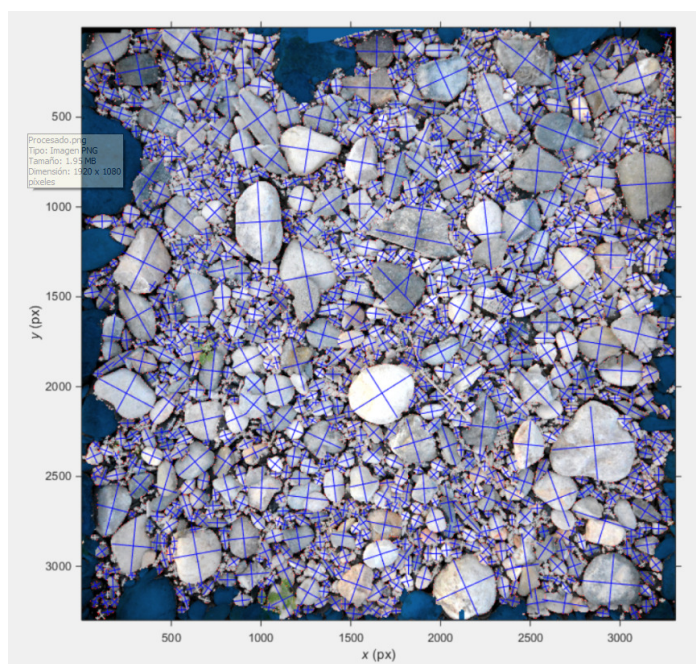


# MEMORIA

## Caracterización granulométrica de los cauces de los ríos Ciurana y Monsant Y Riera de L'Ilul del Asma



**Redactado:**  
**Enrique Bardisa**

**Fecha:** 31/08/2021

## INDICE

### 1. MEMORIA.

#### 1.1. Antecedentes del trabajo

#### 1.2. Objeto del trabajo

#### 1.3. Localización Geográfica

#### 1.4. Resumen de Trabajo Realizado

1.4.0. Reuniones telemáticas previas.

1.4.1 Plan de Muestreo y Análisis de sedimentos

### 2. PROCEDIMIENTO ESTUDIO GRANULOMETRICO

#### 2.0. Referencias.

#### 2.1. Acorazamiento

#### 2.2. Objetivos de medida y aplicaciones

#### 2.3. Plan de muestreo

#### 2.4. Muestreo y medida. Metodología

### 3. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

#### 3.1. Fotografía.

#### 3.2. Pesaje.

#### 3.3. Cribado

#### 3.4. Posición Geográfica.

#### **4. RESULTADOS.**

4.1. Fotogrametría

4.2. Granulometría subsuperficial.

4.3. Posición de los puntos de muestreo

#### **5. ANEXOS.**

## 1. MEMORIA.

### 1.1. Antecedentes del trabajo.

El objeto de este informe es describir los trabajos realizados para la caracterización de los lechos de los ríos Ciurana y Montsant y Riera de L'ull del Asma, afluentes del Ebro en la provincia de Tarragona, con el fin de complementar el análisis la situación del Delta del Ebro tras las inundaciones que se produjeron en enero de 2020.

Estos trabajos se incluyen en el Capítulo 16 "Estudio de sedimentos en diversas localizaciones en el tramo del río Ebro comprendido entre el embalse de Flix y la desembocadura" de la Encomienda: "IMPLANTACIÓN DEL 2º CICLO DE LA DIRECTIVA DE INUNDACIONES. MANTENIMIENTO DEL SNCZI Y DESARROLLO DE DETERMINADAS MEDIDAS DEL PGRI" (3082529).

La Dirección General del Agua del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico ha encargado a Tragsatec la elaboración del estudio mencionado. Para el desarrollo de esta actividad encomendada a Tragsatec, que a su vez requirió la asistencia técnica especializada en distintas tareas y que licito públicamente adjudicando a la UTE Topomar Prosermar el LOTE 3: CARACTERIZACIÓN DE LOS CAUCES Y SEDIMENTOS DE LOS RÍOS CIURANA, MONTSANT, RIERA L'ULL DEL ASMA, AGUAS ABAJO DE LOS EMBALSES

### 1.2. Objeto del trabajo

Las tareas encomendadas en el LOTE 3 comprenden según lo recogido en el pliego de prescripciones técnicas de la licitación los aspectos siguientes, y concretamente en este informe se desarrollan los referidos a los trabajos de caracterización del lecho y granulometría de los sedimentos, **resaltándose** el texto:

CARACTERIZACIÓN DE LOS CAUCES Y SEDIMENTOS DE LOS RÍOS CIURANA, MONTSANT, RIERA L'ULL DEL ASMA, AGUAS ABAJO DE LOS EMBALSES.

Caracterización de los cauces y los sedimentos de los ríos Ciurana, Montsant, Riera L'ull del Asma, aguas abajo de los embalses para disponer de la geometría de los tres cauces aguas abajo de los tres embalses anteriores.

### Actividades específicas:

- Recopilar, analizar y evaluar la información topográfica previa así como los estudios de sedimentos realizados para estos cauces anteriormente.
- Digitalizar la información topográfica existente.
- Representar la topografía representativa de la situación actual mediante los datos LIDAR de puntos clasificados disponibles en el IGN con unos apoyos de campo, ya que estos cauces por su escaso calado hacen imposible la navegación continua de los mismos. En el caso de que no haya disponibilidad de datos LIDAR en la zona se podrá realizar un vuelo fotogramétrico.
- Generar un modelo digital de terreno en base a la información disponible de los vuelos LIDAR.
- Mediante el modelo batimétrico digital obtenido y su comparación con la información topográfica preexistente, se realizará una cubicación de los volúmenes de sedimento acumulados en la masa de agua.
- **Realizar una campaña de muestreo, ensayos y pruebas de laboratorio de los sedimentos de los cauces para determinar las proporciones de arcillas y limos, arenas y gravas, y realizará ensayos granulométricos para la fracción de grano grueso de las muestras. Se tomarán al menos 5 muestras en el río Ciurana, 3 en el Montsant y 2 en el Riera de l'Ul·l del Asma.**

### Instrucciones / Especificaciones:

- Recopilar la topografía previa de cada uno de los cauces. En caso de no disponer de esta topografía en formato digital, se vectorizarán las curvas de nivel a fin de posibilitar los posteriores análisis.
- Realizar muestreo y análisis de los sedimentos depositados en los cauces de conformidad con las siguientes especificaciones técnicas:

La toma de muestras se realizará mediante muestreadores manuales.

Se utilizará una clasificación específica para sedimentos.

Se realizarán ensayos granulométricos para la fracción de grano grueso de las muestras.

Obtener un mapa de la distribución tipológica del sustrato para cada tramo sondeado.

**Productos:**

- Modelo digital del terreno de 0,5 x0,5 m.

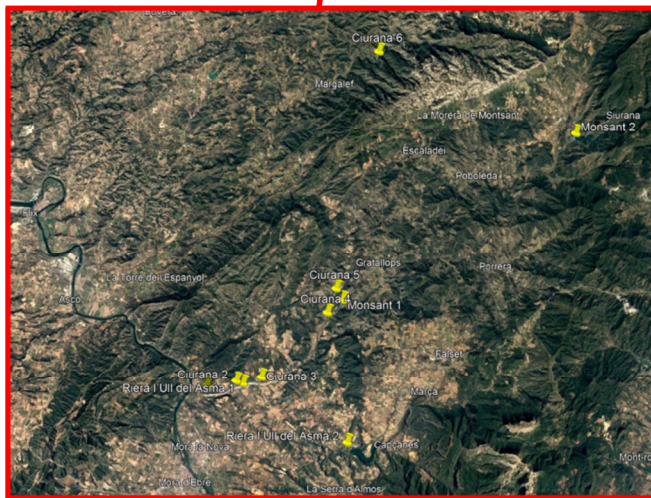
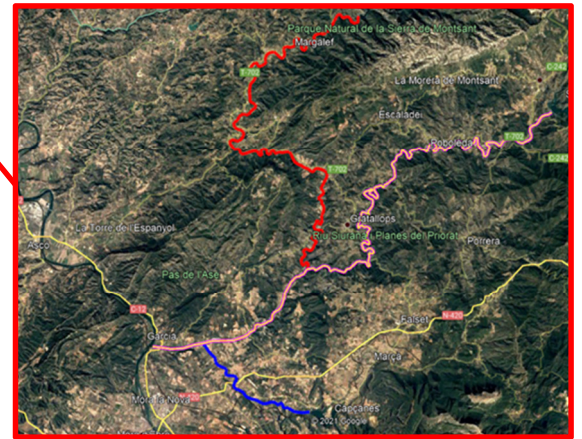
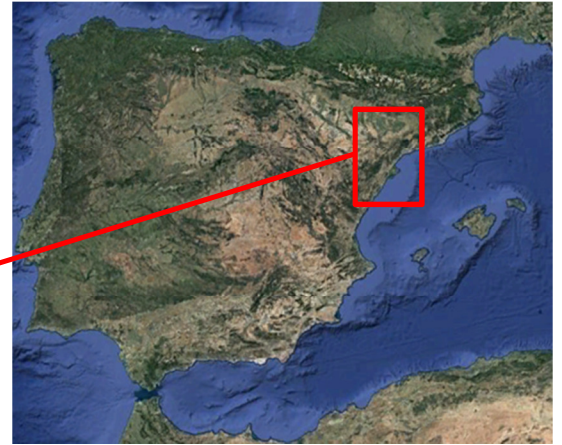
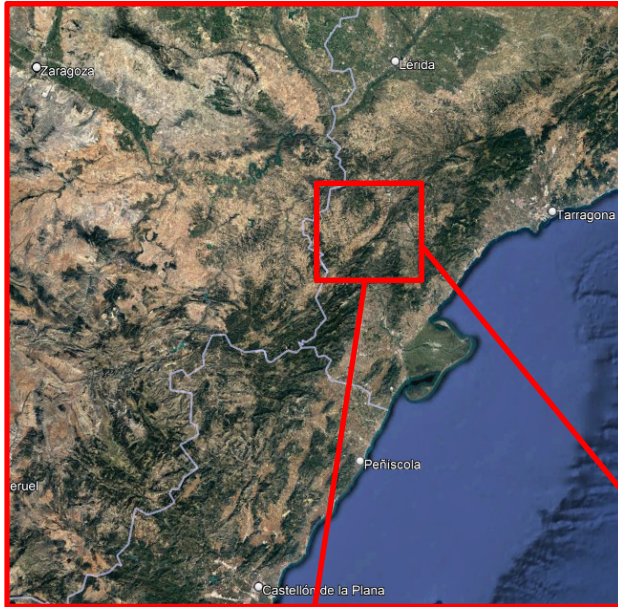
Antes del inicio de los muestreos, el consultor deberá preparar un “Plan de Muestreo y Análisis de sedimentos” para cada tramo señalando los procedimientos, las condiciones y otra información relevante para el proceso de muestreo y análisis. En este documento se describirán al menos, los siguientes aspectos:

- Condiciones previas al muestreo.
- Los métodos estándares de calidad que se emplearán en la toma y análisis de las muestras.
- La relación de estaciones objeto del estudio y una planificación de la ruta general de muestreo.
- Los medios materiales y humanos previstos para la realización de los trabajos.
- Todos los aspectos relacionados con la metodología que se utilizará en la ejecución de los trabajos (procedimientos de toma de muestras, conservación, transporte, preparación de muestras y determinaciones) Acompañando a este Plan de Trabajos, también se entregará para que sea aprobado por el Director del estudio, la cadena de custodia de las muestras que se empleará en este trabajo
- Se preparará y entregará informe y mapa de las características granulométricas de los sedimentos en cada uno de los tres cauces y su distribución espacial en los mismos. Deberá presentar la metodología de análisis granulométrico y los resultados de las muestras analizadas.
- Cartografía final del sustrato.

**El presente informe recoge únicamente los trabajos de caracterización de los lechos de los ríos, los resultados anteriormente**



### 1.3. Localización Geográfica



## 1.4. Resumen de Trabajo Realizado.

### 1.4.0. Reuniones telemáticas previas.

Tras la preparación de la documentación contractual y antes de la firma del contrato se mantuvo una primera reunión de coordinación de los trabajos el miércoles 28 de abril presentación por parte de la UTE TOPOMAR-PROSERMAR el plan de trabajo y cronogramas, por parte de Tragsatec acuden Agustina López y María Tourne Whyte y también Ramón Batalla de la Universidad de Cataluña como asesor de calidad.

En dicha reunión se acuerda, a propuesta Ramón Batalla, realizar 6 muestreos en Ciurana (aguas abajo del embalse, aguas abajo y aguas arriba de los afluentes); 2 muestreos en L'Ul del Asma y 2 en Monsant.

Tras la reunión inicial previa el Ministerio convocó una reunión para el "lanzamiento oficial" de los trabajos, 10 de mayo, a esa reunión asisten:

- Representantes de la Dirección General del Agua del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico
- Representantes de la Confederación Hidrográfica del Ebro
- Representantes del Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX
- Asesor de Calidad de la Universidad de Cataluña
- Empresas adjudicatarias de los 3 lotes del concurso
- TRAGSATEC

El objeto de esta reunión es dar el pistoletazo de salida de manera más oficial a estos trabajos en los que todas estas instituciones tienen gran interés.

### 1.4.1 Plan de Muestreo y Análisis de sedimentos

De acuerdo con el pliego de Prescripciones Técnicas se realiza una campaña de muestreo, ensayos y pruebas de laboratorio de los sedimentos de los cauces para determinar las proporciones de arcillas y limos, arenas y gravas, y se realizan ensayos granulométricos para la fracción de grano grueso de las muestras



Se tomarán al menos 6 muestras en el río Ciurana, 2 en el Monsant y 2 en el Riera l'Ull del Asma.

## 2. PROCEDIMIENTO ESTUDIO GRANULOMETRICO

### 2.0. Referencias.

El presente procedimiento tiene como base el cuaderno DMACS nº38 de la universidad de Lérida, RIUS, Grupo de dinámica Fluvial. Editado en julio d 2012 y suministrado por Ramón J. Batalla.

De análisis de metodologías habituales y adecuación a los pliegos y posibilidades del contrato se acuerda la actuación e intensidad de las mismas tanto para el análisis superficial de las corazas como del lecho subsuperficial.

### 2.1. Acorazamiento

Los ríos de gravas y cantos se distinguen de los ríos de arenas y bloques principalmente por la distribución granulométrica de sus sedimentos. La distribución granulométrica del lecho de un río proporciona una caracterización del tamaño (y forma) de los sedimentos. Los ríos de gravas y cantos presentan a menudo una capa de material superficial más grosera que el material subsuperficial. Esta capa se denomina coraza. Aunque las razones de formación de esta capa son diversas, destacan los procesos de lavado del material fino durante las recesiones de las crecidas. Estos procesos pueden ser más acentuados en medios en los que la transferencia de sedimento desde aguas arriba ha sido alterada debida, por ejemplo, la construcción de embalses o en la extracción de áridos. Las superficies acorazadas son estables durante crecidas de baja magnitud. La rotura de la coraza durante crecidas de mayor magnitud controla el suministro de sedimento grosero. Por el contrario, estas características estructurales no se observan en ríos en los que domina principalmente la fracción arena. Por lo tanto, es necesario adecuar los objetivos de medida (y la técnica) a las características estructurales del lecho del río.

En el caso de este estudio, los lechos están acorazados y se acuerda estudiar granulométricamente las corazas y el estrato subsuperficial.

## 2.2. Objetivos de medida y aplicaciones

El objetivo principal de esta caracterización es la medida del tamaño de los sedimentos del lecho del río de una unidad morfo-sedimentaria determinada. Por lo tanto, es necesario que la población utilizada para hacer esta medida (número de partículas, volumen de partículas etc.) sea representativa de la unidad morfológica que se está caracterizando. Los umbrales de representatividad vendrán determinados por la técnica utilizada para llevar a cabo la caracterización. Del mismo modo, también es necesario identificar el tipo de material que se quiere caracterizar. Tal y como se ha indicado anteriormente, la mayoría de los ríos de gravas y cantos presentan una coraza que dispone de características granulométricas diferentes a las del material subsuperficial. Consecuentemente, la caracterización del material superficial y subsuperficial es necesario que se haga de manera independiente. En la mayoría de los ríos de arenas no hay diferencia entre la capa superficial y la subsuperficial; por tanto, no es necesario caracterizar independientemente ambas unidades.

La gradación de tamaños utilizada para caracterizar granulométricamente el material del lecho de un río en el campo de la geomorfología fluvial tiende a seguir la escala de Wentworth.

Esta escala relaciona el tamaño de partícula (eg 2 mm) con su descripción (eg arenas), y se utiliza para establecer intervalos granulométricos que serán los utilizados para calcular las frecuencias de la distribución granulométrica.

Clasificación de rocas sedimentarias por el tamaño de los clastos				
según WENTWORTH			según DIN 4022	
Grano diametro (mm)	Subdivisión	Denominación (roca)	Clasificación segun DIN 4022	Grano diametro (mm)
0,0002 mm	pelítica	Coloide	Arcilla	—
0,002 mm		Arcilla fina		
0,02 mm	psamítica	Arcilla gruesa	Limo	fino 0,002 mm
0,2 mm		Arena fina		medio 0,0063 mm
2mm	psefítica	Arena gruesa	Arena	grueso 0,063 mm
2cm		Grava fina		fino 0,2 mm
20 cm	psefítica	Grava gruesa	Gravas	medio 0,63mm
		Bloques		grueso 2mm
			Piedras	6,3mm
				20mm
				63mm

WG98/SED4022A.cdr

Una vez obtenida la distribución de frecuencias (i.e. caracterización granulométrica) se pueden extraer percentiles granulométricos. Los percentiles granulométricos describen la distribución de tamaños de los sedimentos de la unidad caracterizada. Por ejemplo, un percentil 50 corresponde al valor central de la distribución; el tamaño de partícula resultante por este percentil proporciona la media estadística (mediana) de la distribución. Los percentiles se pueden abreviar como  $D_i$ , donde  $i$  representa el percentil de la distribución. Estos percentiles pueden ser utilizados para calcular índices que ayudan a determinar la forma de la distribución, como es el caso del índice de dispersión granulométrica. Del mismo modo, la comparación de las distribuciones superficiales y subsuperficiales permite calcular el grado de acorazamiento. Por ejemplo, cuando el cociente entre el valor medio de la distribución granulométrica superficial y la subsuperficial es superior a 2 se considera que el material del lecho del río presenta una coraza relativamente estable. Las distribuciones granulométricas también se pueden utilizar para calcular valores de rugosidad de partícula que son necesarios para realizar modelizaciones hidráulicas básicas, y también son claves para la aplicación de modelos de carga de fondo.

### 2.3. Plan de muestreo

De acuerdo con el pliego de Prescripciones Técnicas se realizara un campaña de muestreo, ensayos y pruebas de laboratorio de los sedimentos de los cauces para determinar las proporciones de arcillas y limos, arenas y gravas, y se realizarán ensayos granulométricos para la fracción de grano grueso de las muestras. Se tomarán al menos 5 muestras en el río Ciurana, 3 en el Monsant y 2 en el Riera l'Ull del Asma.

En las reuniones telemáticas mantenidas se propone realizar un muestreo junto a cada presa Ciurana, Margalef y Guiamets, en el Monsant y Riera l'Ull del Asma un muestreo antes de desembocar al Ciurana, y cuatro más en el propio Ciurana, dos poco antes de la desembocadura de los subafluentes, y otros dos en la desembocadura del Ciurana en el Ebro.

Este plan se determina con unas posiciones propuestas se eligen utilizando la herramienta del GoogleEarth y con las imágenes aéreas de manera que las

secciones de los cauces sean lo más accesible posible para acarrear las corazas extraídas y las muestras subsuperficiales.

En cada punto de ensayo se realizan 10 fotografías de las corazas a lo largo de la sección para su análisis fotogramétrico y en una de las estaciones se retira completamente la coraza y se hace un análisis del estrato subsuperficial.

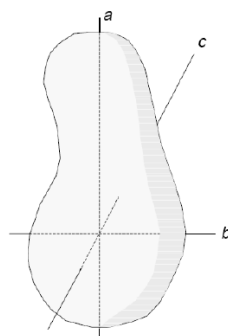
Para todos los estacionamientos se registran los cuatro vértices del marco fotográfico para poder posicionar exactamente la instantánea.

#### 2.4. Muestreo y medida. Metodología

En este protocolo la descripción del muestreo granulométrico se estructura en relación al material a caracterizar (superficial y / o subsuperficial). Sólo se describen métodos para la caracterización granulométrica en base al tamaño de partícula

El material superficial se caracterizará mediante métodos fotográficos.

El análisis se basa en la medida de eje *b* de las partículas (el eje perpendicular a el eje de más longitud, eje *a*). El eje *b* define el ancho de la partícula, y de manera general, se considera el eje sobre el que se basa su movilidad.



El método consistirá en la obtención de la distribución granulométrica a partir de una fotografía digital en planta en el cauce del río. Las fotografías del material superficial del lecho del río se toman sobre una retícula de medidas conocidas lo que permite la rectificación de su proyección, en este caso siempre es ortogonal. Estas imágenes se analizan mediante el software Digital BASEGRAIN V2.2. Este programa informático, ya calibrado, permite extraer la distribución granulométrica del área fotografiada, así como parámetros estadísticos de los sedimentos y su estructura.

La retícula será de 1 m x 1m, se fabricará una pirámide tubular de base cuadrada y un adaptador a la máquina de fotos, Nikon con un objetivo de 10/20mm. Se le colocará una sombrilla para evitar sombras y se registrarán las coordenadas de los cuatro vértices de la base.

Las coordenadas se tomarán con un GPS Rtk con capacidad de registro y postproceso. En la visita realizada a la zona se verificó que no hay cobertura telefónica y por tanto no podría realizarse una corrección de posición GPS en tiempo real. El equipo es un Leica GS18T, libreta CS20, Postproceso con enlaces a las bases cercanas de Ebro, Lerida y Reus.

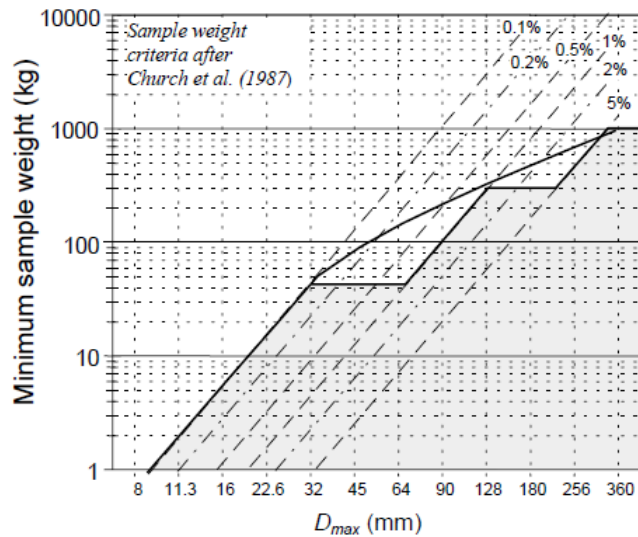
Los *frames* en cada punto o sección de estudio serán 10 y en **uno** de ellos se pintará el material superficial con spray de color y se retirará la coraza, dos (2) de las corazas se recogerán y traerán a Málaga para su estudio y calibración del procedimiento fotográfico. Se estima 40/50Kg

El material subsuperficial puede caracterizarse mediante el método volumétrico o volumen por peso (con extracción previa de la capa superficial, coraza)

El método consiste en extraer un volumen determinado de material subsuperficial, cribarlo (cedazos con distribución de luz  $\frac{1}{2} \phi$ ), y pesar el sedimento retenido en cada uno de los tamices. El volumen de material a cribar estará en función de la partícula máxima subsuperficial observada ( $D_{max}$ ) y el grado de precisión que se quiera obtener en la caracterización (siguiendo el criterio de Church et al., 1987). Normalmente, el peso de la partícula máxima subsuperficial observada ( $D_{max}$ ) no debe representar más del 0,1% del peso total de la muestra, si bien en los casos en que el  $D_{max}$  está entre 32 y 128 mm, el peso de ésta puede llegar a representar el 1% del peso total de la muestra. Este método se utiliza también en ríos sin diferencias notables entre el calibre del material superficial y subsuperficial (i.e. ríos de arenas). En este caso se considera que el volumen caracterizado es representativo del conjunto del material.



$$m = (2.87 \cdot D_{max} - 44.8)$$



Se mide el Dmax (el Dmax que se ve 'movilizable') en cada sección porque esto es indicador de la competencia máxima frecuente del río en ese tramo. Se realiza una fotografía de la capa subsuperficial y se analiza el material:

- 1) Se determina el canto más grueso en subsuperficie.
- 2) Sobre el eje b de este canto se determina el peso a muestrear. Lo mejor es trabajar con el gráfico de Church de 1987 con una precisión del 5% .
- 3) Los elementos más gruesos se miden y clasifican en el campo, se llevara a laboratorio lo menor de 8 mm (4/5kg), si fuera más cantidad se cuartearía. Se llevaran a campo tamices de 8mm, 16mm, 32mm, 64mm y 128mm.
- 4) En el laboratorio se seca, tamiza etc. y se clasifica con Wentworth 1923, la escala clásica en sedimentología.

### 3. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

#### 3.1. Fotografía.

Se ha construido una estructura de soporte de la cámara fotográfica para normalizar todas las fotografías en el mismo marco, a la misma distancia y siempre ortogonal al terreno.

La base de la pirámide de base cuadrada tenía una dimensión de 1mx1m. Se utilizó una sombrilla para evitar sombras.

La estructura de soporte de la cámara se diseñó y se imprimió con una impresora 3D, así como las piezas que engarzaban los tubos que configuraban la estructura. Dicha estructura era plegable y ligera para poder acceder al cauce y moverse por él.



La cámara utilizada fue una Nikon modelo D5200 y un Objetivo Sigma 10-20mm



### 3.2. Pesaje.

En cada una de las zonas de ensayo (10) se hizo una muestra de la capa subsuperficial, se pintó la coraza con spray, y posteriormente se retiró, extrayéndose en cada caso unos 120 Kg de sedimento subsuperficial, se utilizaron 4 espuestas grandes y 4 cubos para ir pesando y tamizando insitu. Se utiliza un dinamómetro digital de 300Kg.



Retirada Coraza



Cribado insitu



Pesaje material cribado



Dinamometro



### 3.3. Cribado

Para el cribado se prepararon rejillas de malla 128, 64 y 32mm y con impresión 3D se obtuvieron plantillas de 16 y 8 mm.

Según se iban cribando se pesaban los cubos que no pasaban y se anotaban los parciales, obteniéndose una curva granulométrica hasta los 8mm.

El resto se volvía a pesar y se cuarteaba, llevando en botes esteriles de 2L para su análisis en laboratorio.



### 3.4. Posición Geográfica.

Las coordenadas se tomarán con un GPS Rtk con capacidad de registro y postproceso. En la visita realizada a la zona se verificó que no hay cobertura telefónica y por tanto no podría realizarse una corrección de posición GPS en tiempo real. El equipo es un Leica GS18T, libreta CS20, Postproceso enlazando con las bases de Reus, Llerda y Ebro.

Se observaban los 4 vértices de la estructura de soporte de la cámara, obteniéndose los puntos de toma de las imágenes con precisiones centimétrica. Se adjuntan los informes de los registros GPS.

El sistema de proyección empleado es el Universal Transversa Mercator (U.T.M), huso 31 Norte. En datum ETRS89.





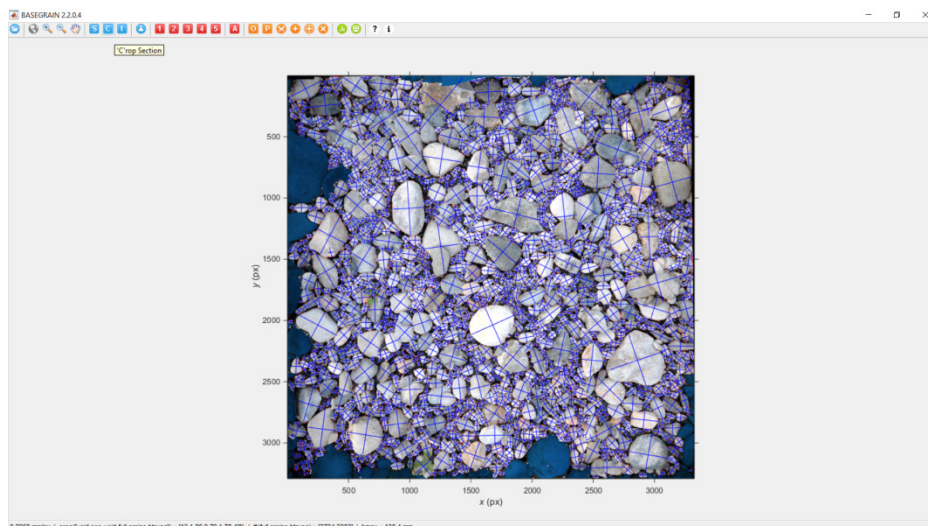
## 4. RESULTADOS.

### 4.1. Fotogrametría

Utilizando el programa BASEGRAIN2.2 de la universidad de Zurich y desarrollado como software libre, se analizan todas las fotografías tomadas al lecho de los ríos. Esta aplicación está diseñada e implementada sobre la plataforma MathLab y los resultados son perfectamente editables en esa plataforma.

El programa dispone de un algoritmo que calcula el tamaño de las partículas identificadas en la fotografía. Este cálculo permite la obtención de un histograma y de la distribución granulométrica resultante. Se adjuntan tablas de Excel con los datos del procesado de cada una de las fotos así como el archivo de trabajo de Matlab para poder analizar con otros criterios todas las fotografías.

En total se hacen 79 estacionamientos, y 2 o 3 fotos en cada posición, con distintas aperturas para obtener mejores resultados.



#### 4.2. Granulometría subsuperficial.

Se ha realizado una tabla de cribados hasta 8mm del material subsuperficial de los 10 puntos analizados y se incorporan los resultados de laboratorio del análisis de las muestras inferiores a 8mm y los finos por decantación.

#### 4.3. Posición de los puntos de muestreo

Se entregan listados de las coordenadas de los puntos de muestreo registrados en las 4 esquinas de la base de fotografía y que mediante técnicas de postprocesado se obtienen con una precisión de centímetros. En muchas de las zonas de trabajo no se contaba con cobertura telefónica necesaria para obtener en tiempo real las posiciones precisas GPS.

## 5. ANEXOS

Zonas de control, Ciurana (C1-C2-C3-C4-C5-C6), Monsant (M1-M2), Riera (R1-R2)

### Fotogrametría:

- Fichero MathLab reproducible
- Hoja de Cálculo de Resultados: Datos brutos, Curvas granulométricas, estadísticas granulométricas, todos los clastos detectados.
- Imagen de detección de clastos

### Granulometrías Subsuperficiales:

- Hoja de cálculo cribado de campo.
- Ensayos de laboratorio

### Posiciones GPS

- Hoja de cálculo de las posiciones
- Informes GPS Leica