

ANÁLISIS DE TOMA DE IMÁGENES EN ORTOFOTOGRAFÍA URBANA

Ricardo Antequera Regalado
Ingeniero en Geodesia y Cartografía
ALTAIS S.L.
C./ Juan Álvarez Mendizábal 76.
28008 MADRID

Palabras Clave: Vuelo Fotogramétrico, Ortofotografía urbana, Análisis.

RESUMEN

El desarrollo de la fotogrametría digital ha hecho posible la aparición de productos cartográficos que habitualmente se tratan como subproductos de la vectorización, uno de ellos es la Ortofotografía urbana, en todos sus gradientes de calidades, desde el mero subproducto de Ortorectificación mediante MDT del vuelo analógico convencional destinado a captura de vector para cartografía digital hasta la true orto.

Esta ponencia es el capítulo primero de una serie de artículos que pretende analizar las ventajas e inconvenientes de las diferentes metodologías disponibles en cada una de las fases de la realización de este tipo de producto cartográfico, desde un punto de vista empírico estableciendo en cada caso una campo de pruebas real sobre un proyecto real.

Se utilizan los medios tecnológicos disponibles a día de hoy, esto quiere decir que el primer paso es el análisis de los más habituales y se apunta las ventajas esperadas sobre otro tipo de tecnologías, como pueden ser las cámaras digitales en sus diferentes formatos.

Inicialmente el motivo de este artículo es analizar la idoneidad desde diferentes puntos de diferentes conformaciones de vuelos fotogramétricos analógicos.

Otra de las pretensiones de esta ponencia es establecer un gradiente de calidades para este tipo de documento cartográfico, así como establecer los diferentes flujos de trabajos en función de los objetivos propuestos.

1. OBJETIVO DEL ESTUDIO.

Establecer unos criterios de análisis para la toma de imágenes sobre áreas urbanas, desde un punto de vista empírico, . Donde están previstas actuaciones futuras de actualización cartográfica por lo que está garantizada la repetibilidad del ensayo con diferentes metodologías accesibles en el ámbito comercial. En este primer paso del estudio, se han realizado sobre diferentes conformaciones de vuelo fotogramétrico analógico, sobre nuestra área de trabajo y posteriormente se ha rasterizado en un escáner fotogramétrico.

Las fases de este ensayo son:

- Establecer un área urbana de pruebas.
- Realizar sobre el área de pruebas diferentes conformaciones de vuelo analógico convencional intercambiando focales, escalas y recubrimientos.
- Orientar los fotogramas de los diferentes bloque utilizando el mismo control y aerotriangulación digital.
- Ortorectificar mediante MDT.
- Establecer una serie de puntos de control repartidos uniformemente sobre el área de pruebas a diferentes alturas sobre edificios.
- Realizar un estudio geométrico y de mosaicado.

El apartado geométrico se analiza comparando los diferentes mosaicos obtenidos, con una serie de puntos de control, que se corresponden a edificios en altura, de los cuales se indica el número de plantas. Se establece como control las coordenadas de estas esquinas de edificios obtenidas mediante la restitución fotogramétrica, verdadero objeto del proyecto del que se ha obtenido estos datos, con incertidumbre igual o mejor que una cartografía a escala 1/500.

El apartado de mosaicado establece las disposiciones de los diferentes seam_lines, y como esta influye en la calidad de los diferentes productos obtenidos, así como su planificación idónea.

Como software de trabajo se ha utilizado SOCET-SET (BAE SYSTEMS).

2. DATOS DE PARTIDA.

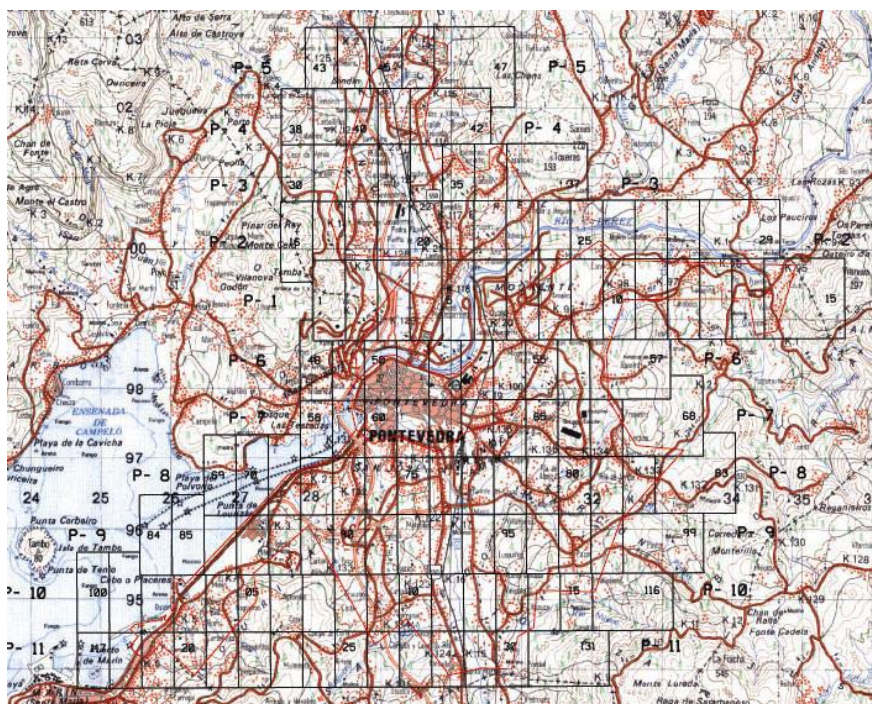
2.1. VUELO FOTOGRAMÉTRICO.

Sobre nuestra área de trabajo se han realizado los siguientes formatos de vuelo fotogramétricos

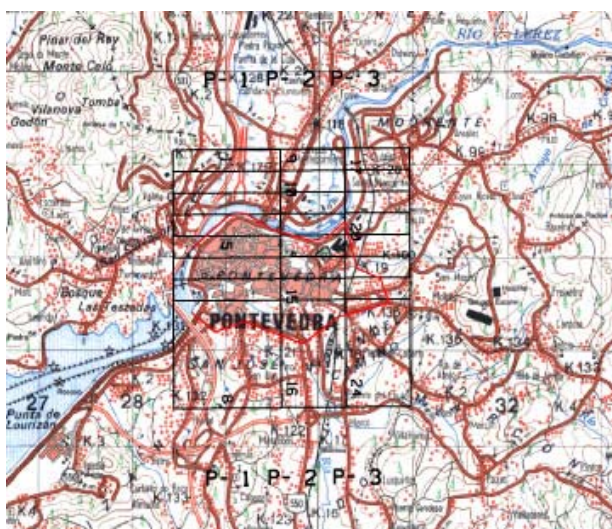
- Vuelo fotogramétrico a escala aproximada 1/3000, focal 300 mm, recubrimiento 65/35, dirección E-W, cámara RMKTOP, escáner Photoscan Zeiss, resolución 21 mc.



- Vuelo fotogramétrico a escala aproximada 1/5000, focal 150 mm, recubrimiento 65/35, dirección E-W, cámara RMKTOP, escáner Photoscan Zeiss, resolución 21 mc.



- Vuelo fotogramétrico a escala aproximada 1/5000, focal 150 mm, recubrimiento 80/40, dirección N-S, cámara RMKTOP, escáner Photoscan Zeiss, resolución 21 mc.



- Vuelo fotogramétrico a escala aproximada 1/5000, focal 150 mm, recubrimiento 65/35, dirección N-S Y E-W, cámara RMKTOP, escáner Photoscan Zeiss, resolución 21 mc.

Este vuelo se establece aprovechando los anteriormente descritos, utilizando en el de dirección N-S, sólo las imágenes impares.

Datos GPS diferencial de los diferentes vuelos

PASADA	FOTOGRAMA	Este	Norte	H ortometrica	TIEMPO GPS	dE	dN	dH
VUELO 1/3000								
P01	65	530613.871	4698282.736	937.489	208457.4373	0.017	0.051	0.019
P01	66	530356.717	4698282.267	936.728	208461.5547	0.017	0.051	0.019
P01	67	530115.415	4698279.755	937.125	208465.4192	0.017	0.051	0.019
P01	68	529874.633	4698276.916	937.573	208469.2786	0.017	0.051	0.019
P01	69	529633.046	4698273.953	937.792	208473.1513	0.017	0.051	0.019
P01	70	529391.279	4698271.393	936.371	208477.0222	0.017	0.051	0.019
P01	71	529147.695	4698271.703	934.210	208480.9044	0.017	0.051	0.019
P01	72	528909.201	4698273.281	934.632	208484.7023	0.017	0.052	0.019
P01	73	528668.258	4698274.007	936.666	208488.5513	0.017	0.052	0.019
P01	74	528425.674	4698271.143	937.825	208492.4377	0.017	0.052	0.019
P02	75	528461.125	4697825.212	947.241	208754.4194	0.016	0.050	0.016
P02	76	528705.727	4697831.004	945.775	208758.2502	0.016	0.050	0.016
P02	77	528947.513	4697835.447	944.194	208762.0184	0.016	0.050	0.016
P02	78	529188.683	4697836.966	942.873	208765.7570	0.016	0.050	0.016
P02	79	529430.260	4697836.252	941.858	208769.4862	0.016	0.050	0.016
P02	80	529672.137	4697834.342	942.231	208773.2141	0.016	0.050	0.016
P02	81	529913.858	4697833.341	942.867	208776.9414	0.016	0.050	0.016
P02	82	530154.846	4697833.281	940.910	208780.6450	0.016	0.050	0.016
P02	83	530397.169	4697833.965	938.750	208784.3482	0.016	0.050	0.016
P02	84	530638.983	4697835.366	936.961	208788.0251	0.016	0.050	0.016
P02	85	530880.165	4697838.188	936.415	208791.6842	0.015	0.050	0.016
P03	86	530843.874	4697390.497	952.915	208971.0176	0.014	0.047	0.014
P03	87	530604.931	4697387.381	950.958	208974.8977	0.014	0.046	0.014
P03	88	530363.573	4697384.255	951.069	208978.8099	0.014	0.046	0.014
P03	89	530121.584	4697383.975	951.272	208982.7369	0.014	0.046	0.014
P03	90	529880.232	4697385.575	949.545	208986.6407	0.014	0.046	0.014
P03	91	529637.965	4697386.006	948.112	208990.5418	0.014	0.046	0.014
P03	92	529397.685	4697383.481	947.564	208994.3998	0.014	0.046	0.014
P03	93	529154.913	4697380.801	949.192	208998.3040	0.014	0.046	0.014
P03	94	528915.457	4697379.506	951.187	209002.1718	0.014	0.046	0.014
P03	95	528672.675	4697379.241	951.755	209006.1032	0.014	0.046	0.014
P03	96	528430.577	4697377.984	950.684	209010.0157	0.014	0.046	0.014

VUELO 1/5000 f:153'328 mm

P08	202	533284.729	4697485.541	856.046	213926.0119	0.006	0.008	0.014
P08	203	532882.629	4697485.675	855.186	213932.3879	0.006	0.008	0.014
P08	204	532480.192	4697484.782	855.007	213938.7318	0.006	0.008	0.014
P08	205	532079.550	4697484.114	857.016	213945.0753	0.006	0.008	0.014
P08	206	531673.523	4697479.257	854.390	213951.4521	0.006	0.008	0.014
P08	207	531273.635	4697472.914	854.877	213957.7230	0.006	0.008	0.014
P08	208	530868.893	4697471.612	853.961	213964.0499	0.006	0.008	0.014
P08	209	530469.338	4697475.447	857.495	213970.3200	0.006	0.008	0.014
P08	210	530066.392	4697477.634	859.377	213976.6835	0.006	0.008	0.014
P08	211	529663.226	4697473.354	858.893	213983.0292	0.006	0.008	0.014
P08	212	529260.781	4697464.699	861.312	213989.3669	0.006	0.008	0.014
P08	213	528857.330	4697460.931	862.129	213995.7263	0.006	0.008	0.014
P08	214	528454.175	4697462.812	862.670	214002.0578	0.006	0.008	0.014
P07	215	528494.716	4698203.901	855.445	214181.0238	0.006	0.008	0.014
P07	216	528888.419	4698207.369	860.348	214186.9350	0.006	0.008	0.014
P07	217	529292.883	4698213.247	863.875	214193.0520	0.006	0.008	0.014

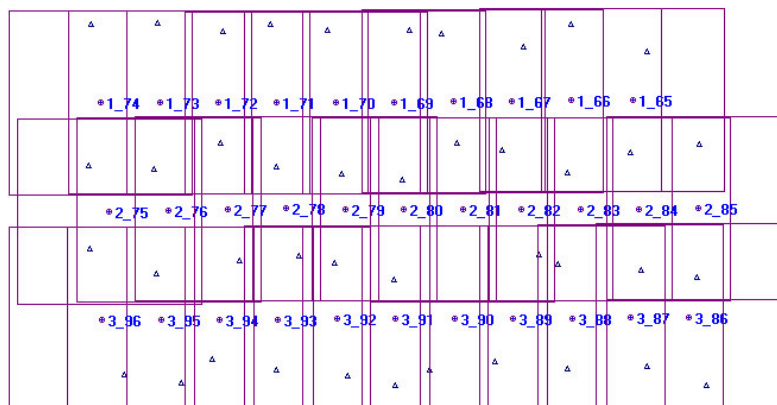
P07	218	529695.348	4698215.136	865.823	214199.1773	0.006	0.008	0.014
P07	219	530094.966	4698215.161	863.403	214205.2269	0.006	0.008	0.014
P07	220	530495.624	4698215.633	861.156	214211.2448	0.006	0.008	0.014
P07	221	530898.011	4698216.949	861.455	214217.2742	0.006	0.008	0.014
P07	222	531300.631	4698219.925	860.991	214223.2920	0.006	0.008	0.014
P07	223	531707.431	4698224.717	862.107	214229.3781	0.006	0.008	0.014
P07	224	532112.772	4698224.972	858.376	214235.4070	0.006	0.008	0.014
P07	225	532512.193	4698223.450	861.158	214241.3309	0.006	0.007	0.013

VUELO 1/5000 80% - 40%

P01	289	528987.701	4698642.396	788.595	215677.2239	0.008	0.008	0.018
P01	290	528989.062	4698399.421	787.185	215680.8601	0.008	0.008	0.018
P01	291	528989.185	4698171.520	788.234	215684.2742	0.008	0.008	0.018
P01	292	528989.274	4697939.593	783.887	215687.7391	0.008	0.008	0.018
P01	293	528990.682	4697708.640	781.809	215691.1703	0.008	0.008	0.018
P01	294	528994.296	4697479.989	783.291	215694.5765	0.008	0.008	0.018
P01	295	528997.277	4697250.820	783.845	215698.0022	0.008	0.008	0.018
P01	296	528997.748	4697019.994	783.449	215701.4518	0.008	0.008	0.018
P02	297	529683.483	4697063.457	795.934	215800.4175	0.009	0.008	0.018
P02	298	529682.770	4697294.882	793.329	215804.0558	0.009	0.008	0.018
P02	299	529679.091	4697523.562	791.462	215807.6241	0.009	0.008	0.018
P02	300	529676.157	4697749.792	789.780	215811.1310	0.009	0.008	0.018
P02	301	529674.306	4697980.044	788.558	215814.6821	0.009	0.008	0.018
P02	302	529674.250	4698208.735	788.219	215818.1966	0.009	0.008	0.018
P02	303	529673.685	4698439.734	789.665	215821.7459	0.009	0.008	0.018
P02	304	529671.910	4698669.127	790.098	215825.2752	0.009	0.008	0.018
P03	305	530354.715	4697063.687	788.277	216334.6688	0.010	0.008	0.018
P03	306	530353.377	4697291.392	785.576	216338.1112	0.010	0.008	0.018
P03	307	530351.829	4697522.694	781.063	216341.5705	0.010	0.008	0.018
P03	308	530350.687	4697751.588	778.610	216344.9671	0.010	0.008	0.018
P03	309	530349.310	4697982.979	778.693	216348.3940	0.010	0.008	0.018
P03	310	530348.742	4698211.449	778.838	216351.7824	0.010	0.008	0.018
P03	311	530349.070	4698442.002	777.781	216355.2007	0.010	0.008	0.018
P03	312	530349.574	4698671.389	778.592	216358.6052	0.010	0.008	0.018

2.2. ORIENTACIÓN EXTERNA.

En todo los caso se ha utilizado aerotriangulación digital, con los mismos puntos de control, obteniéndose en todos los casos residuales menores de 1/3 de tamaño de píxel, y un rms inferior a 0.2 m en los puntos de control.



2.3. MDT.

Se utiliza MDT, no se tiene en cuenta este estudio preliminar el MDS formado por los edificios, ya que lo que se pretende cuantificar es: que metodología de vuelo es la más favorable para la Ortorectificación. Para la formación del MDT se utiliza la planimetría tridimensional formada por Acerados y vías de comunicación, así como elemento altimétricos obtenidos durante el proceso de restitución de la cartografía digital que está sirviendo como control del test.

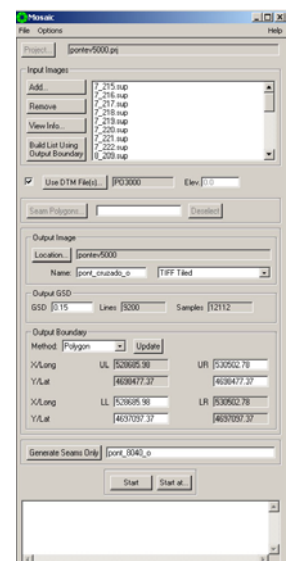


2.4. MOSAICADO.

Para realizar el mosaicado se utiliza el Módulo Mosaic de SOCET-SET, con la opción Most, Nadir y sin editar el Seam_line.

Con esto pretendemos analizar que tipo de Seam-Line, nos ofrece más ventajas a la hora de plantear el producto final, esto es importante bajo dos puntos de vista,

- conseguir una mejor orientación frente a la estructura de calles, para poder pasar el seam-line sobre los ejes evitando cambiar de imagen sobre manzanas edificadas.
- La menor superficie de la zona aprovechada para aumentar las mayor nadiralidad de cada uno de los vuelos programados, así como obtener el mayor número de perspectivas y evitar zonas ocultas, en el caso de plantear True-Orto.



3. RESULTADOS.

3.1. ANÁLISIS GEOMÉTRICO.

Distribución de puntos de control



PUNTO CONTROL	ALTURA N° DE PLANTAS	CARTOGRAFÍA		MOSAICO F300_300_65*35		MOSAICO F150_5000_65*35		MOSAICO F150_5000_80*40		MOSAICO F150_5000_EW-NS	
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	7	529107.41	4698434.65	529105.9875	4698438.509	529101.9787	4698440.869	529110.634	4698435.231	529110.5116	4698428.388
2	2	528901.29	4698268.52	528901.1457	4698268.244	528901.5087	4698269.048	528900.1525	4698269.396	528901.4405	4698268.976
3	3	529122.07	4698307.28	529121.8323	4698307.233	529120.0368	4698307.956	529124.1083	4698305.298	529120.0303	4698308.104
4	2	529476.91	4698280.05	529477.5074	4698280.071	529478.2783	4698280.469	529474.4587	4698280.787	529478.1742	4698280.373
5	7	528758.85	4698112.96	528760.7304	4698109.168	528755.2648	4698110.623	528751.3703	4698111.424	528754.9732	4698110.756
6	6	528940.85	4698104.34	528941.6112	4698101.009	528942.2165	4698102.23	528939.7834	4698102.721	528939.731	4698102.759
7	3	529093.85	4698038.87	529092.1714	4698043.125	529089.9294	4698034.995	529095.8367	4698041.742	529095.7678	4698037.072
8	3	529204.49	4698092.11	529203.3742	4698089.952	529202.8044	4698090.528	529205.0258	4698090.572	529202.7027	4698090.481
9	2	529480.57	4698084.59	529481.6545	4698082.49	529482.3421	4698083.351	529478.8823	4698085.367	529482.2569	4698083.419
10	6	529600.56	4698119.56	529598.7508	4698117.628	529597.8299	4698118.732	529597.8316	4698118.843	529597.6557	4698118.803
11	7	529833.47	4698102.71	529832.5278	4698099.118	529838.0716	4698100.751	529838.831	4698100.627	529838.1198	4698100.829
12	5	528774.47	4697913.24	528777.2513	4697916.375	528771.3136	4697903.77	528767.0848	4697912.676	528772.3065	4697911.624
13	2	529165.52	4697815.59	529165.2254	4697815.317	529163.8721	4697822.689	529168.7034	4697818.075	529168.9397	4697818.123
14	10	529513.14	4697872.63	529515.9062	4697874.894	529505.1684	4697859.441	529505.1614	4697868.967	529505.1967	4697868.926
15	8	529802.53	4697778.55	529800.4093	4697778.102	529809.24	4697791.644	529805.1949	4697779.161	529809.2374	4697771.894
16	11	530142.73	4697746.75	530142.2976	4697743.464	530145.705	4697758.469	530132.8368	4697746.611	530145.584	4697758.351
17	8	528789.8	4697463.72	528792.4482	4697465.829	528787.1028	4697463.681	528782.6765	4697462.577	528787.1514	4697463.687
18	2	529309.5	4697519.26	529308.5253	4697520.434	529309.9477	4697520.044	529313.6803	4697519.56	529309.9097	4697519.923
19	4	529670.39	4697583.38	529670.0991	4697587.513	529669.6041	4697586.313	529669.7174	4697585.802	529669.7449	4697585.536
20	4	529943.37	4697565.26	529944.8066	4697568.33	529940.0955	4697566.326	529951.0861	4697565.296	529940.1553	4697566.29
21	4	530325.06	4697535.11	530324.2682	4697536.982	530322.5774	4697536.06	530324.5606	4697535.215	530324.476	4697535.473
22	2	528889.24	4697359.13	528889.0163	4697358.573	528889.4199	4697357.788	528888.1038	4697359.903	528889.2879	4697357.813
23	4	529349.2	4697355.85	529347.9497	4697355.569	529351.3822	4697353.342	529339.5484	4697357.852	529351.2672	4697353.446
24	2	529741.76	4697332.26	529742.5853	4697331.522	529742.3313	4697330.729	529742.4918	4697332.075	529742.4792	4697330.752
25	6	530146.51	4697310.4	530146.9716	4697308.85	530148.2016	4697306.516	530141.3414	4697310.906	530148.3573	4697306.546

MOSAICO F300_300_65*35		MOSAICO F150_5000_65*35		MOSAICO F150_5000_80*40		MOSAICO F150_5000_EW-NS		
SX	SY	SX	SY	SX	SY	SX	SY	
1.4225	-3.8589	5.4313	-6.2193	-4.6465	3.2782	-8.5329	12.4814	
0.1443	0.2759	-0.2187	-0.5282	0.9932	-1.1518	0.0682	0.0723	
0.2377	0.0471	2.0332	-0.6762	-2.276	1.9351	0.0065	-0.1476	
-0.5974	-0.0212	-1.3683	-0.4192	3.0487	-0.716	0.1041	0.096	
-1.8804	3.7925	3.5852	2.3366	9.3601	-2.2562	0.2916	-0.1325	
-0.7612	3.3314	-1.3665	2.1096	1.8278	-1.7123	2.4855	-0.5288	
1.6786	-4.2551	3.9206	3.8753	-3.6653	1.3832	-5.8384	-2.0775	
1.1158	2.1583	1.6856	1.5817	-1.6516	-0.6198	0.1017	0.0475	
-1.0845	2.0999	-1.7721	1.2392	2.7722	-2.8769	0.0852	-0.0677	
1.8092	1.9321	2.7301	0.8275	0.9192	-1.2155	0.1742	-0.0709	
0.9422	3.592	-4.6016	1.9586	-6.3032	-1.5092	-0.0482	-0.0771	
-2.7813	-3.1345	3.1564	9.4705	10.1665	3.6989	-0.9929	-7.8543	
0.2946	0.273	1.6479	-7.0994	-3.478	-2.7583	-5.0676	4.5664	
-2.7662	-2.2638	7.9716	13.1892	10.7448	5.9272	-0.0283	-9.4853	
2.1207	0.4476	-6.71	-13.0943	-4.7856	-1.0588	0.0026	19.7502	
0.4324	3.2858	-2.975	-11.7187	9.4608	-3.1464	0.121	0.1176	
-2.6482	-2.109	2.6972	0.0394	9.7717	3.2519	-0.0486	-0.0067	
0.9747	-1.1742	-0.4477	-0.7844	-5.155	0.8741	0.038	0.1213	
0.2909	-4.1331	0.7859	-2.933	0.3817	1.7108	-0.1408	0.7766	
-1.4366	-3.0698	3.2745	-1.0657	-6.2795	3.0339	-0.0598	0.036	
0.7918	-1.8717	2.4826	-0.9499	-0.2924	1.7667	-1.8986	0.5870	
0.2237	0.5567	-0.1799	1.3418	0.9125	-1.3294	0.132	-0.0244	
1.2503	0.2813	-2.1822	2.5077	8.4013	-2.283	0.115	-0.1038	
-0.8253	0.7381	-0.5713	1.5309	0.0935	-0.553	-0.1479	-0.0231	
-0.4616	1.5505	-1.6916	3.8844	5.6302	-2.0569	-0.1557	-0.0299	
MEDIA	-0.060532	-0.061164	0.692688	0.016168	1.438044	0.06464	-0.769364	0.720908
D.ST.	1.43302907	2.49469003	3.235994546	5.525268237	5.586017753	2.450604992	2.316771623	5.443014307
RMS	1.404076003	2.444287056	3.170614179	5.413635149	5.473157276	2.401092717	2.269963331	5.333043086

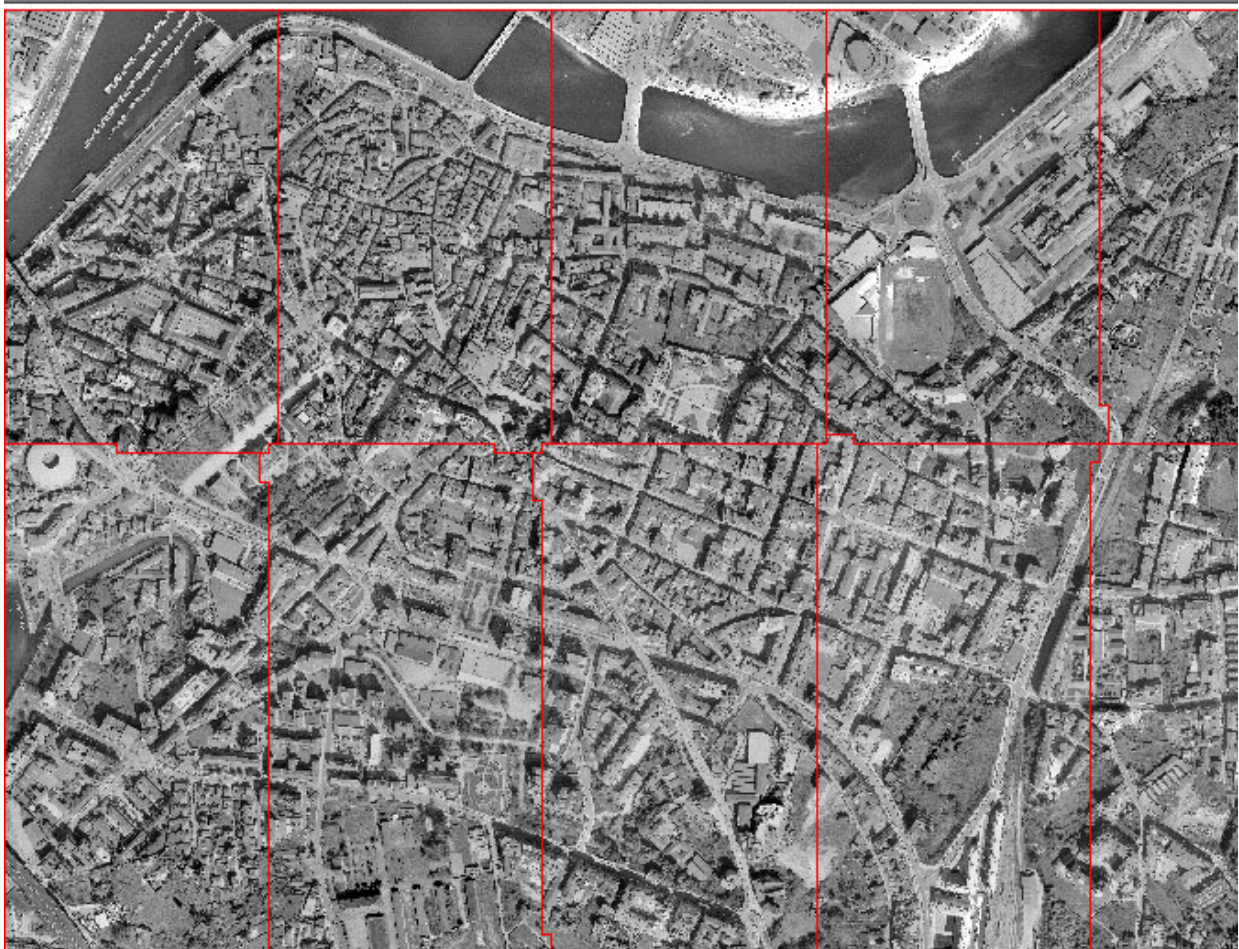
Atendiendo a los resultados se observa un mejor comportamiento en el vuelo a escala 1/3000, f= 300 mm, el dato más curioso es que no se observa un diferencia significativa entre los demás tipos de vuelo programados.

Obviamente el vuelo E-W con focal 150 y 65*35 de recubrimiento tiene el peor comportamiento, siendo bastante parecidos el 80*40 y el bloque cruzado.

3.2. ANÁLISIS DE MOSAICADO.

En realidad bajo este epígrafe lo que se pretende analizar es la mejor o peor disposición de cada uno de estos vuelos , en relación ala obtención final de un mosaico.

- Vuelo fotogramétrico a escala aproximada 1/5000, focal 150 mm, recubrimiento 65/35, dirección E-W, cámara RMKTOP, escáner Photoscan Zeiss, resolución 21 mc.



- Edición de seam-line sencilla.
- Baja nadiralidad superficie utilizada del fotograma alta
- Grandes ocultaciones en la imagen

- Vuelo fotogramétrico a escala aproximada 1/3000, focal 300 mm, recubrimiento 65/35, dirección E-W, cámara RMKTOP, escáner Photoscan Zeiss, resolución 21 mc.



- Edición complicada.
- Nadiralidad alta
- Ocultación media.

- Vuelo fotogramétrico a escala aproximada 1/5000, focal 150 mm, recubrimiento 80/40, dirección N-S, cámara RMKTOP, escáner Photoscan Zeiss, resolución 21 mc.



- Edición complicada
- Nadiralidad alta
- Ocultación media

- Vuelo fotogramétrico a escala aproximada 1/5000, focal 150 mm, recubrimiento 65/35, dirección N-S Y E-W, cámara RMKTOP, escáner Photoscan Zeiss, resolución 21 mc.



- Edición de Seam_line complicada
- Nadiralidad media, superficie aprovechada alta.
- Poca ocultación en la imagen

4. CONCLUSIONES.

La calidad de nuestro mosaico final en función del vuelo seleccionado dependerá de los siguiente parámetros:

- Focal de la cámara.
- % recubrimiento longitudinal y transversal
- Altura de las edificaciones
- Orientación de la trama urbana

Se desprende del estudio que si nuestro objetivo es la consecución de una *pseudortofoto* (*aplicamos esta terminología en aquellos mosaicos donde se utiliza MDT y no MDS*) de la mejor calidad posible se debería optar por una focal de 300 mm.

Si se pretende una Ortofotografía verdadera, se debería optar por un mayor recubrimiento tanto longitudinal como transversal.

5. ESTUDIOS PROPUESTOS.

Después de este preámbulo sobre el análisis de la Ortofotografía urbana, quedaría por analizar las siguientes fases e incluso ampliar la ya expuesta:

- Mejorar el estudio mediante densificación de puntos de control y establecer una matriz de selección en función del producto que se pretenda conseguir.
- Aplicación de los criterios del estudio a otro tipo de plataformas: cámaras digitales tipo frame y de barrido.
- Sistema de orientación externa, vuelos inerciales en escala 1/5.000, control de campo, aerotriangulación.
- Obtención de MDS para rectificación de edificios, MDS urbano mediante fotogrametría convencional, y mediante LIDAR, ventajas e inconvenientes.
- Ortorectificación y mosaicado, true orto o pseudortofotografía, aplicaciones de los diferentes productos.

Referencias.

- (1). ASPRS. 2005. Manual of Photogrammetry.
- (2). Werner Mayr. 2002. True Orthoimages. GIM International, April 2002.
- (3). Vicenç Palà. Roman Airbol. True Orthoimagery of Urban Areas. GIM. December 2002.