



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

DPTO. DE INGENIERIA CARTOGRÁFICA,
FOTOGRAMETRÍA Y TELEDETECCIÓN

TRABAJO FIN DE GRADO

*ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE IMÁGENES PARA LA
DETERMINACIÓN DE UN DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO.
APLICACIÓN AL CASO DE TORRE ALCAYNA (MURCIA)*

Realizado por: ***Pomazan, Denys***

Dirigido por: ***Delgado de Molina Cánovas,***

José Manuel

Valencia, Junio 2016



AGRADECIMIENTOS

A la primera persona, que lo quiero agradecer, es a mi tutor, D. José Manuel Delgado de Molina Cánovas, que sin su gran ayuda y conocimientos no hubiese sido posible realizar este proyecto.

A mis padres, por haberme proporcionado la mejor educación y lecciones de la vida.

En especial a padre, por haberme enseñado que con esfuerzo, trabajo y constancia todo se consigue, y que en esta vida nadie regala nada.

En especial a mi madre, por hacerme ver la vida de una forma diferente y confiar en mis decisiones día a día.

A mis compañeros de clase, y especialmente, a Alberto, Nacho, Pablo, Vicente y Raúl, con los que he compartido grandes momentos tanto en la facultad como fuera de ella.

A mis amigos, por estar en las buenas y en las malas siempre a mi lado.

A todos mis familiares, por su apoyo, y especialmente a mis abuelos, por haberme aportado todo desde pequeño.

Y sobre todo, al profesorado de la Escuela, que siempre me ayudaron ante cualquier duda y de los que recibí el mejor trato posible.

Gracias de corazón. Sin vosotros esto no hubiese sido posible.



Análisis multitemporal de imágenes para la determinación de un Dominio Público Hidráulico. Aplicación al caso del barranco de Torre Alcayna (Murcia)





INDICE

INTRODUCCIÓN.....	6
ÁREA DE ESTUDIO.....	7
ADQUISICIÓN DE DATOS.....	12
ORTOGRAFÍAS DISPONIBLES PARA EL ANALISIS DEL CAUCE.....	13
- VUELO RUIZ DE ALDA (1928-1932).....	13
- VUELO AMERICANO SERIE A (1945-1946).....	14
- VUELO AMERICANO SERIE B (1956-1957).....	15
- VUELO INTERMINISTERIAL (1977-1983).....	15
CLASIFICACIÓN DE VUELOS.....	16
GEORREFERENCIACIÓN DE LAS IMÁGENES.....	17
DELIMITACIÓN BARRANCO PROPUESTA CHS: VUELO RUIZ DE ALDA (1928-1932).....	18
- CALCULO DE LOS EJES.....	19
- RESULTADO.....	25
- PRIMER PARCIAL TRAMO 3.....	27
- SEGUNDO PARCIAL TRAMO 3.....	27
- TERCER PARCIAL TRAMO 3.....	28
- CUARTO PARCIAL TRAMO 3.....	29
VISUALIZACIÓN COMPARADA.....	30
- VUELO RUIZ DE ALDA (1928-1932) Y VUELO AMERICANO SERIE B (1956-1957).....	30
- ANALISIS RADIOMETRICO VUELO RUIZ DE ALDA (1928-1932) CON VUELO AMERICANO SERIE B (1956-1957).....	35
- VUELO DE RUIZ DE ALDA (1928-1932) Y VUELO AMERICANO SERIE A (1945-1946).....	40



<i>SECUENCIA DE IMÁGENES HISTÓRICAS EN FORMATO ORTOFOTO.....</i>	<i>43</i>
<i>ELECCIÓN DE IMAGEN.....</i>	<i>43</i>
<i>PROPUESTA EN EL PROYECTO DE DELIMITACION: VUELO AMERICANO SERIE B (1956-1957).....</i>	<i>44</i>
<i>PROPUESTA EN EL PROYECTO DE DELIMITACION: VUELO INTERMINISTERIAL (1977-1983).....</i>	<i>46</i>
<i>PROPUESTA PUNTOS DE APOYO.....</i>	<i>49</i>
<i>CONCLUSIONES.....</i>	<i>54</i>
<i>BIBLIOGRAFÍA.....</i>	<i>55</i>
<i>REFERENCIAS DEL MATERIAL.....</i>	<i>56</i>



INTRODUCCIÓN

Un análisis multitemporal es un análisis de tipo espacial que se realiza mediante la comparación de las coberturas interpretadas en dos imágenes de satélite de un mismo lugar en diferentes fechas y permite evaluar los cambios en la situación de las coberturas que han sido clasificadas. Debido a que los meses del año y los años entre sí difieren en sus características climáticas, un análisis multitemporal es mucho más abarcativo que el análisis de una sola imagen.

El cambio de coberturas y usos del suelo es un proceso dinámico, originado por la acción del hombre, que cada vez es más evidente en las cuencas hidrográficas, en áreas aledañas a los ríos, así como en las partes altas de las montañas.

El siguiente análisis multitemporal estudia el barranco de Torre Alcayna (también conocido como la rambla de Baja Churra), con el que se obtendrá el escenario idóneo para un estudio más preciso que el propuesto en el Proyecto de delimitación de Confederación Hidrográfica de Segura.

La Ley de Aguas en su Art.2 define dentro del Dominio Público Hidráulico "...las aguas continentales, tanto las superficiales como las subterráneas renovables con independencia del tiempo de renovación; los cauces de corrientes naturales, continuas o discontinuas; los lechos de los lagos y lagunas y los de los embalses superficiales en cauces públicos; los acuíferos, a efectos de los actos de disposición o de afección de recursos hidráulicos."

La peculiaridad de este caso es que el tramo intermedio del cauce de Torre Alcayna, que está siendo una de las propuestas de delimitación por la Confederación Hidrológica de Segura, se cataloga como inexistente. Por otra parte, se establece que para la delimitación se han atendido criterios geomorfológicos y topográficos, en las zonas de tramo inicial y final, en las que el cauce geomorfológico en general se encuentra bien definido, y en el tramo intermedio el estado de degradación actual del cauce hace necesaria la reposición de los terrenos y su incorporación al Dominio Público Hidráulico, utilizando para ello las ortofotografías de los vuelos de Ruiz de Aldia (1929-1930) y vuelo Americano Serie B (1956-1957) en las que se aprecia claramente el recorrido natural de la rambla. En este trabajo se realiza un riguroso análisis multitemporal de las imágenes disponibles en el Centro Nacional de Información Geográfica del Instituto Cartográfico Nacional y se concluye con la incompatibilidad del eje así definido con la morfología histórica real. También se propone que la disponibilidad del vuelo Interministerial (1977-1983) permite mediante restitución digital la representación del cauce del barranco en su tramo intermedio ajustada a una fiel realidad geométrica y morfológica como la que se dio lugar en el periodo 1929-1932.

ÁREA DE ESTUDIO

El barranco de Torre Alcayna (también conocido como la rambla de Baja Churra) se encuentra dentro del término municipal de Churra, una pedanía perteneciente al municipio de Murcia. Se encuentra a una distancia de 3.5 km al norte de Murcia, ocupa un área de aproximadamente 5,6 km² y a una altitud media de 57 metros sobre el nivel del mar.



Fig.1 - Localización de la Región de Murcia dentro del ámbito territorial de España

Fuente: Wikipedia



Fig 2 – Mapa comarcal de Murcia

Fuente: Wikipedia



Fig 3 - Localización del Churra dentro del municipio de Murcia

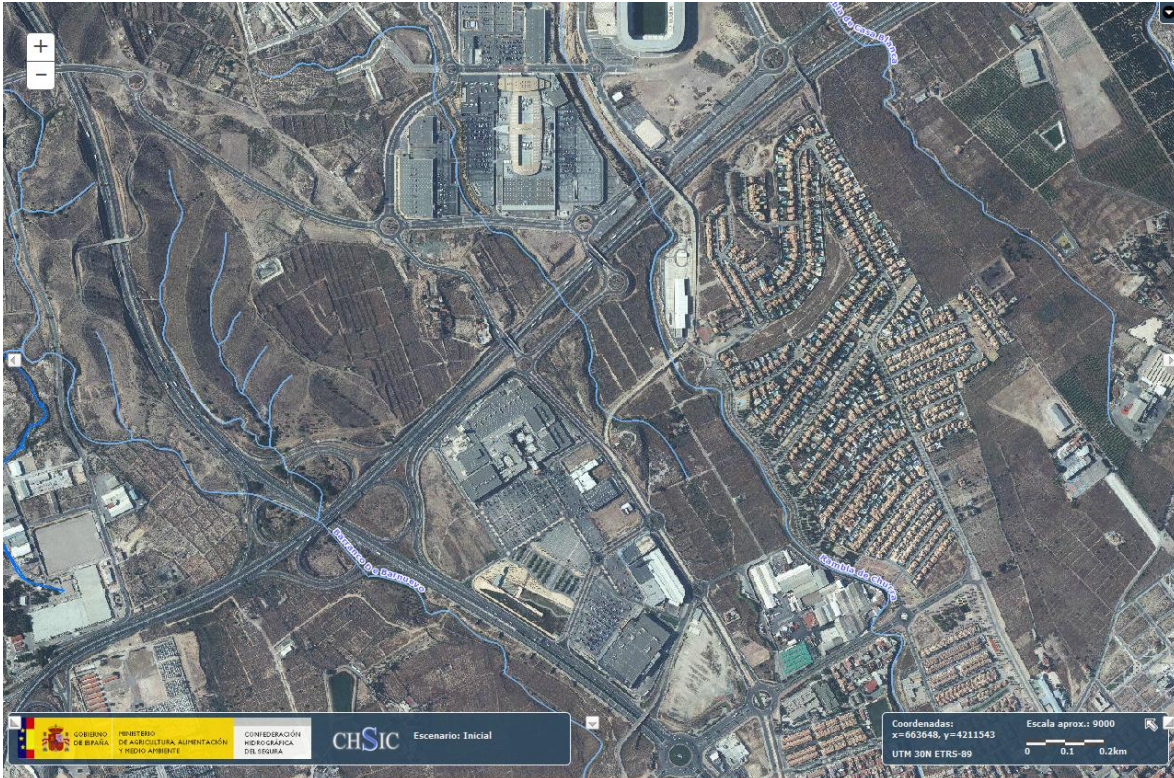
Fuente: Wikipedia

Se caracteriza por su clima mediterráneo, y el paisaje más destacado es la huerta, muy típica en toda la Región. Entre la extensión ocupada por la huerta y los vados de acequias centenarias, se erigen hasta los veinte metros de altura los pinos milenarios de Churra.

Destaca por sus inviernos suaves (con temperatura media en enero de 10°C) y veranos calurosos (la temperatura media en agosto es de casi 27°C).

	media anual	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temperatura máxima (°C)	24,4	16,4	18,2	20,4	22,5	25,8	30,0	33,4	33,6	30,2	25,0	20,0	17,0
Temperatura mínima (°C)	11,2	3,9	5,2	6,7	8,7	12,2	16,2	19,0	19,9	16,9	12,7	8,2	5,2

En la siguiente imagen se puede apreciar el propio barranco:

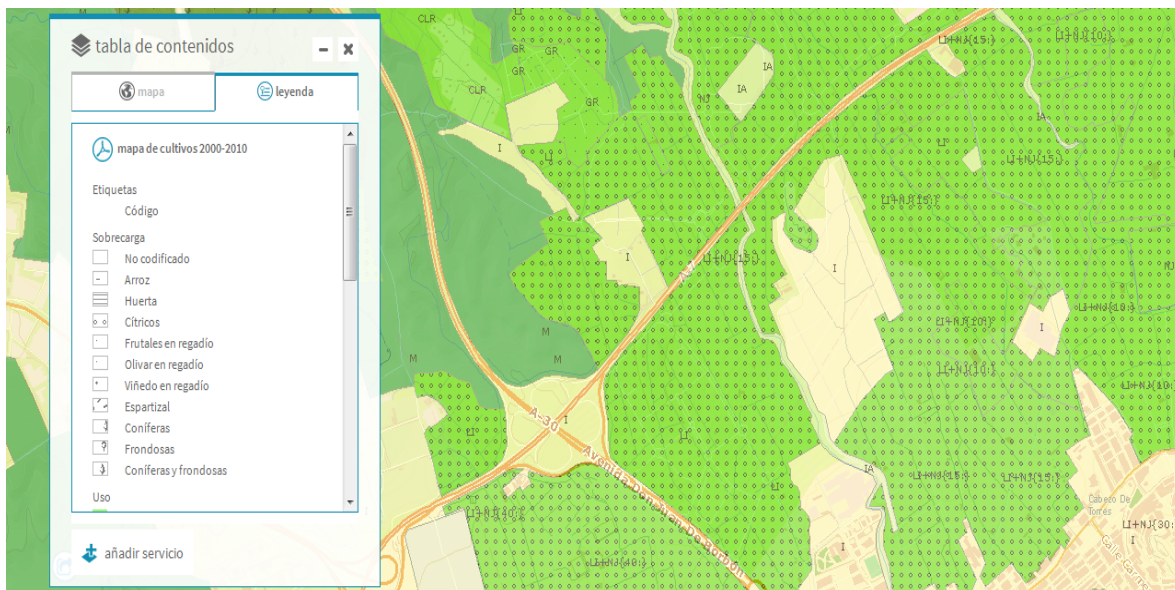


Fuente: VISOR DE CHS

El barranco discurre por paraje de Torre Alcayna, cruza los centros comerciales de Nueva Condomina, para posteriormente cruzar la Autovía A-7 y seguidamente el vial H de acceso a los centros comerciales, donde empieza el tramo de este estudio, desde aquí discurre en un primer tramo de unos 270 metros de longitud, pasando por debajo de la nueva estructura del tranvía de Murcia, y continúa unos 80 metros tras este paso, con una pendiente media de 2,3%. A partir de aquí se produce una curva a derechas y define un segundo tramo de unos 180 metros en recta, que se inicia en una zona vallada y donde se aprecia una disminución de la sección del cauce, circulando el agua por parcelas agrícolas con arbolado (el cual ha ido desapareciendo y del que solo queda una treintena de árboles que probablemente hayan subsistido precisamente por la existencia del agua de la rambla) y una pendiente suave de 0,6% hasta llegar al cruce de un camino en desuso donde se ha producido por la fuerza erosiva del agua una cárcava que ha cortado dicho camino produciéndose un salto del cauce de unos 8 metros, continuando en un tercer tramo de

unos 260 metros por otra parcela agrícola donde no existe cauce definido, ya que éste ha desaparecido por la acción humana al transformar el cauce original en bancales agrícolas, concretamente en tres zonas abancaladas con presencia de árboles frutales y , donde se obtendría una pendiente sobre el cauce natural de un 1,5% aproximadamente, en tres zonas planas con un salto de 2 metros entre cada bancale, esta parcela se convierte toda ella en zona inundable, ya que al hecho de haberlas transformado en zonas sensiblemente planas hay que sumar el haber ensanchado las parcelas creando taludes artificiales, sobre todo el de la margen derecha.

Finalmente, esta zona desemboca en una tubería de hormigón que pasa bajo la carretera que actualmente da acceso a una fábrica, continuando en un cuarto y último tramo donde se recupera el cauce original de la rambla, el cual va descubriendo curvas con una pendiente media de un 1,6%.



En el mapa de cultivos proporcionado por MAGRAMA, se puede apreciar más claramente que la zona de estudio tiene los siguientes usos de suelo: los cultivos y la huerta.

ADQUISICIÓN DE DATOS

Para poder realizar un análisis multitemporal se necesitará hacer uso de los fotogramas de la zona, que se pueden adquirir con un pedido en la Fototeca del Centro Nacional de Descargas (www.fototeca.cnig.es):



Los labores llevados a cabo por el personal de CNIG ha hecho posible que muchos de los fotogramas fueron digitalizados, y con esos documentos digitalizados, para nuestro caso, la Dirección General del Medio Natural de la Comunidad de Murcia elaboró, hasta el año 2015, las ortofotos completas de las zonas cubiertas para el vuelo en la Región de Murcia (Ruiz de Alda), así como también para vuelos Americanos Serie A y B.

Los archivos tienen una extensión .ecw, un formato comprimido en comparación con un .tiff, con lo que ocupa menos espacio y el proceso de análisis multitemporal con ENVI se realiza ligeramente más rápido. Otra ventaja del formato .ecw es que las imágenes ya están georreferenciadas, lo cual se puede comprobar con ERDAS Er Viewer.

Al realizar el pedido se sugiere que se rellene una autorización, que trata sobre la protección de los datos y su uso no comercial.



ORTOFOTOGRAFÍAS DISPONIBLES PARA EL ANÁLISIS DEL CAUCE

Las ortofotografías utilizadas correspondían a los siguientes vuelos:

-VUELO RUÍZ DE ALDA (1928-1932): fue encargado por la Confederación Hidrográfica de Segura (CHS) a la empresa CEFTA y actualmente está siendo digitalizado y georreferenciado por la Dirección General del Medio Ambiente. Tanto las condiciones de trabajo como los materiales de la época son totalmente diferentes a los actuales y por ello ha sido necesario desarrollar una metodología específica. No se conoce con exactitud el material fotográfico empleado, pero teniendo en cuenta el disponible en la época, existe gran probabilidad de que se utilizara una cámara inglesa para la toma de las imágenes. Se trata de una cámara de la serie Eagle, de Williamson Manufacturing Co. Comenzó a comercializarse en 1915 y fue ampliamente utilizada en todos los países de influencia inglesa, en las fuerzas aéreas chilenas y la R.A.F. entre otros. El formato de los negativos era de 6 x 9 cm, que mantiene la proporción de los negativos disponibles en la actualidad, si bien éstos son del orden de 2'2 veces mayores. Se podría pensar que se obtuvo un autonegativo a partir de los negativos extraídos del avión para realizar la entrega a los clientes. Aún siendo previsible que el vuelo se realizara con una cámara preparada para trabajos fotogramétricos, y por lo tanto diseñada para garantizar unas mínimas distorsiones, no se dispone de información relativa a los parámetros de distorsión de la lente, ni información marginal como marcas fiduciales que permitan realizar la orientación interna de los fotogramas. De hecho pudiera haber ocurrido que en el vuelo intervinieran diferentes cámaras. También se adolece de otras informaciones en origen como el gráfico de vuelo, con la ubicación de los disparos realizados.

Sin embargo, para tratar de determinar distancia focal de la cámara, se aplicaron las ecuaciones de colinealidad en varios puntos reconocibles en los fotogramas y en la ortofoto de 1956, con el fin de obtener sus coordenadas. Pero los valores de partida, fotocoordenadas, coordenadas terreno..ya tienen tal error asociado que el sistema no es capaz de converger y resulta imposible obtener una solución única para la distancia focal.

Posteriormente, se intentó calcular la distancia focal a partir de la ortorrectificación. Sobre un fotograma se realizó la orientación externa a partir de una serie de puntos de apoyo obtenidos de las ortofotos de 1956. La rectificación se realizó empleando diferentes focales (100mm, 150mm, 200mm, 250mm). Después en cada ortofotografía rectificada se midió la distancia entre tres puntos de coordenadas conocidas (que no intervinieron en la orientación). Se trataba de buscar la rectificación que menor error introducía según la focal empleada, pero del estudio se derivó que todas las focales introducían un error semejante, por lo que no se pudo definir una focal.

Dado que resultó imposible definir la distancia focal, se optó por continuar el estudio con una focal de 100 mm, que es la que menor error introdujo y por semejanza con la cámara Eagle de Williamson Manufacturing Co. de la época.

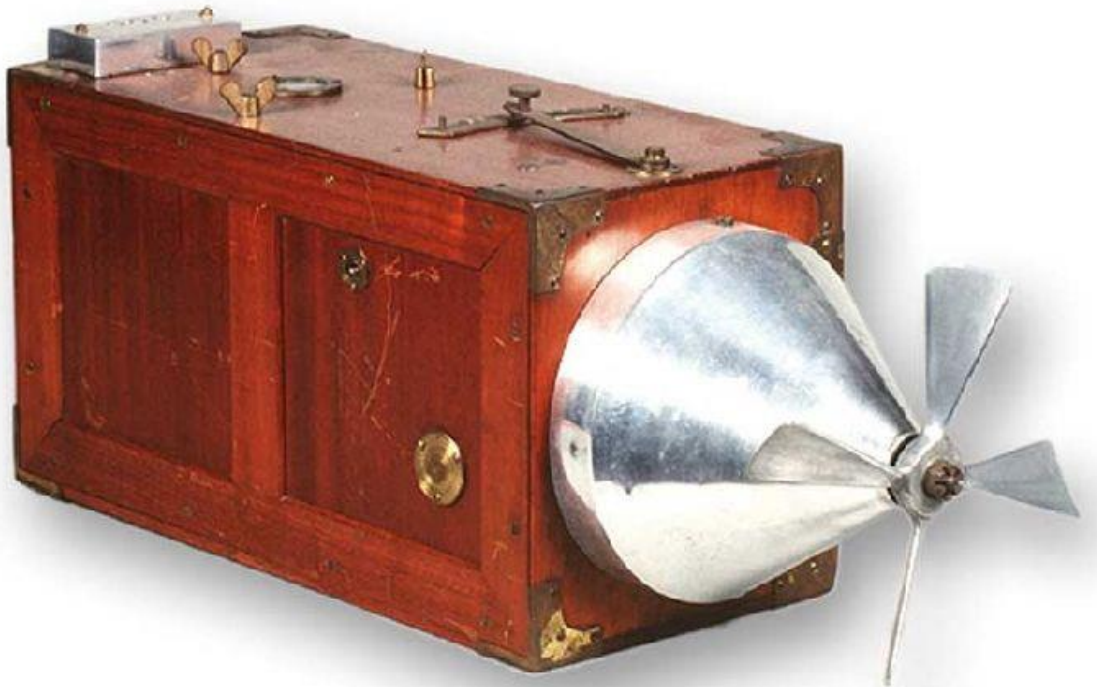


Fig.4 – Cámara Eagle de Williams Manufacturing

Fuente: Williams Manufacturing

La escala media era de 1:10.000, con una altura de vuelo media de 2.500 metros.

-VUELO SERIE A (1945-1946): Army Map Service de EEUU, también llamado vuelo Americano Serie A. Se puede extraer desde octubre de 2014 de la Fototeca de CNIG-IGN. El vuelo de 1945-46, o también conocido como Project Casey Jones, debido a su antigüedad y amplia cobertura nacional, es el primer vuelo aerofotográfico de mayor interés histórico de cobertura total disponible en España. Si bien, su precisión métrica es menor que la de los vuelos de la década de los cincuenta, debido a la cámara empleada y a su menor escala. Aunque los fotogramas carecen de los datos de altímetro, se estima que han sido realizados entre 6000 y 8000 metros de altitud con una focal de entre 150 y 155 mm, consiguiendo escalas medias de 1:43.000. A destacar que este vuelo no es certificable por el CNIG por ser de la propiedad del Centro Geográfico del Ejército (CEGET).

-VUELO SERIE B (1956-1957): Army Map Service de EEUU, también llamado vuelo Americano Serie B. Al igual que el de la serie A, no era certificable por el CNIG al ser propiedad de CEGET, se realizó con el propósito de un acuerdo militar entre EEUU y España con un interés estratégico de los americanos debido a la cercanía de una Guerra Fría. De este vuelo se puede destacar que se realizó la cobertura de fotografía aérea de toda España, con un recubrimiento estereoscópico (60% longitudinal, 30% transversal). La escala media fue de aproximadamente 1:33.000 con una altitud de vuelo de 5500 metros., y una focal de 151,42 mm. Para los vuelos se utilizó una cámara Fairchild-11, con el formato de los negativos de 22,8x22,8, con capacidad de 450 fotogramas en rollo de 118 metros.



Fig.5 – Cámara Fairchild-11

Fuente: Fairchild

Todos los fotogramas fueron digitalizados, una copia digital fue entregada a la IGN en octubre de 2011.

-VUELO INTERMINISTERIAL (1977-1983) , más comúnmente conocido como el vuelo del Instituto de Reforma y Desarrollo Agrario (IRYDA), o simplemente vuelo de Agricultura. La escala media fue de 1:18.000, obtenido con una focal de 152,29 milímetros, con un recubrimiento estereoscópico (80% longitudinal, 30% transversal. A destacar que está disponible en la Fototeca de CNIG-IGN en formato fotograma, pero no en el mosaico de ortofotograma.

VUELO	ESCALA	DIST. FOCAL(mm)	ALTURA VUELO(m)
Ruíz de Alda(1928-1932)	1:10.000	100	2.500
Americano Serie A (1945-1946)	1:43.000	150	6.000
Americano Serie B(1956-1957)	1:33:000	151,42	5.500
Interministerial(1977-1983)	1:18.000	152,29	3.000

CLASIFICACIÓN DE VUELOS

Una primera clasificación de los vuelos anteriores se debe basar en los valores de las escalas. Haciendo una agrupación, se deduce que para los intereses de este trabajo, nos interesan los de mayor escala, ya que supone una mejor resolución geométrica (mayor tamaño de objeto identificable). Son los vuelos de Ruíz de Alda con una escala de 1:10.000 y el vuelo Interministerial con valor de escala 1:18:000.

La resolución de un mapa se define como:

- el tamaño de la entidad más pequeña que puede representarse en la superficie.
- la precisión con la que tanto la localización como la forma de las entidades del mapa se pueden representar a una escala de mapa dada. En un mapa a escala grande (p.ej.: un mapa a escala 1:1) las entidades se simplifican menos que en un mapa a escala pequeña (p.ej.: 1:1.000.000). En un mapa a escala más grande, la resolución de las entidades recuerda en mayor medida a las entidades del mundo real. Conforme la escala del mapa decrece, la resolución también disminuye y los límites de las entidades se pueden ver suavizados, simplificados e incluso no mostrarse del todo (Berry, 1995).

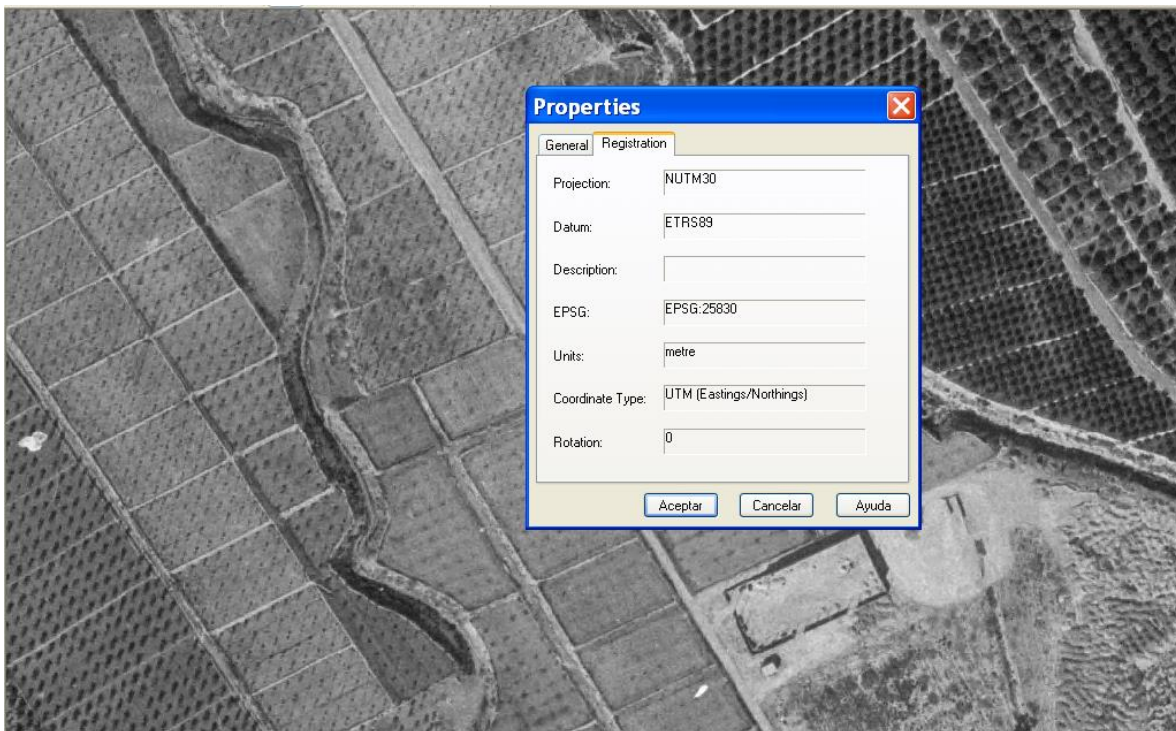
Los fundamentos de la fotogrametría permiten determinar la resolución geométrica conociendo los valores de la toma de imágenes en función de escala, de la focal de la cámara y de la altura de vuelo. Estos valores pueden extraerse para los vuelos anteriores y adoptar un valor de 0,5 m de tamaño mínimo de objeto identificable.

Sin embargo, en relación con la formación del ortofotograma continuo del vuelo Ruiz de Alda, aun siendo previsible que el vuelo se realizara con una cámara preparada para trabajos fotogramétricos, y por tanto diseñada para garantizar una distorsiones mínimas, no se dispone de la información relativa a los parámetros de distorsión de lente, ni información marginal como marcas fiduciales que permitan la orientación interna de los fotogramas. De hecho, cabe la posibilidad de que en el vuelo realizado se han utilizado diversas cámaras. Por ello se ha realizado por la Dirección General del Medio Natural en colaboración con el Centro Nacional de Información

Geográfica una metodología específica de georreferenciación que ha sido necesario desarrollar debido a que las peculiaridades de este trabajo hacen inaplicables las técnicas de fotogrametría.

GEORREFERENCIACION DE LAS IMÁGENES

Una vez hecha la clasificación de vuelos, se debe asegurar que las imágenes tratadas se ubican dentro del mismo Sistema de Coordenadas y utilizan el mismo Datum Geodésico. Este proceso se puede llevar a cabo con la herramienta ERDAS ER Viewer, generando los archivos con la extensión GeoTIFF. Una de las ventajas de este programa es la posibilidad de trabajar con imágenes de extensión ECW sin previamente convertirlas en el formato TIFF (el formato TIFF es más pesado que el ECW, por lo que las imágenes ocupan más espacio, y el trabajo en ENVI se hace más duradero). Además, el formato GeoTIFF proporciona toda la información necesaria sobre el Sistema de Coordenadas y Datum Geodésico de la imagen tratada:



Todas las imágenes se ubican dentro de la proyección UTM H30 y con el datum ETRS89.



DELIMITACIÓN BARRANCO PROPUESTA CHS: VUELO RUIZ DE ALDA (1928-1932)

Con todas las operaciones anteriores y sabiendo que para elaborar el Proyecto de delimitación de Dominio Público se utilizaron las imágenes de los años 1928 y 1956 (Vuelo Ruiz de Alda y Vuelo Americano Serie B respectivamente), a priori la delimitación se ha de realizar sobre la imagen del Vuelo de Ruiz de Alda.

La época de realización de las fotografías es otra de las grandes virtudes del Vuelo Ruiz de Alda, pues se toman básicamente durante el invierno, estación especialmente óptima para documentar el terreno y sus características, cuando ha sido liberado de la masa de cultivos acogidos en él. Valga como comparación en este sentido que el Vuelo Americano que afecta a tierras alicantinas se realiza en pleno verano, lo que sin duda dificulta la visibilidad y contraste del parcelario. Obviamente, otra gran virtud es la mayor escala a la que se realizan los fotogramas en los años 20 –escala aproximada de 1:10.000 frente a la 1:32.000 del Vuelo Americano–, lógica consecuencia del tipo de aeronave utilizada en cada oportunidad. El mayor grado de detalle de los primeros, de por sí más antiguos, supone una indudable ventaja en la precisión de los análisis fotogramétricos, especialmente en lo que a líneas de contacto del paisaje se refiere.

CÁLCULO DE LOS EJES

Para realizar dicha operación se han de preparar con antelación los datos de partida, los cuales son:

-Coordenadas de la propuesta de delimitación:

! LISTADO DE COORDENADAS UTM ETRS89

PUNTO	X	Y	PUNTO	X	Y
1	662616.63	4211313.76	55	663109.70	4210435.26
2	662624.99	4211292.58	56	663106.18	4210422.30
3	662628.05	4211278.72	57	663108.57	4210410.09
4	662630.02	4211267.87	58	663121.50	4210407.39
5	662636.13	4211253.63	59	663115.07	4210420.43
6	662639.97	4211237.54	60	663117.34	4210432.49
7	662639.78	4211222.87	61	663123.38	4210455.90
8	662632.19	4211206.32	62	663109.18	4210490.84
9	662629.88	4211188.74	63	663087.60	4210503.10
10	662636.03	4211178.92	64	663077.75	4210517.74
11	662647.82	4211167.14	65	663075.80	4210535.97
12	662657.34	4211159.15	66	663081.41	4210565.86
13	662657.22	4211151.88	67	663073.22	4210588.00
14	662652.80	4211140.83	68	663059.47	4210601.71
15	662653.75	4211119.89	69	663030.55	4210618.68
16	662658.84	4211102.65	70	663035.05	4210630.09
17	662666.15	4211090.55	71	663033.95	4210649.10
18	662684.33	4211080.72	72	663025.21	4210667.19
19	662700.52	4211071.70	73	663025.79	4210686.27
20	662713.52	4211057.69	74	663021.82	4210715.24
21	662739.35	4211053.42	75	663019.05	4210740.24
22	662759.35	4211055.58	76	663018.86	4210771.10
23	662775.26	4211057.58	77	663009.52	4210800.17
24	662784.50	4211057.43	78	662986.22	4210818.84
25	662798.67	4211044.72	79	662962.29	4210836.29
26	662828.53	4211013.78	80	662952.77	4210855.73
27	662837.30	4210992.67	81	662943.36	4210874.90
28	662860.48	4210952.87	82	662929.86	4210890.87
29	662874.78	4210929.69	83	662913.94	4210912.47
30	662879.42	4210913.46	84	662905.26	4210933.63
31	662897.19	4210895.30	85	662891.87	4210956.92
32	662913.80	4210873.28	86	662879.74	4210975.99
33	662920.76	4210843.91	87	662869.42	4210993.05
34	662934.67	4210821.11	88	662856.72	4211010.12
35	662958.62	4210809.14	89	662841.64	4211027.98
36	662976.40	4210787.89	90	662822.99	4211043.85
37	662975.62	4210763.93	91	662810.29	4211059.33
38	662981.03	4210730.70	92	662795.69	4211070.74
39	662977.17	4210709.84	93	662774.81	4211080.32
40	662990.31	4210680.09	94	662750.25	4211076.54
41	663006.99	4210664.04	95	662728.70	4211074.21
42	663020.84	4210640.60	96	662716.00	4211083.83
43	663022.71	4210632.19	97	662700.93	4211092.39
44	663015.80	4210614.63	98	662677.66	4211105.87
45	663020.74	4210606.01	99	662674.17	4211133.57
46	663043.82	4210592.88	100	662673.27	4211163.99
47	663064.97	4210570.33	101	662659.89	4211182.35
48	663055.94	4210546.83	102	662650.04	4211195.62
49	663056.14	4210517.34	103	662655.27	4211224.57
50	663069.93	4210493.75	104	662662.90	4211239.78
51	663081.63	4210486.48	105	662659.59	4211259.86
52	663099.92	4210481.21	106	662648.88	4211293.68
53	663112.60	4210461.05	107	662642.29	4211317.60
54	663113.68	4210445.01	108	662633.40	4211330.61



Análisis multitemporal de imágenes para la determinación de un Dominio Público Hidráulico. Aplicación al caso del barranco de Torre Alcayna (Murcia)



Que fueron introducidos al Excel para las futuras operaciones:

Punto	UTM-X	UTM-Y
1	662727,41	4211521,36
2	662735,77	4211500,18
3	662738,83	4211486,32
4	662740,8	4211475,47
5	662746,91	4211461,23
6	662750,75	4211445,14
7	662750,56	4211430,47
8	662742,97	4211413,92
9	662740,66	4211396,34
10	662746,81	4211396,34
11	662758,6	4211374,74
12	662768,12	4211366,75
13	662768	4211359,48
14	662763,58	4211348,13
15	662764,53	4211327,49
16	662769,62	4211310,25
17	662776,93	4211298,15
18	662795,11	4211288,32
19	662811,3	4211279,3
20	662824,3	4211265,29
21	662850,13	4211261,02
22	662870,13	4211263,18
23	662886,04	4211265,18
24	662895,28	4211265,03
25	662909,45	4211252,32
26	662939,31	4211221,38
27	662948,08	4211200,27
28	662971,26	4211160,47
29	662985,56	4211137,29
30	662990,2	4211121,06
31	663007,97	4211102,9
32	663024,58	4211080,88
33	663031,54	4211051,51
34	663045,45	4211028,71



Análisis multitemporal de imágenes para la determinación de un Dominio Público Hidráulico. Aplicación al caso del barranco de Torre Alcayna (Murcia)



35	663069,4	4211016,74
36	663087,18	4210995,49
37	663086,4	4210971,53
38	663091,81	4210938,3
39	663087,95	4210917,44
40	663101,09	4210887,69
41	663117,77	4210871,64
42	663131,62	4210848,2
43	663133,49	4210839,79
44	663126,58	4210822,23
45	663131,52	4210813,61
46	663154,6	4210800,48
47	663175,75	4210777,93
48	663166,72	4210754,43
49	663166,92	4210724,94
50	663180,71	4210701,35
51	663192,41	4210694,08
52	663210,7	4210668,81
53	663223,383	4210668,648
54	663224,46	4210652,61
55	663220,48	4210642,86
56	663216,96	4210629,9
57	663219,35	4210617,69
58	663232,28	4210614,99
59	663225,85	4210628,03
60	663228,12	4210640,09
61	663234,16	4210663,5
62	663219,96	4210698,44
63	663198,38	4210710,7
64	663188,53	4210725,34
65	663186,58	4210743,57
66	663192,19	4210773,46
67	663184	4210795,6
68	663170,25	4210809,31
69	663141,33	4210826,28
70	663145,83	4210837,69
71	663144,73	4210856,7
72	663135,99	4210874,79
73	663136,57	4210893,87
74	663132,6	4210922,84



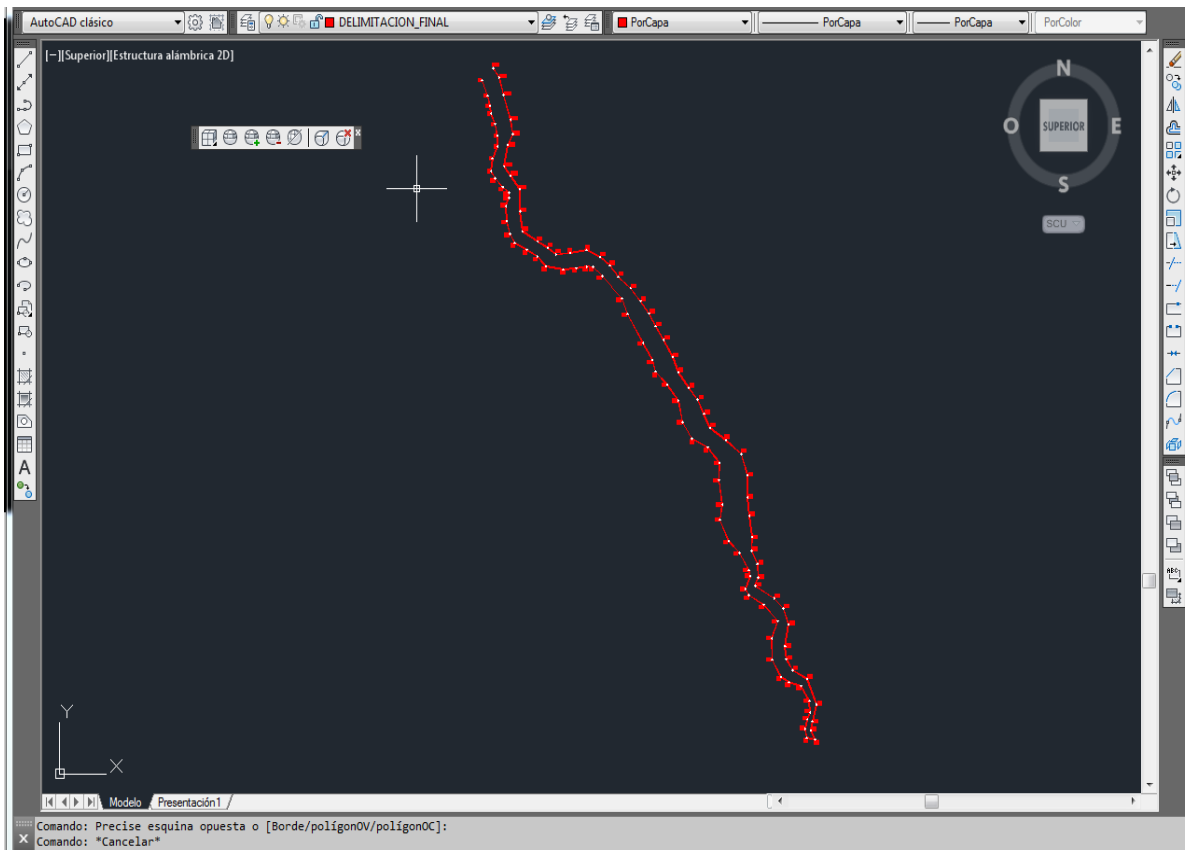
Análisis multitemporal de imágenes para la determinación de un Dominio Público Hidráulico. Aplicación al caso del barranco de Torre Alcayna (Murcia)



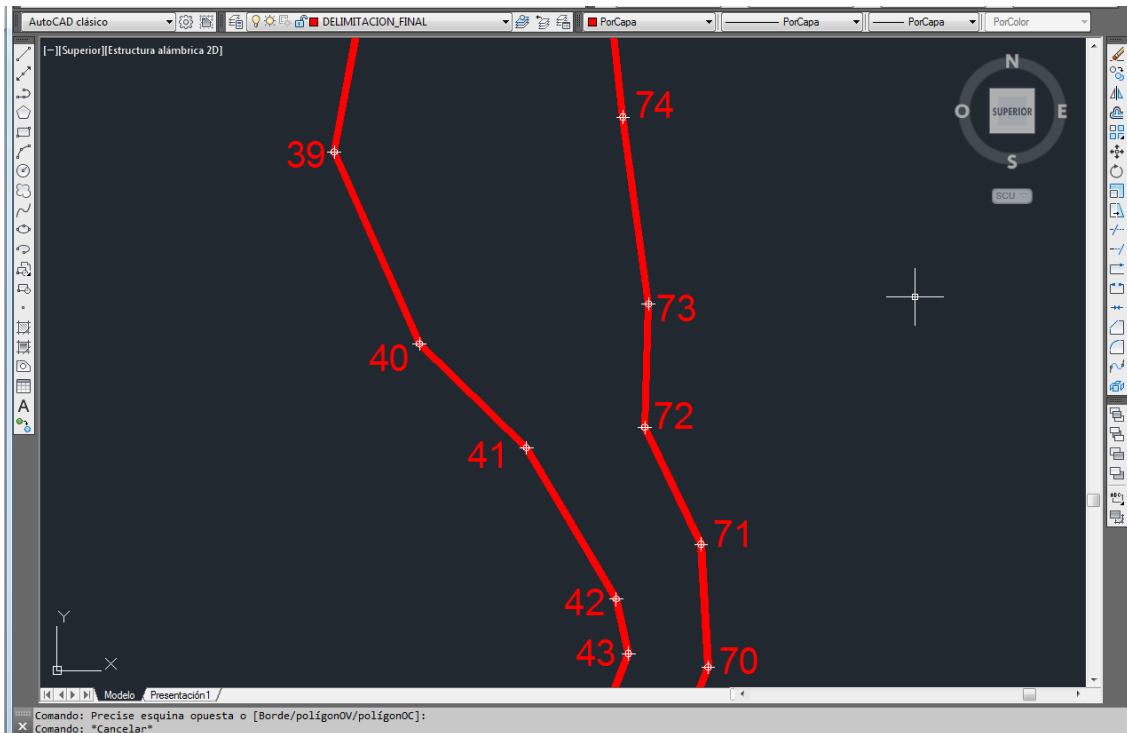
75	663129,83	4210947,84
76	663129,64	4210978,7
77	663120,3	4211007,77
78	663097	4211026,44
79	663073,07	4211043,89
80	663063,55	4211063,33
81	663054,14	4211082,5
82	663040,64	4211098,47
83	663024,72	4211120,07
84	663016,04	4211141,23
85	663002,65	4211164,52
86	662990,52	4211183,59
87	662980,2	4211200,65
88	662967,5	4211217,72
89	662952,42	4211235,58
90	662933,77	4211251,45
91	662921,07	4211266,93
92	662906,47	4211278,34
93	662885,59	4211287,92
94	662861,03	4211284,14
95	662839,48	4211281,81
96	662826,78	4211291,43
97	662811,71	4211299,99
98	662788,44	4211313,47
99	662784,95	4211341,17
100	662784,05	4211371,59
101	662770,67	4211389,95
102	662760,82	4211403,22
103	662766,05	4211432,17
104	662773,68	4211447,38
105	662770,37	4211467,46
106	662759,661	4211501,283
107	662753,07	4211525,2
108	662744,18	4211538,21

En el EXCEL, mediante el comando CONCATENAR, se agrupan las coordenadas X e Y en una sola columna separadas por coma, para su posterior introducción en el AutoCAD (mediante la función PLINE se copian y pegan en la ventana de comandos).

De este modo se define una polilínea con los vértices de los 108 puntos:



Los vértices han sido enumerados de forma manual:

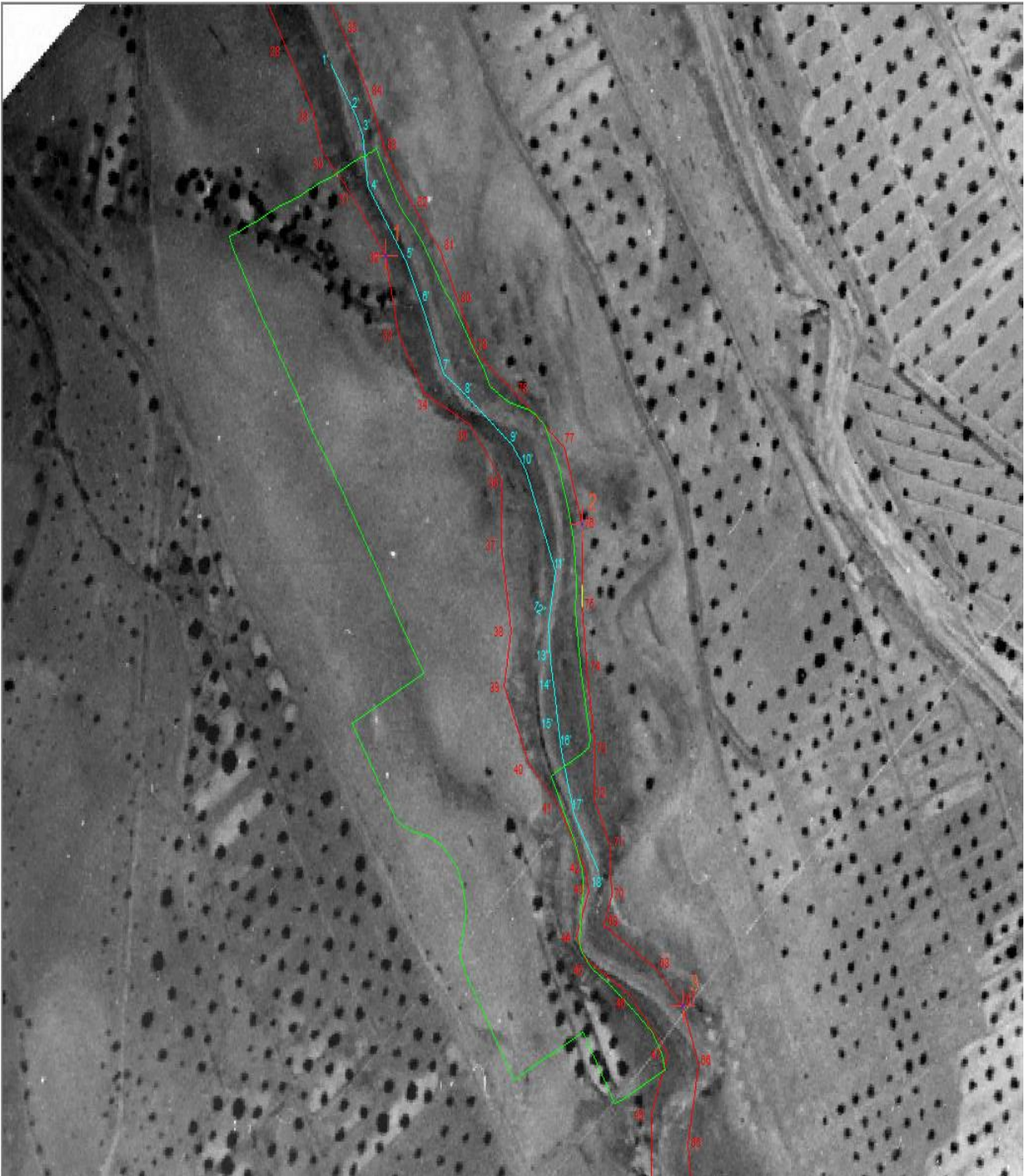


El fichero es exportado a ArcMap, creando la correspondiente capa vectorial sobre la imagen del ortofotograma que ha sido importado del MapServer (GeoDataBase) de la fototeca del CNIG – IGN.

Una vez realizada la composición se ha exportado en formato TIFF para su tratamiento digital en ENVI 4.7. El resultado de la composición, con el imprescindible rigor de referenciación, es la línea de color rojo que se observa en las siguientes ilustraciones. Añadir que, si bien el eje del barranco (línea azul) no viene definido en el correspondiente anejo del Proyecto de su listado de coordenadas de vértices de la poligonal, lo que ha supuesto solventarlo consiguiendo sus valores mediante una interpolación lineal directa de los puntos de los correspondientes planos del Proyecto.

Por último, indicar que la línea verde que representa los límites de la parcela catastral de mayor afección se ha obtenido mediante la importación del MapServer (GeoDataBase) de la Oficina Virtual de Catastro de la Dirección General de Catastro en la misma georreferenciación (ETRS89) que los documentos anteriores.

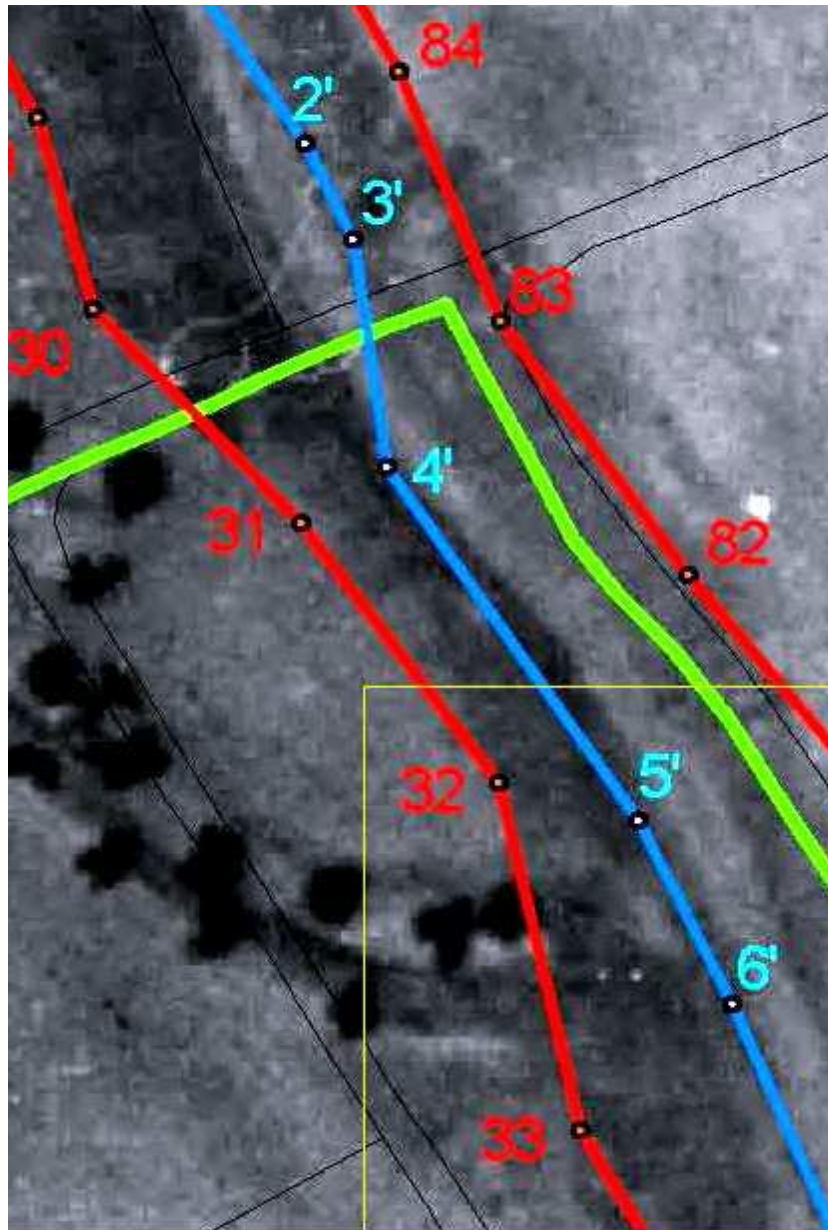
RESULTADO



Línea roja: propuesta de la delimitación del Proyecto

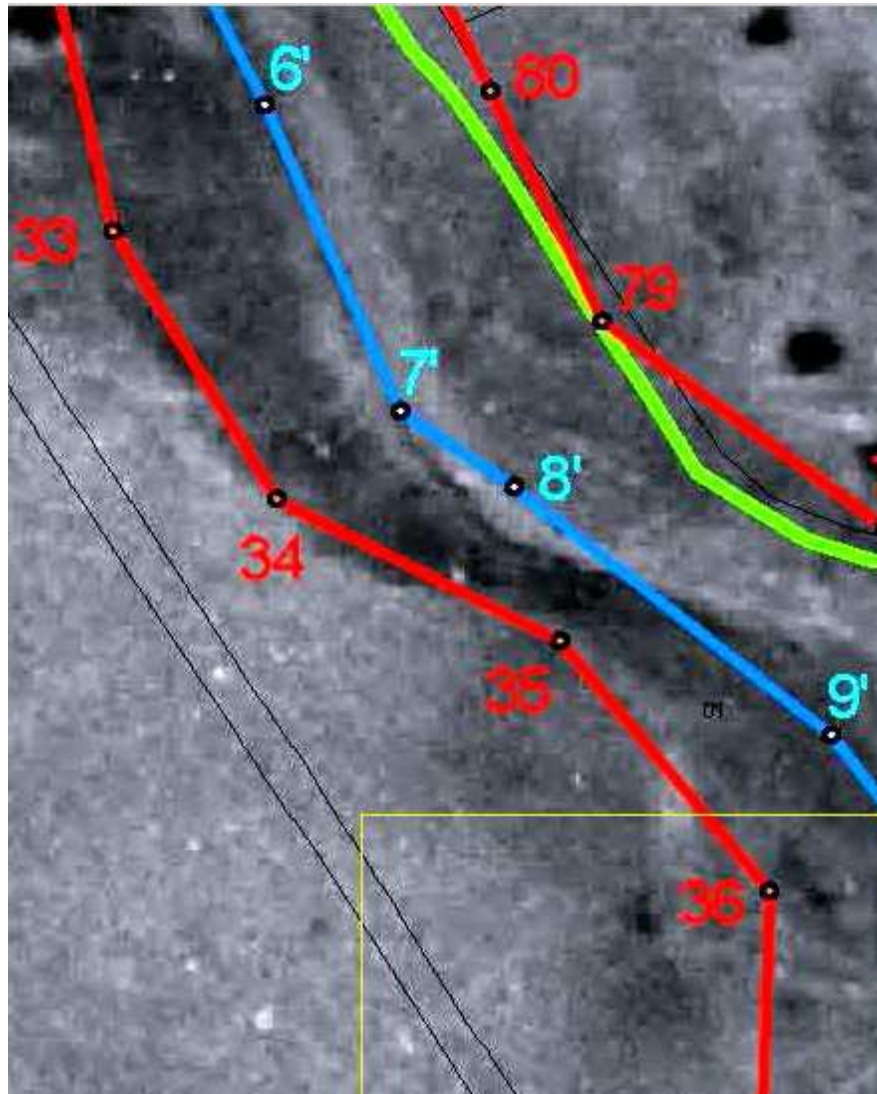
Línea azul: eje del barranco que define la delimitación del Proyecto

Línea verde: parcela analizada por su grado de afección



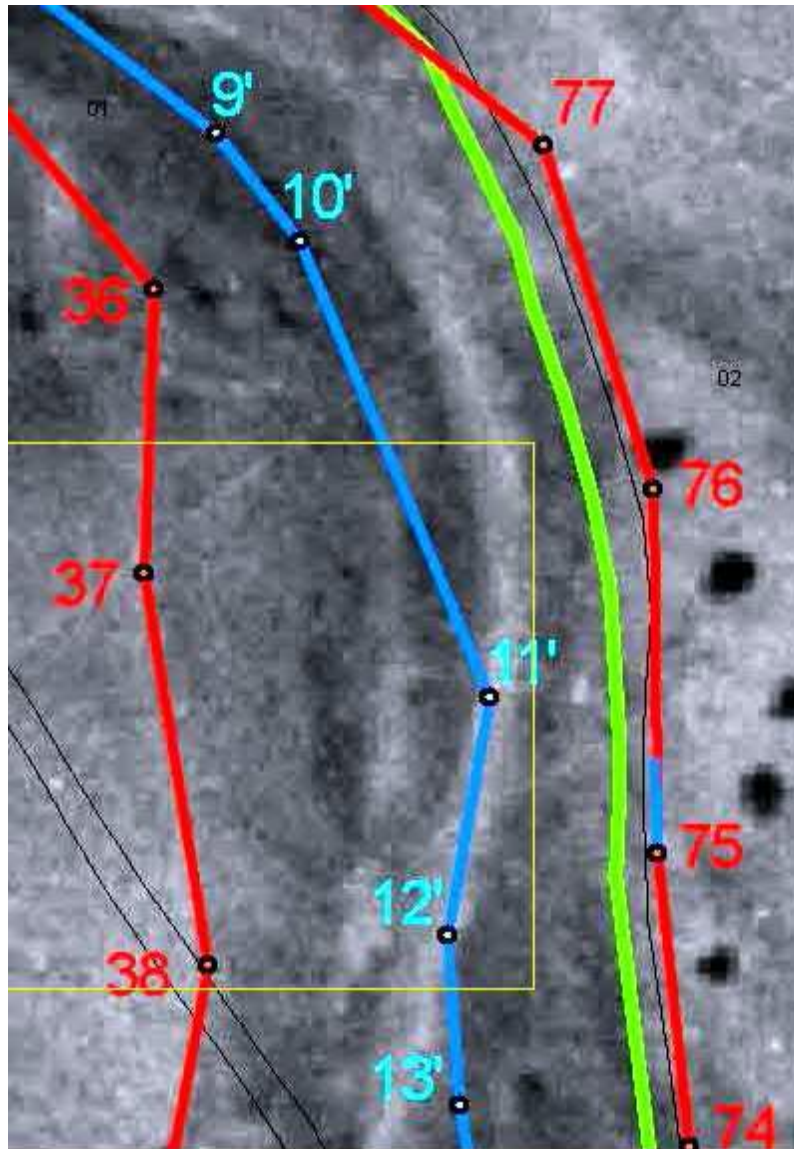
Primer parcial del tramo 3 de la propuesta de delimitación

Se observa en este primer parcial una clara modificación del eje de la propuesta del Proyecto respecto al eje real en el año 1928 – 1932, pues claramente la imagen determina en las referencias 4', 5' y 6' una traza del eje real convexa a la MD. Mientras que el eje de la propuesta intersecta el talud derecho del cauce.



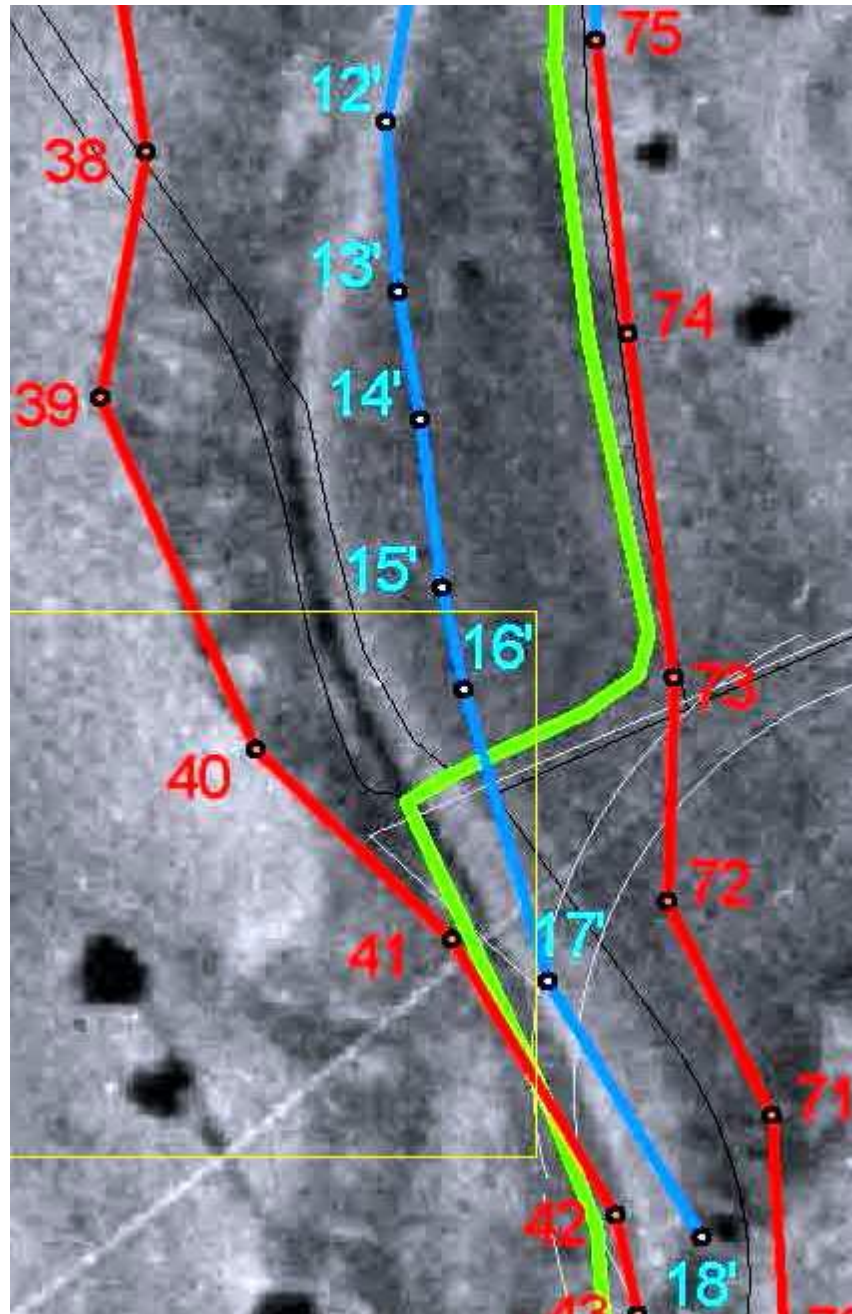
Segundo parcial del Tramo 3 de la propuesta de delimitación

Observando las referencias 8' y 9', se ve que de nuevo se produce la intersección del eje con el talud real del barranco en el año 1928.



Tercer parcial del Tramo 3 de la propuesta de delimitación

Se mantiene la intersección del eje propuesto en el Proyecto con el talud MD del cauce real en 1928(ver referencias 9', 10' y 11'). A continuación, el eje de la propuesto es coincidente en un pequeño tramo de la poligonal (11' – 12')y de nuevo intersecta (12' - 13'), en este caso, con el talud MI del cauce en 1928.



Cuarto parcial del Tramo 3 de la propuesta de delimitación

Se mantiene la secuencia de la traza del eje propuesto fuera de su posición real del año 1928, continuando por el MI según referencias: 13', 14', 15' y 16'.

Se observa que el eje no coincide con el recorrido natural del barranco en mayoría de sus tramos, por lo que se realizará un análisis multitemporal para observar qué imagen se asemeja en sus características a la del vuelo de Ruiz de Alda para luego definir el eje de Dominio respecto a Ruiz de Alda.

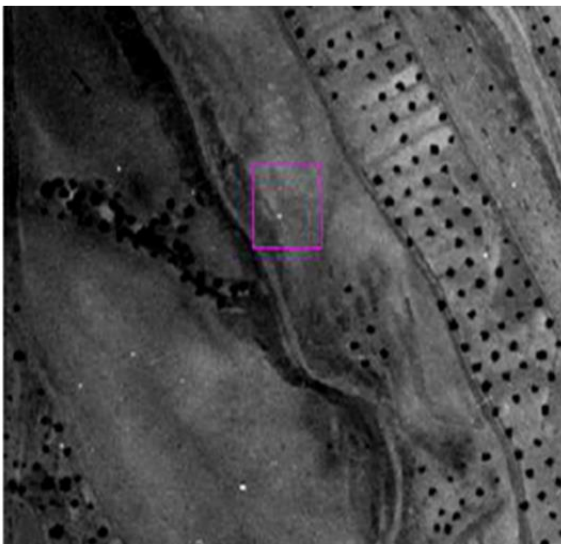
VISUALIZACIÓN COMPARADA

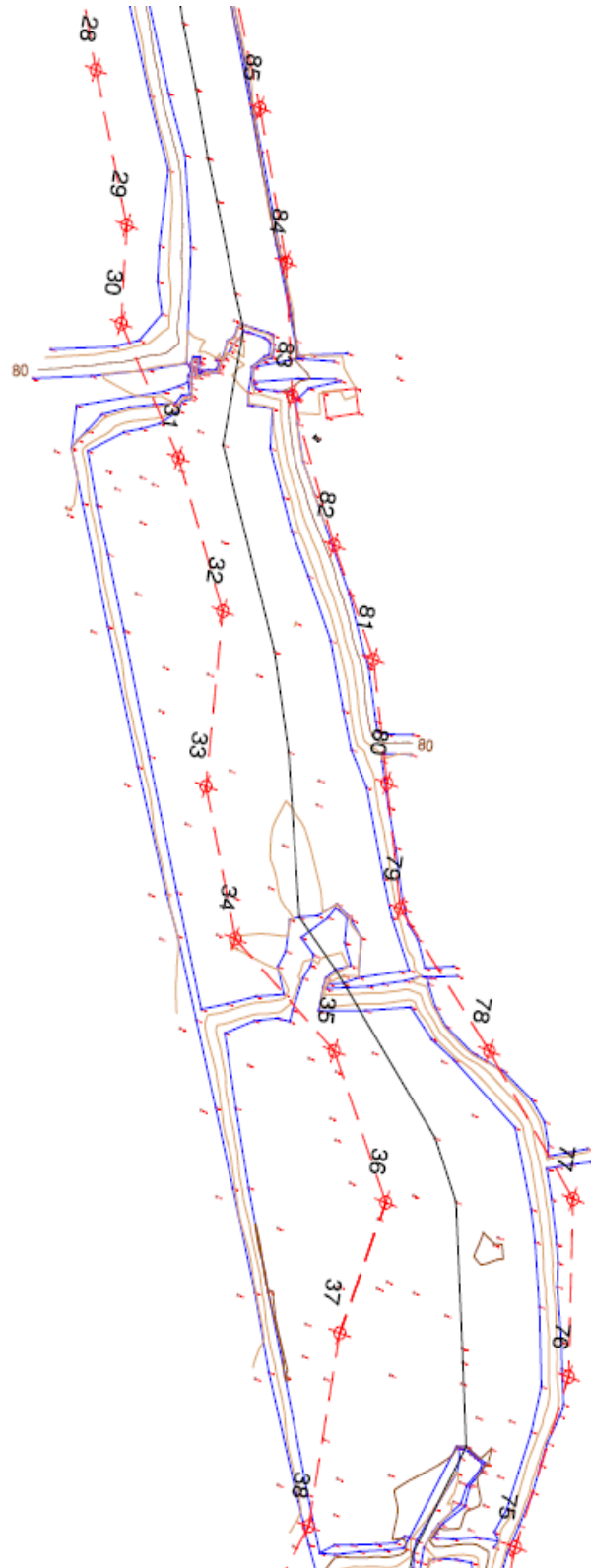
En un intento de conocer las posibles variaciones morfológicas del cauce en el mayor periodo de tiempo posible y conseguir determinar su morfología más fiel a la que tuvo en realidad antes de su desaparición, resulta indispensable realizar los análisis multitemporales entre las series de imágenes históricas disponibles.

VISUALIZACIÓN COMPARADA DE LAS IMÁGENES DEL VUELO DE RUIZ DE ALDA (1928-1932) Y VUELO AMERICANO SERIE B (1956-1957)

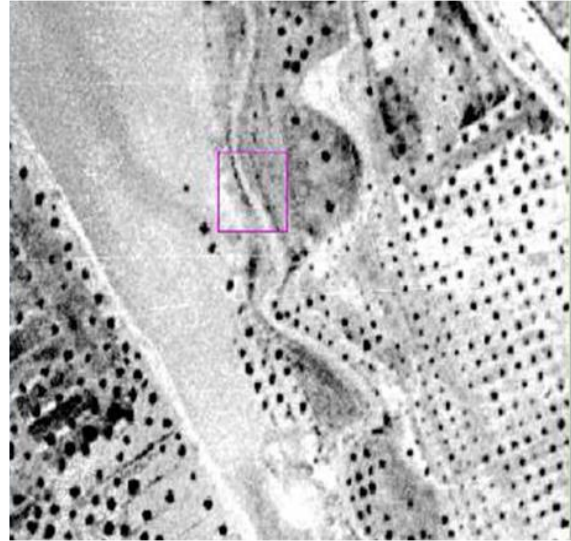
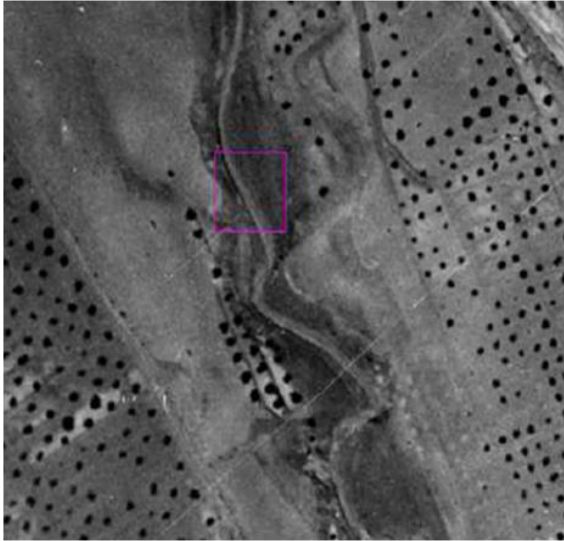
Para el estudio se utilizó el problemático tramo intermedio del barranco, declarado como inexistente:

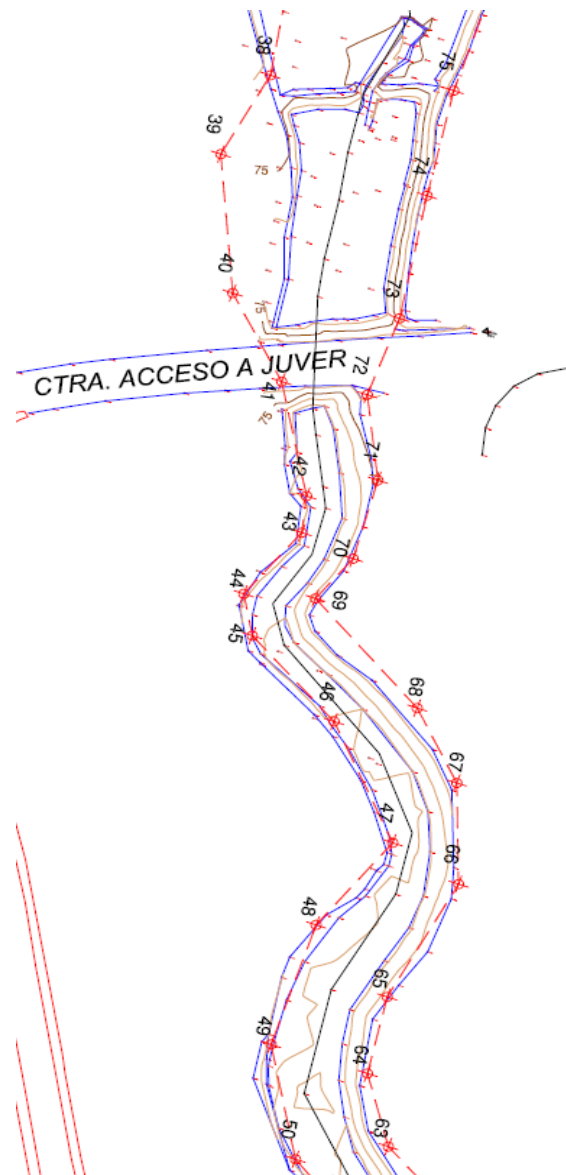
Se visualizan las imágenes en dos displays. En primer lugar, observamos la primera parte del tramo, correspondiente a los puntos 29-38 referidos al margen derecho del cauce:





A continuación, se observa la segunda parte del tramo, correspondiente a los puntos 38-48, también referidos al margen derecho del cauce:





Una vez se tienen las imágenes, se realiza un análisis comparativo.

Para realizar un análisis comparativo hay que comprobar que las imágenes tratadas conserven los mismos Niveles Digitales y se encuentran georreferenciadas.

En cuanto a la georreferenciación, con el ERDAS Er Viewer se vió que ambas imágenes están en el sistema de referencia ETRS89. Sin embargo, en cuanto a los Niveles Digitales, se han de tener en cuenta algunos aspectos.

La respuesta del terreno a la radiancia en sus tres componentes (absorción, transmisión, reflexión), se obtiene en función de la respuesta espectral. Una vez que la energía



electromagnética llega a la superficie terrestre, interactúa con cada tipo de material ya sea por reflexión, absorción o transmisión, de acuerdo a un patrón de respuesta espectral particular. Este comportamiento distintivo de cada tipo de material es aprovechado en procesos de clasificación de imágenes, siendo común referirse a él como firma espectral. Su determinación en forma consistente presenta algunas dificultades asociadas a las siguientes razones:

- La vegetación tiene un comportamiento dinámico debido a los cambios fenológicos que ocurren estacionalmente. Esto significa que su firma espectral cambia durante el año.
- Las condiciones de iluminación asociadas a la topografía (pendiente y orientación), la posición del sol durante el año (elevación y azimuth), y las condiciones de humedad del suelo y la vegetación pueden significar variaciones importantes en el patrón de la respuesta espectral.
- Debido a la resolución espacial de la mayoría de sensores, la información contenida en un pixel es el resultado de una mezcla espectral de varios tipos de materiales.

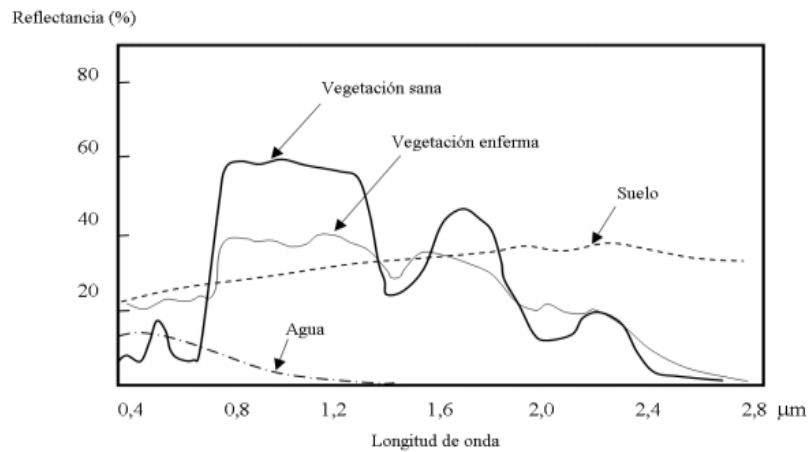
En el caso de las imágenes aéreas del estudio, la resolución espectral se encuentra en la región de visible. Esto es debido a que los seres humanos somos capaces de percibir a ojo desnudo el patrón de respuesta espectral en el rango visible del espectro electromagnético ($\lambda = 0,4 - 0,7 \mu\text{m}$), el cual interpretamos como el "color" característico del objeto o material observado.

En cuanto a la resolución geométrica, ésta se obtiene en función del proceso de digitalización de imagen y de la escala del vuelo.

La resolución radiométrica también está en función de la digitalización, es decir, está en función del número de Niveles Digitales (ND) utilizados para exportar los datos recogidos con el sensor. Los ND asociados a cada pixel en las imágenes digitales generan la llamada escala de grises, que en realidad es simplemente la escala de niveles digitales disponibles para representar los detalles de la imagen. El número de los niveles de grises se expresa comúnmente en términos de dígitos binarios (bits) necesarios para almacenar el valor del nivel de gris máximo para el caso considerado. El número de valores que pueden ser representados por una serie de dígitos es X^N ,

donde X es el número de valores que cada dígito puede representar y N es el número de dígitos usados. En una imagen en blanco y negro se utiliza la base binaria, es decir, solo se pueden poseer los valores de 0 y 1. En nuestro caso, ambas resoluciones geométricas disponibles son de 8 bits, y por lo tanto, tienen 256 valores posibles distintos del comportamiento del suelo a la reflexión.

El valor cero representa la ausencia de reflexión, y el valor 255 representa el máximo de reflexión del elemento de información de suelo (pixel):



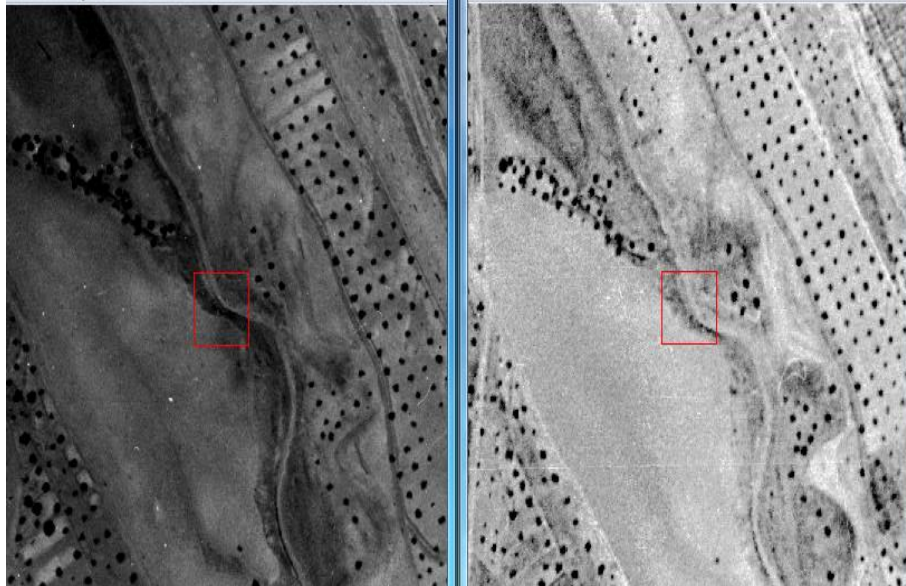
Por ejemplo, la arena de una playa da valores próximos al máximo, y el agua da valores próximos al mínimo.

Por último, se ha de decir que este método de diferenciar objetos en las imágenes se puede completar también con otras técnicas (método de análisis de texturas mediante métodos estadísticos (media y varianza, matriz de coocurrencias y diferencias de niveles de grises), etc.).

Dicho esto, se concluye la validez de ambas imágenes en cuanto a sus valores de niveles digitales (8 bits, 256 valores) y en cuanto a la georreferenciación (sistema de referencia ETRS89, proyección UTM 30N).

ANÁLISIS RADIOMÉTRICO DE LAS IMÁGENES DEL VUELO DE RUIZ DE ALDA (1928-1932) Y VUELO AMERICANO SERIE B (1956-1957)

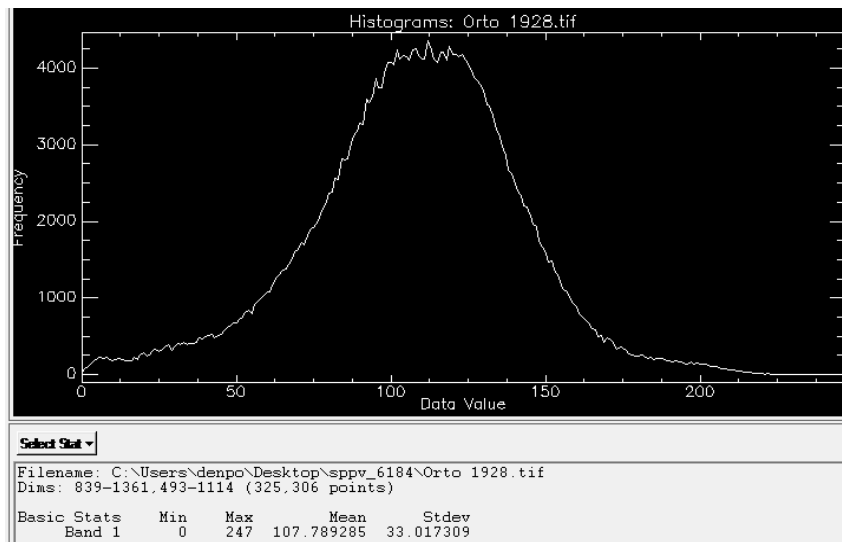
Mediante el programa ENVI 4.4, se visualizan las imágenes de los vuelos 1932 y 1956, obteniendo:

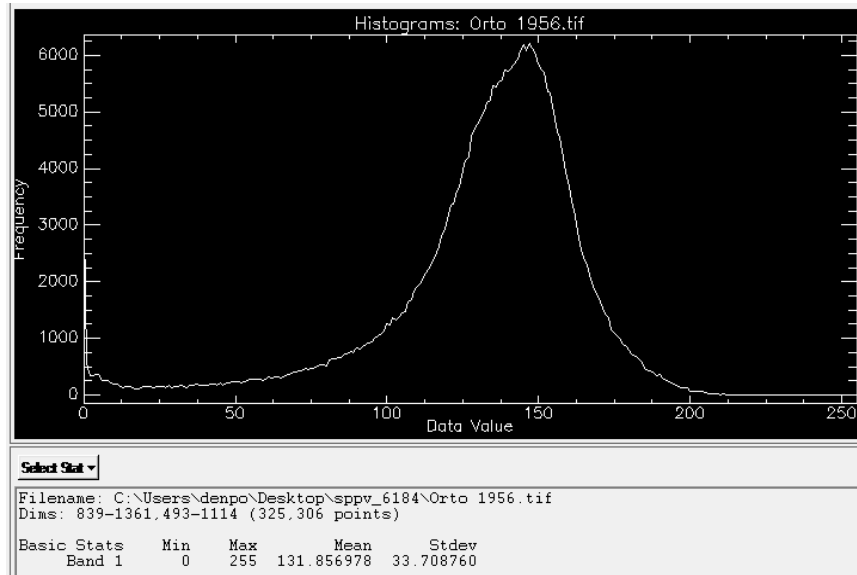


1928

1956

Mediante los comandos BasicTools/Statistics/ComputeStatistics se obtienen las histogramas con desviaciones estandar y medias de niveles digitales de cada imagen:





Se concluye que ambas imágenes tienen un comportamiento radiométrico similar, pues la diferencia de la varianzas alcanza tan solo el valor de 0,691451, lo que supone que el grado de separabilidad de los niveles de intensidad para discriminar comportamientos de la ocupación del suelo (coberturas) es más que aceptable y equivalente en ambas imágenes.

Sin embargo hay un desfase entre los ND medios, problema éste que se resuelve realizando un ajuste radiométrico de la imagen del 1956 respecto a la del 1928. El método de ajuste permite también igualar la escasa variación entre las desviaciones estandar entre ambas imágenes.

Para realizar el ajuste se han de tener en cuenta dos coeficientes:

$$a = s_1 / s_2$$

$$b = m_1 - a * m_2$$

donde a y b son los coeficientes de ajuste, s_1 es la desviación estandar de la imagen base, s_2 es la desviación estandar de la imagen a ajustar, y m_1 y m_2 son sus respectivas medias.

Obteniendo, de este modo,

$$a = \text{Stdev}(1928) / \text{Stdev}(1956) = 33,017309 / 33,708760 = 0,979497498$$

$$b = \text{Mean}(1928) - a * \text{Mean}(1956) = 107,789285 - 0,979497498 * 131,856978 = -21,36429505$$

De este modo se obtiene la expresión para ajustar la imagen, esa es:

$$ND(ajus)=ND(base) *a+b$$

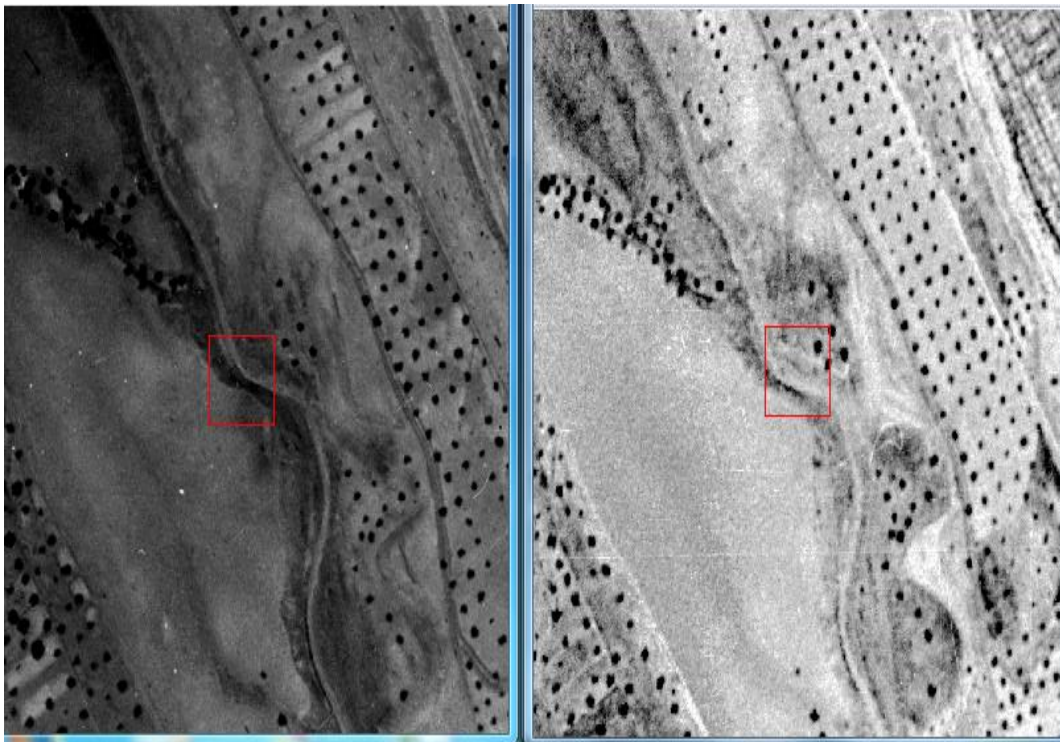
Se obtiene:

$$ND(1956)ajus=ND(1956) *0,979497498-21,36429505$$

En el comando BasicTools/BathMath se define en la variable b1 como la ND(base), asignándole la banda correspondiente, y se introduce la expresión dentro de BandMath de siguiente manera:

$$((1.0) *b1*0,979497498-21,36429505)$$

Y se ejecuta en el otro display, obteniendo:



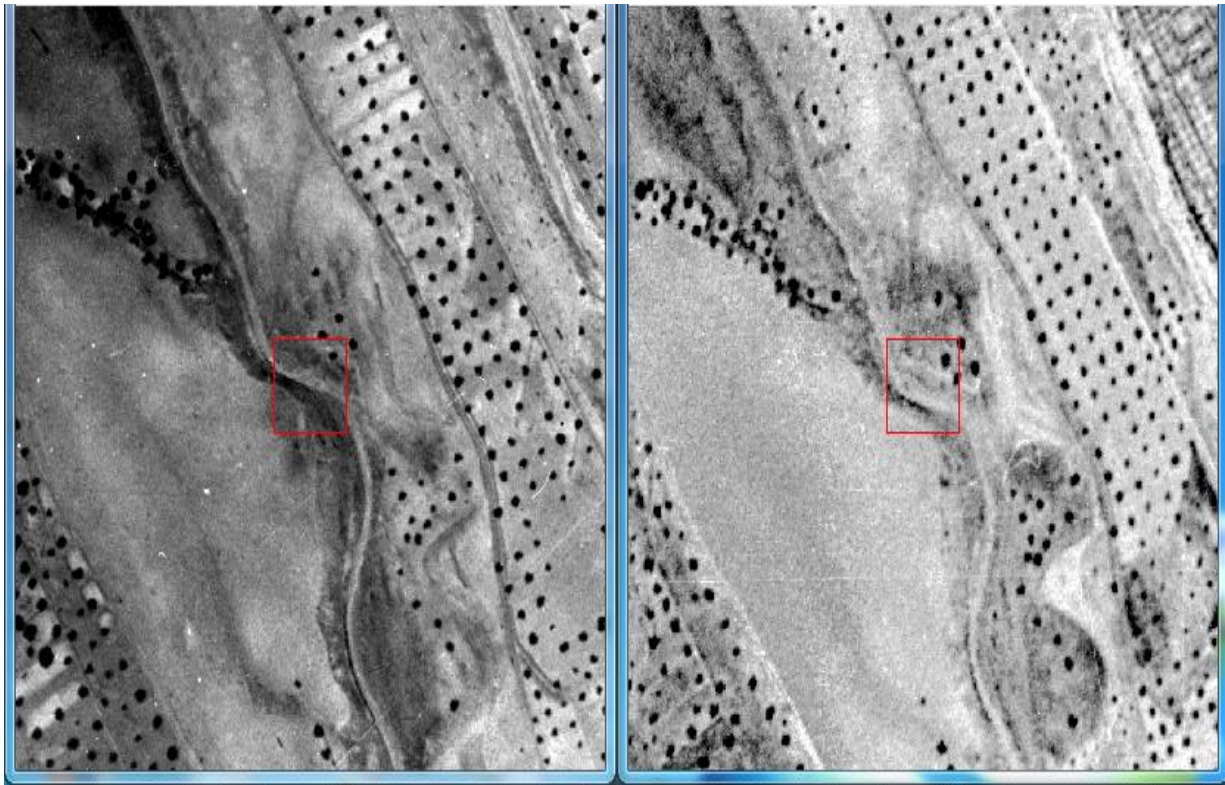
1928ajustada

1956ajustada

Por último, es posible mejorar el realce y con ello la interpretación visual con una mejora del contraste lineal en la imagen de 1928, mediante la relación de linealización siguiente:

$$ND(ajus)=ND(base)-b$$

$$ND(1928)ajus=ND(1928)+ 21,36429505$$



1928 ajustada y realzada

1956 ajustada

Sobre el resultado de ambas imágenes se van a realizar los posteriores análisis radiométricos que tendrán como objeto dictaminar acerca de la variación morfológica de la propuesta de eje y de poligonal de delimitación del Proyecto de DPH y su compatibilidad con la realidad mostrada con el análisis multitemporal de las imágenes.

VISUALIZACIÓN COMPARADA DE LAS IMÁGENES DEL VUELO DE RUIZ DE ALDA (1928-1932) Y VUELO AMERICANO SERIE A (1945-1946)

Haciendo uso del programa ENVI 4.4, comparamos las dos imágenes, con lo que da el siguiente resultado:



1928 ajustada y realzada

1945

La primera imagen corresponde al vuelo de 1928, ajustado y realzado, y la segunda imagen corresponde al vuelo de 1945.

A continuación, mediante el comando de Basic Tools/Statistics/Compute Statistics, obtenemos los valores estadísticos de cada imagen:

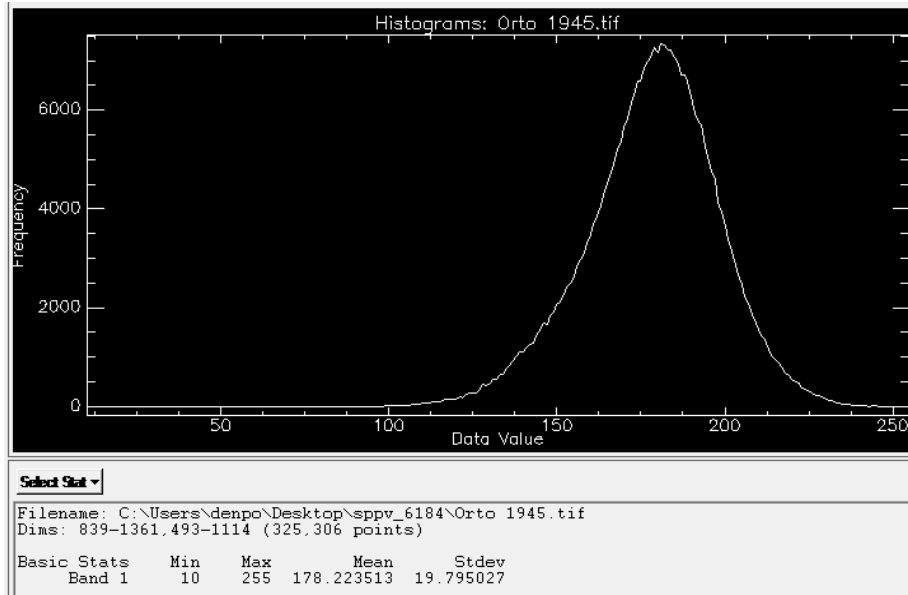
Ortofotografía 1928 ajustada en la anterior visualización comparativa:

Basic Stats	Min	Max	Mean	Stdev
Band 1	21.362967	268.362976	129.152249	33.017306

Ortofotografía 1945:

Basic Stats	Min	Max	Mean	Stdev
Band 1	10	255	178.223513	19.795027

Así como también el histograma de la imagen de 1945:



En cuanto a la imagen de 1928 ajustada:

Basic Stats	Min	Max	Mean	Stdev
Band 1	21.362967	268.362976	129.152249	33.017306

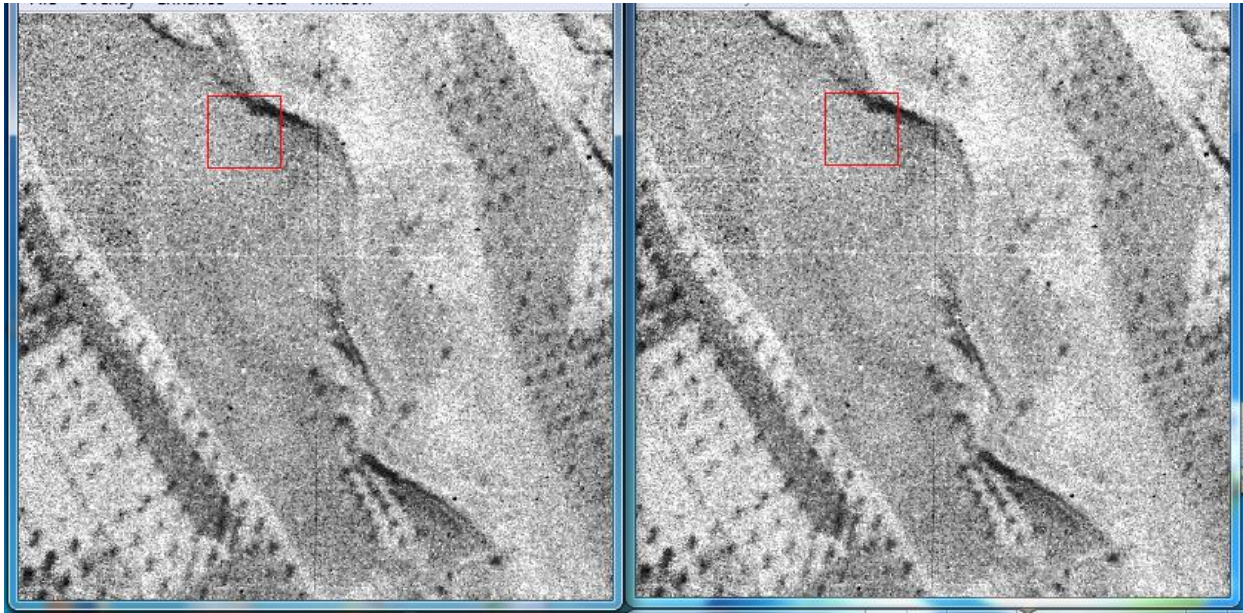
Observando los resultados obtenidos anteriores, se ve claramente que los parámetros a y b tendrán un gran desfase tanto en la diferencia entre varianzas como entre las medias de los valores de intensidad de la imagen, por lo que se hace el ajuste radiométrico de la imagen de 1945 sobre la 1928, obteniendo:

$$a=1,667959786$$

$$b=-138,1174309$$

Con lo cual:

$$ND(1945)_{ajus}=ND(1928)_{ajus} \times 1,667959786-138,1174309$$

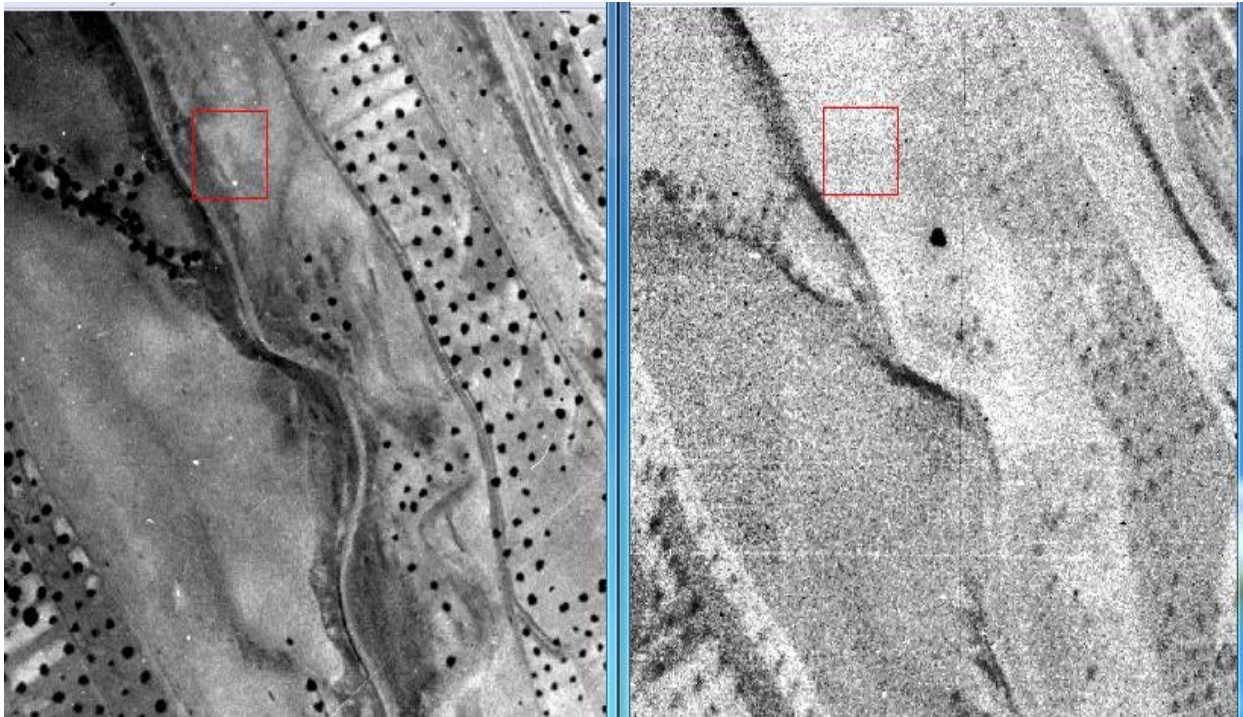


1945

1945 ajustada

Practicamente no se percibe ningun resultado de ajuste.

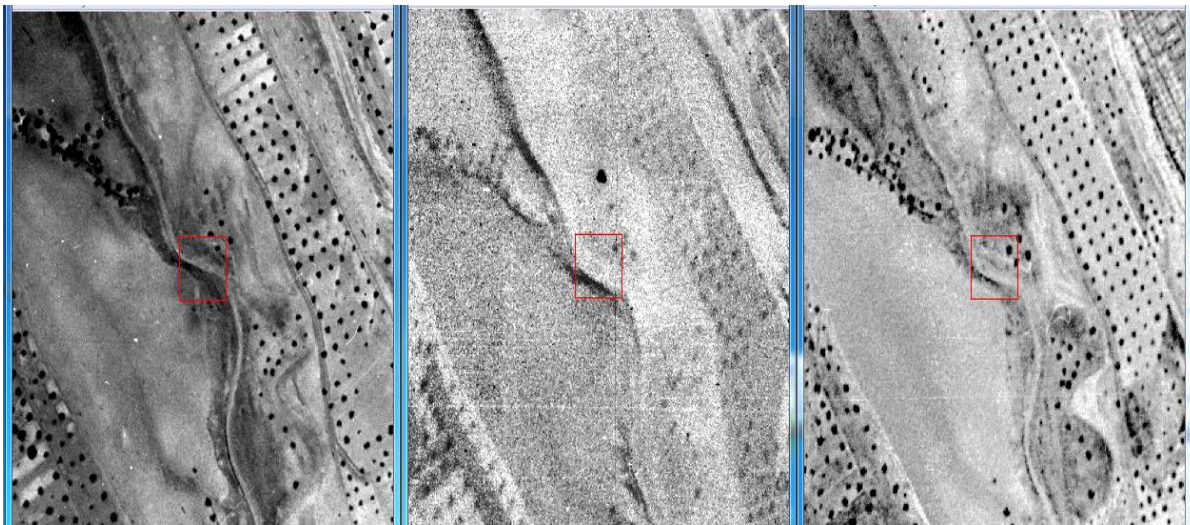
En cuanto a su comparación con la imagen de 1928:



1928 ajustada y realzada

1945 ajustada

SECUENCIA DE IMÁGENES HISTÓRICAS EN FORMATO ORTOFOTO



1928

1945

1956

Es palpable la menor calidad de la imagen de 1945 - 1946 a causa de la mayor altitud de vuelo y menor escala. La digitalización realizada por el CNIG de la imagen analógica, aun siendo de gran resolución, no ha sido capaz de obtener de la imagen analógica original ni la resolución geométrica ni la radiométrica acorde a las otras dos imágenes. Pese a la menor resolución geométrica de la imagen 1945 – 1946, se observa que para el periodo transcurrido de 15 años entre la primera y la segunda imagen de la ilustración anterior, la variación morfológica del cauce del barranco en el Tramo 3 del Proyecto de propuesta de delimitación del DPH es inexistente.

ELECCIÓN DE LA IMAGEN

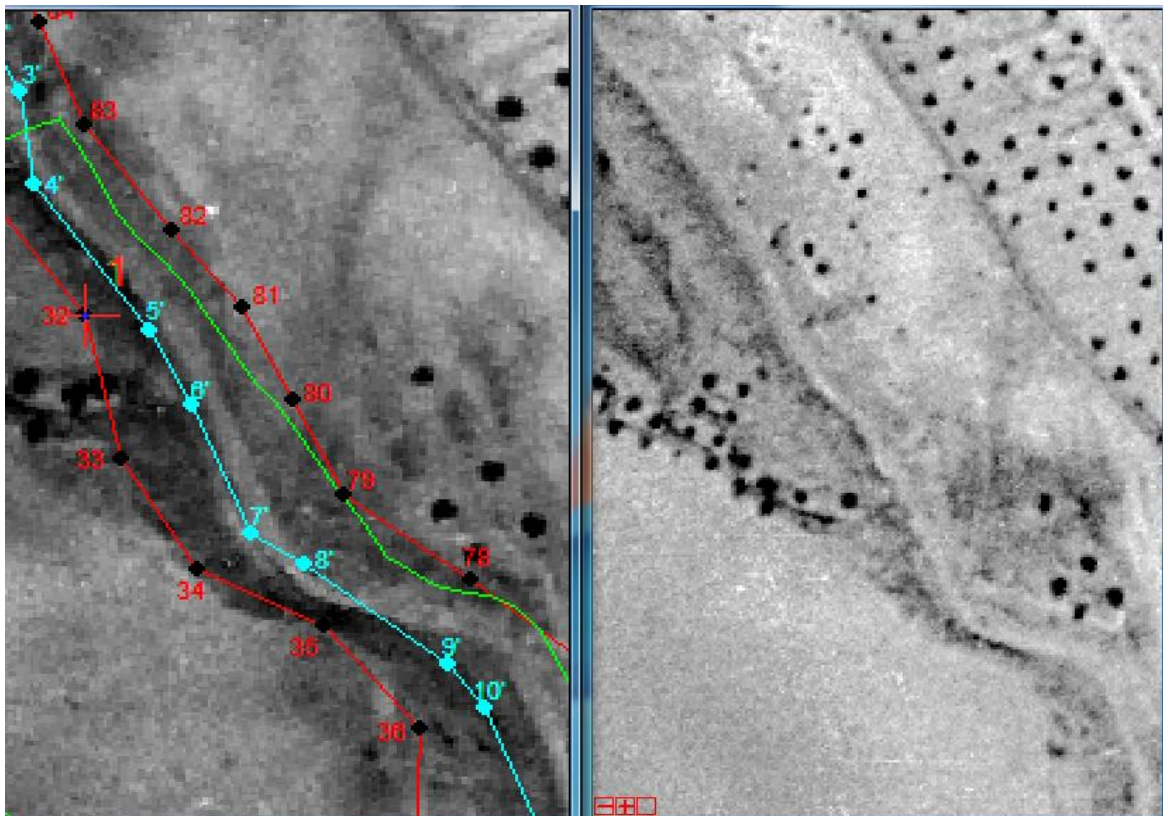
Tras observar la estabilidad del cauce en las imágenes analizadas, se escogerá la imagen lo más actual posible con concurrencia con el eje del barranco respecto a la ortofotografía de Ruiz de Alda(1928-1932).

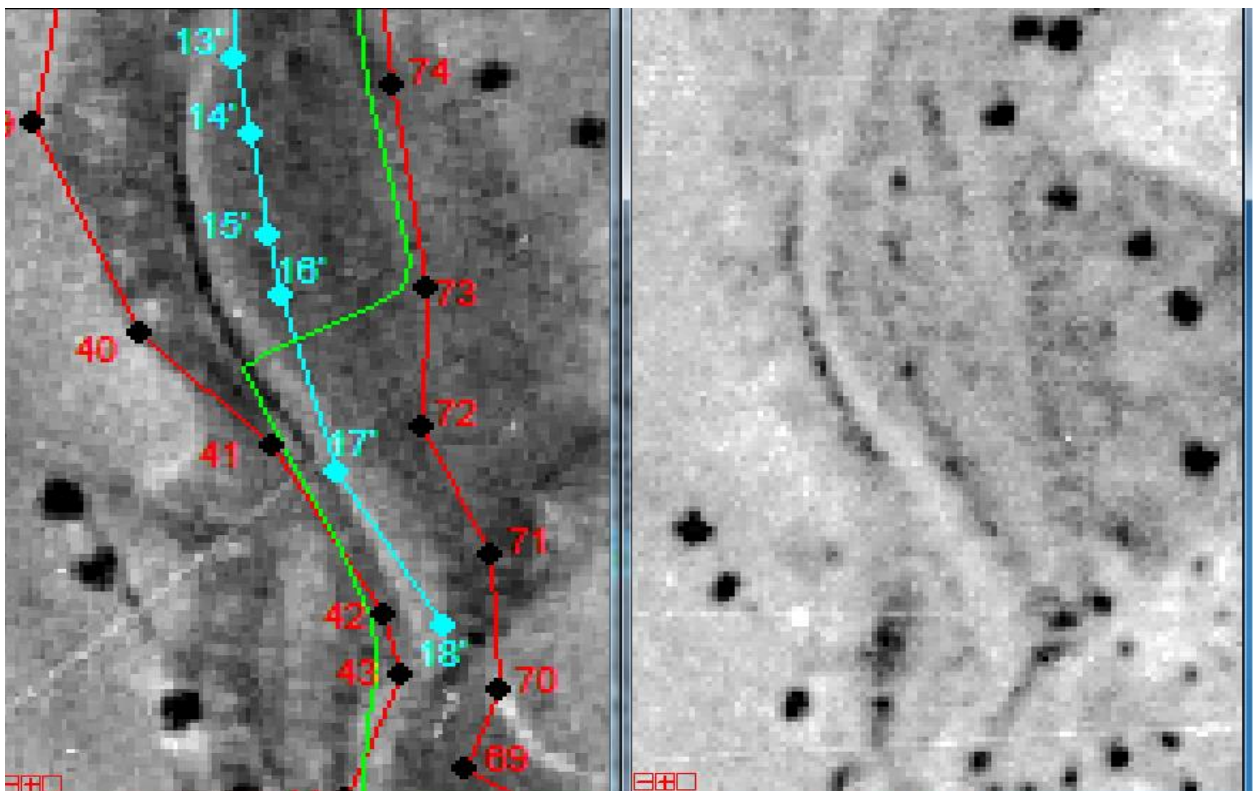
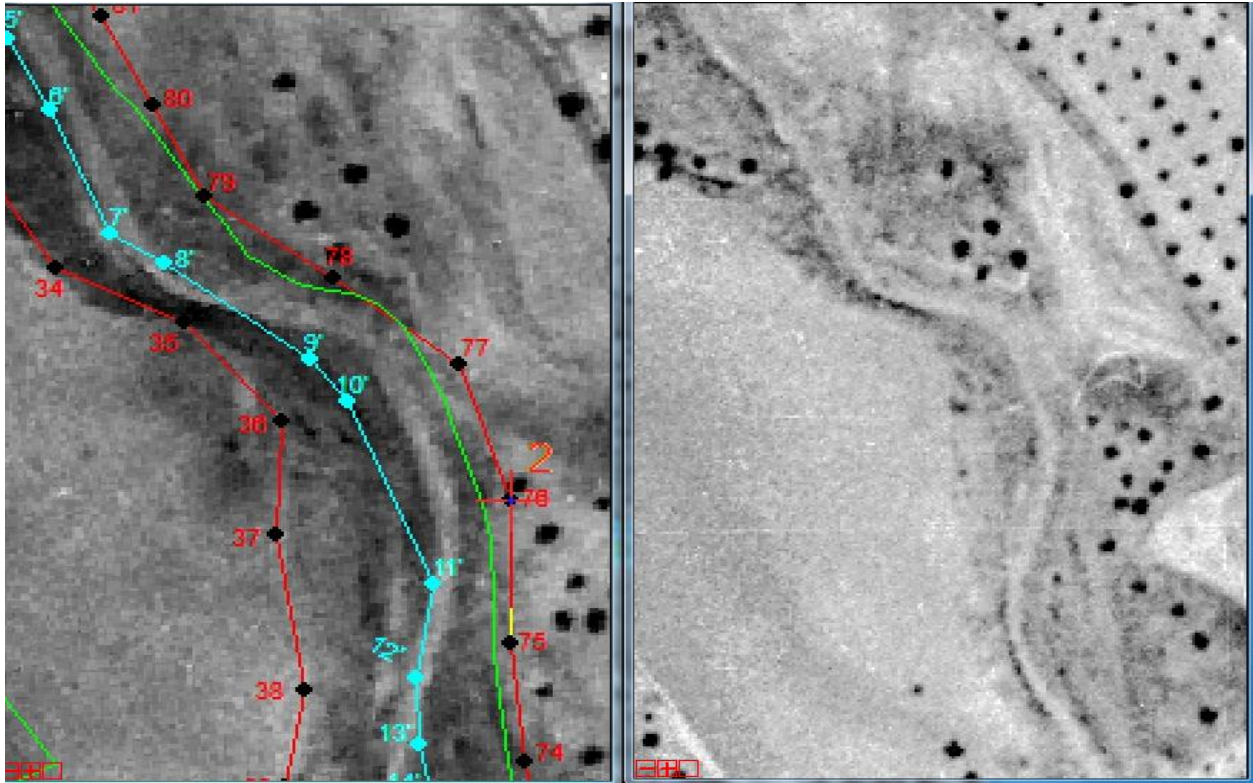
Para ello se compararán las imágenes del Vuelo de Ruiz de Alda con las de Vuelo Americano Serie B y el Vuelo Interministerial.

PROPUESTA EN EL PROYECTO DE DELIMITACION: VUELO AMERICANO SERIE B (1956-1957)

A continuación se expone la comparación de la propuesta del Proyecto con la imagen del vuelo Serie B 1956 - 1957. Se puede observar en la imagen completa y en los parciales del Tramo 3 del cauce, cómo tras el paso de 28 años del periodo de georrecurrencia, el eje del cauce propuesto en el Proyecto sigue manteniendo las intersecciones en ambos márgenes del cauce real en 1956 - 1957.

Sin embargo, la imagen 1956 – 1957 está penalizada para el estudio comparado por su menor resolución geométrica.

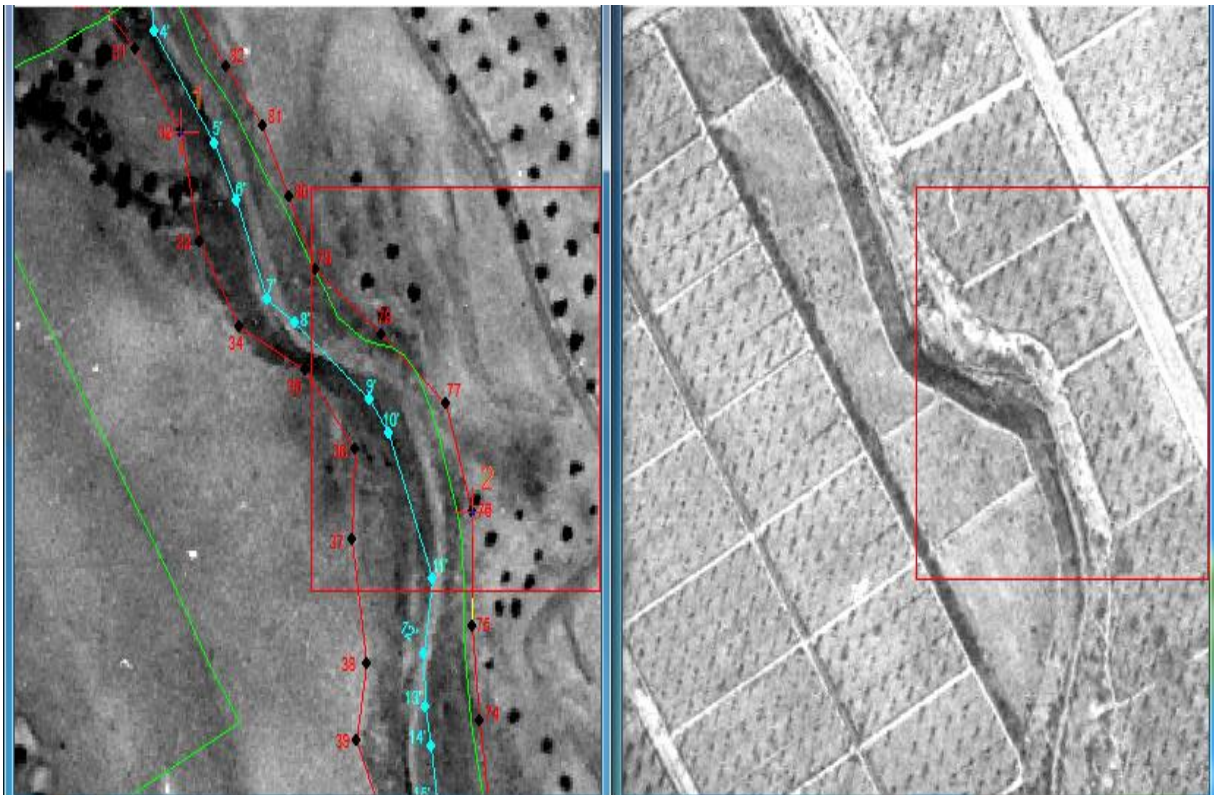


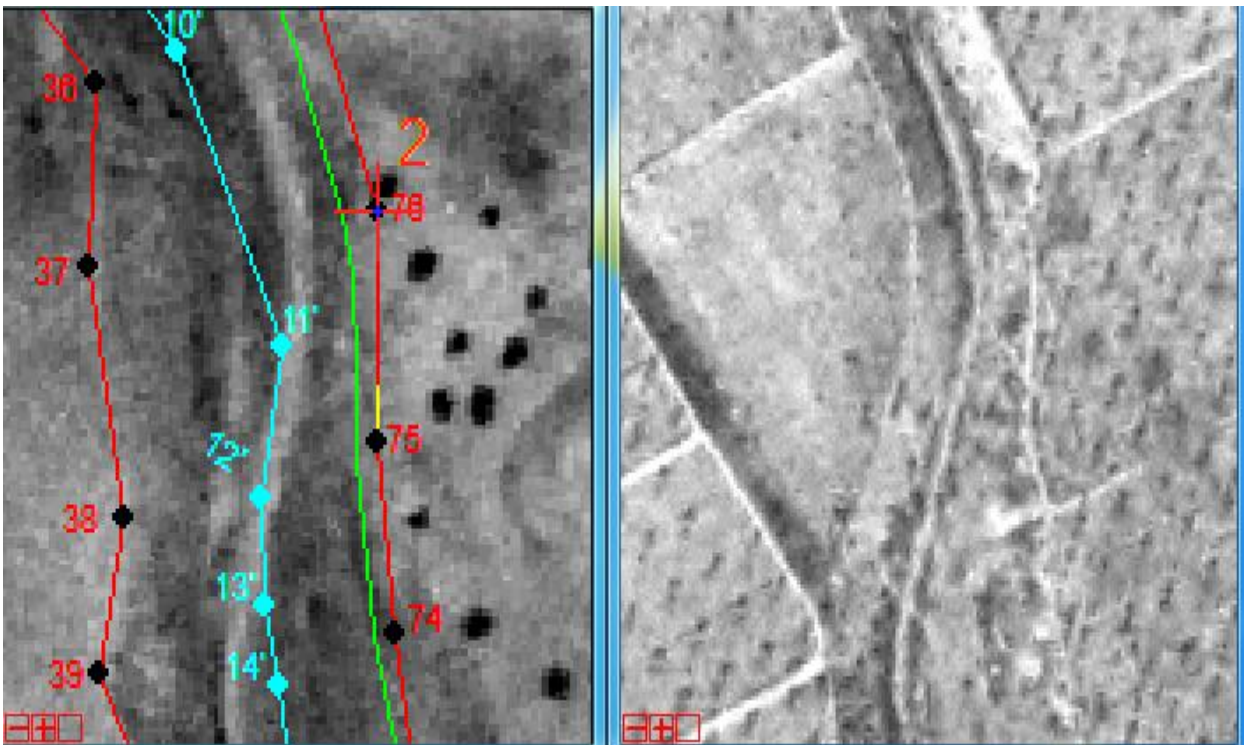
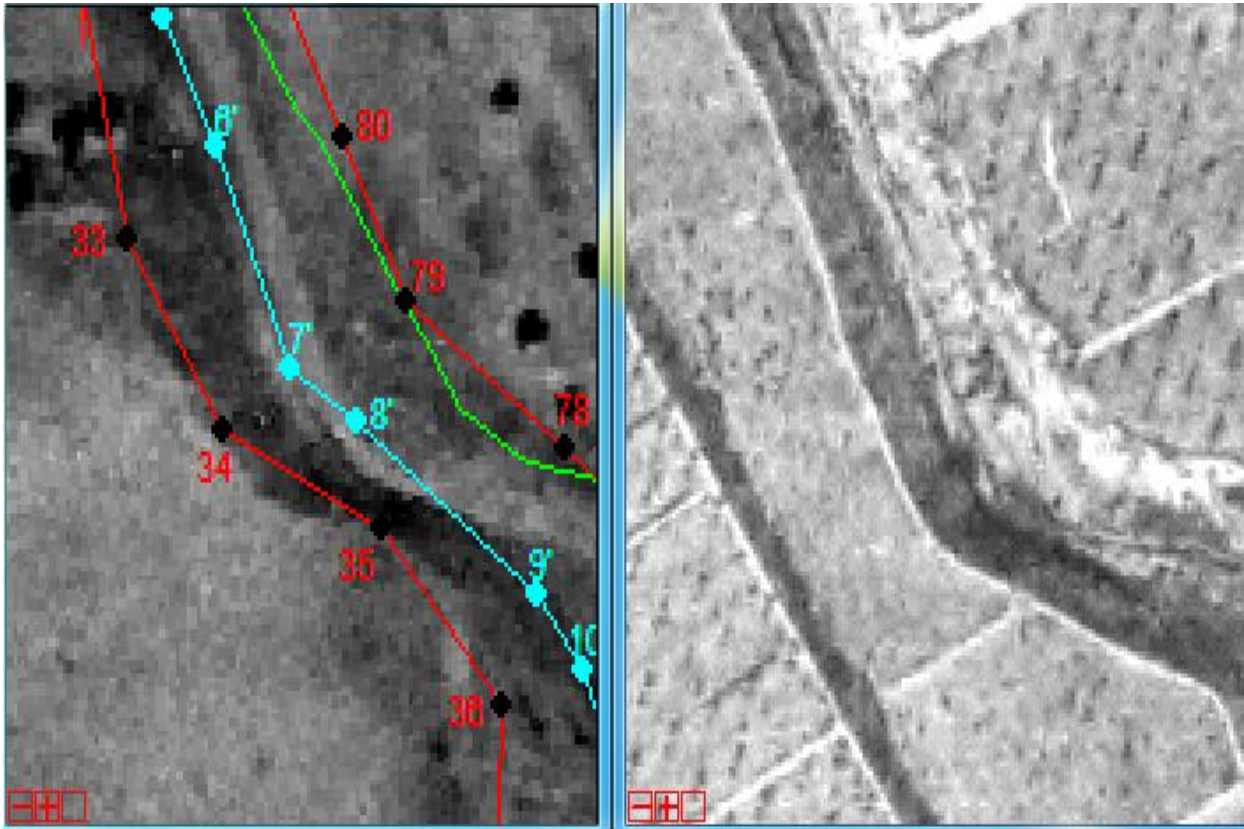


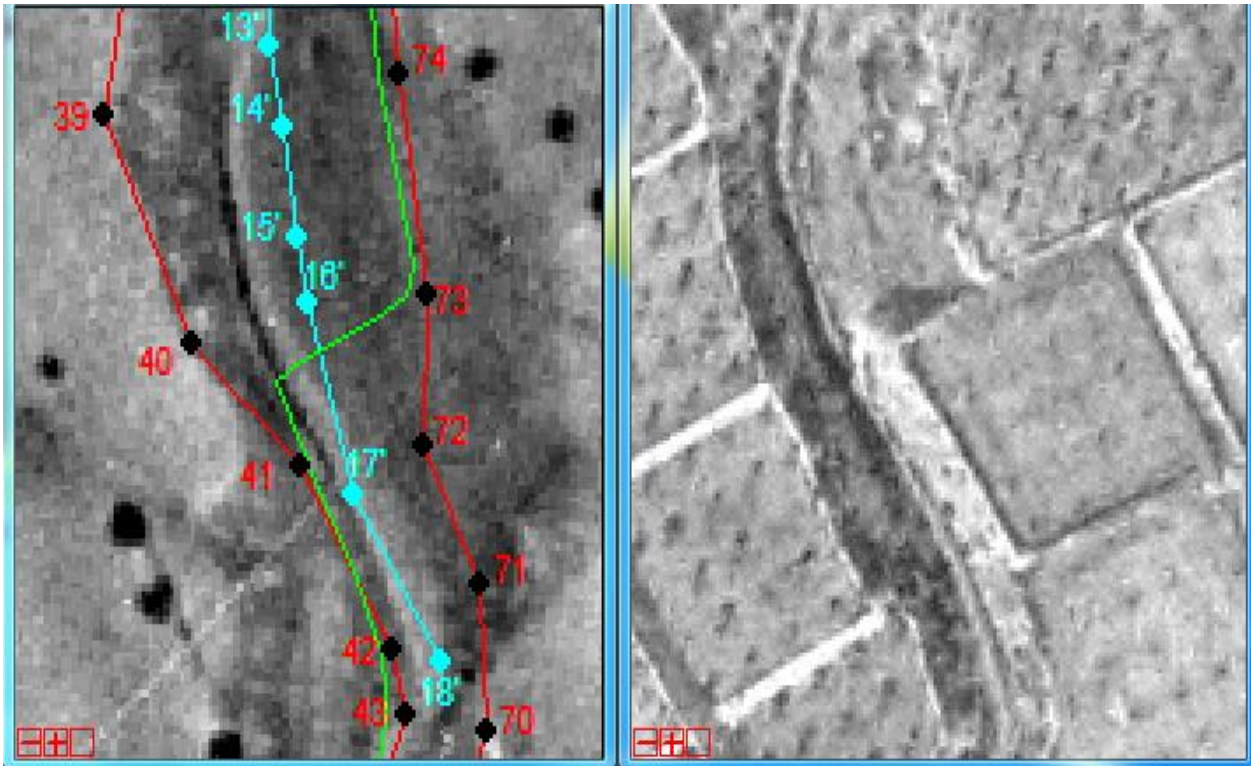
PROPUESTA EN EL PROYECTO DE DELIMITACION: VUELO INTERMINISTERIAL (1977-1983)

El vuelo interministerial no está disponible en mosaico de ortofotograma. La única posibilidad de exportar es como fotogramas de la fototeca del CNIG – IGN, en formato pdf. Quedando abierta la posibilidad de adquirir mediante pedido el correspondiente fotograma o pares fotogramétricos con su resolución de base.

De todos modos, se ha realizado un análisis comparado de la variación morfológica del cauce entre ambos vuelos. Manteniendo en el de mayor periodo de recurrencia (1928 - 1932) la línea de delimitación del Proyecto.







De la secuencia de imágenes obtenidas, se llega a la conclusión de que:

- La inalterabilidad morfológica del eje del cauce en el periodo 1928 – 1932 a 1977 – 1983.
- La mejora de la resolución geométrica de la imagen 1977 – 1983, que aún siendo ligeramente de menor escala que la del vuelo 1928 - 1932, permite por las características de las cámaras aerofotogramétricas empleadas, la calidad del grano de la emulsiones fotogramétricas y la resolución de la digitalización de la imagen, una resolución radiométrica mayor y una textura de la imagen con un mayor grado de caracterización de la cobertura del suelo.

A raíz de esto, si la morfología del cauce está perfecta y adecuadamente registrada en la imagen 1977 – 1983 y que como ha quedado demostrado la morfología del cauce se ha mantenido inalterada desde el año 1928 – 1932, se propone a realizar el trabajo de restitución geométrica del cauce partiendo del vuelo 1977 – 1983, que dispone de toda la información y datos necesarios para realizar la restitución digital del mismo.

Para ello, se han de identificar entre 4 y 6 puntos de apoyo, la existencia de los cuales indicará la viabilidad de un levantamiento estereográfico.

PROPUESTA PUNTOS DE APOYO

Se han tomado 4 puntos aleatorios que aparecen en las dos escenas. Mediante estos puntos de apoyo obtenidos es posible realizar un levantamiento estereográfico, y poder trabajar con la imagen del vuelo de 1977-1983, donde la morfología del cauce no se ha alterado desde el año 1928:

Punto 1



Punto 2



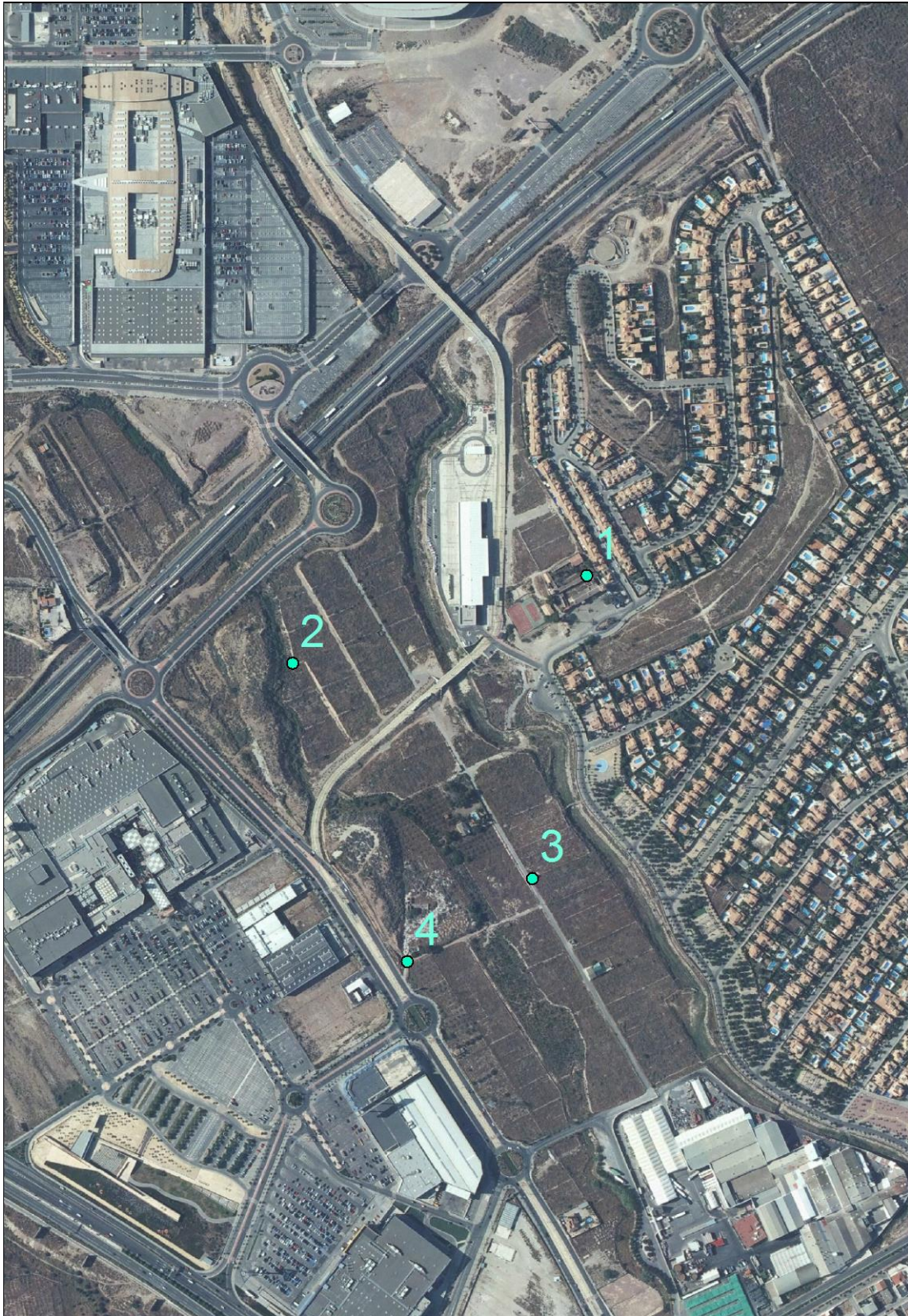
Punto 3



Punto 4



Obteniendo, de este modo:







CONCLUSIONES

El siguiente trabajo demostró que el eje de la propuesta del Proyecto no coincide con el eje real del cauce en todo el periodo georrecurrente analizado. Además, se confirma esta demostración por la metodología empleado en el Proyecto, de realizar el levantamiento del eje sobre el cauce que el propio Proyecto reconoce como inexistente.

En el Proyecto de delimitación, epígrafe 2.2 de su memoria, se cita:

“Para la delimitación se ha definido, tanto en planta como en los distintos perfiles, atendiendo criterios geomorfológicos como topográficos, en la dos zonas (tramo inicial y final) en el que el cauce geomorfológico en general se encuentra bien definido, y en una tercera (tramo intermedio), donde el estado de degradación actual del cauce causada por la intervención humana transformando los terrenos de escorrentías en terrenos agrícolas, hace necesaria la reposición de los terrenos y su incorporación al DPH. Para ello se han utilizado las ortofotos de los años 1928 y 1956 en las que se aprecia claramente el recorrido natural de la rambla”. Sin embargo, queda demostrado que mediante la utilización de las imágenes del Vuelo Interministerial la rambla también se ve perfectamente.

También, se observó que desde el Vuelo Ruiz de Alda hasta el Vuelo Interministerial, la morfología del cauce ha permanecido estable e inalterado.

Desde luego, para realizar una definición del cauce no implica solo un levantamiento topográfico in situ (como realizado en el Proyecto), sino que también, teniendo disponibles las imágenes del Vuelo Interministerial, con la ayuda de la restitución fotogramétrica es posible obtener la morfología y topografía real y fiel del cauce, en el periodo de 1977-1983 y por tanto en 1928-1932, pero con valores de medidas de distancias y alturas, con los que se pueden realizar los perfiles longitudinales de un cauce ya inexistente.

Se ha de mencionar que el área de la topografía en sus actuaciones no queda restringidas a los levantamientos topográficos mediante instrumentación directa (GPS), como la empleada en el Proyecto, sino que abarca otros métodos como es la restitución de fotogramas aéreos y la representación gráfica en tres dimensiones de la superficie terrestre, es decir coordenadas en tres dimensiones de cualquier punto de la imagen.

Por último, se ha de decir que la realización este trabajo fue de gran ayuda para mejorar los conocimientos adquiridos a lo largo de estos años aprendiendo en la Escuela. Sin duda, siguiendo el espíritu geomático del proyecto se han intentado obtener siempre los mejores resultados en cuanto al análisis multitemporal, y se han buscado las mejores soluciones, desarrollando una metodología de trabajo que también puede dar lugar a la mejora de los resultados obtenidos hasta ahora.



BIBLIOGRAFÍA

Carlos E. Pacheco A., Ennio N. Pozzobon B. (2006) *Manual de ejercicios de laboratorio: Fotogrametría y fotointerpretación*. Publicaciones Vicerrectorado Académico Codepre

José Luís Lerma García (1999) *Problemas de fotogrametría I*. Universidad Politécnica de Valencia

Fernández García, Felipe (1998) *Las primeras aplicaciones civiles de la fotografía aérea en España. El Catastro y las Confederaciones Hidrográficas*. Universidad de Oviedo

Blanca Urmeneta Martín-Calero (2005) *Georreferenciación del vuelo histórico de 1930 de Ruíz de Alda en la Cuenca Hidrográfica del Segura*. Universidad de Pamplona

Emilio Chuvieco Salinero (1995) *Fundamentos de teledetección espacial*. Ediciones Rialp. S.A., Madrid

María Pilar García Rodríguez, Juan José Sanz Donaire, María Eugenia Pérez González y Ángel Navarro Madrid (2012) *Guía práctica de teledetección y fotointerpretación*. Universidad Complutense de Madrid

Robert A. Schowengerdt (2007) *Remote sensing: Models and Methods for Image Processing*. Third edition. Elsevier Inc.

Gobierno de España, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Confederación Hidrográfica de Segura (2014) *Propuesta de deslinde de un D.P.H.*



REFERENCIAS DEL MATERIAL

Descarga del ortofotografías:

<http://fototeca.cnig.es/>

Legislación:

<http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/delimitacion-y-restauracion-del-dominio-publico-hidraulico/marco-legislativo/>

<http://www.carreteros.org/legislacionb/aguas/ley/ley.htm>

Visualizadores cartográficos:

<http://www.ign.es/iberpix2/visor/#>

<https://www.chsegura.es/chsic/>

<http://sig.magrama.es/snczi/>

Información sobre parcelas catastrales:

<https://www1.sedecatastro.gob.es/>



Análisis multitemporal de imágenes para la determinación de un Dominio Público Hidráulico. Aplicación al caso del barranco de Torre Alcayna (Murcia)

