Control De Calidad, Clasificación Y Edición De Aerofotografías Digitales Producidas Por Vexcel Imaging



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
Acreditación Institucional de Alta Calidad

Autor

Fabian Rodrigo Ramírez Niño

Kevin Danilo Quinche Gómez

Director

Iván Andrés Reyes Gómez

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Ingeniería Topográfica

Bogotá, Colombia

julio de 2025

Contenido_

1. INTRODUCCIÓN 5
2. OBJETIVOS 7
2.1. Objetivo General 7
2.2. Objetivos Específicos 7
3. PLAN DE TRABAJO 8
3.1 Inducción Y Familiarización Con Las Herramientas Y Software Utilizados: 8
3.2 Capacitación Control De Calidad Y Clasificación En Los Diferentes Sensores .. 10
3.2.1 Parámetros para el control de calidad 12
3.2.2 Tipos de errores 13
3.3 Tipos de sensores y Tipos de revisión. 20
3.3.1 Sensores: Osprey 20
3.3.2 Sensores: Condor 22
3.3.3 Metadatos de los vuelos (ambos sensores) 22
3.4 Producción Control De Calidad Y Clasificación En Los Diferentes Sensores 23
3.4.1 Revisión DATAS Condor y Osprey 23
3.4.2 Revisión DATAS TIFF 26
3.5 Capacitación para edición: 27
3.6 Generación De Informes 35
3.7 PLAN DE TRABAJO EJECUTADO POR LOS PASANTES 36
4. DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS 37
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 42
6. ANEXOS 43
7. REFERENCIAS 44

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 – Interfaz De Plataforma Slack - Fuente Vexcel Imaging 8
Ilustración 2 - Conexión VPN – Fuente Vexcel Imaging 9
Ilustración 3 – Conexión De Escritorio Remoto – Fuente Vexcel Imaging 10
Ilustración 4 - UPR Original De Ultramap - Fuente Vexcel Imaging 10
Ilustración 5 - Importación Flight Mission En Ultramap - Fuente Vexcel Imaging 11
Ilustración 6 - Búsqueda Del DATA Asignado - Fuente Vexcel Imaging 11
Ilustración 7 - Resultado De La Flight Mission Importada - Fuente Vexcel Imaging 12
Ilustración 8 - Asignación Cargada - Fuente Vexcel Imaging 12
Ilustración 9 - Tipos De Errores - Fuente Vexcel Imaging 13
Ilustración 10 - Error Clouds - Fuente Vexcel Imaging 14
Ilustración 11 - Error Exposure - Fuente Vexcel Imaging 15
Ilustración 12 - Error Snow - Fuente Vexcel Imaging 15
Ilustración 13 - Error Vignetting - Fuente Vexcel Imaging 16
Ilustración 14 – Error Exhaust/Haze - Fuente Vexcel Imaging 17
Ilustración 15 - Error Camera Malfunction - Fuente Vexcel Imaging 17
Ilustración 16 - Error Other Occlusion - Fuente Vexcel Imaging 18
Ilustración 17 - Error Cloud Shadow - Fuente Vexcel Imaging 18
Ilustración 18 - Error Blur - Fuente Vexcel Imaging 19
Ilustración 19 - Error Redacted - Fuente Vexcel Imaging 20
Ilustración 20 - Imagen Nadir Sensor Osprey - Fuente Vexcel Imaging 21
Ilustración 21 - Imagen Osprey Desde Las 5 Vistas - Fuente Vexcel Imaging 21
Ilustración 22 - Imagen Sensor Cóndor - Fuente Vexcel Imaging 22
Ilustración 23 - Metadatos Del Vuelo Fuente Vexcel Imaging 22
Ilustración 24 - Revisión Datas Osprey - Fuente Vexcel Imaging 23

Ilustración 25 - Revisión Datas Cóndor - Fuente Vexcel Imaging 23
Ilustración 26 - Bloc De Notas Para Un Data - Fuente Vexcel Imaging 24
Ilustración 27 - Misión De Vuelo De Una Asignación - Fuente Vexcel Imaging 24
Ilustración 28 - Copia Del Rango De Imágenes En El Ultramap - Fuente Vexcel Imaging 24
Ilustración 29 - Reporte De Imágenes Diligenciado - Fuente Vexcel Imaging 25
Ilustración 30 - Opciones Del Zoom En Ultramap - Fuente Vexcel Imaging 25
Ilustración 31 - Imagen Banda PAN - Fuente Vexcel Imaging 26
Ilustración 32 - Visualización Imagen PAN a un 100% de Zoom - Fuente Vexcel Imaging 27
Ilustración 33 - Versión Del Software Utilizado - Fuente Vexcel Imaging 28
Ilustración 34 - Plugin De QGis Utilizado - Fuente Vexcel Imaging 28
Ilustración 35 - Asignación De Urban Refresh Por Parte Del Supervisor - Fuente Vexcel 29
Ilustración 36 - Capas De Información Para Urban Refresh - Fuente Vexcel Imaging..... 29
Ilustración 37 - Avance De Asignación Para Urban Refresh - Fuente Vexcel Imaging 30
Ilustración 38 - Ajustes De Vértices Realizados En Una Vía Férrea - Fuente Vexcel 30
Ilustración 39 - Zona Con Errores Por Corregir Evidenciados En QGis - Fuente Vexcel .. 31
Ilustración 40 - Zona De Errores Verificada En Google Maps - Fuente Vexcel Imaging .. 31
Ilustración 41 - Errores De Edificios No Editables - Fuente Vexcel Imaging 32
Ilustración 42 - Errores De Vías No Editables - Fuente Vexcel Imaging 32
Ilustración 43 - Error De Nubes Antes De Editar - Fuente Vexcel Imaging 33
Ilustración 44 - Error de Nubes Después De Editar - Fuente Vexcel Imaging 33
Ilustración 45 - Asignación en V2 Con Bastantes Errores - Fuente Vexcel Imaging 34
Ilustración 46 - Asignación en V6 Con Todos Los Errores Solucionados - Fuente Vexcel 34
Ilustración 47 - Reporte De Producción Diario Mediante Google Forms- Fuente Vexcel .. 35
Ilustración 48 - Reporte De Producción Diario Mediante Correo - Fuente Vexcel Imaging 35

1. INTRODUCCIÓN

En el área de la ingeniería topográfica, manejar y editar imágenes aéreas de manera adecuada es fundamental para respaldar la precisión de los datos utilizados en los diferentes proyectos. Las imágenes producidas por Vexcel Imaging manifiestan desafíos relacionados con la calidad visual y con la detección de errores en cada uno de los procesos. En cuanto a esta problemática, es necesario realizar un control de calidad, el cual permita identificar y mejorar algunos errores implementando una metodología efectiva para la clasificación de las imágenes según corresponda.

Durante la ejecución de esta pasantía se aplicaron metodologías de control de calidad, donde la clasificación y edición de aerofotografías digitales fueron bastante importantes, con el fin de optimizar su precisión y así mismo su utilidad. Para poder cumplir con los estándares, se emplearon técnicas de validación visual y de herramientas especializadas que ayudaron a la detección de errores en las imágenes. Aunque también se implementó un sistema más eficiente y ordenado para la entrega de los archivos, agilizando los procesos de consulta en los diversos proyectos.

Por otro lado a pesar de que se identificaron algunas limitaciones durante estos meses, debido a la versatilidad de los procesos y las condiciones de captura de las diferentes imágenes, esta experiencia aparte de contribuir con los productos de Vexcel Imaging, también contribuyo para el desarrollo profesional de los pasantes, gracias a la oportunidad de fortalecer las diferentes competencias técnicas sobre el manejo de imágenes aéreas y otras áreas en específico que los ayudaran a desarrollarse de una manera adecuada como ingenieros topográficos.

Es importante aclarar que durante el tiempo de la pasantía se intentó por parte de los supervisores y líderes del proyecto, un avance en distintos procesos que actualmente se desarrollan en la empresa; Pero no fue del todo posible avanzar en algunos, debido a lo complejo que pueden llegar a ser y también al corto tiempo que los pasantes colaboraron en la compañía. También es importante resaltar que aunque existe una secuencia de procesos para un mismo fin, en varios casos, los procesos son directamente realizados por

parte de Vexcel y esto genera un corte en la continuidad de los procesos por parte de la empresa. No obstante, por parte de los pasantes se intentó cumplir con los objetivos planteados inicialmente, aunque de cierta manera estos fueran muy amplios y complejos de satisfacer a cabalidad.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar habilidades en la aplicación de procesos avanzados de control de calidad y edición de orto fotografías, mejorando la capacidad para identificar y corregir imperfecciones en imágenes geoespaciales, asegurando que cumplan con altos estándares visuales.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Implementar metodologías de control de calidad durante el proceso de revisión de las imágenes, asegurando que cumplan con los estándares de calidad establecidos por Vexcel Imaging.
- Realizar ajustes de edición en las orto fotografías, corrigiendo posibles errores como distorsiones, colores inapropiados o imperfecciones, mejorando así la precisión visual y estética de las imágenes.
- Suministrar un sistema de clasificación y archivo de las aerofotografías, facilitando su consulta rápida y eficiente por parte del equipo de trabajo o los clientes.

3. PLAN DE TRABAJO

3.1 INDUCCIÓN Y FAMILIARIZACIÓN CON LAS HERRAMIENTAS Y SOFTWARE UTILIZADOS:

Es fundamental este primer paso, ya que permite que cada uno de los pasantes, identifique el entorno de trabajo y las aplicaciones o software que se utilizaran en el desarrollo de la pasantía y sus diferentes proyectos. Además, es importante realizar ejercicios prácticos para que cada uno de los pasantes adquieran confianza en el manejo de las diferentes herramientas, para que en un futuro no presenten mayores inconvenientes y garantizando una transición efectiva hacia las siguientes etapas del proceso.

Debido a la necesidad de comunicación asertiva y por ende la gestión del trabajo en equipo con todo el grupo de trabajo, se asignaron cuentas de Google, que posteriormente también funcionaban en la plataforma Slack a cada pasante. Donde su principal propósito es mantener una interacción fluida en tiempo real, ya sea intercambiando archivos, coordinación de actividades o resolución de dudas. A continuación, en la primera ilustración se presenta una captura de la plataforma utilizada.

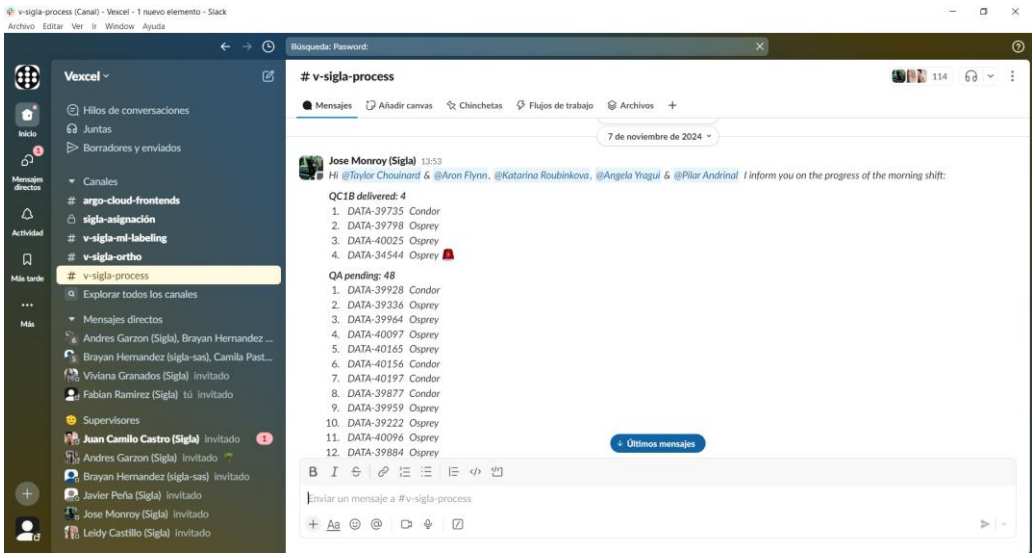


Ilustración 1 – Interfaz De Plataforma Slack - Fuente Vexcel Imaging

Para garantizar un acceso seguro a los servidores y recursos internos de la empresa, se establecieron conexiones VPN a través de FortiClient VPN, como se muestra en la ilustración 2. Esta configuración permitió a los pasantes trabajar de manera remota debido a que las maquinas donde se realiza la conexión están por fuera del país, para que de esta manera se esté asegurando la integridad y privacidad de los datos. A continuación, se muestra la configuración utilizada para la conexión.

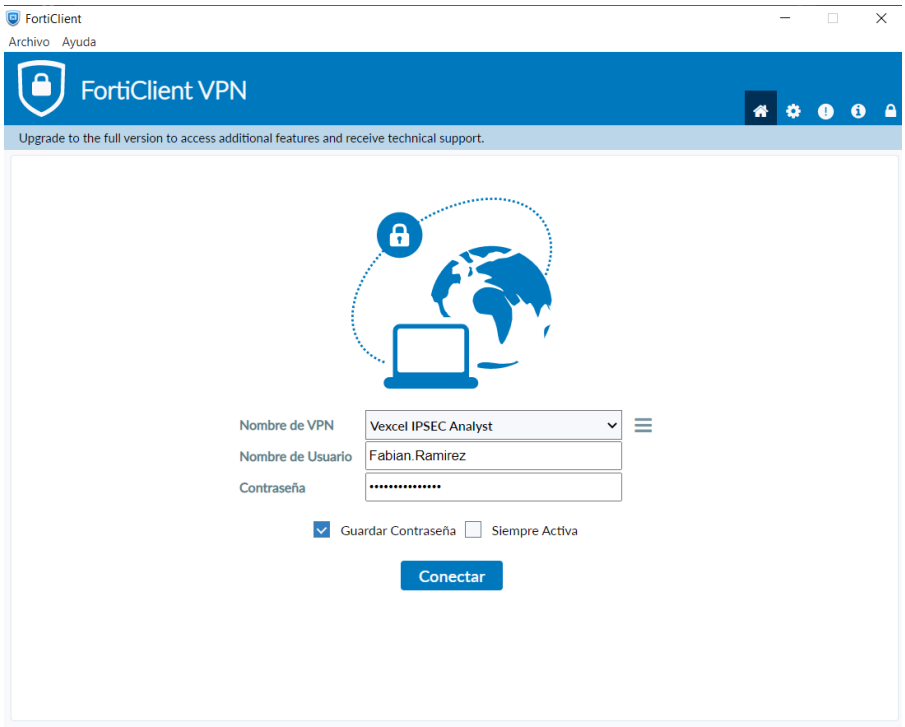


Ilustración 2 - Conexión VPN – Fuente Vexcel Imaging

Una vez establecida la conexión VPN, el siguiente paso fue realizar una configuración y acceso a un escritorio remoto como se muestra en la ilustración 3, permitiendo a cada uno de los pasantes utilizar los recursos y software requeridos para los diferentes procesos alojados en los servidores de la empresa Vexcel Imaging. Todo esto para ser utilizado como una herramienta de optimización que contribuye a mejorar el rendimiento y garantizar un entorno de trabajo seguro y eficiente.

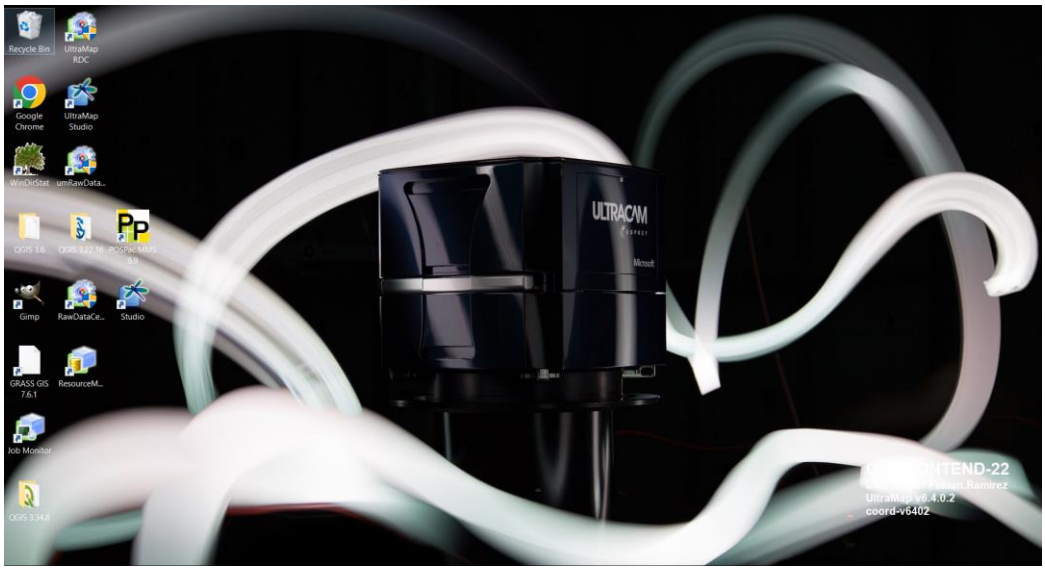


Ilustración 3 – Conexión De Escritorio Remoto – Fuente Vexcel Imaging

3.2 CAPACITACIÓN CONTROL DE CALIDAD Y CLASIFICACIÓN EN LOS DIFERENTES SENSORE

Inicialmente se realiza la búsqueda de la asignación, dada por medio del canal asignaciones en el cual se observará el Data para revisar, se procede a Nombrar el UPR (archivo de proyecto de UltraMap, un software de procesamiento y análisis de imágenes utilizado por Vexcel Imaging) con el DATA preprogramado en el software ultramap, con el orden del número de data seguido por el sensor con el que se hizo la captura, como se ve a continuación:



Ilustración 4 - UPR Original De Ultramap - Fuente Vexcel Imaging

Posteriormente se abrirá el archivo creado en donde se le realizará la importación de la misión de vuelo, como se ve en la ilustración 5, mediante la opción import => Import UltraMap Flight Mission. Mostrado en la ilustración posterior el procedimiento:

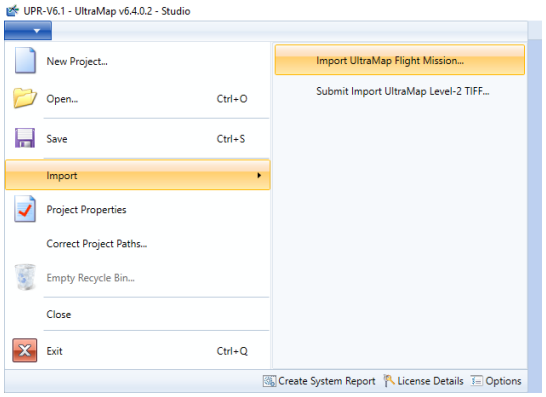


Ilustración 5 - Importación Flight Mission En Ultramap - Fuente Vexcel Imaging

Se procede a buscar la ruta donde se encuentra la asignación como se aprecia en la ilustración 6, de la siguiente manera: se abre la carpeta en donde se indica al momento de asignar que se encuentra el data para este caso es la carpeta CEPH01 posteriormente saldar una matriz de carpetas en donde se buscara la opción “processing”, seguido de la carpeta “Blue” y se selecciona la carpeta con el nombre del sensor con el que se realizó el vuelo. Para este caso se selecciona la opción de sensor Osprey y por último la carpeta de data ticket, donde se buscara el número de la data que se asignó Para este caso es el data número 41274 Puede verse con claridad en la representación gráfica siguiente

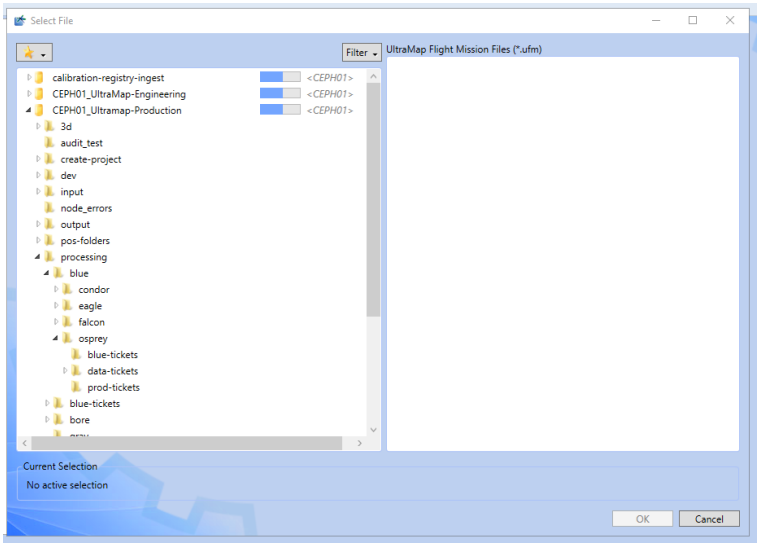


Ilustración 6 - Búsqueda Del DATA Asignado - Fuente Vexcel Imaging

Una vez cargada la misión de vuelo se verá de la siguiente manera la interfaz del programa, en este se deberá dar doble clic para abrir por completo la flight Mission en el recuadro del cómo se nota en la siguiente gráfica:

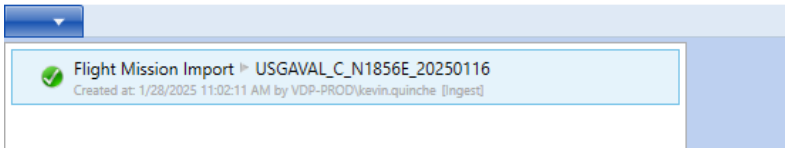


Ilustración 7 - Resultado De La Flight Mission Importada - Fuente Vexcel Imaging

Con las imágenes cargadas se mostrará la interfaz del programa de la siguiente manera con las imágenes ya cargadas en el programa como se puede ver claramente en el gráfico adjunto

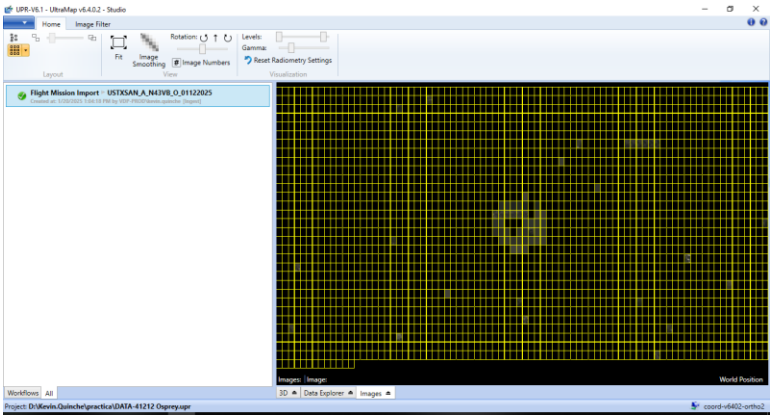


Ilustración 8 - Asignación Cargada - Fuente Vexcel Imaging

3.2.1 Parámetros para el control de calidad

Para realizar la revisión del Data primero se encuentran unos parámetros técnicos los cuales clasifican los tipos de posibles errores en que se pueden encontrar en dicho vuelo para esto se realiza un formato como se muestra en la ilustración 9 y en donde se encontrarán las vistas del data dependiendo del sensor y los tipos de errores.

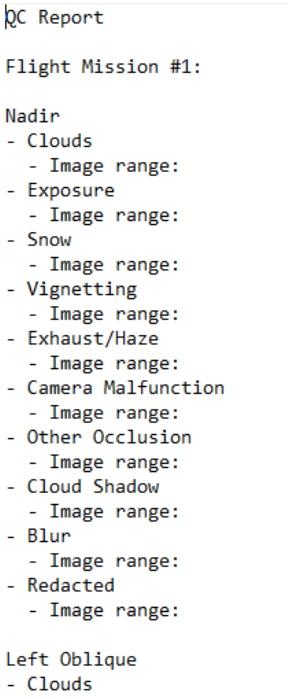


Ilustración 9 - Tipos De Errores - Fuente Vexcel Imaging

3.2.2 Introducción a los errores y su clasificación

La detección de errores en imágenes geoespaciales es un paso primordial para los diferentes procesos en proyectos de fotogrametría, dado que el no realizar el filtrado y caracterización de estos errores implicaría perdidas de la información o retrasos en la producción. Si estas imágenes no se filtran y caracterizan pueden afectar significativamente la calidad y la utilidad de los productos finales, como ortofotos, modelos digitales del terreno (MDT) y mapas temáticos.

Existen varios tipos de errores que pueden ocurrir en las diferentes imágenes, incluyendo errores de exposición, enfoque, distorsión, ruido y errores de procesamiento.

Por los motivos descritos anteriormente es importante hacer el filtrado y detección de imágenes, para su clasificando cada uno de estos errores debe ser documentado y a su vez ordenado por clases para su posterior edición en otros procesos posteriores, realizados por la empresa o en algunos casos directamente por Vexcel.

“Clouds” o nubes

Los errores de Clouds o nubes, al realizar capturas con sensores remotos son muy frecuentes ya que depende de las condiciones meteorológicas y altitud en las que se realice el vuelo. Estas nubes generan obstrucción parcial o completa de la información que se quiere capturar generando zonas sin información, conocidos como huecos o los nombrados “gaps”.



Ilustración 10 - Error Clouds - Fuente Vexcel Imaging

Como se muestra en la ilustración anterior la existencia de errores al momento de la captura son en algunos casos muy notorios por ende, el detectarlos y controlar estos errores es fundamental para garantizar la calidad de los datos. Un control de calidad riguroso implica identificar y eliminar áreas afectadas por nubes.

“Exposure” o Sobre exposición

Exposure o sobre exposición se genera por la reflectancia de cuerpos de agua, Superficies metálicas como lo pueden ser paneles solares o tejados de metal, o cualquier otra superficie

reflejante que esté presente en el momento de la captura. Al tener las imágenes una sobreexposición se genera áreas oscuras las cuales ocultan detalles en sombras o bajo vegetación densa. Estos errores también distorsionan los colores reales, dificultando la interpretación visual y el análisis de la imagen, como es evidenciado a continuación:



Ilustración 11 - Error Exposure - Fuente Vexcel Imaging.

“Snow” o nieve

Con la nieve o Snow se tiene unas carencias similares al error de exposure dado que la nieve tiene un alto nivel de reflectividad por esta condición puede generar distorsiones de colores reales de las imágenes

A continuación, se puede validar de mejor manera como se observa dicho error:

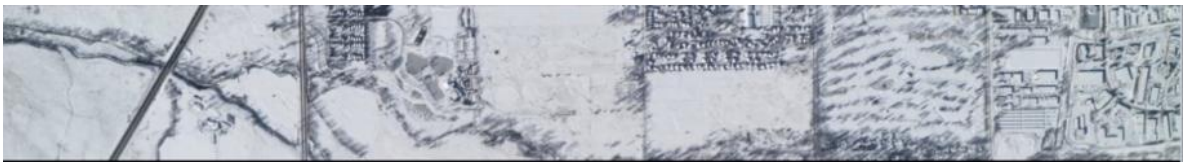


Ilustración 12 - Error Snow - Fuente Vexcel Imaging

En la generación de ortofotos, esto puede complicar la identificación de puntos de control en el terreno, cruciales para la corrección geométrica de algunas zonas.

“Vignetting” o Viñeta

Ocurre cuando parte del fuselaje del avión o de la estructura del sensor entra en el campo de visión de la cámara, oscureciendo o distorsionando los bordes de la imagen. Este problema es más común en cámaras montadas en aviones pequeños o cuando el ángulo de inclinación de la cámara no está correctamente alineado. Puede verse con claridad en la siguiente representación gráfica:



Ilustración 13 - Error Vignetting - Fuente Vexcel Imaging

“Exhaust/Haze” o Escape/ Bruma.

La presencia de humo o bruma disminuye la claridad de la imagen, volviendo más difícil la identificación de características del terreno. Adicionalmente las partículas de humo pueden generar cambios de tonalidad que dificulta el análisis de las imágenes. Además, el desprendimiento de la luz causada por estas partículas puede alterar los colores reales. Tal como aparece a continuación:

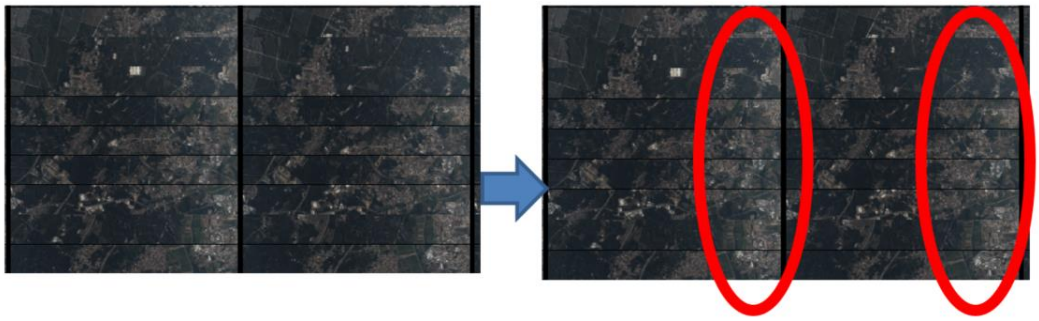


Ilustración 14 – Error Exhaust/Haze - Fuente Vexcel Imaging

“Camera Malfunction” O Mal funcionamiento de la cámara

Para el error de camera malfunction se refiere a fallos técnicos en el funcionamiento de la cámara del sensor, lo que puede resultar en imágenes distorsionadas, incompletas o de baja calidad. Cuando la cámara no funciona adecuadamente, las imágenes pueden presentar zonas borrosas, líneas, manchas, falta de enfoque, o incluso la pérdida total de la información de imagen. La ilustración posterior muestra un error de camera malfuntion:



Ilustración 15 - Error Camera Malfunction - Fuente Vexcel Imaging

Other Occlusion

Other occlusion se puede presentar por diferentes motivos en las escenas como lo puede ser, aviones, helicópteros, paracaídas, humo de incendios forestales, humo de chimeneas o humos de fábricas y zonas industriales, partículas de polvo levantadas en zonas de excavación, y/o cualquier otro objeto/material que obstruya la visibilidad de la zona

capturada. Esto genera ruido en procesos posteriores, por ende, es importante la detección oportuna para su corrección. Como se evidencia en la siguiente ilustración.



Ilustración 16 - Error Other Occlusion - Fuente Vexcel Imaging

Cloud Shadow

El error de cloud shadow indica la presencia de sombras proyectadas por nubes sobre la superficie terrestre. Estas sombras oscurecen áreas del terreno, reduciendo la visibilidad y alterando la reflectancia de la superficie en esas zonas.



Ilustración 17 - Error Cloud Shadow - Fuente Vexcel Imaging

Como se evidencia en la imagen anterior las áreas sombreadas, se pierden detalles y texturas, lo que dificulta la identificación de características del terreno y el contraste entre áreas iluminadas y sombreadas puede generar inconsistencias en el brillo y el color de la imagen, complicando el análisis visual y cuantitativo.

Blur

Blur en la captura de imágenes hace referencia la falta de nitidez o enfoque en las imágenes, que da como resultado en una pérdida de detalles y texturas en la superficie capturada. Los factores que a los que más se les asocia este error son las vibraciones de la aeronave, errores en el enfoque del lente, condiciones atmosféricas adversas como vientos fuertes y/o movimiento relativo entre la cámara y el terreno

Cuando las imágenes están desenfocadas, los bordes de los objetos se vuelven borrosos y las características del terreno pierden definición. La siguiente imagen lo demuestra:



Ilustración 18 - Error Blur - Fuente Vexcel Imaging

Redacted

El error de Redacted en las imágenes se refiere a zonas previamente censuradas, las cuales regularmente son estaciones militares, entidades del estado o lugares que puedan generar algún conflicto con la seguridad nacional del sitio volado, estas zonas se les distingue por estar altamente pixeladas como se puede evidencia a continuación:



Ilustración 19 - Error Redacted - Fuente Vexcel Imaging

Other

En caso de que se encuentre un error adicional en el que se no se cumpla con ninguna de las características anteriormente mencionadas será opción Other.

3.3 TIPOS DE SENSORES Y TIPOS DE REVISIÓN.

Una vez comprendidos los tipos de errores que se presentan se realizara la explicación de los tipos de sensores y tipos de revisiones

3.3.1 Sensores: Osprey

El sensor Osprey es un sistema integrado de LiDAR (Light Detection and Ranging) y fotogrametría, diseñado para aplicaciones de topografía y cartografía de alta precisión. Desarrollado por Geodetics (parte de Hexagon Geosystems), combina un escáner LiDAR y una cámara RGB de alta resolución en un solo dispositivo, lo que permite capturar simultáneamente nubes de puntos 3D e imágenes georreferenciadas (Vexcel Imaging GmbH, 2025)s.

Entre sus funciones destacadas en topografía y fotogrametría se encuentra la generación de modelos digitales del terreno (MDT) y de la superficie (MDS), así como la creación de ortofotos y mapas detallados

Para su reconocimiento ya en el software las capturas realizadas con sensor Osprey se pueden detallar como capturas rectangulares cortas de la siguiente manera:



Ilustración 20 - Imagen Nadir Sensor Osprey - Fuente Vexcel Imaging

Adicionalmente el sensor se caracteriza por ser multi-captura en este caso son 5 capturas que realiza el sensor en el mismo orden las vistas tienen como nombre: Nadir, Oblique Left, Oblique Right, Oblique Forward y Oblique Backward; las cuales funcionan como imágenes perspectivas de apoyo a la vista nadir que se pueden evidenciar de la siguiente manera:

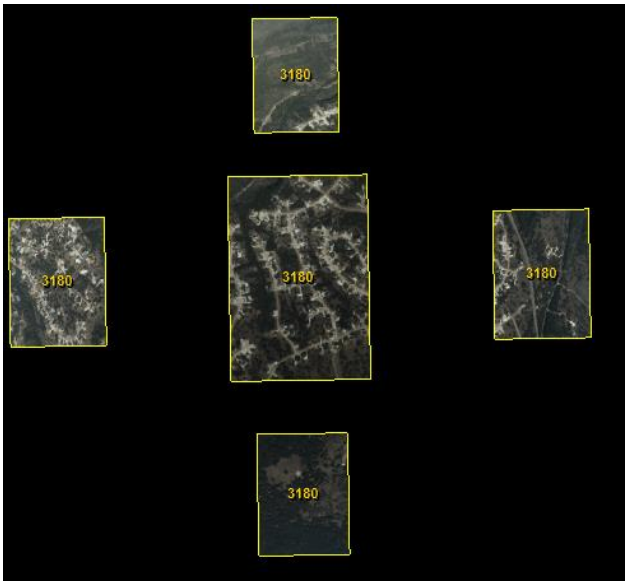


Ilustración 21 - Imagen Osprey Desde Las 5 Vistas - Fuente Vexcel Imaging

3.3.2 Sensores: Condor

El sensor Condor se diferencia del Osprey principalmente en su diseño y capacidad, estando orientado a proyectos de mayor dimensión y entornos más exigentes. Mientras que el Osprey es ligero y compacto, ideal para zonas pequeñas, por otro lado el sensor Condor es más robusto y está diseñado para plataformas aéreas más grandes, lo que le permite soportar misiones de mayor duración y cobertura. (Vexcel Imaging GmbH, 2025b) .

Para su reconocimiento ya en el software las capturas realizadas con sensor Condor se pueden detallar como capturas rectangulares largas las cuales abarca una mayor cantidad de espacio, al ser un sensor usado en Vehículos aéreos tripulados su altura de vuelo puede ser mayor y por ende capturar mayor espacio físico. Como se observa a continuación:



Ilustración 22 - Imagen Sensor Cóndor - Fuente Vexcel Imaging

3.3.3 Metadatos de los vuelos (ambos sensores)

Adicionalmente se puede observar los metadatos de cada captura, los cuales han sido validados conforme a los estándares internos de Vexcel Imaging y los cuales cumplen con la ISO 9001:2015 a nivel internacional. Esta información que se muestra a continuación en la ilustración 23 sirve como apoyo para realizar revisiones y correcciones en diferentes softwares para la obtención de información adicional si fuera necesario.

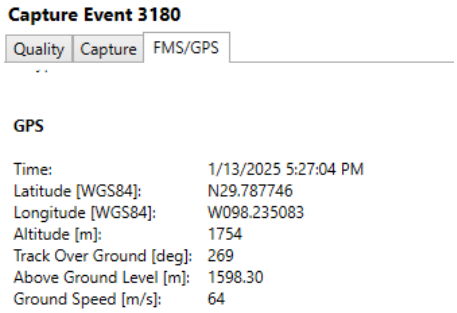


Ilustración 23 - Metadatos Del Vuelo Fuente Vexcel Imaging

3.4 PRODUCCIÓN CONTROL DE CALIDAD Y CLASIFICACIÓN EN LOS DIFERENTES SENSORES

3.4.1 Revisión DATAS Condor y Osprey

Para las asignaciones Osprey En la vista de matriz, ajusta el zoom para que se muestren 3 imágenes de ancho por 2 de alto en una disposición horizontal. Tal y como se aprecia en la ilustración 24. Para lograrlo, selecciona tres imágenes, haz clic derecho y elige la opción «zoom to fit», y luego aleja ligeramente el zoom para obtener la visualización deseada.

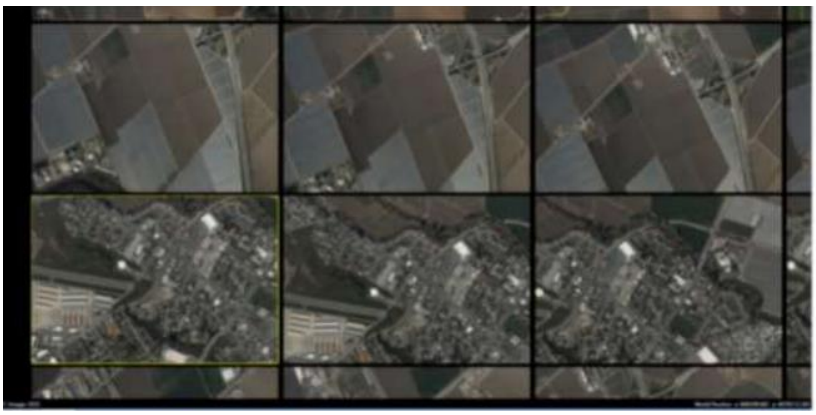


Ilustración 24 - Revisión Datas Osprey - Fuente Vexcel Imaging

Para las asignaciones Condor en la vista de matriz: Ajusta el zoom para que se muestren 3 imágenes en vertical, asegurándote de que toda la tira de imágenes se vea de lado a lado. La siguiente imagen lo demuestra



Ilustración 25 - Revisión Datas Cóndor - Fuente Vexcel Imaging

Una vez conocidos los conceptos de sensores y errores se empieza en la producción de control de calidad para esta se utiliza el formato ya mencionado en donde como primer paso será nombrado de la siguiente manera “numero de data” _” misión de vuelo” _”fecha en el que se hizo la revisión orden año/mes/día”_” nombre del analista que realiza la revisión”; Se puede ver claramente en el gráfico adjunto la ilustración 26 los detalles:

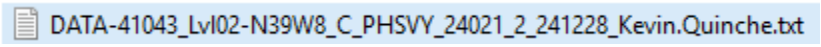


Ilustración 26 - Bloc De Notas Para Un Data - Fuente Vexcel Imaging

Con el archivo creado se abrirá el documento en bloc de notas y se le introduce el nombre de la misión de vuelo correspondiente en el formato como se visualiza en el siguiente gráfico:

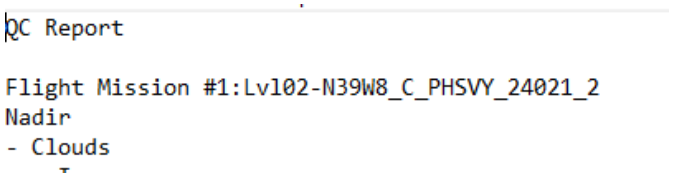


Ilustración 27 - Misión De Vuelo De Una Asignación - Fuente Vexcel Imaging

Con la información establecida se realiza la revisión según los parámetros indicados anteriormente de detección de errores, los errores encontrados se diligenciaran en el formato según sus características así realizándose el filtro de la manera en que cada error se pueda detectar por el formato fácilmente.

Una vez detectado el error se procederá a dar clic izquierdo sobre la imagen con el error y se elegirá la opción copiar número de imagen (nótese en la ilustración 28).



Ilustración 28 - Copia Del Rango De Imágenes En El Ultramap - Fuente Vexcel Imaging

Con la imagen copiada se dirigirá al formato de reportes y se diligenciará según el tipo de error encontrado como a continuación se puede evidenciar:

```
Flight Mission #1:Lvl02-N39W8_C_PHSVY_24021_2
Nadir
- Clouds
  - Image range:
- Exposure
  - Image range:
- Snow
  - Image range:
- Vignetting
  - Image range:
- Exhaust/Haze
  - Image range:49996-50056;50298-50299;50773-50873;51038-51094
- Camera Malfunction
  - Image range:
- Other Occlusion
  - Image range:51040-51045
```

Ilustración 29 - Reporte De Imágenes Diligenciado - Fuente Vexcel Imaging

Para la revisión de imágenes en donde no se detalle de manera correcta los errores se podrá dirigir a la poción zoom 100% de esta manera se podrá observar de forma más nítida si presenta o no error cada una de las imágenes como el caso lustrado en seguida:

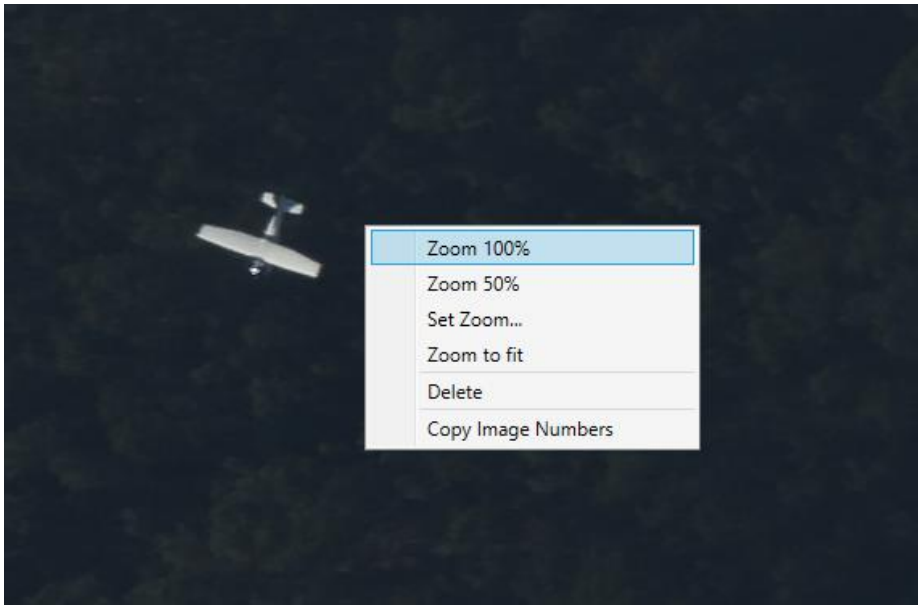


Ilustración 30 - Opciones Del Zoom En Ultramap - Fuente Vexcel Imaging

Una vez realizada la revisión de cada una de las imágenes que se encuentran en el Data se realizara la revisión de la banda PAN (pancromática).

3.4.2 Revisión DATAS TIFF

Para la revisión de los datas TIFF se hace una revisión de las imágenes más a detalle en búsqueda de errores que afecten el producto final de mayor manera, si bien se revisa que los errores ya mencionados y no se encuentren, se realiza la revisión del data a un zoom del 100% cada imagen esto con el fin de detectar principalmente error de blur y de redacted los cuales se encuentran presentes en el data y debe ser identificadas las imágenes en las que se encuentran dichos errores con prioridad

Banda PAN ¿Qué es y su importancia?

La banda pancromática (PAN) es una banda espectral utilizada en sensores remotos que captura información en un amplio rango del espectro electromagnético, generalmente desde el visible hasta el infrarrojo cercano (Fundamentos de Fusión de imágenes—ArcGIS Pro | Documentación, s. f.).



Ilustración 31 - Imagen Banda PAN - Fuente Vexcel Imaging

La función principal de la banda pancromática en sensores remotos es proporcionar imágenes con mayor detalle espacial. Satélites como Landsat o WorldView utilizan esta banda para complementar las imágenes multiespectrales, que tienen una resolución espacial más baja, pero ofrecen información espectral detallada como se observa en la ilustración número 31. Mediante técnicas de fusión de imágenes, se combinan las ventajas

de ambas: la alta resolución de la banda pancromática y la riqueza espectral de las bandas multiespectrales. Esto permite obtener imágenes más nítidas y detalladas, útiles para análisis más precisos (De Estadística y Geografía, s. f.).

Revisión Banda PAN:

En cuestión de la revisión de la Banda pan los errores que se van a buscar y reportar son errores de Blur, Haze y camera mal function, para esta se observaran las primeras 5 imágenes, las ultimas 5 imágenes y 5 imágenes aleatorias dentro de data con un zoom del 100% para el detalle de cada una de las imágenes, en donde se tomaran como diagnóstico de dicha banda Obsérvese en la figura que sigue un ejemplo más detallado:



Ilustración 32 - Visualización Imagen PAN a un 100% de Zoom - Fuente Vexcel Imaging

Entonces se verificará si existen los errores y en caso de encontrar alguna comprobación de los mismos se revisará cada una de las imágenes del data en la banda pancromática.

Cabe resaltar que la revisión de la banda PAN se realiza en todos y cada una de las revisiones de los datas sea Osprey, Condor, Osprey TIFF o Condor TIFF.

3.5 CAPACITACIÓN PARA EDICIÓN:

Tras haber avanzado ya en el control de calidad y clasificacion en las imágenes, se realiza una nueva capacitacion en otro proceso llamado Urban Refresh, donde su principal objetivo es la edicion de las ortofotos ya generedas previamente despues de un procesamiento realizado directamente por Vexcel Imaging y sus colaboradores. Para este propósito, se utilizó el software QGIS en su versión 3.28 y posteriores, el cual se puede evidenciar a

continuación y fue seleccionado por ser una herramienta de código abierto sin restricciones de licencia.



Ilustración 33 - Versión Del Software Utilizado - Fuente Vexcel Imaging

La empresa Vexcel cuenta con un plugin exclusivo llamado AOI Selector, el cual se actualiza constantemente y permite a los pasantes acceder a las asignaciones de manera eficiente. A través de esta herramienta, se cargan los archivos asignados para seguidamente poder iniciar a editar después de una serie de recomendaciones realizadas por parte de la empresa en cuanto a la interfaz y distintos comandos necesarios que posee QGis en sus diferentes versiones. Dicho plugin se puede ver a continuación:

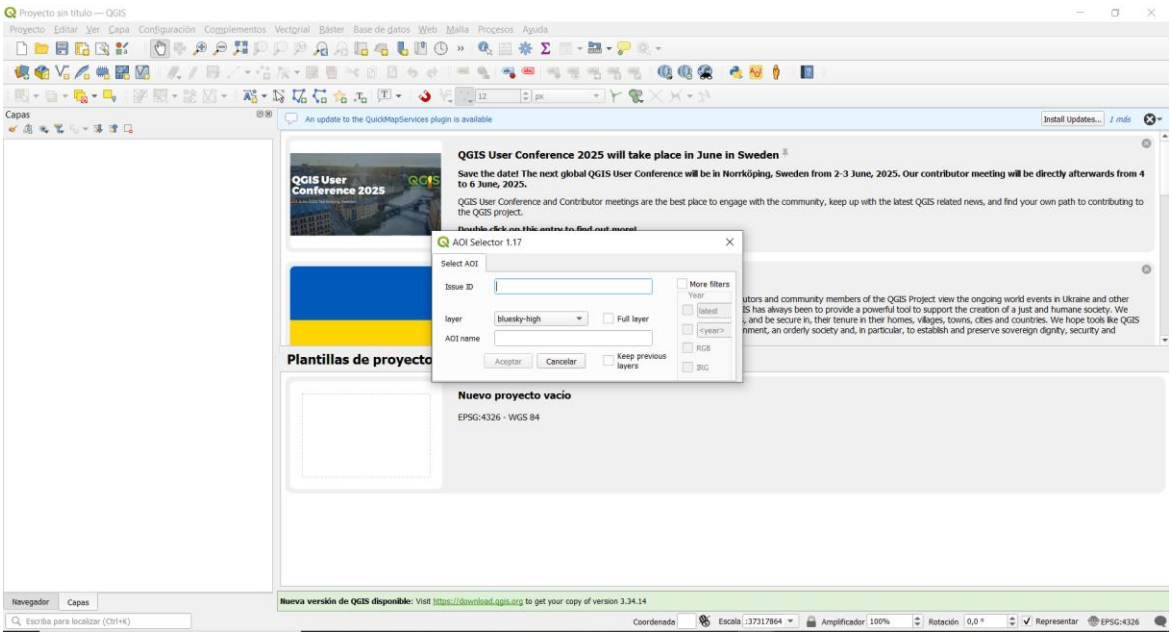


Ilustración 34 - Plugin De QGis Utilizado - Fuente Vexcel Imaging

Después de la fase de capacitación y práctica en el uso de QGIS y del plugin AOI Selector, se comenzó a recibir tareas de producción asignadas por el supervisor. Este proceso se lleva a cabo una vez se haya demostrado buen uso del software y de todos sus componentes adicionales o herramientas necesarias para la edición de las orto fotografías.

En la siguiente captura, se muestra cómo el supervisor asigna una tarea de producción a través de la plataforma Slack.

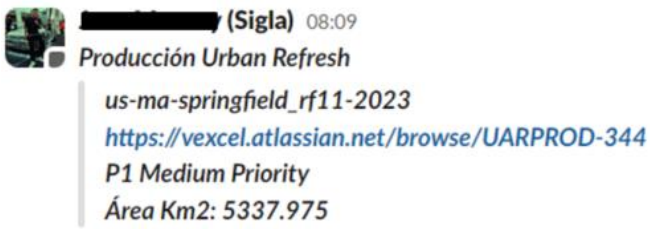


Ilustración 35 - Asignación De Urban Refresh Por Parte Del Supervisor - Fuente Vexcel Imaging

Cada asignación de producción asignada contiene diferentes capas de información, las cuales se pueden visualizar en QGis, gracias a la ejecución correcta del plugin AOI Selector. Estas capas permiten organizar y visualizar los elementos necesarios para la edición de las orto fotografías. En la ilustración 36 se ven ejemplos de cómo se visualizan ciertas capas dentro del software.

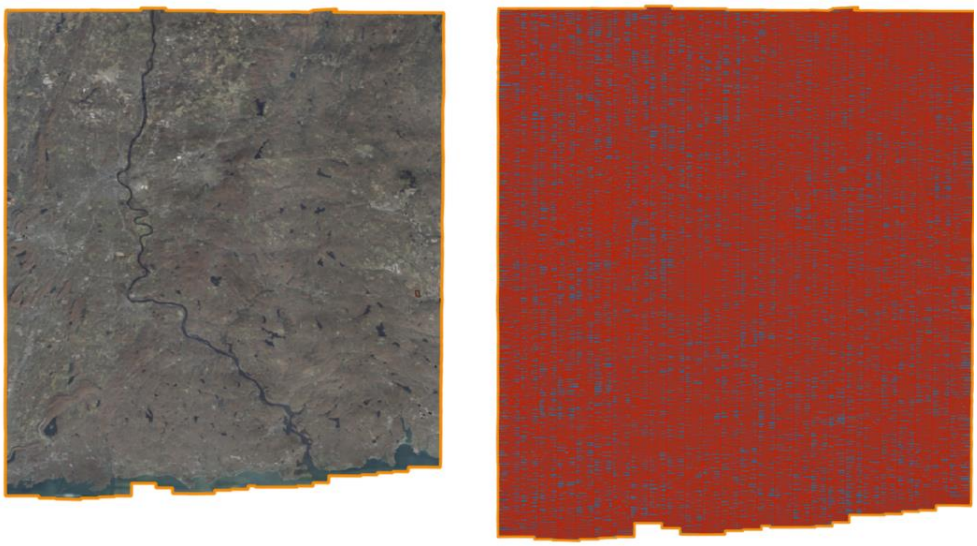


Ilustración 36 - Capas De Información Para Urban Refresh - Fuente Vexcel Imaging

Debido a que son asignaciones de gran tamaño y bastante complejas en su edición se envían algunos reportes de avance a los supervisores encargados como se evidencia en la siguiente imagen por medio de la plataforma de Slack



Ilustración 37 - Avance De Asignación Para Urban Refresh - Fuente Vexcel Imaging

El criterio para edición de las orto imágenes es mover los vértices de las diferentes imágenes que afectan la calidad visual de las mismas, para poder dar un mejor resultado y evidenciar cambios notorios y satisfactorios para Vexcel Imaging, los cuales buscan reducir en gran medida este tipo de errores y más en zonas de vital importancia, como lo son vías férreas, autopistas, zonas urbanas de gran magnitud y edificios gubernamentales en algunos casos. Es por eso que seguidamente se evidencian algunos ajustes realizados:



Ilustración 38 - Ajustes De Vértices Realizados En Una Vía Férrea - Fuente Vexcel Imaging

Claramente para tener un apoyo visual confiable debido a la imposibilidad de ir a la zona específica que se está trabajando, los pasantes se ubican mediante la plataforma Google Maps, la cual es una ayuda de comparación, para editar según corresponda. Es por ello que a continuación se evidencia dicha comparación mediante la ilustración 39 y 40.

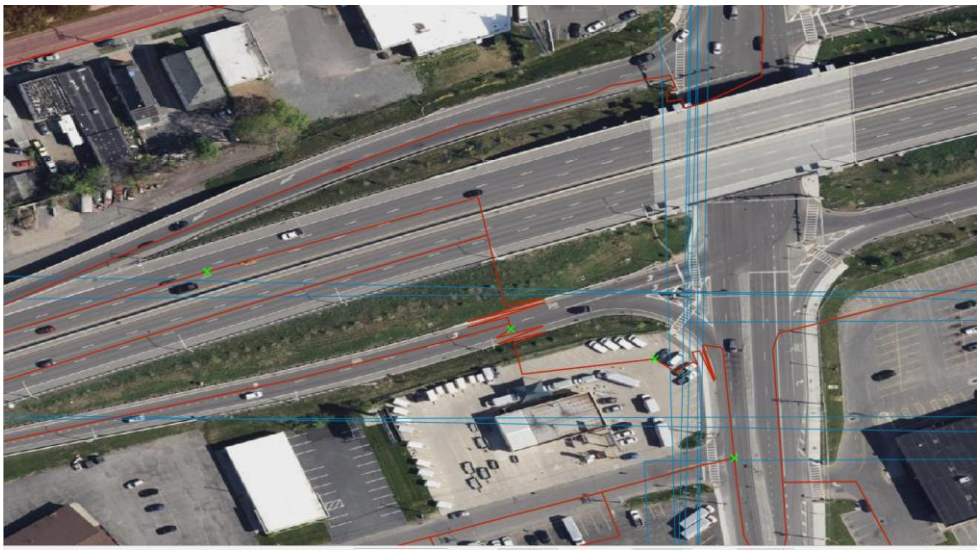


Ilustración 39 - Zona Con Errores Por Corregir Evidenciados En QGis - Fuente Vexcel Imaging



Ilustración 40 - Zona De Errores Verificada En Google Maps - Fuente Vexcel Imaging

Es importante aclarar que edificios de bastante altura o algunas estructuras en particular, por más intentos de edición que se realice, no son ajustados de una manera óptima, por ende, se marcan en polígonos y se asocian a una capa adicional, nombrada unresolved, para tenerlo en cuenta y que Vexcel Imaging tomen decisiones sobre estas zonas en particular, estos errores se pueden visualizar a continuación en las siguientes imágenes:

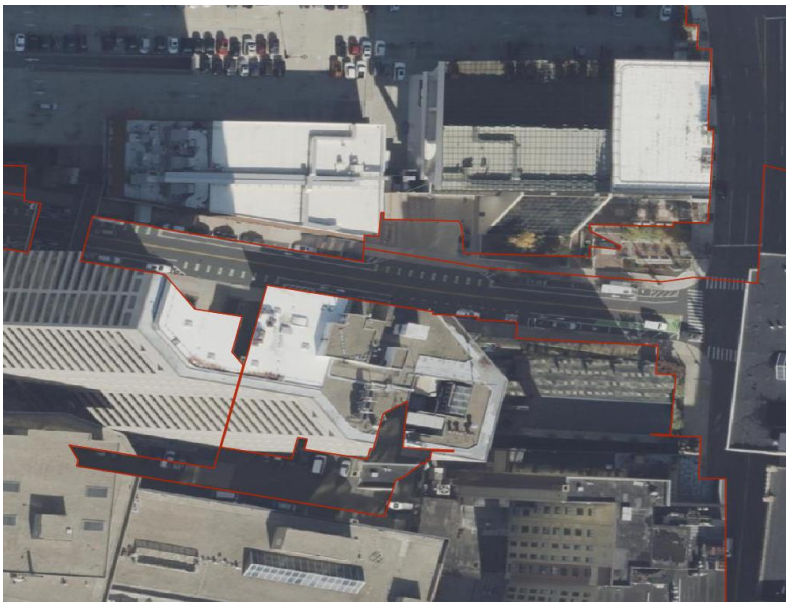


Ilustración 41 - Errores De Edificios No Editables - Fuente Vexcel Imaging



Ilustración 42 - Errores De Vías No Editables - Fuente Vexcel Imaging

Pero también es importante mencionar que hay errores que aunque parezcan más complicados a una primera impresión, mediante la experiencia y práctica se puede reducir en gran medida el error, como se muestra a continuación:

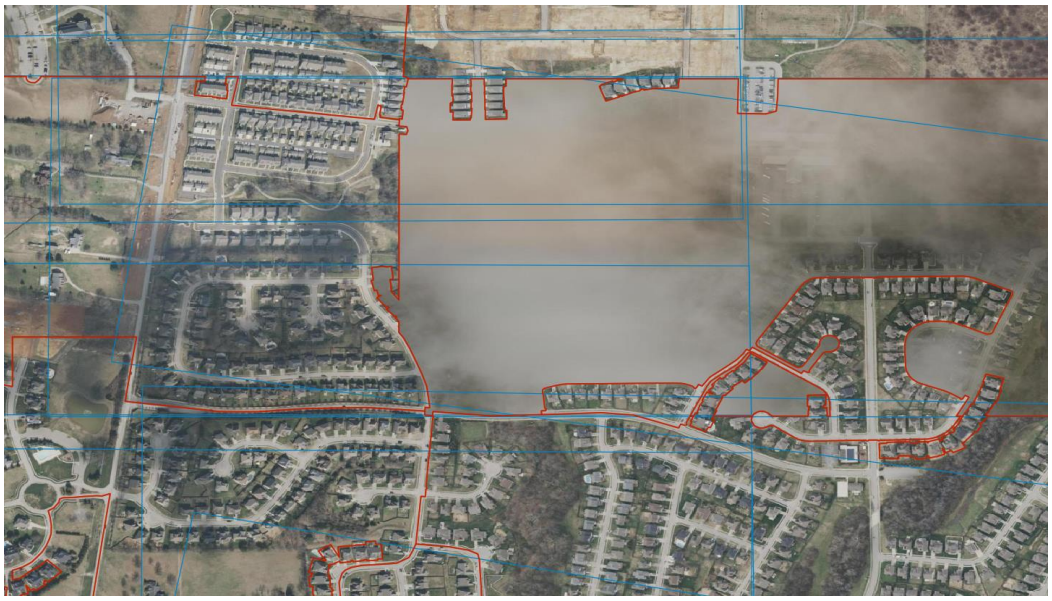


Ilustración 43 - Error De Nubes Antes De Editar - Fuente Vexcel Imaging



Ilustración 44 - Error de Nubes Después De Editar - Fuente Vexcel Imaging

Por otro lado, cada vez que se ajusta un vértice de la asignación con el fin de solucionar los errores presentados, al enviar a reprocesar la orto imagen, se generan polígonos de referencia que servirán para volver al punto de modificación y verificar la solución o ajuste realizado, es por ello que al momento de realizar más reprocesos; lo ideal es que se encuentre menos polígonos y así mismo menos errores como se ve en las siguientes imágenes:

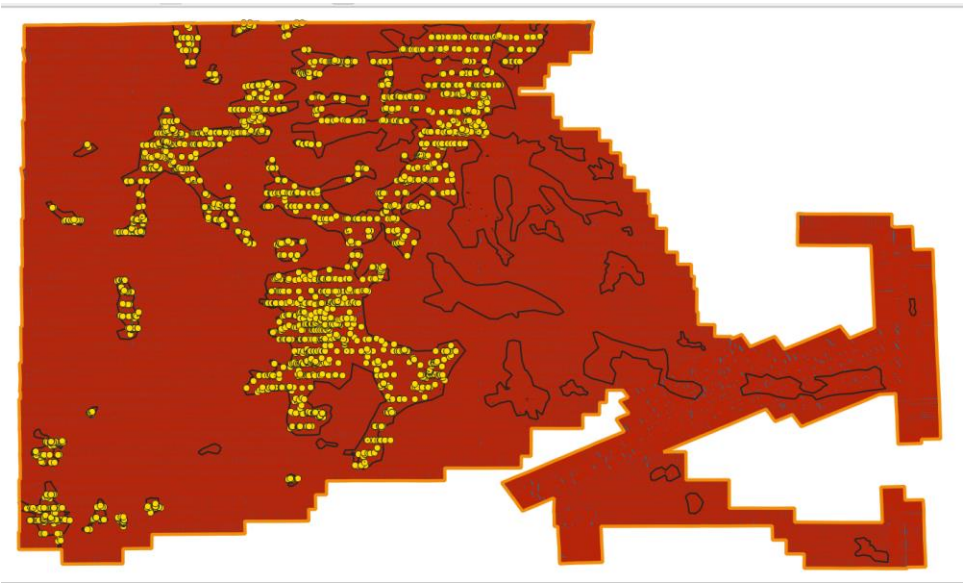


Ilustración 45 - Asignación en V2 Con Bastantes Errores - Fuente Vexcel Imaging

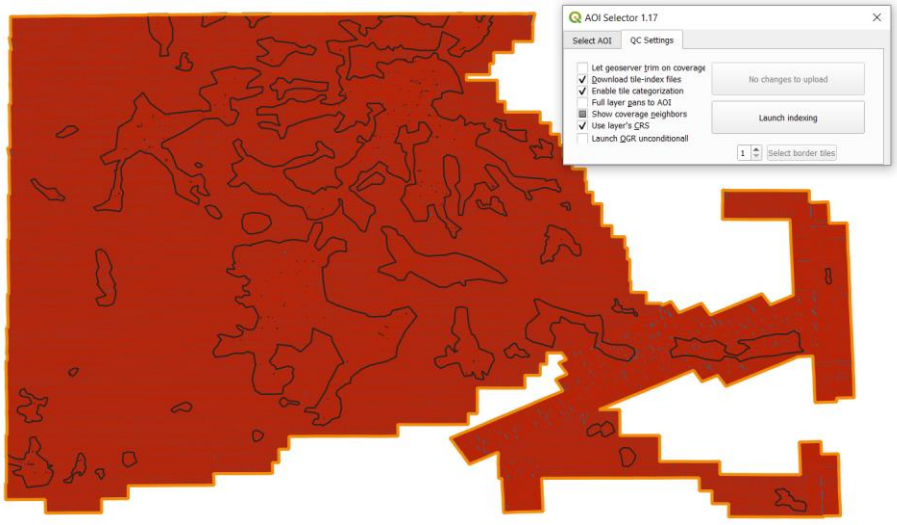


Ilustración 46 - Asignación en V6 Con Todos Los Errores Solucionados - Fuente Vexcel Imaging

3.6 GENERACIÓN DE INFORMES

También se realizan reportes de manera específica diariamente, para llevar un registro especifico de las actividades realizadas, durante todo el día y se realiza mediante un formulario de Google estandarizado por la empresa y que se ve de la siguiente manera:



Ilustración 47 - Reporte De Producción Diario Mediante Google Forms- Fuente Vexcel Imaging

Debido a que es un riesgo confiarse de un solo sistema de recopilación de información y al ser un grupo bastante amplio de personas que trabajan en el proyecto Vexcel se envía un correo adicional, al finalizar la jornada donde se especifica lo realizado cada día y que ayuda a evidenciar los avances de cada persona, el correo posee una estructura similar a la siguiente:

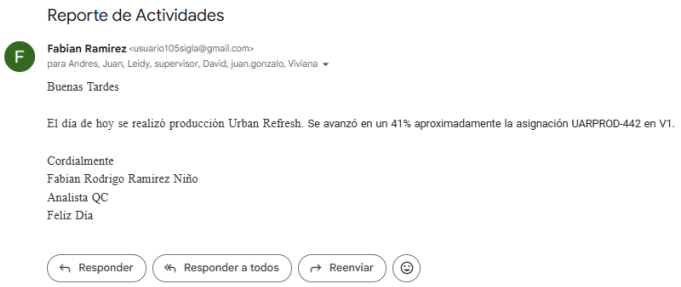


Ilustración 48 - Reporte De Producción Diario Mediante Correo - Fuente Vexcel Imaging

3.7 PLAN DE TRABAJO EJECUTADO POR LOS PASANTES

En la siguiente tabla se puede apreciar los tiempos empleados por los pasantes, empleados en cada una de las actividades y aclarando las fechas donde realizaron cada proceso. Para tener la claridad suficiente del desarrollo de las 384 horas requeridas para cada uno durante el desarrollo de la pasantía realizada.

Diagrama de tiempos y Horas empleadas Pasantes.

PLAN DE TRABAJO PASANTE KEVIN QUINCHE			
FECHA INICIO	FECHA FIN	HORAS EMPLEADAS	ACTIVIDAD REALIZADA
1/11/2024	6/11/2024	30	Inducción y Familiarización con las herramientas y software utilizados
7/11/2024	16/11/2024	60	Capacitación QC1B
18/11/2024	30/11/2024	90	Producción QC1B
2/12/2024	14/12/2024	90	Capacitación para DATAS especiales
16/12/2024	2/01/2025	105	Producción De DATAS especiales
3/01/2025	4/01/2025	9	Generación de informes, evaluación y Cierre

PLAN DE TRABAJO PASANTE FABIAN RAMIREZ			
FECHA INICIO	FECHA FIN	HORAS EMPLEADAS	ACTIVIDAD REALIZADA
1/11/2024	6/11/2024	30	Inducción y Familiarización con las herramientas y software utilizados
7/11/2024	16/11/2024	60	Capacitación QC1B
18/11/2024	30/11/2024	90	Producción QC1B
2/12/2024	14/12/2024	90	Capacitación para Urban Refresh
16/12/2024	2/01/2025	105	Producción De Urban Refresh
3/01/2025	4/01/2025	9	Generación de informes, evaluación y Cierre

4. DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS

Durante la pasantía, se realizaron varias asignaciones de QC1B de los diferentes sensores, inicialmente DATAS de práctica, pero al momento de pasar a producción se realizaron bastantes DATAS de producción, en total 50; los cuales son 38 DATAS del sensor Osprey y los 12 restantes de Cóndor y son mencionados a continuación:

NOMBRE DE LA ASIGNACIÓN	IMÁGENES POR VISTA	IMÁGENES TOTALES	% IMÁGENES CON ERROR
DATA-41442 OSPREY	2904	14520	13%
DATA-41449 OSPREY	525	2625	4%
DATA-41404 OSPREY	2626	13130	3%
DATA-41276 OSPREY	4688	23440	47%
DATA-41328 OSPREY	2580	12900	4%
DATA-41306 OSPREY	3535	17675	42%
DATA-41260 OSPREY	5246	26230	17%
DATA-41442 OSPREY	2904	14520	31%
DATA-41226 OSPREY	1778	8890	26%
DATA-41435 OSPREY	383	1915	29%
DATA-40763 OSPREY	2782	13910	36%
DATA-40934 OSPREY	2528	12640	11%
DATA-41352 OSPREY	2113	10565	11%
DATA-41031 OSPREY	792	3960	22%
DATA-41237 OSPREY	1438	7190	23%
DATA-41398 OSPREY	191	955	2%
DATA-41162 OSPREY	2339	11695	12%
DATA-41125 OSPREY	2408	12040	21%
DATA-41229 OSPREY	605	3025	7%
DATA-41033 OSPREY	432	2160	46%
DATA-40934 OSPREY	2528	12640	41%
DATA-41132 OSPREY	2108	10540	18%
DATA-40763 OSPREY	2782	13910	27%
DATA-41138 OSPREY	3853	19265	3%
DATA-41162 OSPREY	2339	11695	38%
DATA-41095 OSPREY	1624	8120	3%
DATA-41083 OSPREY	2407	12035	6%
DATA-41076 OSPREY	4425	22125	42%

DATA-41188 OSPREY	1900	9500	16%
DATA-41177 OSPREY	2302	11510	44%
DATA-41167 OSPREY	2578	12890	39%
DATA-40119 OSPREY	2412	12060	43%
DATA-40149 OSPREY	5651	28255	14%
DATA-40170 OSPREY	5059	25295	44%
DATA-39704 OSPREY	3505	17525	38%
DATA-40001 OSPREY	2416	12080	38%
DATA-42377 OSPREY	975	4875	18%
DATA-39997 OSPREY	2633	13165	25%
DATA-38329 CONDOR	229	229	44%
DATA-41460 CONDOR	424	424	22%
DATA-35249 CONDOR	1063	1063	25%
DATA-25932 CONDOR	1875	1875	17%
DATA-35154 CONDOR	2794	2794	26%
DATA-24537 CONDOR	148	148	5%
DATA-24585 CONDOR	1215	1215	29%
DATA-30688 CONDOR	1117	1117	44%
DATA-35478 CONDOR	2553	2553	45%
DATA-35156 CONDOR	1275	1275	12%
DATA-41274 CONDOR	837	837	22%
DATA-39280 CONDOR	647	647	34%

Para una revisión más detallada se utiliza el DATA 4237 Osprey enlistado anteriormente como se muestra en la siguiente imagen

- DATA-40149 OSPREY	5651	28255	14%
- DATA-40170 OSPREY	5059	25295	44%
- DATA-39704 OSPREY	3505	17525	38%
- DATA-42377 OSPREY	975	4875	18%
- DATA-38329 CONDOR	229	229	44%

Ilustración 499 – Data de ejemplo explicado a mayor detalle- Fuente Vexcel Imaging

En el data se encuentra que el porcentaje de imágenes con error del 18% para saber ese proceso se realiza una tabla en la cual se especifica el número de imágenes por vista y el número de imágenes con error, se saca el porcentaje de error en cada una de las vistas y el porcentaje del total de las imágenes con error con respecto al data

VISTA	IMÁGENES SIN ERRORES	IMÁGENES POR VISTA	IMÁGENES CON ERROR	% DE IMÁGENES CON ERROR
Nadir	876	975	99	10.2%
Left	721	975	254	26.1%
Rigth	732	975	243	24.9%
Forward	835	975	140	14.4%
Backward	831	975	144	14.8%
	3995	4875	880	

Como se logra analizar en la tabla, la cantidad de imágenes que se encontraron con algún error de los ya explicados es de 880 lo cual representa el 18% del total de aerofotografías de las cuales al no hacerse el proceso de clasificación cualitativa generarían que el producto final sea ortofotos o MDT´s tengan perdidas de información, huecos y deformaciones por lo mencionado anteriormente en los tipos de errores. A continuación, se adjunta grafico de torta donde se puede evidenciar de mejor manera la magnitud que representa imágenes con errores frente al total de imágenes.

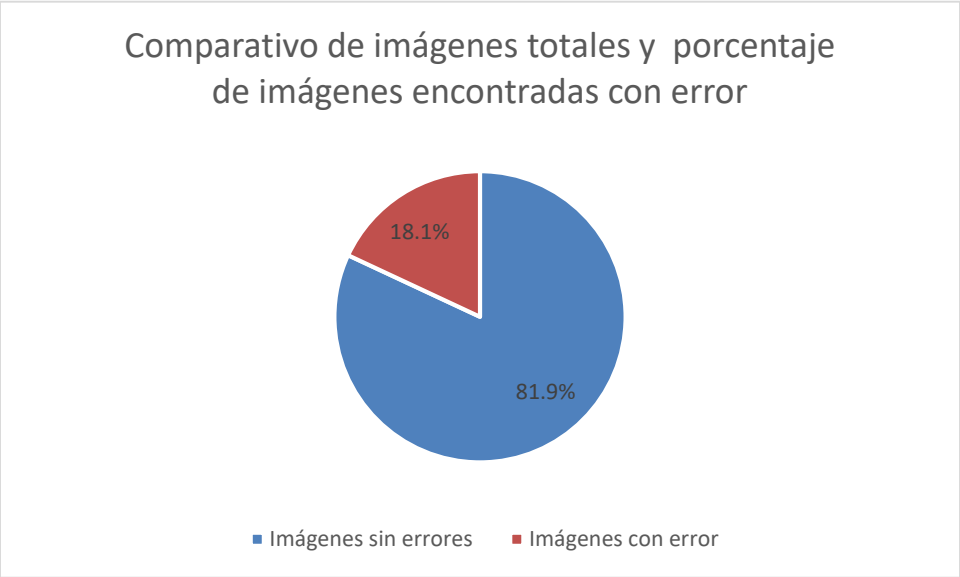


Ilustración 50 - Reporte De Producción Diario Mediante Correo - Fuente Propia

Por otro lado las asignaciones de Urban Refresh también fueron inicialmente de práctica, por lo cual requerían una cantidad mayor de reprocesos, donde en el transcurso del tiempo se aprendían las técnicas correctas de realizar la edición y posteriormente poder ser más agiles y precisos en la entrega de los resultados; Las asignaciones finalizadas por parte de los pasantes fueron un total de 17, las cuales variaban en tamaño, a su vez la complejidad y se muestran en la siguiente tabla resumen:

NOMBRE DE LA ASIGNACIÓN	ÁREA km2	# ERRORES V2	# ERRORES V3	# ERRORES V4	# ERRORES V5	# ERRORES V6	# ERRORES V7
Syracuse (Syracuse), New York, 2021	1.480.265	452	161	68	2		
Kent (Cleveland), Ohio, 2021	1.838.387	1829	428	136	28	3	
Ogden (Salt Lake City), Utah, 2021	1.149.203	679	349	91	14	7	
Leesburg (Orlando), Florida, 2021	1.800.109	291	47	6			

Springfield (Springfield), Illinois, 2021	949.119	4762	1667	392	128	36	8
La Crosse (La Crosse), Wisconsin, 2021	693.348	570	172	48	11		
us-tn-nashville_rf02-2024	2.502.326	3266	1096	420	61	9	
us-al-auburn_rf12-2023	1.183.323	1372	477	65	21	3	
us-fl-lakecity_rf12-2023	403.323	268	17				
us-mo-strobert_rf12-2023	194.426	116	45	3			
us-mo-columbia-2024	678.924	387	168	89	22	6	
us-wv-parkersburg_rf11-2023	734.591	612	195	34	8	2	
us-mi-garfieldtwp_rf10-2023	1.023.311	487	91	12			
us-va-culpeper_rf11-2023	183.545	162	38	10	3		
us-mn-duluth_rf09-2023	478.642	685	198	73	46	26	6
us-mt-kalispell_rf10-2023	685.549	699	216	85	38	11	

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La pasantía permitió durante este tiempo mejorar habilidades fundamentales en el manejo, control y procesamiento de orto fotografías digitales, con un enfoque en la aplicación de procesos avanzados de control de calidad y edición, los cuales están a la vanguardia en cuanto a lo que tiene que ver con imágenes aéreas. A lo largo de la experiencia, se implementaron diferentes metodologías para la revisión, verificación y análisis de imágenes aéreas, asegurando que cumplieran con todos los estándares establecidos por Vexcel Imaging.

Por otro lado, es importante mencionar que Se logró evidenciar una mejora significativa en la identificación y corrección de los diferentes errores presentados en las orto fotografías, mejorando su precisión visual o estética en cada uno de los proyectos realizados. La capacitación en las diferentes herramientas de diseño que posee el software QGIS y el uso del plugin AOI Selector, perteneciente a Vexcel Imaging, permitieron que los pasantes adquirieran destrezas en la edición de aerofotografías digitales, fortaleciendo las competencias y cualidades en la gestión de información cartográfica.

Es importante aclarar que, a pesar de ciertas limitaciones, como la variabilidad en la calidad de las imágenes originales y las restricciones de software, los resultados obtenidos evidencian de manera positiva, en la optimización del flujo de trabajo y en la calidad final de los productos generados para la empresa.

También, es recomendado seguir fomentando la retroalimentación continua entre todos los integrantes que trabajan en el área, incluyendo líder, supervisores, pasantes y demás miembros del equipo de trabajo, para mejorar el proceso de aprendizaje y optimizar la calidad de las imágenes procesadas. Un seguimiento constante permitirá identificar posible mejora en los distintos procesos, con el fin de fortalecer el desarrollo de habilidades esenciales para el manejo de aerofotografías digitales en el ámbito profesional.

6. ANEXOS

1. Concepto Técnico Evaluativo De Kevin Danilo Quinche Gómez
2. Concepto Técnico Evaluativo De Fabian Rodrigo Ramírez Niño

7. REFERENCIAS

Aybar, C., Ysuhuaylas, L., Loja, J. *et al.* CloudSEN12, un conjunto de datos global para la comprensión semántica de la nube y la sombra de nubes en Sentinel-2. *Datos Sci* 9782 (24 De diciembre 2022). https://doi.org/10.1038/s41597-022-*01878-2*

Banda Pancromática Y El Uso En Las Imágenes Satelitales*. (2021, September 27). EOS Data Analytics. https://eos.com/es/make-an-analysis/panchromatic/*

Chen, C., Pan, J., Wang, M., & Zhu, Y. (2018). Side-slither data-based vignetting correction of high-resolution spaceborne camera with optical focal plane assembly. Sensors (Basel, Switzerland), 18(10), 3402. https://doi.org/10.3390/s18103402

EOSOL. (Febrero 2019). Los 3 errores más comunes al planificar el vuelo de un dron fotogramétrico. https://www.helixnorth.com/blog/los-3-errores-ms-comunes-al-planificar-el-vuelo-de-un-dron-fotogramtrico

IGAC. (01/08/2021). *EVALUACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES .* Bogota DC.

Lillesand, T.M., Kiefer, R.W.y Chipman, J.W. (2004) Remote Sensing and Image Interpretation. 5a Edición, John Wiley & Sons Inc., Nueva York.

Simon Gascoin, Kari Luojus, Thomas Nagler, Hans Lievens, Mariano Masiokas, Tobias Jonas, Zhaojun Zheng, Patricia De Rosnay, (2024). "Remote sensing of mountain snow from space: status and recommendations" *Fronteras en Ciencias de la Tierra*.

Vasquez-Dolande, E., Morales, E., & Achkar, M. (2021). Evaluación del uso de sensores remotos para identificar manchas de crudo en áreas costa afuera del Uruguay. Boletín de Geología, 43(2). https://doi.org/10.18273/revbol.v43n2-2021010

(S/f). Sciencedirect.com. Recuperado el 10 de febrero de 2025, de https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/remote-sensor

Cortes-Osorio, J. A., Lopez-Robayo, C. D., & Hernández-Betancourt, N. (2018). Evaluación y comparación de técnicas para la reconstrucción de la función de dispersión de punto de imágenes degradadas por difuminación lineal uniforme. *TecnoLógicas*, *21*(42), 211–229. https://doi.org/10.22430/22565337.789

Hammer Missions. (2020, noviembre 11). Preventing motion blur in drone photogrammetry flights. *Hammer Missions*. https://www-hammermissions-com.translate.goog/post/preventing-motion-blur-in-drone-photogrammetry-flights?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc&_x_tr_hist=true

Vexcel Imaging GmbH. (2025, 11 febrero). UltraCam Osprey 4.1 • Aerial camera for nadir & oblique image capture. Vexcel Imaging. https://www.vexcel-imaging.com/ultracam-osprey-4-1/

Vexcel Imaging GmbH. (2025b, marzo 28). UltraCam Condor 4.1 • Vexcel Imaging. Vexcel Imaging. https://www.vexcel-imaging.com/ultracam-condor-4-1/

Fundamentos de fusión de imágenes—ArcGIS Pro | Documentación. (s. f.). https://pro.arcgis.com/es/pro-app/3.3/help/analysis/raster-functions/fundamentals-of-pan-sharpening-pro.htm

De Estadística y Geografía, I. N. (s. f.). LANDSAT. https://www.inegi.org.mx/temas/imagenes/imglandsat/