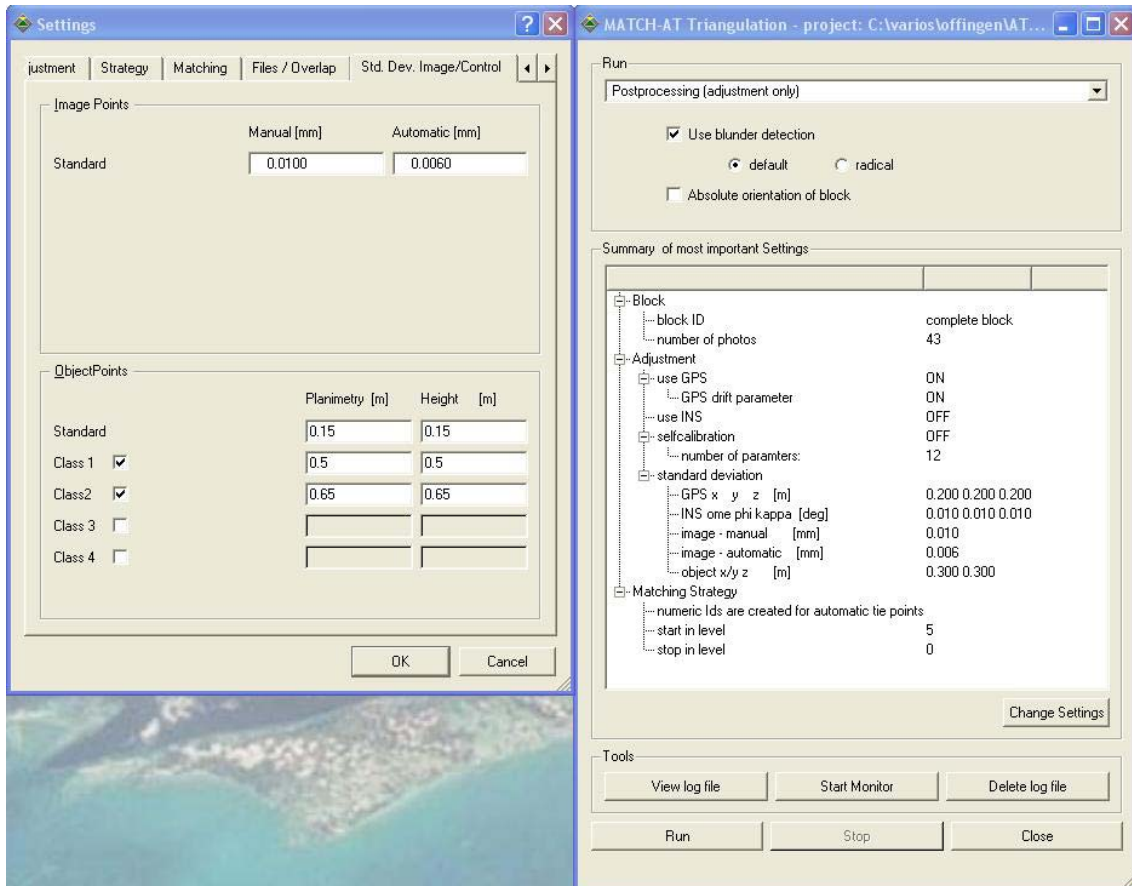


## COMO FIJAR LAS DESVIACIONES ESTÁNDAR EN MATCH-AT



## 1. DESVIACIONES ESTANDARD EN MATCH-AT

Las desviaciones Standard a priori se asignan en el siguiente menú dentro de MATCH-AT y como se ve en la figura pueden definirse varios grupos que nos permiten utilizar diferentes tipos de observaciones (más o menos precisas) dentro del ajuste.



Las desviaciones estándar nos determinan el peso que esas observaciones tendrán en el ajuste.

Cuanto mas pequeños sean los valores de la desviación Standard, mayor será el peso asignado a esas observaciones y mas precisas tendrán que ser estas para no ser eliminadas en el ajuste robusto. Por otra parte, cuanto mayor sean los valores de las desviaciones estándar, mayor será el error aceptado en estas observaciones y por tanto la observación no será eliminada.

En software de aerotriangulación automática, la mayor parte de los puntos de paso son medidos de forma automática. Este es el motivo por el cual las medidas manuales deberían tener un peso mas pequeño (desviación estándar mayor) que los puntos automáticos para que estos no sean eliminados fácilmente.

Las desviaciones estándar deben reflejar la situación real. Así por ejemplo, si los puntos de control han sido digitalizados en un mapa o son difícilmente identificables en las imágenes, asignar una desviaciones estándar a priori de 5 cm no sería muy realista. Lo mismo cabe de pensar si tenemos imágenes de muy mala calidad.

En caso de que sea necesario, es posible definir 5 grupos diferentes de desviaciones para poder trabajar con diversos tipos de precisión en los puntos de control.

Como se puede ver en la figura existen dos tipos de desviaciones estándar, las que se definen en el “sistema imagen” (Image Points en la figura) y las que se definen en el “sistema objeto” (Objects Points en la figura).

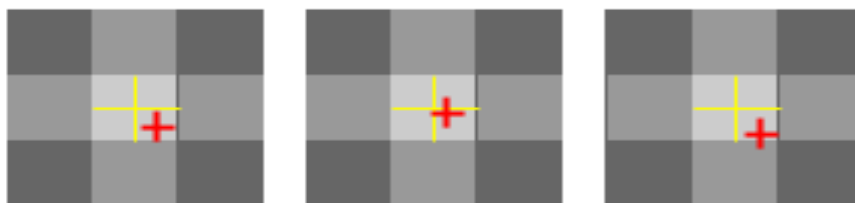
Como “Sistema Imagen” se entienden todos los puntos que se miden en las imágenes, es decir, en ese tipo asignaremos la desviación estándar de las observaciones realizadas en las imágenes, esto es, las medidas automáticas de puntos de paso, y las medidas manuales en la imagen de puntos de apoyo y de puntos de paso manuales.

Como “Sistema Objeto” se entienden los puntos que se miden en el objeto, esto es en el terreno. Nos referimos a las mediciones de los puntos de apoyo en campo. Es decir, en esa casilla determinamos la desviación estándar de las observaciones en campo para determinar las coordenadas absolutas de los puntos de apoyo.

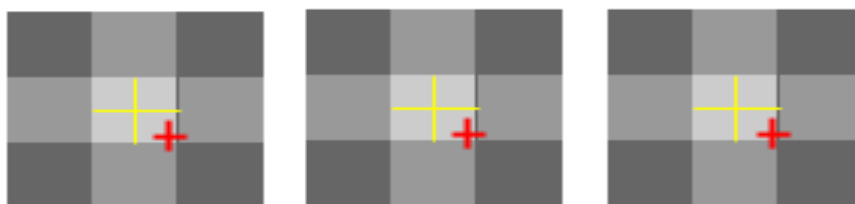
Las próximas premisas que se detallan a continuación pueden dar una idea de cuales son unos valores razonables de desviación estándar en el sistema objeto y en el sistema imagen. Por supuesto y como ya se ha mencionado, las fórmulas son válidas en caso de tener imágenes de calidad suficiente que nos permita una identificación clara de los puntos. En cualquier caso siempre tenemos que tener en cuenta que el resultado final de la Aerotriangulación solo puede ser tan bueno como lo sean los datos de entrada.

**Sistema Objeto - Object Points / Ground Control Data (X,Y):**

En triangulación aérea digital es necesario considerar que la identificación de características en las imágenes se limita a la estructura del píxel. Normalmente, los puntos se pueden identificar con una precisión de 1/3 de píxel. Por tanto, unas desviaciones adecuadas en planimetría (XY) se calculan de la siguiente manera:



errors taken care by image standard deviations



identification errors taken care by object standard deviations

( red = measured position / yellow = correct position )

**$SD_{xy} = 1/3 \text{ píxel} * \text{escala de imagen}$**

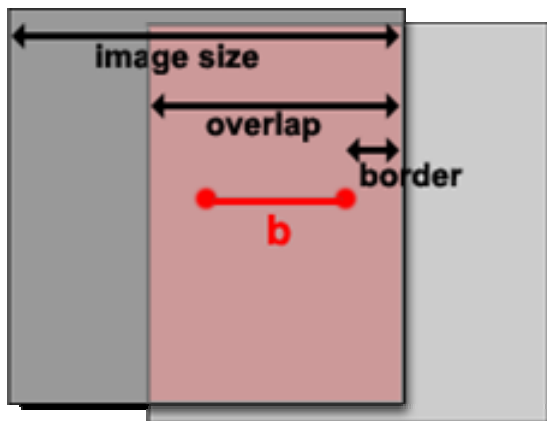
Por ejemplo tamaño de píxel = 20micras, escala de imagen 1:10 000  
 $SD_{xy} = 1/3 * 0.02\text{mm} * 10\ 000 = 200\text{mm} = 0.2\text{m}$

**Sistema Objeto - Object Points / Ground Control Data (Z):**

La desviación estándar a priori en Z, se fija de acuerdo a la relación base/altura.

La relación (b/h) se calcula de la siguiente manera:

- borde = solape - 50%
- $b = \text{tamaño de imagen} * (\text{solape} - 2 * \text{borde}) \%$



Por ejemplo, en una imagen estándar (230 mm) con 60% de solape y una focal de 150 mm:  
 $b/h = 230\text{mm} * (60 - 2 * 10) \% / 150\text{mm} =$

92mm/150mm

Esto se corresponde con una relación base/altura de aproximadamente **1:1.5**. En otras palabras, la precisión de la determinación de Z es 1.5 veces peor que en XY.

$$SDz = SDxy * 1.5 . \text{ O también: } SDz = SDxy * h/b$$

- **Medidas en la imagen:**

Las desviaciones Standard en la imagen son diferentes en el caso de que sean medidas manuales o automáticas. Como se ha mencionado anteriormente, las características en las imágenes digitales pueden identificarse con una precisión de 1 /3 de píxel por lo que la desviación estándar a priori debe fijarse de la siguiente manera:

$$SDi\_manual = 1/3 \text{ píxel}$$

En cuanto a los puntos automáticos, el software puede alcanzar una precisión teórica de 1/10 de píxel. Para la mayor parte de los bloques se estima que el valor que puede alcanzarse es de aproximadamente 1/5 de píxel, por lo que la desviación estándar en medidas automáticas en la imagen es:

$$SDi\_automatic = 1/5 \text{ píxel}$$

*Nota: En el caso de imágenes provenientes de cámaras digitales con píxel mas pequeño que los tamaños estándar de escaneo, las desviaciones estándar anteriores pueden llegar a valores muy pequeños de menos de 2 micras. En esos casos, MATCH-AT nos dará un aviso y nos dirá que esa desviación estándar es demasiado baja. No conviene bajar de las 3 o 4 micras tanto en las desviaciones automáticas como manuales.*

- **GPS X,Y,Z :**

Si existe Kinematic GPS (diferente al sistema GPS de navegación propio del avión), este puede ser utilizado en el ajuste para reducir el número de puntos de control. La precisión relativa de las coordenadas GPS de los centros de proyección debe ser mayor de 0.3 metros ya que si estas coordenadas son de peor precisión prácticamente no van a intervenir en el ajuste.

Los receptores antiguos tienen una precisión relativa de aproximadamente **0.3m**, mientras que los mas modernos tienen una precisión de aproximadamente **0.1m** (o incluso 0.05m).

En la mayoría de los casos, al utilizar observaciones GPS, es necesario aplicar la corrección de drift para corregir de forma automática los posibles desplazamientos remanentes a las observaciones GPS. Por supuesto en caso de no conocer la excentricidad de la antena, es obligatorio el uso de esta corrección.

Es importante señalar que para poder aplicar esta corrección de drift o deriva, es necesario tener un número suficiente de puntos de apoyo medidos, esto es, que cada pasada tenga al menos dos apoyos o sino es el caso que existan pasadas transversales y estas estén a su vez apoyadas.

- **INS (IMU) omega, phi, kappa:**

"**Match-AT** permite utilizar observaciones angulares INS en sus cálculos. Las principales ventajas del uso de este tipo de observación son:

- Compensan la falta de puntos de paso en casos como áreas boscosas o de mar
- Proporcionan unos mejores valores aproximados y esto puede resultar en que la generación de puntos de paso automática sea mas eficiente y el número de estos así como su precisión aumente.
- A la hora de medir pto de apoyo, las aproximaciones que calcula MATCH-AT serán más precisas y la medida del punto de apoyo será mas sencilla.

Generalmente, la precisión de las rotaciones debería de proporcionarla la empresa que proporciona los datos. Si no es así, se puede utilizar el valor por defecto que nos da MATCH-AT y que es **0.015 deg**.

Debido a la falta de coincidencia entre el eje vertical de la cámara y el eje vertical del IMU ( Instrumento de medida inercial, Inertial Measurement System) los ángulos omega, phi, kappa deben de ser corregidos de un valor constante llamado boresight misalignment. MATCH-AT permite calcular este valor automáticamente (siempre y cuando existan suficientes apoyos) y corregirlo. Para ello, debemos activar esa opción en el cálculo.

Es importante por tanto saber si las mediciones angulares que nos proporcionan vienen ya corregidas o no, para aplicar dicha corrección o no aplicarla.

Además de todas estas recomendaciones anteriores, es necesario conocer el concepto de SISTEMA BALANCEADO par entender el porqué de los ajustes mencionados.

## 2. SISTEMA BALANCEADO

### - INTRODUCCIÓN

Los puntos de apoyo y puntos de paso tienen errores en sus medidas y definiciones.

Estos errores pueden ser sistemáticos y aleatorios. Para tener un ajuste razonable, el “sistema objeto” y el “sistema imagen” deben de estar balanceados, esto significa que la precisión de los puntos de apoyo y debe de ser apropiada, o debe de estar acorde con la precisión obtenida en las imágenes.

Es decir, tenemos por una parte los datos medidos en procesos ajenos a la aerotriangulación y que tienen su precisión (puntos de apoyo) y las medidas realizadas dentro del proceso de aerotriangulación (puntos de paso y mediciones de los apoyos en las imágenes) cuya precisión depende de los algoritmos de correlación y básicamente de la calidad de las imágenes y de su tamaño de píxel. Hoy en día, y sobre todo desde la llegada de las imágenes de cámara digital, su píxel más pequeño y su falta de ruido, hacen las medidas en la imagen pueden llegar a tener bastante precisión. Esto unido a que la cantidad de puntos de paso que se puede generar es muy grande y que cada vez hacen falta menos puntos de control debido al uso sobre todo del GPS aerotransportado, hace que la relación puntos de paso / puntos de apoyo sea muy favorable a los primeros y por tanto el concepto de sistema balanceado es muy importante. Es decir, todas las medidas introducidas deben de tener un peso en el resultado final y para ello debemos de ajustar los pesos de forma “balanceada” ya que de otra manera algunos elementos no tendrían la influencia deseada o por el contrario podrían tener una influencia mayor a la que sería conveniente.

### - EFECTOS

Si la precisión de los puntos de apoyo no “encaja” con la precisión de las medidas realizadas en la imagen (puntos de paso) ya que estas últimas generalmente serán más precisas, debemos de tener en cuenta lo siguiente:

- Si fijamos la precisión de los puntos de apoyo (precisión de la medida en campo) más baja que lo que recomienda el “sistema imagen”, es decir la que recomienda MATCH-AT en sus opciones por defecto y que se corresponde con las fórmulas descritas en el punto anterior, esto impide al ajuste “mover” o “corregir” los Puntos de Apoyo más y reducir los RMS, y además provoca al ajuste esconder puntos de paso erróneos dentro del bloque que quedaría mucho más “suelto”.

Es decir, si tenemos una precisión del apoyo de 30 cm por ejemplo y MATCH-AT nos recomienda 10 cm. Mantener los 30 cm como desviación estándar del apoyo podría provocar resultados inaceptables del bloque y el estudio de subbloques sería mucho más complicado.

En cualquier caso, si fijamos la desviación estándar del apoyo mas baja, la precisión de los puntos de paso debe ser mayor ya que no podemos separar unas de las otras.

- Por otra parte, si fijamos los Puntos de Apoyo con precisiones mas altas (iguales o próximas a la precisión teórica, la que nos proporciona MATCH-AT) podría provocar que algunos puntos de apoyo fueran eliminados debido grandes errores aleatorios y nos quedáremos sin apoyo suficiente para calcular el bloque.

## **- EQUILIBRIO**

Es importante encontrar el equilibrio entre la precisión en las imágenes y la precisión de los puntos de apoyo, esto es entre la precisión medida y la teórica, es decir la precisión entre sistema imagen y sistema objeto.

MATCH-AT utiliza un motor de ajuste modificado debido a la gran densidad de puntos de paso, lo cual permite asignar a los Puntos de Apoyo prácticamente la precisión obtenida en las medidas.

MATCH-AT determina los pesos a partir de las desviaciones y asumiendo unos 100 puntos de paso por imagen.

El sistema balanceado asigna pesos de acuerdo a un ratio apropiado que permite lanzar el ajuste.

En otras palabras: para trabajar con un proyecto (escala, resolución, solapes y distancia focal) y poder alcanzar la máxima precisión, es necesario tener unos puntos de control que sean equivalentes a las precisiones recomendadas del sistema balanceado.

## **- TRABAJANDO CON MATCH-AT**

Si los puntos de control son menos precisos que la precisión teórica, recomendamos lanzar primero el proceso con la precisión teórica.

### **\* Ejemplo:**

Los puntos de control se han medido en campo con una precisión teórica de 30 cm. El sistema balanceado de MATCH-AT exige 10 cm. Deberíamos asignar 10 cm como desviación estándar a priori en los settings de MATCH-AT.

Lo mas probable es que esto no provocará una eliminación masiva de puntos de control, aunque seguramente si que quedarán eliminados algunos de ellos. El operador entonces es el que tiene que ir adaptando la desviación estándar a priori e ir incrementándola hacia la precisión de campo. De acuerdo a nuestras experiencias, la desviación a priori utilizada finalmente no será la obtenida en campo, si no un valor intermedio entre la precisión de campo y la precisión teórica que recomienda MATCH-AT . Esta precisión intermedia se corresponde con el sistema balanceado.

Si por el contrario, podemos ajustar el bloque con pesos mas rigurosos sin que ello suponga la eliminación de puntos de control no será necesario incrementar la desviación estándar a priori.

Además de todas las pistas dadas en este texto es lógicamente necesario que el bloque tenga una conectividad suficiente de puntos de paso en todas las imágenes, que la

distribución de puntos de apoyo sea acorde al bloque que tengamos y que haya suficientes medidas.

Las fórmulas del sistema balanceado mencionadas en este documento pueden encontrarse en el manual de MATCH-AT también.