



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos.
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



APLICACIÓN EN EL PASO SUPERIOR DE FEVE EN GOLBARDO (CANTABRIA) DEL USO DE RPAS (DRONES) EN INSPECCION DE ESTRUCTURAS

Trabajo realizado por:
Ana Calleja Roldán

Dirigido:
Ignacio García Utrilla
Javier M.^a Sánchez Espeso

Titulación:
Grado en Ingeniería Civil
Mención en Construcciones Civiles

Santander, septiembre de 2021

TRABAJO FIN DE GRADO



Título TFG: *Aplicación en el paso superior de FEVE en Golbardo (Cantabria) del uso de RPAS (drones) en inspección de estructuras.*

Autor: Ana Calleja Roldán

Directores: Ignacio García Utrilla y Javier Sánchez Espeso

Titulación: Grado en Ingeniería Civil. Mención en construcciones civiles

Resumen:

En este trabajo se va a realizar un estudio de lo que supone la inspección de estructuras a través del vuelo de RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems) y el uso de láser escáner, basándonos en unas guías de referencia de inspección de estructuras.

Para hacer un estudio concreto y demostrar las altas capacidades de este procedimiento, se ha decidido realizar sobre una estructura concreta, el paso superior de FEVE en el municipio de Golbardo, en Cantabria. Este puente ya no está en uso, lo que ha permitido una mejor evaluación de sus características.

Para este estudio se ha utilizado un dron multirrotores de 4 motores tipo Phantom. Además, se ha realizado un apoyo de campo mediante un GPS Leica smartrover. Para obtener los datos sobre las zonas que no ha sido posible acceder con el dron, se ha utilizado un láser escáner Leica tipo P30.

A lo largo de este trabajo se valorará el estado del puente, se recopilarán los datos obtenidos, se rellenarán las fichas de evaluación de daños, se expondrá la metodología utilizada y se elaborarán los planos a partir de la documentación recopilada, así como los modelos digitales con la fotogrametría.



TFG title: *Application in the FEVE overpass in Golbardo (Cantabria) of the use of RPAS (drones) in the inspection of structures.*

Author: Ana Calleja Roldán

Directors: Ignacio García Utrilla y Javier Sánchez Espeso

Major: Civil Engineer major. Specialization in civil construction

Abstract:

In this paper we are going to conduct a study of what it means to examine a framework using RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems) and laser scanners, basing on some reference guides for structural inspections.

In order to do a precise study and demonstrate the high capacities of this procedure, we have decided to carry it out to a specific structure, the FEVE overpass in the municipality of Golbardo, in Cantabria. This bridge is no longer in use, which has allowed a better evaluation of its characteristics.

For this study we have used a Phantom multirrotor drone with 4 motors. Also, we have carried out a field support study with a GPS. To obtain the data from the places that the drone was not able to access, a P30 Leica laser scanner has been used.

Along this paper we will evaluate the condition in which the bridge is, we will gather together all the data, we will fill the damage evaluation sheets, we will explain the methodology that we have used, and we will elaborate the blueprints based on the compiled documentation, as well as digital models from the photogrammetry.

Índice

Tabla de Ilustraciones	5
1. Introducción.....	7
1. Guías de referencia para la inspección de estructuras	8
1.1. Guía Inventario de Obras de Paso	8
1.2. Guía Evaluación de Salud de Puentes.....	17
2. Uso de RPAS y laser escáner en inspección.....	21
3. Metodología desarrollada.....	25
3.1. Vuelo RPA.....	25
3.2. Captura con láser escáner terrestre	30
3.3. Elementos Inventariados. Fichas	32
4. Procesado de la información.....	43
5. Elaboración de las fichas de deterioros.....	44
5.1. Ficha de datos generales	44
5.2. Ficha de registro de deterioros.....	44
5.3. Fotografías de deterioros	46
6. Planos/ Información Gráfica	49
7. Conclusiones.....	56
8. Referencias	58
9. Anexos	60
9.1. Anexo 1: Librerías de deterioro.	60
9.2. Anexo 2: Informe de apoyo de campo.....	61
9.3. Anexo 3: Procesado Láser Escáner	74

Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1- Croquis de la distribución del puente	10
Ilustración 2- Vigas artesas de vano en cajón múltiple.....	11
Ilustración 3- Pilas en fuste con cargadero	12
Ilustración 4- Cargadero en pila 3	12
Ilustración 5- Dintel Cargadero del estribo 2	13
Ilustración 6- Muro lateral en prolongación en el estribo 2	13
Ilustración 7- Protección de catenaria a la derecha del tablero	14
Ilustración 8- Plantaciones sobre terraplén en estribo 2.....	14
Ilustración 9- Cuneta junto a pila 4	15
Ilustración 10- Pavimento sobre el pontón	15
Ilustración 11- Señalización horizontal y vertical	16
Ilustración 12- Barrera de protección	16
Ilustración 13- Barandilla de protección	17
Ilustración 14- Mechinal en muro del estribo 2	17
Ilustración 15- Foto de piel de cocodrilo en pavimento tomada por el dron	21
Ilustración 16- Dron de uso recreativo.....	22
Ilustración 17- Dron Phantom utilizado.....	26
Ilustración 18- GPS de Leica.....	27
Ilustración 19- Toma de apoyos en campo sobre el pavimento	27
Ilustración 20- Toma de apoyos en campo junto a la estructura	28
Ilustración 21- Diana sobre el terreno	28
Ilustración 22- Marca sobre la carretera.....	29
Ilustración 23- Puntos de apoyo sobre ortofoto	29
Ilustración 24- Láser escáner Leica P30	30
Ilustración 25- Láser escáner en funcionamiento sobre campo	31
Ilustración 26- Láser escáner bajo puente	31
Ilustración 27- Resumen estacionamientos con láser escáner.....	32
Ilustración 28- Degradación superficial de los vanos	46
Ilustración 29- Grieta en pila 3.....	46
Ilustración 30- Desconchones en pila 4.....	46



Ilustración 31- Humedades y filtraciones en cargadero 3.....	47
Ilustración 32- Vegetaciones en cargadero 3	47
Ilustración 33- Vegetación en estribo 2	47
Ilustración 34- Humedad en estribo 2.....	48
Ilustración 35- Daños sobre el pavimento	48
Ilustración 36- Estacionamiento 1. Tablero arriba	74
Ilustración 37- Estacionamiento 2 tablero arriba	74
Ilustración 38- Estacionamiento 3. Bajando lateral izquierdo	75
Ilustración 39- Estacionamiento 4. Frente vano 1, exterior	75
Ilustración 40- Estacionamiento 5. Debajo vano 1	75
Ilustración 41- Estacionamiento 6. Vano 1, exterior derecho	76
Ilustración 42- Estacionamiento 7. Vano 3. Debajo.....	76
Ilustración 43- Estacionamiento 8. Vano 3. Lateral derecho.	76
Ilustración 44- Esquema de los enlaces entre escaneados.	77



1. Introducción

El proyecto que se va a llevar a cabo consiste en evaluar las aplicaciones del uso de RPAS (Remotely Piloted Aircraft System en inglés, sistema de aeronaves pilotadas a distancia en español) comúnmente conocidos como drones, en la inspección de estructuras y edificaciones. Así mismo, se utilizará el láser escáner para complementar aquellas zonas que no ha sido posible capturar adecuadamente con el dron.

Es esencial en este estudio valorar la importancia que supone para la ingeniería civil la apuesta por esta revolución tecnológica, siendo los drones una herramienta muy prometedora, tanto en inspección como mantenimiento de estructuras.

Para hacer un estudio de un caso práctico, hemos elegido un pontón situado en el municipio de Golbardo, en Cantabria. Este pontón salva una vía de FEVE. Su uso al tráfico se vio restringido hace aproximadamente dos años debido a la construcción de un nuevo puente que rebasa la vía de FFCC y ahora forma parte de la CA-354.

La industria de los drones evoluciona día a día, tanto en su manejo como en su arquetipo. Genera y va a seguir generando nuevas formas de empleo debido a la reducción en los costes económicos y la adquisición de conocimientos reales sobre el estado físico de edificios y estructuras, que nos aporta el origen de las patologías.

Se espera contribuir al uso y aplicación de estos medios dentro de la ingeniería civil, permitiendo la inspección y visualización de deficiencias en zonas de difícil acceso, así como al ámbito universitario, donde se forman futuros técnicos especialistas en esta materia.

A lo largo de este trabajo analizaremos diferentes guías de referencia existentes, evaluaremos la metodología utilizada para realizar la inspección principal de la estructura y elaboraremos las correspondientes fichas de inventariado y de



registro. Por otro lado, abordaremos los tipos de equipos utilizados y sus aplicaciones. Para la revisión de la estructura se aportarán planos y ortofotos de representación.

Concluiremos con conclusiones y referencias para valorar el trabajo realizado.

1. Guías de referencia para la inspección de estructuras

1.1. Guía Inventario de Obras de Paso

A continuación, se va a resumir los principales puntos de la guía de inventario, que a posteriori serán necesarios para elaborar las fichas.

El Sistema de Gestión de Obras de Paso utilizado por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento se desarrolla en base al inventario de estructuras de la red y la realización de inspecciones sistemáticas, ya sean básicas, principales o especiales.

El inventario se compone de una ficha de localización y datos generales y fichas más específicas descriptivas de los diferentes elementos que conforman la estructura.

La ficha de datos generales recoge, además del código de la estructura e información complementaria para su localización (coordenadas U.T.M., carretera soportada por la obra, municipio, calle, etc.), la tipología estructural. Se incluyen también datos característicos de la obra tales como número de vanos, luces, etc.

Por otro lado, las fichas de los distintos elementos que afectan a nuestra estructura son las de vanos, estribos, pilas y elementos no estructurales.

El formato de las fichas de vanos difiere en función de la tipología, ya que varían los elementos que la integran. En nuestra estructura, estamos ante un tablero de vigas.



Dentro de las fichas de estribos solo existe un único formato. En la ficha aparece la existencia o ausencia de elementos como muro frontal, dintel cargadero, fustes, aletas, etc. Se opta por una enumeración de elementos dado que no tenemos acceso a los planos del proyecto.

La ficha de pilas indica la existencia de ciertos elementos (tajamares, cargadero, dispositivos antisísmicos) y las características de la cimentación y de los apoyos. En este caso no hay acceso a la cimentación, por lo que en este ámbito habría una falta de información.

Las fichas de elementos no resistentes indican la existencia o no de las partes del puente que no forman parte de su estructura resistente. Se clasifican según sean de protección o auxiliares.

Se desarrollan a continuación los criterios de índole general que deben ser seguidos para cumplimentar y comprender los datos recogidos en las fichas de inventario.

Las estructuras se identificarán por los siguientes parámetros: código de la estructura, carretera de pertenencia, punto kilométrico y denominación de la estructura, que se recogen en los datos de inventario.

Para definir a que carretera pertenece cada puente se siguen con carácter general ciertos criterios. Los puentes pertenecen a la carretera que soportan, por tanto, este puente pertenece a la carretera CA-354, pese a que actualmente no se encuentre en uso

A continuación, se expone la organización de los datos de inventariado. Los datos de elementos estructurales se organizan en distintos niveles, y comienza a partir del de componentes. Estos pueden ser de distintos tipos: vano, pila o estribo, dentro del caso de nuestro puente. Para cada componente hay una ficha de recogida de datos. Los datos de elementos no resistentes, por su parte, se inventariarán a nivel de la estructura y no por componentes.

La denominación de los distintos componentes que forman la estructura, objeto de inventario, se realiza según las siguientes pautas, según el documento denominado “Guía de inventario de obras de paso” publicado por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento del Ministerio de España.

Si la estructura es perteneciente a la carretera a la que da continuidad, como es nuestro caso, según el sentido de avance de los P.K. de la carretera a la que pertenece la estructura, se denominará estribo n.º 1 (E1) al estribo correspondiente con el menor P.K. y por tanto estribo n.º 2 (E2) será el que corresponda a un mayor PK. La numeración de los vanos y las pilas será creciente del estribo n.º 1 al estribo n.º 2. La numeración de los distintos elementos se realiza en orden creciente desde el alzado derecho hacia el alzado izquierdo.

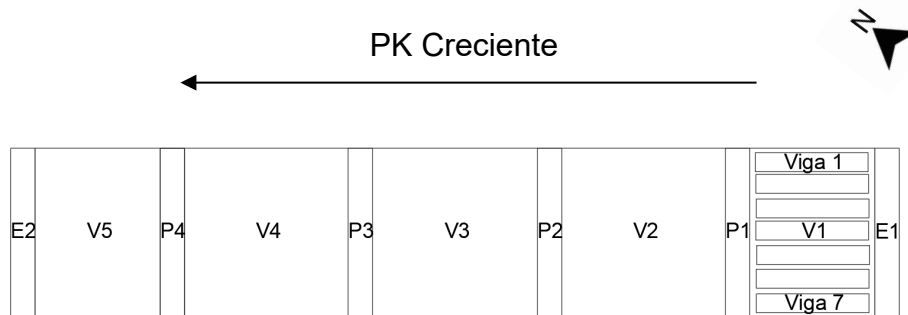


Ilustración 1- Croquis de la distribución del puente

Los apoyos son el único elemento del sistema que debido a su importancia lleva asociado un código.

Los apoyos están asociados al componente en el que se encuentran: pila, estribo, pilono, etc. El código a utilizar, si se conoce el número de líneas de apoyo, será el siguiente:

Pilas:

APt = apoyos de la conexión pila-tablero

APc = apoyos de la conexión pila-cimiento

Estribos:

AE = apoyos en el estribo

Los grupos de componentes, como norma general, se agruparán en una misma ficha de inventario. Si, por el contrario, los componentes tienen distintos elementos o distintas características, será necesario rellenar una ficha para cada uno de ellos.

La cabecera está presente en todas las fichas, y contiene los datos más relevantes desde el punto de vista administrativo: código del puente, nombre de la estructura, carretera a la que pertenece y punto kilométrico.

A continuación, vamos a inventariar los diferentes elementos que forman parte de este puente, y que posteriormente serán incluidos en la ficha de inventario.

La tipología de este puente es la de tablero de vigas artesas. Son vigas longitudinales unidas por una losa superior que lleva a efecto la plataforma del puente. Estas vigas se apoyan en las pilas y estribos. Trabajan fundamentalmente a flexión.

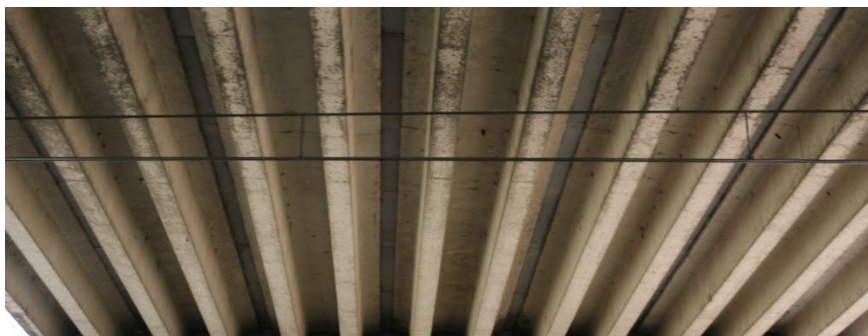


Ilustración 2- Vigas artesas de vano en cajón múltiple

La conexión con la subestructura es articulada.

Dentro de otros elementos que forman parte del tablero se encuentran las placas de encofrado perdido.

La tipología de pilas es de fustes múltiples que se juntan en el cargadero.



Ilustración 3- Pilas en fuste con cargadero

Los apoyos se suponen simples, ya que no se ha podido acceder a ellos directamente. En ese caso, contarían con una lámina de elastómero donde se apoya la estructura.

Otro elemento que forma parte de las pilas son los cargaderos, que es donde se apoya el tablero.



Ilustración 4- Cargadero en pila 3

Por otro lado, con este tipo de revisión, mediante medios externos, no ha sido posible obtener información sobre el estado de la cimentación.

La tipología de los estribos es de dintel cargadero.



Ilustración 5- Dintel Cargadero del estribo 2

Otros elementos que forman parte de los estribos son los muros laterales o en prolongación. En este caso podemos encontrarlos en el lado derecho del estribo 1 y en el lado derecho del estribo 2. Ambos son convencionales.



Ilustración 6- Muro lateral en prolongación en el estribo 2

Dentro de los elementos de protección, podemos encontrar diferentes tipos en esta estructura. De subestructura e infraestructura, de terraplenes y cunetas. Dentro de la subestructura están los de protección de la catenaria, a ambos lados del tablero:



Ilustración 7- Protección de catenaria a la derecha del tablero

Dentro de los de terraplenes podemos observar los de plantaciones tanto a la izquierda del estribo 1 como del estribo 2:



Ilustración 8- Plantaciones sobre terraplén en estribo 2

Por último, los de cunetas los encontramos junto a las pilas 1 y 4.



Ilustración 9- Cuneta junto a pila 4

Dentro de los elementos auxiliares a inventariar, encontramos los de organización de la plataforma y los de acondicionamiento.

En organización de la plataforma podemos diferenciar el pavimento, que es el elemento de rodadura sobre el tablón:



Ilustración 10- Pavimento sobre el pontón

También encontramos la señalización horizontal y vertical:



Ilustración 11- Señalización horizontal y vertical

Otros elementos de protección son bordillos, aceras y barreras:



Ilustración 12- Barrera de protección

Por último, encontramos las barandillas:



Ilustración 13- Barandilla de protección

Los elementos de acondicionamiento son de evacuación de agua (cunetillas) y
mechinales:



Ilustración 14- Mechinal en muro del estribo 2

1.2. Guía Evaluación de Salud de Puentes

Las inspecciones son las técnicas realizadas conforme a un plan previo.

No se limitan sólo al puente propiamente dicho, sino que abarcan un conjunto más amplio: la infraestructura, pudiendo existir otras estructuras o elementos cuyo estado puede afectar a su funcionalidad y durabilidad.



Se establecen diferentes niveles de inspección que varían en su intensidad, frecuencia, medios humanos y materiales empleados. Estas son: Inspecciones Básicas (o rutinarias), Principales y Especiales.

En base a esas inspecciones se determinan las operaciones de mantenimiento o conservación, si son convenientes, o bien se asigna una condición o estado de la estructura, o bien se adoptan las medidas de rehabilitación u otras actuaciones extraordinarias.

Una Inspección Básica es una inspección visual desarrollada por personal no especializado. Este nivel de inspección es un sistema útil para detectar deterioros de forma temprana y poder así prevenir que degeneren en deterioros graves, así como para localizar daños que necesiten urgentemente reparación.

Una Inspección Principal es una inspección visual metódica del estado de todos los elementos del puente, haciendo una auténtica auscultación de este. No necesitan la utilización de medios extraordinarios. Se realizan por personal especializado bajo la supervisión de un ingeniero. Es recomendable que la primera inspección principal se realice poco antes de la puesta en servicio del puente, pues será útil como referencia para reconocer la evolución de los deterioros.

Las Inspecciones Especiales no se realizan sistemáticamente o con carácter periódico, sino que surgen como consecuencia de los daños detectados en una Inspección Principal o como consecuencia de una situación singular.

Implican la presencia de técnicos y equipos especiales y se necesitan ensayos de caracterización y mediciones complementarias.

En nuestro caso, vamos a realizar una inspección principal, que evaluaremos más en detalle a continuación.

En las inspecciones principales se asigna a las obras de paso un índice de condición que se obtiene a partir de los deterioros registrados. El inspector



evalúa en campo cada deterioro mediante tres parámetros: su potencial gravedad, la extensión del deterioro en relación con el elemento afectado y su evolución probable.

El objetivo de una Inspección Principal es evaluar cualitativa y cuantitativamente los deterioros observados, para determinar el estado de conservación del puente.

Una inspección principal, debe ser objetiva, homogénea, comparable y fiable.

La periodicidad con la que se deben de realizar este tipo de inspecciones vendrá indicada en el Plan de mantenimiento del puente.

Los datos recogidos en este tipo de inspecciones son información general relativa a la inspección efectuada, fotografías generales de la inspección, información del estado de conservación de los distintos elementos de la estructura determinado por la inspección, fotografías ilustrativas de los deterioros y fichas de resultados de la inspección

Para cada uno de los daños que existan en un determinado elemento se recogen en campo tres índices (índices de extensión, gravedad y evolución).

A partir de los datos tomados en campo se obtiene un Índice del Deterioro que tiene en cuenta la intensidad del tipo de daño, la extensión y evolución del tipo de daño, la clase de daño y su efecto en la seguridad y durabilidad y la importancia del elemento dañado en la seguridad y durabilidad de la estructura completa.

A partir de la valoración realizada, se obtiene una relación ordenada de las estructuras inspeccionadas, que permite priorizar las actuaciones según la urgencia y gravedad de los deterioros observados.

Con ayuda de los índices, el gestor establece los criterios sobre si hay necesidad o no de intervenir, si hace falta realizar estudios especiales y si se debieran realizar o no actuaciones a medio plazo.



Los medios necesarios pueden ser de distintos tipos: personales o materiales. Los personales son un ingeniero superior experto en estructuras y uno o varios equipos de inspección, que incluyen un ingeniero con amplia experiencia y un técnico de apoyo logístico. Los medios materiales son los equipos de seguridad y salud, los medios auxiliares (cuadernos, cámaras) y la documentación necesaria.

Los elementos a inspeccionar se dividen en 4 zonas de la estructura: cimentaciones, subestructura (estribos, pilas y aparatos de apoyo), subestructura (elementos portantes principales y secundarios y losa de compresión del tablero) y equipamientos.

En la guía de evaluación de salud de puentes se describe un procedimiento de desarrollo de la inspección estipulado. En este caso, no se han seguido esos pasos, sino que se ha procedido con otros que serán descritos posteriormente en el apartado *Metodología*. Esto es debido a que el estudio de la estructura se ha realizado con un dron y con un láser escáner.

Los datos que se deben rellenar al inicio de la inspección son el código, la denominación, la fecha, el inspector, el huso geográfico y los datos ambientales.

Los datos a rellenar una vez se ha finalizado con la inspección son el índice estimado y la necesidad o no de inspección especial y detallada.

A cada inspección se deben llevar diferentes plantillas: una ficha de deterioros de vanos, un de pilas, una de estribos y una de elementos complementarios. Además, una ficha de observaciones y dos para fotografías.

En las fichas de deterioro se debe incluir el elemento donde se registra el daño, el material de este, el daño registrado, el número de librería, el índice de daño y una foto para localizarlo. Estas fichas se encuentran en el apartado 5.2.

Pese a que no se incluyen dentro de las fichas, se ha decidido valorar el estado del firme, en base a lo establecido en el apartado 5.3.5.1. Deterioros asociados

a los equipamientos. Calzadas y Aceras, de la Guía de Evaluación de Salud de Puentes.

Se valora el pavimento sobre el puente y los accesos al mismo, que puede afectar a la impermeabilidad del tablero y ser el motivo por el que se den humedades en la subestructura.

En base a la guía, podemos definir que el daño en el pavimento son grietas y discontinuidades por fatiga, también conocidas como piel de cocodrilo.



Ilustración 15- Foto de piel de cocodrilo en pavimento tomada por el dron

2. Uso de RPAS y laser escáner en inspección

El uso de aeronaves no tripuladas no es una novedad, son una de las tecnologías más disruptivas de la actualidad. Desde mediados del siglo pasado se han utilizado con fines militares de vigilancia y seguridad. Aunque no se han vuelto comunes hasta ahora. Un buen ejemplo de esto es la gran cantidad de estos vehículos que han salido a la venta en un periodo corto de tiempo.

Hay que resaltar que la terminología a veces se confunde: hemos visto cómo UAV, RPAS, drones y otros tipos de aeronaves se usan indistintamente, el problema es que estas siglas se consideran sinónimos. De esta forma, tanto expertos, como quienes desconocen del tema, se sienten perdidos. Cuando se habla de estos aviones el término drone es el más utilizado. Cuando se comenzaron a utilizar, guardaban gran semejanza con los aviones comunes, pero en la actualidad existen una gran variedad de formas que en nada se asemejan.



Ilustración 16- Dron de uso recreativo

Las siglas UAV son las más adecuadas para denominar a estos vehículos. Estas son las siglas de Unmanned Aerial Vehicle, o vehículo aéreo sin tripulantes en español.

Hace poco tiempo se ha comenzado a utilizar el término RPAS (Remotely Piloted Aircraft System) para definir a estas aeronaves controladas a distancia. Esta denominación incluye tanto el vehículo como al piloto, que maneja el avión de forma remota.

Las variantes de menos tamaño y peso se denominan Micro Air Vehicle (MAV) o Micro Unmanned Aerial Vehicles (μ UAV). También reciben la denominación de drones, minidrones o microdrones.

El diseño de estas aeronaves tiene una gran variedad de tamaños, formas, características y configuraciones. Hay dos tipos distintos, los que se controlan desde una ubicación remota y los que mediante una automatización dinámica vuelan de forma autónoma a partir de planes de vuelo preprogramados.

El sistema de aeronave pilotada a distancia (RPAS) tiene un conjunto de elementos configurables incluyendo una RPA, estaciones de piloto remoto conexas y todas otras partes del sistema que puedan ser necesarias, en cualquier momento del vuelo. Otras características podrían comprender soporte



lógico, vigilancia de la salud, equipo de comunicaciones ATC, sistema de determinación de vuelo y elementos de lanzamiento y recuperación.

La aeronave puede ser pilotada desde una de varias estaciones de piloto remoto. Análogamente, una sola estación de piloto remoto puede pilotar varias aeronaves. En ambos casos, la configuración del sistema en uso operacional cambia cuando cambia un elemento u otro en tiempo real.

Alguna de las ventajas del uso de estos vehículos es el acceso de áreas de riesgo o difícil acceso.

Las desventajas incluyen la gran influencia de la meteorología, la limitada capacidad de vuelo, en función del combustible, el sistema de navegación o el alcance y el coste de adquisición y mantenimiento.

Entre las aplicaciones de los drones encontramos la realización de ortofotos, mapas y modelos de elevaciones del terreno de alta resolución, la monitorización de instalaciones, la auditoria de siniestros y el menor riesgo en la vida de trabajadores al llevar el dron en vez de al operador a sitios peligrosos.

La revisión de estructuras logra grandes resultados dentro de la gran variedad de aplicaciones que se pueden realizar con drones. Esta es una tarea de gran complejidad que se facilita mediante las prestaciones que nos aporta el uso de RPAS.

Se realizan inspecciones de partes que forman parte de la estructura para conocer su estado funcional y de esta forma, se pueda confirmar si la instalación tiene un estado adecuado, de forma que los usuarios de estas vías no se encuentren en peligro.

El control de la construcción y deformación de puentes implica muchos problemas que requieren soluciones de medición 3D. La construcción de modernos diseños de puentes de acero y hormigón debe cumplir rigurosos requisitos dimensionales. Las desviaciones, deformaciones, tensiones y



esfuerzos de los puentes y estructuras se pueden analizar examinando los movimientos de puntos previamente fijados en la estructura. Estos problemas se pueden resolver rápidamente con los equipos portátiles de medición 3D y de captura de imágenes en función de los requerimientos de precisión exigidos.

El láser escáner terrestre es un dispositivo de adquisición de datos masivos, con la que se obtiene una nube de puntos generada tridimensionalmente, a partir de la toma de medidas de distancias y ángulos, por medio de un rayo de luz láser.

Es un instrumento digital que obtiene datos de carácter espacial a partir de averiguar la distancia y el ángulo en el que se encuentran los elementos de su entorno. El láser emitido describe un barrido angular vertical y horizontal, y va generando una matriz que se va completando con la información de los puntos donde rebota dicho laser. Las variables que se miden son distancia e intensidad de retorno, ya que la matriz de movimiento del emisor de luz, al venir programada en base a las necesidades de precisión del operador del instrumento, no es una variable. Se obtendrá una mayor precisión cuanto más fino sea el espaciado entre rejillas de la matriz. La densidad de puntos obtenida en el láser escáner depende de la distancia a la que se encuentre del objeto, dado que el número de filas y columnas es fijo dentro de la configuración de precisión establecida. Cuanta mayor distancia haya, menor será la densidad de los puntos y viceversa.

La forma de trabajo más extendida con láser escáner es a partir de estacionamientos libres, en lugares de los cuales no se conocen sus coordenadas. Esto aporta flexibilidad a la hora de ubicar el instrumento allá donde más visibilidad del entorno haya para realizar el estacionamiento. El fruto de esto es una mayor rapidez, comodidad y facilidad en la configuración del aparato cada vez que se mueve de un lugar a otro.

El uso del láser escáner tiene diferentes ventajas como la rapidez a la hora de la toma de los datos, ya que se registran millones de puntos por minuto. Además, permite la generación de modelos 3D con textura real mediante el uso de la toma de fotografías de la superficie. Se resuelve la problemática sobre olvidar tomar



ciertas partes de los elementos a levantar que conllevan la repetición de la toma de datos. Por último, el escaneado permite darse cuenta de las diferencias respecto a la construcción para valorar si hay deformaciones o desplazamientos.

En cuanto a la legislación vigente, se debe remarcar que este proyecto cumple con toda la normativa en cuanto al uso de drones sobre estructuras viarias y puentes.

3. Metodología desarrollada

3.1. Vuelo RPA

Una vez seleccionado el lugar a inspeccionar, en este caso el paso superior de FEVE en Golbardo, se ha decidido que la fotogrametría se realizará mediante un dron con cámara localizada en la base de este.

En nuestro proyecto, hemos utilizado un modelo de dron multirrotores de 4 motores, el RPA Phantom. El dron de ala rotatoria o multirrotores tiene un despegue y aterrizaje vertical, que permite una puesta en marcha más rápida. Puede volar en un punto fijo o a baja velocidad y tiene mayor maniobrabilidad y precisión de vuelo, lo cual permite trabajos de inspección. Es el más extendido y utilizado por los profesionales. Estas aeronaves consiguen sustentarse mediante fuerzas generadas por las hélices de sus rotores. Pueden tener 3, 4, 6 u 8 motores. Son muy versátiles, ya que en ellos se pueden instalar diferentes tipos de cámaras que permiten su uso para distintos trabajos. No tienen mucha autonomía debido al alto consumo de energía de los rotores, aproximadamente 20 minutos de vuelo. Para el mapeo de grandes superficies será necesario obtener distintos juegos de baterías, que suponen un sobre costo de tiempo y dinero.



Ilustración 17- Dron Phantom utilizado

En lo relativo a la planificación del vuelo es muy recomendable desplazarse hasta la zona donde se van a realizar las tareas de fotogrametría para reconocer la zona por si hubiera algún tipo de inconveniente.

La elección de día fue complicada, debido a que las condiciones meteorológicas en Cantabria son muy variables y nada favorables para este tipo de estudios. En los días previos se comprobó la probabilidad de lluvia y el viento previsto para el día de la inspección. Se debe tener en cuenta la existencia de torres de alta tensión, dado que, a parte de los impactos que pudiesen suceder, se pueden dar alteraciones en los dispositivos de navegación.

Se debe conocer el posicionamiento de la estructura respecto a los ejes cardinales, ya que el vuelo del dron estará condicionado por la posición de salida del sol. Una vez se tenga esta información, se tomarán las fotos por el alzado del lado por donde sale el sol, para evitar contraluces y sombras.

Las fotos se deben tomar con la máxima resolución posible, para poder, de esta forma, obtener un modelo de gran calidad.

La toma de datos se divide en dos tipos, la obtención de fotografías mediante el vuelo realizado por el RPA y, por otro lado, la obtención de puntos de apoyo y control mediante un GPS.

El GPS utilizado ha sido un modelo de Leica, el modelo Smartrover y sus coordenadas están referidas al sistema de coordenadas geográfico mundial, el WGS84



Ilustración 18- GPS de Leica



Ilustración 19- Toma de apoyos en campo sobre el pavimento



Ilustración 20- Toma de apoyos en campo junto a la estructura

Antes de realizar dichos trabajos, se ha seleccionado la ubicación de los puntos de apoyo sobre los que generaremos el modelo digital. Para ser capaces de localizarlos, será necesario colocar dianas sobre el terreno que sean visibles desde una gran altura. Estas son dianas de grandes dimensiones en amarillo y negro. La intención de estos colores es que sean fácilmente identificables sobre el terreno.



Ilustración 21- Diana sobre el terreno

También es posible utilizar otro tipo de identificadores, como marcas sobre el terreno o líneas en la carretera.



Ilustración 22- Marca sobre la carretera

Los puntos de apoyo se pueden tomar en cualquier momento independientemente del vuelo, pero las dianas deben ser colocadas antes de que el dron realice su despegue.

Una vez se colocaron todas las dianas, se midió con GPS en cada una de ellas sus coordenadas en el centro.

La localización de las dianas colocadas se puede ver sobre la ortofoto a continuación:



Ilustración 23- Puntos de apoyo sobre ortofoto

El informe de apoyo de campo se adjunta en el Anexo 2.

3.2. Captura con láser escáner terrestre

En este proyecto hemos utilizado un láser escáner convencional de uso estandarizado, el láser escáner P30 de Leica. Este escáner alcanza velocidades ultrarrápidas y de bajo nivel de ruido con un alcance de hasta 120m. Realiza mediciones de gran precisión angular, escaneando hasta 1 millón de puntos por segundo y captura datos de escaneo de alta definición. El uso del láser escáner nos permite obtener información de los puntos donde el dron no tiene acceso.



Ilustración 24- Láser escáner Leica P30



Ilustración 25- Láser escáner en funcionamiento sobre campo



Ilustración 26- Láser escáner bajo puente

El escaneado de la estructura se ha realizado desde diferentes estacionamientos, como se puede ver en el esquema. Los estacionamientos 1,

2, 5 y 7 se han realizado bajo el tablero. El resto se han realizado en las inmediaciones del puente.



Ilustración 27- Resumen estacionamientos con láser escáner

3.3. Elementos Inventariados. Fichas

En este apartado se adjuntan las fichas de inventariado rellenas en base a la información que resulta necesaria y especificada en el apartado *Guía inventario obras de paso*.



FICHA DE DATOS GENERALES

1. SITUACIÓN Y FUNCIONALIDAD

1.1 Situación y funcionalidad

- Circulación que permite:**
- Tráfico rodado
 - Ferrocarril
 - Peatones
 - Carril bicicletas
 - Otros
- Obstáculo que salva:**
- Tráfico rodado
 - Ferrocarril
 - Peatones
 - Carril bicicletas
 - Cruces naturales/ artificiales
 - Irregularidades del terreno
 - Otros

	CÓDIGO	RED
Carretera soportada:	354	Autonómica

1.2 Otros datos

Coordenadas de la arista derecha del E-1

{

 UTM X: 406357,4
 UTM Y: 4799343,7

Cota: 77 m

Municipio: Golbardo

Demarcación: Cantabria

2. DESCRIPCIÓN

2.1 Tipología

Clase de estructura: · Pontón (entre 3 y 10 m de luz)

Modificaciones: No tiene

2.2 Geometría

Longitud total (m): 50.40 m Anchura media plataforma (m): 8.50 m Planta: Recta

Luz máxima (m): 9,40 m Altura máx. pila (m): 4,75 m Curva

Luz mínima (m): 8,45 m Altura máx. estribo (m): 3,5 M Esviada

Superficie tablero (m²): 428,40 m²

N.º de vanos: 5

VANO	Luz (m)
V1	9,35
V2	10,70



V3	10,70
V4	10,70
V5	9,10

3. OTROS ELEMENTOS DEL TABLERO:

Costillas / Jabalcones

Relleno de tierra sobre tablero

Apoyo a ½ madera Tablero - Tablero

Riostras {

- Traviesas en apoyos →
- Traviesas intermedias
- Cruces de San Andrés
- En K
- Otros

Apoyo en Pilas

Apoyo en Estribos

Placas de encofrado perdido →

Pretensado exterior

Refuerzos

Pintura / tratamiento protector

Revestimiento

Otros

Cables

Vainas

Anclajes

Desviadores

5. MATERIALES

Esta tabla no es accesible en el documento de *Guía Inventario de Obras de Paso*, por lo que no se ha incluido en esta ficha.



FICHA DE PILAS

PILAS N.º DE

TRAMOS N.º DE

Longitud de cada tramo:

1. TIPOLOGIA DE PILAS

Prefabricado

Fuste

Simple

In situ

Célula

Múltiples exentos

En V

Múltiples con arriostramientos

Otras

Múltiples con cargadero

Disposición del eje en alzado

Vertical

Inclinado

2. APOYOS/ CONEXIONES

Conexión Pila – Tablero

Articulada

Rígida

Datos recogidos en el vano (Arco / Bóveda)

APOYOS	Apoyo a media madera tablero - pila (Si/ No)	N.º de apoyos	Rótula	Dado	Rodillo	Casquete	Deslizante	Anclado	Zunchado	Confinado	Simple	Otros	Sin determinar
APt1	No	14											
APt2	No	14											
APt3	No	14											

Cama de nivelación pila – tablero

Conexión Pila – Cimiento

Articulada

Rígida

Datos recogidos en el vano (Arco / Bóveda)

APOYOS	Nº de apoyos	Rótula	Dado	Rodillo	Casquete	Deslizante	Anclado	Zunchado	Confinado	Simple	Otros	Sin determinar
APc1	14											
APc2	14											
APc3	14											

Cama de nivelación pila – cimiento

FICHA DE ESTRIBOS

1. TIPOLOGÍA DE ESTRIBOS

- Muro frontal
 - Portante Prefabricado
 - Contención
 - Tierra reforzada In situ
 - Contrafuertes

Dintel cargadero/ Viga durmiente

Fustes/ Pantallas / Pilotes

2. APOYOS/ CONEXIONES

Conexión estribo – tablero Articulada
 Rígida

Datos recogidos en el vano (Arco / Bóveda)

APOYOS	Apoyo a media madera tablero - estribo (Si/ No)	Nº de apoyos	Rótulo	Dado	Rodillo	Casquete	Deslizante	Anclado	Zunchado	Confinado	Simple	Otros	Sin determinar
AE1	No	2											
AE2	No	2											

Cama de nivelación

3. OTROS ELEMENTOS DE ESTRIBOS

- Murete de guarda
 - Muros laterales/ en prolongación
 - Convencional
 - Tierra armada
 - De Contrafuertes

Aletas

Anclajes

Orejas

Refuerzos

Tajamar

Pintura/ tratamiento protector

Contrafuertes

Revestimiento

Dispositivos Antisísmicos

Otros elementos de estribos (...)

5. TRANSICIÓN TERRAPLEN- OBRA

Losa

Sólido de transición



Hormigón sin determinar									
Metálico									
Cerámico									
Plástico/ mat. Vítreos									
Mezcla bituminosa/ asfáltica									
Loseta hidráulica									
Loseta pétreo									
Adoquín hidráulico									
Adoquín pétreo									
Productos epoxídicos									
Otros									

3. TERRAPLEN

[X] Terraplén

4. CAUCE

[] Cauce



4. Procesado de la información

Para el procesamiento de los datos, tanto del dron como del láser escáner, se han utilizado diferentes programas que permiten un uso diferente según las necesidades.

Una vez se descargan las fotografías tomadas con el dron, que se acompañan de metadatos, se procesan mediante programas específicos. En este caso vamos a utilizar Pix4D Mapper.

Con este programa el primer paso es el procesamiento inicial de las fotografías. Una vez han sido procesadas, se deben localizar los puntos de apoyo en ellas. Ya que mediante el GPS hemos obtenido las coordenadas de estos, se deben introducir al programa manualmente para que directamente las encuentre. Una vez localizadas, nos debemos asegurar de que están en el lugar correcto, ya que se pueden dar fallos, aunque estos sean mínimos. Manualmente, se deben localizar las dianas en un número elevado de fotos para que el error sea el menor y nuestro modelo lo más exacto posible.

A continuación, debemos crear la nube de puntos y la malla con los datos de los puntos de apoyo. El último paso a realizar con este programa es el de la creación de la ortofoto y del MDS o modelo digital de superficie. En base a estos modelos, podremos trabajar en diferentes programas que trabajan con este tipo de información. En el plano número 5, adjunto en la sección *Planos/ Información gráfica* se puede encontrar la ortofoto.

Posteriormente se han utilizado diferentes programas como Revit, Civil 3D o AutoCAD para realizar los mapas de las secciones, así como para obtener las medidas de los elementos que forman la estructura.

Generar planos 2D a partir de una nube de puntos es un proceso a realizar de forma manual a partir de la interpretación del software.



Las secciones transversales y longitudinales han sido generadas a partir de cortes en la nube de puntos y otros modelos digitales, y sobre ellos se han trazado las formas en 2D. Se requiere tener un buen conocimiento del elemento a representar dado que la resolución de la nube de puntos puede no ser la mejor.

La ortofoto permite tomar medidas de las grietas en el pavimento. En base a esto podemos decir que, sobre el pavimento, incluidas las zonas de acceso al puente, hay unos 350 metros cuadrados de “piel de cocodrilo”. En el apartado 6 se incluye un plano de detalle de las zonas del pavimento mas dañadas a escala 1/50.

5. Elaboración de las fichas de deterioros

5.1. Ficha de datos generales

DENOMINACIÓN: Paso superior FEVE en Golbardo (Cantabria)	
INSPECCIÓN PRINCIPAL	
DATOS ADICIONALES DE LA INSPECCIÓN	OBSERVACIONES
DATOS GENERALES	
FECHA DE INSPECCIÓN	20/4/21
INSPECTOR	Ana Calleja Roldán
HUSO GEOGRÁFICO	30 N
DATOS AMBIENTALES	
TEMPERATURA	25 °
CONDICIONES ATMOSFÉRICAS	Soleado
DATOS SOBRE EL ESTADO DE LA CONSERVACIÓN	
INDICE ESTIMADO	12
INSPECCIÓN ESPECIAL (S/N) MOTIVO	N
INSPECCIÓN PRINCIPAL DETALLADA (S/N) MOTIVO	N

5.2. Ficha de registro de deterioros

En la página siguiente podemos observar la ficha de registro de deterioros tanto en los vanos, como en pilas y estribos:

Daños en los vanos:

DENOMINACIÓN: Paso superior FEVE en Golbaro (Cantabria)																								
VANOS							MEDICIÓN							ACCESIBILIDAD				FOTOS						
ELEMENTO	MATERIAL	DAÑO	N.º LIBRERIA	ÍNDICE DEL DAÑO			N.º UNIDADES							Ud.	ACCESIBILIDAD							FOTOS		
				EXT.	GRA	EVO	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7			
				(1 a 4)	(0 a 2)	(0 a 2)																		
Vigas	H.A.	Degradación superficial	5	1	0	0		1					1						A			A		1

Daños en las pilas:

DENOMINACIÓN: Paso superior FEVE en Golbaro (Cantabria)																			
PILAS							MEDICIÓN							ACCESIBILIDAD				FOTOS	N.º OBRA
ELEMENTO	MATERIAL	DAÑO	N.º LIBRERIA	ÍNDICE DEL DAÑO			N.º UNIDADES				Ud.	ACCESIBILIDAD				FOTOS	N.º OBRA		
				EXT.	GRA	EVO	P1	P2	P3	P4		P1	P2	P3	P4				
				(1 a 4)	(0 a 2)	(0 a 2)													
Pilas	H.A.	Fisuras/ grietas	904	1	0	0			0.25		m²			A		2			
Pilas	H.A.	Desconchones/lajas sin armadura implicada	1	1	0	0			0.3		m²				A	3			
Cargadero	H.A.	Humedades y filtraciones	4	1	1	1			6		m²			A		4			
Cargadero	H.A.	Vegetación	1	1	0	1			0.5		m²			A		5			

Daños en los estribos:

DENOMINACIÓN: Paso superior FEVE en Golbaro (Cantabria)												
ESTRIBOS						MEDICIÓN				ACCESIBILIDAD		FOTOS
ELEMENTO	MATERIAL	DAÑO	N.º LIBRERIA	ÍNDICE DEL DAÑO			N.º UNIDADES		Ud.	ACCESIBILIDAD		FOTOS
				EXT.	GRA	EVO	E1	E2		E1	E2	
				(1 a 4)	(0 a 2)	(0 a 2)						
Estribo	H.A.	Vegetación	1	1	0	1		0.5	m²		N	6
Aleta	H.A.	Humedades y filtraciones	8	1	0	1		3	m²		N	7

5.3. Fotografías de deterioros



Ilustración 28- Degradación superficial de los vanos



Ilustración 29- Grieta en pila 3



Ilustración 30- Desconchones en pila 4



Ilustración 31- Humedades y filtraciones en cargadero 3



Ilustración 32- Vegetaciones en cargadero 3



Ilustración 33- Vegetación en estribo 2



Ilustración 34- Humedad en estribo 2



Ilustración 35- Daños sobre el pavimento



6. Planos/ Información Gráfica

A continuación, se adjuntan los planos en A3 realizados a partir de los datos obtenidos.

El plano número 1 es el de situación.

El plano número 2 corresponde a la sección transversal a escala 1/30.

El plano número 3 corresponde al alzado izquierdo a escala 1/150.

El plano número 4 corresponde al alzado derecho a escala 1/200.

El plano número 5 corresponde a la ortofoto obtenida mediante Pix4D a escala 1/1500.

El plano número 6 corresponde a un detalle del pavimento sobre el tablero a escala 1/50.



ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
PROYECTO FIN DE GRADO

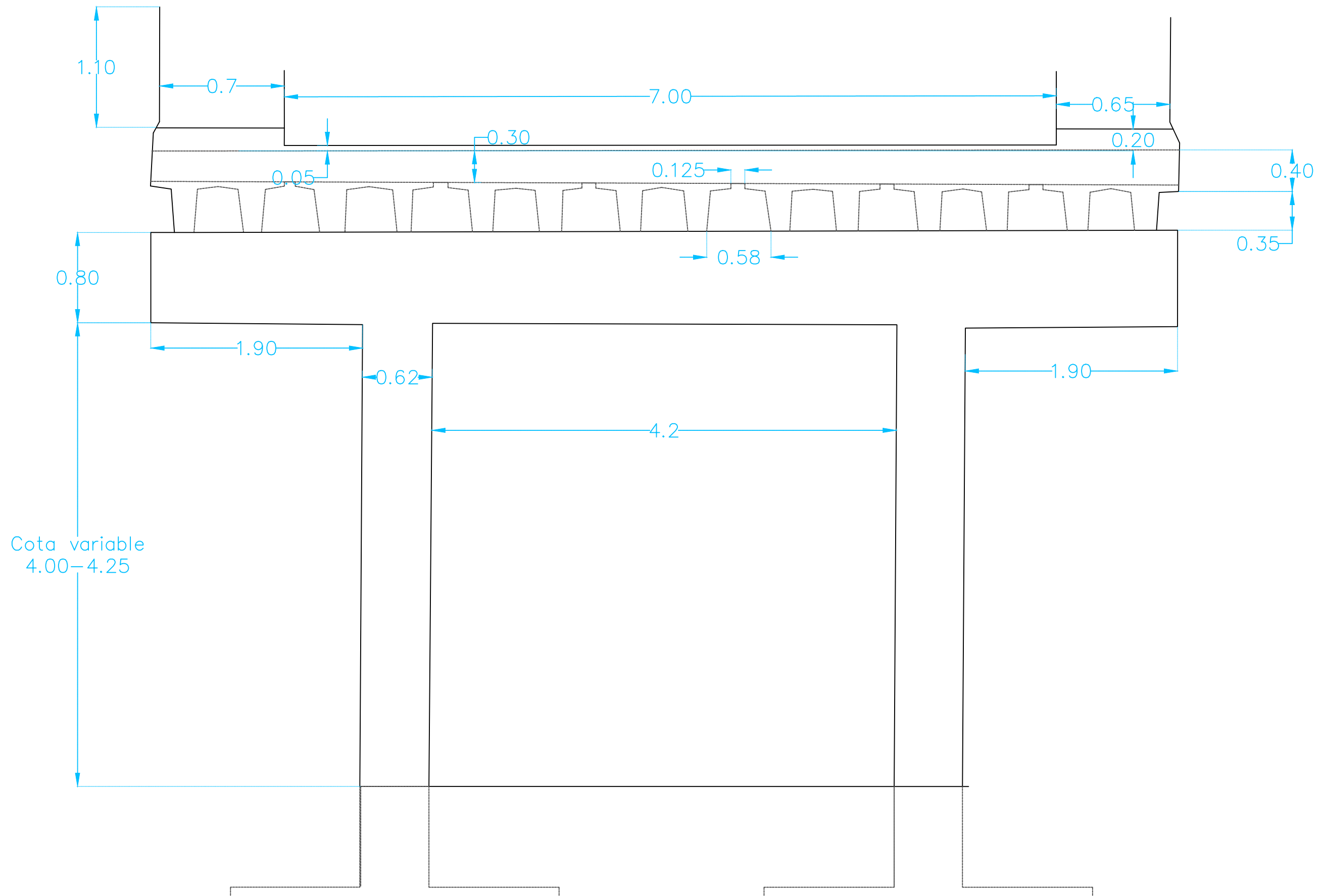
TITULO
Aplicación en el paso superior de FEVE en
Golbardo (Cantabria) del uso de RPAS
(drones) en inspección de estructuras.


TERMINO MUNICIPAL
Golbardo
PROVINCIA
Cantabria

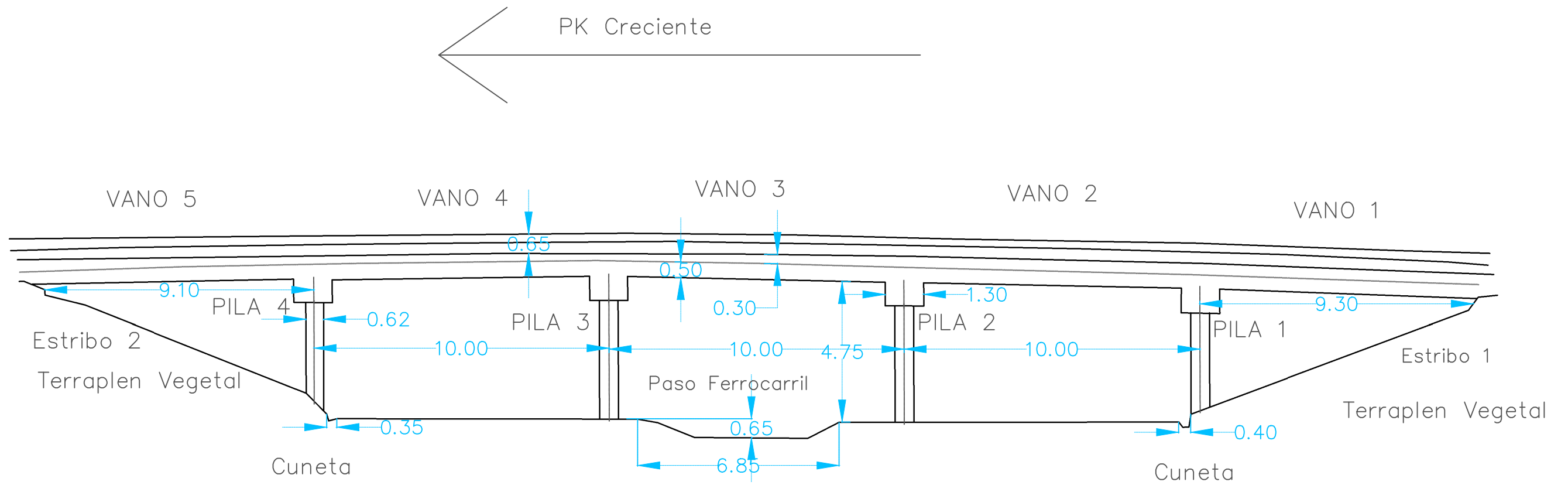
TITULO DEL PLANO
Plano de situación
AUTOR
Ana Calleja Roldán

FECHA
10/9/21

PLANO N
Nº 1



 <p>ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA PROYECTO FIN DE GRADO</p>	<p>TITULO Aplicación en el paso superior de FEVE en Golbardo (Cantabria) del uso de RPAS (drones) en inspección de estructuras.</p>	<p>TERMINO MUNICIPAL Golbardo</p>	<p>TITULO DEL PLANO Sección transversal</p>	<p>ESCALA 1/30</p>	<p>FECHA 10/9/21</p>	<p>PLANO N Nº 2</p>
		<p>PROVINCIA Cantabria</p>	<p>AUTOR Ana Calleja Roldán</p>			



ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
PROYECTO FIN DE GRADO

TITULO
Aplicación en el paso superior de FEVE en
Golbarado (Cantabria) del uso de RPAS
(drones) en inspección de estructuras.

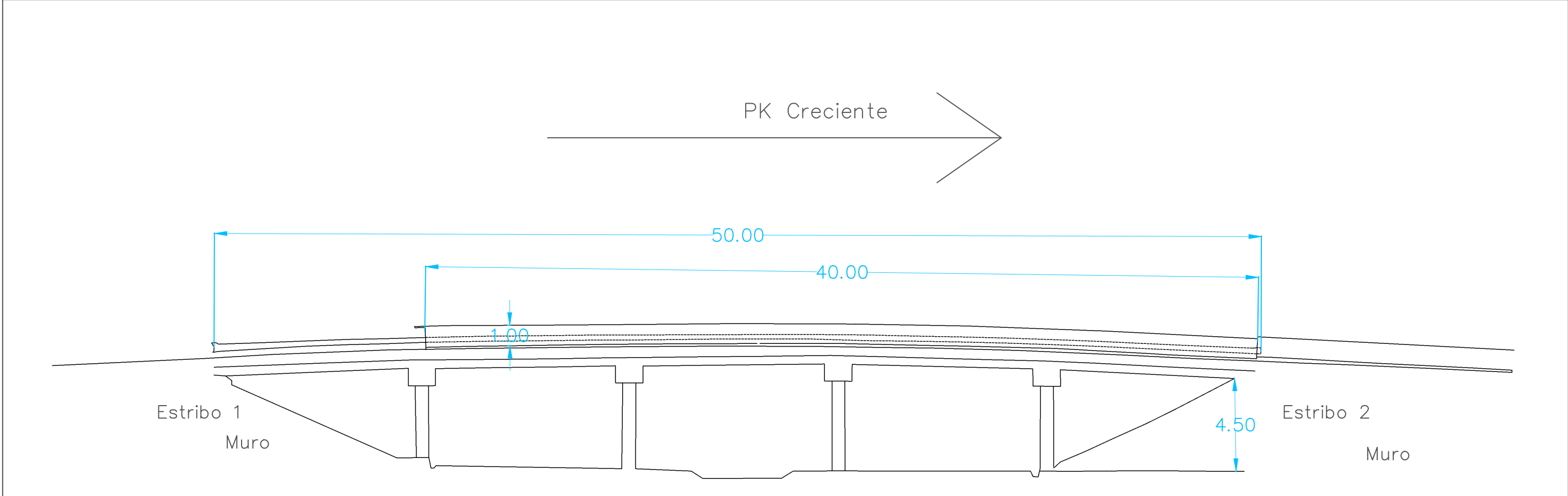
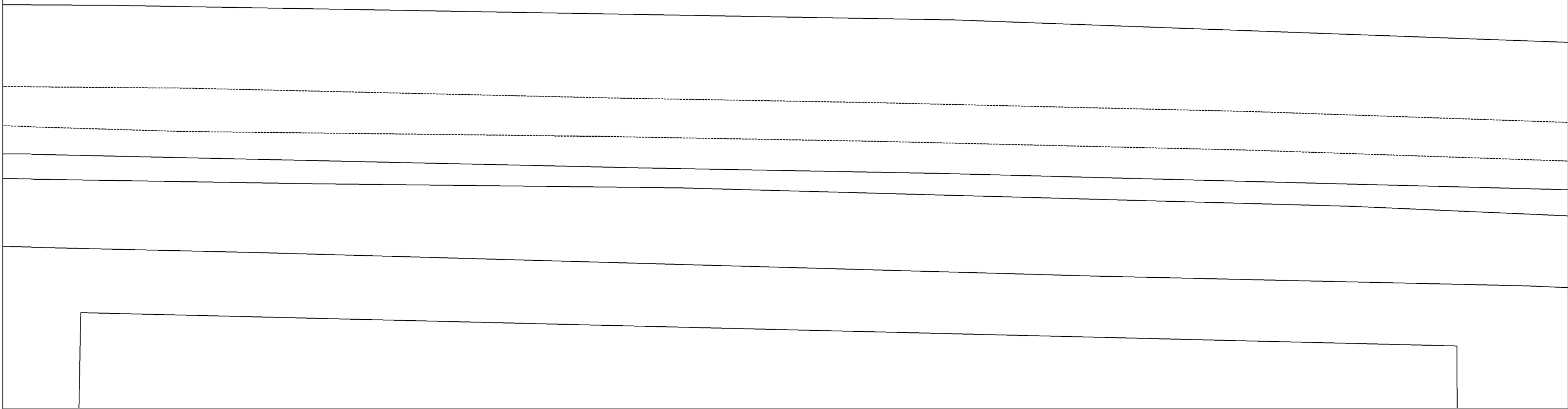
TERMINO MUNICIPAL
Golbarado
PROVINCIA
Cantabria


TITULO DEL PLANO
Alzado izquierdo
AUTOR
Ana Calleja Roldán

ESCALA
1/150
FECHA
10/9/21


PLANO N
Nº 3

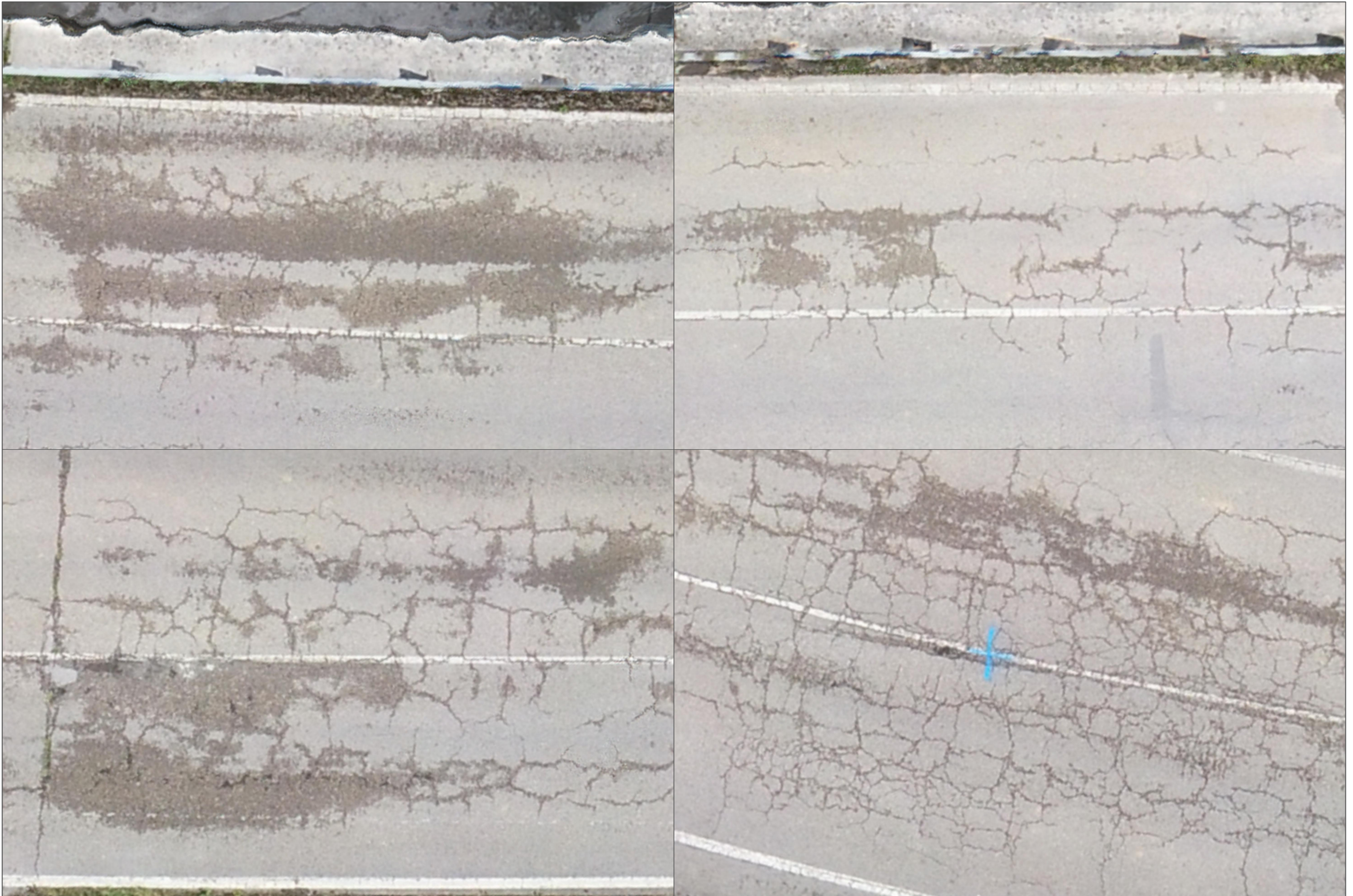
Detalle valla y bionda sobre tablero




 <p>ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA PROYECTO FIN DE GRADO</p>	<p>TITULO Aplicación en el paso superior de FEVE en Golbarado (Cantabria) del uso de RPAS (drones) en inspección de estructuras.</p>	<p>TERMINO MUNICIPAL Golbarado</p>	<p>TITULO DEL PLANO Alzado Derecho</p>	<p>ESCALA 1/200</p>	<p>FECHA 10/9/21</p>	<p>PLANO N° N° 4</p>
		<p>PROVINCIA Cantabria</p>	<p>AUTOR Ana Calleja Roldán</p>			



 ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA PROYECTO FIN DE GRADO	TITULO Aplicación en el paso superior de FEVE en Golbarde (Cantabria) del uso de RPAS (drones) en inspección de estructuras.	TERMINO MUNICIPAL Golbarde	TITULO DEL PLANO Ortofoto	ESCALA 1/1500	FECHA 10/9/21	PLANO N Nº 5
		PROVINCIA Cantabria	AUTOR Ana Calleja Roldán			



 <p> ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA PROYECTO FIN DE GRADO </p>	<p> TÍTULO Aplicación en el paso superior de FEVE en Golbarado (Cantabria) del uso de RPAS (drones) en inspección de estructuras. </p>	TÉRMINO MUNICIPAL Golbarado	TÍTULO DEL PLANO Detalle Pavimento	ESCALA 1/50	FECHA 10/9/21	PLANO N° N° 6
		PROVINCIA Cantabria	AUTOR Ana Calleja Roldán			



7. Conclusiones

Con este trabajo se ha querido demostrar que los drones o RPAS pueden llevarnos a una industria más eficiente, eficaz y segura, que proteja al personal del sector. Esto no quiero decir que su uso vaya a sustituir a la mano de obra, sino que la puede complementar, ya que estas tecnologías abren un abanico de posibilidades dentro del mundo laboral.

En caso de que se diesen accidentes, las consecuencias son mínimas. En el peor de los casos el dron se precipitaría al suelo si se quedase sin batería o chocase con algo a gran velocidad.

El sistema RPAS mejora la eficacia y eficiencia reduciendo tiempo, costes y riesgos en el trabajo a realizar. Disminuye el tiempo de detección de problemas en las estructuras y previene la aparición de averías pudiendo hacerse una evaluación en mejores condiciones.

Se evitan riesgos innecesarios de intervención humana en condiciones no adecuadas, ya sean meteorológicas no favorables como por el difícil acceso.

Con el uso de RPAS se consiguen mejoras como, por ejemplo:

- Garantizar la vida útil de las estructuras
- Maximizar ingresos.
- Minimizar costes.
- Aumentar la Seguridad de las instalaciones y el trabajo que se realiza en ellas.

La generación de modelos 3D y de planos longitudinales y de alzado ha sido correcta y sin contratiempos reseñables.

No se dieron situaciones que implicasen dificultad, el tiempo fue el perfecto para realizar estos procesos, con cielos despejados y buenas temperaturas.



En cuanto a mejoras que se podrían aplicar para este tipo de proyectos, se contempla el uso de otro tipo de drones que permitan la adaptación de cámaras en la parte superior del dron, de forma que se puedan realizar mejores inspecciones de la parte inferior de las estructuras.

Siendo conscientes del coste de los equipos de RPAS profesionales, para trabajos que no precisan precisiones extremadamente elevadas, se puede sacar mucho partido a estas aeronaves.

Pese a que este paso superior ya no se utilice, quizá si en el pasado hubiesen existido los medios de los que disponemos ahora, no hubiese sido necesaria la construcción de un nuevo puente. Estos métodos están marcando un antes y un después dentro de la ingeniería civil.



8. Referencias

¿Cuántos tipos de drones existen en el mercado? (2019). Obtenido de Aerial Insights: <https://www.aerial-insights.co/blog/tipos-de-drones/>

Inspección de puentes. (s.f.). Obtenido de Drone X:
<https://www.dronexservices.com/inspeccion-de-puentes/>

Jordá Iranzo, G. J. (Septiembre de 2018). *Metodología del levantamiento en 3D de un puente con láser escáner.* Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/108852/JORDA%20-%20Metodolog%C3%ADa%20del%20levantamiento%20en%203D%20de%20un%20puente%20con%20L%C3%A1ser%20Esc%C3%A1ner.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Láser Escáner - Nube de puntos 3D. (2015). Obtenido de ESTOP:
<https://www.estop.org/fotografia-topografia-proyectos/laser-scan-nube-de-puntos-3d.php>

Láser Escáner P20. (s.f.). Obtenido de Leica:
<https://www.instop.shop/es/escaner-3d/36-laser-escaner-p20.html>

Revisión de estructuras con RPAS: Balneario de Arro. (28 de Marzo de 2016). Obtenido de ACG Drone: <https://acgdrone.com/379-revision-de-estructuras-con-rpas/>

RPAS, UAV y drones: ¿Cuáles son las diferencias? (11 de Abril de 2018). Obtenido de Universidad Internacional de Valencia:
<https://www.universidadviu.com/es/actualidad/nuestros-expertos/rpas-uav-y-drones-cuales-son-las-diferencias>

Supervisión aérea con drones de construcciones y obra civil. (s.f.). Obtenido de skydron.es: <https://www.skydron.es/supervision-drones-construccion-obra-civil/>



Tipos de RPAS. (18 de Diciembre de 2016). Obtenido de ControlDron:

<https://www.controldron.com/tipos-de-rpas/>

Vehículo aéreo no tripulado. (2 de Agosto de 2021). Obtenido de Wikipedia:

https://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo_a%C3%A9reo_no_tripulado

9. Anexos

9.1. Anexo 1: Librerías de deterioro.

Deterioro	Lib	Librería
Degradación superficial	4	Erosión superficial/ disgregación/ desagregación
Desconchones/lajas (sin armadura implicada)	1	Ejecución inadecuada / disposición inadecuada
Eflorescencias	1	Migración y depósito de sales
Humedades y filtraciones	1	Ausencia/pérdida/ deterioro del dispositivo de junta de calzada/acera
Humedades y filtraciones	4	Deterioro/ longitud insuficiente/ inadecuada ejecución/ disposición de sumideros/ gárgolas/ vierteaguas/mechinales/ goterones/ tubos de desagüe
Humedades y filtraciones	5	Ausencia de goterón
Humedades y filtraciones	6	A través de tablero (inadecuada impermeabilización/ acumulación de agua en la plataforma)
Humedades y filtraciones	8	A través de muros (inadecuada impermeabilización)
Humedades y filtraciones	9	Por capilaridad
Vegetación	1	Musgos/ líquenes adheridos al paramento
Fisuras/ grietas	904	Debida a esfuerzos de cortante

9.2. Anexo 2: Informe de apoyo de campo

Información del trabajo

Nombre del trabajo: golbardo14
 Creado: 05/14/2021 10:40:14
 Huso horario: 1h 00'
 Sistema de coordenadas: wgs84 UTM30 geo
 Programa de aplicación: LEICA Geo Office 8.3
 Versión de Firmware: 8.00
 Límite promedio (Posición): 0.0400 m
 Límite promedio (Altura): 0.0750 m

Información sist. coordenadas

Sistema de coordenadas: wgs84 UTM30 geo
 Creado: 05/14/2021 10:39:30
 Nombre de la transformación: Tipo de transformación: -
 Tipo de altura: -
 Residuales: -
 Elipsoide local: WGS 1984
 Proyección: utm30
 Modelo de geoide: No se encontró
 Modelo CSCS: -

Coordenadas GPS

Línea base	Referencia: RTCM-Ref 0014	Móvil: A100
Coordenadas WGS 84:		
Latitud:	43° 21' 20.14144" N	43° 20' 29.17085" N
Longitud:	4° 03' 20.06642" W	4° 09' 20.72699" W
Alt Elip.:	79.8145 m	127.5854 m
Calidad:	Desv. Est. Lon: 0.0045 m	
	Desv. Est. Lat: 0.0063 m Desv. Est. Alt.: 0.0104 m	
	Q Posic.: 0.0077 m	Desv. Est. geom.: 0.0042 m

Línea base	Referencia: RTCM-Ref 0014	Móvil: A100
Coordenadas WGS 84:		
Latitud:	43° 21' 20.14144" N	43° 20' 29.17082" N
Longitud:	4° 03' 20.06642" W	4° 09' 20.72688" W
Alt Elip.:	79.8145 m	127.5830 m

Calidad: Desv. Est. Lon: 0.0040 m
Desv. Est. Lat: 0.0055 m Desv. Est. Alt.: 0.0091 m

Línea base Referencia: RTCM-Ref 0014 Móvil: A101

Coordenadas WGS 84:

Latitud:	43° 21' 20.14144" N	43° 20' 28.56406" N
Longitud:	4° 03' 20.06642" W	4° 09' 19.13705" W
Alt Elip.:	79.8145 m	125.7427 m

Calidad: Desv. Est. Lon: 0.0036 m
Desv. Est. Lat: 0.0053 m Desv. Est. Alt.: 0.0079 m
Q Posic.: 0.0064 m Desv. Est. geom.: 0.0034 m

Línea base Referencia: RTCM-Ref 0014 Móvil: A101

Coordenadas WGS 84:

Latitud:	43° 21' 20.14144" N	43° 20' 28.56404" N
Longitud:	4° 03' 20.06642" W	4° 09' 19.13718" W
Alt Elip.:	79.8145 m	125.7424 m

Calidad: Desv. Est. Lon: 0.0037 m
Desv. Est. Lat: 0.0055 m Desv. Est. Alt.: 0.0081 m
Q Posic.: 0.0066 m Desv. Est. geom.: 0.0035 m

Línea base Referencia: RTCM-Ref 0014 Móvil: A102

Coordenadas WGS 84:

Latitud:	43° 21' 20.14144" N	43° 20' 28.08638" N
Longitud:	4° 03' 20.06642" W	4° 09' 16.83978" W
Alt Elip.:	79.8145 m	124.5529 m

Calidad: Desv. Est. Lon: 0.0063 m
Desv. Est. Lat: 0.0086 m Desv. Est. Alt.: 0.0135 m
Q Posic.: 0.0106 m Desv. Est. geom.: 0.0060 m

Línea base Referencia: RTCM-Ref 0014 Móvil: A102

Coordenadas WGS 84:

Latitud:	43° 21' 20.14144" N	43° 20' 28.08636" N
Longitud:	4° 03' 20.06642" W	4° 09' 16.83975" W
Alt Elip.:	79.8145 m	124.5582 m

Calidad: Desv. Est. Lon: 0.0063 m
Desv. Est. Lat: 0.0086 m Desv. Est. Alt.: 0.0136 m
Q Posic.: 0.0107 m Desv. Est. geom.: 0.0061 m

Línea base Referencia: RTCM-Ref 0014 Móvil: A107

Coordenadas WGS 84:

Latitud:	43° 21' 20.14144" N	43° 20' 26.85498" N
Longitud:	4° 03' 20.06642" W	4° 09' 18.03198" W
Alt Elip.:	79.8145 m	127.0998 m



Calidad: Desv. Est. Lon: 0.0063 m
Desv. Est. Lat: 0.0091 m Desv. Est. Alt.: 0.0137 m
Q Posic.: 0.0111 m Desv. Est. geom.: 0.0061 m

Línea base **Referencia: RTCM-Ref 0014** **Móvil: A107**

Coordenadas WGS 84:

Latitud:	43° 21' 20.14144" N	43° 20' 26.85509" N
Longitud:	4° 03' 20.06642" W	4° 09' 18.03212" W
Alt Elip.:	79.8145 m	127.0999 m

Calidad: Desv. Est. Lon: 0.0069 m
Desv. Est. Lat: 0.0100 m Desv. Est. Alt.: 0.0150 m
Q Posic.: 0.0122 m Desv. Est. geom.: 0.0067 m

Línea base **Referencia: RTCM-Ref 0014** **Móvil: A106**

Coordenadas WGS 84:

Latitud:	43° 21' 20.14144" N	43° 20' 27.73203" N
Longitud:	4° 03' 20.06642" W	4° 09' 19.63183" W
Alt Elip.:	79.8145 m	126.7722 m

Calidad: Desv. Est. Lon: 0.0047 m
Desv. Est. Lat: 0.0087 m Desv. Est. Alt.: 0.0112 m
Q Posic.: 0.0099 m Desv. Est. geom.: 0.0049 m

Línea base **Referencia: RTCM-Ref 0014** **Móvil: A106**

Coordenadas WGS 84:

Latitud:	43° 21' 20.14144" N	43° 20' 27.73193" N
Longitud:	4° 03' 20.06642" W	4° 09' 19.63192" W
Alt Elip.:	79.8145 m	126.7759 m

Calidad: Desv. Est. Lon: 0.0048 m
Desv. Est. Lat: 0.0088 m Desv. Est. Alt.: 0.0113 m
Q Posic.: 0.0100 m Desv. Est. geom.: 0.0049 m

Línea base Referencia: RTCM-Ref 0014 Móvil: A105

Coordenadas WGS 84:

Latitud:	43° 21' 20.14144" N	43° 20' 27.81814" N
Longitud:	4° 03' 20.06642" W	4° 09' 20.35979" W
Alt Elip.:	79.8145 m	126.8122 m

Calidad: Desv. Est. Lon: 0.0050 m
Desv. Est. Lat: 0.0082 m Desv. Est. Alt.: 0.0110 m
Q Posic.: 0.0096 m Desv. Est. geom.: 0.0048 m

Línea base **Referencia: RTCM-Ref 0014** **Móvil: A105**

Coordenadas WGS 84:

Latitud:	43° 21' 20.14144" N	43° 20' 27.81828" N
Longitud:	4° 03' 20.06642" W	4° 09' 20.35988" W
Alt Elip.:	79.8145 m	126.8099 m

Calidad: Desv. Est. Lon: 0.0049 m

Desv. Est. Lat: 0.0079 m Desv. Est. Alt.: 0.0106 m
Q Posic.: 0.0093 m Desv. Est. geom.: 0.0047 m

Línea base Referencia: RTCM-Ref 0014 Móvil: B101

Coordenadas WGS 84:

Latitud:	43° 21' 20.14144" N	43° 20' 27.63295" N
Longitud:	4° 03' 20.06642" W	4° 09' 19.51820" W
Alt Elip.:	79.8145 m	127.3661 m

Calidad: Desv. Est. Lon: 0.0057 m
Desv. Est. Lat: 0.0106 m Desv. Est. Alt.: 0.0126 m
Q Posic.: 0.0121 m Desv. Est. geom.: 0.0057 m

Línea base Referencia: RTCM-Ref 0014 Móvil: B101

Coordenadas WGS 84:

Latitud:	43° 21' 20.14144" N	43° 20' 27.63309" N
Longitud:	4° 03' 20.06642" W	4° 09' 19.51806" W
Alt Elip.:	79.8145 m	127.3677 m

Calidad: Desv. Est. Lon: 0.0057 m
Desv. Est. Lat: 0.0106 m Desv. Est. Alt.: 0.0125 m
Q Posic.: 0.0121 m Desv. Est. geom.: 0.0057 m

Línea base Referencia: RTCM-Ref 0014 Móvil: B101

Coordenadas WGS 84:

Latitud:	43° 21' 20.14144" N	43° 20' 27.63326" N
Longitud:	4° 03' 20.06642" W	4° 09' 19.51800" W
Alt Elip.:	79.8145 m	127.3639 m

Calidad: Desv. Est. Lon: 0.0055 m
Desv. Est. Lat: 0.0106 m Desv. Est. Alt.: 0.0126 m
Q Posic.: 0.0120 m Desv. Est. geom.: 0.0056 m

Línea base Referencia: RTCM-Ref 0014 Móvil: B102

Coordenadas WGS 84:

Latitud:	43° 21' 20.14144" N	43° 20' 26.29051" N
Longitud:	4° 03' 20.06642" W	4° 09' 20.86507" W
Alt Elip.:	79.8145 m	127.3829 m

Calidad: Desv. Est. Lon: 0.0043 m
Desv. Est. Lat: 0.0083 m Desv. Est. Alt.: 0.0094 m
Q Posic.: 0.0093 m Desv. Est. geom.: 0.0043 m

Línea base Referencia: RTCM-Ref 0014 Móvil: B102

Coordenadas WGS 84:

Latitud:	43° 21' 20.14144" N	43° 20' 26.29041" N
Longitud:	4° 03' 20.06642" W	4° 09' 20.86529" W
Alt Elip.:	79.8145 m	127.3788 m

Calidad: Desv. Est. Lon: 0.0041 m
Desv. Est. Lat: 0.0080 m Desv. Est. Alt.: 0.0090 m

Q Posic.: 0.0090 m Desv. Est. geom.: 0.0041 m

Línea base

Referencia: RTCM-Ref 0014

Móvil: B102

Coordenadas WGS 84:

Latitud:	43° 21' 20.14144" N	43° 20' 26.29037" N
Longitud:	4° 03' 20.06642" W	4° 09' 20.86521" W
Alt Elip.:	79.8145 m	127.3806 m

Calidad:

Desv. Est. Lon: 0.0043 m
Desv. Est. Lat: 0.0084 m Desv. Est. Alt.: 0.0094 m
Q Posic.: 0.0094 m Desv. Est. geom.: 0.0043 m

Línea base

Referencia: RTCM-Ref 0014

Móvil: B103

Coordenadas WGS 84:

Latitud:	43° 21' 20.14144" N	43° 20' 28.59284" N
Longitud:	4° 03' 20.06642" W	4° 09' 18.73459" W
Alt Elip.:	79.8145 m	126.1226 m

Calidad:

Desv. Est. Lon: 0.0049 m
Desv. Est. Lat: 0.0084 m Desv. Est. Alt.: 0.0106 m
Q Posic.: 0.0097 m Desv. Est. geom.: 0.0051 m

Línea base

Referencia: RTCM-Ref 0014

Móvil: B103

Coordenadas WGS 84:

Latitud:	43° 21' 20.14144" N	43° 20' 28.59291" N
Longitud:	4° 03' 20.06642" W	4° 09' 18.73462" W
Alt Elip.:	79.8145 m	126.1202 m

Calidad:

Desv. Est. Lon: 0.0048 m
Desv. Est. Lat: 0.0081 m Desv. Est. Alt.: 0.0102 m
Q Posic.: 0.0094 m Desv. Est. geom.: 0.0049 m

Línea base

Referencia: RTCM-Ref 0014

Móvil: B103

Coordenadas WGS 84:

Latitud:	43° 21' 20.14144" N	43° 20' 28.59287" N
Longitud:	4° 03' 20.06642" W	4° 09' 18.73438" W
Alt Elip.:	79.8145 m	126.1165 m

Calidad:

Desv. Est. Lon: 0.0045 m
Desv. Est. Lat: 0.0077 m Desv. Est. Alt.: 0.0097 m
Q Posic.: 0.0090 m Desv. Est. geom.: 0.0047 m

Línea base

Referencia: RTCM-Ref 0014

Móvil: A103

Coordenadas WGS 84:

Latitud:	43° 21' 20.14144" N	43° 20' 28.67804" N
Longitud:	4° 03' 20.06642" W	4° 09' 20.76058" W
Alt Elip.:	79.8145 m	130.6899 m



Calidad: Desv. Est. Lon: 0.0036 m
Desv. Est. Lat: 0.0063 m Desv. Est. Alt.: 0.0079 m
Q Posic.: 0.0072 m Desv. Est. geom.: 0.0038 m

Línea base Referencia: RTCM-Ref 0014 Móvil: A103

Coordenadas WGS 84:
Latitud: 43° 21' 20.14144" N 43° 20' 28.67796" N
Longitud: 4° 03' 20.06642" W 4° 09' 20.76055" W
Alt Elip.: 79.8145 m 130.6867 m

Calidad: Desv. Est. Lon: 0.0037 m
Desv. Est. Lat: 0.0064 m Desv. Est. Alt.: 0.0081 m
Q Posic.: 0.0074 m Desv. Est. geom.: 0.0039 m

Línea base Referencia: RTCM-Ref 0014 Móvil: CAT14

Coordenadas WGS 84:
Latitud: 43° 21' 20.14144" N 43° 20' 28.18780" N
Longitud: 4° 03' 20.06642" W 4° 09' 19.98723" W
Alt Elip.: 79.8145 m 131.9166 m

Calidad: Desv. Est. Lon: 0.0046 m
Desv. Est. Lat: 0.0080 m Desv. Est. Alt.: 0.0100 m
Q Posic.: 0.0092 m Desv. Est. geom.: 0.0048 m

Línea base Referencia: RTCM-Ref 0014 Móvil: CAT14

Coordenadas WGS 84:
Latitud: 43° 21' 20.14144" N 43° 20' 28.18775" N
Longitud: 4° 03' 20.06642" W 4° 09' 19.98721" W
Alt Elip.: 79.8145 m 131.9139 m

Calidad: Desv. Est. Lon: 0.0047 m
Desv. Est. Lat: 0.0083 m Desv. Est. Alt.: 0.0104 m
Q Posic.: 0.0095 m Desv. Est. geom.: 0.0050 m

Línea base Referencia: RTCM-Ref 0014 Móvil: CAT14

Coordenadas WGS 84:
Latitud: 43° 21' 20.14144" N 43° 20' 28.18764" N
Longitud: 4° 03' 20.06642" W 4° 09' 19.98706" W
Alt Elip.: 79.8145 m 131.9103 m

Calidad: Desv. Est. Lon: 0.0042 m
Desv. Est. Lat: 0.0074 m Desv. Est. Alt.: 0.0093 m
Q Posic.: 0.0085 m Desv. Est. geom.: 0.0045 m

Línea base Referencia: RTCM-Ref 0014 Móvil: B201

Coordenadas WGS 84:
Latitud: 43° 21' 20.14144" N 43° 20' 28.15290" N
Longitud: 4° 03' 20.06642" W 4° 09' 19.03959" W
Alt Elip.: 79.8145 m 132.3597 m

Calidad: Desv. Est. Lon: 0.0043 m
Desv. Est. Lat: 0.0076 m Desv. Est. Alt.: 0.0095 m
Q Posic.: 0.0087 m Desv. Est. geom.: 0.0045 m

Línea base Referencia: RTCM-Ref 0014 Móvil: B201

Coordenadas WGS 84:

Latitud:	43° 21' 20.14144" N	43° 20' 28.15289" N
Longitud:	4° 03' 20.06642" W	4° 09' 19.03960" W
Alt Elip.:	79.8145 m	132.3633 m

Calidad: Desv. Est. Lon: 0.0038 m
Desv. Est. Lat: 0.0068 m Desv. Est. Alt.: 0.0085 m
Q Posic.: 0.0078 m Desv. Est. geom.: 0.0041 m

Línea base Referencia: RTCM-Ref 0014 Móvil: B201

Coordenadas WGS 84:

Latitud:	43° 21' 20.14144" N	43° 20' 28.15275" N
Longitud:	4° 03' 20.06642" W	4° 09' 19.03946" W
Alt Elip.:	79.8145 m	132.3674 m

Calidad: Desv. Est. Lon: 0.0045 m
Desv. Est. Lat: 0.0081 m Desv. Est. Alt.: 0.0101 m
Q Posic.: 0.0093 m Desv. Est. geom.: 0.0048 m

Línea base Referencia: RTCM-Ref 0014 Móvil: A104

Coordenadas WGS 84:

Latitud:	43° 21' 20.14144" N	43° 20' 27.56042" N
Longitud:	4° 03' 20.06642" W	4° 09' 17.63176" W
Alt Elip.:	79.8145 m	131.4902 m

Calidad: Desv. Est. Lon: 0.0064 m
Desv. Est. Lat: 0.0114 m Desv. Est. Alt.: 0.0143 m
Q Posic.: 0.0131 m Desv. Est. geom.: 0.0069 m

Línea base Referencia: RTCM-Ref 0014 Móvil: A104

Coordenadas WGS 84:

Latitud:	43° 21' 20.14144" N	43° 20' 27.56047" N
Longitud:	4° 03' 20.06642" W	4° 09' 17.63178" W
Alt Elip.:	79.8145 m	131.4895 m

Calidad: Desv. Est. Lon: 0.0070 m
Desv. Est. Lat: 0.0126 m Desv. Est. Alt.: 0.0157 m
Q Posic.: 0.0144 m Desv. Est. geom.: 0.0075 m

Línea base Referencia: RTCM-Ref 0014 Móvil: B202

Coordenadas WGS 84:

Latitud:	43° 21' 20.14144" N	43° 20' 26.27619" N
Longitud:	4° 03' 20.06642" W	4° 09' 13.61145" W
Alt Elip.:	79.8145 m	130.6017 m



Calidad: Desv. Est. Lon: 0.0052 m
Desv. Est. Lat: 0.0084 m Desv. Est. Alt.: 0.0121 m
Q Posic.: 0.0098 m Desv. Est. geom.: 0.0051 m

Línea base **Referencia: RTCM-Ref 0014** **Móvil: B202**

Coordenadas WGS 84:

Latitud:	43° 21' 20.14144" N	43° 20' 26.27605" N
Longitud:	4° 03' 20.06642" W	4° 09' 13.61153" W
Alt Elip.:	79.8145 m	130.6100 m

Calidad: Desv. Est. Lon: 0.0055 m
Desv. Est. Lat: 0.0094 m Desv. Est. Alt.: 0.0127 m
Q Posic.: 0.0109 m Desv. Est. geom.: 0.0057 m

Línea base **Referencia: RTCM-Ref 0014** **Móvil: B202**

Coordenadas WGS 84:

Latitud:	43° 21' 20.14144" N	43° 20' 26.27605" N
Longitud:	4° 03' 20.06642" W	4° 09' 13.61133" W
Alt Elip.:	79.8145 m	130.6134 m

Calidad: Desv. Est. Lon: 0.0060 m
Desv. Est. Lat: 0.0105 m Desv. Est. Alt.: 0.0140 m
Q Posic.: 0.0121 m Desv. Est. geom.: 0.0063 m

Promedio de coordenadas y diferencias

Punto A100

Prom de coord. WGS 84

Latitud: 43° 20' 29.17083" N
 Longitud: 4° 09' 20.72693" W
 Alt Elip.: 127.5840 m
 CQ: 0.0017 m

Usar	Límite excedido	Referencia	Fecha/Hora	Dif. de Pos. [m]	Dif. de Alt. [m]	Pos. + dif. de Alt. [m]
✓		RTCM-Ref	05/14/2021 10:40:22	0.0014	-0.0014	0.0020
		0014				
✓		RTCM-Ref	05/14/2021 10:40:33	0.0011	0.0011	0.0015
		0014				

Punto A101

Prom de coord. WGS 84

Latitud: 43° 20' 28.56405" N



Longitud: 4° 09' 19.13711" W
 Alt Elip.: 125.7425 m
 CQ: 0.0015 m

Usar	Límite excedido	Referencia Fecha/Hora	Dif. de Pos. [m]	Dif. de Alt. [m]	Pos. + dif. de Alt. [m]
✓		RTCM-Ref 05/14/2021 10:46:260.0015		-0.0002	0.0015
		0014			
✓		RTCM-Ref 05/14/2021 10:46:370.0016 0014		0.0002	0.0016

Punto A102

Prom de coord. WG ÷ 84

Latitud: 43° 20' 28.08637" N
 Longitud: 4° 09' 16.83976" W
 Alt Elip.: 124.5555 m
 CQ: 0.0027 m

Usar	Límite excedido	Referencia Fecha/Hora	Dif. de Pos. [m]	Dif. de Alt. [m]	Pos. + dif. de Alt. [m]
✓		RTCM-Ref 05/14/2021 10:55:050.0004		0.0026	0.0026
		0014			
✓		RTCM-Ref 05/14/2021 10:55:210.0004 0014		-0.0026	0.0027

Punto A103

Prom de coord. WG ÷ 84

Latitud: 43° 20' 28.67800" N
 Longitud: 4° 09' 20.76057" W
 Alt Elip.: 130.6883 m
 CQ: 0.0021 m

Usar	Límite excedido	Referencia Fecha/Hora	Dif. de Pos. [m]	Dif. de Alt. [m]	Pos. + dif. de Alt. [m]
✓		RTCM-Ref 05/14/2021 11:10:010.0013		-0.0016	0.0020
		0014			
✓		RTCM-Ref 05/14/2021 11:10:120.0014		0.0016	0.0021
		0014			

Punto A104



Prom de coord. WGS 84

Latitud: 43° 20' 27.56045" N

Longitud: 4° 09' 17.63177" W

Alt Elip.: 131.4899 m

CQ: 0.0009 m

Límite Usar excedido	Referencia	Fecha/Hora	Dif. de Pos. [m]	Dif. de Alt. [m]	Pos. + dif. de Alt. [m]
✓	RTCM-Ref	05/14/2021 11:16:150.0007		-0.0004	0.0008
	0014				
✓	RTCM-Ref	05/14/2021 11:16:260.0009		0.0004	0.0010
	0014				

Punto A105

Prom de coord. WGS 84

Latitud: 43° 20' 27.81821" N

Longitud: 4° 09' 20.35983" W

Alt Elip.: 126.8110 m

CQ: 0.0027 m

Límite Usar excedido	Referencia	Fecha/Hora	Dif. de Pos. [m]	Dif. de Alt. [m]	Pos. + dif. de Alt. [m]
✓	RTCM-Ref	05/14/2021 11:00:350.0025		-0.0012	0.0028
	0014				
✓	RTCM-Ref	05/14/2021 11:00:460.0024		0.0011	0.0026
	0014				

Punto A106

Prom de coord. WG 84

Latitud: 43° 20' 27.73198" N

Longitud: 4° 09' 19.63187" W

Alt Elip.: 126.7740 m

CQ: 0.0025 m

Límite Usar excedido	Referencia	Fecha/Hora	Dif. de Pos. [m]	Dif. de Alt. [m]	Pos. + dif. de Alt. [m]
✓	RTCM-Ref	05/14/2021 10:59:280.0017		0.0018	0.0025
	0014				
✓	RTCM-Ref	05/14/2021 10:59:390.0018		-0.0019	0.0026
	0014				

Punto A107

Prom de coord. WG ÷ 84

Latitud: 43° 20' 26.85503" N
 Longitud: 4° 09' 18.03205" W
 Alt Elip.: 127.0999 m
 CQ: 0.0024 m

Usar	Límite excedido	Referencia Fecha/Hora	Dif. de Pos. [m]	Dif. de Alt. [m]	Pos. + dif. de Alt. [m]
✓		RTCM-Ref 0014	05/14/2021 10:57:530.0022	0.0001	0.0022
✓		RTCM-Ref 0014	05/14/2021 10:58:040.0026	-0.0001	0.0026

Punto B101

Prom de coord. WGS 84

Latitud: 43° 20' 27.63310" N
 Longitud: 4° 09' 19.51808" W
 Alt Elip.: 127.3659 m
 CQ: 0.0033 m

Usar	Límite excedido	Referencia Fecha/Hora	Dif. de Pos. [m]	Dif. de Alt. [m]	Pos. + dif. de Alt. [m]
✓		RTCM-Ref 0014	05/14/2021 11:03:040.0054	-0.0002	0.0054
✓		RTCM-Ref 0014	05/14/2021 11:03:160.0006	-0.0018	0.0019
✓		RTCM-Ref 0014	05/14/2021 11:03:280.0053	0.0020	0.0056

Punto B102

Prom de coord. WGS 84

Latitud: 43° 20' 26.29043" N
 Longitud: 4° 09' 20.86520" W
 Alt Elip.: 127.3807 m
 CQ: 0.0023 m

Usar	Límite excedido	Referencia Fecha/Hora	Dif. de Pos. [m]	Dif. de Alt. [m]	Pos. + dif. de Alt. [m]
------	--------------------	-----------------------	------------------	------------------	-------------------------

✓ RTCM-Ref	05/14/2021 11:05:360.0037	-0.0022	0.0043
0014			
✓ RTCM-Ref	05/14/2021 11:05:480.0023	0.0019	0.0030
0014			
✓ RTCM-Ref	05/14/2021 11:05:590.0018	0.0001	0.0018
0014			

Punto B103

Prom de coord. WGS 84

Latitud: 43° 20' 28.59287" N
 Longitud: 4° 09' 18.73452" W
 Alt Elip.: 126.1196 m
 CQ: 0.0026 m

Límite				
Usar	excedido	Referencia Fecha/Hora	Dif. de Pos. [m]	Dif. de Alt. [m]
				Pos. + dif. de Alt. [m]
✓	RTCM-Ref	05/14/2021 11:08:070.0018	-0.0030	0.0035
	0014			
✓	RTCM-Ref	05/14/2021 11:08:210.0025	-0.0006	0.0025
	0014			
✓	RTCM-Ref	05/14/2021 11:08:310.0033	0.0031	0.0045
	0014			

Punto B201

Prom de coord. WGS 84

Latitud: 43° 20' 28.15285" N
 Longitud: 4° 09' 19.03956" W
 Alt Elip.: 132.3633 m
 CQ: 0.0027 m

Límite				
Usar	excedido	Referencia Fecha/Hora	Dif. de Pos. [m]	Dif. de Alt. [m]
				Pos. + dif. de Alt. [m]
✓	RTCM-Ref	05/14/2021 11:14:440.0017	0.0036	0.0040
	0014			
✓	RTCM-Ref	05/14/2021 11:14:590.0014	0.0000	0.0014
	0014			
✓	RTCM-Ref			

0014 05/14/2021 11:15:170.0038 -0.0041 0.0056

Punto B202

Prom de coord. WGS 84

Latitud: 43° 20' 26.27611" N
 Longitud: 4° 09' 13.61145" W
 Alt Elip.: 130.6078 m
 CQ: 0.0040 m

Límite		Referencia	Fecha/Hora	Dif. de Pos. [m]	Dif. de Alt. [m]	Pos. + dif. de Alt. [m]
Usar	excedido					
✓	RTCM-Ref		05/14/2021 11:18:580.0026	0.0061	0.0066	
0014						
✓	RTCM-Ref		05/14/2021 11:19:110.0026	-0.0022	0.0034	
0014						
✓	RTCM-Ref		05/14/2021 11:19:260.0032	-0.0055	0.0064	
0014						

Punto CAT14

Prom de coord. WGS 84

Latitud: 43° 20' 28.18773" N
 Longitud: 4° 09' 19.98716" W
 Alt Elip.: 131.9134 m
 CQ: 0.0027 m

Límite		Referencia	Fecha/Hora	Dif. de Pos. [m]	Dif. de Alt. [m]	Pos. + dif. de Alt. [m]
Usar	excedido					
✓	RTCM-Ref		05/14/2021 11:12:070.0027	-0.0032	0.0042	
0014						
✓	RTCM-Ref		05/14/2021 11:12:290.0014	-0.0005	0.0015	
0014						
✓	RTCM-Ref		05/14/2021 11:12:440.0034	0.0031	0.0046	
0014						

9.3. Anexo 3: Procesado Láser Escáner

Escáner: Leica P30, 3 dianas para enlazar y georreferenciar las tomas. Ver imágenes.

A continuación, se adjuntan las imágenes de los 8 escaneados realizados con los estacionamientos.

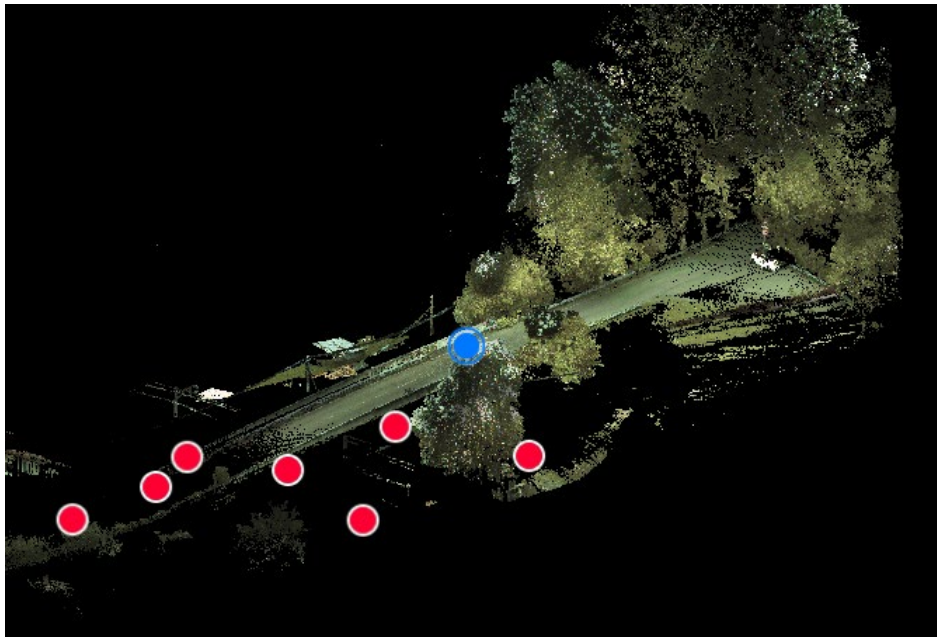


Ilustración 36- Estacionamiento 1. Tablero arriba

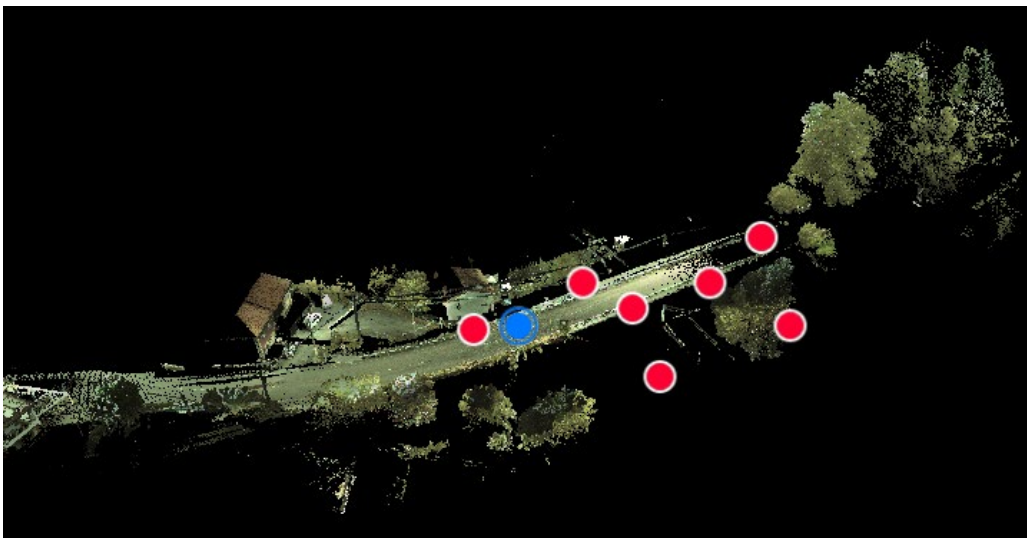


Ilustración 37- Estacionamiento 2 tablero arriba

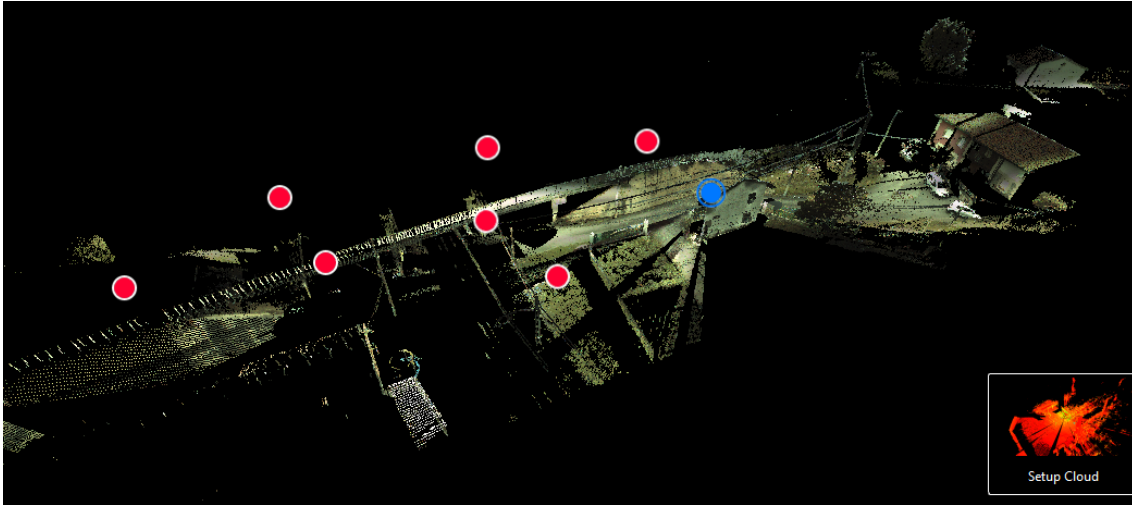


Ilustración 38- Estacionamiento 3. Bajando lateral izquierdo

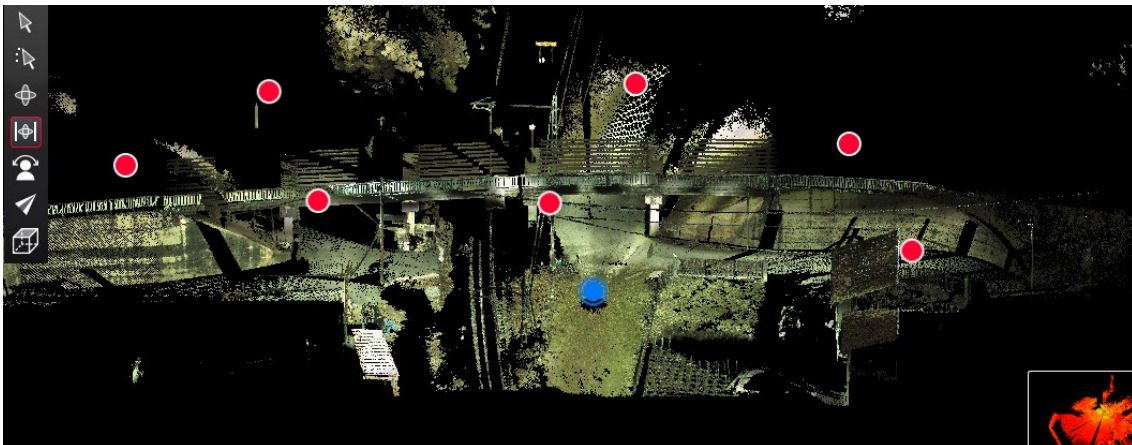


Ilustración 39- Estacionamiento 4. Frente vano 1, exterior

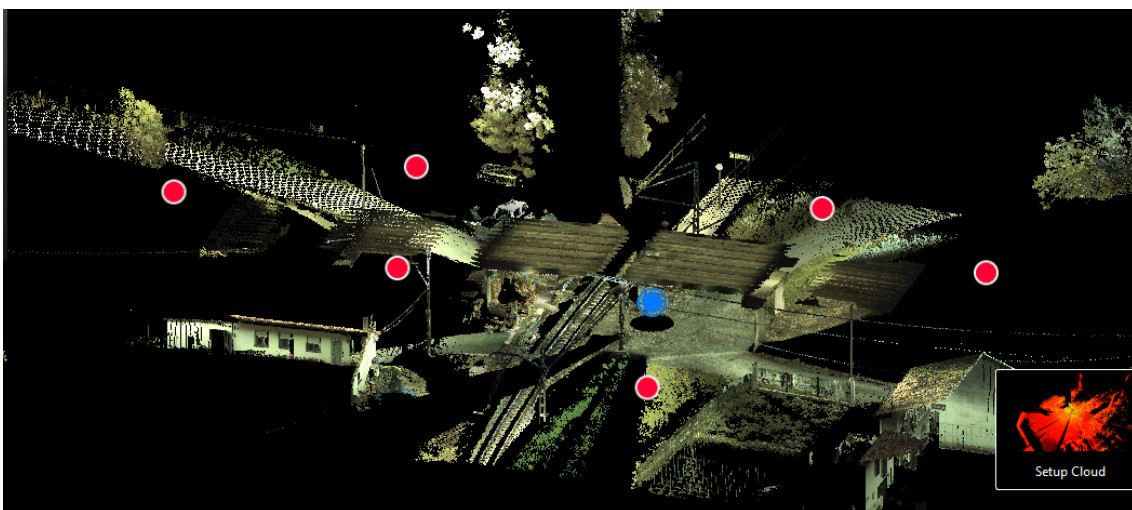


Ilustración 40- Estacionamiento 5. Debajo vano 1

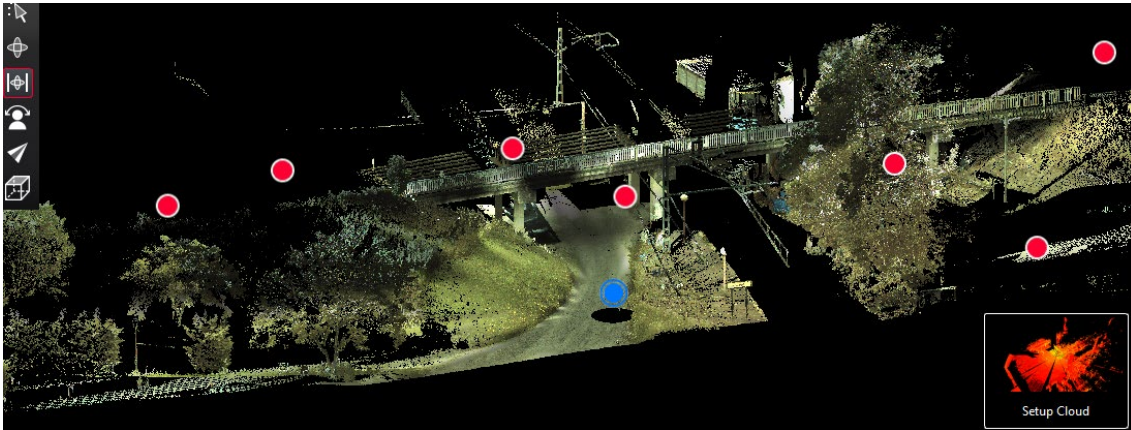


Ilustración 41- Estacionamiento 6. Vano 1, exterior derecho

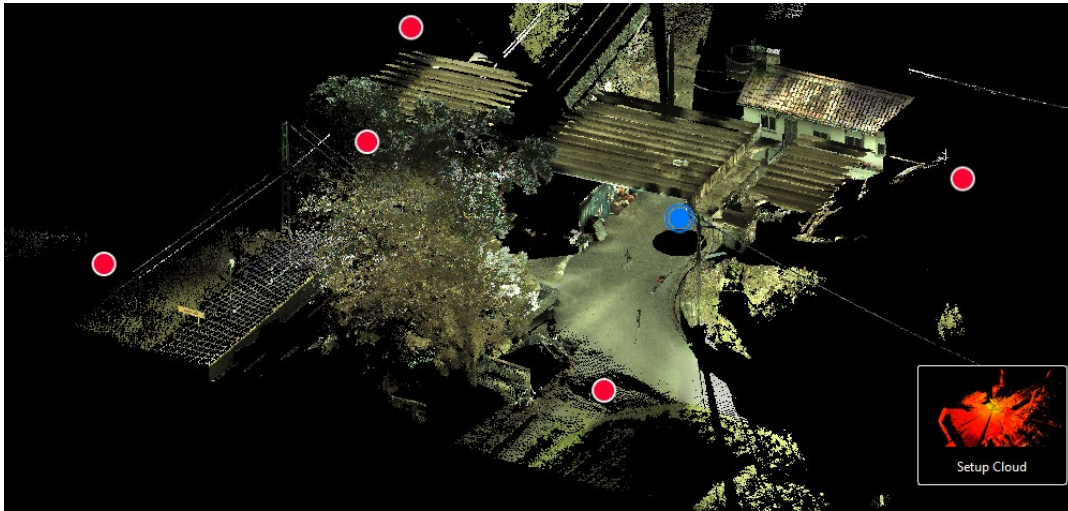


Ilustración 42- Estacionamiento 7. Vano 3. Debajo.

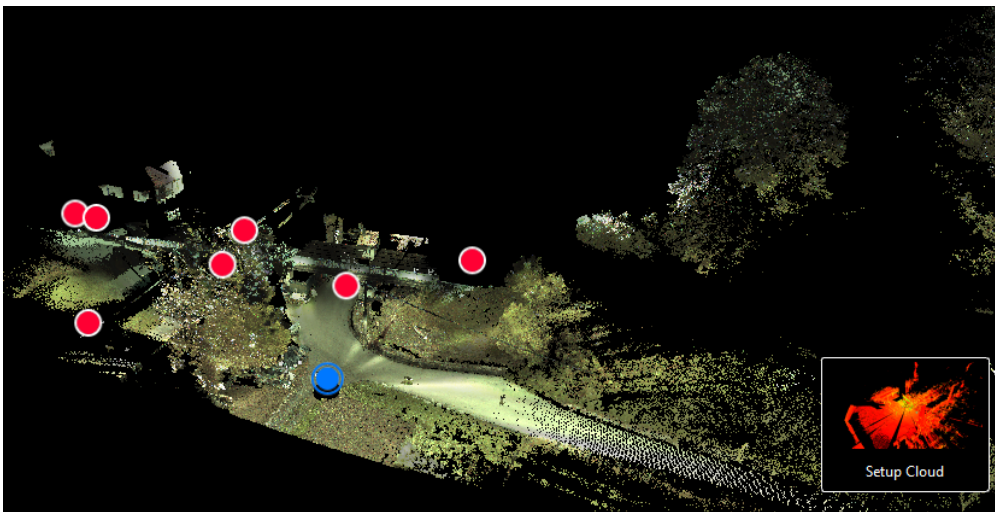


Ilustración 43- Estacionamiento 8. Vano 3. Lateral derecho.

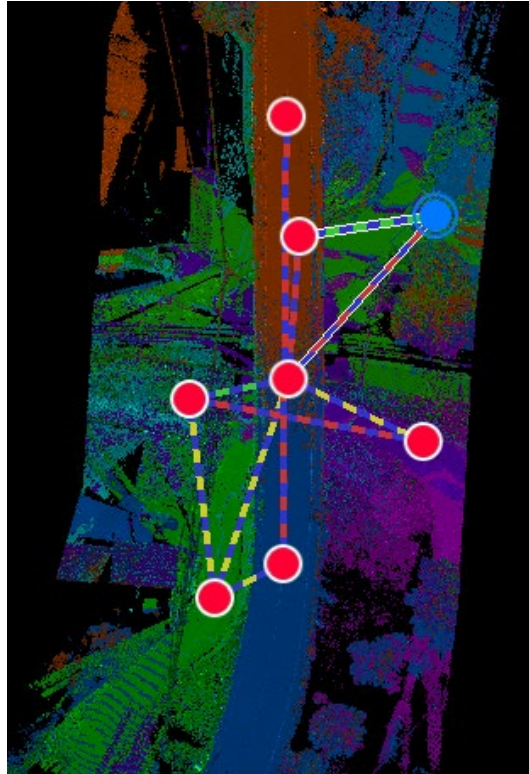


Ilustración 44- Esquema de los enlaces entre escaneados.

Resumen del ajuste. Software: Leica Register Cyclone 360

Error medio: 0.012 m