

APROBADO INICIALMENTE

POR.....

EN FECHA.....



MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA GENERAL
PARA EL TERRITORIO
Y LA BIODIVERSIDAD

CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA
DEL NORTE

PLAN DE ENCAUZAMIENTO DEL RÍO SARRIA Y CELEIRO A SU PASO
POR LA LOCALIDAD DE SARRIA (LUGO)



NOVIEMBRE 2007

APROBADO INICIALMENTE
POR *Pleno*
EN FECHA *14/05/2007*



Índice

1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS.....	1
2. PELIGROSIDAD DE INUNDACIONES.....	2
3. PROBLEMAS QUE PRESENTA EL CANAL ALTERNATIVO.....	4
4. MEDIDAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE INUNDACIÓN.....	5
3.1. Presa de laminación de avenidas.....	5
3.2. Encauzamiento de los ríos Sarria y Celeiro.....	5
3.3. Zonas de reserva	6
3.4. Zonas de precaución.....	8
5. CONCLUSIONES.....	11

APROBADO INICIALMENTE

POR.....
POR.....



Plan de Encauzamiento de los ríos Sarria y Celeiro a su paso por la localidad de Sarria (Lugo)

1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

La localidad de Sarria se asienta sobre una llanura aluvial donde confluyen los ríos Celeiro, también denominado Pequeño, y Sarria, pertenecientes a las Subcuencas de Neira y Sarria respectivamente, dentro de la Cuenca del Miño-Alto Sil. En la zona existen varios antecedentes de inundaciones, aunque ha sido la avenida del año 2000 la que ha motivado el desarrollo de un *Plan de Encauzamiento del río Sarria y río Celeiro a su paso por el casco urbano de Sarria*.

En este sentido se han realizado varios estudios para diseñar un plan de encauzamiento. El último estudio encargado por el ayuntamiento de Sarria fue elaborado por INEK, Ingeniería y servicios (2004). En dicho estudio se ponía de manifiesto que resultaba inviable proyectar una canalización en el río Sarria adaptada al entorno de dicha población, que permitiera desalojar el caudal correspondiente a las avenidas cuyo periodo estadístico de retorno sea de 500 años. Para solventar este problema, se planteaba como solución la construcción de un canal de derivación a lo largo de la margen derecha.

En el citado plan de encauzamiento se detectaron varios problemas que obligaron a la CHN, de acuerdo con el ayuntamiento de Sarria, a realizar los estudios necesarios para realizar un nuevo plan de encauzamiento.

La CHN abordó durante el periodo 2005-2007 varios estudios que contaron con la colaboración de AGUAS DE LA CUENCA DEL NORTE e INDUROT. Representan estudios multidisciplinarios que aglutinaban criterios históricos, geomorfológicos, hidrológicos e hidráulicos. En ellos se delimitaron las zonas peligrosas frente a inundaciones atendiendo a frecuencias de inundación, calados y velocidades, además de analizarse varias alternativas de encauzamiento y reducción de la peligrosidad en el río Sarria. El objetivo era solventar, de la forma más eficaz posible, el riesgo de inundación en la localidad.

En el presente documento se sintetiza el resultado final de los citados estudios, describiendo cuales son las medidas necesarias para reducir el riesgo de inundación en la localidad de Sarria:

- Encauzamiento de los ríos Sarria y Celeiro para la avenida de 100 años y 500 años respectivamente.
- Presa de laminación de avenidas para la avenida de 500 años en el río Sarria.
- Delimitación de espacios de reserva necesarios para llevar a cabo las actuaciones planteadas.

- Delimitación de espacios de precaución donde tomar medidas para reducir el riesgo de inundación durante el periodo en el que las actuaciones anteriores no estén ejecutadas.

A continuación se describen las características de cada una de estas medidas.

2. PELIGROSIDAD DE INUNDACIONES

Los estudios realizados para determinar la peligrosidad de inundaciones actual en las llanuras aluviales ubicadas en el entorno de la localidad de Sarria se han basado en criterios geomorfológicos, datos de inundaciones históricas, análisis hidrológicos y modelización hidráulica.

La zonificación de la peligrosidad resultante (Figura 1) muestra que el 30% (112 Ha) de la zona analizada ha sido clasificada como sometida a una *inundación muy frecuente*, el 42% (160 Ha) como de tipo *Frecuente*, un 15% (58 Ha) *ocasional* y un 9% (33 Ha) *excepcional*. Adicionalmente, esta peligrosidad de inundaciones afecta a terrenos con elevada ocupación urbanística, generando un alto riesgo en la localidad.

Por estos motivos es necesario aplicar medidas para reducir el riesgo de inundaciones en la localidad Sarria.

APROBADO INICIALMENTE

POR *Plevo*

EN FECHA *11-07*



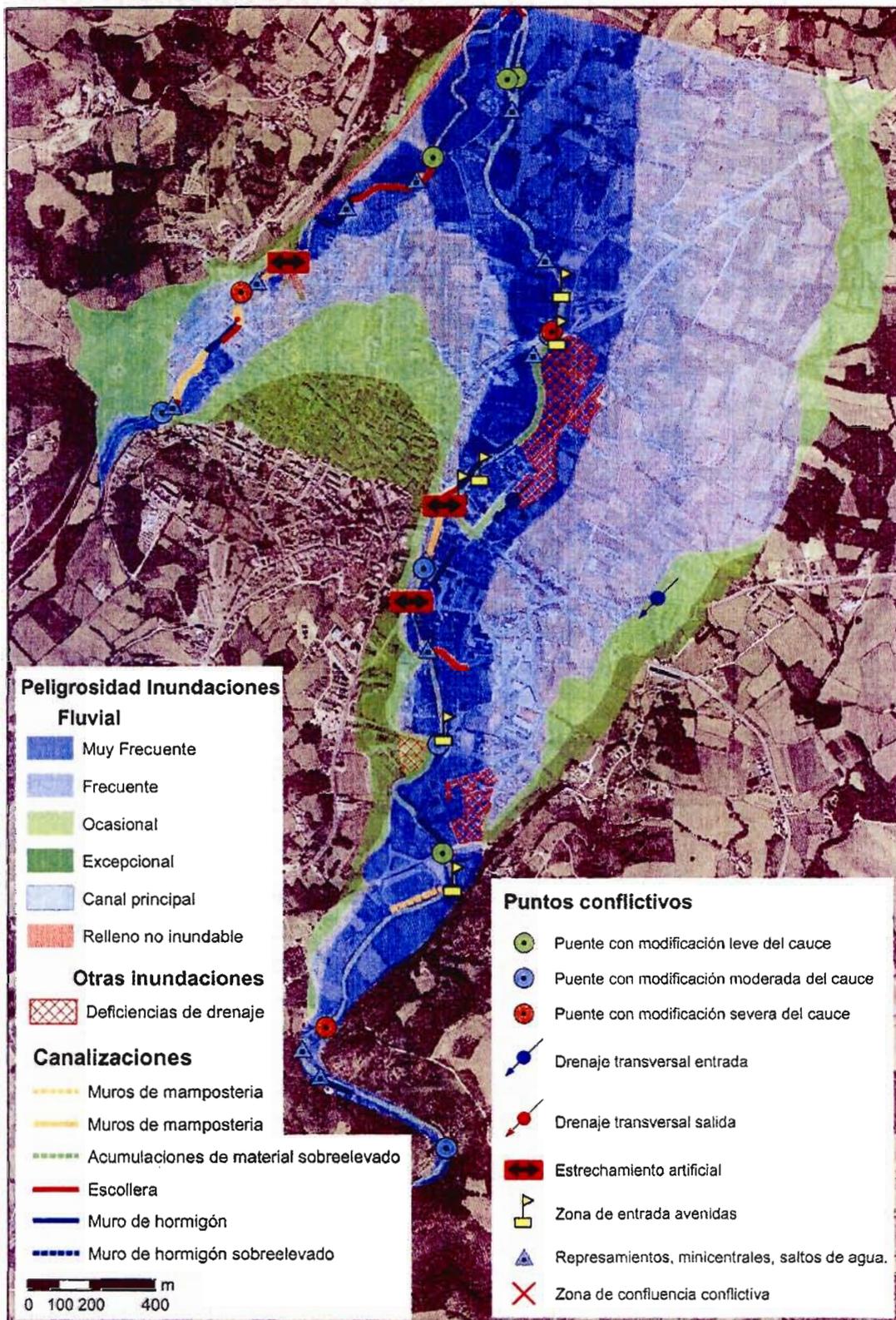


Figura 1. Peligrosidad de inundaciones en el entorno de la localidad de Sarria y puntos conflictivos.

APROBADO MUNICIPALMENTE
 POR: *[Signature]*
 EN FECHA: *[Signature]*


3. PROBLEMAS QUE PRESENTA EL CANAL ALTERNATIVO

El diseño de alternativas de protección frente a inundaciones en la localidad de Sarria presenta multitud de problemas, que están relacionados fundamentalmente con la alta ocupación de la vega por edificaciones, la elevada frecuencia de inundación de las llanuras aluviales implicadas y la superposición de las áreas de influencia de dos sistemas fluviales: los ríos Sarria y Celeiro.

La empresa *INEK, Ingeniería y Servicios* diseñó un plan de encauzamiento en el que determinan que en la zona intermedia del río Sarria, no resulta posible adecuar el cauce al caudal de la avenida de proyecto, siendo el máximo caudal que puede admitir este tramo el correspondiente a la avenida de 50 años de periodo de retorno. Para reducir el caudal del proyecto en este sector plantean dos alternativas: la creación de un cauce de derivación o la construcción de una presa de laminación de avenidas.

La CHN analizó el plan de encauzamiento propuesto por la empresa *INEK, Ingeniería y Servicios*, su viabilidad y respuesta frente a grandes avenidas y las ventajas e inconvenientes de cada una de ellas. El encauzamiento planteado confinaba excesivamente el río Sarria y solamente albergaba la avenida de 50 años, diseñando un canal alternativo en la margen derecha para albergar las avenidas entre 50 y 500 años. Entre los principales problemas detectados destacan:

- Previsible colmatación del cauce alternativo por los sedimentos arrastrados durante las grandes avenidas para las que precisamente está diseñado. Este hecho no solo puede hacer fracasar la efectividad de protección frente al riesgo de inundación sino agravar los daños provocados por la misma.
- El enorme confinamiento de las avenidas del río Sarria en la zona de confluencia limitaría el desalojo de las aguas del río Celeiro, aumentando la posibilidad de los desbordamientos en este último e incrementando el problema en este sector de la población.

Debido a la discutible efectividad y el posible incremento del riesgo que plantea el canal alternativo frente a las ventajas que ofrece la presa de laminación, el diseño del plan de encauzamiento albergó la construcción de esta última estructura.

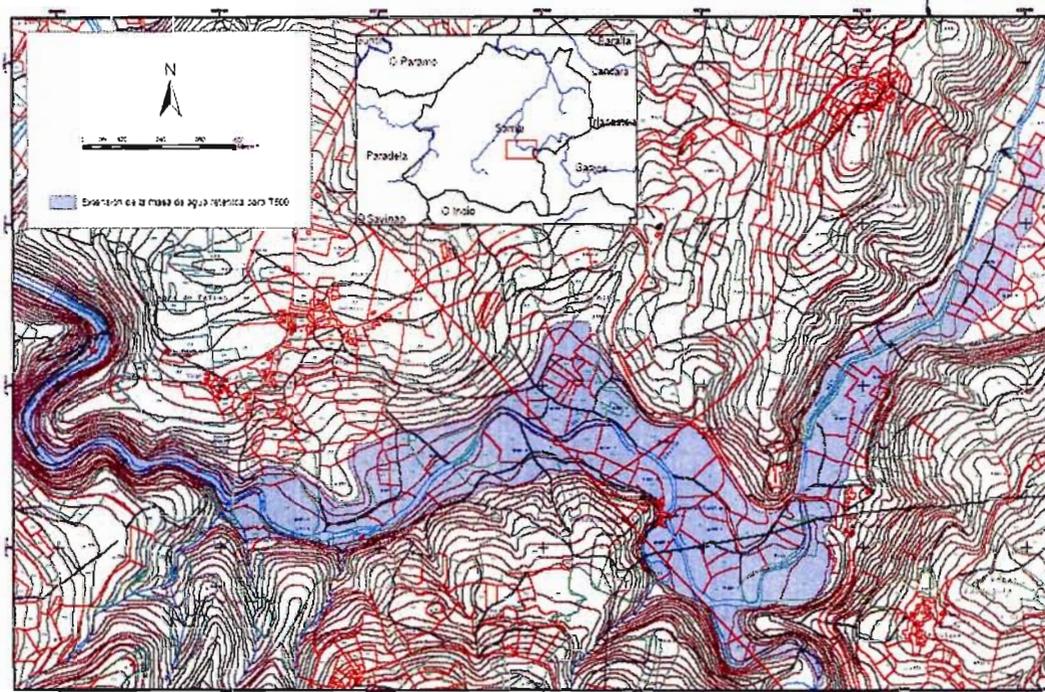
APROBADO INICIALMENTE
POR.....
EN FECHA..... 28-11-.....



4. MEDIDAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE INUNDACIÓN

3.1. Presa de laminación de avenidas

Los estudios realizados muestran que para albergar la avenida de 500 años en el río Sarria es necesaria la construcción de una presa de laminación ubicada valle arriba. Dicha presa funcionará para caudales superiores a T 100, reduciendo consecuentemente los caudales comprendidos entre T 100 y T 500. En el Figura 2 se muestra la estimación del espacio de reserva necesario para albergar dichas avenidas.



APROBADO INICIALMENTE

POR Pleno

EN FECHA 21/11/2011



Figura 2. Espacio de reserva necesario para albergar la avenida de T=500

3.2. Encauzamiento de los ríos Sarria y Celeiro

Los estudios realizados muestran que el encauzamiento de los ríos Sarria y Celeiro requiere de la instalación de motas así como la reserva de los terrenos señalados en rojo en la Figura 3, al representar el espacio reservado para albergar el caudal y la carga aportados por las avenidas fluviales

consideradas en ambos ríos y necesario para ejecutar los encauzamientos señalados.

En la Figura 3 se muestran dos tipologías de motas:

- En color rojo se señalan las motas que deben instalarse previamente a la construcción de la presa de laminación de avenidas. En el río Sarria estas motas albergarían la avenida $T=100$ mientras que en el río Celeiro están diseñadas para la avenida de $T=500$.
- En amarillo se señalan las motas cuya instalación limitaría las inundaciones en Sarria, pero que no deben realizarse hasta que la presa de laminación de avenidas esté construida. Esta situación conlleva a la definición, junto a las zonas de reserva, de las zonas de precaución que se definen en el capítulo 3.4.

3.3. Zonas de reserva

Las actuaciones descritas conllevan la definición de espacios de reserva, que representan terrenos que mantendrán su inundabilidad. Son espacios necesarios no solo para realizar las actuaciones planteadas sino para albergar los caudales y sedimentos transportados por las avenidas y minimizar en lo posible los desajustes fluviales que pueden producirse como consecuencia de las obras. Por estos motivos, los espacios de reserva deben quedar libres y fuera de futuros desarrollos.

Dichos espacios se localizan:

- Aguas arriba de la presa de laminación de avenidas, destinados a recoger los caudales con periodo de retorno de entre 100 y 500 años (Figura 2).
- En las zonas adyacentes a las motas de los ríos Celeiro y Sarria. La zona de reserva en este caso se amplía en la confluencia entre ambos ríos, sector especialmente conflictivo que requiere de espacio para desalojar las grandes avenidas que proceden de ambos cauces (Figura 3).





Figura 3. La presa de laminación de avenidas y el plan de encauzamiento en los ríos Sarria y Celeiro concentrarían la peligrosidad en los terrenos encerrados entre motas, que representan los espacios de reserva.

APROBADO INICIALMENTE
POR.....
EN FECHA.....
SARRIA (Lugo)

3.4. Zonas de precaución

Debido a que las actuaciones planteadas para reducir el riesgo de inundación en Sarria pueden no desarrollarse simultáneamente, es necesario plantear medidas de precaución en los terrenos que mantengan su inundabilidad hasta que se ejecuten todas las obras.

La mayor o menor inundabilidad de los terrenos dependerá del tipo de obra que se encuentre ejecutada, pero ante la situación de inundabilidad, se recomienda evitar futuros desarrollos del suelo y, en caso contrario, deberán aplicarse las medidas compatibles con el plan de encauzamiento para reducir el riesgo de inundación.

Los terrenos que mantendrán su inundabilidad varían en función de las obras ejecutadas, de forma que la correcta gestión del riesgo debe realizarse conforme a los siguientes escenarios:

- a) Encauzamiento abierto de los ríos Sarria y Celeiro previamente a la construcción de la presa.
- b) Encauzamiento abierto de los ríos Sarria y Celeiro junto con la presa.
- c) Encauzamiento cerrado de los ríos Sarria y Celeiro junto con la presa.

a) Encauzamiento abierto sin presa

La canalización de ambos ríos previamente a la construcción de la presa implica que, para avenidas con periodo de retorno superior a 100 años, ambos márgenes del río Sarria se inundan, con una repercusión difícilmente predecible en la margen izquierda que contacta con la del río Celeiro, incluso aunque éste se encuentre canalizado para avenidas con $T=500$.

Por estos motivos, y hasta que se no esté construida la presa de laminación de avenidas, los terrenos continúan siendo inundables para periodos de retorno entre 100 y 500 años. Los terrenos con estas características están delimitados en color verde en la Figura 4.

Adicionalmente, y debido al rebosamiento de las motas descrito para avenidas grandes, las motas ubicadas entre ambos ríos no pueden cerrar totalmente a la población ya que evitarían el desagüe de las aguas desbordadas y agravarían los daños. Esta situación supone dejar sin motas el espacio ubicado entre ambos cauces para facilitar el desalojo de las aguas desbordadas, motivo por el cual se denomina *encauzamiento abierto*.



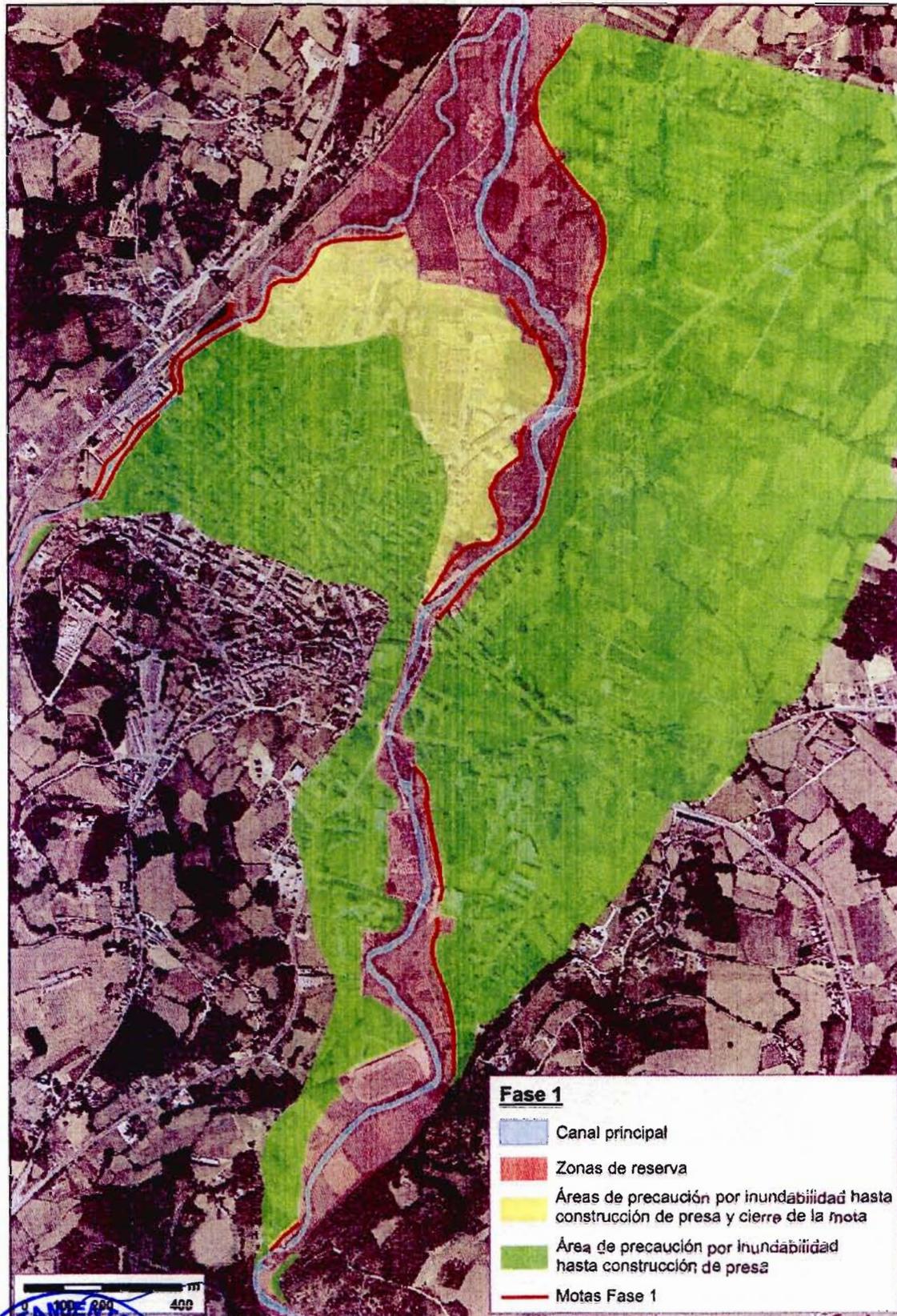


Figura 4. Encauzamiento abierto sin presa. Se delimitan, junto a los espacios de reserva, los terrenos inundables donde tomar medidas de precaución.



b) Encauzamiento abierto y construcción de la presa

Hay que tener en cuenta que a través de este espacio sin motas descrito en el apartado anterior, las avenidas con periodo de retorno inferior a $T=100$ penetrarían en los terrenos ubicados entre cauces, afectando a aquellos delimitados en amarillo en la Figura 5 incluso aunque la presa se encuentre construida. No obstante, debido a su ubicación aguas arriba de la confluencia y al efecto laminador de la presa durante grandes avenidas, es previsible que no representen inundaciones con valores de calado y velocidad significativos.



Figura 5. Encauzamiento abierto con presa. Se delimitan, junto a los espacios de reserva, los terrenos inundables donde tomar medidas de precaución.



No obstante, el hecho de que la inundabilidad prosiga, independientemente de su peligrosidad, obliga a continuar aplicando las precauciones descritas para el área inundable.

c) Encauzamiento cerrado y construcción de la presa

El cierre mediante motas del espacio entre ambos cauces reduciría la frecuencia de inundación fluvial en los terrenos del entorno, tal y como se muestra en la Figura 3. Las motas planteadas en el espacio entre ambos cauces deben incorporar abundantes drenajes de salida hacia el cauce para facilitar el desagüe ante posibles deficiencias de drenaje, que pueden estar producidas por fuertes precipitaciones, taponamientos en el alcantarillado de la localidad, etc.

El resultado final de las actuaciones es la concentración de las avenidas en un espacio varias veces inferior al que disponía en condiciones naturales. El proceso evolutivo de ambos cauces ante un confinamiento estructural de este tipo supone una alteración en el calado, caudal y dinámica fluvial cuya respuesta ante grandes avenidas puede provocar cambios que induzcan, a pesar de las obras, a situaciones problemáticas en el futuro. Por otra parte, hay que tener en cuenta que las obras realizadas en los ríos reducen el riesgo de inundación a corto plazo, pero como reconoce la Directiva Europea de Inundaciones (Directiva 2007/60/EC, 23 Octubre 2007), las inundaciones son fenómenos naturales que no pueden evitarse.

Por estos motivos, y debido a que el desarrollo urbanístico que muestra actualmente la zona de precaución ligada al cierre de la mota es parcial, como medida alternativa a las motas se recomienda limitar en lo posible la instalación de edificaciones en este sector y aplicar las medidas compatibles con el plan de encauzamiento para reducir el riesgo de inundación en las existentes y, en su caso, en las que puedan desarrollarse en un futuro.

5. CONCLUSIONES

Para reducir el riesgo de inundación en la localidad de Sarria se plantean las siguientes actuaciones (Figura 2 y 3):

- Encauzamiento del río Celeiro para avenidas con $T=500$.
- Encauzamientos en el río Sarria para avenidas con $T=100$.



- Presa de laminación de avenidas en el río Sarria para avenidas entre T=100 y T=500 años.

Dichas actuaciones necesitan de espacios de reserva, terrenos que mantendrán una alta inundabilidad (Figuras 2, 3, 4 y 5). Son espacios necesarios no solo para realizar las actuaciones planteadas sino para albergar los caudales y sedimentos transportados por las avenidas y minimizar en lo posible los desajustes fluviales que pueden producirse como consecuencia de las obras. Por estos motivos, los espacios de reserva deben quedar libres y fuera de futuros desarrollos.

Adicionalmente, y debido a que las actuaciones planteadas para reducir el riesgo de inundación en Sarria pueden no desarrollarse simultáneamente, es necesario plantear medidas de precaución en los terrenos que mantengan su inundabilidad hasta que se ejecuten todas las obras. Entre las medidas recomendadas se encuentra la limitación de futuros desarrollos del suelo y, en caso contrario, la aplicación de las medidas compatibles con el plan de encauzamiento para reducir el riesgo de inundación. Las zonas de precaución según el tipo de actuación ejecutada se muestran en las figuras 4 y 5.

El resultado final de las actuaciones es la concentración de las avenidas en un espacio varias veces inferior al que disponía en condiciones naturales y encerrando el núcleo central de la localidad de Sarria entre barreras topográficas que ante inundaciones excepcionales evitarían el desalojo de las aguas, agravando los daños. En este sentido, hay que tener en cuenta que las obras realizadas en los ríos reducen el riesgo de inundación a corto plazo, pero como reconoce la Directiva Europea de Inundaciones (Directiva 2007/60/EC, 23 Octubre 2007), las inundaciones son fenómenos naturales que no pueden evitarse.

Por estos motivos, no se recomienda el cierre completo de las motas en la zona central de Sarria, ubicada entre ambos ríos, donde es previsible que las inundaciones que puedan penetrar no presenten valores de calado y velocidad significativos, planteando medidas compatibles con el plan de encauzamiento para reducir el riesgo de inundación en este sector.

APROBADO INICIALMENTE

POR... *Pleno*

EN FECHA... *25-11-07*



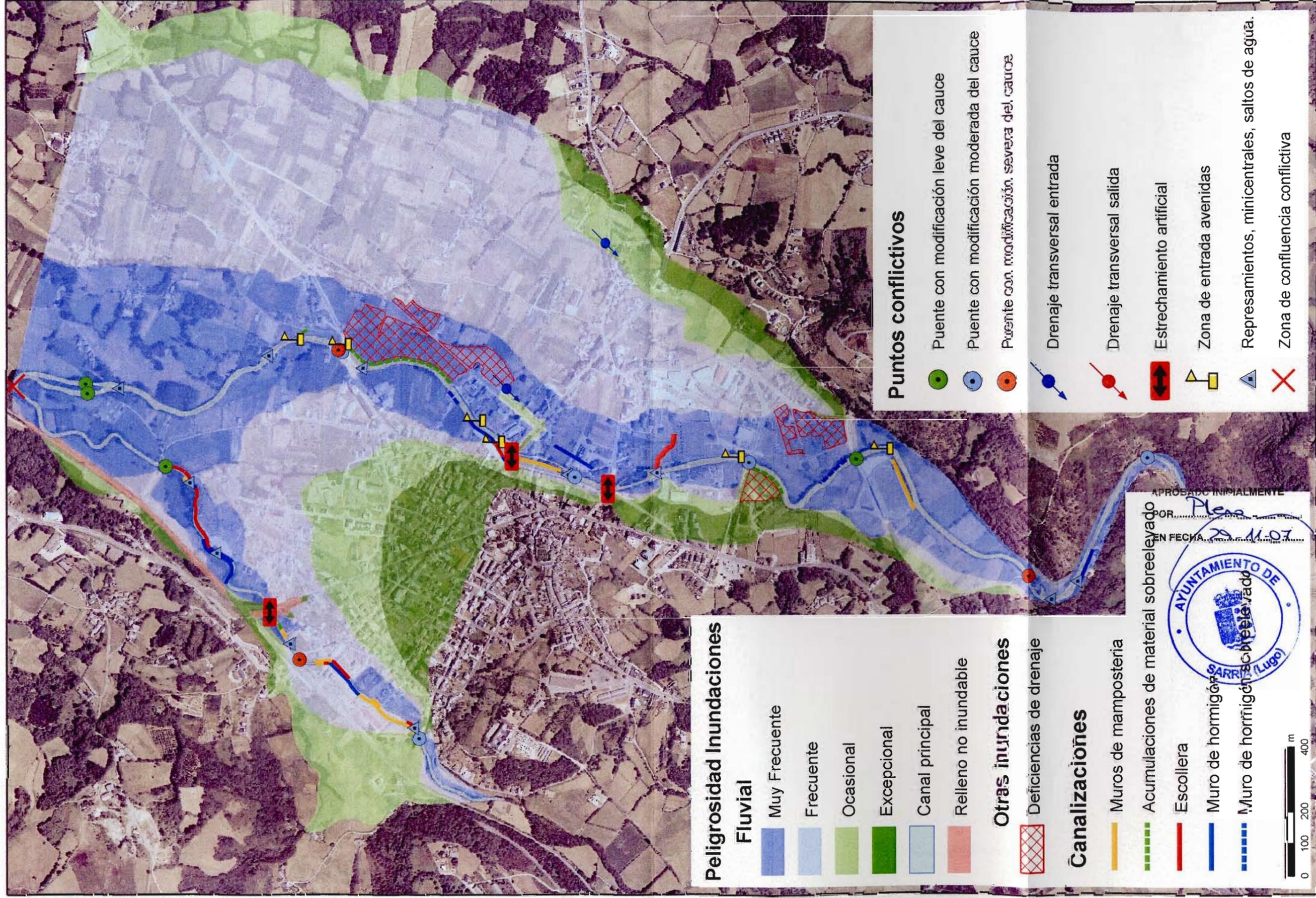
APROBADO INICIALMENTE

POR. Pena

EN FECHA. 29-11-07



MAPAS



Peligrosidad Inundaciones

- Fluvial**
- Muy Frecuente
 - Frecuente
 - Ocasional
 - Excepcional
 - Canal principal
 - Relleno no inundable

Otras inundaciones

- Deficiencias de drenaje

Canalizaciones

- Muros de mampostería
- Acumulaciones de material sobreelavado
- Escollera
- Muro de hormigón
- Muro de hormigón sobreelavado



Puntos conflictivos

- Puente con modificación leve del cauce
- Puente con modificación moderada del cauce
- Puente con modificación severa del cauce

- Drenaje transversal entrada
- Drenaje transversal salida
- Estrechamiento artificial
- Zona de entrada avenidas
- Represamientos, minicentrales, saltos de agua.
- Zona de confluencia conflictiva

APROBADO INICIALMENTE
 POR *Pleco*
 EN FECHA *29.11.07*
 AYUNTAMIENTO DE SARRIENNA (LUGO)

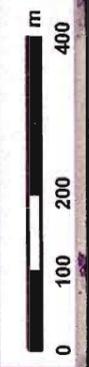


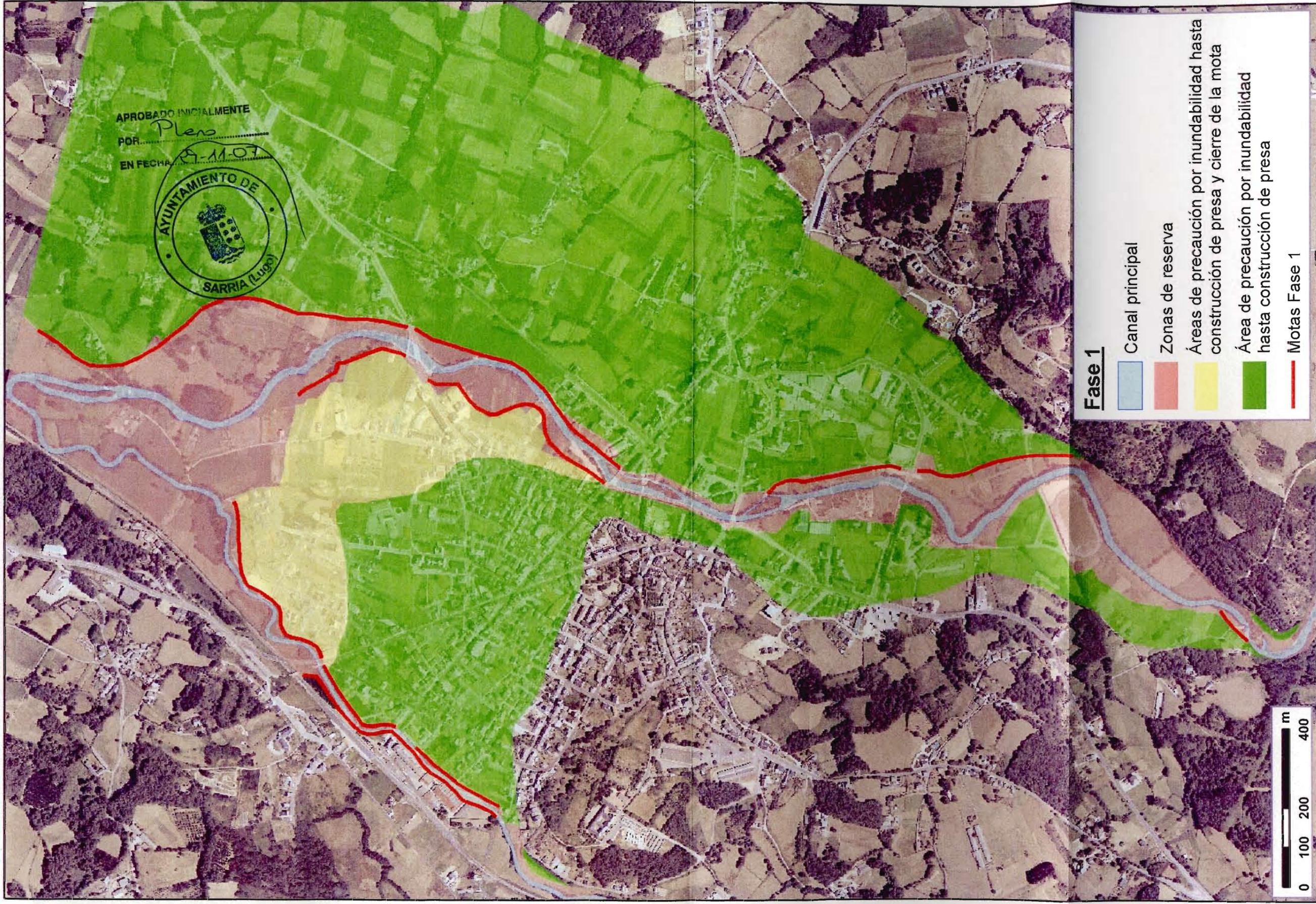
Plan de Encauzamiento (incluye presa)

APROBADO INICIALMENTE
POR... Pleno
EN FECHA... 29/11/07



-  Canal principal
-  Zonas de reserva
-  Motas Fase 1
-  Motas Fase 3



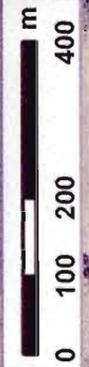


APROBADO INICIALMENTE
POR *Pleno*
EN FECHA *8-11-07*



Fase 1

-  Canal principal
-  Zonas de reserva
-  Áreas de precaución por inundabilidad hasta construcción de presa y cierre de la mota
-  Área de precaución por inundabilidad hasta construcción de presa
-  Motas Fase 1



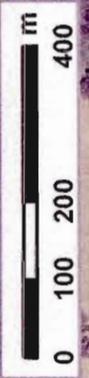


PROBADO INICIALMENTE
POR *Pleno*
EN FECHA *29-11-07*



Fase 2

-  Canal principal
-  Zonas de reserva
-  Áreas de precaución por inundabilidad hasta construcción de presa y cierre de la mota
-  Motas Fase 1



APROBADO INICIALMENTE
POR Pleno
EN FECHA 29-11-07



ANEXO I

APROBADO INICIALMENTE

POR Pleno

EN FECHA 29-11-07



Area proyectada por el Ayuntamiento
Expropiación
Nota
Limitación de aprovechamiento

Río Sarria

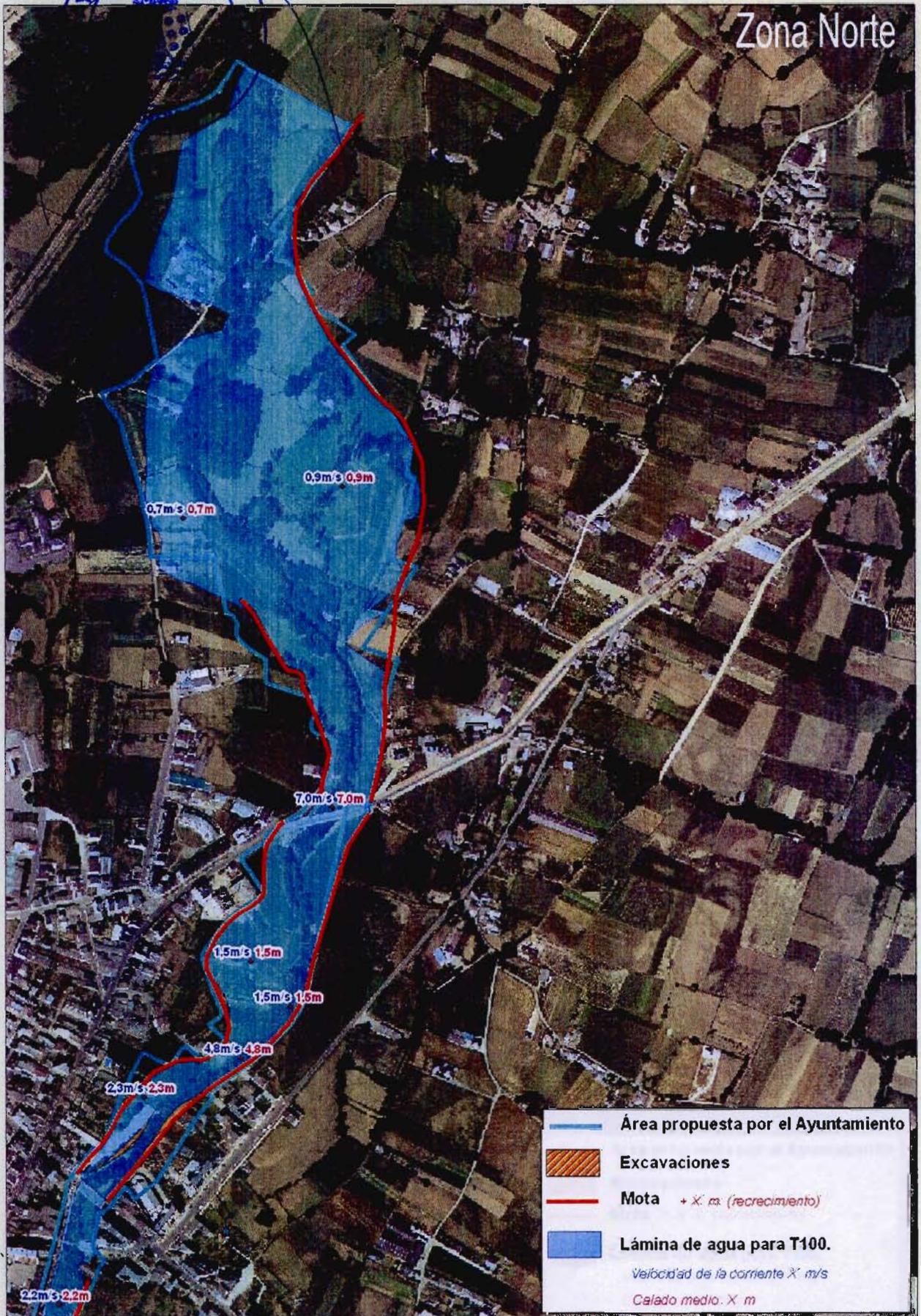
APROBADO INICIALMENTE

POR Pleno

EN FECHA 29/07/07



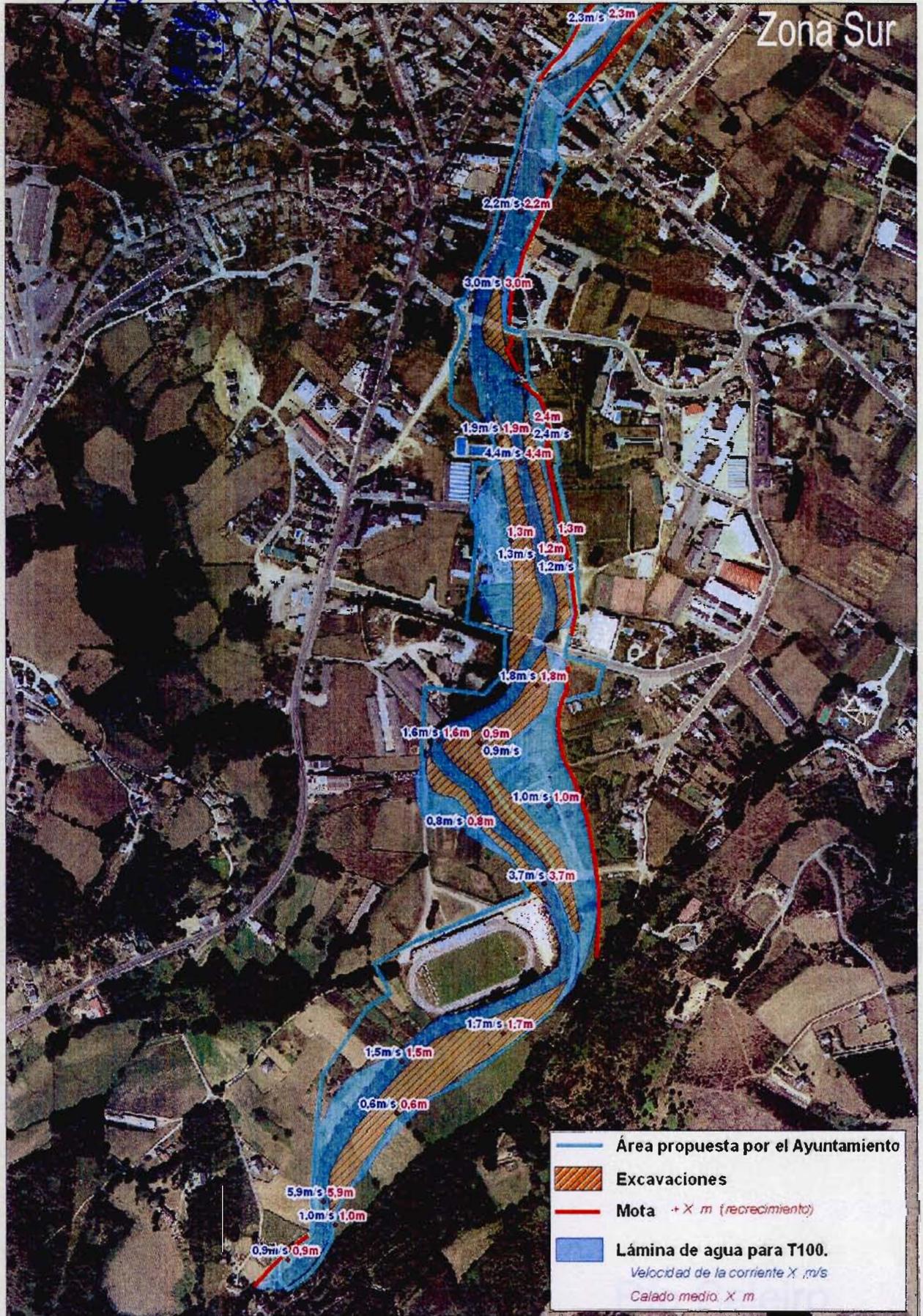
Zona Norte



APROBADO INICIALMENTE

POR..... *Pleno*

EN FECHA.....



APROBADO INICIALMENTE

POR *Prens*

EN FECHA: *29-11-07*



Río Celeiro

Plan de Encauzamiento en el río Celeiro

-  Motas
 -  Muros
 -  Excavaciones
- APROBADO INICIALMENTE
POR... *Pleno*
EN FECHA... *29.11.07*

Medio Fluvial

-  Canal principal
-  Llanura aluvial

