorno.

Este desbordamiento no sólo afecta al grupo Lakobeikoa y viviendas cercanas, sino que debido a la pendiente de la c/Antigua (ver fotos), una parte del agua desbordada vuelve hacia atrás e inunda la fábrica a través de la entrada.

En la siguiente figura se muestra en forma de vectores, el resultado obtenido para la avenida de 500 años. Estos vectores representan la dirección del flujo y aclaran la dinámica de la inundación en la zona:



Figura 3: circulación del flujo en el entorno de la fábrica

Se observa en la figura 3 como la mayor parte del agua desbordada por el estribo derecho de la pasarela discurre hasta la c/Antigua rodeando el grupo Lakobeikoa y afectando los prados y viviendas ubicadas a la derecha de la calle, para luego volver hacia el cauce por las calles interiores del grupo de viviendas. Hay una parte que no vuelve al cauce por el grupo Lakobeikoa, sino que discurre por la c/Antigua hacia el Colegio y el Ayuntamiento.

También se aprecia la inundación a la entrada de la fábrica y el aporte del agua proveniente de la carretera NA-1300; así como el desbordamiento hacia la margen derecha, favorecido por los muros de las huertas de la margen izquierda.

Se muestran a continuación un par de fotografías de la c/Antigua y el interior del grupo Lakobeikoa donde se aprecia la pendiente de las mismas:



c/Antigua desde el grupo Lakobeikoa



Interior del grupo Lakobeikoa



Con todo lo visto anteriormente y teniendo en cuenta que se trata de una zona muy poblada del núcleo urbano, se considera como zona prioritaria de actuación para acometer medidas de defensa contra inundaciones.

### **6.6.- Tramo desde el grupo Lakobeikoa al Ayuntamiento**

Una vez pasado el grupo Lakobeikoa, el cauce describe una curva a derechas y se abre la margen izquierda, ocupada por un prado en ladera. La margen derecha está ocupada por prados, vegetación de ribera, huertas y un par de viviendas cercanas al cauce. Al otro lado de la c/Antigua se encuentran el Colegio y más viviendas. A la altura del Ayuntamiento se ubica la pasarela peatonal.

Antes de analizar la problemática de este tramo se muestra el gráfico de circulación del flujo mediante vectores y varias fotografías de la zona:



Figura 4: circulación del flujo en el entorno del Colegio



Cauce desde la curva a derechas



Huertas margen derecha y prado margen izquierda



c/Antigua desde grupo Lakobeikoa



c/Antigua y Colegio desde punto bajo



Bajada a sótanos del Colegio



Ayuntamiento al fondo desde c/Antigua



Acceso al cauce y vivienda, punto bajo



Cauce desde entrada a vivienda



Colegio desde entrada a vivienda y acceso al cauce



Pasarela peatonal desde acceso al río



Analizando el gráfico de circulación del flujo se aprecia que la inundación del patio y las rampas de entrada del Colegio se produce desde aguas arriba, proviniendo desde el grupo Lakobeikoa por la c/Antigua.

En cuanto a la inundación de la margen derecha se observa que está producida principalmente por el reflujo generado al chocar contra la vivienda anterior a la pasarela. Este reflujo afecta a toda la margen derecha del tramo, volviendo desde la vivienda hasta la curva a derechas, inundando todos los puntos bajos, la c/Antigua y provocando que el agua discorra por la rampa de bajada a los sótanos del Colegio, donde se encuentran las cocinas del mismo.

La inundación de la margen izquierda no es significativa.

El punto más crítico y de mayor riesgo, está en la vivienda anterior a la pasarela, donde el agua alcanza una altura de 2 m en la pared perpendicular al cauce y una velocidad de 1,5 m/s.

Así pues se recomienda la protección de la margen derecha, especialmente de la vivienda anterior a la pasarela.

### **6.7.- Tramo desde el Ayuntamiento hasta la Casa-Torre Apeztegi-zarra**

El tramo de río que va desde la pasarela peatonal junto al Ayuntamiento hasta la Casa-Torre Apeztegi-zarra, ubicada aguas abajo del puente de la carretera NA-7513 a Intza, es el de mayor complejidad debido al trazado curvilíneo del río, el encauzamiento mediante muros, la ubicación de la estructura y las propias casas, así como por las cotas y pendientes de las calles.

Se muestra a continuación el gráfico de circulación del flujo mediante vectores para una mejor comprensión:



Figura 5: gráfico de circulación del flujo del tramo entre el Ayuntamiento y la Casa-Torre

Lo primero que se observa es que la margen izquierda se inunda hasta la altura de la casa, afectando al prado y al acceso de entrada al garaje, donde el calado alcanza los 2,31 m.

La pasarela peatonal no afecta demasiado debido a su escaso canto, pero el agua se desborda por el estribo derecho aprovechando el punto bajo existente y rebota en los muros, provocando un reflujó que afecta a la c/Antigua e incluso a la calle transversal del Ayuntamiento.

Hay que destacar que la casa ubicada junto a la pasarela tiene la entrada al garaje al mismo nivel que el estribo derecho de la pasarela, siendo el punto bajo, donde el calado previsto es de 1,53 m.



Pasarela vista desde aguas abajo



Estribo derecho pasarela, punto bajo



c/Antigua hacia aguas arriba



c/Antigua y cauce hacia aguas abajo



Calle transversal al Ayuntamiento



c/Antigua hacia carretera NA-7513

Aguas abajo del Ayuntamiento y pese a la altura de los muros de la margen derecha el agua alcanza la c/Antigua y escurre hacia la carretera NA-7513, como se ve en la foto anterior, afectando también a la casa.



Entre las casas de ambas márgenes el río está encauzado con muros de 3 m de altura y a continuación está el puente de la carretera a Intza ubicado en el inicio de una 'S' (derecha-izquierda):



Encauzamiento desde la pasarela peatonal



Encauzamiento desde c/Antigua

El puente tiene una sección rectangular de 10 m de luz y 2,94 m de gálibo, que es insuficiente para acoger las avenidas. La ubicación en curva disminuye su capacidad hidráulica al estar esviado respecto a la dirección del flujo, lo cual provoca que entre en carga y el agua lo sobrepase, generando un importante resalto e inundando todo el entorno.

Las siguientes fotografías muestran el puente de la carretera a Intza:



Vista del puente desde aguas arriba



Vista del puente desde aguas abajo

En la margen izquierda el estribo provoca aguas arriba una zona de reflujos que afecta al acceso a la casa anterior al puente.

La casa de la margen derecha anterior al puente se ve afectada especialmente por el estribo derecho, ya que en este punto la casa se encuentra a nivel del cauce, sin protección de muro alguno, alcanzando en la esquina noroeste un calado de 3,33 m y una velocidad de 1,78 m/s.

En las siguientes fotografías se muestran ambas casas y el entorno del puente desde la carretera NA-7513:



Puente carretera NA-7513 a Intza



Cauce hacia aguas arriba desde el estribo derecho



Casa margen izquierda desde estribo derecho



Vista general desde estribo izquierdo

El agua que sobrepasa el estribo derecho choca con la casa ubicada justo tras él, provocando que una parte vuelva al cauce tras el puente, otra parte desagüe por el camino de la granja y el resto retroceda hacia la intersección de las calles con la carretera, donde se ubica el punto bajo.

Esto provoca el embalsamiento de toda la margen derecha hasta mitad de la calle que baja desde la carretera NA-1300, afectando a las edificaciones existentes. En la casa ubicada tras el estribo se alcanza un calado de 3,30 m.

En las siguientes fotografías se muestra la zona afectada en la margen derecha:



Puente desde punto bajo (ntersección calles)



Detalle punto bajo desde c/Antigua





Subida NA-7513 hacia NA-1300



Casa tras estribo derecho y camino de la granja

En la margen izquierda el agua afecta a la Casa-Torre Apeztegi-zarra, ya que la mayor parte del flujo circula por la terraza de huertas frente a la fachada principal, chocando con esta y volviendo al río. El calado medio en la fachada principal es de 2,30 m con una velocidad de 2,05 m/s. En la parte izquierda se genera una zona de remanso entre la Casa-Torre y la casa adjunta, alcanzando un calado de 1,30 m. En la esquina que está en el cauce y la pared Este, el calado alcanza los 3,5 m y la velocidad los 4 m/s.

Se recomienda revisar el estado de las cimentaciones y de la pared que linda con el cauce tras periodos de avenidas para detectar una posible erosión de los mismos que cause la ruina del edificio.



Cauce desde el puente



Margen izquierda desde el puente



Detalle de la pared Este de la Casa-Torre

### **6.8.- Tramo final**

El tramo final comprende desde la Casa-Torre hasta el final del estudio, incluyendo la confluencia con la regata Intza.

En este último tramo únicamente se afecta a la casa ubicada en la margen derecha, enfrente de la Casa-Torre y junto al camino de la granja. Esta casa recibe el flujo natural del cauce al estar en la parte exterior de una curva a izquierdas, más el proveniente por el camino de la granja y el desviado por la Casa-Torre hacia la margen derecha.

Todo ello provoca que se alcance un calado medio de 1,65 m en su pared Sur y una velocidad de 2,31 m/s. En la esquina Suroeste que limita con el río, se alcanzan los 2,06 m de calado y 5,60 m/s de velocidad.

A partir de aquí únicamente se inundan prados y zonas de vegetación riparia.

## **7.- PROPUESTA DE SOLUCIONES A LA PROBLEMÁTICA ACTUAL**

Una vez analizada la problemática actual de la localidad de Betelu frente al riesgo de inundaciones provocadas por el río Araxes e identificadas las zonas y puntos críticos, se han fijado en colaboración con el Ayuntamiento los criterios y zonas de actuación prioritaria y posteriormente se han realizado diversas simulaciones para comprobar el efecto de las soluciones propuestas y determinar la viabilidad de las mismas.

### **7.1.- Criterios y zonas de actuación prioritarias**

Siguiendo las directrices del Ayuntamiento, los criterios y zonas de actuación prioritarias para adoptar medidas de corrección y/o protección contra las inundaciones son las siguientes:

- Una vez comprobado que la galería de la embotelladora tiene capacidad suficiente, se trata de evitar las escorrentías por la c/Mayor y la c/Irigoyen para evitar afecciones a casas y sótanos, con especial atención a la Residencia geriátrica.
- Mejorar la inundabilidad de las casas existentes en la salida de la regata Ipintza y su confluencia con el río Araxes.
- Mejorar la inundabilidad de la margen derecha en el núcleo urbano, especialmente en la zona de la fábrica, el grupo Lakobeikoa y el Colegio.
- Estudiar alternativas para mejorar la inundabilidad del entorno del puente de la carretera NA-7513 a Intza.

### **7.2.- Simulaciones realizadas**

En este apartado se definen las soluciones propuestas que se han simulado para comprobar su eficacia y determinar su viabilidad, hasta conseguir el estado definitivo.

La metodología ha consistido en realizar cada propuesta individualmente, para comprobar el efecto que tiene sobre la inundabilidad y aceptarla o descartarla en función de si la mejora es significativa y asumible.

Durante el proceso de simulación de las diferentes soluciones se han ido realizando pequeñas mejoras en el modelo (ajustes en la malla de cálculo), quedando implementadas en las simulaciones posteriores.

En el presente estudio no se incluyen los resultados gráficos de todas las simulaciones realizadas, únicamente se aportan los del estado definitivo que incorpora las medidas seleccionadas y que se analiza en el apartado correspondiente de este documento.

Una de las medidas propuestas es la ejecución de una red de drenaje con rejillas en la carretera NA-1300 y la c/Irigoyen para evitar las escorrentías provenientes de aguas arriba de la galería de la embotelladora por la calzada de la carretera. El modelo hidráulico no puede simular este tipo de elementos, por lo que en las simulaciones realizadas siguen apareciendo las citadas escorrentías, aunque desaparecerán con la ejecución de las rejillas.

Las simulaciones realizadas han sido las siguientes:

#### 7.2.1.- Apertura de la margen izquierda

Consiste en la excavación de una franja de 10 m de anchura en la margen izquierda desde aguas abajo de la confluencia de la regata Ipintza hasta la curva a derechas después del grupo Lakobeikoa. Para no afectar a la funcionalidad del azud de la fábrica, los primeros 85 m se realizan a la cota de este (285,6 m) y el resto a la cota 284 m. De esta forma se mantiene el cauce actual como cauce de aguas bajas con una altura media de 1,00 m aguas abajo del azud y se fomenta la inundación de la margen izquierda en avenidas, al estar a menor cota que la margen derecha.

La apertura del cauce hacia la margen izquierda implica la demolición de la pasarela peatonal, así como de la edificación y los muros de las huertas ubicadas frente a la fábrica y el grupo Lakobeikoa.

Con esta medida se evita la inundación de la fábrica y el desbordamiento provocado por la pasarela peatonal, mejorándose significativamente la inundación del grupo Lakobeikoa, dónde únicamente existe desbordamiento en los puntos bajos y una pequeña afección provocada por las escorrentías provenientes de la carretera NA-1300. El calado máximo alcanzado en esta zona es de 0,95 m y la velocidad de 2,20 m/s.

Pese a las afecciones que supone la actuación (afección a ribera, taludes, demoliciones de la pasarela, las huertas y la edificación...) y el coste de la misma, la mejora de la inundabilidad en una zona vital y extensa del núcleo urbano es tan significativa, que la convierte en una medida indispensable.

Por tanto, las simulaciones posteriores incluyen esta medida.

#### 7.2.2.- Mejora del puente de la carretera NA-7513 a Intza

La otra zona crítica del núcleo urbano es la correspondiente al entorno del puente de la carretera NA-7513 a Intza, por lo que se han realizado diversas simulaciones para encontrar una solución que mejore la inundabilidad de su entorno e incluso del tramo de aguas arriba.

Se ha realizado una primera simulación quitando la pasarela peatonal ubicada junto al Ayuntamiento y excavando el prado de la margen izquierda y se ha comprobado que no se mejora la inundabilidad, corroborando que la obstrucción la generan el puente de la carretera NA-7513 a Intza, el encauzamiento y las casas, provocando el embalsamiento del tramo aguas arriba.

Como no es posible actuar sobre las casas existentes se han realizado varias simulaciones ampliando la luz del puente mediante la apertura de cada uno de los estribos por separado y de los dos a la vez. Pese a aumentar la sección hidráulica del puente (8 m en cada estribo) y de las márgenes aguas abajo, la ganancia no es suficiente y el tablero sigue entrando en carga.

Se mejora la velocidad en el puente y aguas abajo debido a una menor expansión del flujo a la salida del mismo al ampliar la sección, pero el calado y la inundabilidad no mejoran significativamente.

Dados los condicionantes existentes (casas, cotas de calles) no es posible ampliar más la estructura ni elevar la cota del tablero, por lo que teniendo en cuenta la escasa mejora de la inundabilidad, así como la complejidad y coste de las obras, se considera que no es posible mejorar la inundabilidad del núcleo urbano en el tramo que va desde el Ayuntamiento hasta la Casa-Torre Apeztegi-zarra.

Por tanto, se deberá tener en cuenta en el Plan General esta circunstancia y tomar las medidas oportunas en el planeamiento y en los planes de emergencia.

### 7.2.3.- Ejecución de muro en la margen derecha

El no conseguir una mejora aceptable y viable en la situación del tramo del Ayuntamiento al puente de la NA-7513, impide aumentar la capacidad de desagüe aguas arriba y por tanto, para evitar la inundación de la margen derecha entre el grupo Lakobeikoa y el Ayuntamiento producida por el desbordamiento en los puntos bajos, se plantea la ejecución de un muro en la margen derecha.

El muro simulado se inicia a la altura de la pasarela actual entre la fábrica y el grupo Lakobeikoa y termina en la esquina de la casa de la pasarela junto al Ayuntamiento. Se ha simulado con una cota de coronación suficiente (288 m) para evitar que la avenida de 500 años lo sobrepase y así poder estudiar el efecto sobre el resto de zonas.

Con la ejecución de este muro se consigue evitar la inundación del grupo Lakobeikoa y el patio del Colegio; sin embargo, existe una aportación que proviene del refluo de la pasarela peatonal junto al Ayuntamiento y que escurre hacia atrás por la c/Antigua, acumulándose en el punto bajo de la calle, junto al muro y en la rampa de acceso al sótano del Colegio.

La mejora del calado respecto del estado actual en esta zona no es demasiado significativa (0,30 m) pero sí lo es la mejora en velocidad, pasando de velocidades de entre 0,85 y 1,84 m/s a velocidades prácticamente nulas. Para evitar del todo la inundación debería cerrarse el punto bajo de la pasarela peatonal del Ayuntamiento mediante un muro y sustituir la pasarela.

Por otro lado, la ejecución del muro supone un estrechamiento de la sección, lo que provoca que aumente la cota de la lámina de agua en el cauce entre el inicio del muro y la curva a derechas. El incremento máximo de la cota del agua es de 1,60 m disminuyendo paulatinamente hasta alcanzar el nivel del estado actual tras la curva. En cambio, la velocidad disminuye 1,50 m/s de media en el tramo, destacando la zona de la actual pasarela donde disminuye 2,20 m/s.

En base a todo ello, se considera que la ejecución del muro es una medida viable, que aporta una mejora significativa de la inundación y que debe ser adoptada.

#### 7.2.4.- Confluencia del río Araxes con la regata Ipintza

Como ya se ha comentado, justo en la confluencia del río Araxes y la regata Ipintza, se ubican varias edificaciones muy afectadas por las avenidas.

La ubicación de estas a la salida de la galería de la embotelladora y del soterramiento de la regata Ipintza complica las actuaciones posibles, ya que el problema está generado porque el nivel del río Araxes en período de avenida impide el desagüe de la regata Ipintza, provocando el embalsamiento de esta hacia aguas arriba.

Una de las simulaciones realizadas ha sido introducir un tubo de Ø1000 mm desde la entrada al soterramiento de la regata Ipintza hasta el río Araxes, por el camino que discurre por la izquierda de la borda, pero no se consigue mejoría alguna.

Planteada la situación al Ayuntamiento y al equipo redactor del Plan General Municipal se decidió hacer una simulación que contemplase la demolición de la borda (de propiedad municipal), dejando el terreno a la cota del cauce actual para mejorar el desagüe de la regata Ipintza y estudiar los resultados.

La conclusión de esta simulación es que con esta medida se mejora el desagüe de la regata Ipintza y se disminuye la cota de agua en la salida del soterramiento de la regata desde los 290,31 m del estado actual hasta los 288,61 m. Esto supone una mejoría de 1,70 m para las viviendas, quedándose el calado en el estado definitivo en 1,54 m lo cual es la mitad del calado del estado actual.

A pesar de esta mejora, la cota de agua a la salida del soterramiento sigue impidiendo el desagüe total del caudal de la regata y provoca la entrada en carga del soterramiento y un pequeño desbordamiento a la entrada del mismo que discurre calle abajo.

Comunicados estos resultados al Ayuntamiento, se ha decidido adoptar la demolición de la borda como una medida prioritaria.

### **8.- ANÁLISIS DEL ESTADO DEFINITIVO**

En este apartado se analizan los resultados obtenidos para el estado definitivo, siendo este el que recoge todas las medidas seleccionadas en el apartado anterior, excepto las rejillas de drenaje para evitar escorrentías, ya que no es posible su simulación.

Aunque se han simulado e incluido en los planos los resultados correspondientes a las avenidas de período de retorno de 10, 100 y 500 años, únicamente se analizan en este apartado las dos últimas, por ser las que más cambios han sufrido y las más significativas, ya que con ellas se determina la zona de flujo preferente y la zona inundable respectivamente.

En los planos del Apéndice nº 3 del presente estudio se muestran los planos generados a partir de los resultados gráficos del programa, tanto de calado, velocidad, peligrosidad y zona de flujo preferente.

Al igual que en el estado actual, para analizar los resultados vamos a recorrer el área de estudio en la dirección del flujo, identificando para cada periodo de retorno los puntos y tramos de desbordamiento.



### **8.1.- Período de retorno de 100 años**

La situación tramo a tramo del estado definitivo para esta avenida es la siguiente:

- Desde el inicio del tramo hasta la confluencia con la regata Ipintza se mantiene la situación actual, excepto las escorrentías de las calles que se evitarán con las rejillas de drenaje.
- En la confluencia con la regata Ipintza el calado ha disminuido casi 1 m respecto del estado actual y la velocidad casi 3 m/s debido al ensanchamiento de la sección. Esto mejora la situación de la vivienda, cuyo calado en la salida del soterramiento es ahora de 0,99 m.
- Desde la confluencia con la regata Ipintza hasta la pasarela junto al Ayuntamiento, debido a la apertura del cauce hacia la margen izquierda, la demolición de la pasarela y las huertas y la ejecución del muro de la margen derecha, la avenida se mantiene en el cauce sin provocar inundación en ninguna de las márgenes.  
De esta forma se consigue evitar completamente la afección a la fábrica, al grupo Lakobeikoa, al entorno del Colegio y a la casa de la pasarela junto al Ayuntamiento.
- El resto del tramo en estudio se mantiene igual que el estado actual.

### **8.2.- Período de retorno de 500 años**

Para la avenida de 500 años los principales cambios respecto al estado actual son los siguientes:

- Se anulan las escorrentías por la c/Mayor y la c/Irigoyen mediante la ejecución de las rejillas de drenaje. Por lo demás, el tramo hasta la confluencia con la regata Ipintza se mantiene igual que en el estado actual.
- En la confluencia con la regata Ipintza el calado ha disminuido 1,70 m respecto del estado actual y la velocidad casi 3 m/s debido al ensanchamiento de la sección. Esto mejora muy significativamente la situación de la vivienda, cuyo calado en la salida del soterramiento es ahora de 1,67 m.
- El soterramiento de la regata Ipintza sigue sin ser capaz de desaguar el caudal, entrando en carga y desbordándose a su entrada, lo que genera pequeñas escorrentías en la c/Irigoyen, que se concentran en el punto bajo junto a la ermita. No merece la pena realizar un drenaje hasta el río, ya que durante las avenidas el río está anegado y no sería funcional.
- Aguas abajo de la confluencia con la regata Ipintza, gracias a las medidas adoptadas, se evita la inundación de la fábrica y el prado anterior a esta, así como de las viviendas del grupo Lakobeikoa, las viviendas ubicadas junto al Colegio y el patio de este.
- La ejecución del muro en la margen derecha evita la inundación del grupo Lakobeikoa y el entorno del Colegio, pero estrecha la sección y eleva la lámina de agua en el tramo inicial. Dada la mejoría que aporta la ejecución del muro, esta elevación de la lámina no se considera relevante, pero debe tenerse en cuenta a la hora de diseñar el muro.
- Parte del agua que desborda por el estribo derecho de la pasarela peatonal junto al Ayuntamiento, escurre hacia atrás por la c/Antigua, acumulándose en el punto bajo de la calle, junto al muro y en la rampa de acceso al sótano del Colegio. Pese a no evitarse completamente la inundación de esta zona, la mejora respecto del estado actual es significativa sobre todo en la velocidad, pasando de 1,84 m/s a ser prácticamente nula.

Cabe la posibilidad de cerrar el estribo derecho mediante un muro y sustituir la pasarela peatonal para evitar el reflujó hacia el Colegio.

- A partir de la pasarela peatonal la situación se mantiene como en el estado actual, dada la imposibilidad de actuar de forma eficaz sobre el entorno del puente de la carretera NA-7513 a Intza.
- A modo general, se aprecia que en la parte central del tramo de estudio, coincidiendo con la zona de aplicación de las medidas adoptadas, la distribución del calado y especialmente la de velocidades, es mucho más uniforme que en el estado actual. Esto es debido a la regularización del cauce que suaviza los efectos de contracción del flujo generados por las obstrucciones y cambios de sección.

### **8.3.- Zona de Flujo Preferente**

De forma análoga al estado actual, se ha determinado cual sería la zona de flujo preferente tras la ejecución de las medidas propuestas en el estado definitivo, mostrándose en el plano 3.5 del Apéndice nº 3.

No existen diferencias significativas con el estado actual.

## **9.- MEDIDAS A RECOGER EN EL PLAN GENERAL MUNICIPAL**

Se describen a continuación las medidas estructurales que debe recoger el Plan General Municipal de Betelu para corregir los riesgos de inundabilidad del núcleo urbano, así como algunas recomendaciones o medidas de protección adicionales.

### **9.1.- Medidas estructurales**

Tras las simulaciones y análisis realizados en el presente estudio, se ha decidido que las medidas estructurales que debe contemplar el Plan General Municipal de Betelu para la protección del núcleo urbano de los riesgos de inundación son los siguientes:

- Ejecución de una red de drenaje mediante rejillas que recojan las escorrentías de la carretera NA-1300 (c/Mayor) y la calle Irigoyen y la viertan al río Araxes a la salida de la galería.
- Demolición de la borda de la margen izquierda a la salida de la regata Ipintza, para favorecer el desagüe de esta en el río Araxes y mejorar la inundación provocada por la regata en la confluencia.
- Apertura de la margen izquierda del cauce (franja de 10 m) mediante la excavación del talud natural existente, desde la confluencia con la regata Ipintza hasta la curva a derechas del grupo Lakobeikoa, con una longitud aproximada de 365 m. La excavación de la margen izquierda supone la demolición de la pasarela peatonal existente, así como la edificación y las huertas (muros) de la margen izquierda frente al grupo Lakobeikoa. En el tramo inicial debe tenerse en cuenta la cota del azud de la fábrica para mantener su funcionalidad.

- Ejecución de un muro en la margen derecha desde la pasarela actual del grupo Lakobeikoa hasta la casa de la pasarela peatonal junto al Ayuntamiento. La longitud total del muro propuesto es de 170 m y su altura media de 1,50 m.

### **9.2.- Medidas adicionales**

Se recomienda que una vez redactado el PGM, se realice una reunión explicativa para comunicar a la población el riesgo de inundabilidad existente en el municipio y si es necesario, enviar una notificación a los vecinos cuyas propiedades se encuentran dentro de la zona de inundación para que sean conscientes de la situación.

Otro aspecto fundamental es la coordinación del Ayuntamiento con la Confederación Hidrográfica del Cantábrico, los servicios de alerta temprana, de Emergencias y demás organismos para desarrollar un Plan de Gestión de Riesgos de Inundación efectivo, que permita poner en marcha las medidas preventivas adicionales que se enumeran a continuación.

- En aquellas edificaciones que se encuentren dentro de la zona de inundación, especialmente las que cuenten con garajes y sótanos, se recomienda adoptar en las puertas un sistema de protección que se pueda colocar en caso de alerta de avenida. Un sistema muy efectivo es la realización de unas guías en el suelo y el marco de las puertas donde poder colocar planchas metálicas o de madera. Es preferible que exista algún tipo de junta de goma en las guías que favorezca la estanqueidad del conjunto.
- Para evitar problemas en la red de saneamiento derivados de las inundaciones que provoquen la salida de agua por las arquetas, inodoros... de sótanos o puntos bajos que queden por debajo del nivel de la avenida, se recomienda instalar clapetas antirretorno en las arquetas y/o acometidas a colector de cada parcela.
- Incluir en el Plan de Emergencias la revisión tras una avenida de las viviendas que se encuentran en la zona de flujo preferente, para detectar posibles daños estructurales en sus muros o cimentaciones.

Además de estas medidas adicionales de carácter general, se han detectado varios puntos críticos que convendría solucionar mediante las siguientes medidas:

- Cerrar el acceso a la explanada de la embotelladora desde la NA-1300, puesto que se trata de un punto bajo que favorece la entrada de agua proveniente de las escorrentías de la carretera.
- Elevar el muro de hormigón del cierre perimetral de la fábrica en su límite Sureste, ya que en su estado actual, una avenida provocaría la inundación de toda la fábrica.
- Para evitar la afección al entorno del Ayuntamiento, el garaje de la casa y el refluo hacia la calle Antigua y el Colegio, se recomienda construir un muro para cerrar el punto bajo existente en el estribo derecho de la pasarela peatonal, sustituyendo esta si se quiere mantener el acceso a la otra margen.

En el plano 3.1 del Apéndice nº 3 se indica cada una de las medidas propuestas a modo orientativo. La definición completa de cada una de las medidas, en caso de llevarse a cabo, deberá definirse mediante los correspondientes proyectos técnicos y contar con las preceptivas autorizaciones de los Organismos competentes.



En el Apéndice nº 4: análisis comparativo, se incluyen los planos de peligrosidad de las diversas avenidas para el estado actual y definitivo, permitiendo una comparativa gráfica de los resultados en la cual resulta evidente la gran mejoría que supone la ejecución de las medidas propuestas en el estado definitivo.

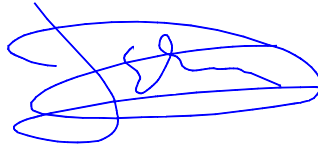
## **10.- CONCLUSIONES DEL PRESENTE ESTUDIO**

Tras todo lo expuesto en el presente documento se concluye que, se ha analizado en detalle la problemática actual del municipio de Betelu frente al riesgo de inundaciones y se ha demostrado la eficacia de las medidas propuestas para la mejora significativa de la situación, comunicándose al Ayuntamiento para su inclusión en el Plan General Municipal y su traslado a la Confederación Hidrográfica del Cantábrico, a fin de que se tengan en cuenta en el Plan de Gestión de Riesgos de Inundación.

Las medidas estructurales propuestas deberán ser definidas mediante los preceptivos proyectos técnicos, los cuales se tramitarán de acuerdo a la legislación vigente para su aprobación.

Pamplona, Junio de 2015.

El Ingeniero de Caminos, CC. y PP.



Fdo.: Joaquín Salanueva Etayo

## APÉNDICE Nº 1: SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

## INDICE DEL APÉNDICE Nº 1

### 1.- PLANO DE SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

## **APÉNDICE Nº 2: ANÁLISIS DE ESTADO ACTUAL**



## INDICE DEL APÉNDICE Nº 2

- 1.- PLANTA DE ESTADO ACTUAL
- 2.- PLANOS DE PELIGROSIDAD
- 3.- PLANOS DE CALADOS
- 4.- PLANOS DE VELOCIDADES
- 5.- PLANOS DE LA ZONA DE FLUJO PREFERENTE

## **APÉNDICE Nº 3: ANÁLISIS DE ESTADO DEFINITIVO**

## INDICE DEL APÉNDICE Nº 3

- 1.- PLANTA DE ESTADO DEFINITIVO – MEDIDAS PROPUESTAS
- 2.- PLANOS DE PELIGROSIDAD
- 3.- PLANOS DE CALADOS
- 4.- PLANOS DE VELOCIDADES
- 5.- PLANOS DE LA ZONA DE FLUJO PREFERENTE

## APÉNDICE Nº 4: ANÁLISIS COMPARATIVO



## INDICE DEL APÉNDICE Nº 4

### 1.- PLANOS COMPARATIVOS DE PELIGROSIDAD