**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**INSTITUTO DE AGRIMENSURA**

Proyecto de Grado para obtener el título de Ingeniero Agrimensor.

# USO DE LA TECNOLOGIA UAV EN EL MARCO DE UN PROYECTO URBANISTICO DE ESCALA MEDIA CON FINES DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL.

**AUTORES:**

Bach. María Antonella Garcilar Lallana (C.I.:4.405.746-3)

Bach. Florencia Tizze Batista (C.I.:4.566.504-1)

**TUTORES:**

Prof. Adj. Ing. Agrim. Magali Alba Martínez Nuñez (C.I.:1.740.810-2)

Prof. Adj. Ing. Agrim. Luis Alberto Calderón Ruiz (C.I.: 2.512.612-2)

Montevideo, Uruguay

2019

# PÁGINA DE APROBACIÓN.

**FACULTAD DE INGENIERIA, UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA.**

El tribunal docente integrado por los abajo firmantes aprueba el Proyecto de Grado:

**Título:**

Uso de la tecnología UAV en el marco de un proyecto urbanístico de escala media con fines de Ordenamiento Territorial.

**Autores:**

*Florencia Tizze Batista, Antonella Garcilar Lallana.*

**Tutores:**

*Prof. Adj. Magali Martínez Nuñez, Prof. Adj. Luis Calderón Ruiz.*

**Carrera:**

Ingeniería en Agrimensura.

**Puntaje:**

**Tribunal:**

Prof. Adj. Hebenor Bermúdez.

Prof. Adj. Natalia Canneva.

Prof. Adj. Ricardo Martínez.

**22 de Febrero de 2019.**

# AGRADECIMIENTOS.

En primera instancia, nos gustaría agradecer a aquellas personas que incidieron en nuestra formación académica, en particular a nuestros tutores, Ing. Agrimensor Luis Calderón e Ing. Agrimensora Magali Martínez, por el planteamiento de la propuesta de este proyecto, y el apoyo y seguimiento brindado durante la ejecución del mismo.

Agradecer también, a los docentes Ing. Agrimensor Hebenor Bermúdez, Ing. Agrimensor Bruno Silveira e Ing. Agrimensor Ricardo Martínez del Instituto de Agrimensura, por estar a la orden en todo momento para brindar información, materiales y evacuar dudas.

En tercer lugar, agradecer a los Srs. Carlos Fernandez y Horacio Ramos del Hipódromo Nacional de Maroñas, por la buena disposición y por facilitarnos, no solo el acceso, sino también la dinámica del trabajo.

A su vez, queremos dar gracias especiales a la empresa KPN y al Ing. Agrim. Antonio Villaluenga por brindarnos los equipos para el relevamiento tanto el dispositivo UAV como el GNSS; y a la empresa Interagrovial S.A. por proporcionarnos otro instrumental GNSS.

También agradecer a Nicolás López por el apoyo en el procesamiento fotogramétrico y a los Ingenieros José Manuel Martínez y Martin Abbate por asesorarnos en la planificación del vuelo.

Por último, y no menos importante, queremos agradecer a nuestras familias, amigos y compañeros, que hicieron sentir su apoyo incondicional a lo largo de toda la etapa universitaria.

# TABLA DE CONTENIDO.

1. RESUMEN. ..... 1

2. PALABRAS CLAVE ..... 3

3. INTRODUCCIÓN. ..... 4

4. OBJETIVO. ..... 5

5. DESARROLLO DEL PROYECTO. ..... 7

5.1 Etapas del proyecto. ..... 9

6. SELECCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO. ..... 10

6.1 Introducción. ..... 10

6.2 Club de Golf. ..... 11

6.3 Hipódromo de Maroñas. ..... 15

6.4 Elección final del área de trabajo. ..... 17

7. PLANIFICACIÓN PREVIA AL VUELO. ..... 20

7.1 Introducción. ..... 20

**7.1.1 Consideraciones según normativa vigente** ..... 26

7.2 Puntos de apoyo y de control. ..... 27

**7.2.1 Número y distribución de los puntos de apoyo.** ..... 30

**7.2.2 Número y distribución de los puntos de control.** ..... 36

**7.2.3 Materialización de los puntos.** ..... 42

8. RELEVAMIENTO. ..... 48

8.1 Introducción. ..... 48

8.2 Relevamiento con GNSS. ..... 49

**8.2.1 Colocación y relevamiento de los puntos fuera del límite del predio.** ..... 51

**8.2.2 Colocación y relevamiento de los puntos dentro del límite del predio.** ..... 53

8.3 Relevamiento fotogramétrico con UAV. ..... 54

8.4 Retiro de las marcas. ..... 58
9. PROCESAMIENTO. ..... 59
9.1 Introducción. ..... 59
9.2 Transformación de Coordenadas. ..... 59
9.3 Elección del Software. ..... 64
9.4 Procedimiento. ..... 65
**9.4.1 Agisoft.** ..... 66
**9.4.2 Pix4D Mapper.** ..... 73
10. CONTROL POSICIONAL ..... 82
10.1 Introducción. ..... 82
10.2 Test de Rachas y Correlación de Spearman. ..... 84
**10.2.1 Test de Rachas.** ..... 85
**10.2.2 Correlación de Spearman.** ..... 86
**10.2.3 Cálculos.** ..... 86
10.3 Test de Shapiro Wilk. ..... 93
**10.3.1 Zona de aceptación.** ..... 94
**10.3.2 Cálculos.** ..... 94
10.4 Calidad en términos absolutos. ..... 101
11. RESULTADOS. ..... 103
11.1 Estándar NSSDA. ..... 103
11.2 Reporte de Calidad. ..... 106
11.3 Ortomosaico y Modelo Digital de Superficie. ..... 107
12. DEFINICIÓN DE LA MENSURA. ..... 110
12.1 Observaciones. ..... 115
13. PROYECTO DE AMANZANAMIENTO. ..... 121
13.1 Introducción. ..... 121
13.2 Normativa departamental. ..... 124

**13.2.1 Monumento Histórico.** ..... 129
13.3 Proyecto de Amanzanamiento. ..... 130
13.4 Fraccionamiento. ..... 143
**13.4.1 Manzanas triangulares.** ..... 144
**13.4.2 Manzanas rectangulares: angostas y alargadas.** ..... 146
**13.4.3 Manzanas rectangulares: casi cuadradas.** ..... 147
**13.4.4 Espacios libres.** ..... 149
13.5 Resultados. ..... 150
14. CONCLUSIONES. ..... 151
BIBLIOGRAFÍA. ..... 159
GLOSARIO. ..... 162
ANEXOS. ..... 166

# 1. RESUMEN.

En el presente informe se exponen las actividades realizadas en el periodo Febrero 2018 – Febrero 2019, en el marco de la asignatura *Proyecto* de la carrera Ingeniero Agrimensor, dictada por la Facultad de Ingeniería, Universidad de la República.

El objetivo general de este trabajo es analizar la aplicación de la tecnología UAV para el desarrollo de un proyecto urbanístico de escala media. A su vez, realizar comparaciones de los resultados obtenidos del relevamiento, con los métodos tradicionales.

Para cumplir con el objetivo, se seleccionó un área de trabajo incluida en la trama urbana de Montevideo que no se encontrara urbanizada: Hipódromo Nacional de Maroñas. Se realizó la planificación del vuelo, considerando una resolución de 5cm/pixel y estudiando reseñas de profesionales que hacen uso frecuente de esta tecnología, para la definición de la cantidad de puntos de apoyo a colocar.

Obtenidos como resultados los subproductos del vuelo fotogramétrico (ortomosaico y modelo digital de superficie), se efectuó un control de exactitud posicional, en planimetría y altimetría, aplicando el estándar

NSSDA. Los resultados fueron buenos para definir un anteproyecto de fraccionamiento, pero no lo suficiente como para definir una mensura urbana.

A partir de los subproductos del vuelo fotogramétrico y del estudio de la normativa vigente, se proyectó un amanzanamiento y fraccionamiento dentro del predio del Hipódromo de Maroñas, obteniendo como resultado 40 manzanas, 819 lotes y 16 espacios libres.

# 2. PALABRAS CLAVE

UAV; Ortomosaico; NSSDA; Urbanización.

# 3. INTRODUCCIÓN.

En el presente trabajo se detallan las actividades realizadas y conclusiones obtenidas en el marco de la asignatura *Proyecto* de la carrera Agrimensura, cursada en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República del Uruguay.

Dicho trabajo se llevó a cabo por las estudiantes **Antonella Garcilar** y **Florencia Tizze**, bajo la tutoría del Ingeniero Agrimensor Luis Calderón y la Ingeniera Agrimensora Magali Martínez, ambos Profesores Adjuntos del Instituto de Agrimensura.
El mismo fue iniciado en Febrero 2018 y finalizado en Febrero de 2019.

El objetivo de la asignatura es que los estudiantes que se encuentran culminando los estudios de la carrera mencionada, puedan plasmar el aprendizaje obtenido a lo largo de la misma, elaborando un proyecto vinculado a la práctica profesional del Ingeniero Agrimensor.

# 4. OBJETIVO.

El objetivo general del proyecto es llevar adelante el análisis de la tecnología UAV para su aplicación en un proyecto de escala media, atendiendo a una situación hipotética de fraccionamiento de una gran superficie incluida dentro de una trama urbana consolidada, y la comparación con los métodos tradicionales.

El objetivo específico es definir la mensura de un predio urbano utilizando un ortomosaico obtenido a partir de las fotografías de un vuelo fotogramétrico con UAV. Los estudios serán aplicados a la planimetría del predio, comparando superficie y perímetro entre la mensura obtenida a partir del relevamiento y el plano antecedente del mismo.
Una vez realizado el relevamiento y obtenida la mensura, se llevara a cabo un control de calidad posicional y se proyectará un amanzanamiento para la zona de estudio, considerando la normativa vigente, sin tener en cuenta los aspectos sociales, económicos y urbanísticos de la zona.

El estudio de los tres aspectos mencionados anteriormente (sociales, económicos y urbanísticos), implicarían la realización de otro proyecto, ya que en el corriente trabajo, el objetivo se centra en la realización de un vuelo fotogramétrico con UAV y la utilización de los subproductos

obtenidos para el planteo de un proyecto con fines de ordenamiento territorial.

# 5. DESARROLLO DEL PROYECTO.

Todo proyecto de grado se desarrolla en diferentes etapas, las que serán especificadas en este capítulo. Este proyecto en particular no sólo trata de la resolución de un problema práctico vinculado a la profesión, sino también aborda el estudio de la conveniencia de la toma de decisiones, a modo de ejemplo, hasta qué punto es rentable la realización de un vuelo fotogramétrico para la delimitación (o mensura) de un predio con determinadas características.

Por lo tanto, las principales preguntas que se formularon para desarrollar el trabajo son:

*¿Cuáles son las condiciones ideales que se deberían presentar en la parcela, y en sus alrededores, para poder definir la mensura urbana de la misma a partir de un vuelo fotogramétrico con UAV?*

*¿Cuáles son los subproductos obtenidos del vuelo fotogramétrico con UAV que resultan imprescindibles para un anteproyecto (análisis de viabilidad) con fines de ordenamiento territorial?*

*Para este caso de estudio, ¿Cuáles son las diferencias lineales y en superficie que obtenemos en la determinación de los límites del predio en cuestión, dado un píxel de 5 cm?*

Resulta importante la decisión del tamaño del píxel a la hora de realizar un vuelo, ya que (junto al tamaño del píxel) varía la altura del dispositivo UAV, es decir: al aumentar los requerimientos de resolución, es necesaria una menor altura de vuelo, y esto implica una cantidad mayor de fotografías, un mayor tiempo de procesamiento y equipamiento informático con mayor capacidad. Cabe destacar que las fotografías aéreas ocupan mucho espacio de almacenamiento en las computadoras, por lo tanto el procesamiento de un vuelo que implique muchas fotografías no podría ser viable en cualquier PC. A modo de ejemplo, las fotografías tomadas con una cámara SONY NEX - 5 15mm (que es la utilizada para este proyecto) tienen un tamaño aproximado de 10.5 MB; para este trabajo se necesitarán aproximadamente 700 fotografías, por lo que se deberá contar con un espacio de disco de 7.35 GB.

Otro factor a tener cuenta es la importancia de adquirir práctica en el uso y manejo de los dispositivos UAV, así como también, del procesamiento de los datos obtenidos. Como todos sabemos, la utilización de estos

vehículos aéreos no tripulados es cada vez mayor, así como las aplicaciones que éstos tienen.

## 5.1 Etapas del proyecto.

Se pueden identificar nueve etapas claras a lo largo de este trabajo, las cuales serán desarrolladas más adelante:

1) Selección de la zona de estudio.
2) Planificación previa al vuelo.
3) Trabajo de campo.
4) Procesamiento de datos.
5) Control posicional.
6) Resultados
7) Definición de la mensura.
8) Proyecto de amanzanamiento.
9) Conclusiones.

# 6. SELECCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.

## 6.1 Introducción.

La elección de la zona de estudio se realizó teniendo en cuenta ciertos aspectos imprescindibles al momento de realizar el vuelo:

- Accesibilidad
- Visibilidad Aérea
- Superficie
- Ubicación del Predio

A continuación, se presentan las zonas que se tuvieron en cuenta para realizar el vuelo, analizando las ventajas y las desventajas de las mismas. Las opciones que se tuvieron en cuenta fueron: Club de Golf e Hipódromo de Maroñas, dado que para este trabajo se buscaron parcelas urbanas de gran superficie, en las cuales se pudiera llevar a cabo el vuelo con UAV y a su vez poder proyectar un amanzanamiento con los subproductos creados a partir del relevamiento fotogramétrico.

## 6.2 Club de Golf.

En una primera instancia se consideró el C*lub de Golf* como posible área de trabajo; la zona de estudio está delimitada de la siguiente manera: al Norte por la calle Julio María Sosa, al Este por Bulevar Artigas, al Sur por la Rambla Presidente Wilson y al Oeste por la Avenida Dr. Juan A. Cachón.

Imagen 1 - Parcela del Club de Golf.

Se pueden destacar diversas ventajas con respecto a la posibilidad de llevar a cabo el proyecto en el Club de Golf; la superficie del predio es lo suficientemente extensa para el proyecto de amanzanamiento, ello es una ventaja también para el despegue y el aterrizaje del UAV, a su vez, la zona del Club de Golf se encuentra completamente urbanizada, por lo que sería viable trazar un proyecto urbanístico. También resulta importante destacar la cercanía a la Facultad de Ingeniería, esto simplifica tiempos y traslados.

En cuanto a desventajas, la zona de estudio limita con la Rambla la cual es muy transitada, esto dificulta el procesamiento fotogramétrico debido a la circulación de personas y de tránsito vehicular. Cabe destacar, que se presentaron ciertas restricciones desde la directiva del Club de Golf con respecto a la libre circulación dentro del predio, por lo cual se descartó la posibilidad de realizar el despegue y aterrizaje dentro del mismo. Es por ello, que se deberían tomar algunas precauciones al momento de realizar el vuelo y de definir la zona de despegue y posterior aterrizaje del UAV. A su vez, dada la restricción mencionada, se vio la posibilidad de considerar los hoyos que se encuentran distribuidos en el campo, como puntos de apoyo.

Para estudiar la viabilidad de utilizar los hoyos como puntos de apoyo, se realizó una prueba en campo, la cual consistió en tomar una fotografía desde un teléfono móvil, a dos figuras geométricas previamente impresas: un círculo simulando el tamaño real del hoyo, el cual tiene 108mm de diámetro, y un cuadrado de 12cm x 12cm subdividido en cuadrados de 1.5cm x 1.5cm (tamaño del pixel).

Imagen 2 - Fotografía tomada en campo para el estudio de la viabilidad de utilizar los hoyos como puntos de apoyo/control.

Obtenida la imagen que se muestra, se cambió la resolución de ésta utilizando el software Paint.net, de forma tal que la imagen resultante quedara con una resolución de 1.5cm de pixel con el fin de estudiar la visibilidad del hoyo de golf con tal resolución. El resultado fue positivo, es decir, el hoyo si es visible en la imagen con la resolución mencionada,

pero como se dijo anteriormente, a menor tamaño de píxel, menor altura de vuelo, lo cual implica mayor cantidad de fotografías y, en consecuencia, un procesamiento muy engorroso.

Otro punto desfavorable para tener en cuenta es la poca o nula visibilidad de los alambrados debido a la vegetación existente; esto impide visualizar con la claridad necesaria los límites del predio y, por lo tanto, un incremento en la incertidumbre en los límites lo que llevaría a resultados erróneos.

También se debe considerar la velocidad del viento a la hora de realizar el vuelo. El Club de Golf se ubica en la zona más al sur de Montevideo, siendo ésta muy ventosa, lo cual dificulta la elección del día del relevamiento fotogramétrico o podría provocar movimientos no deseados del dispositivo UAV.

Otro inconveniente que se presentó es que el referido predio no presenta plano antecedente, por lo tanto, no podríamos compararlo con el relevamiento realizado, que es el objetivo principal de este proyecto.

## 6.3 Hipódromo de Maroñas.

En una segunda instancia se consideró el *Hipódromo de Maroñas* como posible sitio de trabajo; la zona de estudio está delimitada por las siguientes calles: al Norte Bérgamo, al Este Avenida José Belloni y José Shaw, al Sur José Maria Guerra y al Oeste Avenida General Flores.

Imagen 3 - Parcela Hipódromo de Maroñas.

Una de las desventajas, es que, sobre la Avenida José Belloni, el límite de propiedad no es visible debido a la vegetación existente, esto podría llevarnos a provocar errores en la determinación del mismo, sin embargo, la alineación frente a este límite es visible y se encuentra materializada, por lo tanto, se podría tomar en cuenta.  El resto de los límites son observables y se encuentran materializados por un muro.

Imagen 4 - Vegetación existente sobre la Avenida José Belloni.

Otras desventajas para tener en cuenta son la lejanía del predio con respecto al centro de la ciudad y la inseguridad de la zona. Para ello habrá que considerar la posibilidad de trasladarse hasta el lugar en varios vehículos dado el equipamiento necesario para el trabajo, y también para poder trasladarnos con mayor seguridad fuera del límite del predio.

Otro aspecto a considerar, es que el predio se encuentra declarado como monumento histórico, es decir, se deberá tener ciertas consideraciones al momento de realizar un proyecto de amanzanamiento.

En cuanto a ventajas de la zona de estudio, el lugar se encuentra libre de árboles, libre de circulación tanto vehicular como de personas, y presenta un amplio espacio para realizar el despegue y aterrizaje del dispositivo UAV desde dentro del predio.
A su vez, la parcela donde se encuentra el Hipódromo de Maroñas cuenta con un plano antecedente registrado por la Dirección Nacional de Catastro en 1984.

## 6.4 Elección final del área de trabajo.

Luego de evaluar todas las ventajas y desventajas que se presentaron, se eligió como zona de estudio para el desarrollo de este proyecto el Hipódromo de Maroñas. Los aspectos que se tuvieron en cuenta fueron los siguientes:

- Límites materializados y visibles.
- Poca vegetación en la zona.
- Libre circulación dentro del predio.

- Posibilidad de despegue y aterrizaje dentro del predio.
- La parcela cuenta con plano antecedente.

El día 10 de Mayo de 2018 se tuvo una reunión en el Hipódromo de Maroñas con el Gerente de la unidad hípica el Sr. Horacio Ramos, donde se le planteó la propuesta a realizar, destacando los siguientes ítems:

- Objetivo.
- Estudios a realizar.
- Instrumental a utilizar.
- Planificación del vuelo.
- Relevamiento en campo.
- Subproductos.

Se puso especial énfasis en ciertos aspectos como el hecho de la duración total del relevamiento, donde se estimó un total de 6 horas. También se comentó el hecho de que se deberá hacer uso total del predio para la colocación de los puntos de control/apoyo resaltando que los mismos serán colocados de forma tal que no afecten la infraestructura del lugar y que luego de realizado el vuelo se retirarán los mismos.

El resultado de la reunión fue sumamente positiva, donde se pudo apreciar el apoyo e interés por parte del Hipódromo en realizar el proyecto

allí. El Sr. Ramos se puso a disposición y resaltó algunos aspectos a tener en cuenta:

1. La fecha del relevamiento deberá coincidir con alguna fecha de carrera en el interior del país, ya que durante toda la semana hay actividades en el Hipódromo y el único momento que el mismo quedará disponible será alguno de esos días.
2. La inseguridad de los alrededores.

Debido a los comentarios realizados, se manejó como posible fecha para llevar a cabo el relevamiento el sábado 26 de mayo.

# 7. PLANIFICACIÓN PREVIA AL VUELO.

## 7.1 Introducción.

La planificación previa al vuelo es la fase principal de todo proyecto fotogramétrico, ya que se deberán organizar las operaciones para conseguir el objetivo propuesto con las condiciones que se han establecido.

El vuelo será realizado con un dispositivo UAV del tipo de ala fija modelo [1]Trimble UX5 proporcionado por la empresa KPN. Con el fin de obtener datos aproximados sobre el tiempo que llevará volar el UAV, cantidad de fotos, altura de vuelo, entre otros, se utilizó el software libre *Trimble Aerial Imaging* para la planificación del vuelo. Dicho software utiliza un mapa online en el que se introduce la ubicación de la zona a medir, y mediante el uso de Google Earth, observamos fácilmente con imágenes satelitales la región que se quiere sobrevolar. Una vez definida la zona de interés y la dirección del viento, se ingresan los siguientes parámetros:

Imagen 5 - Trimble UX5.

[1] Ficha técnica del Trimble UX5 en Anexo A.

- Tamaño de pixel: 0.05 m
- Solape transversal: 80%
- Solape longitudinal: 80%
- Cámara: Sony NEX-5 15mm

Imagen 6 - Delimitación de la zona de vuelo.

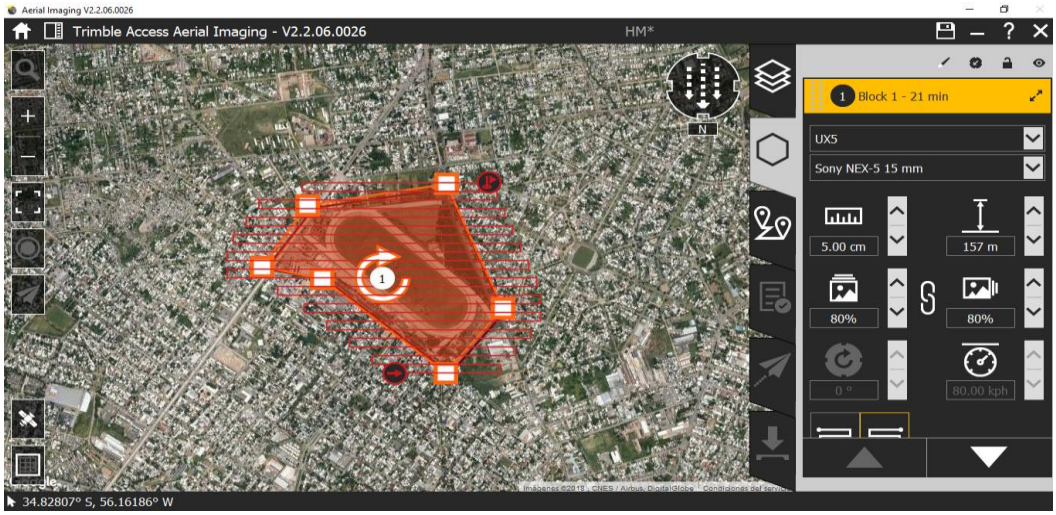



Imagen 7 - Líneas de vuelo dentro de la zona de interés.

A su vez, se indica en el mapa el punto de despegue y aterrizaje.

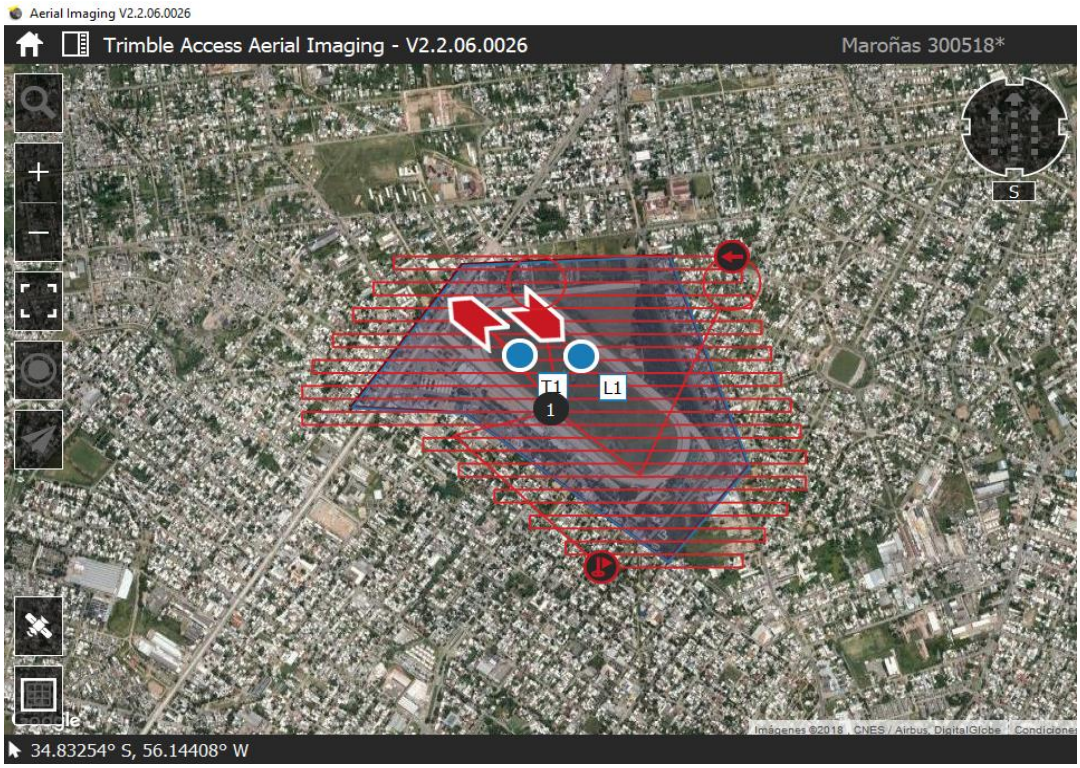



Imagen 8 – Ubicación de los puntos de despegue y aterrizaje del UAV.

Cabe destacar que el valor por defecto de solape entre imágenes es del 80%, ya que Trimble no recomienda utilizar un solape menor, esto puede impedir que gran parte del conjunto de datos no se pueda ajustar debido a la falta de puntos de enlace.

Como se puede ver, hay dos tipos de solapes (recubrimientos): lateral y longitudinal. El recubrimiento longitudinal es la superposición de las fotografías en el sentido del vuelo, y el lateral es la superposición de fotografías aéreas pertenecientes a dos líneas de vuelo paralelas.

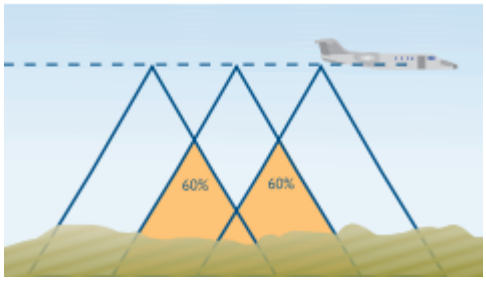



Imagen 9 - Recubrimiento longitudinal del 60 %.

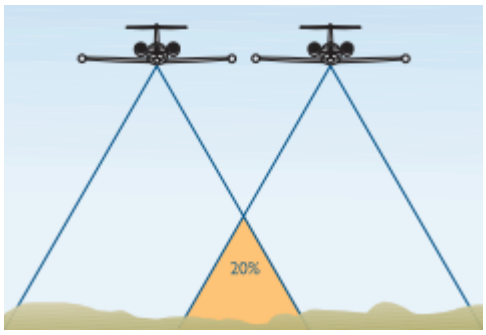



Imagen 10 - Recubrimiento lateral del 20%.

El recubrimiento longitudinal es necesario para obtener la visión en relieve y el lateral para cubrir toda el área de interés y la confección de mosaicos, es por ello que, a mayor recubrimiento, más líneas de vuelo y mayor cantidad de fotografías.

También se deberá tener en cuenta que la superficie a cubrir por el vuelo deberá ser mayor que la superficie de interés para evitar distorsiones en los bordes del bloque.

Como resultado se obtienen los siguientes datos:

- Altura de vuelo: 157 m
- Área cubierta: 88 Hás
- Cantidad de fotografías: 692
- Velocidad del UAV: 80 kph
- Tiempo de vuelo: 30 min

| Flight 1 | |
|---|---|
| UX5 | |
| Sony NEX-5 15 mm | |
| 30 min | |
| 692 | |
| 120 sec | |
| Takeoff 1 | |
| | 34.83834° S<br>56.14477° W<br>Not fixed |
| | 271° |
| Straight up | |
| ~GEA515 block 1 | |
| | Right |
| | 5.00 cm |
| | 157 m |
| | 80 % |
| | 80 % |
| | 0.88 km² |
| | 692 |
| | 80.00 kph |
| | 27 min |
| - | |

Imagen 11 - Resultados obtenidos de la simulación del vuelo en Trimble Aerial Imaging.

### 7.1.1 Consideraciones según normativa vigente

Como paso previo al relevamiento, se estudió el reglamento de la DINACIA (Reglamenta uso de Dispositivos Aéreos Operados a Distancia). Teniendo en cuenta la [2]resolución N° 291/2014, la altura permitida de vuelo para las zonas urbanas es de 120 mts. En este caso para el tamaño de pixel deseado y considerando la cámara Sony NEX-5 15mm, la altura de vuelo es de 157 mts.

Como se mencionó anteriormente el vuelo estuvo a cargo de la empresa KPN quien se encargó de solicitar la [3]autorización a la DINACIA, obteniendo una respuesta favorable. La fecha autorizada para realizar dicho vuelo fue para el 26 de mayo del 2018, en el horario comprendido entre las 11:00 y las 13:00 hs.

Se tuvo en cuenta un requerimiento especial que solicitó la DINACIA, no apartarse del área de vuelo, debido a la proximidad con el Aeródromo Militar “Juan M. Boiso Lanza”, su respectiva área restringida y el complejo Belloni del INISA.

[2] Texto de la resolución 291/014 en Anexo B.
[3] Solicitud y autorización en Anexo C.

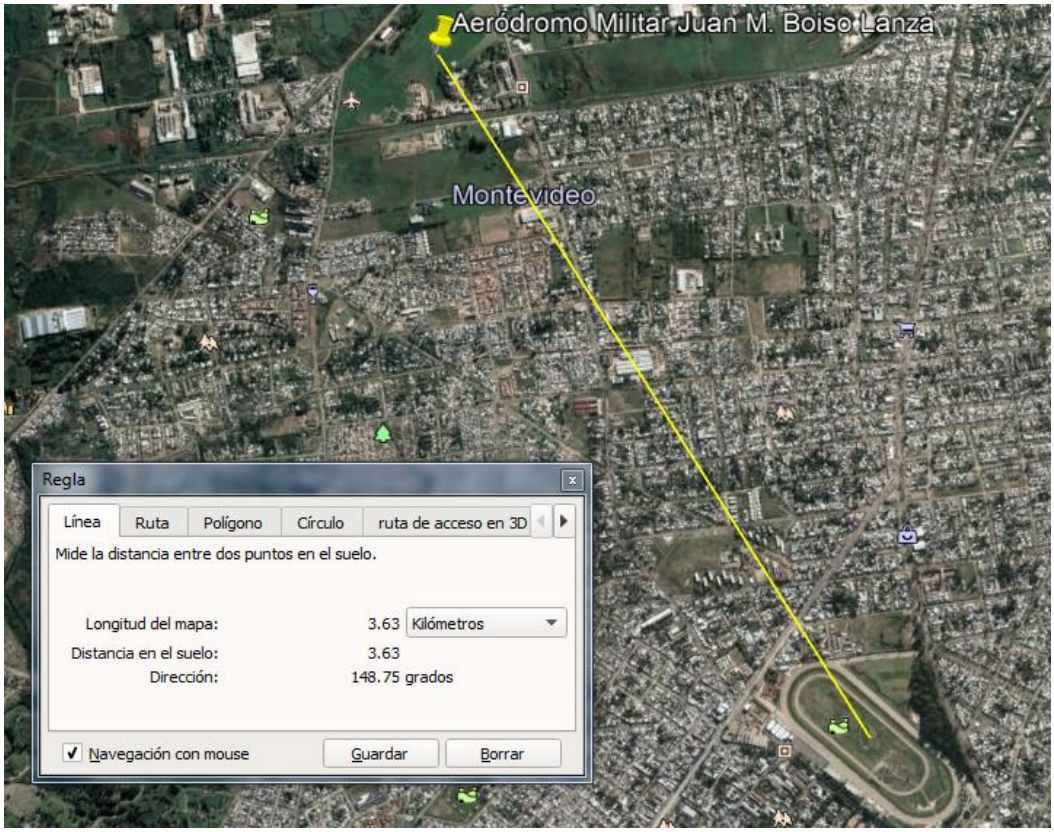



Imagen 12 - Distancia entre el Aeródromo Militar Boiso Lanza y el Hipódromo de Maroñas.

## 7.2 Puntos de apoyo y de control.

Parte de la planificación del vuelo, trata sobre definir no solo la cantidad de puntos de apoyo y de control, sino también la ubicación de estos. Los puntos de apoyo son los necesarios para realizar la orientación absoluta, de forma tal que a partir de las coordenadas conocidas de los mismos se ajusta la escala del modelo estereoscópico y la nivelación de este. Por otro lado, los puntos de control son los utilizados para tener un control del bloque luego de realizado el mismo. Es decir, son puntos con

coordenadas terrestres conocidas que las mismas se van a comparar con las coordenadas obtenidas en el bloque. De esta forma se puede obtener un control de calidad del resultado logrado.

El número mínimo de puntos de apoyo para realizar la fase de orientación absoluta, es de 3 puntos, ya que con dos puntos con coordenadas tridimensionales conocidas se podría llevar a cabo el ajuste de la escala del modelo, y sumando un tercero se tendrán tres coordenadas de altitud conocida para poder realizar la nivelación. Cabe destacar que cuando hablamos de modelo, hablamos de un par estereoscópico (par de fotografías superpuestas de la misma escena), mientras que a nosotros nos interesa definir la totalidad de los puntos en el bloque.

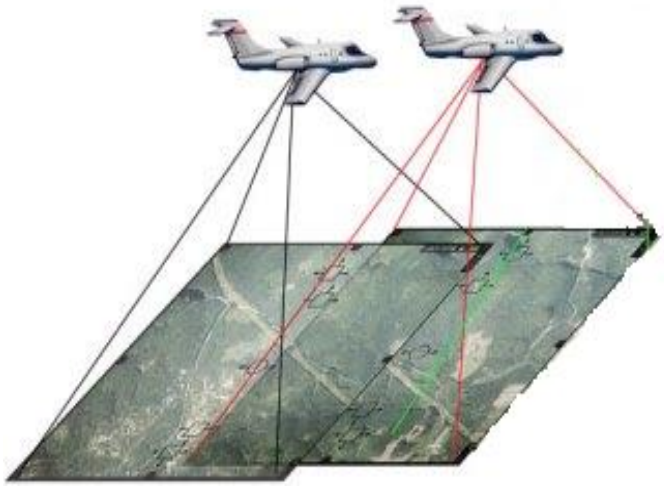


*Imagen 13 - Par estereoscópico.*

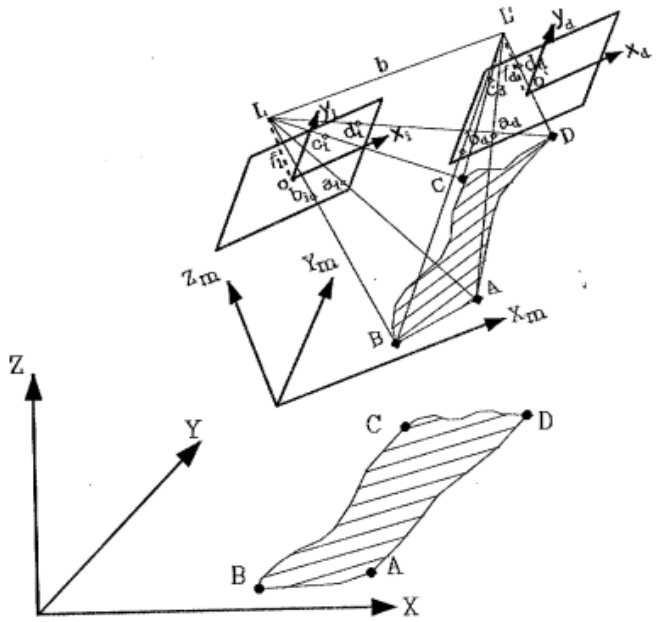



*Imagen 14- Orientación Absoluta de un modelo.*

Los puntos de apoyo son determinados en campo teniendo en cuenta que los mismos deben ser foto identificables y se deben encontrar dentro del bloque fotogramétrico.

Para el levantamiento de estos, el instrumental a utilizar deberá ser eficaz de forma tal que agilicen el relevamiento de los puntos, es por ello que se utilizará el sistema global de navegación por satélite (GNSS). A su vez, se descartó la posibilidad del relevamiento de los puntos con estación total (instrumento electro - óptico que mide ángulos y distancias, utilizado para el levantamiento topográfico), ya que, la extensión de la zona del Hipódromo de Maroñas es tal, que no existe una única posición desde donde se pueda relevar la totalidad de los puntos de apoyo y de control; lo

cual implicaría, realizar una poligonal de apoyo lo suficientemente extensa para poder cubrir no sólo la superficie dentro del Hipódromo, sino que también la zona exterior al mismo, donde se encontraban la mayoría de los puntos de apoyo. El relevamiento recién mencionado para la zona de interés, tardaría más de un día, por lo cual se descarta.

### 7.2.1 Número y distribución de los puntos de apoyo.

Según el material del curso de Fotogrametría III, la distribución de puntos de apoyo para un par estereoscópico sería la que se muestra a continuación:

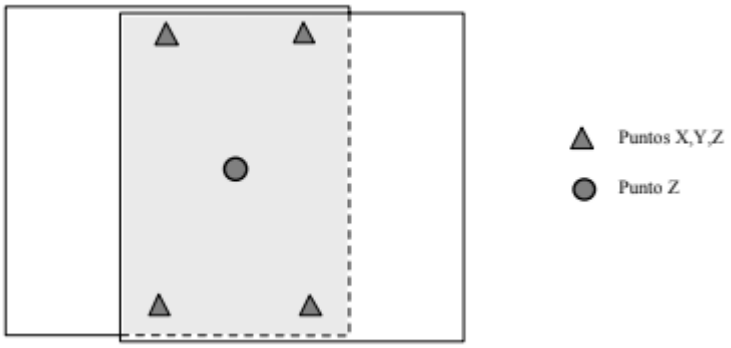



Imagen 15- Distribución de puntos de apoyo para un par estereoscópico.

En la imagen aparecen 5 puntos de apoyo, utilizando 2 de ellos para verificar los basculamientos del modelo y las deformaciones de la imagen, ya que como se dijo anteriormente, de los restantes 3 puntos, se utilizarán

2 para la puesta en escala del modelo y el quinto para la nivelación del mismo.

Siguiendo las recomendaciones de este autor, se debería utilizar 5 puntos de apoyo por cada par estereoscópico, lo cual resulta un proyecto inviable dada la escala del mismo, y es por lo que hoy en día se utiliza el método de la aerotriangulación.

El objetivo de la aerotriangulación es obtener la posición del mayor número posible de puntos de apoyo, reduciendo el trabajo en campo, y aumentando el mismo en gabinete, realizando operaciones fotogramétricas.

[4]La aerotriangulación por haces es a través del uso de los haces de rayos producidos por los fotogramas individuales. A través de estos, se puede calcular directamente las relaciones entre las coordenadas imagen y las coordenadas objeto, sin introducir coordenadas modelo como paso intermedio. Por tanto, la fotografía es la unidad elemental del ajuste por haces.

Las coordenadas imagen y el centro de proyección asociado de una fotografía definen un haz espacial de rayos. Los elementos de la orientación externa de todos los haces de un bloque se calculan simultáneamente para todas las fotografías.

[4] Información extractada de: PEREZ ALVAREZ, Juan Antonio. 2001. *Apuntes de Fotogrametría III.* Mérida.

Los datos iniciales son las coordenadas imagen de los puntos de enlace, además de las coordenadas imagen y coordenadas objeto de los puntos de control.

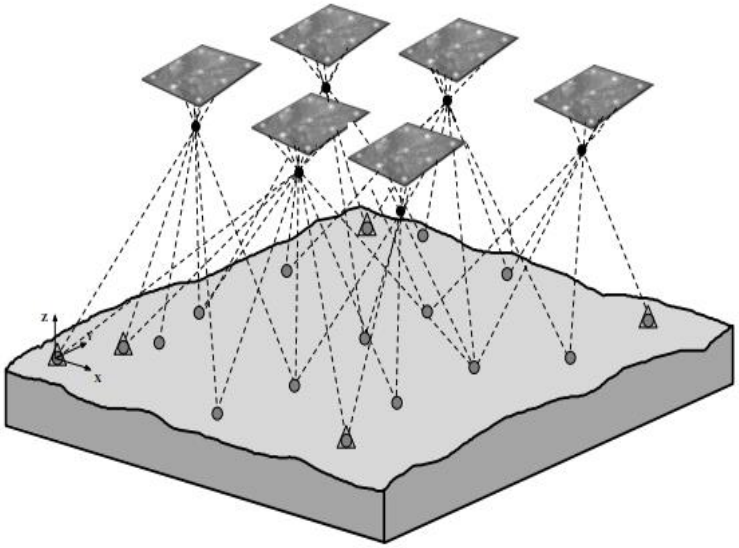


Imagen 16 - Principio del ajuste de bloques por haces.

La utilización de los UAV con GPS cinemático incorporado, proporciona las coordenadas de la cámara al momento de la toma de la foto. En el caso del Trimble UX5, el GPS no utiliza correcciones diferenciales, es decir, la posición de la cámara al momento de la exposición, no es precisa y tiene un error que ronda aproximadamente entre los 2 y 5 metros. Por lo tanto, se recomienda de todas formas, tener un control terrestre para fortalecer la solución.

Para la toma de decisiones con respecto a la cantidad de puntos de apoyo a utilizar, nos comunicamos con el Dr. Jorge Delgado García Profesor Titular del Área Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría de la Universidad de Jaén, España. Al preguntarle sobre la ubicación y la cantidad de los puntos de apoyo, muy amablemente sugirió lo siguiente:

- Puntos en los extremos de cada pasada. Teniendo un solape del 80% cada punto aparecerá en 3 pasadas, con lo cual se podrá emplear un esquema de un punto en los extremos de cada 3 pasadas (con la precaución de que aparezca en las tres pasadas lógicamente). Teniendo 25 pasadas, serían 8 puntos en cada extremo (=16). Por otro lado, plantea una distribución más o menos homogénea de otros 15 puntos en el interior del bloque, siempre se debe intentar que los puntos aparezcan en el mayor número de fotogramas posibles (en nuestro caso con 80%-80% es sencillo).

Según el Dr. Jorge Delgado García, se debería colocar un total de 31 puntos de apoyo y, por otro lado, colocar los puntos de control, que como recomienda el NSSDA, deben ser por lo menos 20 puntos. Lo que hace un total de 51 puntos preseñalizados para colocar. Si bien la cantidad de puntos es mucho menor a la que recomendaba la bibliografía mencionada anteriormente, sigue siendo una cantidad significativa de puntos, por lo que se decidió consultar a otros profesionales.

En esta instancia, se consultó a dos personas que tienen experiencia en realizar vuelos con UAV para fines topográficos, éstas son el Ingeniero Industrial José Manuel Martínez y el Ingeniero Agrimensor Martín Abbate. Ambas sugerencias fueron muy similares, coincidiendo en colocar un punto de apoyo por cada vértice del bloque y por lo menos uno en el centro de este. A su vez, se resaltó el hecho de cubrir una superficie mayor a la zona de interés de forma tal de evitar posibles deformaciones en los bordes de la misma.

Habiendo recibido estas recomendaciones, se decidió colocar un total de 8 puntos de apoyo, distribuyendo 7 a lo largo del perímetro, cubriendo la zona de los vértices del bloque y un punto en el centro de este, como se muestra en la siguiente imagen:

Imagen 17- Distribución de los puntos de apoyo.

| Nº punto | X_UTM | Y_UTM |
|---|---|---|
| PA1 | 577682,370 | 6144434,510 |
| PA2 | 578147,100 | 6144239,380 |
| PA3 | 578658,760 | 6143857,770 |
| PA4 | 578939,540 | 6144161,110 |
| PA5 | 578843,460 | 6144487,150 |
| PA6 | 578669,520 | 6144870,800 |
| PA7 | 578002,510 | 6144846,790 |
| PA8 | 578374,600 | 6144416,380 |

Tabla 1 - Coordenadas iniciales puntos de apoyo.

### 7.2.2 Número y distribución de los puntos de control.

Como se puede ver, se obtuvieron recomendaciones diferentes con respecto a la cantidad de puntos de apoyo que se deberían colocar, por un lado, el Dr. Jorge Delgado recomendó un total de 31 puntos de apoyo, cuando los Ingenieros Martínez y Abbate recomendaron entre 7 y 9 puntos. Dadas estas diferencias entre opiniones, se resolvió realizar un control de calidad posicional utilizando el NSSDA (National Standard for Spatial Data Accuracy).

Para dicho Testeo, como se dijo anteriormente, el estándar recomienda colocar por lo menos 20 puntos de control independientemente del tamaño del conjunto de datos o área de cobertura.
La precisión de un conjunto de datos se prueba al comparar las coordenadas de varios puntos dentro del conjunto de datos con las coordenadas de los puntos correspondientes de un conjunto independiente y de mayor precisión.
Estos puntos deben estar bien definidos, deben ser fáciles de encontrar y medir, tanto en el conjunto de datos que se prueba y en el conjunto de datos independiente.
Éstos 20 puntos de control hacen que el cálculo al 95% de nivel de confianza sea razonable, es decir que cuando 20 puntos son testeados es aceptable que uno de ellos pueda exceder la precisión calculada.

El estándar recomienda que, cuando el conjunto de datos cubra una zona rectangular y uniforme, la distribución de los puntos de testeo debe cumplir con lo siguiente:

- Al menos el 20% de los puntos deben estar en cada cuadrante.
- Los puntos deben estar separados entre sí una distancia mayor al 10% de la distancia diagonal del rectángulo donde se encuentran. Entendemos como diagonal todo segmento que une dos vértices no consecutivos de un polígono o de un poliedro.

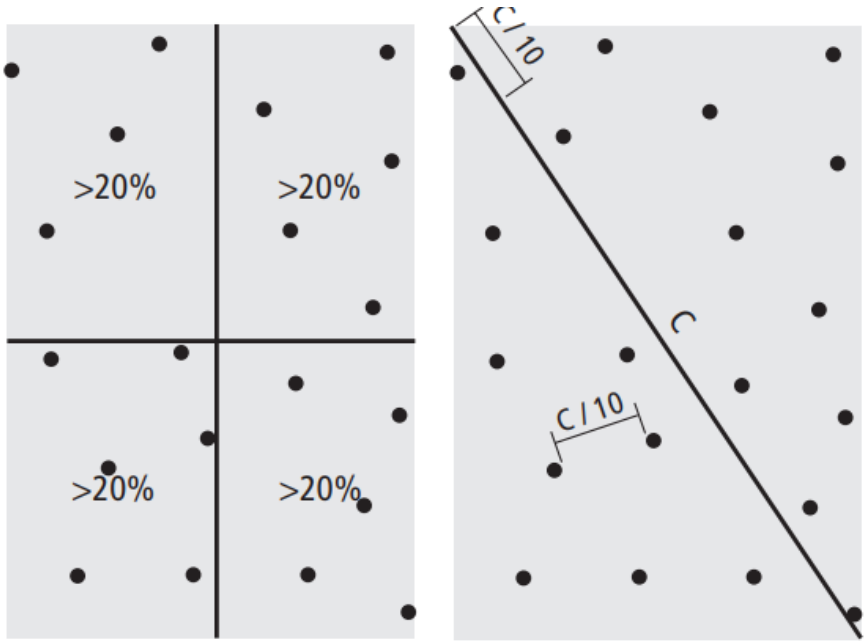



Imagen 18 - Distribución de los puntos de control recomendada por el NSSDA.

Para este caso, el área de estudio no es rectangular, por lo que no se consideró la distribución por cuadrantes tal como recomienda la norma, sino que se tuvo en cuenta que el espaciado entre los puntos fuera mayor a la diagonal sobre 10.

Para ello, se definió el polígono del predio utilizando el antecedente gráfico y de esta manera se determinó la diagonal mayor, tal como se muestra en la siguiente imagen.

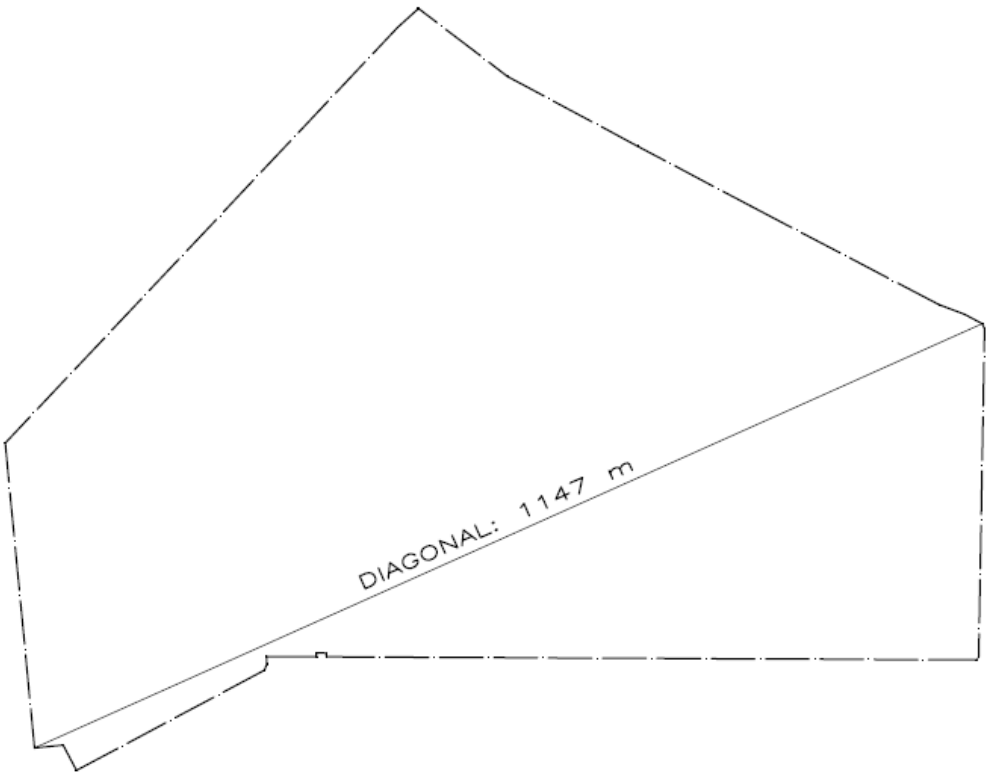



Imagen 19 - Diagonal mayor dentro del área de estudio.

Habiendo definido la diagonal más extensa dentro del área de estudio, se procedió a definir la distribución espacial de los puntos de control. El software utilizado para ello fue el QGIS 2.18.7, donde se cargó la capa vectorial del parcelario de Montevideo, eliminando todo aquello que no fuera de interés. Para definir la distribución de los puntos, se utilizó la herramienta de investigación *Puntos aleatorios dentro de polígonos (fijo),* dónde se especifica el polígono, la cantidad de puntos deseados y la distancia mínima entre ellos.

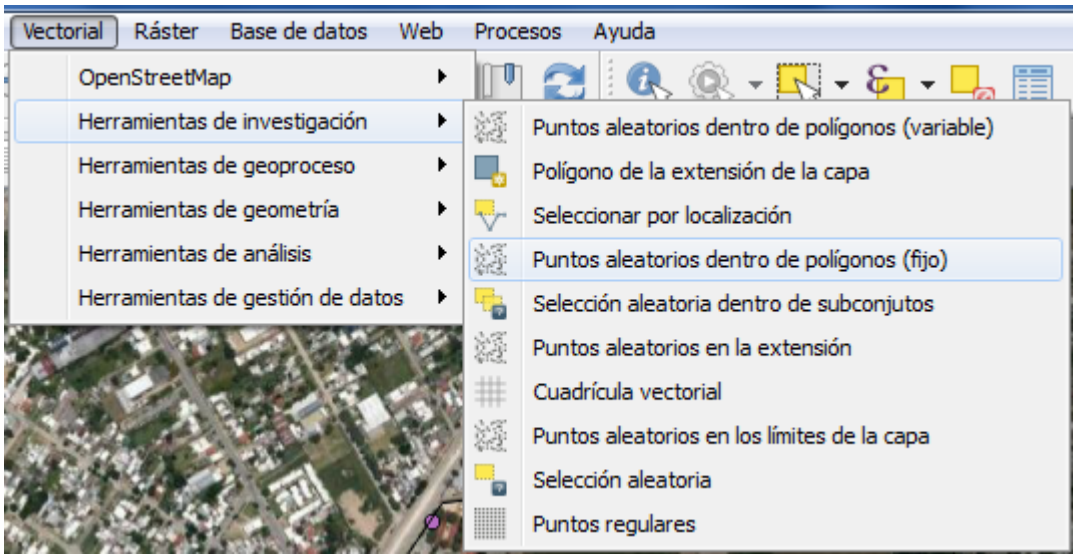



Imagen 20 - QGIS: herramienta de investigación: puntos aleatorios dentro de polígono.

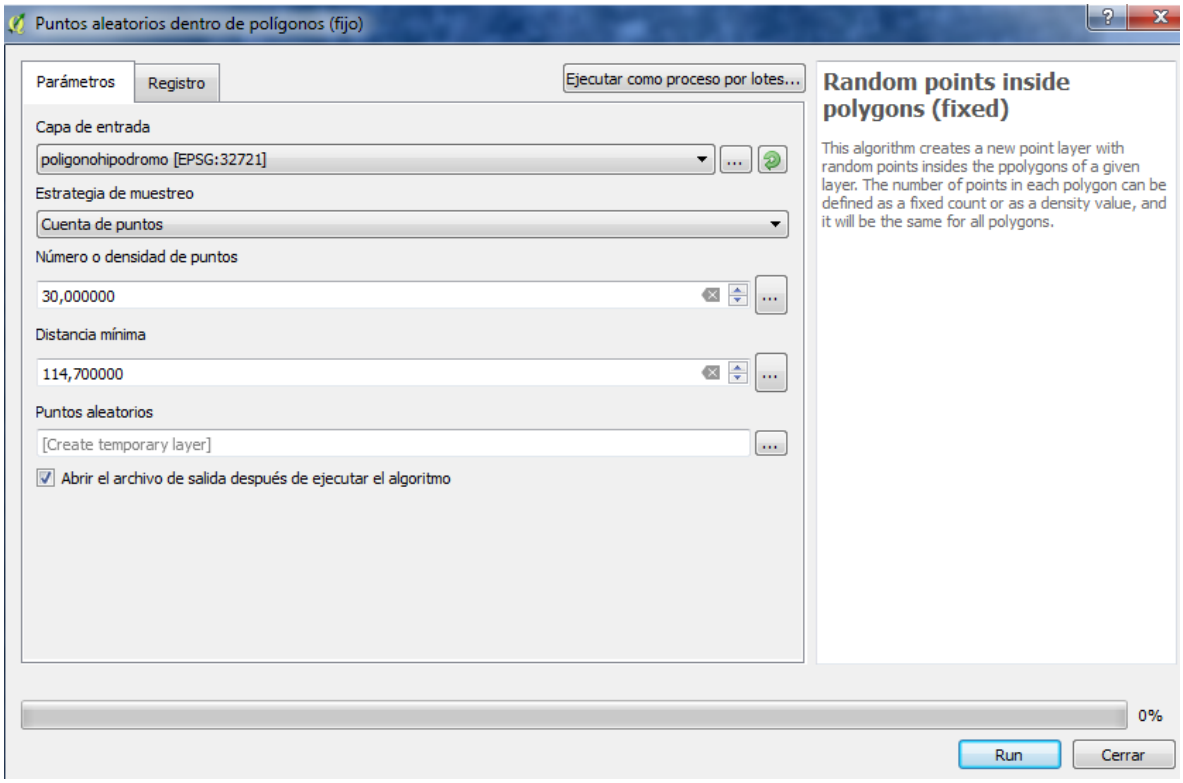



*Imagen 21 - QGIS: parámetros especificados para la herramienta puntos aleatorios dentro de polígonos.*

Como se ilustra en la imagen, se consideran 30 puntos de control (10 más de lo que recomienda la norma) para estar cubiertos a la hora de relevar los mismos, ya que pueden existir ciertos factores que impidan la toma del punto en campo (edificaciones, árboles, entre otros).

Imagen 22 - Distribución puntos de control.

Se realizaron varios intentos para la distribución de los puntos en el software, y se seleccionó la que consideramos mejor distribuida espacialmente. Como se ilustra en la imagen, hay 27 puntos de control en el área de estudio, ya que de los 30 que se habían distribuido, se eliminaron 3 porque se ubicaban sobre construcciones o sobre vegetación.

### 7.2.3 Materialización de los puntos.

Como paso previo a la realización del vuelo, se definió el tipo de señalización a utilizar para colocar los puntos de apoyo y de control. En fotogrametría se define señalización, como la materialización en el terreno, con el objetivo principal de generar puntos fotoidentificables en las imágenes.

En este caso se definió el mismo estilo de señalización tanto para los puntos de apoyo como para los de control, diferenciando los mismos por el color.

Dicho procedimiento se realiza a los efectos de obtener mayor precisión al momento de identificar los puntos que intervienen en el proceso de restitución.

#### 7.2.3.1 Forma y Tamaño.

En cuanto a las dimensiones de la marca, el libro *Apuntes de Fotogrametría III* recomienda utilizar las siguientes para las diferentes escalas:

- Escala ≈ 1 : 18000 ***75 x 75*** cm (escala pequeña)
- Escala ≈ 1 : 7500 ***30 x 30*** cm (escala mediana)

- Escala ≈ 1 : 3000 ***15 x 15*** cm (escala grande)

En función de la altura de vuelo para el tamaño del píxel deseado, y la distancia focal de la cámara, se podrá determinar el valor de la escala adecuado para el proyecto. La altura del vuelo, como se dijo anteriormente, es de 157 m y la distancia focal de la cámara es de 15mm, con estos valores se obtiene una escala aproximada de 1:10500.

Según las recomendaciones del mencionado libro, interpolando entre escala mediana y pequeña, se deberían realizar las marcas de 45 x 45 cm. Considerando algunas recomendaciones de personas con experiencia y para asegurarnos que las mismas efectivamente fueran visibles, se decidió realizarlas de 60 x 60 cm.

Se manejaron tres opciones en cuanto a la forma y al material a utilizar. Las formas que se consideraron se pueden observar en la siguiente imagen.

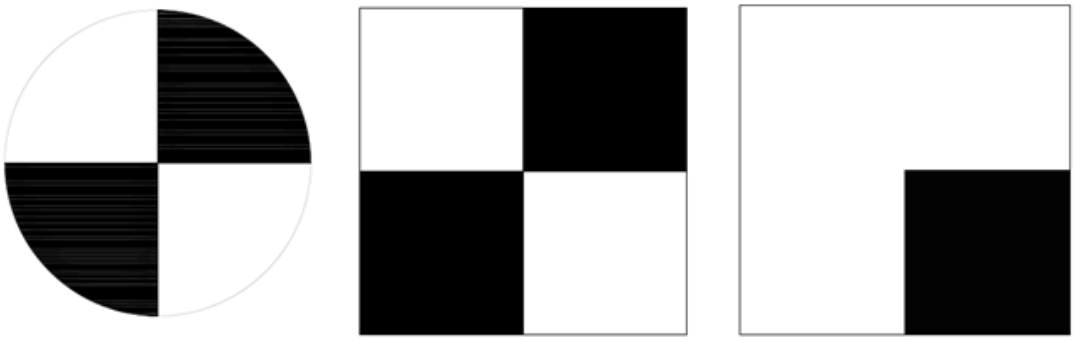


Imagen 23 - Diferentes formatos para la materialización de los puntos de apoyo/control.

Con respecto a los materiales, se evaluaron las siguientes opciones: Puntos de papel, de madera o de lona.

La primera opción que se manejó fue la de realizar los puntos de papel, ya sea imprimiendo los mismos o comprando cartulinas blancas y negras para realizarlos manualmente. Esta opción fue descartada a la hora de consultar el costo de la impresión, y, además, porque a la hora de colocar la cartulina/papel en el pasto, ésta se iba a humedecer y por lo tanto, estropear el punto.

La segunda opción manejada fue la utilización de madera, comprando las mismas ya cortadas en las dimensiones deseadas (60cmx60cm). Esta opción también fue descartada, si bien el costo era aceptable el

inconveniente que se encontró fue el traslado de estas, tanto hasta el lugar, como dentro del mismo.

La tercera opción y la que se entendió conveniente fue utilizar lona ya que es económica, flexible y es resistente a la humedad. Por lo tanto, se compró 9m x 1.80m de lona blanca y fue cortada manualmente con las dimensiones deseadas.

Luego de haber seleccionado el material, se definió la forma a utilizar para los puntos, y la misma fue en “L” (la imagen de más a la derecha), ya que al tener que pintar los mismos, solo se debería pintar un cuadrante, por lo que es más sencillo e implica menos pintura, lo que termina siendo más económico.
Se realizó un molde de cartón en forma de “L” para facilitar la pintura de las lonas con aerosol.

Imagen 24 - Confección de los puntos de apoyo/control.

Resulta importante, para la etapa de procesamiento, diferenciar los puntos de control de los puntos de apoyo a la hora de materializarlos. Se decidió diferenciarlos por color, utilizando el color negro para los puntos de control y el color naranja para los puntos de apoyo. Cabe destacar, que la mayoría de los puntos de apoyo se encuentran ubicados fuera del predio del Hipódromo de Maroñas. Debido a la inseguridad de la zona, y a que la mayoría estaban posicionados sobre el pavimento, se decidió realizar un molde de cartón en forma de flecha para pintar los mismos con aerosol.

Imagen 25 - Molde utilizado para materializar los puntos de apoyo.

# 8. RELEVAMIENTO.

## 8.1 Introducción.

El relevamiento en el Hipódromo de Maroñas fue realizado el 26 de mayo de 2018 con una duración de 8 horas, comprendidas entre las 8.00 y las 16.00 horas. La empresa encargada de dicho vuelo fue KPN, el operador designado para llevar a cabo el mismo fue Marcelo Lisboa y el dron utilizado fue el Trimble UX5 de ala fija.

Para colocar los puntos de apoyo y puntos de control se utilizaron dos GNSS, uno de ellos proporcionado por la empresa KPN (R4 Trimble) y el otro por la empresa Interagrovial S.A. (GR-5 TOPCON).

El vuelo con UAV fue planificado para las 11 horas, por lo que todas las marcas debían estar colocadas para ese momento.

Dentro del relevamiento en campo se pueden definir 3 etapas llevadas a cabo:

1. Relevamiento con GNSS:
    a. Colocación y relevamiento de los puntos fuera del límite del predio.

b. Colocación y relevamiento de los puntos dentro del límite del predio.

2. Relevamiento fotogramétrico con UAV.
3. Retiro de las marcas.

## 8.2 Relevamiento con GNSS.

Como se dijo anteriormente, se utilizaron dos equipos GNSS para el relevamiento de los puntos, utilizando el método diferencial en tiempo real a través del protocolo NTRIP.[5] El método diferencial consiste en calcular el vector tridimensional (dx,dy,dz) entre dos puntos ocupados en forma simultánea por dos receptores GNSS, donde uno es considerado fijo y el otro móvil. De esta forma, resolviendo el vector antes mencionado y aplicándolo a las coordenadas de la base, podemos obtener las coordenadas del punto que ocupa el receptor móvil. El método de corrección diferencial en tiempo real permite obtener las posiciones precisas del receptor móvil directamente en el campo, al momento del relevamiento. Para ello, es necesario contar con un enlace que transmita en tiempo real los datos del receptor base al receptor móvil. Existen diversas opciones de enlace: radio-módem, satélite de comunicaciones,

[5] Información extractada de: N. Suárez, R. Pérez Rodino, R. Yelicich. 2013. Red de transporte de datos en formato RTCM, vía protocolo de Internet (Ntrip). Implementación en la región y proyección futura a través de SIRGAS. Revista Cartográfica 89.

internet, entre otras. La distribución de datos por Internet, es la conocida como protocolo NTRIP, y fue la utilizada para el relevamiento. En Uruguay se cuenta con el Servicio de Corrección Diferencial en Tiempo Real del Servicio Geográfico Militar (S.G.M.), donde el mismo dispone de 22 receptores fijos distribuidos por todo el país; una vez que el receptor móvil conecta a Internet, a través de la controladora, se despliega una lista con los receptores fijos del S.G.M. siendo el primero el más cercano al móvil. El proceso explicado fue el que se utilizó para el relevamiento en campo.

El sistema de referencia utilizado fue el WGS84 y la proyección UTM 21S. Un sistema de referencia es una definición conceptual de teorías, hipótesis y constantes que permiten situar una tripleta de ejes coordenados en el espacio, definiendo su origen y su orientación. De esta forma, será necesario un sistema de referencia terrestre para la determinación de coordenadas sobre la Tierra. El sistema de referencia WGS84 es un elipsoide de revolución que se utiliza para modelar la Tierra, y es la superficie resultante de la rotación de una elipse alrededor de una línea recta que pasa por los puntos extremos de dicha elipse. Los parámetros que definen esta superficie son el semieje mayor (a), semieje menor (b) y el achatamiento (parámetro

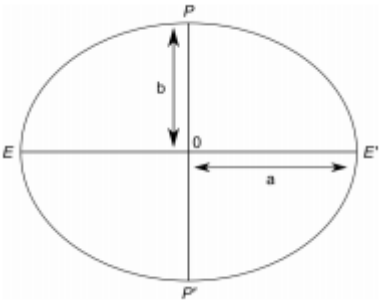



Imagen 26 - Terminología para el elipsoide de rotación: EE´ es el eje mayor, PP´ es el eje menor y el eje de rotación, donde a, es el semieje mayor y b es el semieje menor.

utilizado para determinar la diferencia entre el elipsoide y la esfera). Utilizando el sistema de referencia WGS84 se obtienen coordenadas geográficas (latitud, longitud, altura elipsoidal), y luego las mismas son proyectadas a un plano, en este caso a través de la proyección UTM 21 S, obteniendo coordenadas cartesianas.

A efectos de obtener una mejor precisión en el relevamiento de los puntos, se decidió que la ocupación de los mismos fuera de 1 minuto.

Dada la forma y los colores (blanco y negro) de las marcas utilizadas para los puntos, se decidió relevar una de las puntas blancas de la lona, ya que, a mayor altura de vuelo, se visualiza más éste que el color negro. Como se ilustra en la imagen, la punta de la flecha blanca fue la elegida para el relevamiento.

Imagen 27 - Vértice relevado.

### 8.2.1 Colocación y relevamiento de los puntos fuera del límite del predio.

Se decidió comenzar con los puntos que se encontraban fuera del límite del predio, ya que cuanto más temprano en el día, menos tránsito y

circulación de gente, y a su vez por la inseguridad de la zona. Se distribuyeron las tareas en dos equipos, dónde el equipo 1 se encargó de materializar con pintura el punto y consecuentemente el equipo 2 relevó el punto colocado. Para la ubicación de los puntos, el equipo 1 utilizó un archivo KMZ cargado en Google Earth, empleando el GPS del celular y a su vez se consideró que los puntos fueran visibles a la hora de la toma de la foto; también que los mismos se encontraran alejados de construcciones o árboles que impidieran el levantamiento del punto con GNSS. El equipo 2 no sólo relevó el punto colocado, sino que también, se relevaron entre 2 y 3 puntos auxiliares en los alrededores de cada punto de apoyo planificado. Esta medida fue llevada a cabo por precaución, ya que los puntos fuera del límite del predio se materializaron sobre la vía pública, y al momento del vuelo, estos podían encontrarse obstaculizados por vehículos, personas, entre otros.

Imagen 28 - La imagen de la izquierda muestra el punto de apoyo relevado y la de la derecha muestra el relevamiento de un punto auxiliar.

### 8.2.2 Colocación y relevamiento de los puntos dentro del límite del predio.

Para esta etapa se dividió la zona de interés en dos, una zona interior a la pista y la otra exterior a la misma. Las tareas realizadas por cada equipo fueron la colocación de las marcas y el relevamiento de los puntos. Previo al relevamiento se exportaron las coordenadas de los puntos de control y de apoyo a los equipos GNSS, para su posterior replanteo en campo. La dinámica utilizada fue localizar cada punto con el GNSS, colocar la marca (el punto) sobre el terreno, y como precaución de que las mismas no se movieran en el transcurso del día, se le colocaron cuatro clavos de techo de 8 cm en cada uno de sus vértices. Ubicada la marca, se procedió a

relevar el punto. Al contar con dos equipos GNSS, se dividieron las tareas por zona, donde el equipo 1 se encargó de la zona exterior, utilizando el Trimble R4, mientras que el equipo 2 trabajó en la zona interior con el GR5.

## 8.3 Relevamiento fotogramétrico con UAV.

El relevamiento fotogramétrico se realizó el 26 de mayo de 2018 por la empresa KPN a las 11 horas. Cabe destacar, que el horario se eligió en función de la posición del sol, de forma tal que el mismo genere lo mínimo de sombra sobre la superficie del terreno.

Como se mencionó anteriormente, en gabinete se realizó la planificación del vuelo, donde se pudo aproximar ciertos valores como duración del mismo y cantidad de fotografías. Sin embargo, el mismo debe de hacerse nuevamente antes del relevamiento, ya que existe un factor determinante y variable: el viento. Tanto la dirección como la velocidad de este influyen a la hora de planificar el vuelo.

A la hora del relevamiento se eligió la zona de despegue y aterrizaje más conveniente de acuerdo a las características del terreno, considerando que el mismo debe tener un relieve lo más llano posible y que no sea

rígido, de forma tal que, a la hora del aterrizaje, el UAV no se vea afectado en su estructura.

A su vez se debe considerar que, el despegue debe realizarse siempre en contra del viento.

Imagen 29 - Plan de vuelo realizado el día del relevamiento considerando la dirección del viento.

Imagen 30 - UAV posicionado para el despegue.

Como se dijo anteriormente, según la planificación, el vuelo duraba 30 minutos, mientras que la batería del UAV tiene una durabilidad de 40 min, por lo tanto, era posible realizar un solo vuelo para relevar la totalidad de la zona de interés. Esto no fue viable ya que la batería duró menos de lo pensado, por lo que hubo que aterrizar el UAV y volver a despegar el mismo, para poder completar las líneas de vuelo y de esta forma terminar con la totalidad del relevamiento. Como consecuencia de ello, tres líneas de vuelo fueron relevadas en ambos vuelos, generando 911 fotografías.

Una vez finalizado la totalidad del relevamiento, se le entregó al encargado de realizar el vuelo, un pendrive para la obtención de las fotografías, donde se tuvo la precaución de llevar uno que tuviera la suficiente memoria para soportar las mismas.

Los resultados extraíbles del relevamiento con UAV son las fotografías y el archivo de coordenadas que posiciona las imágenes al momento de la toma. El tamaño total de las 911 fotografías fue de 9.17 GB, donde cada una de las imágenes tiene un tamaño promedio de 10.5MB, por lo que el tiempo de transferencia de datos al pendrive fue de aproximadamente una hora.

Obtenidas las imágenes del relevamiento con UAV se pueden identificar los puntos de control/apoyo en las fotografías aéreas.

Imagen 31 - Punto de control relevado desde el UAV.

Imagen 32 - Punto de apoyo relevado desde UAV.

## 8.4 Retiro de las marcas.

Una vez finalizado el vuelo fotogramétrico con UAV, se procedió a retirar todas las marcas colocadas, ubicadas en la zona interior y exterior a la pista. El equipo 1 retiro las marcas de la zona exterior mientras que el equipo 2 se encargó de la zona interior. Las marcas estaban fijadas al terreno con cuatro clavos en cada uno de sus vértices, los cuales debieron ser retirados con mucha atención y precaución de que no faltara ninguno ya que, si algún clavo quedaba en el terreno, podría ser peligroso para los caballos. Luego, para tener un mayor control, se contabilizaron las marcas retiradas, así como también la cantidad de clavos, para verificar efectivamente que se retiraran todos.

# 9. PROCESAMIENTO.

## 9.1 Introducción.

Luego de finalizado el relevamiento fotogramétrico con UAV y obtenidas las imágenes del vuelo se procedió a realizar el procesamiento de este. Si bien en el relevamiento de campo se utilizó un sistema de referencia WGS84 y una proyección UTM 21S, para el procesamiento se realizó una transformación de coordenadas, generando así un sistema de coordenadas locales, los mismos se suelen utilizar para la representación cartográfica a gran escala (área pequeña).

Se pueden distinguir cuatro etapas:

1. Transformación de coordenadas.
2. Elección del software.
3. Procedimiento con Agisoft y Pix4D Mapper.

## 9.2 Transformación de Coordenadas.

A pesar de que en el relevamiento se utilizó la proyección UTM 21S, para el procesamiento se decidió realizar una proyección local de forma tal de minimizar errores.

La proyección cartográfica permite representar una superficie esférica en una lámina de papel plana, en el caso de la Tierra, la proyección es una representación sistemática de los paralelos y los meridianos de una superficie tridimensional en una superficie bidimensional. Esta representación en un plano genera distorsiones, es por ello que existen diversos tipos de proyecciones, donde cada una de ellas trata de minimizar diferentes deformaciones.

La proyección utilizada para este proyecto es la Transversal de Mercator, una proyección cilíndrica donde la posición del cilindro es transversal respecto del eje de la tierra. El cilindro está orientado en sentido este - oeste y la proyección representa sin distorsión la curvatura de la Tierra en sentido norte - sur.

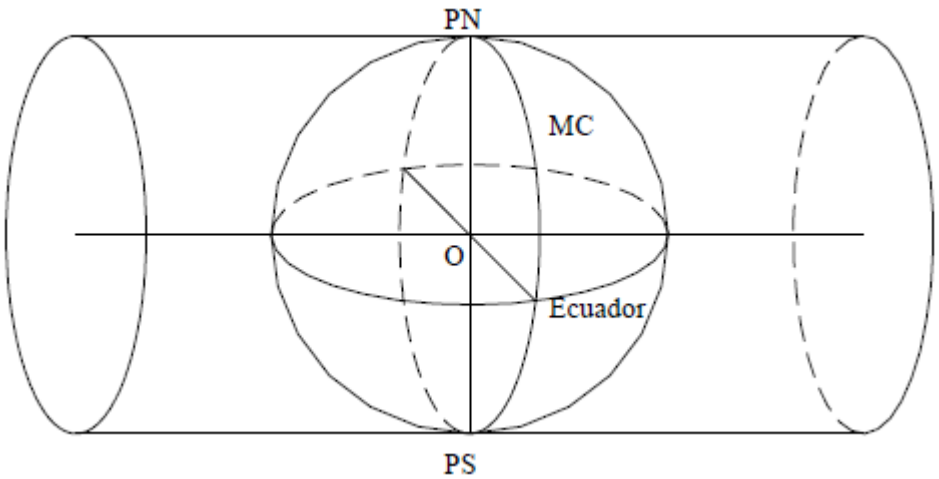



Imagen 33 - Proyección Cilíndrica Conforme de Gauss-Kruger.

Para utilizar la proyección local se definen ciertos parámetros, y para ello se tiene en cuenta la longitud en la que se encuentra el lugar de interés, por ejemplo, para definir el meridiano de contacto, que es por donde el cilindro será tangente. A través de la aplicación Google Earth, se eligió la ubicación por donde pasaría el meridiano central. Considerando que la zona de interés es el Hipódromo de Maroñas, se ubicó la misma en Google Earth y se colocó el cursor sobre el lugar que es de interés que pase el meridiano de contacto, en este caso el mismo pasará por el medio de la parcela, de forma tal que las dispersiones sean de la misma magnitud para un sentido y para el otro. Previo a este paso se debe asegurar que la aplicación esté configurada para que la latitud y longitud sea mostrada en grados, minutos y segundos.

Los parámetros definidos para la proyección local fueron los siguientes:

- Meridiano de contacto: 56º08’32,73” W (-56,142425)
- Latitud de origen: 00º00’00”
- Falso Este (eje X): 500.000
- Falso Norte (eje Y): 10.000.000
- Factor de escala en el meridiano de contacto: 1

Los valores seleccionados para el falso este y falso norte aseguran que las coordenadas proyectadas tengan valores positivos.

Imagen 34 – En la imagen se muestra el meridiano de contacto en color amarillo.

La transformación de coordenadas se llevó a cabo a través del software Gvsig, especificando los parámetros definidos para la proyección local.

A continuación, se muestran las coordenadas relevadas en campo y las coordenadas proyectadas en gabinete.

| Coordenadas relevadas | | | | Coordenadas proyectadas | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Nº punto | X_UTM | Y_UTM | Altura elipsoidal | X_LOCAL | Y_LOCAL | Altura elipsoidal |
| PA1 | 577722,036 | 6144417,492 | 55,661 | 499313,204 | 6143204,140 | 55,661 |
| PA2 | 578137,013 | 6144226,089 | 60,025 | 499729,938 | 6143016,231 | 60,025 |
| PA3 | 578650,998 | 6143863,183 | 60,420 | 500247,175 | 6142657,618 | 60,420 |
| PA4 | 578942,116 | 6144164,607 | 63,958 | 500535,798 | 6142961,618 | 63,958 |
| PA5 | 578840,758 | 6144486,217 | 67,848 | 500431,660 | 6143282,454 | 67,848 |
| PA6 | 578664,372 | 6144887,977 | 63,434 | 500251,787 | 6143682,820 | 63,434 |
| PA7 | 577995,476 | 6144830,982 | 54,821 | 499583,186 | 6143620,088 | 54,821 |
| PA8 | 578364,609 | 6144417,120 | 56,118 | 499955,965 | 6143209,264 | 56,118 |

Tabla 2 - Coordenadas relevadas de los puntos de apoyo en proyección UTM 21S y proyección local.

| Coordenadas relevadas | | | | Coordenadas proyectadas | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Nº punto | X_UTM | Y_UTM | Altura elipsoidal | X_LOCAL | Y_LOCAL | Altura elipsoidal |
| PC1 | 578086,628 | 6144396,026 | 59,092 | 499678,084 | 6143185,786 | 59,092 |
| PC2 | 578737,889 | 6144004,593 | 61,480 | 500332,881 | 6142799,811 | 61,480 |
| PC3 | 578733,449 | 6144223,406 | 60,543 | 500326,568 | 6143018,649 | 60,543 |
| PC4 | 578412,326 | 6144192,851 | 58,903 | 500005,614 | 6142985,339 | 58,903 |
| PC5 | 578093,227 | 6144716,216 | 56,692 | 499681,947 | 6143506,125 | 56,692 |
| PC7 | 578559,351 | 6144290,307 | 58,494 | 500151,848 | 6143084,080 | 58,494 |
| PC8 | 578318,865 | 6144277,896 | 58,679 | 499911,399 | 6143069,609 | 58,679 |
| PC9 | 578422,292 | 6144701,286 | 56,391 | 500011,234 | 6143494,005 | 56,391 |
| PC10 | 577905,256 | 6144630,008 | 57,226 | 499494,659 | 6143418,284 | 57,226 |
| PC11 | 578237,096 | 6144747,774 | 56,916 | 499825,587 | 6143538,923 | 56,916 |
| PC12 | 578558,535 | 6144629,506 | 60,740 | 500148,130 | 6143423,370 | 60,740 |
| PC13 | 578607,658 | 6144395,447 | 59,775 | 500199,269 | 6143189,664 | 59,775 |
| PC14 | 578426,754 | 6144576,227 | 57,967 | 500016,767 | 6143368,948 | 57,967 |
| PC15 | 577873,543 | 6144492,255 | 58,376 | 499464,115 | 6143280,220 | 58,376 |
| PC16 | 578182,316 | 6144641,609 | 57,379 | 499771,699 | 6143432,258 | 57,379 |
| PC17 | 578616,590 | 6144018,698 | 60,108 | 500211,427 | 6142812,883 | 60,108 |
| PC18 | 578447,794 | 6144417,286 | 56,937 | 500039,173 | 6143210,142 | 56,937 |
| PC19 | 578026,802 | 6144526,542 | 57,706 | 499617,125 | 6143315,828 | 57,706 |
| PC20 | 578162,091 | 6144516,710 | 57,193 | 499752,537 | 6143307,150 | 57,193 |
| PC21 | 578218,235 | 6144357,214 | 58,238 | 499810,061 | 6143148,089 | 58,238 |
| PC22 | 577969,235 | 6144729,478 | 56,507 | 499557,805 | 6143518,330 | 56,507 |
| PC23 | 578563,559 | 6144797,616 | 58,811 | 500151,718 | 6143591,571 | 58,811 |
| PC24 | 578314,716 | 6144630,549 | 56,260 | 499904,232 | 6143422,328 | 56,260 |
| PC25 | 578585,572 | 6144514,202 | 60,977 | 500176,161 | 6143308,264 | 60,977 |
| PC26 | 578613,329 | 6144144,961 | 59,093 | 500207,085 | 6142939,154 | 59,093 |
| PC27 | 578865,546 | 6144159,675 | 62,500 | 500459,248 | 6142956,030 | 62,500 |

Tabla 3 - Coordenadas relevadas de los puntos de control en proyección UTM 21S y proyección local.

## 9.3 Elección del Software.

En un primer momento se evaluaron dos posibles opciones, el software Agisoft o el Pix4D Mapper. Ambos softwares son propietario[6], pero en el

[6] Software propietario: programa informático en el que los usuarios tienen limitadas las posibilidades de usarlo, modificarlo o redistribuirlo ya que existe una persona física o jurídica que limita su uso, la posibilidad de incluir mejoras, de compartir y distribuir copias libremente.

caso de Pix4D Mapper, permite descargar e instalar una versión gratis durante 15 días pudiendo hacer uso de todas las funciones: crear nube de puntos, obtener ortomosaicos digitales, modelos digitales de superficie, entre otros. Para el caso de Agisoft, consideramos recomendaciones del Ing. José Manuel Martínez, quien proporcionó su computadora con dicho software, el cual contaba con licencia profesional, por lo que permite obtener ortofotos georeferenciadas de alta resolución y modelos digitales de terrenos.

Al tener la opción de poder procesar con ambos softwares, se decidió considerar los dos.

## 9.4 Procedimiento.

Como se dijo anteriormente, para la obtención de los resultados deseados, se decidió utilizar dos softwares diferentes: Agisoft y Pix4D Mapper. Al contar con una computadora que contiene la licencia profesional del Agisoft, se decidió empezar el procesamiento, utilizando ese software.

### 9.4.1 Agisoft.

El procedimiento llevado a cabo para el procesamiento de las imágenes en el Agisoft se detalla a continuación:

1. Se cargan las fotos a partir del menú “Workflow” → “Add photos”. En la pestaña “Reference” al lado de “Workspace”, vamos a “import” y se carga el archivo de coordenadas de la posición de las imágenes.

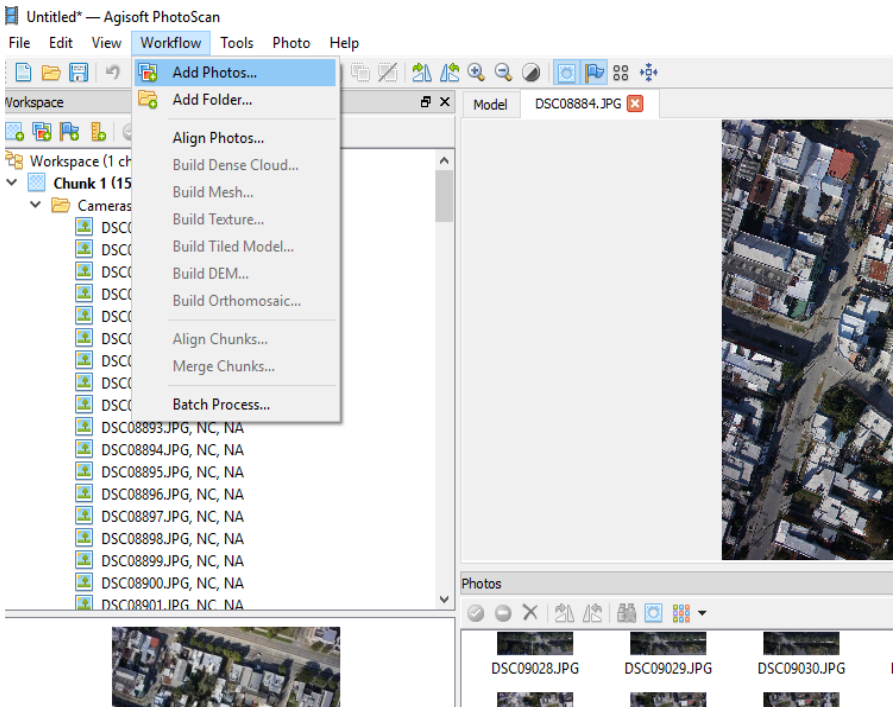



Imagen 35 - Procedimiento correspondiente al paso 1.

2. Para que el programa reconozca la posición desde donde se tomaron las imágenes, se utiliza la alineación de las mismas a partir del menú “Workflow” → “Align photos”. Se abre una ventana y se

especificará la resolución con la que trabajará el programa para la alineación de las fotos: “Accuracy” → “Medium”.

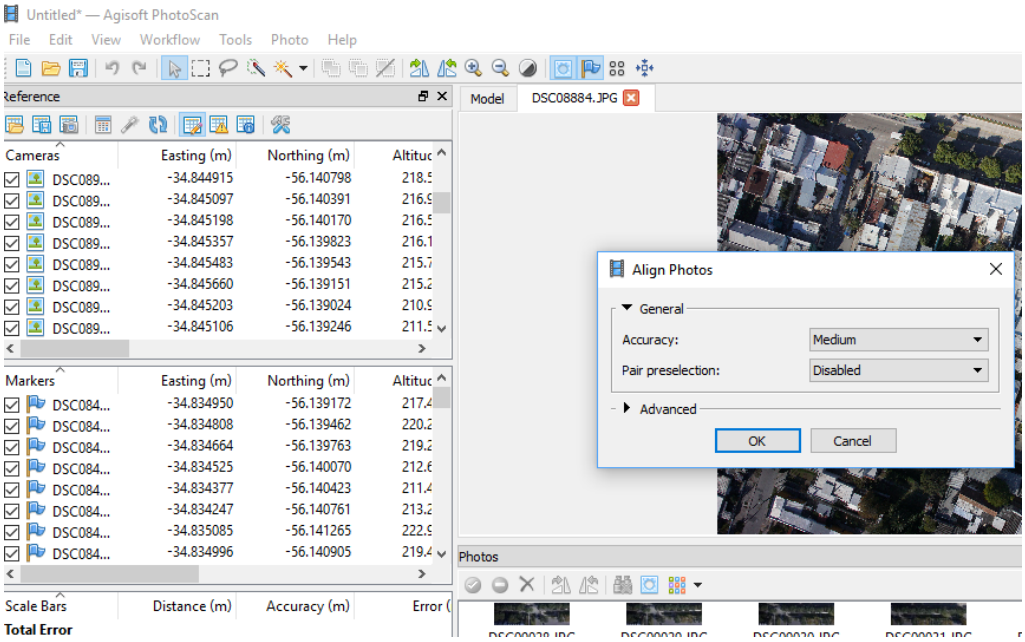



Imagen 36 - Procedimiento correspondiente al paso 2.

3. Finalizada la alineación, en la pestaña “Reference” se selecciona “import” y se cargan los puntos de apoyo. Luego se marca en cada imagen, la ubicación del punto haciendo click derecho sobre el mismo: “colocar marcador” y se indica cuál punto es.

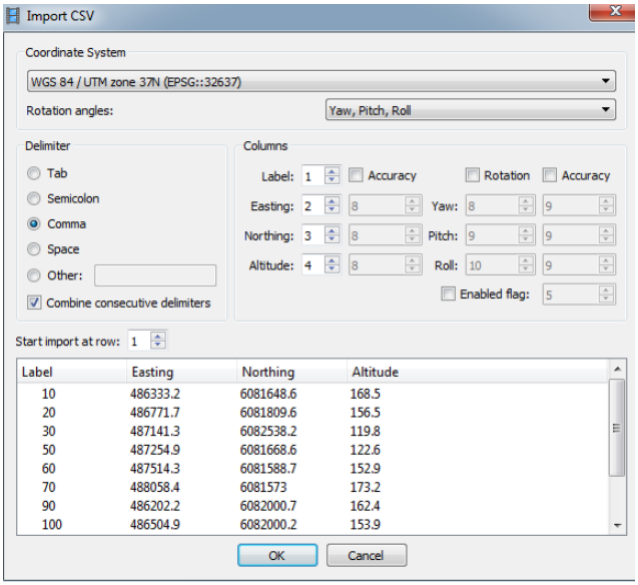



Imagen 37 - Procedimiento correspondiente al paso 3 (importar puntos).

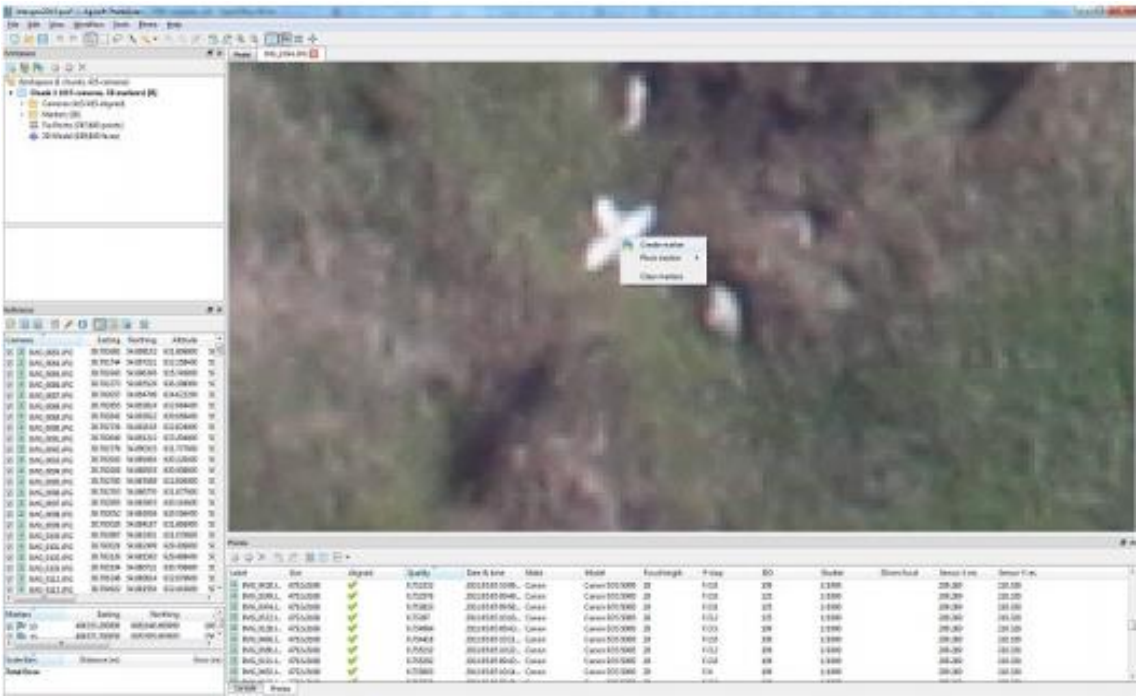


Imagen 38 - Procedimiento correspondiente al paso 3 (ubicación de las marcas).

4. Se va al menú “Tools” → “Optimize Cameras” para optimizar las cámaras, y se abrirá una ventana donde se seleccionan todas las opciones disponibles y click en “Ok”.

5. Para crear la nube de puntos, menú “Workflow” → “Build Dense Cloud”, se abre una ventana donde se especificará la calidad de la nube seleccionando la opción “High”.

6. Creada la nube de puntos, se procede a crear el modelo final (modelo de malla). Menú “Workflow” → “Build Mesh” donde se especificara “surface type”: “height field”, “source data” se elige la nube de puntos densa y como “face count”: “high”.

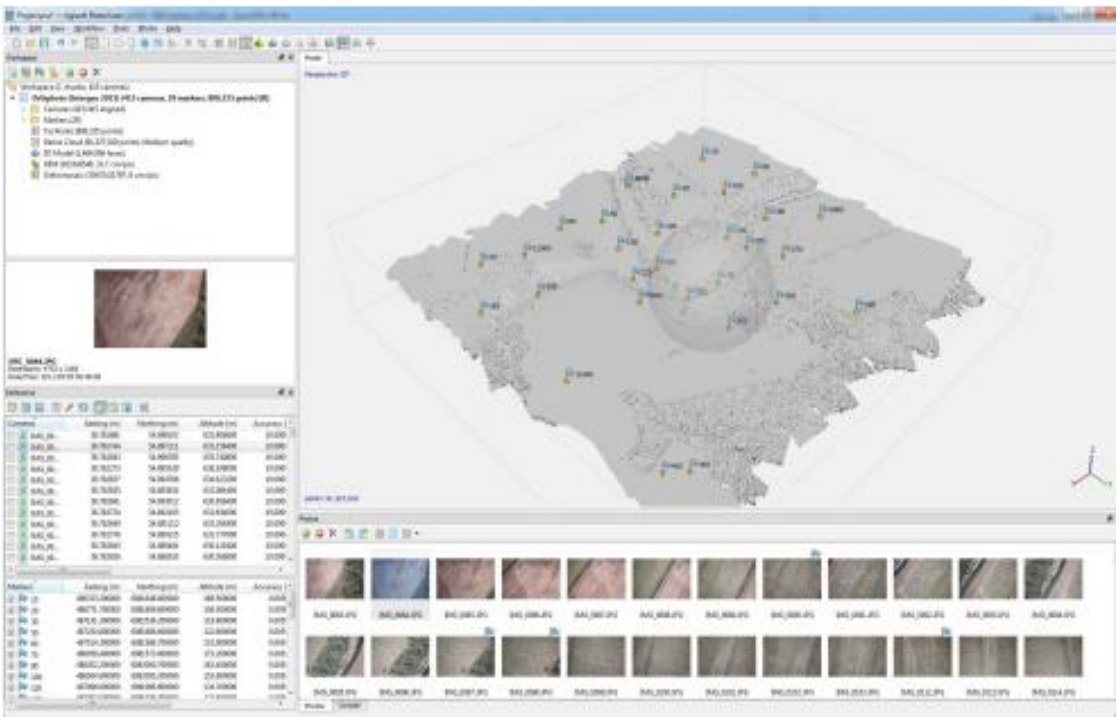


Imagen 39 - Nube de Puntos

7. Como forma de testear la bondad del modelo, desde el menú “Workflow” → “build texture” y en opciones generales “mapping mode” se elige “ortophoto” y el resto de los parámetros se dejan por defecto.

8. Para crear el modelo digital de elevación se selecciona menú “Workflow” → “Build DEM”, donde se define el sistema de referencia, se especifica una nube de puntos densa y se le especifica la resolución (cm/pixel).

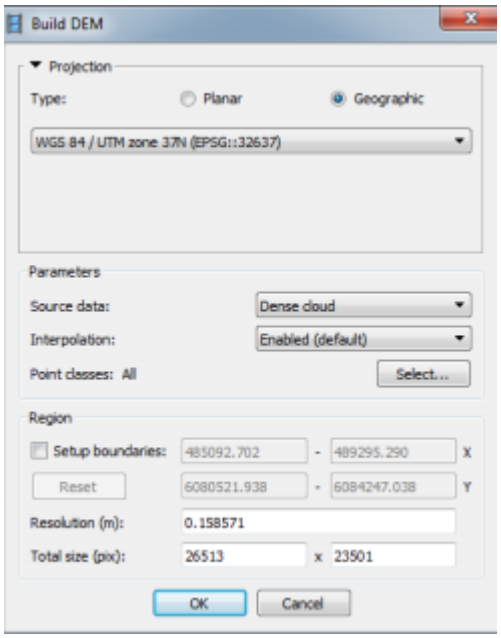



Imagen 40 - Procedimiento correspondiente al paso 8 (Especificaciones para el modelo digital).

9. Para crear el ortomosaico, se selecciona menú “Workflow” → “Build orthomosaic” y se especifica “surface”: “DEM”, “blending

mode": "mosaic", se selecciona "enable color correction", se le impone tamaño del pixel deseado y finalmente click en "ok".

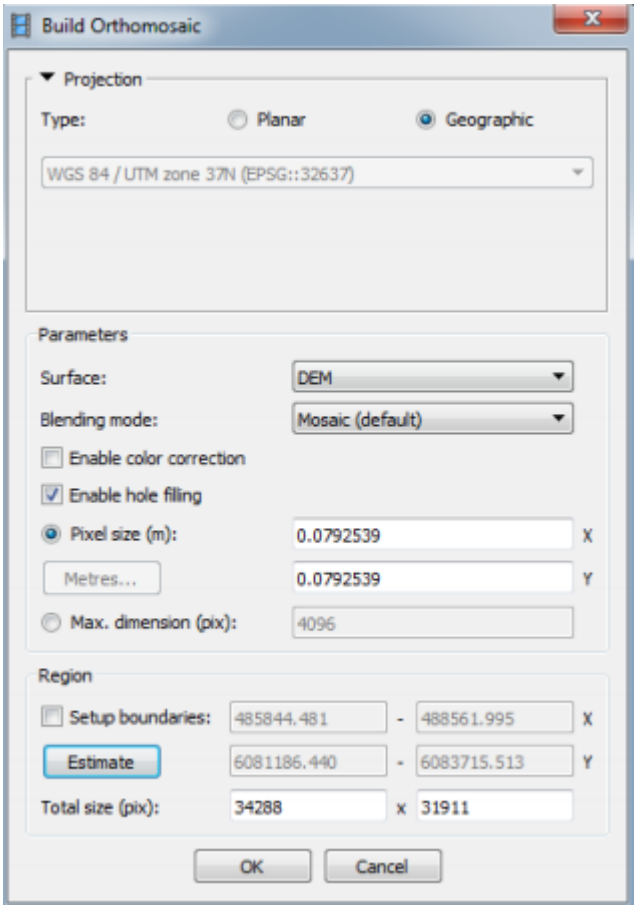



Imagen 41 - Procedimiento correspondiente al paso 9 (Especificaciones para el ortomosaico).

10. Para exportar el DEM, click derecho sobre el mismo dentro del "workspace", "export DEM": "export TIFF/BIL/XYZ.."

11. Para exportar el ortomosaico, click derecho sobre el mismo dentro del "workspace", "export orthomosaic": "export JPEG/TIFF/PNG..".

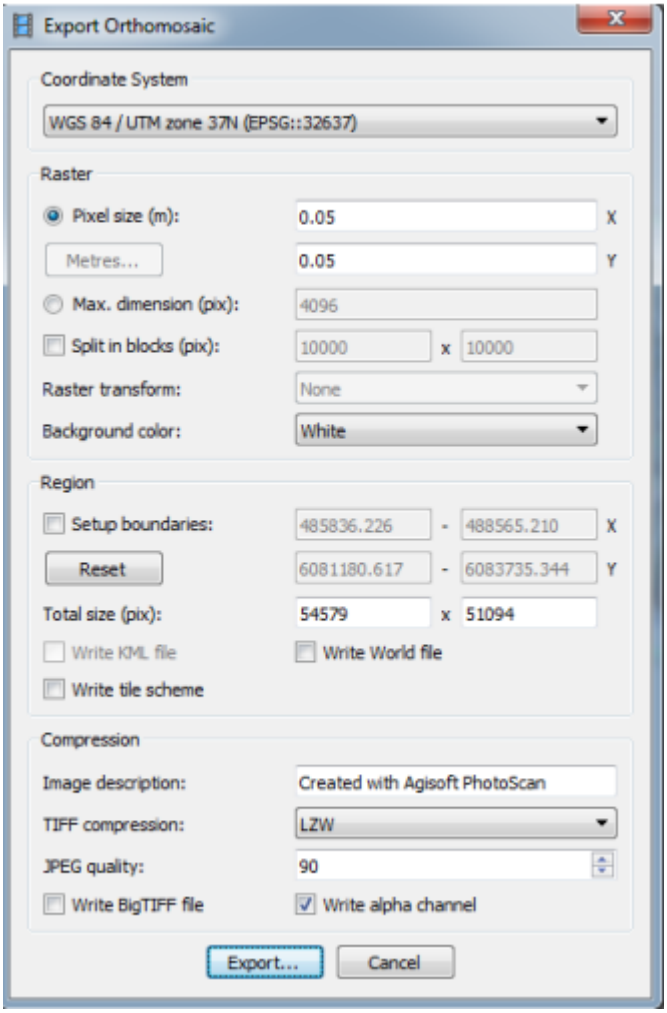



Imagen 42 - Procedimiento correspondiente al paso 11 (Especificaciones para exportar el ortomosaico).

Realizados todos los pasos mencionados, se obtuvo el ortomosaico deseado el cual fue descartado por las siguientes razones:

- No se pudo obtener la ortofoto en el sistema de coordenadas deseado. Como se dijo anteriormente, se realizó una proyección local para utilizar en el procesamiento y de esa forma minimizar deformaciones, lo cual no se logró a través del Agisoft por lo que la imagen quedó procesada con la proyección UTM 21S.

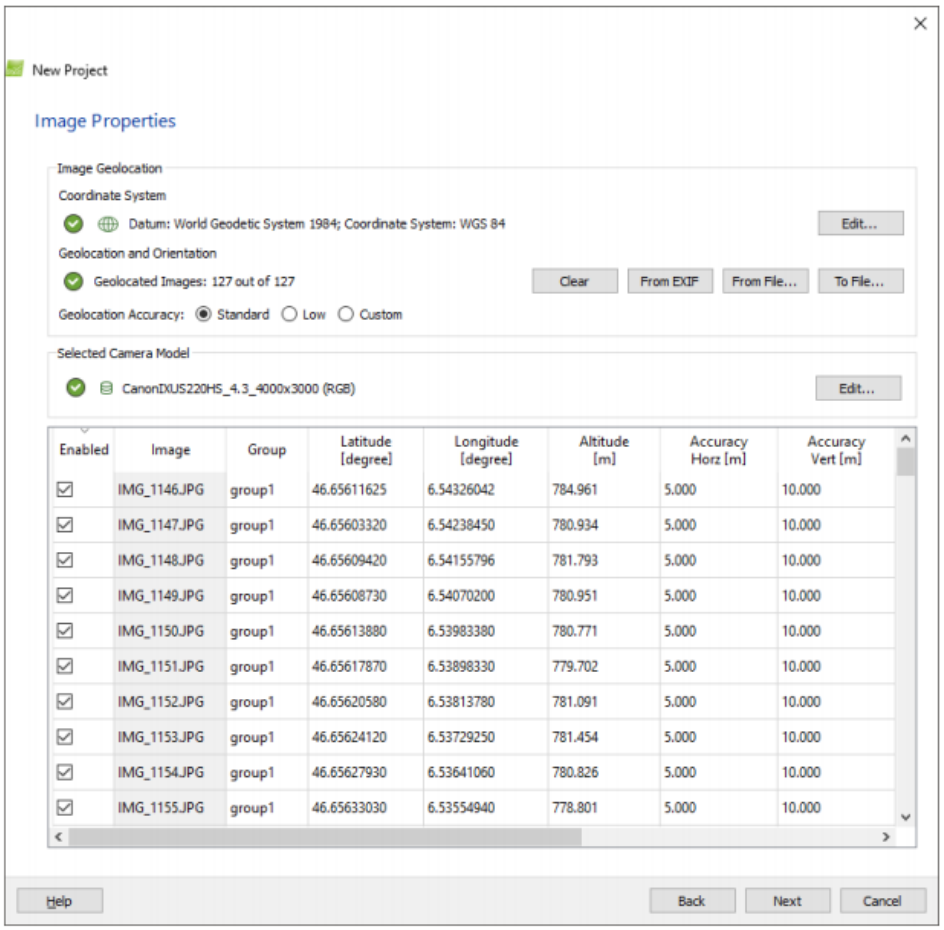
- De todas formas, se hizo un chequeo de calidad rápido en el cual se pudo detectar que la calidad altimétrica era mala. Al aplicar el NSSDA, el error en cota según el estándar dió 1,47 mts.

### 9.4.2 Pix4D Mapper.

El procedimiento llevado a cabo para el procesamiento de las imágenes en el Pix4D Mapper se divide en tres etapas: un procesamiento inicial, nube de puntos y malla, Modelo Digital de Superficie y ortomosaico.
Antes de comenzar con el procesamiento, es pertinente mencionar que los datos de los dos vuelos se cargarán de forma separada e independiente.
A continuación, se detallarán los pasos para realizar el procesamiento:

1. Se genera un nuevo proyecto, se le asigna un nombre y la ubicación donde se guardará el mismo.
2. Se cargan las imágenes del vuelo y a partir del botón “desde archivo” se selecciona el archivo.csv que vincula cada imagen con el lugar espacial en el que fue capturado.
    a. Para este vuelo se utilizó el UX5, por esta razón se deberá eliminar del archivo la primera fila (indicadores de cada columna) y las comillas (“) que tienen cada fila.

b. Se deberá verificar que el Sistema de Coordenadas que está seleccionado sea el correcto, de lo contrario selecciono “Editar” y elijo el sistema adecuado. En este caso la geolocalización de las imágenes se encontraba en WGS84, por lo que no fue necesario editarlo.




| Enabled | Image | Group | Latitude [degree] | Longitude [degree] | Altitude [m] | Accuracy Horz [m] | Accuracy Vert [m] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ☑ | IMG_1146.JPG | group1 | 46.65611625 | 6.54326042 | 784.961 | 5.000 | 10.000 |
| ☑ | IMG_1147.JPG | group1 | 46.65603320 | 6.54238450 | 780.934 | 5.000 | 10.000 |
| ☑ | IMG_1148.JPG | group1 | 46.65609420 | 6.54155796 | 781.793 | 5.000 | 10.000 |
| ☑ | IMG_1149.JPG | group1 | 46.65608730 | 6.54070200 | 780.951 | 5.000 | 10.000 |
| ☑ | IMG_1150.JPG | group1 | 46.65613880 | 6.53983380 | 780.771 | 5.000 | 10.000 |
| ☑ | IMG_1151.JPG | group1 | 46.65617870 | 6.53898330 | 779.702 | 5.000 | 10.000 |
| ☑ | IMG_1152.JPG | group1 | 46.65620580 | 6.53813780 | 781.091 | 5.000 | 10.000 |
| ☑ | IMG_1153.JPG | group1 | 46.65624120 | 6.53729250 | 781.454 | 5.000 | 10.000 |
| ☑ | IMG_1154.JPG | group1 | 46.65627930 | 6.53641060 | 780.826 | 5.000 | 10.000 |
| ☑ | IMG_1155.JPG | group1 | 46.65633030 | 6.53554940 | 778.801 | 5.000 | 10.000 |

Imagen 43 - Procedimiento correspondiente al paso 2 (Se cargan las imágenes, se especifica el Sistema de Coordenadas y se carga el .csv que contiene la ubicación geográfica de las imágenes).

3. En la ventana “Seleccionar el sistema de coordenada de salida” deberá elegirse el sistema de coordenadas de los puntos de apoyo.
    a. En nuestro caso los puntos se encuentran en sistema local, por lo cual es necesario cargar un archivo con la extensión .prj. Dicho archivo fue exportado desde el software ArcGis.

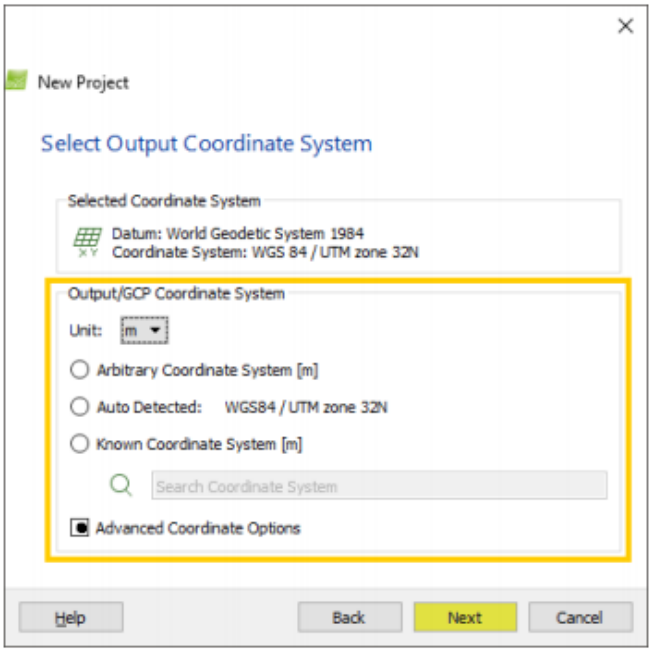



Imagen 44 - Procedimiento correspondiente al paso 3 (Especificación del Sistema de Referencia).

4. Se marca la opción Procesamiento Inicial, se elige “Opciones de Procesamiento” y se selecciona en la solapa de “Calibración”, el “Método de Calibración => Alternativo”
5. Se hace un click en “Inicio” para que comience el procesamiento

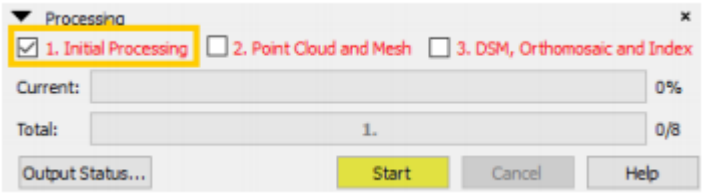



Imagen 45 - Procedimiento correspondiente al paso 5.

6. Una vez finalizado el mismo, el software entrega un reporte “Quality Report”, en el cual se indican los valores del ajuste. Antes de continuar se debe verificar que los 5 “Quality Check” estén OK, estos son: “Image”,“Dataset”,“Camera Optimization”,”Matching” y “Georeferencing”.

| | | |
|---|---|---|
| **Images** | median of 68912 keypoints per image | ✓ |
| **Dataset** | 911 out of 911 images calibrated (100%), all images enabled | ✓ |
| **Camera Optimization** | 0.38% relative difference between initial and optimized internal camera parameters | ✓ |
| **Matching** | median of 30783.6 matches per calibrated image | ✓ |
| **Georeferencing** | yes, 8 GCPs (8 3D), mean RMS error = 0.026 m | ✓ |

Imagen 46 - Resultado inicial del Reporte de Calidad.

Todos los pasos anteriores fueron realizados para ambos vuelos. Luego de haber finalizado el procesamiento inicial de ambos proyectos, se procedió con los siguientes ítems:

7. Se abre un nuevo proyecto y se selecciona la opción “Proyecto fusionado a partir de proyectos existentes”, marcando los proyectos antes creados.
8. Se deberá cargar e identificar los GCP (puntos de apoyo/control): “Gestor GCP/MTP”.

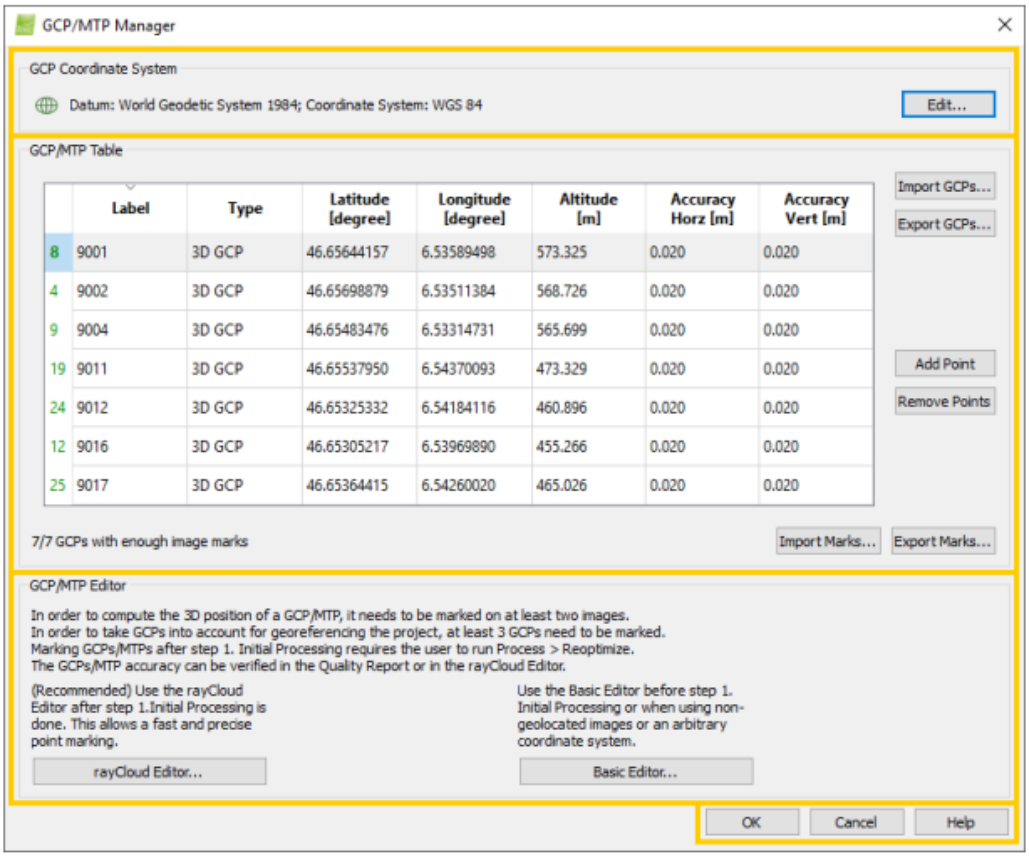



Imagen 47 - Gestor de puntos de apoyo y control.

9. Se selecciona el sistema de coordenadas de salida, haciendo click en “opciones avanzadas de coordenadas” e importando el archivo

.prj deseado. En este caso seleccionamos “Local_maroñas.prj”. A continuación, se muestra el detalle de dicho archivo:

PROJCS["Local_Maroñas",GEOGCS["GCS_WGS_1984",DATUM["D_WGS_1984",SPHEROID["WGS_1984",6378137,298.257223563]],PRIMEM["Greenwich",0],UNIT["Degree",0.0174532925199433295]],PROJECTION["Transverse_Mercator"],PARAMETER["latitude_of_origin",0],PARAMETER["central_meridian",-56.142425],PARAMETER["scale_factor",1],PARAMETER["false_easting",500000],PARAMETER["false_northing",10000000],UNIT["Meter",1]]

10. Posteriormente el punto deberá ser identificado en todas las imágenes en la cuales se visualice. Una vez marcado el punto en las imágenes se tiene que marcar “Aplicar” para que el Software registre el punto.

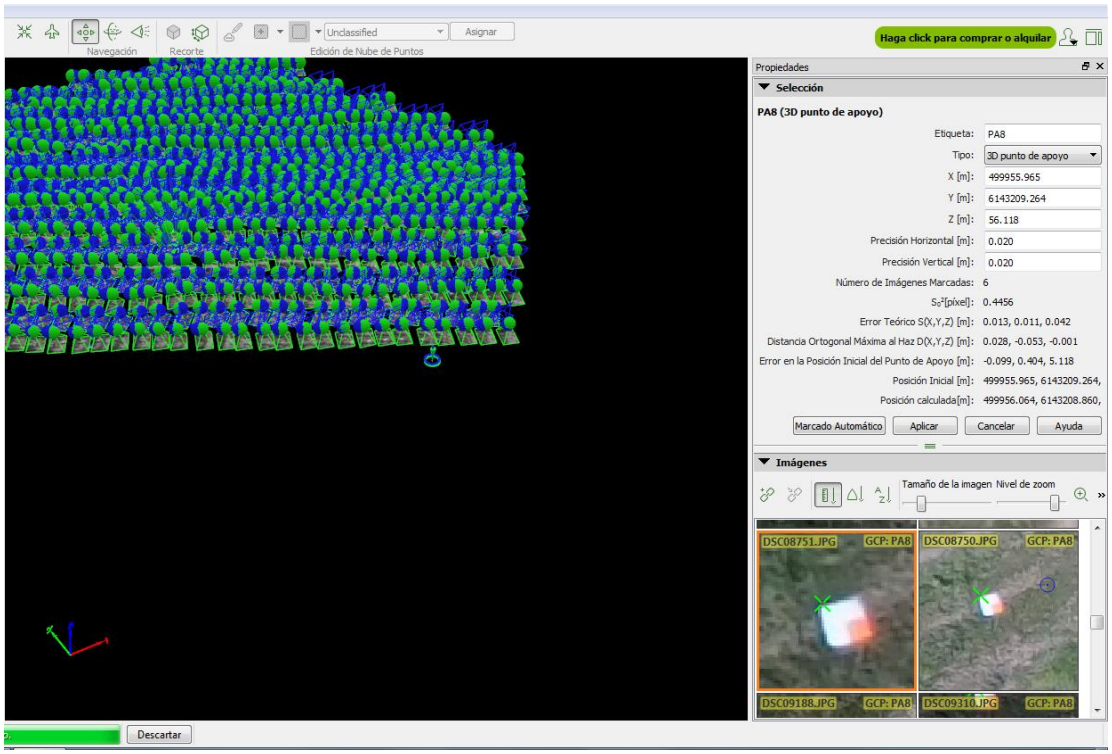



Imagen 48 - Procedimiento correspondiente al paso 10 (Ubicación de las marcas).

11. Se deberá seleccionar “Procesar” => “Reoptimizar”
12. Seleccionar la opción “2. Nube de puntos y malla” y “3.MDS, ortomosaico, índices”.

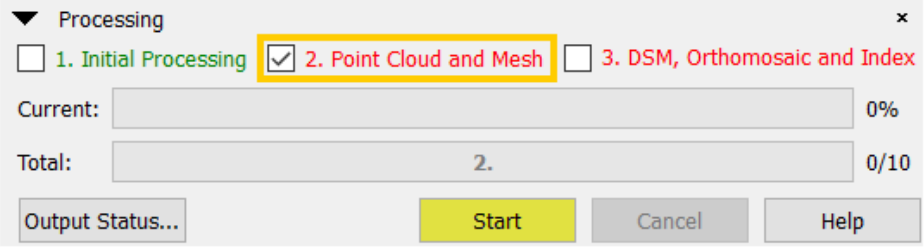



Imagen 49 - Procedimiento correspondiente al paso 12.

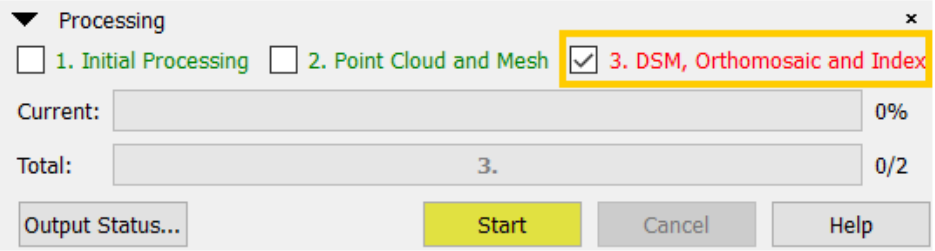



Imagen 50 - Procedimiento correspondiente al paso 12.

13. Una vez finalizado el procesamiento del paso 3, se estará en condiciones de exportar el MDS y el ortomosaico, el formato de salida de los mismos será -TIFF.
14. Al finalizar el procesamiento, nuevamente se abre un informe con los resultados del mismo. Se revisa que todos los ítems estén “OK” y también se verifica que los puntos de control queden “pegados al terreno”.

Para realizar todos los pasos descritos anteriormente existieron algunos inconvenientes:

- La totalidad del proyecto contiene 911 imágenes, ocupando un tamaño en disco de 9.17GB, resultando un impedimento para poder realizar el procesamiento en cualquier computadora ordinaria.
- El primer intento que se realizó fue el de procesar los pasos 2 y 3 en Pix4D Cloud, es decir, el mismo software da la opción de llevar a cabo el procedimiento en la nube, luego de haber

realizado el procesamiento inicial en el software. La totalidad de los procesos duró 8 horas, sin obtener resultados.

- La segunda opción fue correr la totalidad del procesamiento en el software (sin utilizar la nube). Se realizaron varios intentos en diversas computadoras, donde en uno solo de ellos se logró procesar la totalidad de los pasos 1 y 2, sin tener éxito al correr el paso 3 y habiendo demorado más de 48 horas en procesar los mismos.

Dado los inconvenientes presentados, se contactó al estudio UAV Agrimensura, especialistas en trabajos fotogramétricos de gran escala, quienes proporcionaron equipamiento adecuado para el procesamiento de las fotografías. Repitiendo todos los pasos anteriormente descritos, se pudo realizar el procesamiento en una computadora proporcionada por el estudio mencionado.

# 10. CONTROL POSICIONAL.

## 10.1 Introducción.

Una vez finalizado el procesamiento del vuelo fotogramétrico se decidió realizar un control posicional aplicando el estándar NSSDA, donde se obtuvo como resultado la calidad posicional del relevamiento en términos absolutos. El estándar implementa, una metodología estadística de evaluación bien definida para la exactitud posicional de mapas y datos geoespaciales, donde la misma consiste en comparar las coordenadas de una muestra de puntos seleccionada de un cierto conjunto de datos, con las provenientes de una fuente de mayor exactitud. Para este proyecto la fuente de mayor exactitud son los puntos de control relevados con GNSS sobre el terreno.

Cabe destacar que el estándar NSSDA exige un mínimo de 20 puntos a testear y a su vez sugiere una distribución espacial de los mismos, tal como se explicó anteriormente. También el estándar de la ASPRS, asigna cantidad de puntos de control según la superficie a evaluar. Para el caso de este proyecto la superficie total a evaluar es menor a los 500km$^2$.

| Project Area (Square Kilometers) | Horizontal Accuracy Testing of Orthoimagery and Planimetrics | Vertical and Horizontal Accuracy Testing of Elevation Data sets | | |
|---|---|---|---|---|
| | Total Number of Static 2D/3D Checkpoints (clearly-defined points) | Number of Static 3D Checkpoints in NVA[9] | Number of Static 3D Checkpoints in VVA | Total Number of Static 3D Checkpoints |
| ≤500 | 20 | 20 | 5 | 25 |
| 501-750 | 25 | 20 | 10 | 30 |
| 751-1000 | 30 | 25 | 15 | 40 |
| 1001-1250 | 35 | 30 | 20 | 50 |
| 1251-1500 | 40 | 35 | 25 | 60 |
| 1501-1750 | 45 | 40 | 30 | 70 |
| 1751-2000 | 50 | 45 | 35 | 80 |
| 2001-2250 | 55 | 50 | 40 | 90 |
| 2251-2500 | 60 | 55 | 45 | 100 |

Tabla 4 - Puntos de control sugeridos por ASPRS según superficie del proyecto.

[7]En el control posicional se evaluó la exactitud vertical y horizontal sobre un terreno no vegetal (NVA), obteniendo de la tabla un total de 20 puntos de control. Para este proyecto se realizó el control para 26 puntos, los cuales fueron relevados con GNSS.

Previamente se estudió en detalle el estándar NSSDA, así como también trabajos realizados aplicando el mismo, y se llegó a la conclusión de que se exigen ciertos requisitos estadísticos: Se deberá evaluar si los errores en las componentes posicionales de los puntos de la muestra (dx, dy, dz) sigue una distribución normal y si los mismos son independientes.

Previo a estas pruebas se deberán eliminar outliers (valores anómalos); para el caso de que no se cumplan los requisitos, se podrá seguir adelante con el estándar, pero el mismo no asegura que el resultado represente al conjunto de datos.

[7] El estándar de la ASPRS define como terreno vegetal aquellos que tienen malezas altas y cultivos, tierras de arbustos y bosques.

Es importante aclarar que el estándar no rechaza o acepta, simplemente declara su exactitud y queda a cargo del usuario decidir el uso que le dará a los datos evaluados.

Del mismo modo, se declara si los errores tienen una distribución normal o si hay correlación entre las diferencias (dx, dy, dz) pero en cualquier caso, es posible aplicar el NSSDA.

Para probar la Aleatoriedad y la Normalidad se aplicarán los siguientes Test:

1. Test de Rachas y Correlación de Spearman (Aleatoriedad).
2. Test de Shapiro Wilk (Distribución Normal).

## 10.2 Test de Rachas y Correlación de Spearman.

A partir de estos test se verificó la aleatoriedad formulando la siguiente hipótesis: ($X_1$,....,$X_n$) es una muestra aleatoria simple, o sea, un conjunto de observaciones iid. En estos test se asume que los datos tienen distribución continua.

Cabe destacar que es sumamente importante utilizar ambos test conjuntamente y aceptar la hipótesis de iid sólo cuando ambos lo aprueban. Esto se debe a que cada test es más eficiente que el otro para detectar cierto tipo de no aleatoriedades. El test de Spearman detecta

mejor la presencia de una tendencia creciente o decreciente mientras que Rachas detecta mejor las periodicidades.

### 10.2.1 Test de Rachas.

El test de Rachas se basa en dos principios:

- Una secuencia de 0's y 1's generada al azar, no debería tener ni muy pocas rachas ni demasiadas rachas.
- En una muestra iid el hecho de "subir o bajar" es algo que debería ocurrir al azar con probabilidad 0.5.

El procedimiento del test de Rachas es el siguiente: se colocan los datos de forma aleatoria en una columna (un dato por fila) y en una columna paralela se indicará la tendencia: con un 1 cuando el dato siguiente es mayor o igual, y con un 0 cuando es menor.

Habiendo realizado eso, se cuenta el número de rachas R en la secuencia resultante de 0's y 1's y finalmente se observa en la tabla de este test la que indica, según n y R, cual es el p-valor.

Para n > 25 las tablas indican la realización de cálculos aproximados para hallar el p-valor, según R sea mayor o menor que (2n-1/3).

### 10.2.2 Correlación de Spearman.

Este test está diseñado para detectar tendencias crecientes o decrecientes superpuestas a una variación meramente aleatoria. Dada una muestra ($X_1$,.....,$X_n$), el rango de $X_i$, es el lugar que ocupa el dato $X_i$ en la muestra, al ordenarla de menor a mayor.

El test de Spearman se basa en el siguiente principio: Si la muestra es iid, no debería haber ninguna relación entre i y el rango de $X_i$.

Se calcula entonces el coeficiente de correlación de rangos de Spearman ($r_s$), el cual está siempre comprendido entre -1 y 1, y la idea intuitiva es que valores muy negativos indican tendencia decreciente, mientras que valores muy positivos indican tendencias crecientes.

Finalmente se busca el valor absoluto de $r_s$ en la tabla correspondiente la que nos da el p-valor.

### 10.2.3 Cálculos.

Cabe destacar que para todos los cálculos de aleatoriedad se consideró un nivel $\alpha = 0.10$, es decir, un nivel de confianza del 90 %.

Test de Rachas para dx.

Se formuló la siguiente hipótesis:

$H_0$: los datos en dx son iid

$H_1$: los datos en dx no son iid.

| Point description | x (independen | x (test) | diff in x | Tendencia | Nº racha |
|---|---|---|---|---|---|
| PC22 | 499557,742 | 499557,805 | -0,063 | 0 | 1 |
| PC10 | 499494,543 | 499494,659 | -0,116 | 1 | 2 |
| PC15 | 499464,043 | 499464,115 | -0,072 | 1 | |
| PC19 | 499617,077 | 499617,125 | -0,048 | 1 | |
| PC1 | 499678,041 | 499678,084 | -0,043 | 1 | |
| PC21 | 499810,034 | 499810,061 | -0,027 | 1 | |
| PC8 | 499911,376 | 499911,399 | -0,023 | 1 | |
| PC4 | 500005,626 | 500005,614 | 0,012 | 1 | |
| PC17 | 500211,450 | 500211,427 | 0,023 | 1 | |
| PC2 | 500332,916 | 500332,881 | 0,035 | 0 | 3 |
| PC27 | 500459,226 | 500459,248 | -0,022 | 1 | 4 |
| PC26 | 500207,110 | 500207,085 | 0,025 | 0 | 5 |
| PC3 | 500326,545 | 500326,568 | -0,023 | 1 | 6 |
| PC7 | 500151,842 | 500151,848 | -0,006 | 0 | 7 |
| PC13 | 500199,233 | 500199,269 | -0,036 | 0 | |
| PC18 | 500039,127 | 500039,173 | -0,046 | 0 | |
| PC14 | 500016,653 | 500016,767 | -0,114 | 1 | 8 |
| PC24 | 499904,142 | 499904,232 | -0,090 | 1 | |
| PC16 | 499771,655 | 499771,699 | -0,044 | 0 | 9 |
| PC20 | 499752,479 | 499752,537 | -0,058 | 0 | |
| PC5 | 499681,861 | 499681,947 | -0,086 | 0 | |
| PC11 | 499825,487 | 499825,587 | -0,100 | 1 | 10 |
| PC9 | 500011,187 | 500011,234 | -0,047 | 0 | 11 |
| PC12 | 500148,073 | 500148,130 | -0,057 | 1 | 12 |
| PC25 | 500176,164 | 500176,161 | 0,003 | 0 | 13 |
| PC23 | 500151,682 | 500151,718 | -0,036 | | |

Tabla 5 - Test de Rachas para dx.

n = 26

R = 13 → R < (2n-1) / 3 → el p - valor de la prueba es $\alpha^* = Pr\ (Z \leq z_L)$ con Z~N (0,1) y $z_L = \frac{R + 0.5 - \frac{2n-1}{3}}{\sqrt{\frac{16n-29}{90}}} \rightarrow z_L = \frac{13 - 17 + 0.5}{\sqrt{4.3}} \rightarrow z_L = \frac{-3.5}{2.07} \rightarrow$

$$\boldsymbol{z_L = -1.69}$$

$$\alpha^{\cdot} = Pr\ (Z \leq -1.69) = 1 - Pr\ (Z > -1.69) = 1 - \Phi\ (-1.69)$$
$$= 1 - (1 - \Phi\ (1.69)) = \Phi\ (1.69)$$

$\alpha^{\cdot} = 0.9545 > 0.1 \rightarrow rechazo\ H_1$

Test de Rachas para dy.

Se formuló la siguiente hipótesis:

$H_0$: los datos en dy son iid

$H_1$: los datos en dy no son iid.

| Point description | y (independent) | y (test) | diff in y | Tendencia | Nº racha |
|---|---|---|---|---|---|
| PC22 | 6143518,317 | 6143518,330 | -0,013 | 1 | 1 |
| PC10 | 6143418,325 | 6143418,284 | 0,041 | 1 | |
| PC15 | 6143280,280 | 6143280,220 | 0,060 | 0 | 2 |
| PC19 | 6143315,855 | 6143315,828 | 0,027 | 0 | |
| PC1 | 6143185,813 | 6143185,786 | 0,027 | 1 | 3 |
| PC21 | 6143148,139 | 6143148,089 | 0,050 | 1 | |
| PC8 | 6143069,671 | 6143069,609 | 0,062 | 1 | |
| PC4 | 6142985,403 | 6142985,339 | 0,064 | 0 | 4 |
| PC17 | 6142812,900 | 6142812,883 | 0,017 | 0 | |
| PC2 | 6142799,818 | 6142799,811 | 0,007 | 1 | 5 |
| PC27 | 6142956,049 | 6142956,030 | 0,019 | 1 | |
| PC26 | 6142939,202 | 6142939,154 | 0,048 | 0 | 6 |
| PC3 | 6143018,680 | 6143018,649 | 0,031 | 0 | |
| PC7 | 6143084,059 | 6143084,080 | -0,021 | 0 | |
| PC13 | 6143189,624 | 6143189,664 | -0,040 | 1 | 7 |
| PC18 | 6143210,117 | 6143210,142 | -0,025 | 1 | |
| PC14 | 6143368,986 | 6143368,948 | 0,038 | 0 | 8 |
| PC24 | 6143422,359 | 6143422,328 | 0,031 | 0 | |
| PC16 | 6143432,199 | 6143432,258 | -0,059 | 1 | 9 |
| PC20 | 6143307,239 | 6143307,150 | 0,089 | 0 | 10 |
| PC5 | 6143506,138 | 6143506,125 | 0,013 | 0 | |
| PC11 | 6143538,922 | 6143538,923 | -0,001 | 0 | |
| PC9 | 6143493,999 | 6143494,005 | -0,006 | 0 | |
| PC12 | 6143423,311 | 6143423,370 | -0,059 | 1 | 11 |
| PC25 | 6143308,242 | 6143308,264 | -0,022 | 1 | |
| PC23 | 6143591,577 | 6143591,571 | 0,006 | | |

Tabla 6 - Test de Rachas para dy.

n = 26

R = 11 → R < (2n-1) / 3 → el p - valor de la prueba es $\alpha^* = Pr\ (Z \leq z_L)$ con

Z~N (0,1) y $z_L = \frac{R + 0.5 - \frac{2n-1}{3}}{\sqrt{\frac{16n-29}{90}}} \rightarrow z_L = \frac{11 - 17 + 0.5}{\sqrt{4.3}} \rightarrow z_L = \frac{-5.5}{2.07} \rightarrow$

$$\boldsymbol{z_L = -2.65}$$

$$\alpha^{\cdot} = Pr\ (Z \leq -2.65) = 1 - Pr\ (Z > -2.65) = 1 - \Phi\ (-2.65)$$
$$= 1 - (1 - \Phi\ (2.65)) = \Phi\ (2.65)$$
$$\alpha^{\cdot} = 0.9960 > 0.1 \rightarrow rechazo\ H_1$$

Test de Rachas para dz.

Se formuló la siguiente hipótesis:

$H_0$: los datos en dz son iid

$H_1$: los datos en dz no son iid.

| Point description | z (independent) | z (test) | diff in z | Tendencia | Nº de racha |
|---|---|---|---|---|---|
| PC1 | 59,141 | 59,092 | 0,049 | 1 | 1 |
| PC10 | 57,360 | 57,226 | 0,134 | 1 | |
| PC11 | 57,058 | 56,916 | 0,142 | 0 | 2 |
| PC12 | 60,851 | 60,740 | 0,111 | 0 | |
| PC13 | 59,743 | 59,775 | -0,032 | 1 | 3 |
| PC14 | 58,024 | 57,967 | 0,057 | 1 | |
| PC15 | 58,471 | 58,376 | 0,095 | 0 | 4 |
| PC16 | 57,472 | 57,379 | 0,093 | 1 | 5 |
| PC17 | 60,227 | 60,108 | 0,119 | 0 | 6 |
| PC18 | 56,958 | 56,937 | 0,021 | 1 | 7 |
| PC19 | 57,838 | 57,706 | 0,132 | 0 | 8 |
| PC2 | 61,562 | 61,480 | 0,082 | 0 | |
| PC20 | 57,213 | 57,193 | 0,020 | 0 | |
| PC21 | 58,257 | 58,238 | 0,019 | 1 | 9 |
| PC22 | 56,698 | 56,507 | 0,191 | 0 | 10 |
| PC23 | 58,869 | 58,811 | 0,058 | 1 | 11 |
| PC24 | 56,388 | 56,260 | 0,128 | 0 | 12 |
| PC25 | 60,991 | 60,977 | 0,014 | 1 | 13 |
| PC26 | 59,166 | 59,093 | 0,073 | 1 | |
| PC27 | 62,645 | 62,500 | 0,145 | 0 | 14 |
| PC3 | 60,559 | 60,543 | 0,016 | 1 | 15 |
| PC4 | 58,946 | 58,903 | 0,043 | 1 | |
| PC5 | 56,861 | 56,692 | 0,169 | 0 | 16 |
| PC7 | 58,541 | 58,494 | 0,047 | 0 | |
| PC8 | 58,696 | 58,679 | 0,017 | 1 | 17 |
| PC9 | 56,512 | 56,391 | 0,121 | | |

Tabla 7 - Test de Rachas para dz.

n = 26

R = 17 → R = (2n-1) / 3 → el p - valor de la prueba es $\alpha^* = Pr\ (Z \leq z_L)$ con Z~N (0,1) y $z_L = \frac{0.5}{\sqrt{\frac{16n-29}{90}}} \rightarrow z_L = \frac{0.5}{\sqrt{4.3}} \rightarrow z_L = \frac{0.50}{2.07} \rightarrow \boldsymbol{z_L = 0.24}$

$\alpha^{\cdot} = Pr\ (Z \leq 0.24) = \Phi\ (0.24)$

$\alpha^{\cdot} = 0.5948 > 0.1 \rightarrow rechazo\ H_1$

Test de Rangos de Spearman para dx

Se formuló la siguiente hipótesis:

$H_0$: los datos en dx son iid

$H_1$: los datos en dx no son iid.

| i | $X_i$ | $R(X_i)$ | $(R(Xi) - i)^2$ |
|---|---|---|---|
| 1 | -0,063 | 7,0 | 36,00 |
| 2 | -0,116 | 1,0 | 1,00 |
| 3 | -0,072 | 6,0 | 9,00 |
| 4 | -0,048 | 10,0 | 36,00 |
| 5 | -0,043 | 14,0 | 81,00 |
| 6 | -0,027 | 17,0 | 121,00 |
| 7 | -0,023 | 18,5 | 132,25 |
| 8 | 0,012 | 23,0 | 225,00 |
| 9 | 0,023 | 24,0 | 225,00 |
| 10 | 0,035 | 26,0 | 256,00 |
| 11 | -0,022 | 20,0 | 81,00 |
| 12 | 0,025 | 25,0 | 169,00 |
| 13 | -0,023 | 18,5 | 30,25 |
| 14 | -0,006 | 21,0 | 49,00 |
| 15 | -0,036 | 15,5 | 0,25 |
| 16 | -0,046 | 12,0 | 16,00 |
| 17 | -0,114 | 2,0 | 225,00 |
| 18 | -0,090 | 4,0 | 196,00 |
| 19 | -0,044 | 13,0 | 36,00 |
| 20 | -0,058 | 8,0 | 144,00 |
| 21 | -0,086 | 5,0 | 256,00 |
| 22 | -0,100 | 3,0 | 361,00 |
| 23 | -0,047 | 11,0 | 144,00 |
| 24 | -0,057 | 9,0 | 225,00 |
| 25 | 0,003 | 22,0 | 9,00 |
| 26 | -0,036 | 15,5 | 110,25 |
| | | Sumatoria Σ | 3174,00 |
| | | 6Σ | 19044,00 |
| | | 6Σ / (n(n²- 1)) | 1,09 |
| | | rs | -0,09 |

Tabla 8 - Test de Rangos de Spearman para dx.

n = 26

$$r_S = 1 - \frac{6\sum_{i=1}^{n}(R(x_i) - i)^2}{n(n^2-1)} \rightarrow r_S = 1 - \frac{6 * 3174}{17550} \rightarrow r_S = 1 - 1.09$$
$$\rightarrow r_S = -0.09$$

A partir de la tabla para n = 26 y $\alpha$ = 0.10 → si $r_S < 0.26 \rightarrow \alpha^* > \alpha \rightarrow$ $No\ rechazo\ H_0$

Test de Rangos de Spearman para dy

Se formuló la siguiente hipótesis:

$H_0$: los datos en dy son iid

$H_1$: los datos en dy no son iid

| i | $Y_i$ | $R(Y_i)$ | $(R(Yi) - i)^2$ |
|---|---|---|---|
| 1 | -0,013 | 7,0 | 36,00 |
| 2 | 0,041 | 20,0 | 324,00 |
| 3 | 0,060 | 23,0 | 400,00 |
| 4 | 0,027 | 15,5 | 132,25 |
| 5 | 0,027 | 15,5 | 110,25 |
| 6 | 0,050 | 22,0 | 256,00 |
| 7 | 0,062 | 24,0 | 289,00 |
| 8 | 0,064 | 25,0 | 289,00 |
| 9 | 0,017 | 13,0 | 16,00 |
| 10 | 0,007 | 11,0 | 1,00 |
| 11 | 0,019 | 14,0 | 9,00 |
| 12 | 0,048 | 21,0 | 81,00 |
| 13 | 0,031 | 17,5 | 20,25 |
| 14 | -0,021 | 6,0 | 64,00 |
| 15 | -0,040 | 3,0 | 144,00 |
| 16 | -0,025 | 4,0 | 144,00 |
| 17 | 0,038 | 19,0 | 4,00 |
| 18 | 0,031 | 17,5 | 0,25 |
| 19 | -0,059 | 1,5 | 306,25 |
| 20 | 0,089 | 26,0 | 36,00 |
| 21 | 0,013 | 12,0 | 81,00 |
| 22 | -0,001 | 9,0 | 169,00 |
| 23 | -0,006 | 8,0 | 225,00 |
| 24 | -0,059 | 1,5 | 506,25 |
| 25 | -0,022 | 5,0 | 400,00 |
| 26 | 0,006 | 10,0 | 256,00 |
| | | Sumatoria Σ | 4299,50 |
| | | 6Σ | 25797,00 |
| | | $6\Sigma / (n(n^2 - 1))$ | 1,47 |
| | | rs | -0,47 |

Tabla 9 - Test de Rangos de Spearman para dy.

n = 26

$$r_S = 1 - \frac{6\sum_{i=1}^{n}(R(y_i) - i)^2}{n(n^2-1)} \rightarrow r_S = 1 - \frac{6 * 4299.5}{17550} \rightarrow r_S = 1 - 1.47 \rightarrow r_S = -0.47$$

A partir de la tabla para n = 26 y $\alpha$ = 0.10 → si $r_S < 0.26 \rightarrow \alpha^* > \alpha \rightarrow$ $No\ rechazo\ H_0$

Test de Rangos de Spearman para dz

Se formuló la siguiente hipótesis:

$H_0$: los datos en dz son iid

$H_1$: los datos en dz no son iid

| i | $Z_i$ | $R(Z_i)$ | $(R(Z_i) - i)^2$ |
|---|---|---|---|
| 1 | 0,049 | 5,0 | 16,00 |
| 2 | 0,134 | 18,0 | 256,00 |
| 3 | 0,142 | 21,0 | 324,00 |
| 4 | 0,111 | 25,0 | 441,00 |
| 5 | -0,032 | 14,0 | 81,00 |
| 6 | 0,057 | 13,0 | 49,00 |
| 7 | 0,095 | 10,0 | 9,00 |
| 8 | 0,093 | 22,0 | 196,00 |
| 9 | 0,119 | 24,0 | 225,00 |
| 10 | 0,021 | 1,0 | 81,00 |
| 11 | 0,132 | 6,0 | 25,00 |
| 12 | 0,082 | 16,0 | 16,00 |
| 13 | 0,020 | 19,0 | 36,00 |
| 14 | 0,019 | 12,0 | 4,00 |
| 15 | 0,191 | 8,0 | 49,00 |
| 16 | 0,058 | 7,0 | 81,00 |
| 17 | 0,128 | 4,0 | 169,00 |
| 18 | 0,014 | 9,0 | 81,00 |
| 19 | 0,073 | 26,0 | 49,00 |
| 20 | 0,145 | 17,0 | 9,00 |
| 21 | 0,016 | 11,0 | 100,00 |
| 22 | 0,043 | 2,0 | 400,00 |
| 23 | 0,169 | 3,0 | 400,00 |
| 24 | 0,047 | 20,0 | 16,00 |
| 25 | 0,017 | 23,0 | 4,00 |
| 26 | 0,121 | 15,0 | 121,00 |
| | | Sumatoria Σ | 3238,00 |
| | | 6Σ | 19428,00 |
| | | 6Σ / (n($n^2$ - 1)) | 1,11 |
| | | rs | -0,11 |

Tabla 10 - Test de Rangos de Spearman para dz.

n = 26

$$r_S = 1 - \frac{6\sum_{i=1}^{n}(R(z_i) - i)^2}{n(n^2-1)} \rightarrow r_S = 1 - \frac{6 * 3238}{17550} \rightarrow r_S = 1 - 1.11$$

$$\rightarrow r_S = -0.11$$

A partir de la tabla para n = 26 y $\alpha$ = 0.10 → si $r_S < 0.26 \rightarrow \alpha^* > \alpha \rightarrow$ $No\ rechazo\ H_0$

Tanto para el Test de Rachas como el Test de Rangos de Spearman, se demuestra que las tres muestras son un conjunto de datos independientes e idénticamente distribuidos (iid).

## 10.3 Test de Shapiro Wilk.

Se utiliza este test para probar la normalidad de un conjunto de datos, en este caso se quiere probar para las muestras dx, dy, dz. La prueba de Shapiro Wilk se destaca por ser una de las más potentes y sencillas de aplicar, siempre y cuando la muestra tenga un tamaño menor o igual a 50. Esta prueba plantea dos hipótesis que se detallan a continuación.

1. Ho: La variable aleatoria no tiene una distribución normal.
2. H1: La variable aleatoria tiene una distribución normal.

El estadístico de prueba que se utiliza es el siguiente:

$$W = \frac{b^2}{\sum_0^n (X_i - \bar{X})^2}$$

El término $b = \sum_{i=1}^{k} a_i [X_{n-i+1} - X_i]$, siendo $a_i$ el valor de un coeficiente que se encuentra tabulado para cada tamaño de muestra e *i* la posición de cada observación. El término $\sum_{i=1}^{k} a_i [X_{n-i+1} - X_i]$ es igual a las diferencias sucesivas, las cuales se obtienen al restar el primer valor al último valor, el segundo al penúltimo, el tercero al antepenúltimo y así sucesivamente hasta llegar a restar el último al primer valor.

### 10.3.1 Zona de aceptación.

La zona de aceptación para Ho está determinada por todos los valores del estadístico de prueba $W_C$ menores al valor esperado o tabulado $W_{(1-\square;n)}$.

$$ZA = \left\{ W / W_{calculado} \leq W_{(1-\alpha;n)} \right\}$$

La prueba de Shapiro-Wilk deberá aplicarse por separado para cada diferencia de coordenadas (dx, dy, dz).

### 10.3.2 Cálculos.

Para los cálculos de normalidad se consideró un nivel α = 0.10, es decir, un nivel de confianza del 90 %.

Test Shapiro Wilk para dx

| B<br>Point<br>description | C<br>x<br>(independent) | D<br>x<br>(test) | E<br><br>diff in x | (Xi-prom(x)) | (Xi-prom(x))2 |
|---|---|---|---|---|---|
| PC10 | 499494,543 | 499494,659 | -0,116 | -0,075 | 0,001 |
| PC1 | 499678,041 | 499678,084 | -0,043 | -0,002 | 0,000 |
| PC17 | 500211,450 | 500211,427 | 0,023 | 0,064 | 0,004 |
| PC19 | 499617,077 | 499617,125 | -0,048 | -0,007 | 0,000 |
| PC21 | 499810,034 | 499810,061 | -0,027 | 0,014 | 0,002 |
| PC3 | 500326,545 | 500326,568 | -0,023 | 0,018 | 0,000 |
| PC26 | 500207,110 | 500207,085 | 0,025 | 0,066 | 0,004 |
| PC20 | 499752,479 | 499752,537 | -0,058 | -0,017 | 0,000 |
| PC22 | 499557,742 | 499557,805 | -0,063 | -0,022 | 0,000 |
| PC15 | 499464,043 | 499464,115 | -0,072 | -0,031 | 0,001 |
| PC16 | 499771,655 | 499771,699 | -0,044 | -0,003 | 0,000 |
| PC7 | 500151,842 | 500151,848 | -0,006 | 0,035 | 0,001 |
| PC23 | 500151,682 | 500151,718 | -0,036 | 0,005 | 0,000 |
| PC13 | 500199,233 | 500199,269 | -0,036 | 0,005 | 0,002 |
| PC4 | 500005,626 | 500005,614 | 0,012 | 0,053 | 0,003 |
| PC11 | 499825,487 | 499825,587 | -0,100 | -0,059 | 0,004 |
| PC14 | 500016,653 | 500016,767 | -0,114 | -0,073 | 0,005 |
| PC2 | 500332,916 | 500332,881 | 0,035 | 0,076 | 0,006 |
| PC18 | 500039,127 | 500039,173 | -0,046 | -0,005 | 0,000 |
| PC24 | 499904,142 | 499904,232 | -0,090 | -0,049 | 0,002 |
| PC5 | 499681,861 | 499681,947 | -0,086 | -0,045 | 0,002 |
| PC8 | 499911,376 | 499911,399 | -0,023 | 0,018 | 0,000 |
| PC25 | 500176,164 | 500176,161 | 0,003 | 0,044 | 0,002 |
| PC12 | 500148,073 | 500148,13 | -0,057 | -0,016 | 0,000 |
| PC27 | 500459,226 | 500459,248 | -0,022 | 0,019 | 0,000 |
| PC9 | 500011,187 | 500011,234 | -0,047 | -0,006 | 0,000 |
| | | $\bar{X}$ | -0,041 | Σ | 0,042 |

Tabla 11 - Test de Shapiro Wilk para dx.

| | Coef. | $(X_n+1-X_i)$ | $a_i (X_n+1-X_i)$ |
|---|---|---|---|
| a1 | 0,441 | 0,151 | 0,067 |
| a2 | 0,304 | 0,139 | 0,042 |
| a3 | 0,253 | 0,123 | 0,031 |
| a4 | 0,215 | 0,102 | 0,022 |
| a5 | 0,184 | 0,089 | 0,016 |
| a6 | 0,156 | 0,066 | 0,010 |
| a7 | 0,132 | 0,041 | 0,005 |
| a8 | 0,109 | 0,035 | 0,004 |
| a9 | 0,088 | 0,034 | 0,003 |
| a10 | 0,067 | 0,021 | 0,001 |
| a11 | 0,048 | 0,011 | 0,001 |
| a12 | 0,028 | 0,010 | 0,000 |
| a13 | 0,009 | 0,001 | 0,000 |
| | | b | 0,203 |
| | | W | 0,971 |

Tabla 12 - Test de Shapiro Wilk para dx (Cálculo de Estadístico de Prueba W).

El resultado obtenido para Wc= 0.971, el p-valor se obtiene de la tabla de Shapiro Wilk, para n=26 y un nivel de confianza del 90%.

$$0.971 \leq 0.982 \rightarrow Acepto\ H_0$$

Test Shapiro Wilk para dy

| B<br>Point<br>description | C<br>y<br>(independent) | D<br>y<br>(test) | E<br><br>diff in y | (Yi-prom(y)) | (Yi-prom(y))2 |
|---|---|---|---|---|---|
| PC10 | 6143518,317 | 6143518,330 | -0,013 | -0,028 | 0,001 |
| PC8 | 6143432,199 | 6143432,258 | -0,059 | -0,074 | 0,005 |
| PC17 | 6143423,311 | 6143423,370 | -0,059 | -0,074 | 0,005 |
| PC23 | 6143189,624 | 6143189,664 | -0,040 | -0,055 | 0,003 |
| PC13 | 6143210,117 | 6143210,142 | -0,025 | -0,040 | 0,002 |
| PC26 | 6143308,242 | 6143308,264 | -0,022 | -0,037 | 0,001 |
| PC1 | 6143084,059 | 6143084,080 | -0,021 | -0,036 | 0,001 |
| PC4 | 6143493,999 | 6143494,005 | -0,006 | -0,021 | 0,000 |
| PC25 | 6143538,922 | 6143538,923 | -0,001 | -0,016 | 0,000 |
| PC2 | 6143591,577 | 6143591,571 | 0,006 | -0,009 | 0,000 |
| PC19 | 6142799,818 | 6142799,811 | 0,007 | -0,008 | 0,000 |
| PC7 | 6143506,138 | 6143506,125 | 0,013 | -0,002 | 0,000 |
| PC12 | 6142812,900 | 6142812,883 | 0,017 | 0,002 | 0,000 |
| PC9 | 6142956,049 | 6142956,030 | 0,019 | 0,004 | 0,000 |
| PC5 | 6143185,813 | 6143185,786 | 0,027 | 0,012 | 0,000 |
| PC24 | 6143315,855 | 6143315,828 | 0,027 | 0,012 | 0,000 |
| PC16 | 6143018,680 | 6143018,649 | 0,031 | 0,016 | 0,000 |
| PC3 | 6143422,359 | 6143422,328 | 0,031 | 0,016 | 0,000 |
| PC21 | 6143368,986 | 6143368,948 | 0,038 | 0,023 | 0,001 |
| PC14 | 6143418,325 | 6143418,284 | 0,041 | 0,026 | 0,001 |
| PC18 | 6142939,202 | 6142939,154 | 0,048 | 0,033 | 0,001 |
| PC15 | 6143148,139 | 6143148,089 | 0,050 | 0,035 | 0,001 |
| PC11 | 6143280,280 | 6143280,220 | 0,060 | 0,045 | 0,002 |
| PC22 | 6143069,671 | 6143069,609 | 0,062 | 0,047 | 0,002 |
| PC20 | 6142985,403 | 6142985,339 | 0,064 | 0,049 | 0,002 |
| PC27 | 6143307,239 | 6143307,150 | 0,089 | 0,074 | 0,006 |
| | | $\bar{y}$ | 0,015 | Σ | 0,036 |

Tabla 13 - Test de Shapiro Wilk para dy.

| | Coef. | $(Y_n+1-Y_i)$ | $a_i\ (Y_n+1-Y_i)$ |
|---|---|---|---|
| a1 | 0,441 | 0,102 | 0,045 |
| a2 | 0,304 | 0,123 | 0,037 |
| a3 | 0,253 | 0,121 | 0,031 |
| a4 | 0,215 | 0,100 | 0,022 |
| a5 | 0,184 | 0,075 | 0,014 |
| a6 | 0,156 | 0,070 | 0,011 |
| a7 | 0,132 | 0,062 | 0,008 |
| a8 | 0,109 | 0,044 | 0,005 |
| a9 | 0,088 | 0,032 | 0,003 |
| a10 | 0,067 | 0,025 | 0,002 |
| a11 | 0,048 | 0,020 | 0,001 |
| a12 | 0,028 | 0,014 | 0,000 |
| a13 | 0,009 | 0,002 | 0,000 |
| | | b | 0,178 |
| | | W | 0,873 |

Tabla 14 - Test de Shapiro Wilk para dy (Cálculo Estadístico de Prueba).

El resultado obtenido para Wc= 0.873, el p-valor se obtiene de la tabla de Shapiro Wilk, para n=26 y un nivel de confianza del 90%.

$$0.873 \leq 0.982 \rightarrow Acepto\ H_0$$

Test Shapiro Wilk para dz

| B Point description | C z (independent) | D z (test) | E diff in z | (Zi-prom(z)) | (Zi-prom(z))2 |
|---|---|---|---|---|---|
| PC10 | 59,141 | 59,092 | 0,049 | 0,002 | 0,001 |
| PC8 | 56,388 | 56,260 | 0,128 | 0,016 | 0,002 |
| PC17 | 56,512 | 56,391 | 0,121 | 0,015 | 0,002 |
| PC23 | 56,698 | 56,507 | 0,191 | 0,036 | 0,012 |
| PC13 | 56,861 | 56,692 | 0,169 | 0,028 | 0,008 |
| PC26 | 56,958 | 56,937 | 0,021 | 0,000 | 0,003 |
| PC1 | 57,058 | 56,916 | 0,142 | 0,020 | 0,004 |
| PC4 | 57,213 | 57,193 | 0,020 | 0,000 | 0,004 |
| PC25 | 57,360 | 57,226 | 0,134 | 0,018 | 0,003 |
| PC2 | 57,472 | 57,379 | 0,093 | 0,009 | 0,000 |
| PC19 | 57,838 | 57,706 | 0,132 | 0,018 | 0,003 |
| PC7 | 58,024 | 57,967 | 0,057 | 0,003 | 0,000 |
| PC12 | 58,257 | 58,238 | 0,019 | 0,000 | 0,004 |
| PC9 | 58,471 | 58,376 | 0,095 | 0,009 | 0,000 |
| PC5 | 58,541 | 58,494 | 0,047 | 0,002 | 0,001 |
| PC24 | 58,696 | 58,679 | 0,017 | 0,000 | 0,004 |
| PC16 | 58,869 | 58,811 | 0,058 | 0,003 | 0,000 |
| PC3 | 58,946 | 58,903 | 0,043 | 0,002 | 0,001 |
| PC21 | 59,166 | 59,093 | 0,073 | 0,005 | 0,000 |
| PC14 | 59,743 | 59,775 | -0,032 | 0,001 | 0,012 |
| PC18 | 60,227 | 60,108 | 0,119 | 0,014 | 0,002 |
| PC15 | 60,559 | 60,543 | 0,016 | 0,000 | 0,004 |
| PC11 | 60,851 | 60,740 | 0,111 | 0,012 | 0,001 |
| PC22 | 60,991 | 60,977 | 0,014 | 0,000 | 0,004 |
| PC20 | 61,562 | 61,480 | 0,082 | 0,007 | 0,000 |
| PC27 | 62,645 | 62,500 | 0,145 | 0,021 | 0,004 |
| | | $\bar{Z}$ | 0,079 | Σ | 0,081 |

Tabla 15 - Test de Shapiro Wilk para dz.

| | Coef. | $(Z_n+1-Z_i)$ | $a_i\ (Z_n+1-Z_i)$ |
|---|---|---|---|
| a1 | 0,441 | 0,096 | 0,042 |
| a2 | 0,304 | -0,046 | -0,014 |
| a3 | 0,253 | -0,106 | -0,027 |
| a4 | 0,215 | -0,080 | -0,017 |
| a5 | 0,184 | -0,153 | -0,028 |
| a6 | 0,156 | 0,098 | 0,015 |
| a7 | 0,132 | -0,174 | -0,023 |
| a8 | 0,109 | 0,053 | 0,006 |
| a9 | 0,088 | -0,091 | -0,008 |
| a10 | 0,067 | -0,035 | -0,002 |
| a11 | 0,048 | -0,116 | -0,006 |
| a12 | 0,028 | -0,010 | 0,000 |
| a13 | 0,009 | 0,075 | 0,001 |
| | | b | -0,061 |
| | | W | 0,790 |

Tabla 16 - Test de Shapiro Wilk para dz (Cálculo del Estadístico de Prueba).

El resultado obtenido para Wc= 0.790, el p-valor se obtiene de la tabla de Shapiro Wilk, para n=26 y un nivel de confianza del 90%.

$$0.790 \leq 0.982 \rightarrow Acepto\ H_0$$

Como se puede ver, para las tres variables dx, dy, dz, se acepta la hipótesis $H_0$, es decir, las variables aleatorias no tienen una distribución normal. A modo de resumen se expone la siguiente tabla con los resultados obtenidos:

| | dx | dy | dz |
|---|---|---|---|
| **Se cumple aleatoriedad** | SI | SI | SI |
| **Se cumple normalidad** | NO | NO | NO |

Tabla 17 - Resultados requisitos estadísticos para la aplicación del estándar NSSDA.

Cabe destacar que el estándar NSSDA no exige que la aleatoriedad y la normalidad de las muestras sea condición necesaria para aplicar el mismo, pero deberá informarse a la hora de exponer los resultados. Por lo tanto, se procedió a realizar el control de calidad con el estándar mencionado.

## 10.4 Calidad en términos absolutos.

Realizadas las demostraciones correspondientes, se procede a estudiar el control posicional aplicando el estándar NSSDA. Como se dijo anteriormente, el mismo estudia las diferencias entre las coordenadas terreno de mayor precisión con las coordenadas obtenidas en el ortomosaico, evaluando la exactitud posicional tanto planimétrica como altimétrica para un nivel de confianza del 95%, utilizando la raíz del error cuadrático medio (RMSE).

Las diferencias se estudian solamente en las coordenadas de los puntos de control; carece de sentido realizar los estudios en los puntos de apoyo, ya que son los que se utilizan para realizar la restitución fotogramétrica.

El control posicional se realizó en los 26 puntos de control preseñalizados, donde se estudiaron las diferencias entre las coordenadas relevadas de los puntos en campo con GPS, y las coordenadas de los mismos puntos extraídas del ortomosaico.

Cabe destacar que el estándar omite valores de umbral o valores aceptables, eso queda a criterio de los usuarios.

# 11. RESULTADOS.

Se exponen los resultados obtenidos en lo que respecta al control de calidad posicional aplicando el estándar NSSDA, el reporte de calidad, el ortomosaico y el modelo digital de superficie generado una vez finalizado el procesamiento.

## 11.1 Estándar NSSDA.

Anteriormente se detallaron los cálculos previos a aplicar el estándar.
A continuación, se muestran la tablas utilizadas para los cálculos, donde se puede ver que el error en planimetría es de 0.12 m y en altimetría de 0.19 m.

| A Point number | B Point description | C x (independent) | D x (test) | E diff in x | F (diff in x)$^2$ | G y (independent) | H y (test) | I diff in y | J (diff in y)$^2$ | K (diff in x)$^2$ + (diff in y)$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | PC22 | 499557,742 | 499557,805 | -0,063 | 0,004 | 6143518,317 | 6143518,330 | -0,013 | 0,000 | 0,004 |
| 2 | PC10 | 499494,543 | 499494,659 | -0,116 | 0,013 | 6143418,325 | 6143418,284 | 0,041 | 0,002 | 0,015 |
| 3 | PC15 | 499464,043 | 499464,115 | -0,072 | 0,005 | 6143280,280 | 6143280,220 | 0,060 | 0,004 | 0,009 |
| 4 | PC19 | 499617,077 | 499617,125 | -0,048 | 0,002 | 6143315,855 | 6143315,828 | 0,027 | 0,001 | 0,003 |
| 5 | PC1 | 499678,041 | 499678,084 | -0,043 | 0,002 | 6143185,813 | 6143185,786 | 0,027 | 0,001 | 0,003 |
| 6 | PC21 | 499810,034 | 499810,061 | -0,027 | 0,001 | 6143148,139 | 6143148,089 | 0,050 | 0,003 | 0,003 |
| 7 | PC8 | 499911,376 | 499911,399 | -0,023 | 0,001 | 6143069,671 | 6143069,609 | 0,062 | 0,004 | 0,004 |
| 8 | PC4 | 500005,626 | 500005,614 | 0,012 | 0,000 | 6142985,403 | 6142985,339 | 0,064 | 0,004 | 0,004 |
| 9 | PC17 | 500211,450 | 500211,427 | 0,023 | 0,001 | 6142812,900 | 6142812,883 | 0,017 | 0,000 | 0,001 |
| 10 | PC2 | 500332,916 | 500332,881 | 0,035 | 0,001 | 6142799,818 | 6142799,811 | 0,007 | 0,000 | 0,001 |
| 11 | PC27 | 500459,226 | 500459,248 | -0,022 | 0,000 | 6142956,049 | 6142956,030 | 0,019 | 0,000 | 0,001 |
| 12 | PC26 | 500207,110 | 500207,085 | 0,025 | 0,001 | 6142939,202 | 6142939,154 | 0,048 | 0,002 | 0,003 |
| 13 | PC3 | 500326,545 | 500326,568 | -0,023 | 0,001 | 6143018,680 | 6143018,649 | 0,031 | 0,001 | 0,001 |
| 14 | PC7 | 500151,842 | 500151,848 | -0,006 | 0,000 | 6143084,059 | 6143084,080 | -0,021 | 0,000 | 0,000 |
| 15 | PC13 | 500199,233 | 500199,269 | -0,036 | 0,001 | 6143189,624 | 6143189,664 | -0,040 | 0,002 | 0,003 |
| 16 | PC18 | 500039,127 | 500039,173 | -0,046 | 0,002 | 6143210,117 | 6143210,142 | -0,025 | 0,001 | 0,003 |
| 17 | PC14 | 500016,653 | 500016,767 | -0,114 | 0,013 | 6143368,986 | 6143368,948 | 0,038 | 0,001 | 0,014 |
| 18 | PC24 | 499904,142 | 499904,232 | -0,090 | 0,008 | 6143422,359 | 6143422,328 | 0,031 | 0,001 | 0,009 |
| 19 | PC16 | 499771,655 | 499771,699 | -0,044 | 0,002 | 6143432,199 | 6143432,258 | -0,059 | 0,003 | 0,005 |
| 20 | PC20 | 499752,479 | 499752,537 | -0,058 | 0,003 | 6143307,239 | 6143307,150 | 0,089 | 0,008 | 0,011 |
| 21 | PC5 | 499681,861 | 499681,947 | -0,086 | 0,007 | 6143506,138 | 6143506,125 | 0,013 | 0,000 | 0,008 |
| 22 | PC11 | 499825,487 | 499825,587 | -0,100 | 0,010 | 6143538,922 | 6143538,923 | -0,001 | 0,000 | 0,010 |
| 23 | PC9 | 500011,187 | 500011,234 | -0,047 | 0,002 | 6143493,999 | 6143494,005 | -0,006 | 0,000 | 0,002 |
| 24 | PC12 | 500148,073 | 500148,13 | -0,057 | 0,003 | 6143423,311 | 6143423,370 | -0,059 | 0,003 | 0,007 |
| 25 | PC25 | 500176,164 | 500176,161 | 0,003 | 0,000 | 6143308,242 | 6143308,264 | -0,022 | 0,000 | 0,000 |
| 26 | PC23 | 500151,682 | 500151,718 | -0,036 | 0,001 | 6143591,577 | 6143591,571 | 0,006 | 0,000 | 0,001 |
| | | | | | | | | | sum | 0,128 |
| | | | | | | | | | average | 0,005 |
| | | | | | | | | | RMSE | 0,070 |
| | | | | | | | | | NSSDA | 0,121 |

Tabla 18 - Control de Calidad según NSSDA para x e y.

| A<br>Point number | B<br>Point description | C<br>z (independent) | D<br>z (test) | E<br>diff in z | F<br>(diff in z)$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 65 | PC1 | 59,141 | 59,092 | 0,049 | 0,002 |
| 62 | PC10 | 57,360 | 57,226 | 0,134 | 0,018 |
| 59 | PC11 | 57,058 | 56,916 | 0,142 | 0,020 |
| 58 | PC12 | 60,851 | 60,740 | 0,111 | 0,012 |
| 13 | PC13 | 59,743 | 59,775 | -0,032 | 0,001 |
| 14 | PC14 | 58,024 | 57,967 | 0,057 | 0,003 |
| 64 | PC15 | 58,471 | 58,376 | 0,095 | 0,009 |
| 16 | PC16 | 57,472 | 57,379 | 0,093 | 0,009 |
| 53 | PC17 | 60,227 | 60,108 | 0,119 | 0,014 |
| 18 | PC18 | 56,958 | 56,937 | 0,021 | 0,000 |
| 19 | PC19 | 57,838 | 57,706 | 0,132 | 0,018 |
| 52 | PC2 | 61,562 | 61,480 | 0,082 | 0,007 |
| 20 | PC20 | 57,213 | 57,193 | 0,020 | 0,000 |
| 21 | PC21 | 58,257 | 58,238 | 0,019 | 0,000 |
| 63 | PC22 | 56,698 | 56,507 | 0,191 | 0,036 |
| 56 | PC23 | 58,869 | 58,811 | 0,058 | 0,003 |
| 24 | PC24 | 56,388 | 56,260 | 0,128 | 0,016 |
| 55 | PC25 | 60,991 | 60,977 | 0,014 | 0,000 |
| 26 | PC26 | 59,166 | 59,093 | 0,073 | 0,005 |
| 54 | PC27 | 62,645 | 62,500 | 0,145 | 0,021 |
| 3 | PC3 | 60,559 | 60,543 | 0,016 | 0,000 |
| 4 | PC4 | 58,946 | 58,903 | 0,043 | 0,002 |
| 60 | PC5 | 56,861 | 56,692 | 0,169 | 0,028 |
| 7 | PC7 | 58,541 | 58,494 | 0,047 | 0,002 |
| 8 | PC8 | 58,696 | 58,679 | 0,017 | 0,000 |
| 57 | PC9 | 56,512 | 56,391 | 0,121 | 0,015 |
| | | | | sum | 0,244 |
| | | | | average | 0,009 |
| | | | | RMSE | 0,097 |
| | | | | NSSDA | 0,190 |

Tabla 19 - Control de Calidad según NSSDA para z.

Los errores mostrados según el estándar en términos de pixel son:

- En planimetría aproximadamente 3 pixeles (2.96 pixel)
- En altimetría aproximadamente 5 pixeles (4.68 pixel).

A pesar de que los errores no son significativos, para la definición de una mensura urbana 12 cm significan el ancho de un muro por lo que sería

inviable definir los límites de un predio urbano, sin embargo para una mensura rural un error de 12 cm en el punto es aceptable considerando que el diámetro de un poste es aproximadamente de 20 cm. Dadas las necesidades de este proyecto, el error en altimetría es aceptable ya que el fin de este trabajo con respecto a las alturas es saber para donde corre el agua, si hubiese que hacer algún análisis más específico como, por ejemplo, un cálculo de volumen para una obra vial, se necesitaría mayor precisión en los datos relevados.

## 11.2 Reporte de Calidad.

Una vez finalizado el procesamiento fotogramétrico el software genera un reporte de calidad, el cual contiene los siguientes elementos:

1. Summary (Resumen).
2. Quality Check (Control de calidad).
3. Initial Image Positions (Posición inicial de las imágenes).
4. Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions (Imagen calculada/GCPs/Unión manual de las posiciones de los puntos).
5. Absolute camera position and orientation uncertainties (Incertidumbres de posición absoluta de la cámara y orientación).
6. Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions (Imagen calculada/GCPs/Posiciones de puntos de enlace manual)
7. Overlap (Superposición).

8. Internal Camera Parameters (Parámetros internos de la camara).
9. 2D Keypoints table (Tabla de puntos clave 2D).
10. 3D Points from 2D Keypoints matches (Puntos 3D a partir de coincidencias de puntos clave 2D).
11. 2D Keypoints Matches (Coincidencias de puntos clave 2D).
12. Ground Control Points (Puntos de apoyo/control).
13. Absolute Geolocation Variance (Variación absoluta de geolocalización)
14. Relative Geolocation Variance (Variación de orientación de la imagen)
15. Initial Processing details; Point Cloud Densification details; DMS, Orthomosaic and Index details. (Detalles del procesamiento inicial, detalles de la densificación de la nube de puntos; detalles del MDS (modelo digital de superficie), Ortomosaico e índice).

El detalle de cada uno de los puntos mencionados, se exponen en el Anexo D.

## 11.3 Ortomosaico y Modelo Digital de Superficie.

Se puede ver en el Anexo D, que los valores presentados en el reporte de calidad por el software, son todos aceptables, por lo que procedemos a obtener los resultados deseados para así poder trabajar sobre ellos.

Finalizados los tres procesamientos que realiza el software, se tiene como resultado el ortomosaico y el modelo digital de superficie (MDS), los cuales serán utilizados para definir la mensura del predio y poder realizar el proyecto de amanzanamiento.

La ortofoto junto con el MDS se exportó en formato TIFF con una resolución final de 4.06 cm/píxel.

A continuación, se muestra las imágenes de los resultados obtenidos.

Imagen 51 - Ortomosaico generado.

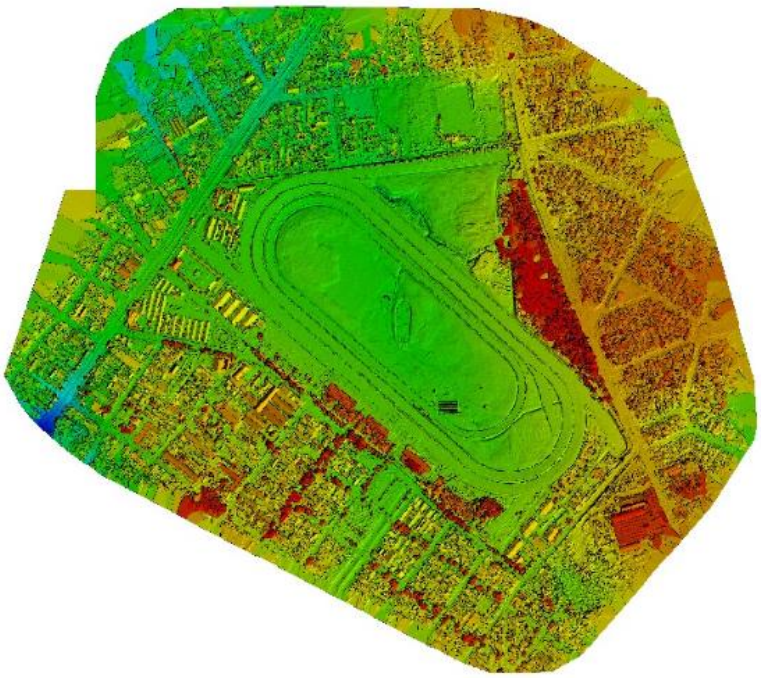


Imagen 52 - Modelo digital de superficie generado.

# 12. DEFINICIÓN DE LA MENSURA.

Una vez finalizado el procesamiento y generados el ortomosaico y el MDS, se procedió a definir la mensura del predio; para la misma se utilizó AutoCAD CIVIL 3D 2018.

La ortofoto generada se encuentra en formato TIFF; esta tiene una resolución de 4.06 cm/pixel y cubre un área total de 178.6 Hás, por lo que resultó un archivo muy pesado y difícil de manipular. Dadas esas condiciones, se dividió la imagen en 5 partes utilizando el software ArcGIS, para así poder manipular estas en el AutoCAD CIVIL 3D 2018 colocándolas en 5 capas diferentes. De esta forma, activando las 5 capas en el CAD, se pudo trabajar con la totalidad del subproducto.

Para la definición del predio, utilizando la herramienta CAD, se definió un conjunto de puntos, ubicados sobre la imagen de los muros que eran visibles en el ortomosaico. De esta forma, se obtuvo un grupo de puntos representativos que permitió el análisis y definición de los límites existentes (materializados), utilizando para ello la herramienta de aproximación por mínimos cuadrados. A través de esta herramienta, se puede aproximar la recta que mejor se ajusta dado un grupo de puntos.

Imagen 53 - Límites definidos a partir del ortomosaico.

Como se ilustra en la imagen, se definieron los límites buscando la mejor recta que se ajustara a ese conjunto de puntos definido. Por otro lado también se consideró como insumo importante el plano de mensura inscripto del predio.

En el lado Este, se puede observar que no hay casi puntos dibujados, esto se debe a la vegetación existente, y, por lo tanto, la imposibilidad de identificar los elementos que materializan el límite en ese tramo. En la siguiente imagen se puede ver que, en el plano antecedente, el agrimensor define una serie de quiebres en el tramo mencionado, los cuales fueron imposibles de detectar en la imagen.

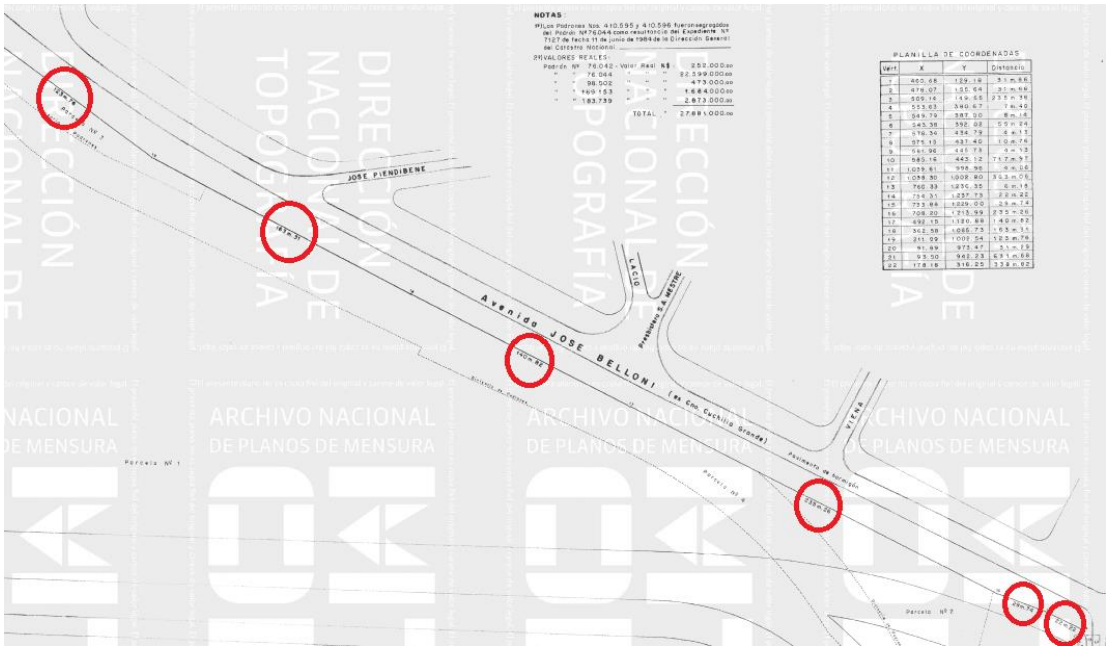



Imagen 54 - Quiebres definidos según plano antecedente.

Según el plano de mensura, ese tramo cuenta con 6 alineaciones producto de quiebres muy pequeños, las cuales no pudieron ser visualizadas por lo expuesto anteriormente.

Otro caso similar ocurre sobre la calle José María Guerra, donde el plano antecedente antes mencionado deslinda una fracción prometida en donación a UTE, existiendo en la misma la sub-estación Nº 80. La fracción mencionada se encuentra empadronada con el Nº 410595. Al igual que sucede sobre la calle Belloni, no se pudo definir los límites de la sub-estación, ya que la vegetación existente impide visualizar en ese tramo la materialización de los límites, y a su vez, esta se encuentra emplazada dentro de una misma construcción que pertenece al predio del

Hipódromo de Maroñas. Este hecho hace que, en primera instancia, no se pueda identificar en forma independiente.

Imagen 55 - Ubicación SUB-ESTACION UTE sobre el ortomosaico.

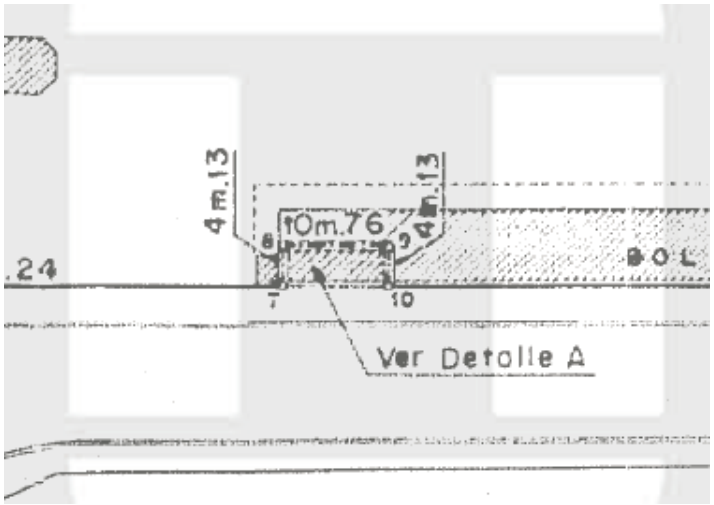



Imagen 56 - Ubicación SUB-ESTACIÓN UTE según plano antecedente.

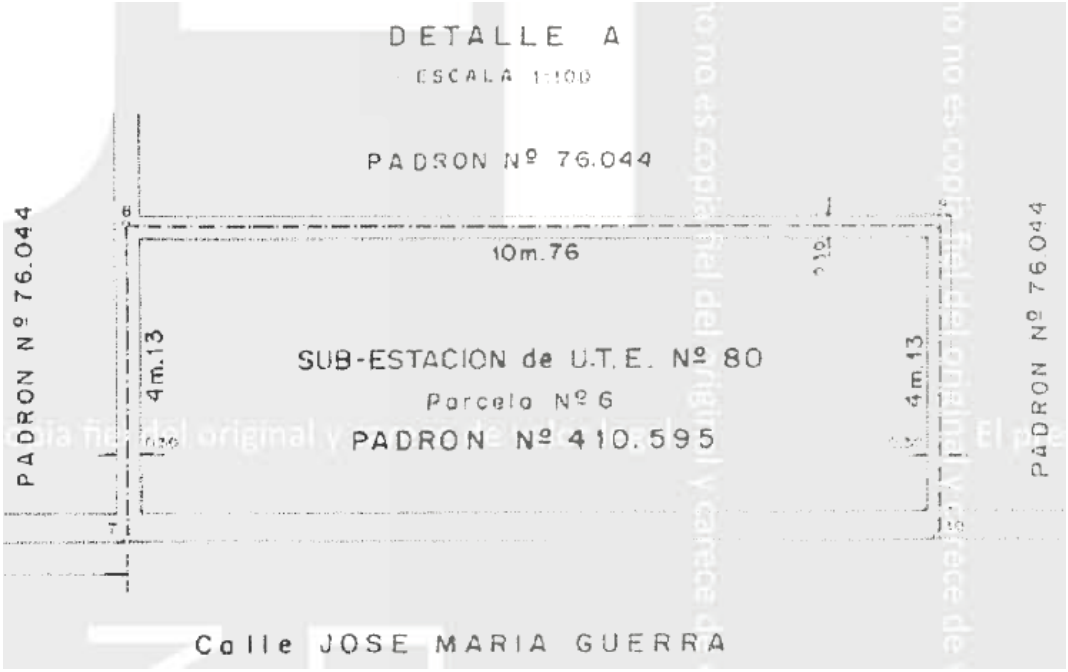



Imagen 57 - Dimensiones padrón N° 410595 correspondiente a la SUB-ESTACION UTE.

Contemplando los casos mencionados, la definición de la mensura solamente utilizando como insuma el ortomosaico, resulta insuficiente. Se debe complementar con un relevamiento planimétrico utilizando, por ejemplo, una estación total. Esto no fue llevado a cabo, ya que uno de los objetivos de este trabajo es estudiar la viabilidad de resolver una mensura urbana  a partir de los subproductos generados por el vuelo fotogramétrico, en este caso, realizado con UAV.

## 12.1 Observaciones.

Como parte del proceso para definir la mensura del predio, se realizó un estudio de antecedentes gráficos de la zona. Al analizar los planos encontrados y compararlos con el relevamiento existente, se pudieron constatar algunas inconsistencias:

1. Límite entre padrón Nº 410596 (escuela) y Nº 76044.

Se constató que, según plano de mensura del Ing. Agrim. Carlos Hughes registrado el 10 de agosto de 1984 con el Nº 5035 (actual antecedente gráfico del padrón Nº 76044), el predio de la escuela se encuentra invadiendo a la parcela del Hipódromo de Maroñas. Por este motivo, se realizó un estudio gráfico de los planos antecedentes del predio de la escuela, donde se pudo ver que el Hipódromo de Maroñas dona a ANEP parte de su terreno (1500 mc) según escritura de donación realizada el 03/06/1941 por el escribano L. Carvalho Alvarez. Conforme con lo analizado en los planos, la escuela se encuentra ocupando una totalidad de 1924 mc.

Imagen 58 - En amarillo se muestra la invasión existente por parte del padrón N° 410596 hacia el padrón N° 76044.

2. Alineación sobre José María Guerra.

Sobre la calle José María Guerra a la altura de la calle Saint Bois, se puede ver que existe un quiebre de la alineación según el plano antecedente.

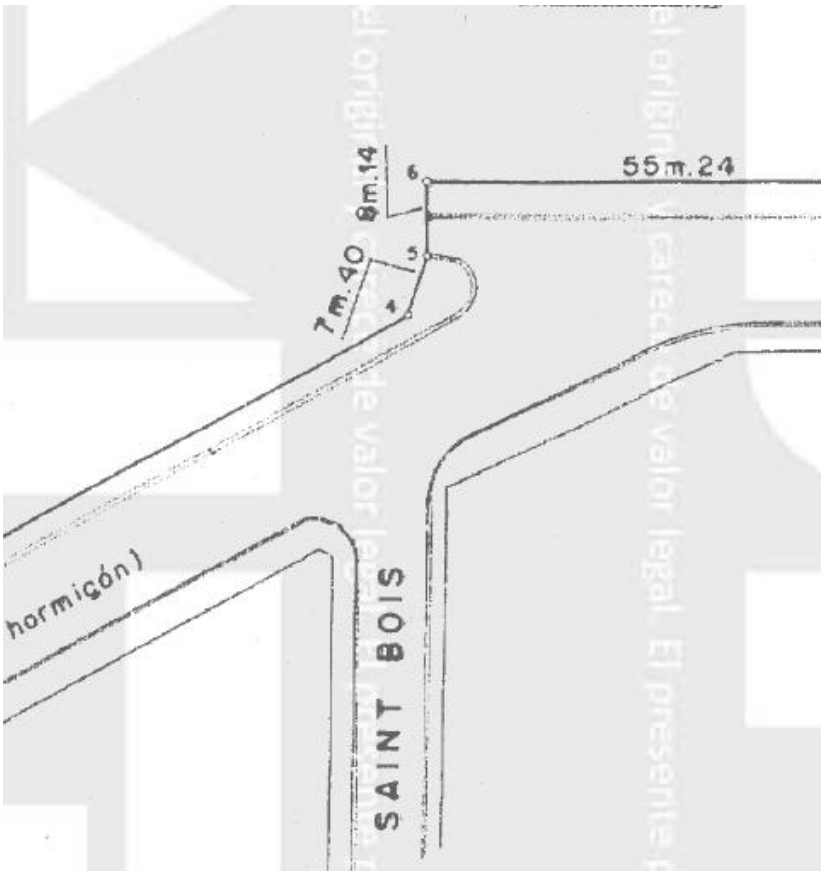



Imagen 59 - Quiebres existentes según Plano antecedente en la zona de José María Guerra y Saint Bois.

Al definir los límites del predio, se pudo constatar que existe un muro mal emplazado donde quiebra la alineación de José María Guerra. Haciendo el estudio pertinente de la zona utilizando la herramienta de Google Earth,

se consiguió ver que entre los años 2002 y 2004 el muro se volvió a construir, quedando el mismo mal emplazado, de forma tal que parte del predio del Hipódromo de Maroñas se encuentra invadiendo la vía pública.

Imagen 60 - Imagen extraída de Google Earth del año 2002.

Imagen 61 - Imagen extraída de Google Earth del año 2004.

Imagen 62 - Situación Actual - Muro mal emplazado.

En la imagen anterior se señala con el color rojo el límite del predio (según plano antecedente) del Hipódromo de Maroñas, y se puede ver cómo el muro se encuentra mal emplazado.

A modo de resumen, dadas las inconsistencias encontradas, y principalmente, la poca visualización (sobre la imagen) de los límites en determinados tramos, no se puede definir la mensura del predio padrón Nº 76044, únicamente utilizando el ortomosaico generado a partir del vuelo fotogramétrico realizado. Para poder definir los límites del predio mencionado, resulta pertinente efectuar un relevamiento planimétrico complementario utilizando métodos topográficos tradicionales.
Por lo tanto, como resultado del relevamiento se obtuvo un croquis de lo existente, en el cual se grafican los muros y las construcciones tal como

se encuentran emplazados en la actualidad, sin considerar los límites legales del predio. Dicho croquis se encuentra en el Anexo I.
De todas formas, la información obtenida es suficiente para realizar un ante-proyecto de fraccionamiento.

Sin embargo, resulta interesante analizar las diferencias obtenidas en superficie, comparando el plano antecedente con el relevamiento originado a partir del ortomosaico:

| | |
|---|---|
| **Área titulada** | 56 Hás 6859 $m^2$ 51 $dm^2$ |
| **Área s/ mensura** | 56 Hás 5811 $m^2$ 71 $dm^2$ |
| **Diferencia ( en - )** | 1047 $m^2$ 80 $dm^2$ (0,18%) |

Tabla 20 - Comparación de superficies entre antecedente gráfico y relevamiento.

# 13. PROYECTO DE AMANZANAMIENTO.

## 13.1 Introducción.

Para dar comienzo a esta etapa, junto con los subproductos generados por el vuelo fotogramétrico, se desarrollan ciertas ideas para el proyecto de amanzanamiento, de las que luego se estudiara su viabilidad según la normativa vigente a nivel departamental.

Los lineamientos desarrollados son los siguientes:

- Mantener alguna de las pistas de carreras como principal vía de circulación, de forma tal de conservar elementos distintivos del Hipódromo de Maroñas como tal.
- Idear un Barrio con el fin de priorizar la seguridad de los lotes y sus habitantes.
- Ofrecer a sus habitantes suficientes espacios verdes y de recreación.
- Mantener los palcos de socios y las playas de estacionamiento existentes, con la posibilidad de proyectar un centro comercial, gastronómico o cultural y con el fin de ofrecer servicios que, hoy en día, el barrio no cuenta.

Para la definición del proyecto de amanzanamiento se comenzó con el estudio de la normativa vigente a nivel departamental, en este caso, la del

departamento de Montevideo. La oficina competente dentro de la Intendencia de Montevideo que aprueba dichos proyectos, es Regulación Territorial y los pasos a seguir para este tipo de trámites son los siguientes:

- Presentar Proyecto de Alineaciones a la oficina de Regulación Territorial de la Intendencia de Montevideo.

  Luego de aprobado el mismo:
- Presentar Plano de Afectaciones a la oficina de Regulación Territorial de la Intendencia de Montevideo.

  Luego de aprobado por la misma:
- Se deberá registrar el Plano en la Dirección Nacional de Catastro.

  Luego de registrado el mismo:
- Las áreas destinadas a vías y espacios públicos deberán cederse gratuitamente a la Intendencia de Montevideo mediante escritura pública.
- Previo a su libramiento al uso público, las calles deberán ser pavimentadas por el propietario de acuerdo a las especificaciones establecidas por la Intendencia de Montevideo.

  SERVICIOS:
- Se deberá conectar al sistema de saneamiento según instrucciones del servicio de la Intendencia de Montevideo.
- El alumbrado público deberá ser instalado según instrucciones del servicio de la Intendencia de Montevideo.

- Se deberá implantar el suministro oficial de agua corriente y electricidad para todos los predios resultantes.
- Teniendo todos los servicios en funcionamiento, se presenta constancia de todos ellos al servicio de Regulación Territorial.
- Se realiza inspección por parte del servicio mencionado constatando que las áreas de vías y espacios públicos se encuentren libres de todo obstáculo, accidente, construcción, arbolado o plantaciones que puedan dificultar su utilización para los fines con que fueron previstas. Cumplidas estas exigencias, el mismo declarará libradas al uso público las áreas, sin cuyo requisito no podrá gestionarse ninguna solicitud de fraccionamiento o reparcelamiento.
- Aprobada la inspección por parte de la IM, se procede a presentar el Plano de Fraccionamiento.

Cabe destacar, que, en el marco de este trabajo, se realizará la definición de un anteproyecto de fraccionamiento, por lo que no es necesario considerar todos los pasos antes mencionados; el posible inversor deberá conocer cuáles son los requisitos, y los pasos asociados a cada etapa, con el fin de tomar una decisión con respecto a la viabilidad y rentabilidad para la posible inversión. A partir del proyecto mencionado, se podrá extraer información como: cantidad aproximada de solares, espacios

libres, valor total de pavimento, valor total de implantación de cañerías, entre otros.

## 13.2 Normativa departamental.

Dado lo explicado anteriormente, la normativa a estudiar será la que determina las dimensiones, tanto de las manzanas, como de los lotes y calles, así como de los espacios públicos. La misma se encuentra a disposición vía web dentro del digesto departamental volumen IV, Libro II, Apartado II, Título III: De los amanzanamientos y fraccionamientos. (Ver Anexo H)

Dentro del Título III se encuentra toda la normativa en relación a los amanzanamientos o fraccionamientos. Con respecto a las dimensiones de los lotes y las manzanas, se establecen los siguientes mínimos/máximos:

| Frente mínimo para el lote | Lado de manzana<br>Mínimo Máximo | Àrea de manzana<br>Mínimo Máximo |
|---|---|---|
| 10 metros | 50 metros 120 metros | 7.000 m2 10.000 m2 |
| 12 metros | 70 metros 150 metros | 10.000 m2 15.000 m2 |
| 15 metros | 80 metros 150 metros | 15.000 m2 20.000 m2 |

Tabla 21 - Dimensiones de los lotes y manzanas según digesto departamental.

Como se puede observar en la tabla anterior, la Intendencia establece dimensiones mínimas para los frentes de los lotes, mínimo y máximo para los lados de las manzanas, así como mínimo y máximo para el área de las manzanas. El mínimo para el área de los lotes es de 300 $m^2$; establecido por la Ley de Ordenamiento Territorial (Nº 18.308) en el artículo 83 inciso 1) i) (Ver Anexo G).

Dada la necesidad de conocer las tolerancias que el servicio de Regulación Territorial dispone a la hora de aprobar un fraccionamiento, fue imprescindible establecer contacto con las autoridades correspondientes, es por ello que se coordinó una reunión con la Ing. Agrim. Gabriela Piquet, técnico encargado de la aprobación de dichos fraccionamientos.

Las principales consultas planteadas fueron:

- Tolerancia con respecto a los lados mínimos/máximos de las manzanas.
- Tolerancia con respecto a las áreas máximas de las manzanas.
- Anchos de calles.

Se pudieron evacuar todas las dudas y a su vez se obtuvo información de la normativa existente específicamente de la zona a fraccionar, así como también sobre los proyectos de alineaciones. Con respecto a los lados de las manzanas, hay tolerancia a la hora de fraccionar, es decir, se pueden proyectar manzanas con lados mayores a los que se establecen en el digesto departamental. Esta tolerancia no fue especificada en porcentaje o de forma lineal; simplemente lo que establece el digesto departamental con respecto a los lados de la manzana, no se considera al momento de aprobar un proyecto. Con respecto al área de las manzanas, tampoco cumple lo definido en dicho digesto, la Ley Nº 17.292 establece en el artículo 48:

*"…En los suelos categorías urbana y suburbana, para las actuaciones residenciales, de turismo residencial o similares,* ***el área comprendida entre los componentes de la trama de circulación pública, no podrá superar un máximo de 10.000 (diez mil) metros cuadrados****. Dicha restricción no alcanza a los amanzanamientos aprobados con anterioridad a la entrada en vigencia de la Ley N° 18.308, de 18 de junio de 2008. El*

*máximo de área referida podrá ampliarse hasta en un 100% (cien por ciento) más, en función de la estructura territorial y siempre que se asegure la continuidad de la trama de circulación pública y la libre accesibilidad a los espacios públicos actuales y a aquellos que se creen simultáneamente con el acto de aprobación del fraccionamiento.*

*Sin perjuicio de lo establecido en el inciso anterior, en los suelos categoría suburbana, cuando así lo establezcan las Directrices Departamentales, Planes Locales, Planes Parciales o Programas de Actuación Integrada previstos en los artículos 16, 17, 19, 20 y 21 de la Ley N° 18.308, de 18 de junio de 2008, se podrán admitir superficies mayores para las áreas comprendidas entre los componentes de la trama de la circulación pública, en función de la estructura territorial adoptada y del uso turístico como destino principal, siempre que se asegure el cumplimiento de los requisitos establecidos en el inciso anterior.*

***Lo dispuesto no se restringe a la Urbanización de Propiedad Horizontal prevista en el presente artículo, y regirá cualquiera sea el régimen de propiedad de que se trate**."*

Es decir, en la Ley se establece que las manzanas no podrán tener un área mayor a 1 Há, cualquiera sea el régimen de la propiedad. Es por ello

por lo que no hay tolerancia con respecto al área de las manzanas, y lo que se dispone en el digesto departamental, no rige más.

Con respecto a los anchos de las calles, sugirió que las mismas se plantearan de 17 metros ya que hay que considerar que hoy en día la mayoría de los servicios son subterráneos, y los mismos van por debajo de las veredas. Si se plantearan calles más angostas, ello implicaría la no existencia de veredas, que los servicios subterráneos sean bajo el pavimento, y por lo tanto interrumpir el tránsito dada la necesidad de arreglar alguno de ellos.

Con respecto a los lotes resultantes del fraccionamiento, los mismos tendrán un FOS (factor de ocupación del suelo) del 60%, retiro frontal de 4 metros, y a aquellos predios frentistas a espacios libres retiro de 4 metros sobre el mismo. Se deberá destinar un 10% del área original del predio, para espacios libres, sin considerar el área destinada a calles.

A modo de resumen, se presenta la siguiente tabla:

| **LOTE** | | | | **MANZANA** | | **ANCHO DE CALLE** | **ÁREA DESTINADA A ESPACIOS LIBRES** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Frente mínimo | Área mínima | FOS | Retiro frontal | Lado mínimo | Área máxima | | |
| 10m | 300mc | 60% | 4m | 50m | 1Há | 17m | 10% |

Tabla 22 - Normativa departamental para fraccionamientos en la zona del Hipódromo de Maroñas.

### 13.2.1 Monumento Histórico.

La totalidad del padrón en estudio, así como sus instalaciones fueron declaradas Monumento Histórico según la [8]resolución N° 18/998. A dicha resolución le anteceden dos más: N° 1037/990 y N° 1291/997.
En 1990 se declara Monumento Histórico al Hipódromo Nacional de Maroñas y todas sus instalaciones quedando afectado el bien con las siguientes servidumbres:

- Prohibición de realizar modificaciones arquitectónicas que alteren las líneas, el carácter o la finalidad del bien, sin previo consentimiento de la Comisión del Patrimonio Histórico, Artístico y Cultural de la Nación.

En 1997 se deroga dicha resolución estableciendo que se desafectará como Monumento Histórico al Hipódromo Nacional de Maroñas, excepto la “Pista de Carreras” y el “Palco de Socios”, ya que se pretende la construcción de conjuntos habitacionales, desarrollando un proyecto urbanístico en las áreas a ser desafectadas.

Por último, en 1998 (resolución vigente), se deja sin efecto la resolución de 1997 y se mantiene la condición de Monumento Histórico establecida en la resolución de 1990.

[8] Resoluciones Nº 18/998, 1037/990 y 1291/997 en Anexo E.

Dado lo que establece la resolución que se encuentra vigente, no podría ser posible un amanzanamiento en la totalidad del bien del Hipódromo de Maroñas, sin previo consentimiento de la unidad de Patrimonio y mediante una nueva resolución municipal que lo avale y fije las restricciones correspondientes. Al encontrar un antecedente de proyecto de urbanización, como se habla en la resolución de 1997, se cree posible plantear un proyecto con las condiciones establecidas en dicha normativa, es decir, considerar únicamente como Monumento Histórico el “Palco de Socios” y la “Pista de Carreras”.

Dado lo explicado anteriormente, se establece un primer criterio para confeccionar el proyecto urbanístico:

- Mantener la pista de carrera como principal vía de circulación del fraccionamiento.
- Conservar los palcos de socios en una única fracción.

## 13.3 Proyecto de Amanzanamiento.

Habiendo definido el primer criterio para comenzar con el amanzanamiento, se comenzó a trabajar en el CivilCAD 3D.

Como primera instancia, se trabajó sobre el ortomosaico generado: se dibujaron las dos pistas existentes y la fracción donde se encuentran los

palcos de socios (dado que estas constituyen los elementos del predio que no serán incluidos en el fraccionamiento de tierra). Cabe destacar, que para realizar el proyecto amanzanamiento se utilizó el plano antecedente del padrón, ya que como se explicó anteriormente, no se pudo resolver la mensura del predio únicamente con el ortomosaico generado. De todas formas, los subproductos generados a partir del vuelo fotogramétrico, son imprescindibles para un proyecto urbanístico, por ejemplo, la utilización del modelo digital del terreno y las curvas de nivel, para proyectar las calles, el escurrimiento de las aguas pluviales, movimientos de suelo, para conectar el saneamiento, y con todo ello los gastos que cualquier inversor deberá considerar.

Se dibujó el plano antecedente mencionado (de ahora en adelante, teórico), y fue solapado sobre la ortofoto. Para ello, se utilizó el vértice mejor definido, es decir, el vértice establecido por las alineaciones que son visibles en la imagen casi en su totalidad. Así, se ubicó el vértice de Av. Gral. Flores y Dr. Gregorio L. Rodriguez, se hizo coincidir el del teórico con el definido en la imagen, y luego se alineó el teórico con la alineación definida sobre Dr. Gregorio L. Rodriguez.

Imagen 63 – Vértice definido por Av. Gral. Flores y Dr. Gregorio L. Rodríguez. En verde se muestra las alineaciones dibujadas a partir del ortomosaico y en rojo el teórico.

Imagen 64 - Teórico alineado a las alineaciones definidas por el ortomosaico.

De esa forma, se ubicó el antecedente sobre la ortofoto, constatando que no existieran diferencias groseras en las alineaciones restantes.

Como segunda instancia, se dibujaron todas las alineaciones de los alrededores, y de esta manera se continuo su trazado sobre el padrón para comenzar a darle forma al amanzanamiento. Es importante destacar que la Intendencia de Montevideo exige continuidad entre lo existente y lo proyectado, es por lo que resulta importante definir las calles que se

encuentran en los alrededores del Hipódromo para así poder evaluar la continuidad de las mismas en el proyecto. Esta continuidad mencionada no necesariamente se trata de proyectar las mismas sin cambiar su orientación, sino de forma tal que exista comunicación entre el nuevo emprendimiento y su entorno.

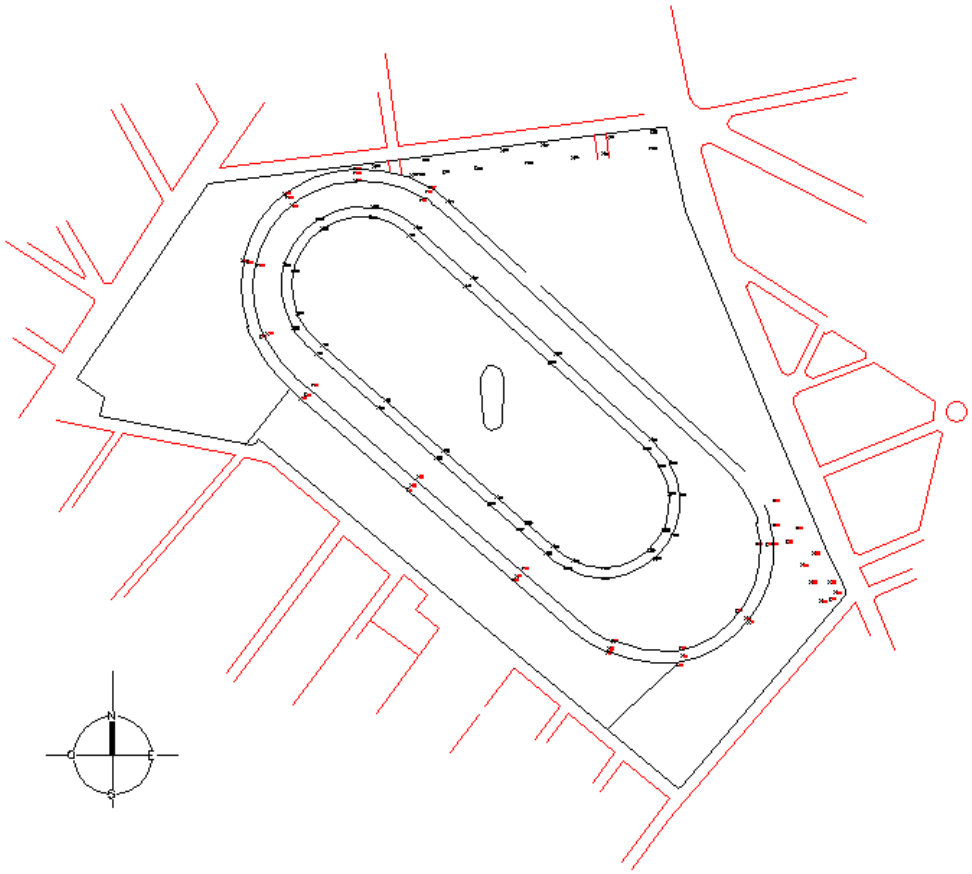


Imagen 65 - Definición de las pistas, fracción a conservar y alineaciones de la zona.

Para el diseño del amanzanamiento, se decidió conservar el de la zona, específicamente el de Jardines del Hipódromo, al Este del predio, donde

el diseño parte de un espacio libre circular de donde salen de forma radial las calles, y así quedan definidas las manzanas cuasi triangulares.

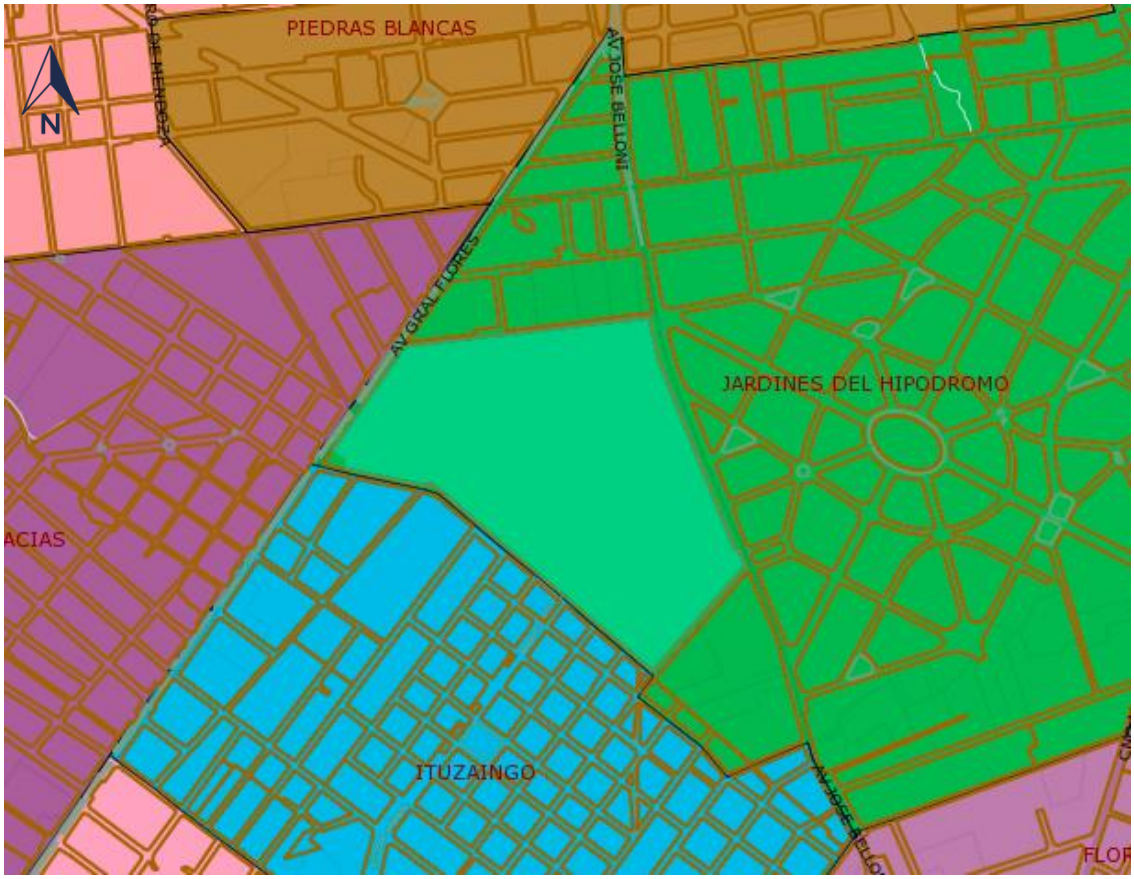



Imagen 66 - Barrios en los alrededores del Hipódromo de Maroñas.

En el proyecto se decidió conservar el lago existente en el predio del Hipódromo Nacional de Maroñas, ubicado aproximadamente en el centro de la pista, como espacio libre central, y definir las calles de forma radial a él.

Imagen 67 – Manzanas del barrio Jardines del Hipódromo.

A su vez, otro de los criterios utilizados para diseñar el amanzanamiento, fue priorizar la seguridad de los predios y de sus habitantes, planteando que las manzanas proyectadas sobre las alineaciones existentes circundantes al predio, fueran de lotes con salida a dos calles y gravar los mismos con servidumbre de vigilancia (2m de ancho) sobre dichas calles. Esta solución se planteó considerando que el nuevo emprendimiento tuviera identidad propia (marcada por los frentes de los predios mencionados con vista a las calles internas del barrio) y al mismo tiempo,

los predios con doble frente cuenten con esta servidumbre a los efectos de maximizar la seguridad respecto de las calles circundantes, caracterizadas por tránsito pesado, gran flujo de unidades del transporte capitalino, transito constante de personas, así como la cercanía a actuales zonas complejas desde el punto de vista de la seguridad.

A continuación, se muestra un ejemplo sobre este tipo de manzanas:

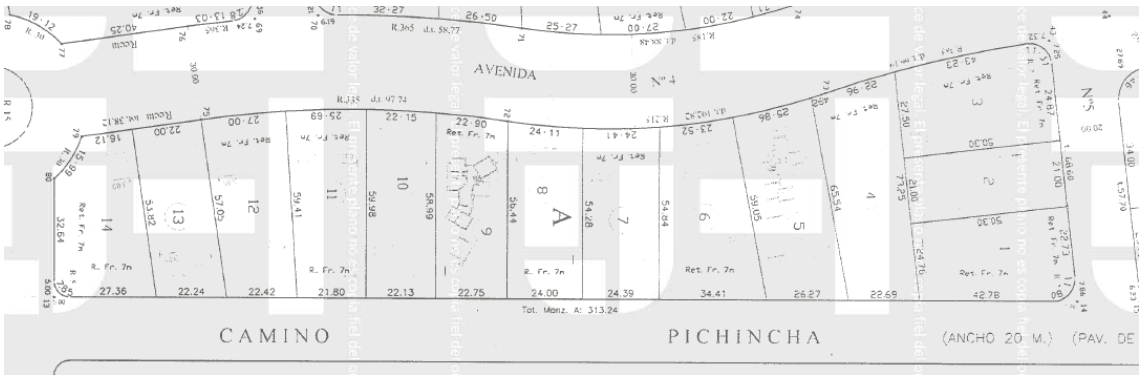



Imagen 68 - Manzana de lotes con salida a dos calles del Plano de Mensura Fraccionamiento de los Ing. Agrim. Gabriel Barreiro y Aldo Cassinelli registrado con el Nº 40230 el día 11/06/2007.

Cabe destacar, que esa medida no se aplicará sobre todos los límites del predio, sino que solamente sobre Av. José Belloni y Dr. Gregorio L. Rodríguez.

El resto de las calles linderas al Hipódromo de Maroñas corresponden a vías de comunicación de mayor importancia y con un tránsito mayor al del entorno circundante, incluido el transporte colectivo, que es muy variado y permite la conectividad con el resto de la ciudad.

Ante la consulta realizada en el Servicio de Regulación Territorial de la Intendencia de Montevideo, respecto de las alineaciones, se obtuvo la información sobre los ensanches proyectados de la zona. Los ensanches proyectados que afectan al padrón Nº 76044 son los siguientes:

- Ensanche proyectado por Av. Gral. Flores a 40 metros de la alineación noroeste existente.
- Ensanche proyectado por Dr. Gregorio L. Rodríguez a 20 metros de la alineación norte existente, desde Av. Gral. Flores hasta el padrón Nº 76049.
- Ensanche proyectado por Av. José Belloni a 40 metros de la alineación noreste existente.
- Ensanche proyectado por José María Guerra. Se proyecta la continuación de la calle Guerra, hasta Av. Gral. Flores con un ancho de 30 metros.

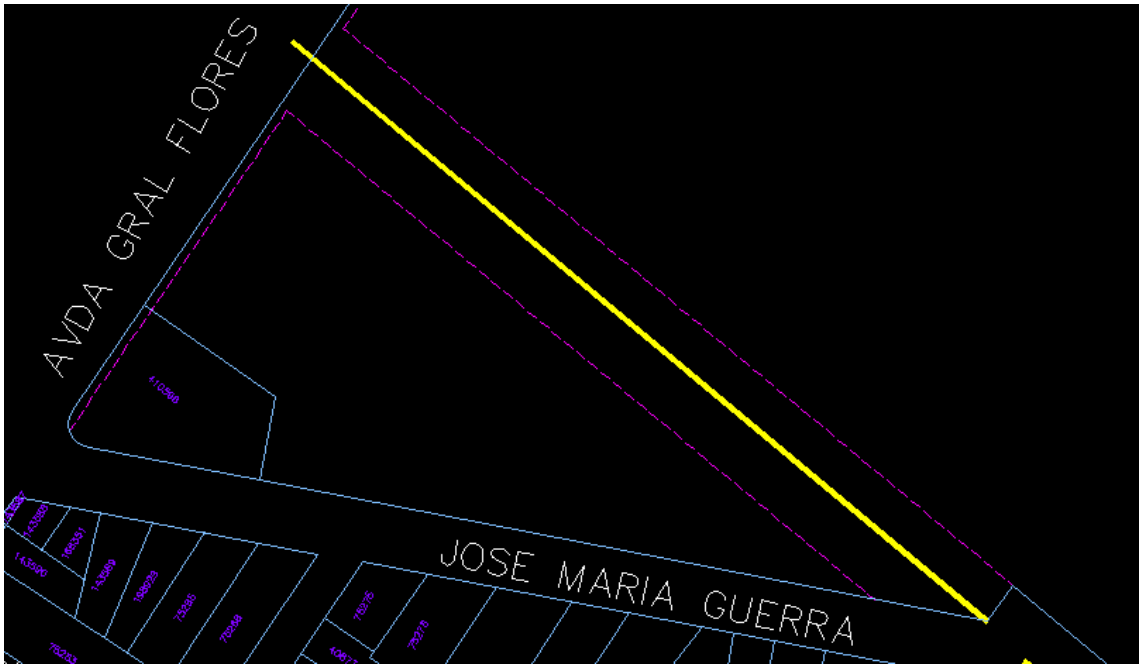



Imagen 69 - Ensanche proyectado por José María Guerra hasta Av. Gral. Flores.

A pesar de que la información de los ensanches fue brindada en este caso por un técnico de Regulación Territorial, la información corresponde a decretos departamentales aprobados por la junta departamental o la autoridad competente al momento de la aprobación.

Resulta importante destacar que la información sobre los proyectos de alineaciones, ensanches, puede ser solicitada por cualquier particular comunicándose vía telefónica al Servicio de Regulación Territorial y así agendarse para que le sea brindada la información solicitada.

Los ensanches antes detallados, se consideraron para el proyecto, es decir, se graficaron las nuevas alineaciones proyectadas según fueron

especificadas desde el Servicio, obteniendo así un fraccionamiento libre de afectaciones. Esta aclaración resulta importante, dado que para cualquier modificación catastral, los ensanches deberán ser graficados en los planos, considerando los retiros a partir de este; dicha área será expropiada cuando así lo solicite la autoridad competente, en este caso, la Intendencia de Montevideo. A su vez, dicha superficie podrá ser desafectada cuando así se disponga.

En esta instancia, como se explicó anteriormente, se obtiene un barrio libre de afectaciones, considerando que podría existir un acuerdo municipal para que estas áreas fueran expropiadas al momento de consolidar dicho fraccionamiento.

A medida que se fueron proyectando las manzanas, se definieron las ochavas en cada una de sus esquinas. En la instancia de reunión con la Ing. Agrim. Gabriela Piquet se consultó sobre las ochavas, resultando que en todo amanzanamiento dentro del departamento de Montevideo, se deberá considerar alineación de ochava cumpliendo con los siguientes criterios:

- Cuando el ángulo entre las dos alineaciones sea agudo (menor a 90º) la ochava mínima reglamentaria será la que resulte de trazar 3,53 metros sobre ambas alineaciones a partir del vértice y unir los puntos así determinados por una recta.

- Cuando el ángulo entre las alineaciones este comprendido entre 90º y 135º, será obligatorio una ochava mínima de 5 metros perpendicular a su bisectriz.

A modo de resumen, podemos listar las principales consideraciones para proyectar el amanzanamiento:

1) Mantener la pista de carrera como principal vía de circulación del fraccionamiento.
2) Conservar los palcos de socios en una única fracción, con la posibilidad de destinar esta como centro comercial, o centro gastronómico o cultural, siendo una gran influencia para el entorno y un atractivo para los futuros habitantes, ya que en la zona no se encuentran centros de esa índole.
3) Conservar el diseño de amanzanamiento del barrio Jardines del Hipódromo.
4) Conservar el lago existente en el Hipódromo de Maroñas como espacio libre y proyectar calles radiales al mismo.
5) Proyectar manzanas de lotes con salida a dos calles, sobre las calles circundantes menos transitadas: Av. José Belloni y Dr. Gregorio L. Rodríguez.
6) Considerar los ensanches proyectados por el servicio de Regulación Territorial de la Intendencia de Montevideo.

A continuación, se muestra el resultado obtenido con respecto al amanzanamiento, señalando las manzanas diseñadas y con un sombreado los espacios libres definidos.

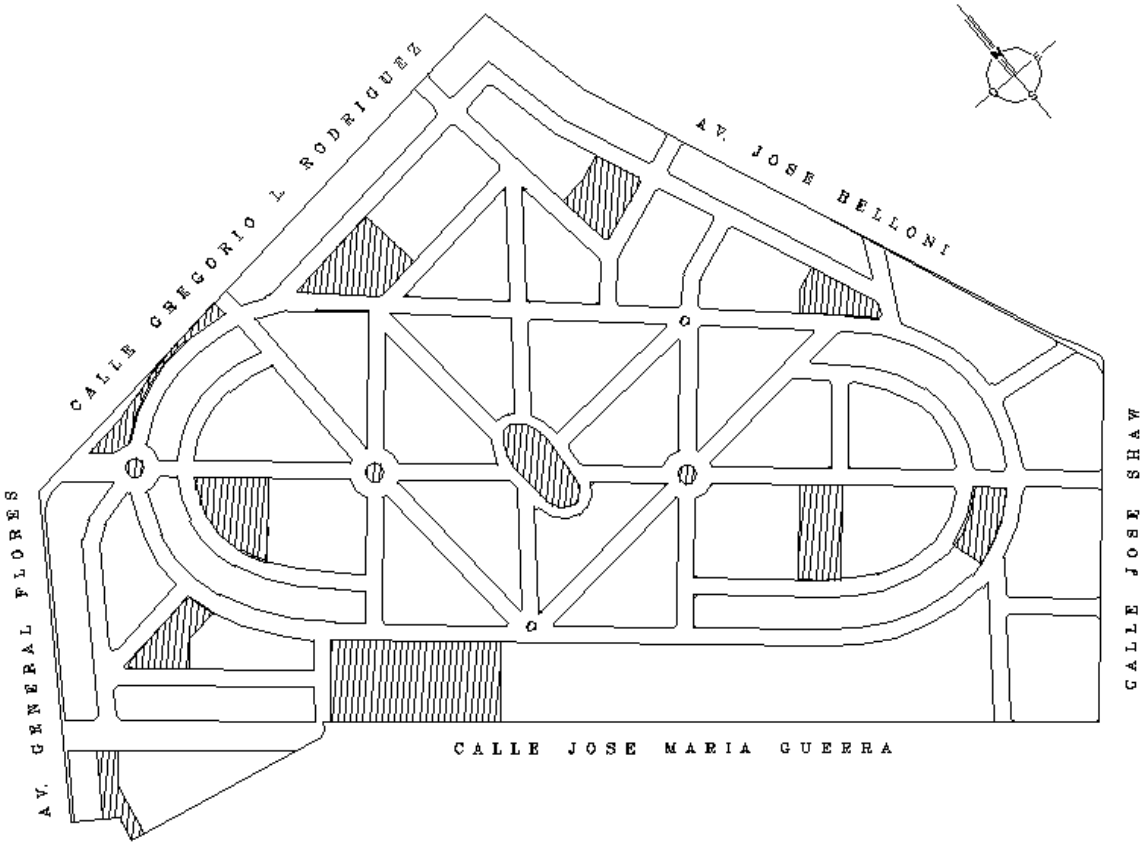



Imagen 70 - Amanzanamiento diseñado y áreas de espacios libres.

## 13.4 Fraccionamiento.

Habiendo definido todas las manzanas, se procedió con la determinación del fraccionamiento, para ello se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- Forma de las manzanas.
- Área mínima de los lotes = 300m$^2$.
- Frente mínimo de los lotes = 10m.
- Retiros: frontal de 4m.
- Forma de los lotes.

A su vez, se diseñó el fraccionamiento con el fin de proyectar la mayor cantidad posible de lotes (sin perder de vista el aprovechamiento del espacio producto de la conformación geométrica de cada parcela), ello se define así, para que resulte atractivo para cualquier inversor, dado que a mayor cantidad de lotes, mayor ganancia.

Como se puede ver en la imagen Nº 70, gran parte de las manzanas tienen forma irregular[9], lo que resulta una limitante a la hora de querer proyectar la mayor cantidad posible de lotes por manzana y que los mismos tengan una forma regular. Es por ello que se adoptaron diferentes criterios para la definición de los lotes, que los mismos dependen de la forma de la manzana.

[9] Se entiende como forma regular, aquellas que sean rectangulares.

### 13.4.1 Manzanas triangulares.

La mayoría de las manzanas triangulares se encuentran circundantes al espacio libre principal del amanzanamiento, que contiene el lago.
Se estableció un mismo criterio para este tipo de manzanas de forma tal que dentro de la misma existiese cierta simetría, lotes regulares y, como se dijo anteriormente, poder proyectar la mayor cantidad posible de parcelas dentro de cada manzana. Para ello, en cada uno de los vértices de la manzana, se dibujó la bisectriz intersectando las tres semirrectas en un mismo punto.

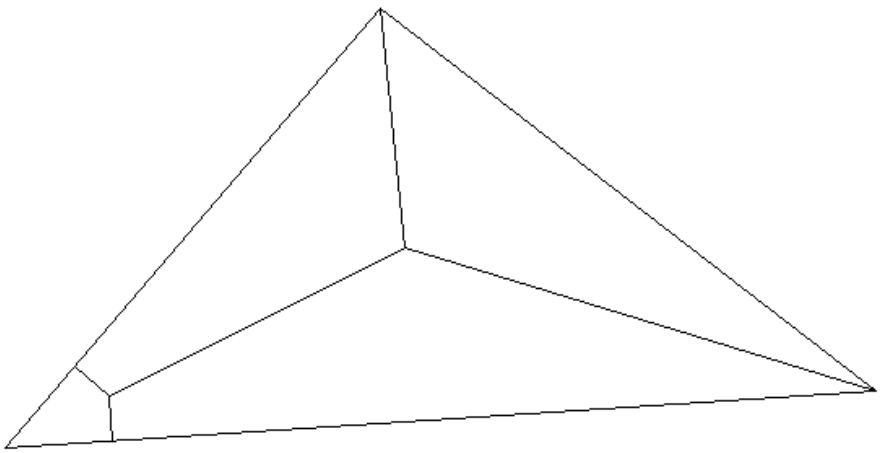


Imagen 71 - Intersección de bisectrices dentro de una manzana triangular. Lote esquina en el vértice inferior izquierdo.

Luego se definieron los lotes de cada una de las esquinas, se consideró una misma distancia sobre los lados del triángulo (mayor o igual a 10

metros) y las líneas proyectadas desde la bisectriz perpendiculares al lado del triángulo.

En todo predio esquina, sin importar dentro del tipo de manzana que se encuentre, se tuvo en cuenta que el mismo se ve afectado por el retiro frontal sobre ambas calles, es por ello que en este tipo de lotes se consideró proyectarlos con un área mayor que el resto.

Habiendo definido los lotes de las tres esquinas de la manzana, se procedió a proyectar líneas paralelas a una distancia mayor o igual a 10 metros, dependiendo del área resultante. Como resultado, se obtuvieron manzanas como la que se muestra a continuación:

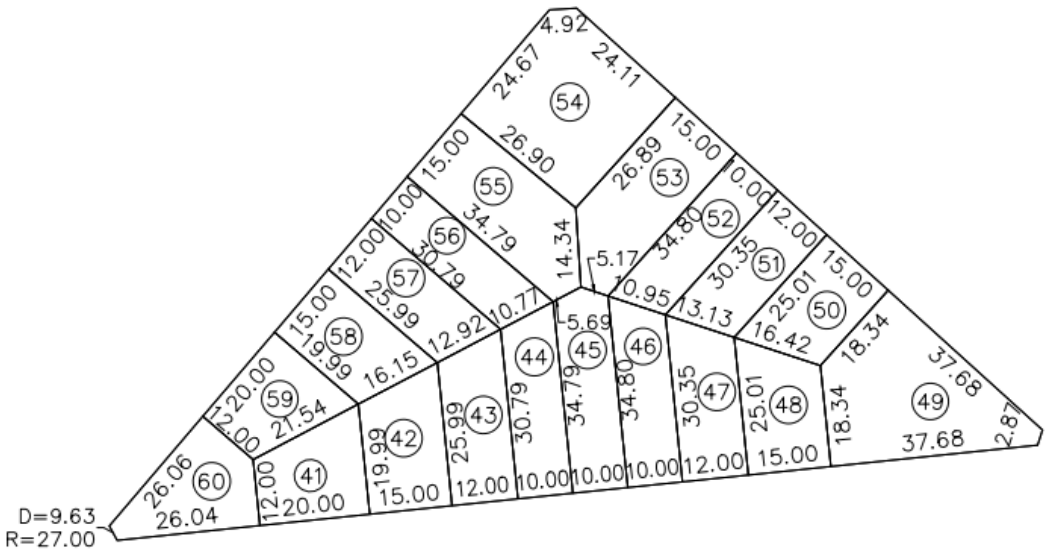



Imagen 72 - Manzana triangular con 20 lotes proyectados.

### 13.4.2 Manzanas rectangulares: angostas y alargadas.

Este tipo de manzanas se encuentran principalmente en los límites del predio, sobre las calles Av. Gral. Flores, Dr. Gregorio L. Rodriguez y Av. José Belloni, y también circundantes a la vía principal del amanzanamiento (pista).

Sobre las manzanas que se encuentran linderas a los límites del predio, se proyectaron lotes con salida a dos calles, de forma tal que el largo del lote coincide con el ancho de la manzana. La mayor parte de estos lotes se proyectaron con frente de 10 metros y sus lados perpendiculares a los lados de la manzana. Como se explicó anteriormente, en las manzanas próximas al cruce de calles de Av. Jose Belloni y Dr. Gregorio L. Rodriguez, los lotes se gravaron con una servidumbre de vigilancia de 2 metros sobre el lado lindero a estas calles.

Aquellas manzanas circundantes a la vía principal (pista), a diferencia de las anteriores, tienen sus lados curvos. Los lados de los lotes se proyectaron de forma radial a la curva, con un frente de 10 metros en la mayoría de los casos. Estos también se definieron con salida a dos calles dado el ancho de la manzana.

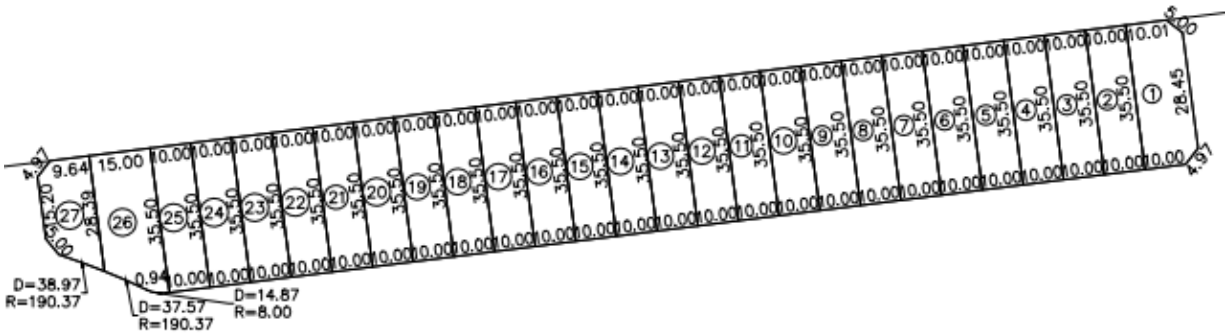



Imagen 73 - Manzana alargada lindera a la calle Dr. Gregorio L. Rodríguez.

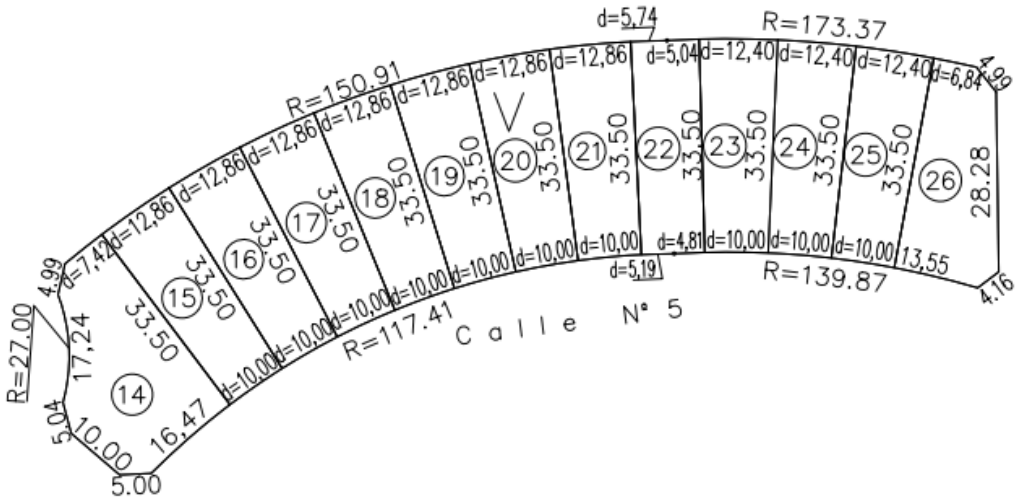



Imagen 74 - Manzana alargada con lados curvos.

### 13.4.3 Manzanas rectangulares: casi cuadradas.

Como se puede ver, las manzanas rectangulares o con forma regular, son las menos dentro del amanzanamiento, esto se debe, principalmente, a la forma elipsoidal que tiene la principal vía de circulación.

En este tipo de manzanas, se proyectaron lotes rectangulares, la mayoría con el mismo frente y mismo fondo. A su vez los lados de las parcelas se proyectaron perpendiculares a los lados de la manzana.

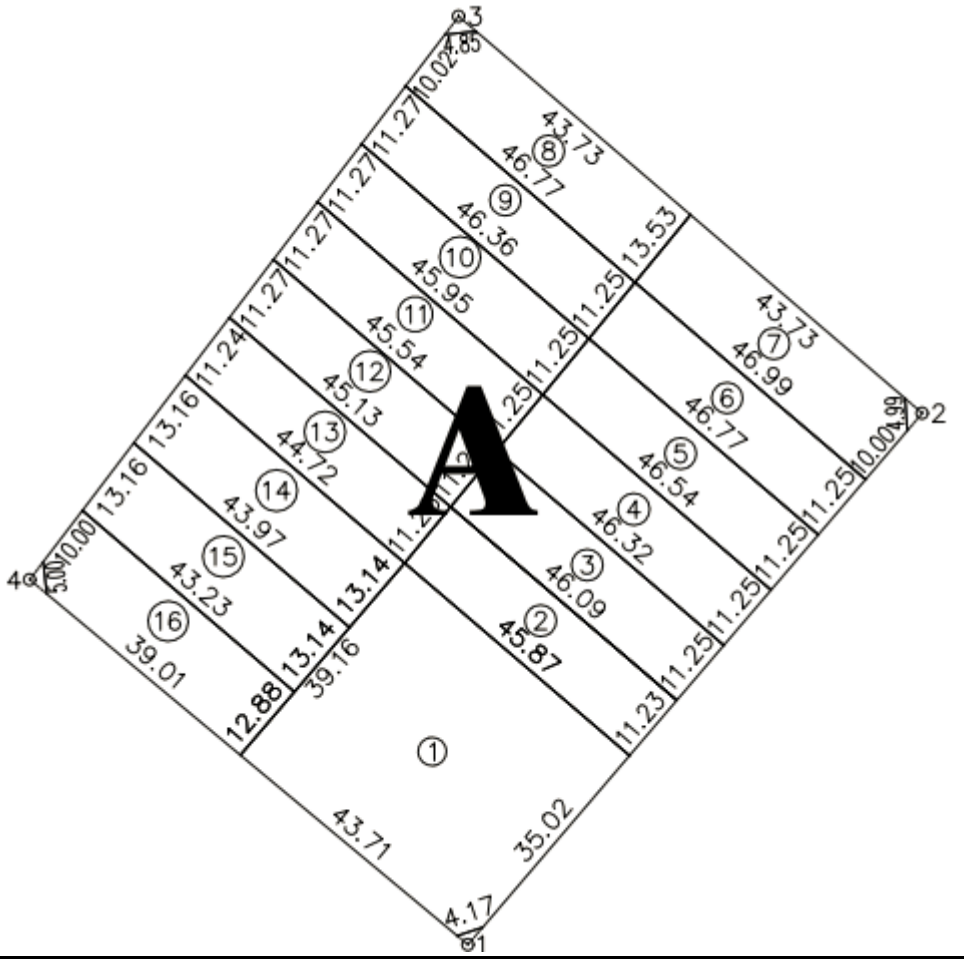



Imagen 75 - Manzana rectangular casi cuadrada.

### 13.4.4 Espacios libres.

En todo amanzanamiento se deberá ceder un 10% del área total del predio para espacio libre, así lo establece el artículo 38 de la ley Nº 18.308 (ver Anexo G). A su vez, queda plasmado en el mismo artículo, que el Gobierno Departamental podrá disminuir dicho porcentaje a un 8% del área total de la parcelas. Con respecto a los porcentajes mencionados, se le consultó a la Ing. Agrim. del servicio de Regulación Territorial de la Intendencia de Montevideo, quien nos confirmó que existe tolerancia al respecto, y se permite que el mismo sea mayor a un 8%.

El área total del padrón Nº 76044 es de 56 Hás 6859 $m^2$ 51 $dm^2$, por lo que la superficie a destinar para espacios libres deberá ser mayor a 4 Hás 5348 $m^2$ 76 $dm^2$ (8%).

Habiendo finalizado con la totalidad del amanzanamiento y fraccionamiento, se procedió a designar la superficie para espacios libres, priorizando que los mismos fueran suficientemente grandes como para poder ser utilizados para recreación, con fines deportivos, cartera de tierras, entre otros.

## 13.5 Resultados.

Como resultado de todo lo expuesto anteriormente, se obtiene un proyecto de amanzanamiento y fraccionamiento con las características deseadas, que fueron detalladas al principio de este capítulo.

A continuación, se presentan los resultados en términos de porcentaje y superficie con respecto a los lotes, calles y espacios libres:

| | Cantidad | Superficie (Hás) | Porcentaje (%) |
|---|---|---|---|
| **Espacios Libres** | 16 | 4,812856 | 8,49 |
| **Calles** | - | 16,355114 | 28,85 |
| **Lotes** | 814 | 35,517981 | 62,66 |
| **TOTAL** | - | 56,685951 | 100 |

Tabla 23 – Áreas, porcentajes y resultados del fraccionamiento.

# 14. CONCLUSIONES.

A continuación, se desarrollan las conclusiones obtenidas en este trabajo. En esta instancia, resulta importante recordar cual era el objetivo del presente proyecto, y, en líneas generales, podemos decir que el mismo era llevar adelante el análisis de la tecnología UAV para un proyecto de escala media, atendiendo a una situación hipotética de fraccionamiento de un predio de varias hectáreas inserto dentro de una zona urbanizada. A modo de resumen, el desarrollo del trabajo consistió en realizar un vuelo fotogramétrico con UAV, el procesamiento del mismo, la (posible) obtención de sub productos así como el estudio de su calidad, y a partir de esos subproductos generar un proyecto urbanístico.

Al inicio del trabajo, se formularon ciertas preguntas para desarrollar este proyecto, que resulta interesante responder en esta instancia.
La primera pregunta es la siguiente:

*¿Cuáles son las condiciones ideales que se deberían presentar en la parcela, y en sus alrededores, para poder definir la mensura urbana de la misma a partir de un vuelo fotogramétrico con UAV?*

Como se pudo ver, se tuvieron ciertas limitaciones al momento de la definición de la mensura urbana del Hipódromo de Maroñas,

principalmente, por las condiciones que la parcela presenta y también por los resultados obtenidos al evaluar la exactitud posicional en planimetría. Es así que, se puede responder la pregunta, basándose en las limitaciones obtenidas, y, por lo tanto, podemos decir que las condiciones ideales para poder definir una mensura urbana a partir de un vuelo fotogramétrico, son las siguientes:

- Que los límites del predio y los de la manzana, se encuentren materializados.
- Que los mismos sean visibles a determinada altura y libre de obstáculos.
- Que la forma de la parcela sea regular o que los quiebres se encuentren bien definidos.
- Que la manzana se encuentre libre de construcciones en altura, de forma tal de evitar la sombra en las imágenes.

La segunda pregunta que se planteó al inicio de este trabajo, es la siguiente:

*¿Cuáles son los subproductos obtenidos del vuelo fotogramétrico con UAV que resultan imprescindibles para un anteproyecto (análisis de viabilidad) con fines de ordenamiento territorial?*

Los subproductos obtenidos del vuelo fotogramétrico que resultan imprescindibles para un proyecto urbanístico, son los siguientes: ortomosaico, modelo digital del terreno y modelo digital de superficie. A su vez, a partir de estos, se obtienen diferentes formas de visualización del modelo, como por ejemplo las curvas de nivel, a partir del MDT.
Para plantear un proyecto urbanístico con fines de ordenamiento territorial, estos productos obtenidos a partir del vuelo fotogramétrico resultan esenciales, es por ello que a continuación, se lista una serie de definiciones que se pueden realizar a partir de los subproductos mencionados.

- Ortomosaico: definición de limites existentes, definición de alineaciones, superficie de construcciones a conservar, superficie de construcciones a demoler, áreas verdes a conservar, entre otros.
- MDT/MDS: cálculo de movimiento de suelo, dirección y pendientes de las calles y el escurrimiento de pluviales producto de su implantación, curvas de nivel para conectar el saneamiento, entre otros.

Es importante destacar, la estimación de costos que se puede realizar a partir de los subproductos generados, para un proyecto de esta índole.
A su vez, permite realizar un estudio sobre los costos ya mencionados a partir de los subproductos y el impacto socioeconómico que tendría la

nueva urbanización del Hipódromo de Maroñas, así también como el Gobierno Departamental, si el proyecto se llevara a cabo.

La tercera y última pregunta que se planteó al inicio de este trabajo, es la siguiente:

*Para este caso de estudio, ¿Cuáles son las diferencias lineales y en superficie que obtenemos en la determinación de los límites del predio en cuestión, dado un pixel de 5 cm?*

Como se explicó anteriormente, no se pudo resolver la mensura del predio en cuestión, a su vez, se constató una invasión por parte del padrón Nº 410.596 y la existencia de muros mal emplazados. Dada la sumatoria de estos hechos, no se pudieron estudiar las diferencias lineales entre el relevamiento y el antecedente grafico de la parcela.

Por otro lado, se realizó la comparación entre, la superficie del relevamiento definido a partir del ortomosaico, y el área titulada. Como se muestra en la Tabla 20, se obtuvo una diferencia de 1047 $m^2$ 80 $dm^2$ (0,18%), la cual se puede considerar despreciable, teniendo en cuenta que la Dirección Nacional de Catastro al momento de Cotejo y Registro de un plano, admite como tolerancia máxima (entre el área mensurada y el área titulada) una diferencia del 5 %. Resulta importante destacar la

diferencia mínima obtenida en superficie, a pesar que las condiciones de la parcela no son ideales para la definición de una mensura urbana a partir de un vuelo fotogramétrico.

En primera instancia, si bien no se pudo definir la mensura del predio, se obtuvo una tolerancia admisible en superficie, al comparar el relevamiento obtenido a partir del ortomosaico, y el plano antecedente.
En cuanto a las diferencias lineales, las mismas no se pudieron determinar, pero se podría llevar a cabo el estudio de complementar el relevamiento fotogramétrico con la utilización de métodos tradicionales, mensurando principalmente aquellos límites que no se pudieron definir a partir del ortomosaico, principalmente la alineación sobre la Av. José Belloni.

Por otro lado, se realizó una evaluación de exactitud posicional al ortomosaico obtenido con las imágenes del vuelo fotogramétrico, aplicando el estándar NSSDA. Los resultados de dicho estándar, muestran un error planimétrico de 12 cm y un error altimétrico de 19 cm. Esto significa, que por cada punto que se define sobre la imagen, se tiene un entorno de error de radio 12 cm en planimetría, y un entorno de error de radio 19 cm en altimetría.

Con respecto al error en planimetría, resulta significativo para la definición de una mensura urbana, a modo de ejemplo, 12 cm equivalen a un ancho de muro de bloque. Por otro lado, si se tratara de un predio rural, 12 cm no resultan significativos, si consideramos que el diámetro de un poste es de 20 cm aproximadamente. De todas formas, para la planificación de un anteproyecto urbano, el error se considera tolerable para definir: las alineaciones de la zona, lo existente dentro de predio a proyectar, áreas de construcciones a demoler, calles/fracciones/manzanas considerando lo existente en la parcela.

Con respecto al error en altimetría, se considera aceptable para las necesidades de este trabajo. Para la creación de un anteproyecto urbanístico, resulta importante la utilización de los subproductos generados a partir del vuelo fotogramétrico. Utilizando el software Pix4D Mapper, se obtienen las curvas de nivel, el modelo digital del terreno y el modelo digital de superficie, a partir de los cuales se podrá estimar el movimiento de suelos necesario para el proyecto, la ubicación de manzanas que no resulten inundables, la dirección y pendiente de las calles y el escurrimiento de las aguas pluviales, entre otros. Como se dijo anteriormente, este trabajo se trata sobre un anteproyecto, por lo que 19 cm de error en altimetría resulta aceptable, con el fin de proyectar y estimar costos.

Resulta inherente plantear cuales aspectos se podrían haber mejorado del trabajo, especialmente en el vuelo fotogramétrico, para obtener mejores resultados en exactitud posicional.

Como primera instancia, se cree que un aspecto a mejorar es la cantidad de apoyo utilizado en campo: se utilizaron 8 puntos de apoyo, distribuyendo 7 a lo largo del perímetro, cubriendo la zona de los vértices del bloque y un punto en el centro de este. Se plantea como posible estudio a realizar, colocar más puntos de apoyo sobre el perímetro del bloque (no solamente en los vértices) y en el centro de este colocar 3 puntos de apoyo, en vez de 1, con el fin de mejorar el ajuste del bloque y estudiar cuanto mejora la exactitud posicional, tanto en altimetría como en planimetría.

Otra solución a considerar, seria volar a menor altura, es decir, mejorar la resolución con un tamaño de píxel menor. Para el caso del Hipódromo de Maroñas, sería inviable, ya que el predio es muy grande y mejorar la resolución implicaría una cantidad mayor de fotografías y así un procesamiento sumamente engorroso, así como la dificultad en el trabajo con las imágenes. Sí se podría pensar en un predio urbano de menor extensión, con el fin de definir la mensura, si las condiciones de la parcela lo permiten, y de esta forma realizar un vuelo fotogramétrico con un tamaño de píxel menor a 5cm.

Por último, destacamos la diversidad de aplicaciones que brindan los subproductos generados a partir de un vuelo fotogramétrico. En la actualidad, la utilización de los dispositivos UAV es continuamente mayor, el costo de utilización de los mismos es cada vez más accesible, y la calidad de los subproductos obtenidos, dado el constante crecimiento de la tecnología, es cada vez mejor. En este trabajo, se logra demostrar la practicidad que este tipo de tecnología tiene sobre una posible urbanización, así como la utilidad práctica para las distintas actividades profesionales, en este proyecto en particular, la Agrimensura.

# BIBLIOGRAFÍA.

*Agisoft Support: Orthophoto & DEM Generation (with GCPs)* [sitio web]. [Consulta: 25 de setiembre de 2018]. Disponible en: http://www.agisoft.com/pdf/PS_1.3%20-Tutorial%20(BL)%20-%20Orthophoto,%20DEM%20(GCPs).pdf

ASPRS. 2014. *Positional Accuracy Standars for Digital Geospatial Data* [en línea]. Washington DC. [Consulta: 10 de agosto de 2018]. Disponible en: https://www.asprs.org/wp-content/uploads/2015/01/ASPRS_Positional_Accuracy_Standards_Edition1_Version100_November2014.pdf

BARRIENTOS LARDINOIS, M. V. ; CANALES TORRES, S.; VELOZO FIGUEROA, L.; TESSER OBREGÓN, C. . 2004. *Principios y Métodos de la Fotointerpretación: VI. Componentes esenciales para la fotointerpretación de fotografías aéreas.* 2da edición. Santiago de Chile: Salesianos S.A. ISBN 956-7717-08-7.

DIRECCION NACIONAL DE CATASTRO. *SEDE ELECTRONICA de la Dirección Nacional de Catastro.* Montevideo. [Consulta: 28 de noviembre de 2018]. Disponible en: http://sede.catastro.gub.uy/Sede/

DIRECCION NACIONAL DE TOPOGRAFIA. *Archivo Nacional de Planos de Mensura. Sistema de gestión de Planos de Mensura.* Montevideo: MTOP. [Consulta: 15 de diciembre de 2018]. Disponible en: http://planos.mtop.gub.uy/eplanos/servlet/hinicio

FURONES, A. M. . 2010. *Sistema y Marco de Referencia Terrestre. Sistemas de Coordenadas* [en línea]. Valencia. [Consulta: 19 de agosto de

2018]. Disponible en: http://www.upv.es/unigeo/index/docencia/etsigct/astronomia/teoria/astronomia210.pdf

GORDIENKO, S.; WAINSTEIN, M. . 2017. *Análisis del cálculo de volumetría en una cantera a partir de relevamientos con tecnologías GNSS y UAV.* Montevideo: Instituto de Agrimensura, Facultad de Ingeniería, UDELAR.

LAPAINE, M.; USERY, E. L. . 2014. *El mundo de los mapas: Proyecciones cartográficas y sistemas de referencia* [en línea]. Traducido por J. M. García-Courel. [Consulta: 5 de setiembre de 2018]. Disponible en: https://icaci.org/files/documents/wom/09_IMY_WoM_es.pdf

MINNESOTA PLANNING. 1999. *Positional Accuracy Handbook: Using the National Standard for Spatial Data Accuracy to measure and report geographic data quality* [en línea]. Minnesota. [Consulta: 6 de agosto de 2018]. Disponible en: https://www.mngeo.state.mn.us/pdf/1999/lmic/nssda_o.pdf

NIEDERER, José Luis. 2006. *Agrimensura Legal: Primera Parte.*

PAMPINELLA, V.; PÉREZ, M. . 2014. *Control posicional de un relevamiento fotogramétrico con UAV.* Montevideo: Instituto de Agrimensura, Facultad de Ingeniería, UDELAR.

PÉREZ ÁLVAREZ, J. A. . 2001. *Apuntes de Fotogrametría II* [en línea]. Mérida: Universidad de Extremadura, Centro Universitario de Mérida. [Consulta: 10 de mayo de 2018]. Disponible en: http://redgeomatica.rediris.es/cartoprofesores/Fotogrametria/Apuntes%20de%20Fotogrametr%92a%20II.pdf

PÉREZ ÁLVAREZ, J. A. . 2001. *Apuntes de Fotogrametría III* [en línea]. Mérida: Universidad de Extremadura, Centro Universitario de Mérida. [Consulta: 10 de mayo de 2018]. Disponible en: http://redgeomatica.rediris.es/cartoprofesores/Fotogrametria/ApuntesFotogrametria3.pdf

*Pix4D Support: Quality report specifications* [sitio web]. [Consulta: 10 de octubre de 2018]. Disponible en: https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/202558679-Quality-report-specifications

TOLA VARGAS, R. . 2010. *Aplicación de la Proyección Local Transversal de Mercator (LTM) sobre el Plano topográfico local (PTL), mediante observación con Estación Total entre puntos de control* [en línea]. La Paz: Facultad Técnica, Universidad Mayor de San Andrés. [Consulta: 20 de agosto de 2018]. Disponible en: https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/10654/PG-651-Tola%20Vargas%2c%20Richard.pdf?sequence=1&isAllowed=y

URUGUAY. 2008. Ley Nº 18.308 Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible, de 18 de junio. *Diario Oficial*, 30 de junio de 2008, 27515.

URUGUAY. 2001. Ley Nº 17.292, de 25 de enero. *Diario Oficial*, 29 de enero de 2001, 25695.

# GLOSARIO.

## A

**Afectación.-** Es la limitación y condiciones que se imponen por la aplicación de una ley al uso de un predio o un bien particular, para destinarlos total o parcialmente a obras de utilidad pública.

**Agisoft.-** Es un software autónomo que realiza el procesamiento fotogramétrico de imágenes digitales y genera datos espaciales 3D. Entre las diversas funcionalidades la versión profesional que fue la utilizada permite: clasificar objetos, Modelos de Elevaciones, Modelo Digital de Terreno, Ortomosaico georreferenciado, entre otros.

**Alineación.-** Se define como la línea poligonal que determinada y aprobada por la autoridad competente, separa o está destinada a separar la propiedad privada ya sea de los particulares o privada del Estado, del dominio público asignado al uso como vía de circulación**.**

**ArcGIS.-** Es un software propietario para el manejo e integracion de la información Geográfica.

**ASPRS.-** Accuracy Standards for Digital Geospatial Data

## B

**Basculamientos.-** Se define como el movimiento de algunas cámaras de gran formato que consiste en el giro del panel del objetivo en torno a su eje. Según cual sea este eje, podemos hablar de basculamiento horizontal, basculamiento vertical o doble basculamiento. El

basculamiento permite controlar o alterar la forma, la perspectiva, el foco y la profundidad de campo.

**Bisectriz.-** Semirrecta que parte del vértice de un ángulo y lo divide en dos partes iguales.

## C

**Check Point.-** Punto de control.

## D

**DEM.-** Modelo Digital de Elevaciones. Se define como una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de la altitud de la superficie del terreno.

**Digesto Departamental.-** Compilación ordenada de normas departamentales.

**DINACIA.-** Dirección Nacional de Aviación Civil e Infraestructura Aeronáutica.

## G

**GCP.-** Puntos de Apoyo.

**GNSS.-** Global Navigation Satellite System (en español, Sistema Global de Navegación por Satélite).

**GSD.-** Se define como la Distancia entre los centros de dos píxeles consecutivos. Esto se relaciona con el nivel de detalle del modelo.

## M

**MDT.-** Modelo Digital de Terreno. Es una estructura numérica de datos

que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua.

**MDS.-** Captura las características naturales y las construcciones (naturales y/o artificiales) sobre la superficie de la Tierra.

## N

**NSSDA.-** National Standard for Spatial Data Accuracy.

**NTRIP.-** Network Transport RTCM Internet Protocol (Red de Transporte de Formato RTCM a través del Protocolo de Internet).

## O

**Ortomosaicos.-** Un ortomosaico es un producto de imagen georreferenciado organizado como mosaico a partir de una colección de imágenes en el que la distorsión geométrica se ha corregido y ortorrectificado.

**Ochava.-** Segmento de recta que resulta de considerar el lado de un octógono. Surge de anteponer un segmento al cruce de dos alineaciones en una bocacalle con la finalidad de lograr una mejor visibilidad facilitando así el tránsito vehicular, como así mejorar las condiciones urbanísticas de la zona.

## P

**Pix4D Mapper**.- Un paquete de software exclusivo que combina miles de imágenes aéreas tomadas por vehículos aéreos no tripulados u otro tipo convencional de aeronave en precisos mapas profesionales en 2D y modelos 3D.

**Píxel.-** Proviene de la expresión picture element y define los elementos discretos en que se divide una imagen matricial.

## S

**Software.-** Es el término informático que hace referencia a un programa o conjunto de programas de cómputo que incluye datos, procedimientos y pautas que permiten realizar distintas tareas en un sistema informático.

## U

**UAV.-** Unmanned Aerial Vehicle (en español, Vehículo Aéreo No Tripulado).

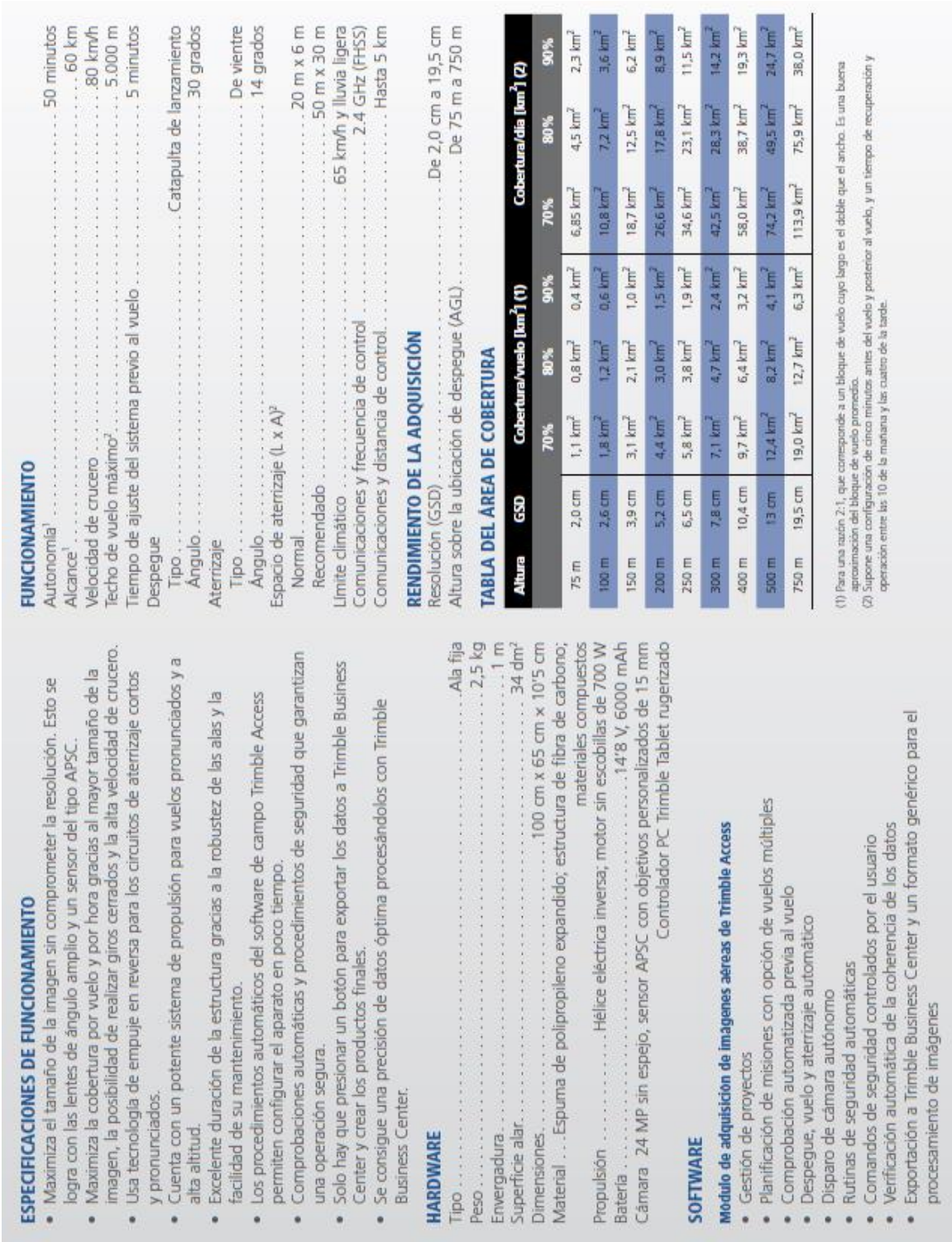
**UX5.-** Vehículo Aéreo No Tripulado Modelo UX5 ( Dron de Ala fija utilizado para dicho proyecto).

## W

**WGS84.-** Sistema de Referencia utilizado.

# ANEXOS.

## ANEXO A: Ficha técnica del UAV Trimble UX5.



**ESPECIFICACIONES DE FUNCIONAMIENTO**

- Maximiza el tamaño de la imagen sin comprometer la resolución. Esto se logra con las lentes de ángulo amplio y un sensor del tipo APSC.
- Maximiza la cobertura por vuelo y por hora gracias al mayor tamaño de la imagen, la posibilidad de realizar giros cerrados y la alta velocidad de crucero.
- Usa tecnología de empuje en reversa para los circuitos de aterrizaje cortos y pronunciados.
- Cuenta con un potente sistema de propulsión para vuelos pronunciados y a alta altitud.
- Excelente duración de la estructura gracias a la robustez de las alas y la facilidad de su mantenimiento.
- Los procedimientos automáticos del software de campo Trimble Access permiten configurar el aparato en poco tiempo.
- Comprobaciones automáticas y procedimientos de seguridad que garantizan una operación segura.
- Solo hay que presionar un botón para exportar los datos a Trimble Business Center y crear los productos finales.
- Se consigue una precisión de datos óptima procesándolos con Trimble Business Center.

**HARDWARE**

Tipo ..... Ala fija
Peso ..... 2,5 kg
Envergadura ..... 1 m
Superficie alar ..... 34 dm²
Dimensiones ..... 100 cm x 65 cm x 10'5 cm
Material ... Espuma de polipropileno expandido; estructura de fibra de carbono; materiales compuestos
Propulsión ..... Hélice eléctrica inversa; motor sin escobillas de 700 W
Batería ..... 14'8 V, 6000 mAh
Cámara 24 MP sin espejo, sensor APSC con objetivos personalizados de 15 mm

Controlador PC Trimble Tablet rugerizado

**SOFTWARE**

**Módulo de adquisición de imágenes aéreas de Trimble Access**

- Gestión de proyectos
- Planificación de misiones con opción de vuelos múltiples
- Comprobación automatizada previa al vuelo
- Despegue, vuelo y aterrizaje automático
- Disparo de cámara autónomo
- Rutinas de seguridad automáticas
- Comandos de seguridad controlados por el usuario
- Verificación automática de la coherencia de los datos
- Exportación a Trimble Business Center y un formato genérico para el procesamiento de imágenes

**FUNCIONAMIENTO**

Autonomía[1] ..... 50 minutos
Alcance[1] ..... 60 km
Velocidad de crucero ..... 80 km/h
Techo de vuelo máximo[2] ..... 5.000 m
Tiempo de ajuste del sistema previo al vuelo ..... 5 minutos
Despegue
Tipo ..... Catapulta de lanzamiento
Ángulo ..... 30 grados
Aterrizaje
Tipo ..... De vientre
Ángulo ..... 14 grados
Espacio de aterrizaje (L x A)[2]
Normal ..... 20 m x 6 m
Recomendado ..... 50 m x 30 m
Límite climático ..... 65 km/h y lluvia ligera
Comunicaciones y frecuencia de control ..... 2.4 GHz (FHSS)
Comunicaciones y distancia de control ..... Hasta 5 km

**RENDIMIENTO DE LA ADQUISICIÓN**

Resolución (GSD) ..... De 2,0 cm a 19,5 cm
Altura sobre la ubicación de despegue (AGL) ..... De 75 m a 750 m

**TABLA DEL ÁREA DE COBERTURA**

| Altura | GSD | Cobertura/vuelo [km²] (1) | | | Cobertura/día [km²] (2) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 70% | 80% | 90% | 70% | 80% | 90% |
| 75 m | 2,0 cm | 1,1 km² | 0,8 km² | 0,4 km² | 6,85 km² | 4,5 km² | 2,3 km² |
| 100 m | 2,6 cm | 1,8 km² | 1,2 km² | 0,6 km² | 10,8 km² | 7,2 km² | 3,6 km² |
| 150 m | 3,9 cm | 3,1 km² | 2,1 km² | 1,0 km² | 18,7 km² | 12,5 km² | 6,2 km² |
| 200 m | 5,2 cm | 4,4 km² | 3,0 km² | 1,5 km² | 26,6 km² | 17,8 km² | 8,9 km² |
| 250 m | 6,5 cm | 5,8 km² | 3,8 km² | 1,9 km² | 34,6 km² | 23,1 km² | 11,5 km² |
| 300 m | 7,8 cm | 7,1 km² | 4,7 km² | 2,4 km² | 42,5 km² | 28,3 km² | 14,2 km² |
| 400 m | 10,4 cm | 9,7 km² | 6,4 km² | 3,2 km² | 58,0 km² | 38,7 km² | 19,3 km² |
| 500 m | 13 cm | 12,4 km² | 8,2 km² | 4,1 km² | 74,2 km² | 49,5 km² | 24,7 km² |
| 750 m | 19,5 cm | 19,0 km² | 12,7 km² | 6,3 km² | 113,9 km² | 75,9 km² | 38,0 km² |

(1) Para una razón 2:1, que corresponde a un bloque de vuelo cuyo largo es el doble que el ancho. Es una buena aproximación del bloque de vuelo promedio.
(2) Supone una configuración de cinco minutos antes del vuelo y posterior al vuelo, y un tiempo de recuperación y operación entre las 10 de la mañana y las cuatro de la tarde.

## ANEXO B: Resolución 291/014 DINACIA.

DIRECCIÓN NACIONAL DE AVIACIÓN CIVIL E INFRAESTRUCTURA AERONÁUTICA

RESOLUCIÓN

Aeropuerto Internacional de Carrasco "Gral. Cesáreo L. Berisso", 2 9 AGO 2014

VISTO: Que el avance de la tecnología ha dado lugar a la proliferación en el uso por parte de la población general de un conjunto heterogéneo de dispositivos aéreos operados a distancia para la realización de actividades recreativas y/o comerciales bajo las más diversas denominaciones tales como "drones", UAV, etc.

RESULTANDO: I) Que el uso indiscriminado de dichos dispositivos puede llegar a comprometer la seguridad de la actividad aeronáutica en nuestro país.
II) Que compete a la Dirección Nacional de Aviación Civil e Infraestructura Aeronáutica garantizar los niveles adecuados de Seguridad Operacional en la República Oriental del Uruguay.
III) Que las actividades aéreas de carácter comercial o las que implican el uso de dispositivos de filmación, fotográfico u otro tipo de sensores se encuentran especialmente reguladas en nuestro país.

CONSIDERANDO: I) Que la Organización de Aviación Civil Internacional tiene previsto emitir normas y métodos recomendados (SARPS) para este tipo de actividad a partir del año 2018.
II) Que a nivel regional el LAR 91 Operación de Aeronaves, refiere única y concretamente a "Aeronave pilotada a distancia (RPA)", realizando

referencias a los mismos en los Apéndices K y M respecto de los requisitos para utilizar estas aeronaves, no estando contemplados otros tipos de dispositivos.

III) Que al tratarse de una tecnología nueva, en nuestro país no existe la experiencia ni antecedentes suficientes que permitan una regulación detallada de dicha actividad.

IV) Que por tanto es necesario establecer un ordenamiento básico para esta actividad que garantice niveles aceptables de Seguridad Operacional en el territorio nacional, así también como un adecuado cumplimiento de la normativa vigente sobre aspectos administrativos, técnicos y comerciales que la misma involucra.

ATENTO: A lo expuesto y a lo dispuesto en el Art. 122 de la ley 14305, Art. 4 de la ley 18619 y en los Decretos 39/977 y 314/994 y RAU 91.

EL DIRECTOR NACIONAL DE AVIACIÓN CIVIL E INFRAESTRUCTURA AERONÁUTICA

RESUELVE:

1. Los Dispositivos Aéreos Operados a Distancia, cualquiera sea su denominación comercial o común se clasifican en:

   a. Dispositivos Aéreos Operados a Distancia - Menores, de hasta 25 kg de peso de lanzamiento.

   b. Dispositivos Aéreos Operados a Distancia - Medianos, de más de 25 kg de peso de lanzamiento y hasta 260 kg de peso vacío inclusive.

   c. Dispositivos Aéreos Operados a Distancia - Mayores, o Sistema de Aeronave Pilotada a Distancia (RPAS), de más de 260 kg de peso vacío.

2. Para todos los dispositivos se prohíbe salvo autorización expresa de la Autoridad Aeronáutica:

a. el transporte de pasajeros.

b. las operaciones internacionales.

c. el vuelo en áreas prohibidas o restringidas.

d. el vuelo sobre áreas pobladas o concentraciones de personas.

e. el vuelo en zonas de tráfico de aeropuertos y aeródromos.

3. Dispositivos Aéreos Operados a Distancia - Menores, dedicados exclusivamente al deporte o la recreación

a. No requieren:

i. Registro.

ii. Certificado de Aeronavegabilidad.

iii. Licencia, autorización o permiso para el operador.

b. No podrán operar:

i. En espacios aéreos controlados o en la zona de tráfico de aeródromos, salvo autorización otorgada por la autoridad ATM (Control de Tránsito Aéreo).

ii. Por encima de 120 m AGL.

c. La operación se realizará en todos los casos en condiciones VMC y en línea directa de vista.

4. Dispositivos Aéreos Operados a Distancia - Medianos dedicados exclusivamente al deporte o la recreación:

a. Deberán inscribirse en un registro técnico a ser llevado por la Dirección de Seguridad Operacional.

b. No se les asignará matrícula, sino un número correlativo iniciando por el 1 (uno) el que deberá lucir visible en los laterales y en la superficie superior e inferior del dispositivo.

c. No se extenderá Certificado de Aeronavegabilidad.

d. Para su operación no se requerirá Licencia Aeronáutica. En su lugar el Departamento de Personal Aeronáutico otorgará un "Permiso de Operador de Dispositivo Aéreo Operado a Distancia" una vez que el interesado, mediante un examen teórico-práctico demuestre ante la DINACIA:

i. Conocimientos básicos de Normativa Aeronáutica, incluyendo, por lo menos la A.I.P. Uruguay y la presente Resolución.

ii. Pericia de vuelo

iii. Resolución de situaciones de emergencia.

e. Podrán operar únicamente en condiciones VMC, no pudiendo hacerlo en espacios aéreos controlados o en zona de tráfico de aeródromos, ni por encima de 120 m. AGL, salvo autorización otorgada por la autoridad ATM (Control de Tránsito Aéreo) y de acuerdo a las coordinaciones y procedimientos que se establezcan para el caso concreto

5. Sistema de Aeronave Pilotada a Distancia (RPAS) de más de 260 kg de peso vacío, dedicados exclusivamente al deporte o la recreación.

a. Son aeronaves y deberán dar cumplimiento a la normativa nacional aplicable, además de lo expresamente previsto en la presente Resolución.

b. Para su operación se deberá poseer licencia aeronáutica, además del "Permiso de Operador de Dispositivo Aéreo Operado a Distancia" el que será extendido una vez que el titular de una licencia aeronáutica y mediante un examen práctico, demuestre ante la DINACIA:

i. Pericia de vuelo

ii. Resolución de situaciones de emergencia.

c. Podrá operar en aquellos espacios aéreos que le permita su equipamiento de a bordo, únicamente en condiciones VMC y

siempre que el operador tenga enlace radial efectivo con la autoridad ATM (Control de Tránsito Aéreo).

6. Dispositivos Aéreos Operados a Distancia Menores, Medianos y Sistema de Aeronaves Pilotada a Distancia (RPAS) utilizados en actividades remuneradas.

a. La utilización de Dispositivos Aéreos Operados a Distancia Menores, Medianos o de Sistema de Aeronave Pilotada a Distancia (RPAS), en actividades remuneradas de cualquier tipo se consideran incluidas en lo dispuesto en el Art. 122 "Trabajos Aéreos" /r 5 del Código Aeronáutico Uruguayo, debiéndose dar cumplimiento a los Decretos Nros 39/977 de 31 de enero de 1977 y 314/994 de 5 de julio de 1994.

b. El interesado deberá contar con seguro de responsabilidad civil o seguro aeronáutico en el caso que se trate de aeronaves.

c. En este tipo de operación, incluso cuando la misma se realice únicamente con Dispositivos Aéreos Operados a Distancia - Menores, los operadores deberán contar con el "Permiso de Operador de Dispositivo Aéreo Operado a Distancia"; sin perjuicio de la correspondiente licencia aeronáutica para el caso de Sistema de Aeronave Pilotada a Distancia (RPAS).

d. Hasta tanto se establezca la reglamentación definitiva y los procesos de certificación correspondientes, la Dirección de Seguridad Operacional determinará para cada caso concreto, las condiciones específicas de operación que garanticen niveles aceptables de Seguridad Operacional, las que serán debidamente notificadas al interesado previo al efectivo inicio de las actividades.

7. El incumplimiento de lo dispuesto en la presente Resolución dará lugar a la intervención de la Junta de Infracciones ya la eventual aplicación de las sanciones administrativas aeronáuticas correspondientes.

8. Remítase copia de la presente al Director General de Aviación Civil, Dirección de Seguridad Operacional, Dirección de Transporte Aéreo Comercial para su conocimiento, cumplimiento y notificación en las áreas pertinentes.

9. Remítase copia de la presente al Director General de Infraestructura Aeronáutica para su conocimiento y notificación a las áreas involucradas.

10. Remítase copia de la presente a la Junta de Infracciones y a la Asesoría de Normas Técnico Aeronáuticas.

11. Cúrsese comunicación de la presente a la Junta Nacional de Aviación Civil.

12. Por Secretaría Reguladora de Trámites efectúese la publicación de la presente en el Diario Oficial.

13. Publíquese en el sitio web oficial www.dinacia.gub.uy

14. Cumplido archívese.

EL DIRECTOR NACIONAL DE AVIACION CIVIL E INFRAESTRUCTURA AERONAUTICA
BRIGADIER GENERAL (AV.)
ANTONIO ALARCON

## ANEXO C: Solicitud DINACIA.

Para aquellos casos en que la planificación del vuelo no cumple con los requerimientos especificados por la DINACIA, se debe pedir una autorización especial. Se especificará ciertas características de la planificación: altura del vuelo, lugar a sobrevolar, hora del relevamiento, entre otras. A continuación, se muestra una imagen del formulario a llenar para la solicitud mencionada.

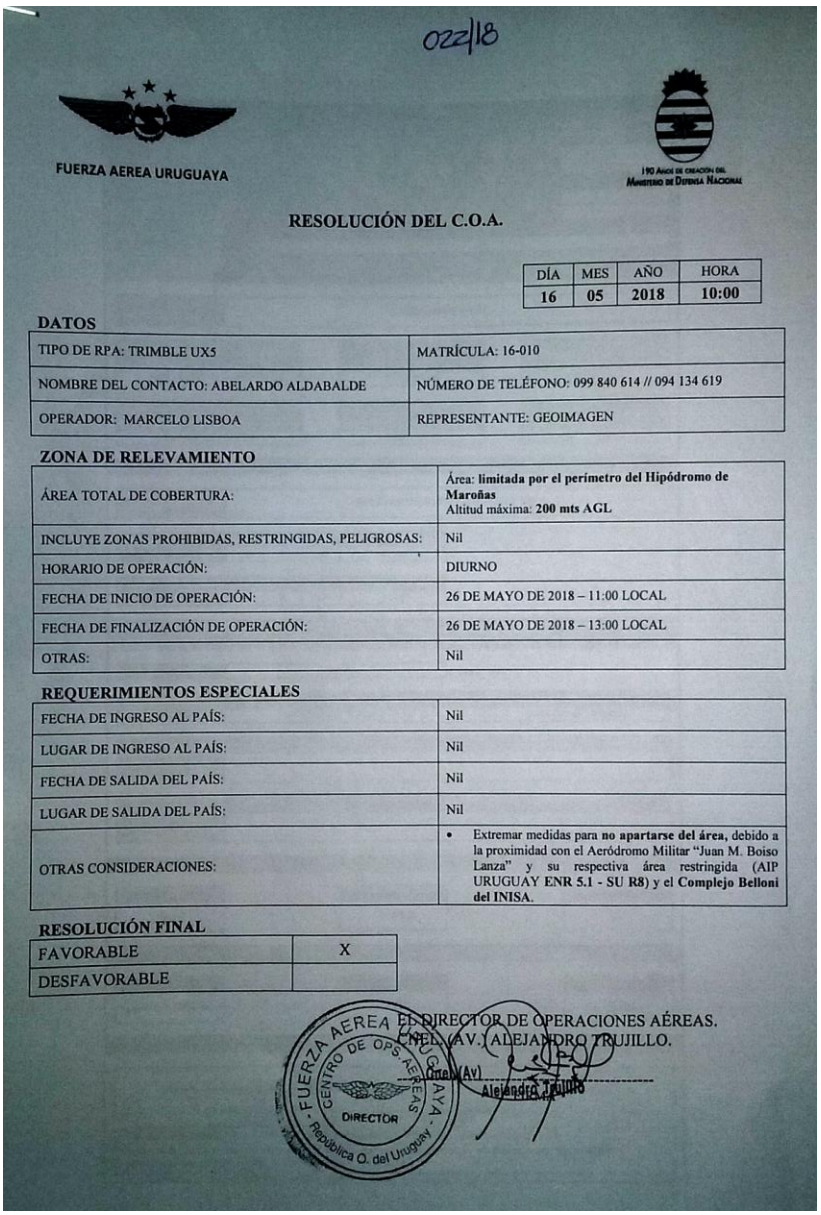
| DINACIA Uruguay | **Solicitud especial para efectuar vuelos en espacios definidos como prohibidos para la operación de RPAS.** | FR/OPS/069/00 |
|---|---|---|

| | | | |
|---|---|---|---|
| FECHA | | Departamento: | |
| EMPRESA | | | |
| FECHA Y HORA DE COMIENZO | | | |
| FECHA Y HORA DE FINALIZACIÓN | | | |
| COORDENADAS DEL CENTRO | | | |
| RADIO | | | |
| DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO A REALIZAR | | | |
| TIPO DE SENSOR | | | |
| ALTURA AGL | | 120 METROS SOBRE EL TERRENO | |
| FUNCIONARIO A CARGO: | | | |
| CÉDULA DE IDENTIDAD: | | | |
| TELÉFONO CELULAR: | | | |
| INSPECTOR ACTUANTE | | | |
| AUTORIZADO POR: (Fecha) | | | |

Esta solicitud deberá elevarse para su autorización por lo menos 8 días antes realizar el vuelo.
Si la zona es un polígono, se presentarán las coordenadas de los vértices en la Descripción.
Las coordenadas se presentarán en el sistema WGS 84 en Grados Decimales, Grados Minutos y Segundos, Grados y Minutos Decimales.
La zona de vuelo, o parte de ella nunca podrá acercarse a menos de 5 km. De Aeropuertos Internacionales, Aeródromos, Aeroclubes y Aeródromos Militares.

Firma por la Empresa

FR/OPS/069/00 01/06/2016 Pág. 1 de1



022/18

FUERZA AEREA URUGUAYA

190 AÑOS DE CREACIÓN DEL MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL

**RESOLUCIÓN DEL C.O.A.**

| DÍA | MES | AÑO | HORA |
|---|---|---|---|
| 16 | 05 | 2018 | 10:00 |

**DATOS**

| | |
|---|---|
| TIPO DE RPA: TRIMBLE UX5 | MATRÍCULA: 16-010 |
| NOMBRE DEL CONTACTO: ABELARDO ALDABALDE | NÚMERO DE TELÉFONO: 099 840 614 // 094 134 619 |
| OPERADOR: MARCELO LISBOA | REPRESENTANTE: GEOIMAGEN |

**ZONA DE RELEVAMIENTO**

| | |
|---|---|
| ÁREA TOTAL DE COBERTURA: | Área: **limitada por el perímetro del Hipódromo de Maroñas**<br>Altitud máxima: **200 mts AGL** |
| INCLUYE ZONAS PROHIBIDAS, RESTRINGIDAS, PELIGROSAS: | Nil |
| HORARIO DE OPERACIÓN: | DIURNO |
| FECHA DE INICIO DE OPERACIÓN: | 26 DE MAYO DE 2018 – 11:00 LOCAL |
| FECHA DE FINALIZACIÓN DE OPERACIÓN: | 26 DE MAYO DE 2018 – 13:00 LOCAL |
| OTRAS: | Nil |

**REQUERIMIENTOS ESPECIALES**

| | |
|---|---|
| FECHA DE INGRESO AL PAÍS: | Nil |
| LUGAR DE INGRESO AL PAÍS: | Nil |
| FECHA DE SALIDA DEL PAÍS: | Nil |
| LUGAR DE SALIDA DEL PAÍS: | Nil |
| OTRAS CONSIDERACIONES: | • Extremar medidas para **no apartarse del área**, debido a la proximidad con el Aeródromo Militar "Juan M. Boiso Lanza" y su respectiva área restringida (AIP URUGUAY **ENR 5.1 - SU R8**) y el **Complejo Belloni del INISA**. |

**RESOLUCIÓN FINAL**

| | |
|---|---|
| FAVORABLE | X |
| DESFAVORABLE | |

FUERZA AEREA URUGUAYA · CENTRO DE OPS. AEREAS · DIRECTOR · República O. del Uruguay

EL DIRECTOR DE OPERACIONES AÉREAS.
CNEL. (AV.) ALEJANDRO TRUJILLO.

Gral (Av) Alejandro Trujillo

# ANEXO D: Reporte de Calidad generado por el Pix4D Mapper.

## Summary (Resumen)

| | |
|---|---|
| Project | Maroñas 1 y 2 |
| Processed | 2018-06-19 13:12:47 |
| Camera Model Name(s) | ILCE-5100_0.0_6000x4000 (RGB)(1), ILCE-5100_0.0_6000x4000 (RGB)(2) |
| Average Ground Sampling Distance (GSD) | 4.06 cm / 1.60 in |
| Area Covered | 1.786 $km^2$ / 178.5701 ha / 0.69 sq. mi. / 441.4847 acres |

El Resumen presenta los siguientes ítems:

- *Project*: Nombre del Proyecto
- *Processed:* Fecha y hora en que fue procesado.
- *Camera Model Name (s):* Nombre del Modelo de la cámara.
- *Average Ground Sampling Distance GSD (Distancia de Muestreo promedio sobre el suelo)*: es la distancia entre dos centros de píxeles consecutivos medidos en el suelo. El GSD está relacionado con la altura del vuelo: cuanto mayor sea la altitud del vuelo, mayor será el valor GSD.
- *Área Cubierta:* El área 2D cubierta por el proyecto.

## Quality Check (Control de calidad)

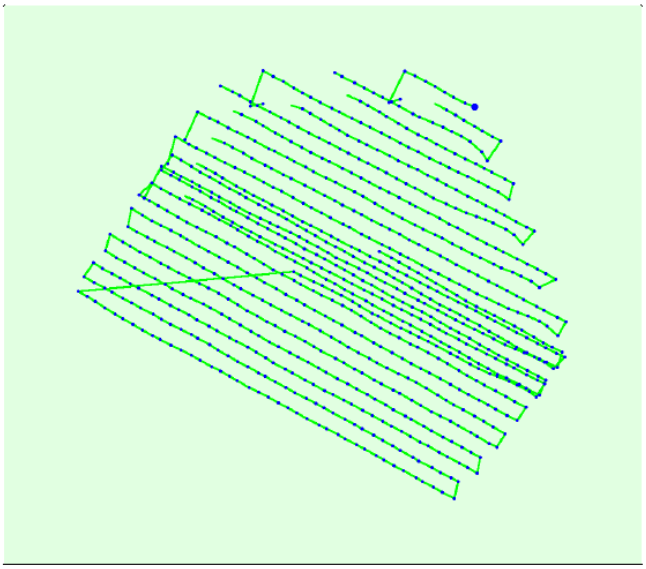
| | | |
|---|---|---|
| **Images** | median of 68912 keypoints per image | ✓ |
| **Dataset** | 911 out of 911 images calibrated (100%), all images enabled | ✓ |
| **Camera Optimization** | 0.38% relative difference between initial and optimized internal camera parameters | ✓ |
| **Matching** | median of 30783.6 matches per calibrated image | ✓ |
| **Georeferencing** | yes, 8 GCPs (8 3D), mean RMS error = 0.026 m | ✓ |

El Quality Check presenta los siguientes ítems:

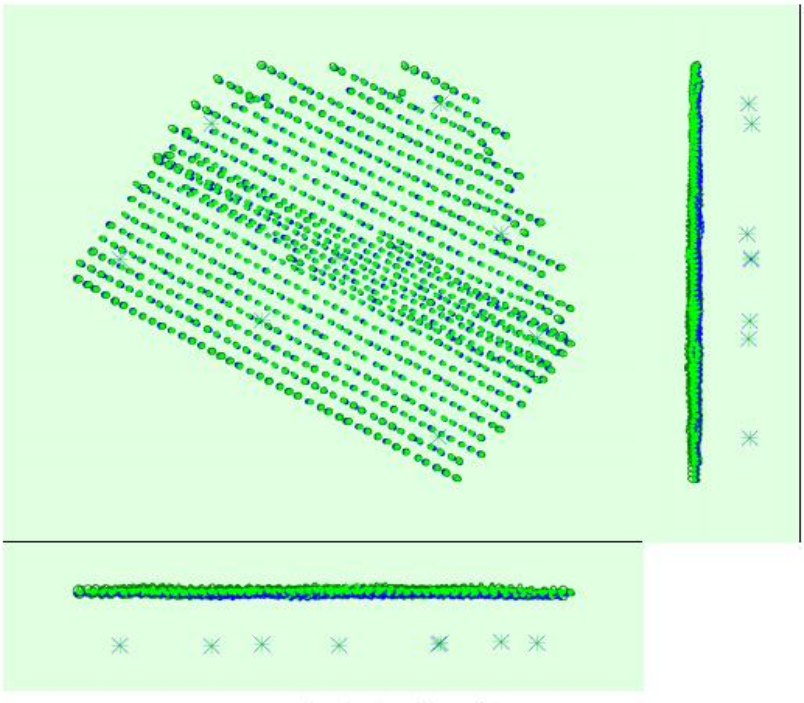
- *Images:* Es la mediana de puntos clave por imagen. Los puntos clave son puntos característicos que pueden detectarse en las imágenes. El “tic” se encuentra en verde lo que implica, que la escala de imagen de puntos clave es mayor a ¼; esto se traduce a que se han extraído más de 10000 puntos clave por imagen.
- *Dataset*: Es el número de imágenes habilitadas que se han calibrado, es decir, el número de imágenes que se han utilizado para la reconstrucción del modelo. El “tic” aparece en verde si más del 95% de las imágenes habilitadas se calibran en bloque, para este caso el 100% de las fotos se han calibrado.
- *Optimización de la cámara*: Es el porcentaje de diferencia entre la distancia focal inicial y optimizada. El “tic” aparecerá en verde, si el porcentaje de diferencia entre la distancia focal inicial y optimizada es menor al 5%, para este caso es 0.38%.
- *Matching (Pareo):* Es la mediana de coincidencias por imagen calibrada. La escala de la imagen de puntos clave mayor a ¼; es decir se han calculado más de 1000 coincidencias por imagen calibrada, por lo que el tic quedará en verde.
- *Georeferencing:* La georreferenciación muestra si el proyecto está georreferenciado o no. Si está georreferenciada, muestra lo que se ha utilizado para georreferenciar el proyecto. Para este caso se utilizan los GCP, se muestra el número, el tipo y la media del error RMS en (x,y,z). El uso de GCPs y el error de GCP es menor que el promedio de GSD.

Initial Image Positions (Posición inicial de las imágenes).

Este gráfico muestra una vista superior de las posiciones iniciales de las imágenes. Si el gráfico no se corresponde con el plan de vuelo, es posible que existan problemas con el emparejamiento y la orientación, la escala y/o la geolocalización de los resultados.



Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions (Imagen calculada/GCPs/Posiciones de puntos de enlace manual)



La figura muestra el desplazamiento entre las posiciones de la imagen inicial (puntos azules) y calculada (puntos verdes), así como el

desplazamiento entre las posiciones iniciales de los GCP (cruces azules) y sus posiciones calculadas (cruces verdes) en la vista superior (plano XY), vista frontal (plano XZ) y vista lateral (plano YZ). Las elipses de color verde oscuro indican la incertidumbre de la posición absoluta de la cámara. En proyectos como este donde se utilizaron GCP, las elipses de incertidumbre cerca de los mismos deben ser muy pequeñas y aumentar para imágenes más alejadas. Esto se puede mejorar distribuyendo los GCP de forma homogénea en el proyecto.

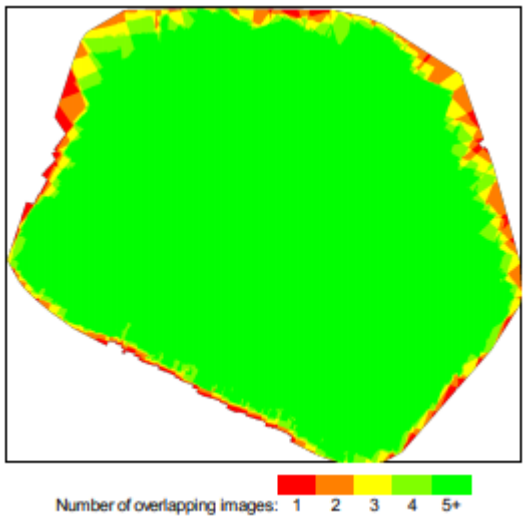
Absolute camera position and orientation uncertainties (Incertidumbres de posición absoluta de la cámara y orientación)

| | X [m] | Y [m] | Z [m] | Omega [degree] | Phi [degree] | Kappa [degree] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Mean | 0.018 | 0.016 | 0.025 | 0.005 | 0.006 | 0.002 |
| Sigma | 0.003 | 0.003 | 0.009 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |

En proyectos solo con geolocalización de imágenes, la incertidumbre absoluta de la posición de la cámara debe ser similar a la precisión GPS esperada. Como todas las imágenes se colocan con una precisión similar, el sigma que se indica en la tabla debe ser pequeño en comparación con la media. En tales proyectos, las incertidumbres de posición absoluta de la cámara pueden ser mayores que las relativas en la tabla "Incertidumbres de posición relativa y orientación". No es el caso del corriente proyecto, ya que, se utilizaron puntos de apoyo (GCPs), por lo que un sigma grande puede significar que algunas áreas del proyecto (generalmente aquellas que se encuentran alejadas de cualquier GCP) se reconstruyen con menos precisión, y pueden beneficiarse de GCP adicionales.

Overlap (Superposición)

Las áreas rojas y amarillas indican una superposición baja para la cual se pueden generar malos resultados. Las áreas verdes indican una superposición de más de 5 imágenes por cada píxel por lo que se generarán resultados de buena calidad siempre que la cantidad de coincidencias de puntos clave también sea suficiente para estas áreas.




Internal Camera Parameters (Parámetros internos de la cámara)

**ILCE-5100_0.0_6000x4000 (RGB)(1). Sensor Dimensions: 23.520 [mm] x 15.680 [mm]**

EXIF ID: ILCE-5100_0.0_6000x4000

| | Focal Length | Principal Point x | Principal Point y | R1 | R2 | R3 | T1 | T2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Initial Values | 3966.199 [pixel]<br>15.547 [mm] | 3000.000 [pixel]<br>11.760 [mm] | 2000.000 [pixel]<br>7.840 [mm] | -0.048 | 0.037 | -0.011 | -0.000 | -0.001 |
| Optimized Values | 3986.372 [pixel]<br>15.627 [mm] | 2973.142 [pixel]<br>11.655 [mm] | 1999.160 [pixel]<br>7.837 [mm] | -0.048 | 0.038 | -0.012 | -0.001 | -0.000 |
| Uncertainties (Sigma) | 0.333 [pixel]<br>0.001 [mm] | 0.098 [pixel]<br>0.000 [mm] | 0.086 [pixel]<br>0.000 [mm] | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

**ILCE-5100_0.0_6000x4000 (RGB)(2). Sensor Dimensions: 23.520 [mm] x 15.680 [mm]**

EXIF ID: ILCE-5100_0.0_6000x4000

| | Focal Length | Principal Point x | Principal Point y | R1 | R2 | R3 | T1 | T2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Initial Values | 3966.199 [pixel]<br>15.547 [mm] | 3000.000 [pixel]<br>11.760 [mm] | 2000.000 [pixel]<br>7.840 [mm] | -0.048 | 0.037 | -0.011 | -0.000 | -0.001 |
| Optimized Values | 3976.854 [pixel]<br>15.589 [mm] | 2968.620 [pixel]<br>11.637 [mm] | 1994.878 [pixel]<br>7.820 [mm] | -0.047 | 0.038 | -0.012 | -0.001 | -0.000 |
| Uncertainties (Sigma) | 0.804 [pixel]<br>0.003 [mm] | 0.109 [pixel]<br>0.000 [mm] | 0.103 [pixel]<br>0.000 [mm] | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

Los parámetros internos de la cámara son los que se muestran en la imagen superior, el punto principal debe estar alrededor de la mitad de la

resolución de la cámara, y los valores de distorsión radial R1, R2 y R3 deben ser menores a uno. A su vez, las incertidumbres sobre los parámetros de distorsión deben ser cercanas a cero.

2D Keypoints table (Tabla de puntos clave 2D).

| | Number of 2D Keypoints per Image | Number of Matched 2D Keypoints per Image |
|---|---|---|
| Median | 68912 | 30784 |
| Min | 49217 | 7289 |
| Max | 85903 | 54996 |
| Mean | 68107 | 32475 |

**2D Keypoints Table for Camera ILCE-5100_0.0_6000x4000 (RGB)(1)**

| | Number of 2D Keypoints per Image | Number of Matched 2D Keypoints per Image |
|---|---|---|
| Median | 69994 | 31545 |
| Min | 50957 | 7289 |
| Max | 83205 | 54996 |
| Mean | 69201 | 32600 |

**2D Keypoints Table for Camera ILCE-5100_0.0_6000x4000 (RGB)(2)**

| | Number of 2D Keypoints per Image | Number of Matched 2D Keypoints per Image |
|---|---|---|
| Median | 66923 | 30596 |
| Min | 49217 | 16774 |
| Max | 85903 | 54959 |
| Mean | 67067 | 32356 |

**Median / 75%/ Maximal Number of Matches Between Camera Models**

| | ILCE-5100_0....(RGB)(1) | ILCE-5100_0....(RGB)(2) |
|---|---|---|
| ILCE-5100_0.0_6000x4000 (RGB)(1) | 899 / 3066 / 28024 | |
| ILCE-5100_0.0_6000x4000 (RGB)(2) | | 792 / 2756 / 30133 |

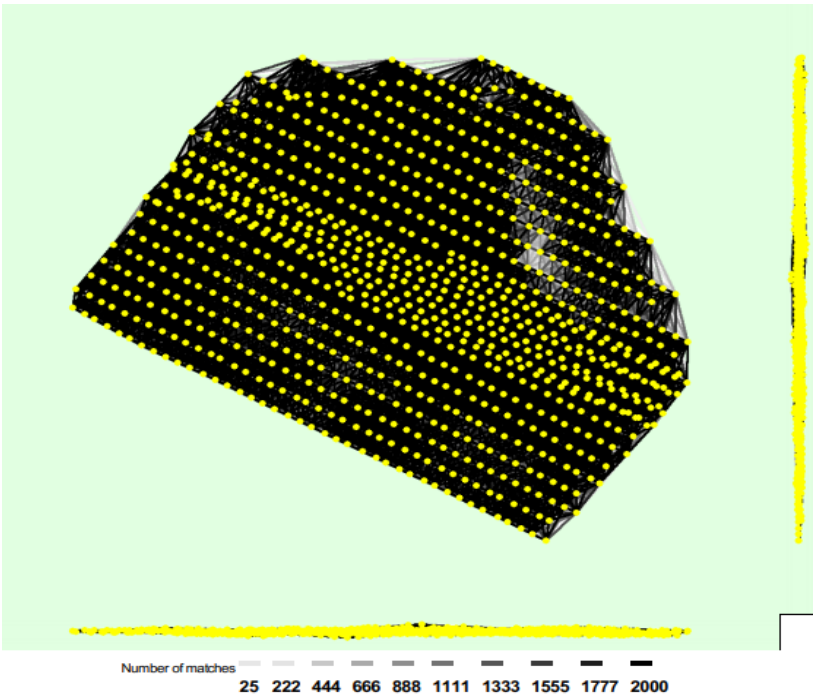
Las tablas de puntos claves 2D muestran algunas estadísticas de los mismos y las coincidencias del proyecto. Los puntos claves son puntos de interés (alto contraste, textura interesante) en las imágenes, qué se pueden reconocer fácilmente. El número de puntos clave depende del tamaño de las imágenes y el contenido visual. Por otro lado el número de coincidencias será muy bajo si: el número de puntos claves es bajo, el contenido visual es demasiado repetitivo, la superposición entre las imágenes es demasiado baja y si hay demasiados cambios en la escena

durante la adquisición de la imagen (sombras en movimiento, automóviles).

3D Points from 2D Keypoints matches (Puntos 3D a partir de coincidencias de puntos clave 2D).

| | Number of 3D Points Observed |
|---|---|
| In 2 Images | 4911264 |
| In 3 Images | 1409152 |
| In 4 Images | 658742 |
| In 5 Images | 381805 |
| In 6 Images | 244826 |
| In 7 Images | 171965 |
| In 8 Images | 127589 |
| In 9 Images | 99751 |
| In 10 Images | 78195 |
| In 11 Images | 63444 |
| In 12 Images | 51143 |
| In 13 Images | 42797 |
| In 14 Images | 36184 |
| In 15 Images | 30480 |
| In 16 Images | 25466 |
| In 17 Images | 21160 |
| In 18 Images | 18482 |
| In 19 Images | 15325 |

2D Keypoints Matches (Coincidencias de puntos clave 2D)




Vista superior de las posiciones calculadas de la imagen con un enlace entre las imágenes coincidentes. La oscuridad de los enlaces indica el número de puntos clave 2D combinados entre las imágenes. Los enlaces brillantes indican enlaces débiles y requieren puntos de enlace manuales o más imágenes.

Ground Control Points (Puntos de Apoyo/Control).

| GCP Name | Accuracy XY/Z [m] | Error X [m] | Error Y [m] | Error Z [m] | Projection Error [pixel] | Verified/Marked |
|---|---|---|---|---|---|---|
| PA6 (3D) | 0.020/ 0.020 | 0.029 | 0.033 | -0.000 | 1.003 | 16 / 16 |
| PA7 (3D) | 0.020/ 0.020 | 0.062 | -0.006 | -0.015 | 0.742 | 13 / 13 |
| PA1 (3D) | 0.020/ 0.020 | 0.002 | -0.040 | 0.018 | 0.572 | 6 / 6 |
| PA2 (3D) | 0.020/ 0.020 | -0.036 | -0.029 | 0.024 | 0.983 | 16 / 16 |
| PA3 (3D) | 0.020/ 0.020 | -0.039 | -0.031 | -0.021 | 0.808 | 8 / 8 |
| PA4 (3D) | 0.020/ 0.020 | -0.014 | 0.027 | -0.001 | 0.942 | 36 / 36 |
| PA5 (3D) | 0.020/ 0.020 | -0.014 | 0.044 | 0.024 | 0.798 | 10 / 10 |
| PA8 (3D) | 0.020/ 0.020 | 0.006 | -0.016 | -0.015 | 0.747 | 48 / 48 |
| **Mean [m]** | | -0.000618 | -0.002104 | 0.001824 | | |
| **Sigma [m]** | | 0.031429 | 0.030523 | 0.017352 | | |
| **RMS Error [m]** | | 0.031435 | 0.030596 | 0.017447 | | |

| Check Point Name | Accuracy XY/Z [m] | Error X [m] | Error Y [m] | Error Z [m] | Projection Error [pixel] | Verified/Marked |
|---|---|---|---|---|---|---|
| PC2 | | -0.0614 | -0.0203 | -0.0193 | 0.8986 | 32 / 32 |
| PC17 | | -0.0367 | -0.0513 | -0.1008 | 0.8381 | 5 / 5 |
| PC27 | | -0.0273 | 0.0066 | -0.1079 | 1.1503 | 46 / 46 |
| PC25 | | 0.0019 | 0.0760 | 0.0217 | 0.7772 | 25 / 25 |
| PC23 | | 0.0492 | 0.0694 | -0.0206 | 1.0081 | 9 / 9 |
| PC9 | | 0.0295 | 0.0283 | -0.0861 | 1.0240 | 10 / 10 |
| PC12 | | 0.0441 | 0.0590 | -0.0775 | 1.1031 | 6 / 6 |
| PC11 | | 0.0585 | 0.0237 | -0.1473 | 0.9401 | 7 / 7 |
| PC5 | | 0.1024 | -0.0036 | -0.1054 | 1.1040 | 40 / 40 |
| PC10 | | 0.1244 | -0.0208 | -0.1291 | 1.2004 | 36 / 36 |
| PC22 | | 0.1204 | 0.0042 | -0.1451 | 1.3253 | 21 / 21 |
| PC15 | | 0.0615 | -0.0391 | -0.0844 | 1.2585 | 21 / 21 |
| PC1 | | -0.0015 | -0.0357 | -0.0375 | 0.9533 | 28 / 28 |
| PC26 | | -0.0211 | -0.0150 | -0.0226 | 0.9610 | 34 / 34 |
| PC3 | | 0.0113 | -0.0060 | -0.0093 | 1.1534 | 45 / 45 |
| PC7 | | -0.0165 | 0.0022 | -0.0195 | 1.1377 | 46 / 46 |
| PC13 | | 0.0538 | 0.0474 | 0.0088 | 0.7389 | 40 / 40 |
| PC18 | | 0.0279 | 0.0278 | 0.0133 | 0.8293 | 14 / 14 |
| PC20 | | 0.0553 | -0.0777 | 0.0410 | 0.7995 | 40 / 40 |
| PC16 | | 0.0657 | 0.0518 | -0.0752 | 0.8547 | 34 / 34 |
| PC24 | | 0.0430 | -0.0217 | -0.0599 | 0.7561 | 28 / 28 |
| PC14 | | 0.0870 | -0.0287 | -0.0216 | 0.6739 | 28 / 28 |
| PC4 | | -0.0069 | -0.0629 | 0.0030 | 0.9657 | 30 / 30 |
| PC8 | | 0.0218 | -0.0448 | -0.0141 | 0.7487 | 29 / 29 |
| PC21 | | 0.0217 | -0.0016 | -0.0033 | 0.7957 | 36 / 36 |
| PC19 | | 0.0570 | -0.0028 | -0.1120 | 0.8214 | 33 / 33 |
| **Mean [m]** | | 0.033263 | -0.001371 | -0.050412 | | |
| **Sigma [m]** | | 0.046226 | 0.039728 | 0.053652 | | |
| **RMS Error [m]** | | 0.056949 | 0.039751 | 0.073620 | | |

Las tablas anteriormente mencionadas contienen los siguientes ítems:
*Check Point Name*: Es el nombre del punto de apoyo (GCP) o punto de control (Check Point) según corresponda. El tipo de punto puede ser en 2 dimensiones (2D) o en 3 dimensiones (3D). En este proyecto, todos han sido utilizados como 3D.
Accuracy (*Precisión XY/Z (m)*): Se traduce en la precisión XY y Z del GCP/ Check Point que ha sido proporcionada por el usuario en la dirección XY y Z.
*Error X (m), Error Y (m), Error Z (m)*: La diferencia entre el punto GCP/ Check Point 3D calculado y la posición original en la dirección X, Y y Z. Lo que se traduce en la posición original menos la posición calculada.
*Error de Proyección (Pixel)*: Distancia media en las imágenes donde se ha marcado el GCP / Check Point y donde se ha reproyectado.
*Verificado/Marcado*: El número de imágenes en las que se ha marcado el GCP / Check Point y se tienen en cuenta para la reconstrucción.
*Marcado*: las imágenes en las que se ha marcado el GCP / Check Point.
*Media (m):* El error medio / promedio en cada dirección (X, Y, Z).
*Sigma (m):* La desviación estándar del error en cada dirección (X, Y, Z).
*Error RMS (m*): El error cuadrático medio en cada dirección (X, Y, Z).

Absolut geolocation variance (Variación absoluta de geolocalización).

Esta tabla muestra el porcentaje de imágenes geolocalizadas y calibradas con un error de geolocalización en X, Y, Z dentro de un intervalo de error predefinido. Hay diez intervalos predefinidos entre -1.5 y 1.5 veces la precisión máxima de todas las imágenes. Como se puede ver en la tabla, estos intervalos varían entre -15 y 15, por lo que, si el porcentaje de imágenes con un error inferior a -15 o superior a 15 es grande, es posible que los valores de precisión no se hayan configurado correctamente.

Relative geolocation variance (Variación relativa de geolocalización)

| Relative Geolocation Error | Images X[%] | Images Y[%] | Images Z [%] |
|---|---|---|---|
| [-1.00, 1.00] | 65.56 | 97.11 | 100.00 |
| [-2.00, 2.00] | 99.56 | 100.00 | 100.00 |
| [-3.00, 3.00] | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| **Mean of Geolocation Accuracy [m]** | 5.000000 | 5.000000 | 10.000000 |
| **Sigma of Geolocation Accuracy [m]** | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 |

Esta tabla muestra el porcentaje de imágenes geolocalizadas y calibradas con un error de geolocalización relativo entre -1 y 1, -2 y 2 y -3 y 3.
El error de geolocalización relativo para cada dirección se calcula de la siguiente manera:

- Rx = (Xi - Xc) / Ax
- Ry = (Yi - Yc) / Ay
- Rz = (Zi - Zc) / Az

Dónde

- Rx, Ry, Rz = error relativo de geolocalización en X, Y, Z
- Xi, Yi, Zi = posición inicial de la imagen en X, Y, Z (posición GPS)
- Xc, Yc, Zc = posición de la imagen calculada en X, Y, Z
- Ax, Ay, Az = precisión de geolocalización de la imagen (establecida por el usuario o tomada de la precisión RTK) en X, Y, Z.

El objetivo es verificar si el error de geolocalización relativo sigue una distribución gaussiana. Si lo hace:

- El 68.2% de las imágenes geolocalizadas y calibradas deben tener un error relativo de geolocalización en X, Y, Z entre -1 y 1.
- El 95,4% de las imágenes geolocalizadas y calibradas deben tener un error relativo de geolocalización en X, Y, Z entre -2 y 2.
- El 99.6% de las imágenes geolocalizadas y calibradas deben tener un error relativo de geolocalización en X, Y, Z entre -3 y 3.

Initial Processing details; Point Cloud Densification details; DMS, Orthomosaic and Index details. (Detalles del procesamiento inicial, detalles de la densificación de la nube de puntos; detalles del MDS (modelo digital de superficie), Ortomosaico e índice).

Al final del reporte, se especifican los detalles de cada uno de los procesamientos realizados, indicando cuales fueron las opciones elegidas por el usuario, para realizar cada uno de ellos.

# ANEXO E: Resoluciones referidas al Hipódromo Nacional de Maroñas.

Resolución N° 1037/990

Visto: la gestión realizada por la Comisión del Patrimonio Histórico, Artístico y Cultural de la Nación, en el sentido de declarar Monumento Histórico al Hipódromo Nacional de Maroñas, con todas sus dependencias.

Resultando: I) Que el Hipódromo Nacional de Maroñas se encuentra ubicado en la zona Norte de la ciudad, en un predio aproximado de 59 hectáreas y su presencia, a consecuencia de sus dimensiones, imagen y de la actividad que en él se desarrolla resulta determinante para un sector de la ciudad;

II) Que debe estimarse la importancia para el Barrio Ituzaingó y sus aledaños, de las actividades en él radicadas, como fuente de ingresos;

III) Que dado el numeroso público que recibe y el alto porcentaje de juego, es un lugar de trabajo importante, no sólo para el personal jornalero sino para todos los que, de una forma u otra, están relacionados con su actividad específica y dependen de ella;

IV) Que la desaparición del Hipódromo o un posible cambio de destino provocaría en el área un fuerte impacto que incidiría no sólo en su población sino también en la imagen de este sector urbano;

V) Que si bien en el país hay otros hipódromos, el de Maroñas, es el más importante, conocido no sólo a nivel nacional sino internacional.

Considerando: I) Que es convicción unánime de la Comisión del Patrimonio Histórico, Artístico y Cultural de la Nación, que al asegurar la preservación de este bien se contribuye al mantenimiento de ejemplos testimoniales de carácter arquitectónico cultural;

II) Que el Poder Ejecutivo, está animado por el propósito de preservar la integridad de aquellos bienes que forman parte del quehacer histórico, artístico y cultural de la Nación como el Hipódromo Nacional de Maroñas.

Atento: a lo precedentemente expuesto, al informe de la Comisión del Patrimonio Histórico, Artístico y Cultural de la Nación y a lo dispuesto por la ley 14.040 de fecha 20 de octubre de 1971 y decreto reglamentario 536/972 de 1º de agosto de 1972,

El Presidente de la República

RESUELVE:

1

Declárase Monumento Histórico al Hipódromo Nacional de Maroñas con todas sus instalaciones ubicadas en la Decimosexta Sección Judicial del departamento de Montevideo, Padrones 76051, 76052 y 76044 – Carpeta Catastral 5.288.

2

Dichos bienes quedarán afectados por las siguientes servidumbres:

a) Prohibición de realizar modificaciones arquitectónicas que alteren las líneas, el carácter o la finalidad del bien, sin previo consentimiento de la Comisión del Patrimonio Histórico, Artístico y Cultural de la Nación;

b) Prohibición de destinar los bienes a usos incompatibles con las finalidades de la ley 14.040 de 20 de octubre de 1971;

c) Obligación de proveer a la conservación del mismo y de ejecutar las reparaciones necesarias para ese fin;

d) Obligación de permitir las inspecciones que disponga la Comisión del Patrimonio Histórico, Artístico y Cultural de la Nación, a los fines de la comprobación del estado de conservación del bien y del fiel cumplimiento de las Obligaciones y Prohibiciones consagradas por la referida ley 14.040.

3

Comuníquese al Registro General de Inhibiciones (Sección Reivindicaciones), a la Dirección del Catastro Nacional, a la Intendencia Municipal de Montevideo, a la Junta Departamental de Montevideo, al Ministerio de Transporte y Obras Públicas, a la Secretaría de la Asamblea General del Poder Legislativo, a la Comisión del Patrimonio Histórico, Artístico y Cultural de la Nación, y a los propietarios de los bienes declarados Monumento Histórico.

4

Publíquese en el "Diario Oficial".

Resolución N° 1291/997

VISTO: La gestión promovida por la Comisión del Patrimonio Cultura de la Nación tendiente a que sean desafectados como Monumento Histórico el conjunto de construcciones que forman el HIPODROMO NACIONAL DE MAROÑAS, Padrones Nº 76051, 76052 y 76044, adquiridas en pública subasta por parte de la firma PABER INC. S.A., en el departamento de Montevideo;

RESULTANDO: 1) En la mencionada solicitud se establece que se pretende la revitalización de la zona que comprende los padrones citados y que conforman el área del Hipódromo referido;

2) Con el reciente remate judicial en virtud del cual la firma peticionante adquirió los padrones referidos conjuntamente con la sede del Jockey Club, se pretende la construcción de conjuntos habitacionales, desarrollando un proyecto urbanístico en las áreas a ser desafectadas;

CONSIDERANDO: 1) Que la Comisión de Patrimonio Cultural de la Nación, entiende que han caducado los motivos por los cuales se declaró oportunamente Monumento Histórico Nacional los padrones referenciados, de acuerdo con la Resolución del Poder Ejecutivo de fecha 28 de noviembre de 1990;

2) Que el Poder Ejecutivo animado de propósito de fomentar las inversiones, al tiempo de preservar aquellos bienes que representan un valor para el patrimonio cultural de la comunidad, entiende de recibo acoger la iniciativa y desafectar los padrones solicitados, excepto la denominada "Pista de Carreras y el Palco de Socios" del mencionado Hipódromo Nacional y sujeto a las condicionantes que se establecerán;

ATENTO a lo precedentemente expuesto, a lo informado por la Comisión del Patrimonio Cultural de la Nación y a lo dispuesto en la Ley Nº 14.040 de octubre de 1971, Decreto Nº 536/72, numeral 1, literal g de la Resolución del Poder Ejecutivo Nº 966/91 del 4/12/91;

EL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA

RESUELVE:

1

DESAFECTAR como Monumento Histórico los padrones que comprenden el HIPODROMO NACIONAL DE MAROÑAS, Nos. 76051, 76052 y 76044, excepto la "Pista de Carreras" y el "Palco de Socios" que continuarán afectados como Monumentos Históricos Nacionales;

2

La desafectación a que refiere el artículo anterior queda condicionada a la presentación por los interesados ante la Comisión del Patrimonio Cultural de la Nación para su aprobación del Proyecto definitivo respecto de las viviendas y desarrollo del área, cuya construcción se pretende;

3

PERMITIR las inspecciones que disponga la Comisión del Patrimonio Cultural de la Nación;

4

COMUNICAR lo dispuesto por la presente a la Intendencia Municipal de Montevideo, a la Junta Departamental de Montevideo, al Ministerio de Transporte y Obras Públicas, a la Dirección Nacional de Catastro, a los interesados, a la Administración Nacional de la Enseñanza Pública y a la Comisión del Patrimonio Cultural de la Nación.

Resolución N° 18/998

VISTO: Las resoluciones del Poder Ejecutivo de 28 de noviembre de 1990 y 9 de diciembre de 1997, sobre declaración como Monumento Histórico al Hipódromo Nacional de Maroñas con todas sus instalaciones, ubicadas en la 16ª Sección Judicial de Montevideo, Padrones Nos. 76051, 76052 y 76044.

RESULTANDO: 1º Por la mencionada resolución del 28 de noviembre de 1990, se declaró Monumento Histórico al Hipódromo Nacional de Maroñas, afectándolo con un conjunto de servidumbres.

2º. Por resolución de 9 de diciembre de 1997, se modificó la anterior afectación, manteniendo la declaración de Monumento Histórico, exclusivamente sobre la "Pista de Carreras" y el "Palco de Socios". La mencionada modificación de la situación jurídica de los padrones referidos, estuvo motivada en la resolución precedente de la Comisión del Patrimonio Histórico, Artístico y Cultural de la Nación y en el propósito manifestado por los adquirentes del inmueble en desarrollar un proyecto urbanístico en las áreas desafectadas. La desafectación quedó condicionada, de conformidad con el numeral 2º de la resolución citada, a la presentación por los interesados del proyecto definitivo de urbanización;

3º. Que efectuado un análisis más detenido de los antecedentes administrativos, la Comisión del Patrimonio Histórico, Artístico y Cultural de la Nación, presidida en esta oportunidad por el Sr. Ministro de Educación y Cultura, modificó su anterior propuesta, al entender que, no obstante lo atendible de la motivación anteriormente reseñada, antes de adoptar resolución sobre la desafectación, y de conformidad con el dictamen de su Departamento de Arquitectura, corresponde contar con "un proyecto definitivo, que posibilite percibir claramente si su concreción permitirá potenciar o mantener sin pérdidas urbanísticas y medioambientales el patrimonio existente",

ATENTO a lo dispuesto por la ley 14040 de 20 de octubre de 1971 y Decreto 536/972 de 1º de agosto de 1972;

EL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA

RESUELVE

1

DEJASE sin efecto la resolución de 9 de diciembre de 1997, relativa a los Padrones Números 76051, 76052 y 76044, Hipódromo de Maroñas, ubicados en la 16ª Sección Judicial del Departamento de Montevideo;

2

MANTIENESE la condición de monumento histórico del referido hipódromo, en las condiciones establecidas por la resolución de 28 de noviembre de 1990, que se declara vigente

3

COMUNIQUESE, a la Intendencia Municipal de Montevideo, a la Junta Departamental de Montevideo, a la Dirección Nacional de Catastro, a la Dirección General de Registros para su inscripción, al Ministerio de Transporte y Obras Públicas, a la Dirección Nacional de Catastro, a la Administración Nacional de Educación Pública, a la Comisión del Patrimonio Histórico, Artístico y Cultural de la Nación y a los interesados.- Exp.: 975577/JRS-

# ANEXO F: Argumento del Amanzanamiento.

Se plantea un proyecto urbanístico sobre el bien inmueble donde se encuentra emplazado el Hipódromo Nacional de Maroñas con el fin de continuar la trama urbana de la zona. En los alrededores del padrón N° 76044 se encuentran los barrios Jardines del Hipódromo, Ituzaingo, Marconi y Piedras Blancas, cualquiera de ellos completamente urbanizados, por lo que el padrón mencionado que cuenta con un área aproximada de 59 Hás creemos que es una superficie potencialmente urbanizable. A pesar de que el Hipódromo Nacional de Maroñas es el más importante del país, no solo conocido a nivel nacional, sino que a nivel internacional, podría trasladarse a las zonas periféricas de Montevideo, zonas rurales o suburbanas.

Otro aspecto a considerar, es que en la actualidad, el predio se encuentra delimitado por un muro de aproximadamente 2m, resultando poco atractivo para los alrededores, sumado a que el lugar no funciona como espacio verde público, sino más bien como un “club privado”.

# ANEXO G: Articulo Nº 38 y Nº 83 de la L.O.T. (Ley Nº 18.308)

CAPÍTULO III
FACULTADES Y OBLIGACIONES TERRITORIALES

Artículo 38. (Condiciones generales de los instrumentos. Límites y estándares mínimos).- Los instrumentos de ordenamiento territorial y desarrollo sostenible en las áreas delimitadas de suelo urbano, suelo suburbano o suelo con el atributo de potencialmente transformable, preverán las reservas de espacios libres y equipamiento, así como límites de densidad y edificabilidad.

Con carácter general, en las actuaciones residenciales, industriales, de servicios, turísticas, deportivas, de recreación u otras, las reservas para espacios libres, equipamientos, cartera de tierras y otros destinos de interés municipal, departamental o nacional, sin perjuicio del área destinada a circulaciones, no podrán ser inferiores al 10% (diez por ciento) del sector a intervenir.

El Gobierno Departamental, atendiendo a las características socioeconómicas de su ámbito jurisdiccional o la dotación de áreas para circulaciones públicas del proyecto, podrá disminuir el citado estándar hasta el 8% (ocho por ciento).

Los terrenos antes referidos deberán ser cedidos de pleno derecho a la Intendencia Municipal o a la entidad pública que ésta determine, como condición inherente a la actividad de ejecución territorial.

En todos los casos los instrumentos de ordenamiento territorial exigirán que las nuevas urbanizaciones y fraccionamientos antes de su autorización definitiva ejecuten a su costo, la red vial y la conexión a la red vial general

para la continuidad de la trama existente, además de las infraestructuras indicadas en el literal a) del artículo 32 de la presente ley.

En caso contrario deberán otorgar garantía real o personal suficiente a favor del Gobierno Departamental por el valor de dichas infraestructuras.

La evacuación de aguas servidas deberá estar conectada a la red urbana preexistente en el sector o realizada a través de un sistema técnicamente avalado por el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA) y aprobado por la Intendencia Municipal para cada caso.

Artículo 83. (Ajustes legales).-

1) Ajustes a las Leyes Nº 10.723, de 21 de abril de 1946 y Nº 10.866, de 25 de octubre de 1946 (Ley de Centros Poblados).

   a) Modifícase el artículo 1º de la Ley Nº 10.723, de 21 de abril de 1946, en la redacción dada por la Ley Nº 10.866, de 25 de octubre de 1946, el que quedará redactado de la siguiente forma:

      "Queda exclusivamente reservada a los Gobiernos Departamentales respectivos la competencia para autorizar toda creación de predios cuando así lo establezcan los instrumentos de ordenamiento territorial y desarrollo sostenible, así como, en todos los casos, para autorizar la subdivisión de predios con destino directo o indirecto a la formación de centros poblados y para aprobar el trazado y la apertura de calles, caminos o sendas o cualquier tipo de vías de circulación o tránsito que impliquen o no amanzanamiento o formación de centros poblados".

b) Deróganse el segundo y tercer incisos del artículo 2º de la Ley Nº 10.723, de 21 de abril de 1946.

c) Modifícase el inciso tercero del artículo 9º de la Ley Nº 10.723, de 21 de abril de 1946, que quedará redactado de la siguiente manera:

"En todos los casos estos planos se realizarán respectivamente por un profesional especializado en ordenamiento territorial o urbanismo y por un agrimensor".

d) Derógase el inciso segundo del artículo 10 de la Ley Nº 10.723, de 21 de abril de 1946.

e) Sustitúyese el inciso primero del artículo 11 de la Ley Nº 10.723, de 21 de abril de 1946, el que quedará redactado de la siguiente forma:

"La violación a cualquiera de las normas contenidas en la presente ley relativas al fraccionamiento o la enajenación de predios o aperturas de vías de tránsito, sin perjuicio de la nulidad absoluta del fraccionamiento y las ventas posteriores de predios parte del mismo, serán sancionadas con una multa de 50 UR (cincuenta unidades reajustables) a 50.000 UR (cincuenta mil unidades reajustables), con destino al Gobierno Departamental correspondiente, sin perjuicio de las demás sanciones que la transgresión pudiera producir. Las multas se harán efectivas por las Intendencias Municipales y serán aplicadas solidariamente a todos los involucrados y profesionales intervenientes".

f) Derógase el inciso segundo del artículo 11 de la Ley Nº 10.723, de 21 de abril de 1946.

g) Deróganse los numerales 1º y 2º del artículo 13 de la Ley Nº 10.723, de 21 de abril de 1946 y sustitúyese el numeral 3º del citado artículo en la redacción dada por la Ley Nº 10.866, de 25 de octubre de 1946, el que quedará redactado de la siguiente forma:

"Ningún predio y ninguna vía pública que sirva de único acceso a predios podrá situarse ni total ni parcialmente en terrenos inundables, o que estén a nivel inferior a 50 centímetros por encima del nivel alcanzado por las más altas crecientes conocidas.

Tampoco podrá situarse ningún predio en los casos de contigüidad a los cauces del dominio público, dentro de las tierras abarcadas por una faja costera de 150 metros de ancho por lo menos, medida según lo dispone el Código de Aguas, a partir de la línea de ribera.

En todo fraccionamiento de predios costeros, la faja de 150 (ciento cincuenta) metros determinada a partir de la línea superior de la ribera pasará de pleno derecho al dominio público.

No se podrá admitir excepción alguna a lo previsto en el presente artículo".

h) Modifícase el artículo 15 de la Ley Nº 10.723, de 21 de abril de 1946, en la redacción dada por la Ley Nº 10.866, de 25 de octubre de 1946, el que quedará redactado de la siguiente forma:

"Queda prohibida, con las mismas sanciones establecidas en los artículos 10 y 11, toda división de tierras que implique crear predios independientes menores en superficie a 2.000 (dos mil) metros cuadrados si no cuenta con sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y de drenaje pluvial, de suministro de energía eléctrica, alumbrado público y pavimentos, construidos según lo autorizado y recibido por el organismo ejecutor correspondiente".

i) Modifícase el artículo 16 de la Ley Nº 10.723, de 21 de abril de 1946, el que quedará redactado de la siguiente forma:

"Queda prohibida, con las mismas sanciones establecidas en los artículos 10 y 11, toda división de tierra que implique crear predios independientes menores a las dimensiones que establezcan los instrumentos de ordenamiento territorial. En todo caso la dimensión mínima de los lotes será de 300 (trescientos) metros cuadrados de superficie".

j) Sustitúyese el artículo 19 de la Ley Nº 10.723, de 21 de abril de 1946, el que quedará redactado de la siguiente forma:

"Todos los fraccionamientos y trazados efectuados en contravención a lo dispuesto por la presente ley y las ordenanzas e instrumentos de ordenamiento territorial, serán absolutamente nulos, debiendo el Gobierno Departamental imponer las sanciones correspondientes a que refieren los artículos 10 y 11 de la presente ley".

# ANEXO H: Digesto departamental de Montevideo: De los amanzanamiento y fraccionamientos.

***Libro II***

***Instrumentos del ámbito departamental***

**Parte Legislativa**

***Título III***

***De los amanzanamientos y fraccionamientos***

**Artículo D.223.90 .**

Todos los amanzanamientos, fraccionamientos y reparcelamientos que se realicen en el departamento de Montevideo deberán ajustarse a las condiciones establecidas en el presente capítulo y deberán ser considerados técnicamente por la Intendencia de Montevideo. Los fraccionamientos y reparcelamientos en suelo categoría rural serán considerados técnicamente por la Intendencia de Montevideo en función de lo dispuesto en el Volumen IV del Digesto Departamental, Título VI "De las normas de Régimen General en Suelo Rural", Título VII "De las normas de régimen patrimonial en suelo rural" (Plan Montevideo aprobado por Decreto Nº 28.242, de 10 de setiembre de 1998); Título X "De las Normas Complementarias", Capítulo XXI "Condiciones para la implantación de usos y actividades en suelo rural" (Decreto Nº 32.926, de 7 de mayo de 2009); Capítulo VI Sección III "Suelo Categoría Rural" de las Directrices Departamentales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible, aprobadas por Decreto Nº 34.870, de 14 de noviembre de 2013, normas concordantes y complementarias.

**Artículo D.223.91 .**

**Prohibiciones**. La Intendencia no autorizará los amanzanamientos y fraccionamientos cuando se configure alguna de las siguientes

circunstancias:

a) Cuando existan riesgos de inundación, ambientales o de salubridad.

b) Cuando no se disponga de servicios públicos indispensables (agua corriente de Obras Sanitarias del Estado, pavimento, saneamiento).

c) Cuando la urbanización sea muy costosa para la Intendencia, por su ubicación y condiciones topográficas, en lo que se refiere a la implantación de saneamiento, calles y otras infraestructuras.

d) Cuando se trate de reparcelamientos que puedan empeorar las condiciones de suministro de servicios o los riesgos de inundación de los lotes intervinientes.

**Artículo D.223.92 .**

Los casos no previstos por las disposiciones del presente ordenamiento normativo, serán sometidos a consideración de la Comisión Permanente del Plan.

**Artículo D.223.93 .**

Dimensionado de las manzanas.

A) Cuando se proyecten nuevas manzanas, éstas deberán ajustarse al siguiente dimensionado, a partir del frente mínimo del lote previsto para el área o vía que enfrentan:

| Frente mínimo para el lote | Lado de manzana<br>Mínimo Máximo | Àrea de manzana<br>Mínimo Máximo |
|---|---|---|
| 10 metros | 50 metros 120 metros | 7.000 m2 10.000 m2 |
| 12 metros | | 10.000 m2 15.000 m2 |

| | | |
|---|---|---|
| 15 metros | 70 metros 150 metros<br><br>80 metros 150 metros | 15.000 m2 20.000 m2 |

B)Cuando las manzanas enfrenten vías de diferente jerarquía se tomarán los intervalos para lado y área de manzana, de forma tal que sus mínimos sean los mínimos para la vía de menor jerarquía y sus máximos los máximos de la vía de mayor jerarquía respectivamente.

C)Se define lado de manzana como la sumatoria de tramos y desarrollos de alineación comprendidos entre las alineaciones transversales que configuran la manzana. En los casos particulares no previstos por la normativa vigente se estará a lo que resuelva la oficina competente.
D)Cuando el régimen del suelo a los efectos de la gestión no sea el general, se estará a lo que disponga en el caso el régimen específico.

**Artículo D.223.94 .**

**Anchos de vías públicas.** Los anchos de las vías públicas se ajustarán al Plan de Ordenamiento Territorial y a los Instrumentos que lo desarrollen, y serán determinados según la siguiente calificación:

- Vías de enlace urbano nacional, vías de enlace urbano metropolitano, vías de conexión departamentales, vías de conexión interzonal. Serán fijados por Intendencia de acuerdo a las pautas establecidas por el Plan de Ordenamiento Territorial.

- Vías locales: Tendrán un ancho mínimo de 15 metros. La Intendencia atento a los informes de las Dependencias competentes, podrá fijar anchos superiores, en función de las características particulares de la vía.

- Vías accesorias: Aquellas vías que no integren la red viaria general, que se generen por nuevos amanzanamientos o sean contiguas a vías básicas o rutas nacionales tendrán un ancho mínimo de 12 metros.

- Pasajes: Su equipamiento será peatonal, tendrán un ancho mínimo de 8 metros, su extensión no podrá ser superior a 75 metros entre vías de diferente calificación.

En las urbanizaciones que se proyecten en zonas cruzadas por vías férreas o caminos de tropas, se establecerán fajas contiguas de un ancho no inferior a 20 metros con destino a vía o espacio público según corresponda.
Las vías que se proyecten marginando cursos de agua podrán tener un ancho variable no inferior a 25 metros con exclusión hecha del cauce.

**Artículo D.223.95 .**

**Frentes de rutas.** Para los nuevos amanzanamientos en Suelo Urbano frente a rutas nacionales, deberán preverse vías contiguas a la ruta, cuyo ancho será el correspondiente a una vía accesoria y cuyos puntos de conexión con la ruta deberán ser autorizados por la Dirección Nacional de Vialidad del Ministerio de Transporte y Obras Públicas. Asimismo para el Suelo Rural será de aplicación lo dispuesto por el Artículo 2º literal A del Decreto del Poder Ejecutivo del 16 de noviembre de 1961 reglamentario de la Ley de Formación de Centros Poblados.

**Artículo D.223.96 .**

**Instrucciones.** La Intendencia de Montevideo a través de la Oficina correspondiente dará a los solicitantes instrucciones para

amanzanamientos, trazados de vías y espacios públicos, limitaciones a la ocupación y uso del suelo en todos los casos en que exista urbanización aprobada, debiendo estudiar los anteproyectos alternativos propuestos por los solicitantes.

**Artículo D.223.97 .**

**Condiciones**. Para el caso de amanzanamientos, trazados de vías y espacios públicos aprobados que afecten el predio a fraccionar, se exigirá la cesión de las áreas de vías y espacios públicos necesarios para la realización del fraccionamiento de forma que no resulten lotes enclavados y considerando las necesidades locales y generales de la zona en la cual se encuentra la propiedad. Dicha área no deberá en general sobrepasar el 30% de la superficie del predio.

En todos los casos de fraccionamientos con apertura de calles y/o amanzanamientos, la proporción de espacios libres deberá ser hasta un 15% del área original del predio que se fracciona.

El 50% de dicha área será destinada para dotación de servicios y espacios públicos, y para el 50% restante su destino quedará a decisión de la Intendencia pudiendo ser utilizada por la Intendencia para su programa de vivienda.

Ambas zonas se deslindarán en los planos de fraccionamiento.

**Artículo D.223.98 .**

**Dimensionado.** Cuando por aplicación de lo dispuesto en el artículo anterior, resulten lotes (cuyo número deberá ser el menor posible), que mantengan afectaciones por vías y espacios públicos, éstos tendrán un dimensionado de forma que:

a) Permitan en el futuro ser fraccionados en un número de lotes tal que agotada su fraccionabilidad, haya sido necesario que todas las vías y espacios públicos que soporten hubieren sido abiertos e incorporadas al dominio departamental de uso público.

b) La fraccionabilidad referida en el literal anterior deberá ser acreditada mediante un anteproyecto suscrito por el Ingeniero Agrimensor interviniente, que será evaluado por la oficina competente a efectos de su aprobación.

**Artículo D.223.99 .-**

**Plazos y condiciones.** Las autorizaciones para los trazados y aperturas de vías y espacios públicos caducarán de pleno derecho:
a) Si el peticionante no comparece a notificarse de la resolución aprobatoria y no abona los derechos correspondientes dentro del plazo de noventa días a contar de la fecha de dicha resolución.
b) A los dos años a partir de la fecha de resolución aprobatoria si no hubieren sido ejecutadas.
A solicitud de los interesados podrá concederse una ampliación de dicho plazo hasta en un año si los motivos expuestos lo justificasen.

**Artículo D.223.100 .-**

**Cesiones obligatorias.** Las áreas destinadas a vías y espacios públicos deberán cederse gratuitamente a la Intendencia de Montevideo. El acto de cesión se documentará por escritura pública ante la Intendencia de Montevideo.

**Artículo D.223.101 .-**

**Pavimentación.** Previo a su libramiento al uso público, las vías deberán pavimentarse por el propietario de acuerdo a las especificaciones establecidas por la Intendencia de Montevideo.

**Artículo D.223.102 .-**

**Trazado.** Los amanzanamientos, trazados de vías y espacios públicos deberán coincidir con los proyectos de trazados aprobados por la Intendencia de Montevideo. En caso de plantearse trazados alternativos,

éstos deberán tener en cuenta la urbanización existente o proyectada en el entorno (topografía, usos del suelo, trama vial, etcétera).

**Artículo D.223.103 .**

La Intendencia dispondrá la inspección del trazado replanteado y debidamente amojonado en el terreno, previamente a la aprobación de la apertura de vías y espacios públicos a los efectos de comprobar el cumplimiento de las condiciones establecidas en los planos de mensura y afectaciones, y en las memorias explicativas de replanteo.

**Artículo D.223.104 .**

**Inspección.** A solicitud del propietario, con los informes favorables de las Divisiones que correspondan en cada caso, y cedidas las áreas de vías y espacios públicos a la Intendencia, se dispondrá la inspección a efectos de comprobar que las áreas se encuentran libres de todo obstáculo, accidente, construcción, arbolado o plantaciones que puedan dificultar la utilización de las mismas. Cumplidas estas exigencias, el mismo declarará libradas al uso público las áreas, sin cuyo requisito no podrá gestionarse ninguna solicitud de fraccionamiento o reparcelamiento.

Si de la inspección resultaren observaciones, se otorgará al interesado un plazo máximo de sesenta días para levantarlas, vencido el cual se deberá presentar nueva solicitud de apertura.

Estas resoluciones serán notificadas al propietario y al técnico previo pago de los derechos y reposiciones que correspondan.

**Artículo D.223.105 .**

**Incorporación al dominio departamental.** Las declaraciones de incorporación al dominio departamental de uso público en el marco de lo dispuesto por el Artículo 35 de la ley Nº 3.958 del 28 de marzo de 1912 y la ley Nº 14.530 del 1 de junio de 1976, estarán a informes favorables de

la Intendencia. Su declaratoria se realizará por Resolución del Intendente previa publicación de edictos.

**Artículo D.223.106 .**

**Condiciones.** A los efectos de la aplicación de las disposiciones sobre fraccionamiento de tierras en el Departamento, se establecen las siguientes condiciones que se representan además gráficamente en los planos que integran el presente ordenamiento normativo:
Suelo Urbano:

| Área | F.O.S. | Saneamiento | Frente Mínimo para el lote | Área mínima para el lote |
|---|---|---|---|---|
| Central | 100% | - | 10 metros | 200 m² |
| Intermedia | 80% y 60% | - | 10 metros | 200 m² |
| | 50% | - | 12 metros | 300 m² |
| | 35% | - | 15 metros | 500 m² |
| Costera | 80% y 60% | - | 12 metros | 300 m² |
| | 50%y35% | - | 15 metros | 500 m² |
| Periférica | 50%y60% | si | 10 metros | 200 m2 |
| | 50%y 60% | no | 12 metros | 300 m² |
| Otras Áreas Urbanizadas | 60% | si | 10 metros | 200 m² |
| | 60% | no | 12 metros | 300 m² |

**Suelo Suburbano o Potencialmente Urbanizable:** Mínimos para el lote: frente: 80 metros y superficie: tres hectáreas.

**Suelo Rural:**

Mínimo para el lote: superficie: tres hectáreas.

**Artículo D.223.106.1 .**

No se admitirá la creación de lotes con frente exclusivo a pasaje peatonal o a espacio libre.

**Artículo D.223.107 .**

Cuando los predios que se fraccionen en las condiciones del artículo D.106 tengan frente a rutas nacionales, vías públicas de enlace urbano nacional, de enlace urbano metropolitano y de conexión departamental, los lotes resultantes deberán tener frente mínimo de 15 metros y un área no inferior a 500 metros cuadrados, con excepción de las siguientes vías:

De conexión departamental:

- Av. Daniel Fernández Crespo.
- Av. Gral. Fructuoso Rivera entre la Avda. 18 de Julio y Br. José Batlle y Ordóñez.
- Av.Luis A. De Herrera entre la Av. José Pedro Varela y la Av. Gral. Fructuoso Rivera.
- Calle Carlos María Ramírez.
- Av. San Martín
- Calle Miguelete
- Calle S. Ferrer Serra
- Br. Manuel Herrera y Obes.
- Av. Luis Batlle Berres ( AREA URBANA INTERMEDIA )

De enlace urbano nacional:

- Br. José Batlle y Ordóñez desde Camino Lecocq hasta la Av. Italia.
- Calle 20 de Febrero
- Av José Belloni.

**Artículo D.223.107.1 .**

Solo se admitirá la creación de lotes contiguos a las Rutas Nacionales N°1 y N° 5 o al Colector que las une, si estos tienen frente por lo menos a una vía de jurisdicción departamental, y ajustado a las dimensiones mínimas establecidas en el presente capítulo.

**Artículo D.223.108 .**

En los fraccionamientos de tierras a realizarse en el Suelo Urbano, que no requieran amanzanamiento previo, la oficina competente de la Intendencia dará a los solicitantes las instrucciones para el trazado de las vías y espacios públicos, ensanches, ochavas y condiciones de ocupación del suelo que los afecten.

**Artículo D.223.109 .**

Únicamente podrán autorizarse fraccionamientos en el Suelo Urbano, de acuerdo con lo establecido en el régimen general previsto en el artículo D. 106 y aún previstos en las normas especiales de la presente Sección, cuando los lotes resultantes dispongan de red de servicio público de O.S.E. por su frente desde la cual se puedan abastecer.

**Nota:**

(*) **Ver** artículo D.223.106

**Artículo D.223.110 .**

En todos los casos de fraccionamientos de predios ubicados en el Departamento se exigirá que todas las vías públicas que se abran con motivo de dicho fraccionamiento sean previamente pavimentadas de acuerdo a los estándares que se determinen para cada una de las zonas. La ejecución, recibo y garantías de las obras estarán de acuerdo a lo que determine en cada caso la Intendencia de Montevideo.

**Artículo D.223.111 .**

Para el fraccionamiento de predios ubicados en Suelo Urbano, se admitirá que hasta dos de los lotes proyectados se beneficien con una tolerancia del 10 % de la longitud para el frente mínimo, y del 15 % de la superficie para el área mínima.
Esta tolerancia será permitida solamente cuando las condiciones de la totalidad del predio impidan el estricto cumplimiento del dimensionado que corresponda y no se admitirá como fundamento para futuras concesiones en otras subdivisiones del mismo predio.
Esta tolerancia no implicará la supresión del retiro lateral que corresponda a los lotes.

**Artículo D.223.112 .**

**Diseño de los lotes.** El frente mínimo se medirá normalmente a una de las divisorias laterales desde el punto en que la otra encuentra la alineación del frente.
Las líneas divisorias de los lotes deberán ser preferentemente normales a las alineaciones del frente de los mismos.
La distancia entre las divisorias no será menor que el frente mínimo en toda la profundidad del lote en lo posible. Las divisorias tendrán el menor número de vértices y la configuración de los lotes resultantes será regular.
Los casos irregulares y especiales serán objeto de reglamentación, o resueltos por la Intendencia de Montevideo.

**Artículo D.223.113 .**

Para los futuros trazados de vías públicas que se proyecten cuando el ángulo de las alineaciones esté comprendido entre 90 y 135 grados, será obligatoria una ochava mínima de 5 metros perpendicular a su bisectriz.
Si el ángulo de las alineaciones fuese agudo, la ochava mínima reglamentaria será la que resulte de trazar 3,53 metros sobre ambas alineaciones a partir del vértice y unir los puntos así determinados por una

recta.

Si la ochava es curva, su parte más saliente será tangente en su punto medio a la ochava recta que correspondería. La superficie exterior producida por la ochava deberá cederse al dominio departamental en caso de fraccionamiento en que se abran nuevas vías públicas y quedará establecida como una servidumbre en el caso de fraccionamientos en que esto no ocurra.

**Artículo D.223.114 .**

Cuando se proyecten lotes con frente a más de una vía pública, éstos tendrán que cumplir con el frente mínimo establecido, por todas las vías.

**Artículo D.223.114.1 .**

**Frente de predio esquina con alineación de ochava recta o curva.** El mismo se determina por la suma de la mitad del tramo recto o curvo de la ochava, más la dimensión de la alineación respectiva tomada desde su punto de intersección con la ochava y el eje medianero.

**Artículo D.223.115 .**

En el caso de predios no esquina ubicados en el Suelo Urbano cuyo origen sea anterior al 2 de mayo de 1989 o que en el futuro se originaran por la apertura de nuevas vías públicas, que tengan frentes no menores de 6 metros a dos vías públicas y cuando no admitan otra subdivisión, se permitirá su fraccionamiento hasta en dos lotes cuya área máxima de ocupación del suelo no resulte inferior a 55 metros cuadrados, y siempre que dispongan de la red de servicio público de agua corriente de O.S.E. por su frente, desde la cual puedan ser abastecidos.

**Artículo D.223.116 .**

Para predios cuyo origen sea anterior al 2 de mayo de 1989 se admitirán hasta dos lotes con frente no menor a 8,50 metros y área máxima de ocupación del suelo no menor a 55 metros cuadrados. Para ello deberá

tenerse en cuenta que la mayoría de los lotes existentes a ambos frentes de la vía pública en esa cuadra, tengan frentes similares.

**Artículo D.223.117 .**

Los predios existentes con anterioridad al 1° de diciembre de 1998 que se ubiquen en Suelo Urbano, con excepción de los que se ubican en el Area Central; Area Costera; Suelo bajo régimen Patrimonial (Prado y Barrio Reus al Norte); Barrio Jardín Sayago; Barrio Jardín en Bulevar José Batlle y Ordoñez (Hospital Evangélico); predios con frente a rutas nacionales, vías de enlace urbano-nacional, de enlace urbano-metropolitano y vías de la red urbana de conexión departamental, podrán fraccionarse en dos lotes (lote al frente y lote al fondo) bajo las siguientes condiciones:

a) el predio a fraccionar no admita otra división;

b) el lote al frente tenga un frente mínimo de 6 metros;

c) el lote al fondo tenga un frente de 3 metros con una tolerancia de hasta 0.50 metros en más o en menos;

d) el área mínima de cada solar sea de 200 metros cuadrados, admitiéndose que sea de 180 metros cuadrados en el caso de que el frente del lote original fuese menor de 10 metros;

e) la superficie efectivamente edificable de cada solar resultante sea tal que en ella se pueda inscribir un rectángulo con lado mínimo de 6 metros y superficie mínima de 55 metros cuadrados;

f) las construcciones existentes deberán coincidir o encontrarse a una distancia mínima de 1 metro de las divisorias proyectadas, admitiéndose una tolerancia de hasta 20 centímetros. Si existieran aberturas de iluminación y ventilación, únicamente se admitirá la constitución de servidumbre en la divisoria de acceso al lote fondo y se dejará constancia en los planos de fraccionamiento de la servidumbre que se constituya, debiendo cumplir con lo dispuesto al respecto en el Código Civil. Para nuevas edificaciones no se admitirá la constitución de tal servidumbre.

En el área correspondiente al acceso del lote al fondo únicamente se

admitirán construcciones retiradas 4 metros de la línea de retiro frontal y siempre que no superen los 3 metros de altura; cuando se trate de techos inclinados o curvos, la altura promedio será de hasta 3 metros, no pudiendo superar en las divisorias la altura de 3,50 metros. No regirán estas limitaciones cuando se trate de zonas ya consolidadas con construcciones entre divisorias, excepto en las áreas caracterizadas Lezica - Pueblo Ferrocarril - Colón y Sayago - Peñarol donde deberán siempre respetarse el retiro y la altura referidos.
Para el lote al fondo que surja del presente régimen de fraccionamiento no será de aplicación la limitación en altura dispuesta en el Artículo D. 151. (*)

**Nota:**

(*) **Ver** artículo D.223.151.

**Artículo D.223.117.1 .**

En predios del Suelo Urbano, con excepción de los que se ubican en el Area Central; Area Costera; Suelo bajo régimen Patrimonial (Prado y Barrio Reus al Norte); Barrio Jardín Sayago; Barrio Jardín en Bulevar José Batlle y Ordoñez (Hospital Evangélico); predios con frente a rutas nacionales, vías de enlace urbano-nacional, de enlace urbano-metropolitano y vías de la red urbana de conexión departamental, podrá autorizarse la creación de lotes nuevos bajo la modalidad de lote al frente y lote al fondo, bajo las siguientes condiciones:

a) Se cuente con servicio oficial de saneamiento.

b) El lote al frente tenga un frente de 9 metros y el lote al fondo tenga un frente de 3 metros. Si bajo esta modalidad resultaren en total más de 8 lotes, 2 de ellos podrán beneficiarse con una tolerancia en la longitud del frente de hasta 0.50 metros.

c) Los solares así creados se agruparán apareados por sus accesos al lote al fondo, admitiéndose otra agrupación únicamente cuando existan construcciones que lo justifiquen.

d) Los lotes tendrán un área mínima de 200 metros cuadrados.
e) En un mismo fraccionamiento podrán crearse lotes en la modalidad "frente y fondo" así como lotes comunes. En tal caso los lotes comunes se regirán en cuanto a su frente y área por lo dispuesto en la normativa general vigente.
f) La superficie efectivamente edificable de cada solar deberá ser tal que en ella se pueda inscribir un rectángulo con lado mínimo de 6 metros y superficie mínima de 70 metros cuadrados.
g) Las construcciones existentes deberán coincidir o encontrarse a una distancia mínima 1 metro de las divisorias proyectadas, admitiéndose una tolerancia de hasta 20 centímetros en menos. Si existieran aberturas de iluminación y ventilación, únicamente se admitirá la constitución de servidumbre en la divisoria de acceso al lote al fondo y se dejará constancia en los planos de fraccionamiento de la servidumbre que se constituya, debiendo cumplir con lo dispuesto al respecto en el Código Civil. Para nuevas edificaciones no se admitirá la constitución de tal servidumbre.
En el área correspondiente al acceso del lote al fondo únicamente se admitirán construcciones retiradas 4 metros de la línea de retiro frontal y siempre que no superen los 3 metros de altura; cuando se trate de techos inclinados o curvos, la altura promedio será de 3 metros, no pudiendo superar en las divisorias la altura de 3,50 metros. No regirá esta limitación para las áreas caracterizadas Jacinto Vera - Larrañaga - La Blanqueada y Prado - Capurro (área de régimen General de Suelo).
Para el lote al fondo que surja del presente régimen de fraccionamiento no será de aplicación la limitación en altura dispuesta en el Artículo D. 151.

**Nota:**
(*) **Ver** artículo D.223.151

**Artículo D.223.118 .**

En los casos de lotes de dimensiones y formas especiales que no encuadren dentro de las disposiciones generales establecidas por este capítulo, la Intendencia determinará las condiciones a aplicarse.

**Artículo D.223.119 .**

Cuando se proyecte la construcción de conjuntos organizados no menores a veinte viviendas a realizarse en forma simultánea y ubicados en el Suelo Urbano, la Intendencia podrá aprobar con informe de la Comisión Permanente del Plan, fraccionamientos que se realicen total o parcialmente con frentes de 9 metros y áreas de 180 m2 como mínimos. Los interesados ofrecerán las garantías que la Intendencia de Montevideo considere procedente exigir para la implantación de suministro oficial de agua corriente y electricidad, saneamiento y pavimento de acuerdo a las especificaciones de las Unidades competentes, así como la ejecución de las obras, edificaciones y cumplimiento de los plazos que al respecto se establezcan.

**Artículo D.223.120 .**

Cuando se trate de programas de construcción de viviendas de interés social para sectores de bajos ingresos, promovidos por la Intendencia de Montevideo y/o el Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, se podrán aprobar fraccionamientos que se realicen total o parcialmente con el siguinte tipo de lotes:

A) Frente de 9 metros y área de 180 m2 como mínimos.

B) Lote al frente y lote al fondo, de tal forma que el primero tenga como mínimos un frente de 7 metros con un área de 180 m2; y el lote al fondo tenga como mínimos un frente de 3 metros con un área de 200 m2.

**Artículo D.223.121 .**

Los reparcelamientos que configuren regularización de predios, de acuerdo a lo establecido por el Artículo 12 de la Ley de Formación de

Centros Poblados, serán objeto de reglamentación por la Intendencia de Montevideo.

**Nota:**

Ver Res. CDM 13.016 de 29/03/1960 que aprueba la Reglamentación relativa a las regularizaciones de predios amparadas por el artículo 12 de la Ley de Centros Poblados (Ley Nº 10.723 de 21 de abril de 1946).

**Artículo D.223.122 .**

Los fraccionamientos que configuren división de hecho, de acuerdo a lo establecido por el Artículo 11 de la Ley de Formación de Centros Poblados, serán objeto de reglamentación por la Intendencia de Montevideo.

**Artículo D.223.123 .**

Cuando se trate de fraccionamientos, reparcelamientos, regularizaciones de predios (Artículo 12 Ley de Formación de Centros Poblados), divisiones de hecho (Artículo 11 de la Ley de Formación de Centros Poblados), o fusiones de predios en que por lo menos uno de ellos se encuentre bajo el régimen de Propiedad Horizontal, la Intendencia reglamentará el procedimiento a seguir en cada caso.

**Artículo D.223.124 .**

La Intendencia de Montevideo podrá establecer por vía de reglamentación todos aquellos aspectos formales y técnicos que aseguren una correcta ejecución de las actuaciones dentro de la órbita de la presente normativa.

# ANEXO I: Croquis de relevamiento.

# ANEXO J: Plano Proyecto – Fraccionamiento.