



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica,
Cartográfica y Topográfica

Escaneado, registro y georreferenciación de un centro de
transformación en la factoría de Ford

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Geomática y Topografía

AUTOR/A: Boros, Emanuel Patrician

Tutor/a: Garrido Villén, Natalia

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

**Escuela Técnica Superior de
Ingeniería Geodésica,
Cartográfica y Topográfica**

Grado en Ingeniería Geomática y Topografía

**Escaneado y georreferenciación de un centro de
transformación**

Realizado por:

Emanuel Patrician Boros

07/07/2023

1 Compromiso

"El presente documento ha sido realizado completamente por el firmante; no ha sido entregado como otro trabajo académico previo y todo el material tomado de otras fuentes ha sido convenientemente entrecomillado y citado su origen en el texto, así como referenciado en la bibliografía"

2 Contenido

1	Compromiso	2
3	Índice de ilustraciones	5
4	Índice de tablas	8
5	Agradecimientos	9
6	Resumen	10
7	Introducción.....	11
7.1	Situación y emplazamiento.	11
7.2	Instrumentación y Softwares utilizados.	12
7.3	Proyección y marco de referencia utilizados.....	15
8	Objetivos.....	16
9	Metodología.....	17
9.1	Estático relativo GNSS.....	17
9.1.1	Observaciones en campo	18
9.1.2	Postproceso y compensación.....	21
9.2	Arrastre de coordenadas	32
9.2.1	Trabajos realizados en campo.	33
9.2.2	Procesado de las mediciones en gabinete.....	36
9.3	Escaneado, registro y georreferenciación de la nube de puntos.....	39
9.3.1	Escaneado de la estructura	39
9.3.2	Registro y georreferenciación.	46
9.4	Limpieza de la nube de puntos.....	57

	4
9.4.1 Limpieza en Recap.....	57
9.4.2 Limpieza en Global Mapper Pro	59
10 Presupuesto	61
11 Objetivos de desarrollo sostenible	62
11.1 Objetivo nº7 energía asequible y no contaminante.....	63
11.2 Objetivo nº9 industria, innovación e infraestructuras.....	63
11.3 Objetivo nº12 producción y consumo responsables.	63
12 Apéndices.....	64
12.1 Levantamiento	64
12.1.1 Coordenadas de bases, puntos y estacionamientos	64
12.2 Planos.....	66
12.2.1 Plano de situación.....	66
12.2.2 Plano del levantamiento	67
12.3 Cálculo de coordenadas de las bases en postproceso	68
12.4 Registro de la nube de puntos en Scene	74
12.4.1 Informe nube de puntos coordenadas relativas	74
12.4.2 Informe nube de puntos coordenadas absolutas.....	78
13 Referencias.....	81

3 Índice de ilustraciones

Ilustración 2. Plano general de la factoría. Fuente: Departamento de Medio ambiente de Ford.....	12
Ilustración 1. Situación centro de transformación (rojo) y bases de coordenadas conocidas. Ilustración propia	12
Ilustración 3. Instrumentación empleada. Ilustración Propia.....	14
Ilustración 4. Softwares Utilizados. Ilustración propia.....	15
Ilustración 48. Conteo de satélites con GNSS Planning. Ilustración propia.....	19
Ilustración 5. Fotografías de las bases y su emplazamiento. Elaboración propia...	21
Ilustración 6. Descarga de sistema de coordenadas, modelos de geoide y CSCS. Ilustración propia	22
Ilustración 7. Creación del sistema de coordenadas del proyecto. Ilustración propia	23
Ilustración 8. Visor Infinity con las bases. Ilustración Propia	24
Ilustración 9. Parámetros de descarga de RINEX. Fuente; Página web del IGN ...	26
Ilustración 10. Acceso al servidor del ICV. Ilustración Propia	27
Ilustración 12. Creación de un set de calibración de antenas. Ilustración Propia...	28
Ilustración 11. Observables listos para procesar. Ilustración propia.	28
Ilustración 13. Parámetros de procesado. Elaboración Propia.....	29
Ilustración 14. Puntos de control constreñidos. Ilustración propia.....	30
Ilustración 16. Baselines calculadas en el Visor de Leica Infinity. Ilustración Propia	31

Ilustración 15. Resultado del procesamiento. Ilustración Propia.....	31
Ilustración 17. Coordenadas WGS84 y UTM ajustadas. Ilustración Propia.....	32
Ilustración 19. Arrastre de coordenadas de las bases. Ilustración propia.....	34
Ilustración 20. Croquis del levantamiento de puntos de control. Ilustración propia.	35
Ilustración 21. Selección del tipo de orientación. Ilustración Propia.	37
Ilustración 22. Orientación a las bases ajustadas. Ilustración Propia.	37
Ilustración 23. Desplazamiento de los puntos de orientación. Ilustración propia. .	38
Ilustración 26. Selección del perfil. Ilustración Propia.....	41
Ilustración 25. Escaneado a color. Ilustración propia.	41
Ilustración 24. Selección de sensores. Ilustración propia.	41
Ilustración 27. Distribución de esferas en un escaneo. Ilustración Propia.....	42
Ilustración 33. Materialización de los 4 puntos de control. Ilustración Propia.....	43
Ilustración 28. Escaneado del interior. Ilustración propia.....	44
Ilustración 29. Posición de las clemas. Ilustración propia.	45
Ilustración 30. Vista perspectiva del escáner. Ilustración propia.	46
Ilustración 31. Procesado de escaneos. Ilustración Propia.	48
Ilustración 34. Visualización del escaneo. Ilustración Propia.....	49
Ilustración 35. Renombre de esferas. Ilustración Propia	49
Ilustración 37. Registro por esferas. Ilustración Propia.	51
Ilustración 36. Registro automático. Ilustración Propia.....	51

Ilustración 38. Resultados del registro del exterior de la estructura. Ilustración Propia.....	52
Ilustración 40. Resultados del escaneo de los armarios. Ilustración propia.....	53
Ilustración 39. Resultados del registro en el interior de la estructura. Ilustración propia.	53
Ilustración 42. Cluster Nexo y sus precisiones. Ilustración Propia.....	54
Ilustración 42. Nube de puntos en coordenadas relativas. Ilustración Propia.	55
Ilustración 43A. Esquema de los escaneos. Ilustración propia.....	56
Ilustración 44A. Exportación de la nube de puntos en coordenadas absolutas. Ilustración Propia.	56
Ilustración 43B. Limpieza de puntos en Recap. Ilustración propia.	57
Ilustración 44. Resultado limpieza de la nube en Recap. Ilustración propia.	58
Ilustración 45. Configuración de los perfiles transversales. Ilustración Propia.....	60
Ilustración 46. Limpieza de un perfil transversal del eje. Ilustración propia.....	60

4 Índice de tablas

Tabla 1. Listado de coordenadas geográficas. Elaboración Propia.....	16
Tabla 2. Listado de coordenadas ETRS89 UTM H30. Elaboración Propia.....	16
Tabla 3. Comparación intervalos horarios. Elaboración Propia.....	25
Tabla 4. Leyenda del levantamiento realizado. Elaboración propia.	35
Tabla 5. Alturas de antenas de las bases. Elaboración propia.....	36
Tabla 6. Coordenadas de los puntos de control en ETRS89. Elaboración propia...	39
Tabla 7. Costes directos del proyecto. Elaboración Propia.....	62
Tabla 8. Presupuesto final del proyecto. Elaboración Propia	62

o

5 Agradecimientos

Se agradece encarecidamente tanto al cliente por la confianza como a la compañía NOVA CARTOGRAFÍA, siendo los instrumentos utilizados prestados por esta última, haciendo posible la elaboración de este trabajo de fin de grado.

6 Resumen

El objetivo de este trabajo se basa en la obtención de una nube de puntos, con una precisión centimétrica, de una estructura situada en el tejado de una de las naves de la factoría de Ford, localizada en el municipio de Almussafes (Valencia). El cliente es la compañía ISOTRON, encargada de cubrir las demandas eléctricas de toda la fábrica. Dicha nube de puntos debe venir georreferenciada en coordenadas ETRS89, limpia de ruido y en un fichero estándar de nubes de puntos ya sea .las, .laz o .e57.

Los instrumentos y softwares implicados en la elaboración del proyecto van desde tecnología láser escáner para obtener la nube de puntos, a instrumentos de topografía clásica como estación total o equipos GNSS. En cuanto a los softwares, Scene y Recap fueron los dos utilizados para el tratamiento de la nube de puntos, Leica Infinity para las técnicas de Topografía y Excel para la elaboración de tablas.

Dicho proyecto ha servido para poner en uso varias de las enseñanzas obtenidas a lo largo del grado y la adquisición de una gran cantidad de conocimiento tanto de trabajo de campo como de oficina técnica.

7 Introducción

Hoy en día, cada vez es más utilizada la tecnología de láser escáner. Ya sea para obtener simplemente una nube de puntos, o incluso hasta hacer uso del llamado “Scan to BIM”. Dicha técnica ha emergido mucho en los últimos tiempos, debido al auge de los organismos públicos que requieren el uso de BIM en sus proyectos (Muñoz, s.f.), siendo el presente Trabajo Final de Grado uno de ellos, ya que en un futuro la nube de puntos tomada se modelará en Revit para obtener un modelo en BIM del centro de transformación. Aunque en este momento no se llevará a cabo el modelado con Revit, esta información proporcionada por el cliente es de vital importancia, ya que condicionará la forma en la que se habrá de abordar el trabajo. Pensando en el futuro modelo de Revit, se hizo hincapié en que, a la hora de la entrega de la nube de puntos, ésta debe encontrarse completamente limpia, ausente de ruido, debe llevar asociadas imágenes a color RGB de alta resolución de la zona y tener nivel de definición que permita identificar todos los elementos en la nube de puntos 3D.

7.1 Situación y emplazamiento.

El encargo solicitado es la realización del levantamiento topográfico de un centro de transformación ubicado en la terraza de la nave de pinturas (*Ilustración 2*), correspondiente a la planta 4, situada en una zona central de la fábrica según el plano general de la factoría de Ford (Departamento de Medio ambiente de Ford) en Almussafes, Comunidad Valenciana, España. Se muestra en la *Ilustración 1* el área de todo el conjunto a escanear y su emplazamiento en el plano.



*Ilustración 1. Situación centro de transformación (rojo) y bases de coordenadas conocidas.
Ilustración propia*

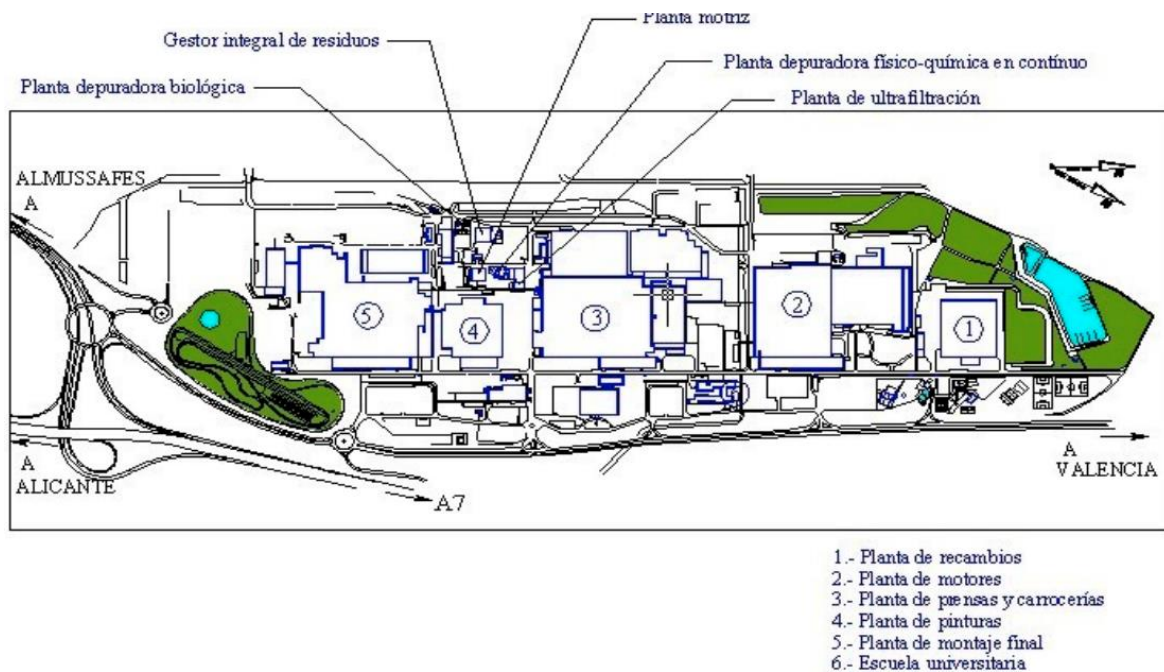


Ilustración 2. Plano general de la factoría. Fuente: Departamento de Medio ambiente de Ford

7.2 Instrumentación y Softwares utilizados.

Para la ejecución de trabajos de campo de este proyecto, se ha utilizado la siguiente instrumentación:

- 1 estación total, modelo TS16 de la serie Captivate de Leica Geosystems.

- 1 equipo GNSS bifrecuencia compuesto por una antena con el receptor integrado, y su correspondiente controladora, modelo GS16 de la serie captivate de Leica Geosystems.
- 1 láser escáner, modelo S70 de la casa FARO.
- 6 dianas esféricas de 139 mm de diámetro para referenciar escaneos.
- Material topográfico auxiliar como trípode de metal, trípode de fibra de carbono, jalón de fibra de carbono, etc.

Tanto el equipo GNSS como la estación total, se han usado para georreferenciar la nube de puntos, utilizando tanto técnicas GNSS como técnicas de topografía clásica.

En lo referente al láser escáner, su función ha sido capturar datos para obtener la nube de puntos. En su configuración, se ha ajustado una resolución de 5mm a 10 metros, debido a que no se han tomado datos a grandes distancias (de 1 a 3 metros de media) forzando así al aparato a enfocarse en elementos cercanos a él. El láser escáner mencionado tiene un alcance de 70 metros y una precisión de hasta 2.5 mm a 25 metros (FARO).

Entre el material topográfico auxiliar, se ha de destacar el trípode de fibra de carbono, cuyo uso fue específicamente demandado por el cliente debido a la electricidad estática existente en el centro de transformación. Este trípode se empleó para nivelar el láser escáner dentro y fuera de la estructura. Obsérvense todos estos instrumentos en la ***Ilustración 3.***



Ilustración 3. Instrumentación empleada. Ilustración Propia.

Para el tratamiento y postproceso de los datos se han utilizado principalmente los siguientes softwares:

- Leica Infinity, para el postproceso de las observaciones estáticas GNSS y la obtención de las coordenadas de los puntos de control de la nube de puntos.
- FilleZilla client, con el cual se obtuvieron las efemérides de la antena GNSS VCIA de ERVA.
- Scene, usado para llevar a cabo el registro y georreferenciación de la nube de puntos.
- Civil 3D, utilizado en la comprobación de las coordenadas de la nube con sus puntos de control y la elaboración el mapa final.

- Autodesk Recap, se utilizó como visor de la nube de puntos, ya que permite hacer secciones en todos los ejes. También se utilizó para su primera limpieza, quitando el ruido más notorio y los elementos colindantes innecesarios.
- Global mapper, dado su capacidad de elaborar perfiles transversales se ha utilizado para dar una limpieza a detalle de la nube de puntos.

Todos estos softwares se han podido utilizar ya sea gracias a las licencias de estudiantes suministradas por la Universitat Politècnica de València, o a versiones de prueba gratuitas suministradas por los diferentes desarrolladores. Dichos programas se pueden observar en la *Ilustración 4*.



Ilustración 4. Softwares Utilizados. Ilustración propia

7.3 Proyección y marco de referencia utilizados.

Para la ejecución y cálculo de los trabajos, a petición del cliente, se ha utilizado la proyección oficial en España, Universal Transversa de Mercator (UTM), Huso 30.

Como sistema de referencia geodésico se ha empleado también el sistema oficial, ETRS89, definido por el elipsoide GRS80, con origen de longitudes Greenwich y origen de latitudes referidas al Ecuador y siendo el origen de altitudes el nivel medio del mar en Alicante.

Para realizar el enlace al marco de referencia se han utilizado dos estaciones permanentes GNSS, la estación VALE del Instituto Geográfico Nacional y la estación VCIA del Instituto Cartográfico Valenciano, véanse sus coordenadas geográficas en la *Tabla 1* y sus coordenadas en proyección en la *Tabla 2*.

COORDENADAS GEOGRÁFICAS VÉRTICES GNSS			
ID	Latitud	Longitud	Altura Elipsoidal
VALE	39° 28' 50.97025"	-0° 20' 15.54418"	77.559
VCIA	39° 26' 08.54508"	-0° 20' 38.05808"	62.928

Tabla 1. Listado de coordenadas geográficas. Elaboración Propia

COORDENADAS ETRS89 UTM HUSO 30			
ID	X	Y	Z Ortométrica
VALE	728984964	4373520432	27.625
VCIA	728594657	4368496301	12.994

Tabla 2. Listado de coordenadas ETRS89 UTM H30. Elaboración Propia

8 Objetivos

Como ya se especificó en el resumen, el propósito final es entregar al cliente una nube de puntos precisa, limpia y georreferenciada. Para ello se han establecido los siguientes objetivos:

- 1- Realizar una serie de observaciones en posicionamiento estático relativo las cuales, mediante su postproceso y compensación en gabinete sirvan para obtener las coordenadas precisas de 3 bases.
- 2- Arrastrar las coordenadas de las bases a los puntos de control mediante técnicas de topografía clásicas.
- 3- Capturar una nube de puntos 3D utilizando la tecnología del escaneado láser.
- 4- Registrar, georreferenciar y limpiar la nube de puntos obtenida.

Anteriormente también se hizo hincapié de que dicha nube de puntos debía tener suficiente calidad y precisión como para poder ser utilizada como modelo de delineación en Revit, software mediante el cual se diseñará e implementará una nueva estructura para mejorar la eficiencia energética del centro de transformación. Razón por la cual era obligatorio capturar, con precisión centimétrica, la posición de los tornillos de una serie de clemas metálicas localizadas dentro de dos armarios de alta tensión en el interior de la estructura.

9 Metodología

En este apartado se explicará cómo se ha elaborado el proyecto, partiendo de la toma de datos en campo, para la que se deberá poner atención tanto en la configuración de los equipos como en la organización de las tareas; continuando con el posterior trabajo en gabinete, y la preparación para la entrega del producto final al cliente.

9.1 Estático relativo GNSS

El posicionamiento estático relativo, es el que se emplea en Geodesia y Topografía de precisión, consiste en estacionar varios receptores en diferentes vértices y con tiempos de observación variables en función de las longitudes de las baselíneas. Para distancias cortas, de menos de 20 km, el tiempo de observación será de alrededor de 1 hora; para distancias medias, de 20-50 km, las observaciones serán de 2-3 horas.

El estático rápido es un posicionamiento estático con periodos más cortos de observación, que es viable siempre que se trate de distancias más cortas de baselíneas.

(Garrido-Villén)

9.1.1 Observaciones en campo

Se implantaron un total de 3 Bases de Replanteo, denominadas BR001, BR002 y BR003, repartidas equitativamente a lo largo del área exterior de la terraza de la nave de pinturas.

Para la observación en campo de las Bases de Replanteo se han empleado técnicas GNSS bifrecuencia (L1+L2) basadas en el método de observación GNSS Estático Rápido. Se eligió dicha técnica para las observaciones debido a que, al tratarse de líneas bases cortas son posibles observaciones de poca duración, de 15 minutos en adelante, ofreciendo una exactitud media-alta y una precisión sub-centimétrica, cumpliéndose las especificaciones de este proyecto.

La observación se programó empleando un receptor móvil. El citado receptor se preparó previamente en gabinete para realizar observaciones estáticas, por lo que la observación propiamente dicha consistió simplemente en llegar al emplazamiento, encender el equipo, configurar el vértice a tomar y empezar a medir. Una vez finalizada la medición, se apagaba el receptor y los datos quedaron registrados en una tarjeta SD. Además de otros datos como la altura de antena, es importante también apuntar la hora de encendido y apagado del equipo en cada una de las bases, debido a que posteriormente, a la hora de descargar los ficheros RINEX de las estaciones permanentes, deberemos conocer el intervalo de observación para descargar los datos correctos.

El receptor móvil se fue trasladando para así ir observando la totalidad de las Bases de Replanteo, quedando así todos los vértices birradiados desde las dos bases GNSS que se considerarán fijas, las estaciones permanentes mencionadas.

Mediante un ajuste se calcularon las coordenadas de las tres bases observadas, BR001, BR002 y BR003.

El tiempo de observación empleado en cada observación varió en función de la longitud de la base línea. En este caso, al ser un receptor bifrecuencia, el tiempo de observación sigue la siguiente fórmula (Comisión de cartografía de Andalucía, 2011):

$$\text{Tiempo de observación} = 5 \text{ min.} + 0.5 \text{ min/Km}$$

Teniendo en cuenta esta fórmula, en Google Earth se calculó una distancia aproximada de 19.1 Km a la antena más lejana que corresponde a VALE, localizada en la Universitat Politècnica de València, redondeándose a 20 Km. Despejando en la fórmula anteriormente mencionada corresponde a un tiempo de observación de 15 min, donde se tomó la decisión de expandirlo a 20 para obtener unas mejores observaciones.

En cuanto al número de satélites visibles, siempre se intentó tener a disposición y mínimo de 5 satélites para el cálculo de la observación. Para ello se utilizó la aplicación “Trimble GNSS Planning” como puede verse en la **Ilustración 48**:

The screenshot shows the Trimble GNSS Planning Online interface. On the left, there is a 'Selección de satélites' section with a table of satellite systems and their status. On the right, there is a 'Configuración' section with various input fields for location, time, and mask.

Sistema activo	Seleccionado	Operativo
GPS	31	31
GLONASS	23	23
Galileo	26	26
BeiDou	46	46
QZSS	4	4

Su Configuración

Hora de almanaque: 2023-04-11
Huso Horario: UTC +00:00
Intervalo visible: 2023-04-11 10:00 - 2023-04-11 16:00
Latitud: N 39° 19' 3.55"
Longitud: W 0° 24' 51.54"
Altura: 69 m
Máscara: 10 °

Configuración

Latitud: N 39° 19' 3.55"
Longitud: W 0° 24' 51.54"
Altura: 69,44 m
Máscara: 10 °
Dia: 11/04/2023
Tiempo de inicio: 10:00 UTC +00:00
Intervalo de tiempo [horas]: 6
Huso Horario: (UTC) Coordinated Universal Time

Ilustración 48. Conteo de satélites con GNSS Planning. Ilustración propia.

El valor de la máscara de elevación, observado en la ilustración anterior corresponde al ángulo mínimo por encima del horizonte en el que debe encontrarse un

satélite para ser utilizado en las observaciones. Este es un valor muy importante, ya que se debe ajustar teniendo en cuenta que las edificaciones u otros elementos de alrededor no interfieran en la calidad de la señal satelital (Comisión de cartografía de Andalucía, 2011). En este caso, en las inmediaciones de la ubicación de la antena en el momento de las tomas no existían grandes edificaciones u otros elementos, sin embargo, no se consideró correcto imponer un valor muy pequeño debido a que los satélites que estén muy cerca del horizonte pueden presentar un mayor retardo troposférico, que es la difracción de la señal GNSS debido a que la señal en su viaje del satélite a la antena cruza el vacío, pero también la atmósfera, y el espesor de esta para satélites de baja elevación es mayor. Teniendo esto en cuenta, el parámetro de la máscara de elevación se ajustó a 15 grados,

Para tener una buena exactitud posicional, fue también necesario hacer un seguimiento a parámetros como el valor GDOP. Dicho valor informa sobre la calidad de la observación en términos de posición y tiempo. Este valor será importante considerarlo lo más bajo posible, siendo 1 el valor ideal. Para este proyecto se ha mantenido un valor GDOP igual o inferior a 5, el cual está calificado como un valor bueno (Comisión de cartografía de Andalucía, 2011).

De todos estos procesos se ha ido recabando información en fotografías. En la **Ilustración 5**, se pueden observar 3 fotografías por cada base, correspondiendo al momento de la toma, una fotografía en detalle del punto y una fotografía general.



Ilustración 5. Fotografías de las bases y su emplazamiento. Elaboración propia.

9.1.2 Postproceso y compensación

Tras en el apartado anterior explicar cómo se han realizado las observaciones de las bases en campo, en este se va a tratar cómo realizar el cálculo y compensación de las coordenadas de las bases y la obtención de los valores de las líneas base mediante el software Leica Infinity. La metodología a seguir y las explicaciones de algunos pasos han sido consultadas en el manual de cálculo y compensación de redes GNSS con Leica Infinity de la asignatura de Geodesia Espacial (Garrido-Villén).

El primer paso consiste en descargar los datos crudos del receptor GNSS, dichos datos crudos vienen en formato .dbx, el cual es propio de instrumentos Leica y puede

variar según el tipo de dispositivo y software de procesado. Para la extracción de dichos datos simplemente hay que extraer la tarjeta SD de la antena utilizada y copiarlos en una carpeta del ordenador donde se vayan a procesar. Una vez obtenidos los datos se deberán importar a Infinity, para tener acceso a los datos de observación. Para importarlos primeramente se deberá crear un proyecto y configurarlo acorde a nuestro trabajo.

Creación y configuración del proyecto. La creación del proyecto se realiza en la página principal del software, donde habrá que especificarle un nombre y un directorio. Ya creado el proyecto, lo siguiente que habrá que hacer es descargar el sistema de coordenadas, modelos de geoides y CSCS (este último no se va a utilizar). Esto se hará desde la pestaña **tools > Coordinate System > Localise >** en location seleccionamos Spain (central) > marcamos todo > Download, también se puede observar en la **Ilustración 6**.

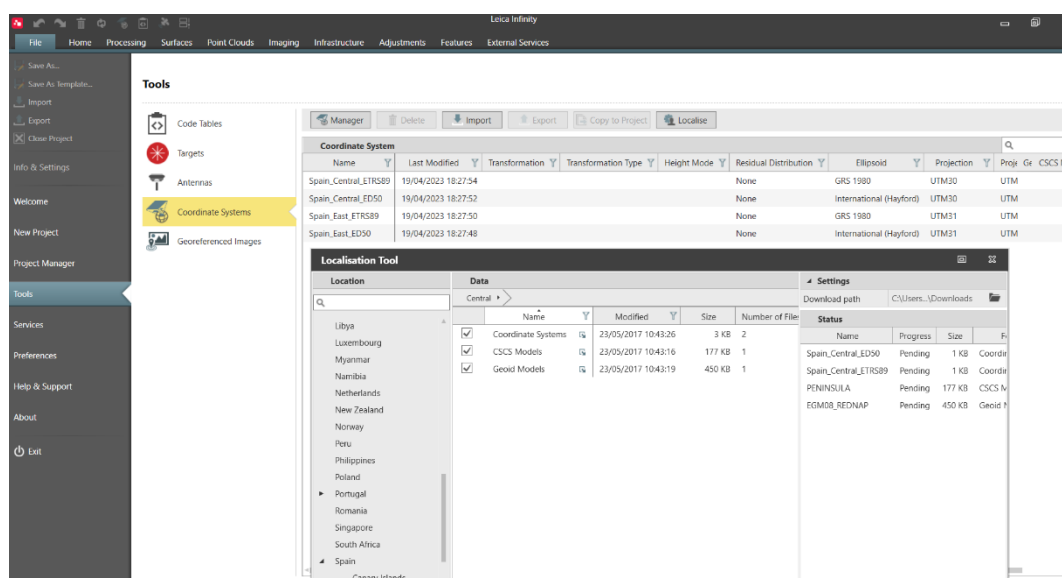


Ilustración 6. Descarga de sistema de coordenadas, modelos de geoides y CSCS. Ilustración propia

Una vez descargados, como el elipsoide local y geoides ya venía definido a priori y corresponden a los que se van a utilizar, ya se puede crear el sistema de coordenadas del proyecto. Esto se hará desde la misma pestaña, pulsando en manager se abrirá la ventana de gestión de sistema de coordenadas. En la **Ilustración 7** se observa que ya hay algunos

creados anteriormente, pero aun así se ha creado otro desde el principio, por si estos venían con algún error. Simplemente se le dio el nombre de ETRS89 UTM30N, y desde la ventana de propiedades se seleccionó el elipsoide local y modelo del geoid, correspondiendo al GRS1980 y EGM08_RED NAP respetivamente.

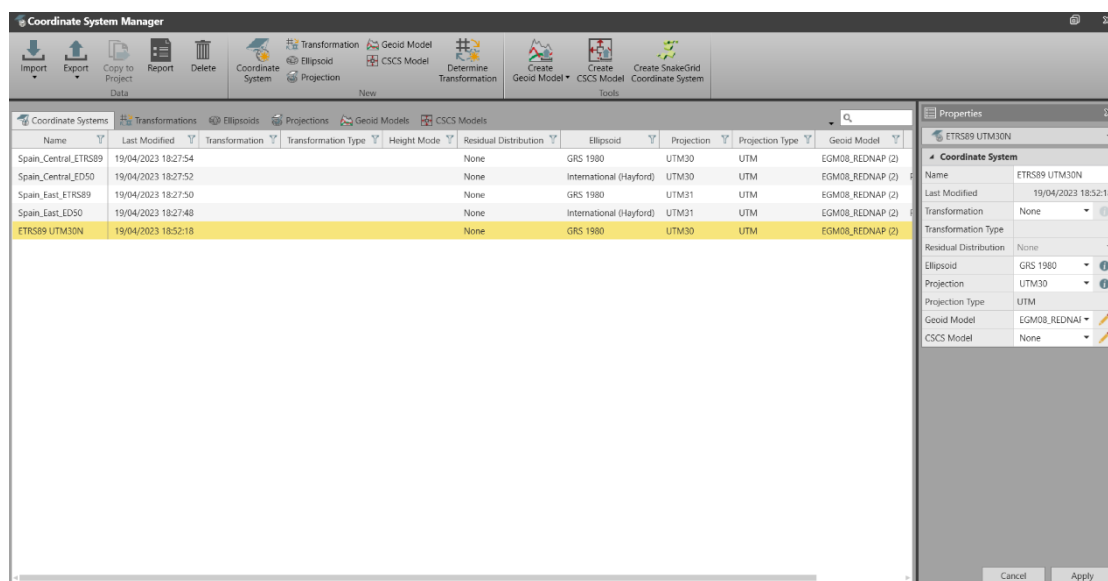


Ilustración 7. Creación del sistema de coordenadas del proyecto. Ilustración propia

Con el sistema de coordenadas ya creado, se puede proceder a la importación de todos los archivos necesarios para empezar el procesamiento, que son los datos crudos, los archivos RINEX de las dos estaciones permanentes utilizadas para el cálculo y las efemérides precisas. Esto se hará desde la pestaña Import, se seleccionará en el directorio el fichero de cabecera de las observaciones. Con esto, las bases tomadas ya son precisadas en pantalla y en el visor, pudiendo así empezar a trabajar con ellas (*Ilustración 8*).

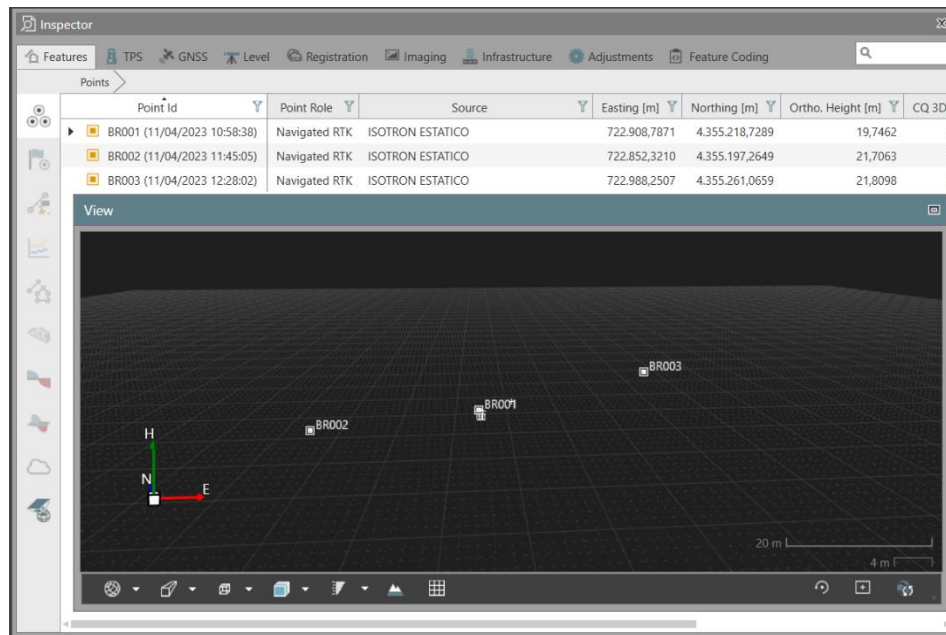


Ilustración 8. Visor Infinity con las bases. Ilustración Propia

Descarga de los ficheros RINEX. El siguiente paso consta de la descarga de los archivos RINEX de las dos estaciones permanentes a las que se ha observado durante la realización del estático. Al ser dos estaciones de distintos organismos, una perteneciente al Instituto Geográfico Nacional (VALE) y otra perteneciente al Instituto Cartográfico Valenciano (VCIA), los RINEX se obtendrán de distinta forma cada uno. La versión utilizada de RINEX ha sido la 3.0, que es la versión más moderna y que puede ser utilizada por Leica Infinity. Es posible utilizar de igual modo una versión anterior de RINEX, pero en este caso se utilizó la última.

Para obtener los ficheros de la estación VALE, se ha de utilizar la página web suministrada por el IGN: [Descarga de ficheros RINEX - Instituto Geográfico Nacional \(ign.es\)](https://ign.es) (Instituto Geográfico Nacional, s.f.), en donde habrá que seleccionar la estación permanente previamente mencionada, elegir el día de observación, el intervalo de observación y el intervalo entre observaciones.

Estos parámetros serán seleccionados conforme a nuestro estático. En el caso del intervalo de observación se refiere a la temporalidad de los datos RINEX, si se elige Horarias, se está descargando un fichero de intervalo entre una hora y otra, la cual se tendrá que especificar. El horario exacto de la medición se puede conocer de dos formas, la más segura es apuntando el inicio y final de la medición en campo, como se explicó anteriormente. Si no se hizo este proceso, una vez se carguen los archivos de las mediciones en Leica Infinity, también aparece cuando empezó y cuando terminó. En base a esto se debe elegir la temporalidad horaria, pero hay que prestar especial atención en que se especifica que la hora viene en UTC, por lo que se debe elegir un intervalo de aproximadamente 2 horas menos que el intervalo de nuestro estático. Esto viene mejor explicado en la **tabla 3**, donde la primera columna corresponde a las bases, la segunda columna a las horas en las que empezó y terminó la medición, tercera columna el intervalo horario en el que se encuentra la medición y cuarta columna el intervalo horario en hora UTC, los intervalos de esta última columna son los que se utilizaron para descargar los RINEX:

Intervalo horario			
Base	Hora medición	Intervalo Hora	Intervalo UTC
BR001	11:21 - 11:58	11:00 - 12:00	09:00 - 10:00
BR002	12:08 - 12:45	12:00 - 13:00	10:00 - 11:00
BR003	12:51 - 13:28	13:00 - 14:00	11:00 - 12:00

Tabla 3. Comparación intervalos horarios. Elaboración Propia

El último parámetro viene programado en la medición de la antena GNSS, y para la obtención de una mayor densidad de datos se suele optar por un intervalo entre observaciones de 1 segundo, como es el caso.

Una vez ajustados estos parámetros, aparecerán en datos solicitados y debajo de ellos, los ficheros de RINEX a descargar. También se pueden descargar las efemérides de GPS, Glonass y Galileo. Esto se puede observar en la *ilustración 9*:

1. Selección estación

2. Selección día

3. Selección intervalo de observación

11/04/2023

Horarias (sólo disponibles últimos 90 días)
 Diarias a 30 segundos

Intervalo entre observaciones:
 1 segundo
 Selección de hora UTC:
 10 h. - 11 h.

Datos solicitados

Nombre de Estación: VALE

Fecha: 11/04/2023

Observaciones: Horarias a 1 segundo En el intervalo: [10 h. - 11 h.]

Buscar

Resultados (NOTA: no todos los ficheros dispuestos están disponibles)

Observaciones	https://datos-geodesia.ign.es/ERGNSS/horario_1s/20230411/10/VALE00ESP_R_20231011000_01H_01S_MO.rnx.gz
Efemérides GPS	https://datos-geodesia.ign.es/ERGNSS/horario_1s/20230411/10/VALE00ESP_R_20231011000_01H_01H_RMC.gz
Efemérides GLOPASS	https://datos-geodesia.ign.es/ERGNSS/horario_1s/20230411/10/VALE00ESP_R_20231011000_01H_01H_RMC.gz
Efemérides GALILEO	https://datos-geodesia.ign.es/ERGNSS/horario_1s/20230411/10/VALE00ESP_R_20231011000_01H_01H_EN.rnx.gz

Ilustración 9. Parámetros de descarga de RINEX. Fuente; Página web del IGN

Ya obtenidos los ficheros RINEX de la estación permanente VALE, ahora es el turno de descargar los correspondientes a VCIA. En este caso el ICV no tiene disponible un portal para la descarga de los datos, por lo que será necesario recurrir al software FilleZilla Client. El primer paso será realizar una conexión ftp al servidor del ICV, para ello habrá que especificar el nombre del servidor, el nombre del usuario, una contraseña y el puerto 990. Todos estos datos se pueden obtener de la propia web del ICV. Todo esto se puede observar en la *Ilustración 10*.

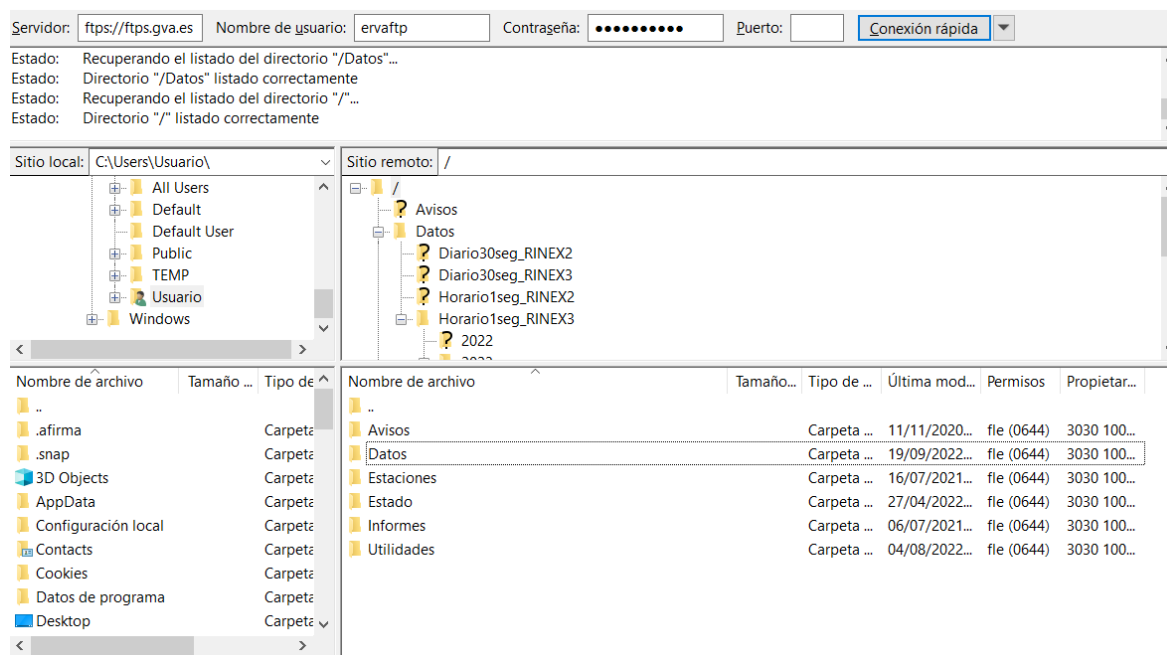


Ilustración 10. Acceso al servidor del ICV. Ilustración Propia

Una vez conectados tendremos que dirigirnos a Datos > Horario1seg_RINEX3 > 20230411 (Fecha correspondiente al trabajo en AÑO_MES_DÍA) y buscar los ficheros con el mismo nombre que los que descargamos de la estación VALE. Una vez encontrados se han de guardar en un directorio de nuestro ordenador y ya estarían disponibles todos los RINEX necesarios para el procesado del estático.

Procesado de las observaciones en Leica Infinity.

El primer paso será la importación tanto de los ficheros RINEX, anteriormente mencionados, como de los archivos de efemérides precisas .SP3 obtenidos de la web de la IGS.

Una vez importados los datos, se deberá asignar a las estaciones permanentes la condición de fijas. Por otro lado, se configurarán las líneasbases a procesar de modo que los vértices fijos (estaciones de referencia) serán tratados como “referencia” (rojo) y los vértices a calcular lo serán como “móvil” (verde). Esto propiciará que se generen líneasbases desde los vértices fijos a los aproximados. Esto lo haremos desde la ventana Processing, se ha de seleccionar el observable y pulsando en Rover(móvil) o

Reference(fijo) se adjudica un tipo. Una vez asignado esto a los datos ya se dispondrá de los datos necesarios para empezar a procesar (*Ilustración 11*):

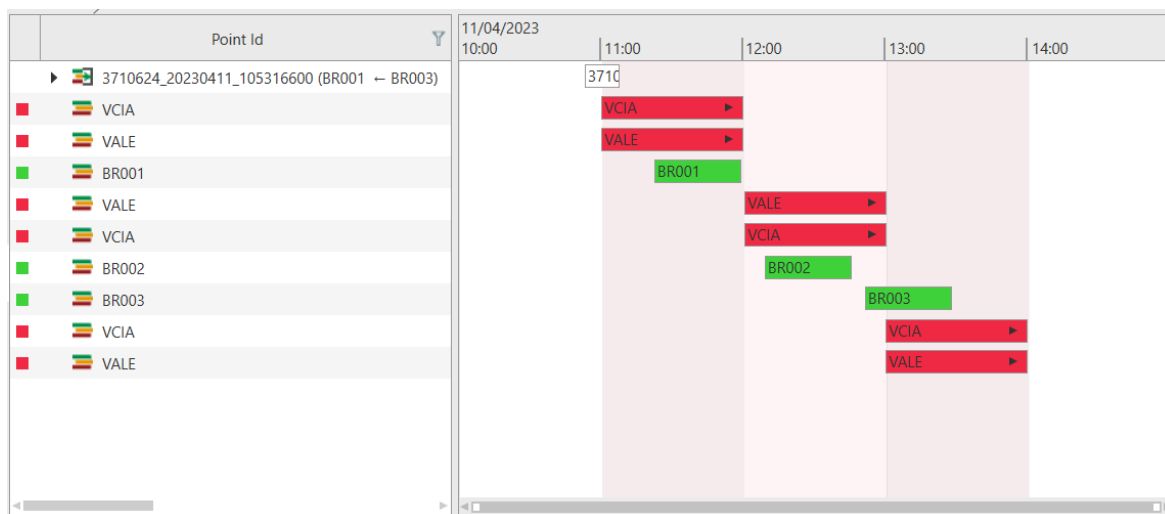


Ilustración 11. Observables listos para procesar. Ilustración propia.

Sin embargo, previamente se debe comprobar si se dispone de todas las calibraciones de antenas necesarias para empezar el ajuste. Esto se hará en la ventana de Processing > GNSS Manager > Antennas/Calibration Set, donde se debe encontrar la antena que se ha empleado en la toma de datos. En este caso corresponde a LEIGS16, por lo que se debe seleccionar y pulsar en New Calibration Set. Se abrirá una pequeña ventana a la derecha, en la cual se debe definir el nombre y descripción del set de calibración. Una

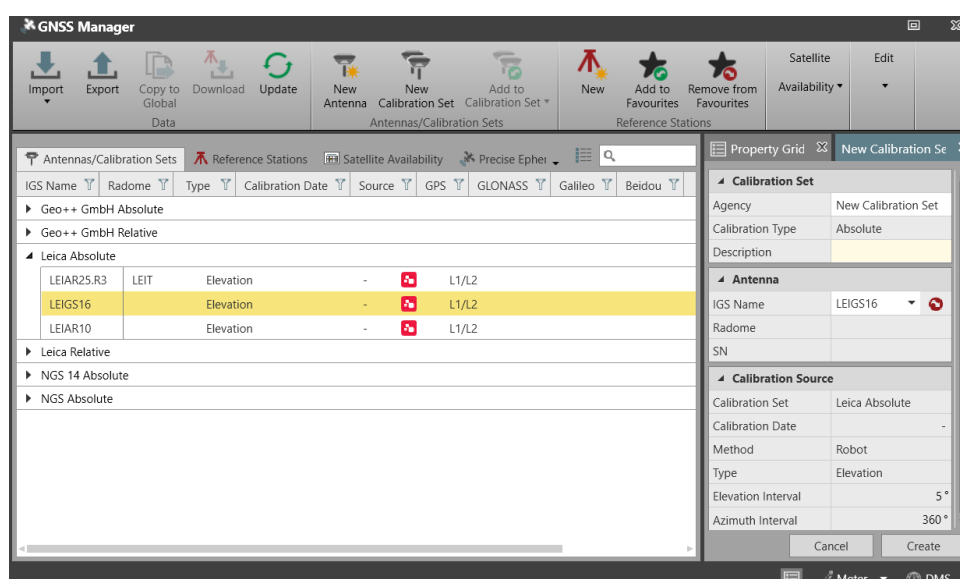


Ilustración 12. Creación de un set de calibración de antenas. Ilustración Propia.

vez terminado se ha de pulsar en Create y terminado. Todo esto se muestra en la

Ilustración 12.

Ya seleccionado el set de calibración de antenas que contiene las antenas utilizadas, se puede empezar el procesado. Primeramente, será necesario establecer un ajuste de todos los parámetros que vamos a tener en cuenta a la hora de realizar el procesado. Primero, en ajuste de datos en Processing > Data, se debe establecer una máscara de elevación de 15°, en las efemérides se elegirán precisas y el set de calibración el realizado anteriormente. En la estrategia de procesado, se definirá el tipo de solución como fijo (fase) y el resto de los parámetros se deberán dejar por defecto. Por último, en ajustes avanzados, en el apartado de herramientas de análisis, en parámetros de salida se debe indicar que se quieren los residuos de las observaciones y posiciones (***Ilustración 13***)

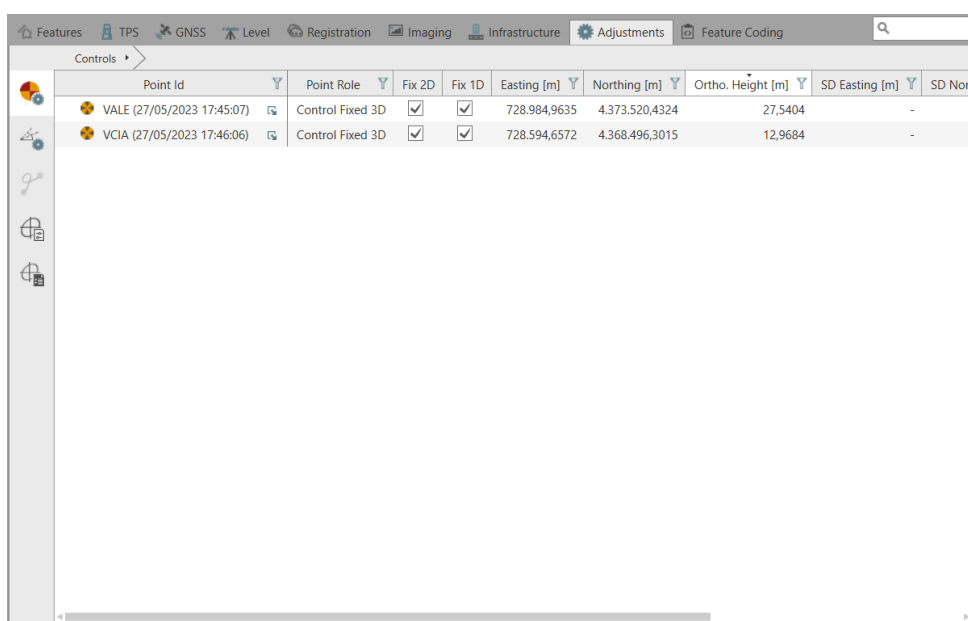
Data	
Cut-Off Angle	15 °
Sampling Rate	Use All
Used Satellites	Use All
Ephemeris Type	Precise
Antenna Calibration Set	Geo++ GmbH Absolute
<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/>	

Processing Strategy	
Solution Type	Phase Fixed
Solution Optimisation	Automatic
Tropospheric Model	Automatic
Ionospheric Model	Automatic
<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/>	

Analysis Tools	
Process & Analyse Output	Observation & Position Residuals

Ilustración 13. Parámetros de procesado. Elaboración Propia.

El siguiente paso a realizar es crear los puntos de control de las observaciones fijas. Esto se deberá realizar desde Features > Points, donde se seleccionará el punto fijo, y haciendo click en el icono a la derecha de Point role se adjudicará como control. Lo siguiente es constreñir las coordenadas puntos de control las dos estaciones permanentes, esto se realizará en Adjustments > Controls donde se fijarán en 1D y 2D ambas estaciones. Al fijarlas en 2D, estas se constreñirán en X e Y, y si además añadimos 1D se fijarán también en Z. Véase esto en la *Ilustración 14*.



Point Id	Point Role	Fix 2D	Fix 1D	Easting [m]	Northing [m]	Ortho. Height [m]	SD Easting [m]	SD North
VALE (27/05/2023 17:45:07)	Control Fixed 3D	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	728.984,9635	4.373.520,4324	27,5404	-	-
VCA (27/05/2023 17:46:06)	Control Fixed 3D	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	728.594,6572	4.368.496,3015	12,9684	-	-

Ilustración 14. Puntos de control constreñidos. Ilustración propia.

Ya ajustados todos los parámetros y definidos los puntos de control, en la ventana de Processing, se ejecutará Process and Analyze para realizar el procesado. Observando el resultado, el software ha conseguido fijar las ambigüedades de todas las observaciones (figura dentro del recuadro rojo, en la imagen 15), obteniendo así sus coordenadas precisas. El siguiente paso será seleccionar todas las mediciones, y pulsando en el botón derecho del ratón, seleccionar la opción de Store. Esto será necesario para posteriormente

realizar el ajuste de las coordenadas. En las imágenes (*Ilustración 15 E ilustración 16*), se puede observar el resultado del procesamiento,

⚠	Point Id	From Station	Stored Status	Solution Type	Solution Optimisation	Satellite System	Frequency
⚠	BR001	VALE	Stored	Phase Fixed	Iono Minimised	GPS/GLONASS	L1/L2/L5
⚠	BR001	VCIA	Stored	Phase Fixed	None	GPS/GLONASS	L1/L2
⚠	BR002	VALE	Stored	Phase Fixed	Iono Minimised	GPS/GLONASS	L1/L2/L5
⚠	BR002	VCIA	Stored	Phase Fixed	None	GPS/GLONASS	L1/L2
⚠	BR003	VALE	Stored	Phase Fixed	Iono Minimised	GPS/GLONASS	L1/L2/L5
⚠	BR003	VCIA	Stored	Phase Fixed	None	GPS/GLONASS	L1/L2
⚠	BR003	VALE	Stored	Phase Fixed	Iono Minimised	GPS/GLONASS	L1/L2/L5
⚠	BR003	VCIA	Stored	Phase Fixed	None	GPS/GLONASS	L1/L2

Ilustración 15. Resultado del procesamiento. Ilustración Propia

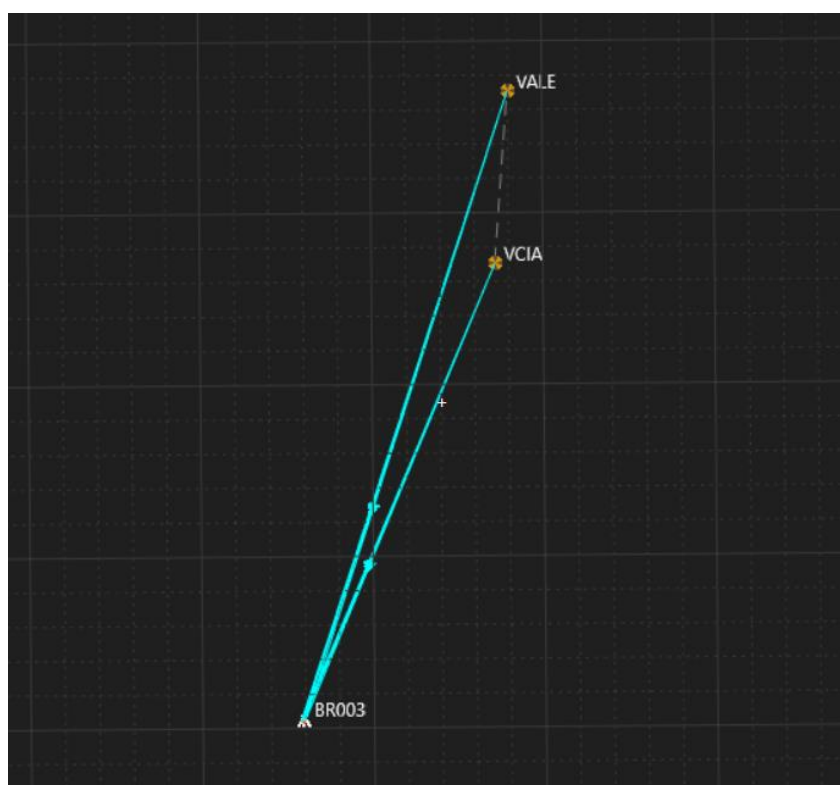


Ilustración 16. Baselíneas calculadas en el Visor de Leica Infinity. Ilustración Propia

Posterior al procesado, es el turno de realizar el ajuste. Esto se hará desde la pestaña Adjustements > Run full 3D adjustment. Una vez termine, en la pestaña de Adjustment Results nos aparecerá el ajuste realizado, donde se podrá guardar y visualizar el informe.

Coordenadas ajustadas obtenidas.

Después de realizar el primer ajuste, consultando el informe realizado por Leica Inifinity, se obtienen las coordenadas tanto geodésicas como UTM de las bases observadas (*Ilustración 17*), desviaciones estándar y Elipses de error.

Adjusted Coordinates

Station	WGS84 Latitude	WGS84 Longitude	Ellip. Height [m]	Corr WGS84 Lat [m]	Corr WGS84 Long [m]	Corr Height [m]
BR001	39° 19' 03,55" N	0° 24' 51,54" W	69,4461	-0,0002	0,0001	0,0006
BR002	39° 19' 02,91" N	0° 24' 53,92" W	70,1548	0,0009	-0,0003	-0,0008
BR003	39° 19' 04,86" N	0° 24' 48,19" W	69,4739	0,0101	0,0050	0,0027
VALE	39° 28' 50,97" N	0° 20' 15,54" W	77,5590	0,0000	0,0000	0,0000
VCIA	39° 26' 08,55" N	0° 20' 38,06" W	62,9280	0,0000	0,0000	0,0000

Station	Easting [m]	Northing [m]	Ortho. Height [m]	Corr E [m]	Corr N [m]	Corr Height [m]
BR001	722.909,2847	4.355.215,9047	19,4365	0,0001	-0,0002	0,0006
BR002	722.852,9608	4.355.194,5577	20,1438	-0,0003	0,0009	-0,0008
BR003	722.988,3514	4.355.258,7733	19,4665	0,0050	0,0101	0,0027
VALE	728.984,9635	4.373.520,4324	27,5404	0,0000	0,0000	0,0000
VCIA	728.594,6572	4.368.496,3015	12,9684	0,0000	0,0000	0,0000

Ilustración 17. Coordenadas WGS84 y UTM ajustadas. Ilustración Propia.

Tras observar también las desviaciones y pruebas estadísticas, localizadas en el apartado de ajuste de Leica Inifinity, en los anejos, se puede afirmar que se han obtenido unas precisiones subcentimétricas del ajuste, por lo que se puede dar como correctas las coordenadas mostradas en la ilustración anterior. En cuanto a las pruebas chi cuadrado y test F, se halla un resultado inusual, debido a que el valor de ambas es el mismo, hecho que es muy difícil que se dé, puesto que son pruebas diferentes con distintas fórmulas y fundamentos. La prueba chi cuadrado también se encuentra por debajo del valor crítico nulo, lo que puede indicar que existe diferencia entre la distribución observada y la distribución teórica.

Pese a este resultado extraño en ambas pruebas, se decide dar como válido el estático ya que como se explicó anteriormente, las precisiones obtenidas se ajustan a las especificaciones del cliente.

9.2 Arrastre de coordenadas

En este apartado se tratará el arrastre de coordenadas desde las bases a los puntos de control de la nube, debido a que como se mencionó anteriormente, en las cercanías de la

estructura a escanear no se podían implantar las bases. Para ello se utilizó unan estación total robótica modelo TS16 con controladora, jalón y trípode. Posteriormente en gabinete, usando de nuevo el software de Leica Infinity se trataron los estacionamientos y mediciones realizadas en campo.

9.2.1 Trabajos realizados en campo.

Los trabajos en campo constan de 3 estacionamientos principales, desde los cuales se han dado coordenadas a los 4 puntos de control de la nube. La metodología a seguir es sencilla, se realizó un primer estacionamiento, desde el cual se observó a las bases para orientar la estación mediante una trisección y se dotó de coordenadas a otros puntos auxiliares localizados en elementos verticales para orientar la estación en el siguiente estacionamiento. Una vez en el segundo estacionamiento se repite el proceso de orientación con los puntos auxiliares tomados desde el primer estacionamiento, y se realiza la toma de otros puntos auxiliares para orientar el tercer y último estacionamiento. Por último, desde el segundo y tercer estacionamiento, se midió a las marcas en el suelo correspondientes a los puntos de control, para luego arrastrar las coordenadas ajustadas a éstos y georreferenciar la nube de puntos. En la *Ilustración 19* se observa el primer estacionamiento y cómo se mira a un punto de orientación del segundo estacionamiento para darle coordenadas.



Ilustración 19. Arrastre de coordenadas de las bases. Ilustración propia.

También se ha de añadir que el levantamiento de dichos puntos se realizó además mediante la técnica GNSS RTK, enlazándose a una la red ERVA de estaciones permanentes, utilizando la metodología Virtual Reference Station (VRS) con el punto de enganche VRS3M. De este modo se obtuvieron las coordenadas de todos los puntos y de las bases con una precisión peor de la deseada, pero estas coordenadas serán útiles para detectar errores groseros. Esto viene explicado en el siguiente apartado, que corresponde al procesado en gabinete.

Por último, en la *Ilustración 20*, se muestra un croquis de todos los estacionamientos, bases, puntos auxiliares y puntos de control desde el visor de Leica

Infinity. A primera vista puede ser un poco confuso, por eso en la **Tabla 4** se especifica una pequeña leyenda para comprender mejor el croquis.

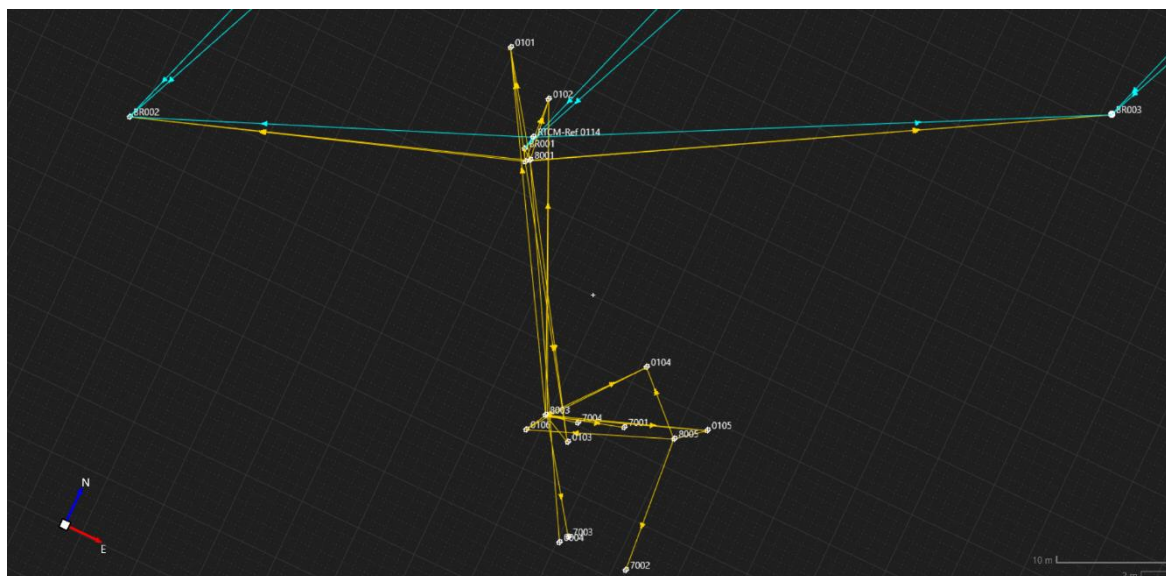


Ilustración 20. Croquis del levantamiento de puntos de control. Ilustración propia.

LEYENDA ESTACIONAMIENTOS	
DESCRIPCIÓN	Números de puntos
BASES	BR001, BR002, BR003
ESTACIONAMIENTOS ÚTILES	8002, 8004, 8005
ESTACIONAMIENTOS DE PRUEBA	8001, 8003
PUNTOS AUXILIARES	0101, 0102, 0103, etc...
PUNTOS DE CONTROL	7001, 7002, 7003, 7004

Tabla 4. Leyenda del levantamiento realizado. Elaboración propia.

Como se observa en el croquis, primero se estacionó en el vértice 8001, siendo este estacionamiento dado como fallido debido a que se colocó 2 patas del trípode en una zona del tejado que presentaba movimiento si se pisaba cerca. Por lo que se optó por realizar el estacionamiento 8002, el cual se orientó con las bases y se visó a los puntos auxiliares 0101, 0102 y 0103. Posteriormente, se desplazó la estación total hasta el vértice 8003, el cual también se descartó debido a que no había una buena visibilidad de un punto de control. Por lo que se realizó el estacionamiento 8004, desde el cual se orientó con los puntos auxiliares anteriores, y se visó a los puntos de control 7001, 7003, 7004 y a los puntos auxiliares 0104, 0105 y 0106. Por último, se encuentra el estacionamiento 8005,

orientándose éste con los puntos auxiliares anteriores, y visando y dando coordenadas al punto de control 7002. Con estas maniobras ya tendríamos coordenadas UTM de los puntos de control, en el siguiente apartado se tratará el trabajo en gabinete.

9.2.2 *Procesado de las mediciones en gabinete.*

En este apartado, mediante el software Leica Infinity se modificarán las coordenadas de los puntos de orientación de los estacionamientos con los cuales se visaron a las bases, para asignarles las coordenadas ajustadas en el apartado del estático. Antes de adjudicar las nuevas coordenadas, es de vital importancia tener en cuenta de que a las coordenadas calculadas en postproceso con Infinity se debe restar la altura de la antena. Esto es debido a que, durante el estacionamiento con estación total, la base se encuentra materializada en el suelo, mientras que las coordenadas obtenidas con el ajuste la Z obtenida corresponde al centro de la antena. Dicha altura ha sido medida con una cinta métrica, desde la marca en el suelo hasta la altura correspondiente. Obsérvese las alturas de antena de las diferentes bases en la **Tabla 5**:

ALTURAS DE ANTENAS	
BASE	ALTURA DE ANTENA
BR001	1.353m
BR002	1.538m
BR003	1.417m

Tabla 5. Alturas de antenas de las bases. Elaboración propia.

Una vez bajada la cota a suelo ya se puede modificar las coordenadas de las bases, teniendo en cuenta la nueva Z de cada una de ellas.

El primer paso consistirá en desplazarse dentro de la ventana Inspector al icono de puntos de estacionamientos, donde se ejecutará click derecho en el vértice a modificar y se elegirá la opción de Open Setup Wizard. Una vez dentro se abrirá una ventana como la que se observa en la **Ilustración 21**, en donde se deberá seleccionar el método de Resection o Inversa. En la siguiente ventana se debe de asegurar que estén elegidos las 3 bases como puntos de orientación, y en la última en cada una de las bases se seleccionará la que tenga el icono de ajustada. Obsérvese esto en la **Ilustración 22**.

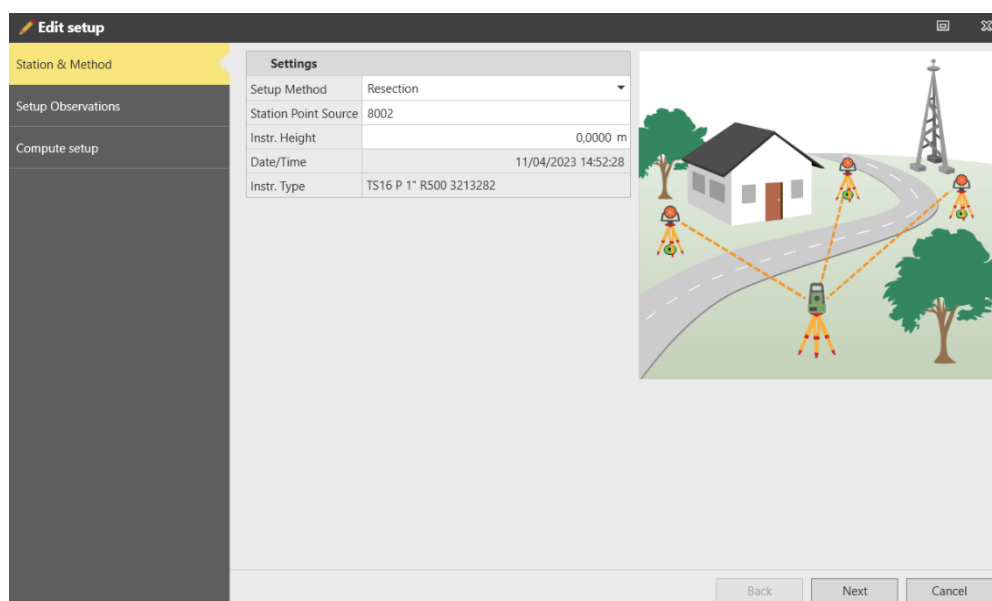


Ilustración 21. Selección del tipo de orientación. Ilustración Propia.

Target Info							
Point Id	Point Role	Use	ΔHz [gon]	$\Delta Dist.$ [m]	$\Delta Slope Dist.$ [m]	$\Delta Height$	
BR001	Adjusted Least Squares 3D	Position & Height	0,0244	-0,0001	-0,0001		
BR002	Adjusted Least Squares 3D	Position & Height	0,0003	-0,0026	-0,0026		
RR003	Adjusted Least Squares 3D	Position & Height	-0,0002	-0,0035	-0,0035		

Ilustración 22. Orientación a las bases ajustadas. Ilustración Propia.

Una vez hecho click en aceptar, una ventana de aviso como la que se muestra en la **Ilustración 23** aparecerá. Dicha ventana indica que se han desplazado los puntos utilizados en la orientación del instrumento una distancia correspondiente en cada uno de los ejes, y los grados centesimales que ha variado el azimut con los nuevos puntos. Con esto las coordenadas de los puntos de control se han modificado también, ajustándose a las obtenidas en el estático, como se muestra en la Ilustración X.

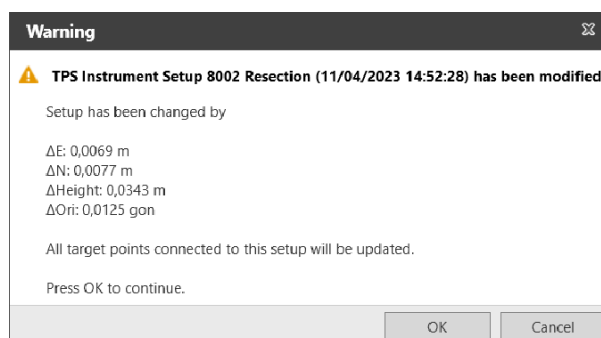


Ilustración 23. Desplazamiento de los puntos de orientación. Ilustración propia.

Como se observa, en los Ejes X e Y se han desplazado unos 7 mm, y en el eje Z unos 3,4 cm aprox. Esta diferencia tan leve se debe a la toma de las coordenadas enlazando a una red virtual VRS3M. Esto se realizó como un método de comprobación de errores groseros, los cuales son los más difíciles de detectar. En el caso de que hubiera habido una equivocación en el estático, del orden de 50-60 cm se podría haber detectado en una ortofoto si se sabe la localización exacta de los puntos, sin embargo, un error de 4 o 5 cm es indetectable a simple vista, pero sí con este método, el cual permite saber lo que se desplazan los puntos de unas coordenadas tomadas con 1'5 cm de posición en XY y 3 cm en Z.

En este caso la variación de la posición del punto se ajusta a la realidad, por lo que se puede afirmar que no se ha cometido un error de ningún tipo, ya sea grosero o no grosero.

Ya obtenidas las coordenadas de los puntos de control, las cuales se muestran en la **Tabla 6**, el siguiente apartado trata del escaneado, registro y georreferenciación de la nube de puntos.

COORDENADAS PUNTOS DE CONTROL ETRS89 UTM HUSO 30			
ID	X	Y	Z Ortométrica
PC01	722941,205	4355183,804	19,461
PC02	722950,728	4355164,222	19,526
PC03	722940,639	4355164,985	19,470
PC04	722934,469	4355181,426	19,478

Tabla 6. Coordenadas de los puntos de control en ETRS89. Elaboración propia.

9.3 Escaneado, registro y georreferenciación de la nube de puntos.

9.3.1 Escaneado de la estructura

En este apartado se tratará todo el proceso realizado durante la captura de datos con el láser escáner en la factoría.

El primer paso es visualizar y planificar todo el trabajo, incluyendo el recorrido que se va a hacer, cómo se van a unir luego los escaneos en gabinete, distancia entre ellos, distancia a la estructura, cuántos escaneos aproximados van a ser necesarios, etc... Es importante planificar esto debido a que un error puede conllevar a un retraso muy grande tanto en la toma de datos como en el tratamiento de estos a posteriori.

En este caso se decidió primero escanear el exterior del centro de transformación, para posteriormente escanear toda la estructura del interior y como último centrarse en los armarios con las clemas que fue solicitado su escaneo por el cliente.

Configuración del instrumento.

Como ya se mencionó anteriormente, el instrumento a utilizar es un láser escáner de la casa Faro modelo S70, el cual destaca por su gran versatilidad y a su vez sencillez. El primer paso es, si en la tarjeta SD que utiliza como almacenamiento existe algún escaneo estos deberán ser borrados, y el número del primer escaneo ser ajustado a 1. Para esto habrá que dirigirse a la pestaña administrar, nada más encender el instrumento > Servicio > Tarjeta SD > Borrar, para poner el contador de escaneos a 0 es en administrar > Proyectos/Agrupamientos > N° escaneo Inicial = 1.

El segundo paso es configurar los sensores del escáner, ya es interesante que todos sean usados, así si existe algún escaneo con cualquier fallo este será detectado por el instrumento. Esto se hará desde la pestaña parámetros > Seleccionar sensores > Dejar todos en azul, como se observa en la *Ilustración 24*.

El último paso es configurar los parámetros de escaneado. El cliente especificó que desea la nube de puntos en color RGB, por lo que en la pestaña parámetros, se deberá dejar la opción escaneado con color activada (*Ilustración 25*). El segundo punto por ajustar es la resolución y calidad del instrumento. En este caso existen unas plantillas o perfiles que vienen de fábrica, los cuales presentan una gran utilidad y el ahorro de entrar en configuraciones más avanzadas. Son los siguientes:

- (1) Interior hasta 10 m
- (2) Interior a partir de 10 m
- (3) Interior HDR
- (4) Exterior hasta 20 m
- (5) Exterior a partir 20 m

Cada uno tiene sus ventajas e inconvenientes, pero para este proyecto, al realizar escaneos muy cerca de la estructura (máximo 7-8 metros de distancia) se ha optado por elegir interior hasta 10 metros (*Ilustración 26*). Es importante saber que cuanto más distancia, más resolución tendrá la nube, por lo que más tardará el escáner en realizar cada escaneo y más difícil será mover el volumen de datos en gabinete. En este caso, debido a que, se disponía de un tiempo limitado el modo elegido tarda unos 5 minutos en cada escaneado.

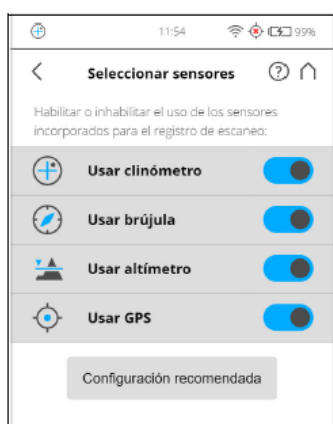


Ilustración 24. Selección de sensores. Ilustración propia.



Ilustración 25. Escaneado a color. Ilustración propia.



Ilustración 26. Selección del perfil. Ilustración Propia

Escaneado exterior.

Para cubrir toda la fachada exterior se decidió hacer un escaneo por cada esquina, 4 en total, y entre medias de ellos otros 2 o 3 para cubrir todas las paredes a lo largo de la estructura, y 1 o 2 entre las paredes más cortas. El método de nexos entre escaneos, al ser en el exterior, debía de ser mediante esferas, por lo que en cada escaneado serían colocadas estratégicamente 3 esferas hacia delante y 3 esferas hacia atrás. Se debe asegurar que la distancia entre escaneos y esferas sea bien distribuida, no se debe dejar dos escaneos muy cercanos a las esquinas, y la zona media de la pared vacía, o viceversa. Tampoco se debe dejar unas esferas muy cerca de los escaneos y otras muy lejos, y por último las esferas

cuanto más separadas unas de otras mejor, para cubrir toda el área de escaneado. En resumen, todo debe estar muy bien distribuido. Véase la distribución en la **Ilustración 27**.



Ilustración 27. Distribución de esferas en un escaneo. Ilustración Propia

También es importante la materialización de los puntos de control en el terreno, estos se harán con una cruz en el suelo, su identificador al lado y la colocación de la esfera con la mayor precisión posible en el centro de éstos. No se ha de olvidar tomar fotografías tanto de detalle como emplazamiento por si son solicitadas por el cliente. En la **Ilustración 32**, se muestran los puntos con sus esferas:

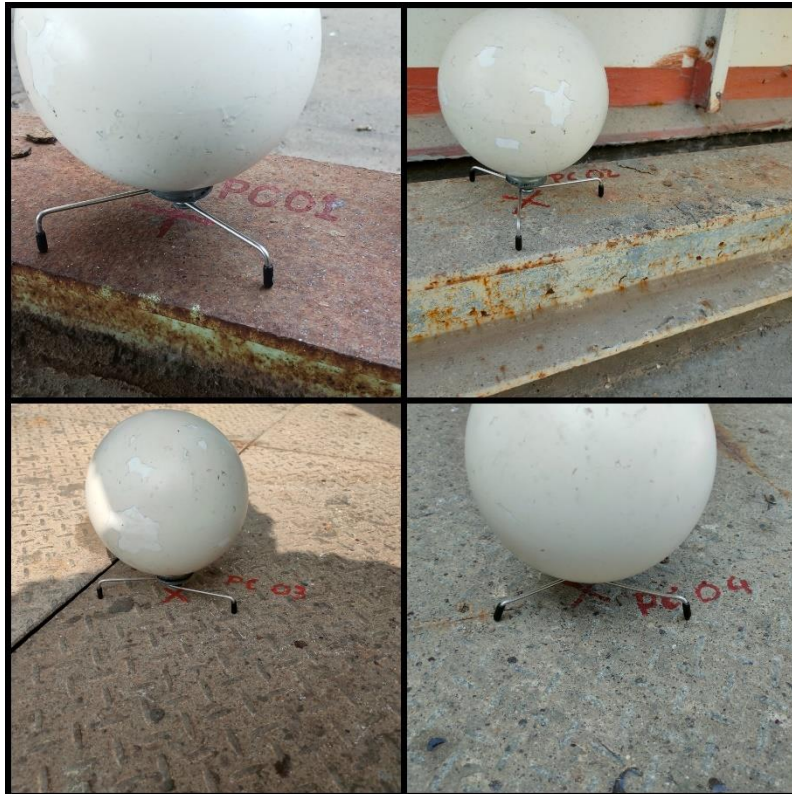


Ilustración 33. Materialización de los 4 puntos de control. Ilustración Propia.

Cada punto de control se ha colocado en una esquina de la estructura, y sido capturado por al menos dos escaneos para poder realizar una georreferenciación correcta.

En total, para cubrir toda el área exterior se han requerido 12 escaneos, de los cuales 11 se atribuyen al propio escaneado de la estructura, y uno, el que se muestra en la *Ilustración 27* concretamente, colocado con el propósito de unir los escaneos interior y exterior con mayor facilidad.

Escaneado interior.

Para el escaneado interior la metodología es prácticamente la misma, sin embargo, al encontrarse en un recinto cerrado, ya no es preciso el uso de dianas para su unión, esto será explicado más detalladamente en el apartado de registro en gabinete. Según las especificaciones del cliente se debían capturar con buena calidad todos componentes de la estructura del centro de transformación y sus armarios interiores. Para cubrir todo el

interior se precisó de 9 escaneos, uno en cada esquina, dos escaneados entre esquinas en paredes largas y uno solo en paredes cortas. Véase en la *Ilustración 28* el escáner al fondo y ninguna esfera colocada:



Ilustración 28. Escaneado del interior. Ilustración propia

En este escaneado se cometió el primer “error” del proyecto, debido a que no se realizó un escaneado en la propia puerta, para unir fácilmente la nube exterior con la interior. Error entre comillas ya que como se puede apreciar en la *ilustración 27*, la puerta tenía un acceso con unas rejillas metálicas que dificultaban mucho la colocación del trípode, aparte de tener una estabilidad dudosa, por lo que se optó no colocar el escáner en ese emplazamiento. Visto a posteriori, hubiera sido un acierto realizar los dos escaneos, uno en la puerta y otro desde una ubicación más segura.

Escaneado de las clemas.

Para el escaneado de la estructura metálica y sus tornillos, se ha optado realizar 3 escaneos a cada lado del armario, para captar perfectamente todos sus componentes, debido a que los armarios no se podían abrir completamente, solo dos puertas a los lados, quedando una plancha metálica en el medio dificultando así el proceso. Esto se puede observar en la

Ilustración 29:



Ilustración 29. Posición de las clemas. Ilustración propia.

Había un total de 4 armarios, realizando 12 escaneos para la captura de las 4 clemas que había dentro de cada uno.

Para tener seguridad de que el escáner en su estacionamiento fuera a capturar lo que se desee, el método que se utilizó es poner la cámara del teléfono cerca del espejo giratorio, así se puede ver desde su perspectiva si el metal sería tomado al completo con todos sus detalles, o había que reubicarlo. En la ***Ilustración 30***, se puede apreciar una fotografía hecha desde la perspectiva del escáner, donde se visualiza como desde su emplazamiento se puede capturar perfectamente la estructura:



Ilustración 30. Vista perspectiva del escáner. Ilustración propia.

En conjunto, se han realizado un total de 33 escaneos, los cuales posteriormente serán procesados en el próximo apartado serán procesados en Scene, el software proporcionado por Faro para el tratamiento de sus datos.

9.3.2 Registro y georreferenciación.

Extracción de los escaneos del instrumento e importación a Scene.

Como ya se explicó anteriormente, los escaneos se guardan en una tarjeta SD. El primer paso será la extracción de la tarjeta del escáner e insertarla en el ordenador desde el cual se va a trabajar. Una vez insertada habrá que dirigirse a la ubicación de la tarjeta y pegar los escaneos en la ruta deseada, dentro de nuestro dispositivo. Una vez pegados los escaneos, es importante devolver la SD a su lugar en el escáner.

El siguiente paso es abrir el software, y crear un nuevo proyecto desde la ventana Project. Solamente con especificarle un nombre y una ruta es suficiente. Para importar los

escaneos, habrá que dirigirse a la siguiente ventana, Import, donde con arrastrarlos es suficiente. A continuación, habrá que procesar los datos, esto se hará en la pestaña de Processing > Process scans.

Dentro habrá que especificar los parámetros de escaneado, habilitando todos los filtros disponibles en el programa, asegurándose de que el diámetro de las esferas existente coincida con el tipo de esferas que se ha utilizado y seleccionando si son escaneos a color o sin color. En este caso, como ha sido un primer registro, no se ha seleccionado la opción de color para agilizar el procesamiento, una vez terminado y con buenos resultados se hará un segundo registro ya a color y mucho más limpio. Los parámetros de procesado se pueden observar en la *Ilustración 31*:

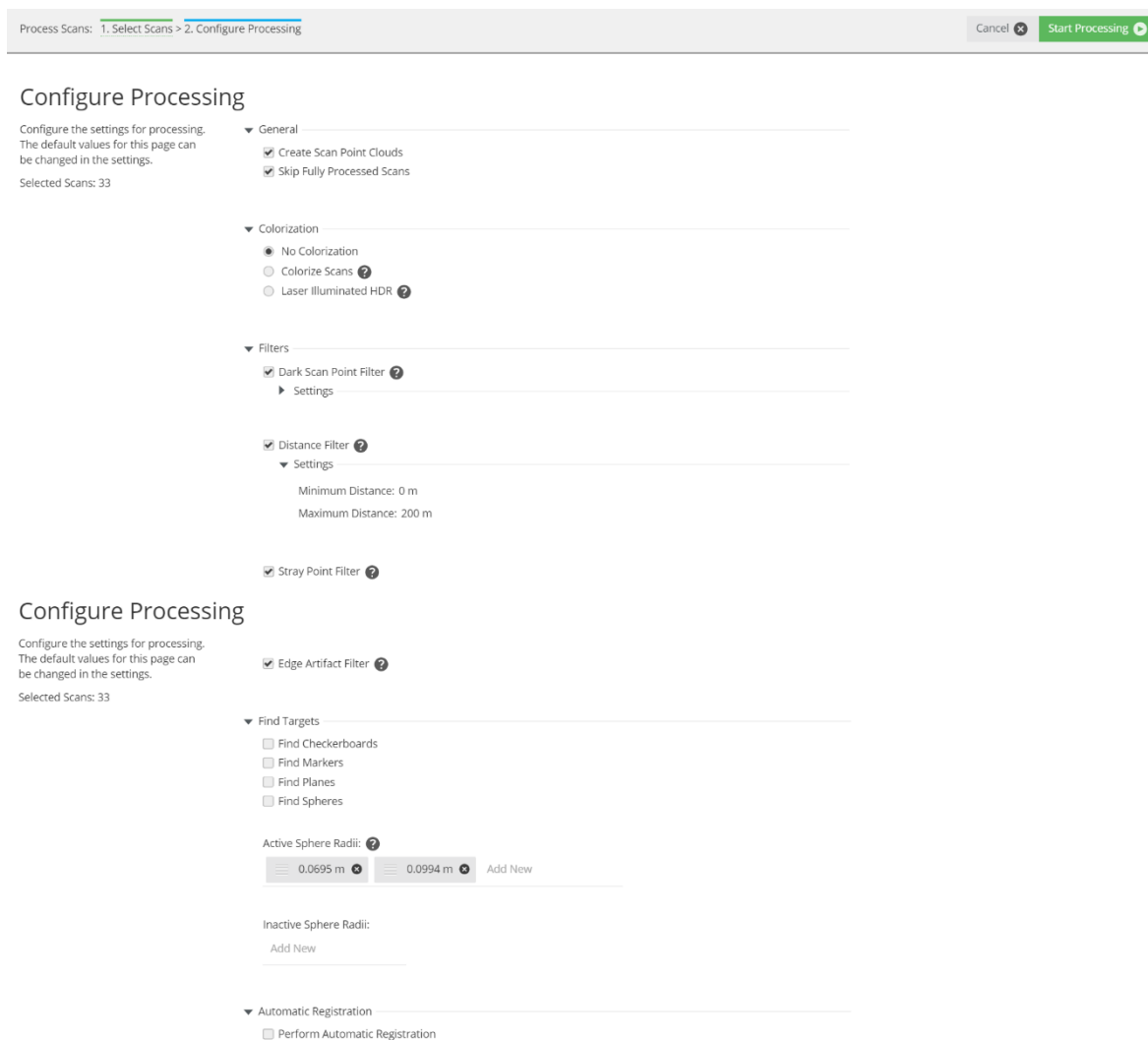


Ilustración 31. Procesado de escaneos. Ilustración Propia.

Ya seleccionados los parámetros, en la parte superior derecha se hará clic en Start Processing, y se deberá tener paciencia hasta que acabe.

Registro de los escaneos.

Ya terminado el procesamiento se puede empezar con el registro. Para ello, en los escaneos que van a ser unidos por dianas, el primer paso es identificarlas y renombrarlas desde la pestaña Explore > clic derecho en el escaneo > View > Quick View. Con esto se abrirá una vista de 360° del escaneo, donde haciendo clic en mark spheres, y seleccionando la esfera se marcará en verde, y se le podrá atribuir un nombre. Con este método habrá que

ir renombrando esferas y puntos de control. Es importante en esferas comunes entre dos escaneos, atribuirle el mismo nombre, para que el software detecte la misma esfera en dos escaneos diferentes, una en el anterior y otra a posterior. También a la hora de renombrar puntos de control, atribuirle el mismo nombre que se le va a importar luego. Todo esto se puede observar en la *Ilustración 34 y 35*:

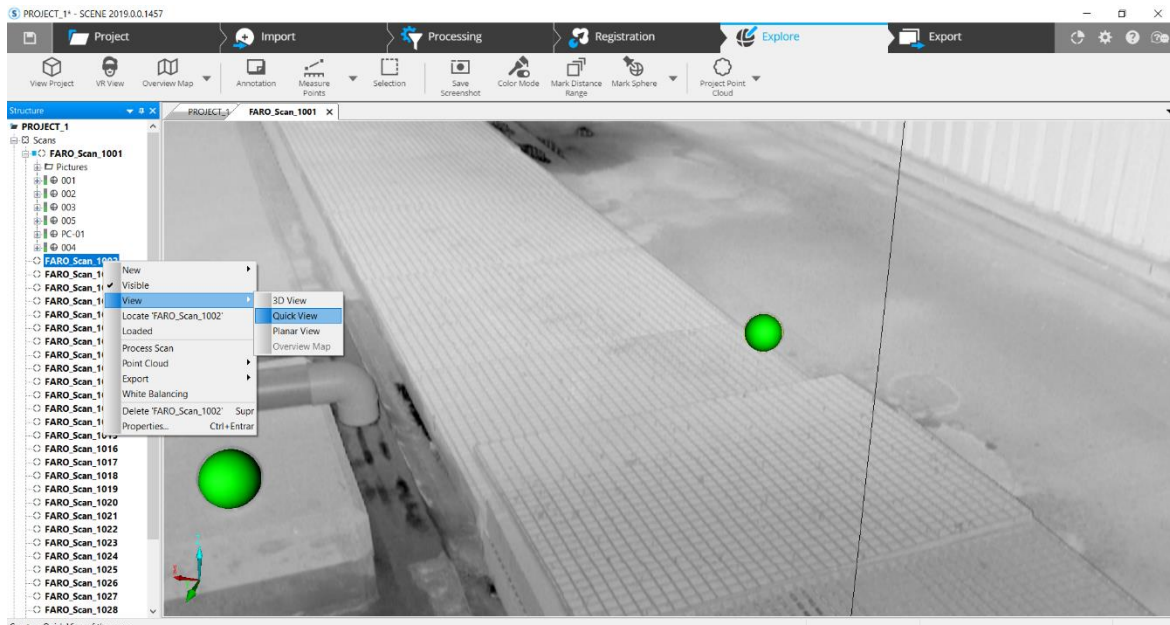


Ilustración 34. Visualización del escaneo. Ilustración Propia.

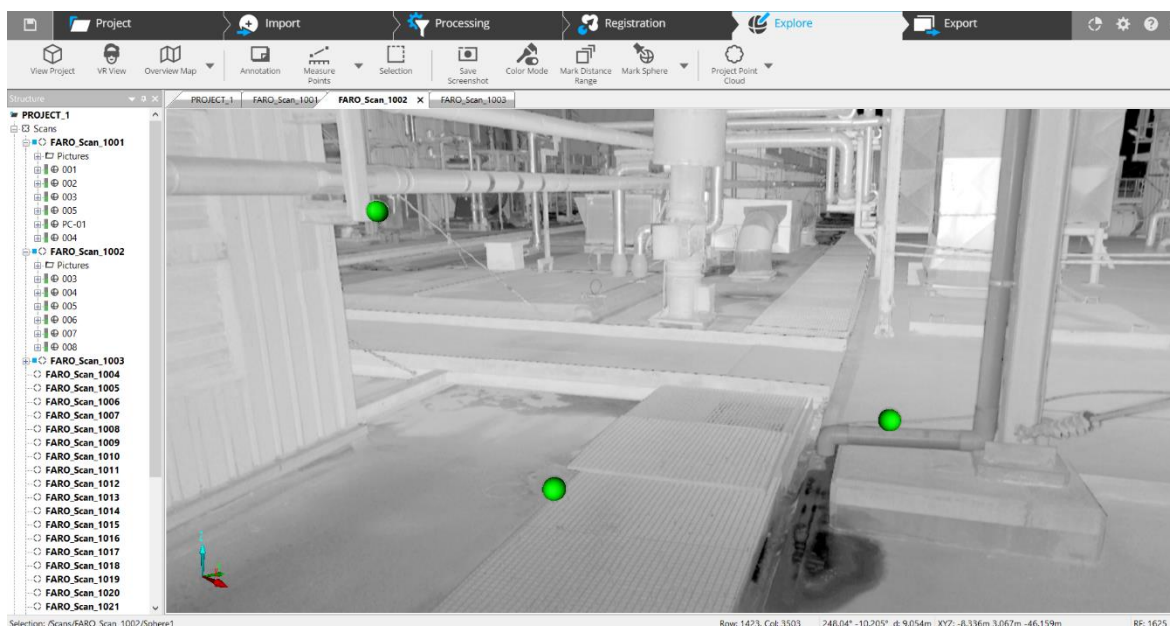


Ilustración 35. Renombre de esferas. Ilustración Propia

En ambas imágenes se visualizan los escaneos 1001 y 1002, los cuales tienen en común las esferas 003, 004, 005. En el primer escaneo estas son las esferas con sentido de avance, mientras que en el segundo son las esferas con sentido de espaldas. Este patrón se ha de seguir en todos los escaneos restantes que se vayan a unir por esferas. Nótese también la presencia de un punto de control en el escaneo 1001, el PC – 01 concretamente.

Esto se realizará en un proceso repetitivo hasta que tengamos renombradas todas las esferas y puntos de control existentes en los escaneos que se vayan a unir por estas. Una vez terminado, el siguiente paso es organizar todos los escaneos en “clusters” o carpetas.

El criterio de organización se basa en diferentes emplazamientos, objetos, etc... o bien en un método de unión. En este caso se han utilizado ambos, ya que se ha agregado primero una carpeta con el exterior del centro de transformación, el cual se va a unir por esferas. Después, otros 3 clusters más, el primero con el interior de la estructura, el segundo con los armarios que contienen las clemas y el tercero con los escaneos que se van a usar como nexo entre la nube interior y exterior. Estos últimos clusters van a ser registrados por la metodología “Cloud to Cloud”, que se explicará posteriormente.

El siguiente paso es registrar el cluster del exterior de la estructura, debido a que están todas las esferas debidamente nombradas. Esto se hará desde la pestaña registration, donde se seleccionará el cluster a registrar, y haciendo clic en “start automatic registration” se abrirá una pestaña para configurar el registro. Dentro de ella habrá que asegurarse de que la metodología es mediante esferas seleccionando “target based”, en general dejar todos los sensores marcados y en target based las dos primeras pestañas marcadas, las cuales la primera calcula la posición del escáner respecto a las esferas y la segunda obliga a unir esferas con el mismo nombre.

Véase todo esto en las *Ilustraciones 36 y 37*.



Ilustración 36. Registro automático. Ilustración Propia.

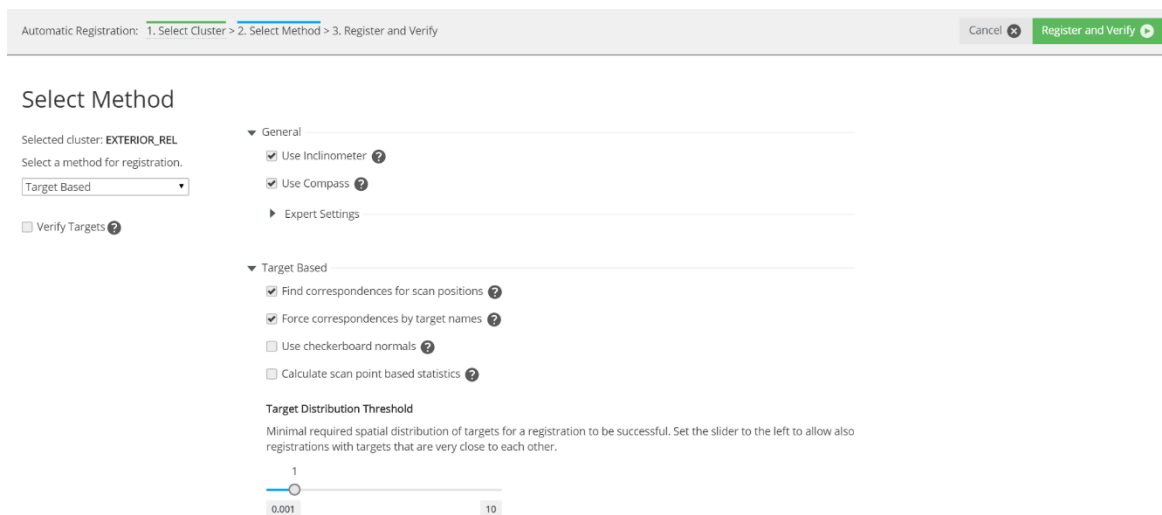


Ilustración 37. Registro por esferas. Ilustración Propia.

Una vez registrado se obtienen las precisiones de ese cluster, tanto de la nube de puntos, escaneos y esferas. Si el icono del semáforo está en verde, significa que se ha unido perfectamente. Si en cambio se encuentra en ámbar, puede significar que algún escaneo no tiene buena precisión y por último si se encuentra en rojo significa que no se han unido bien.

En este cluster, se ha obtenido una buena precisión, con una media de 5 mm entre todas las esferas, siendo la 019 la que presenta un mayor error. En el caso de que haya una esfera con mucho error puede significar o bien que ha habido un error asignándole el nombre o bien que se haya movido entre un escaneo y otro. En ese caso, siempre que haya

3 esferas se podría eliminar sin problema ninguno. En la **Ilustración 38**, se puede observar los 5mm de precisión de las esferas obtenida y el icono del semáforo en verde:

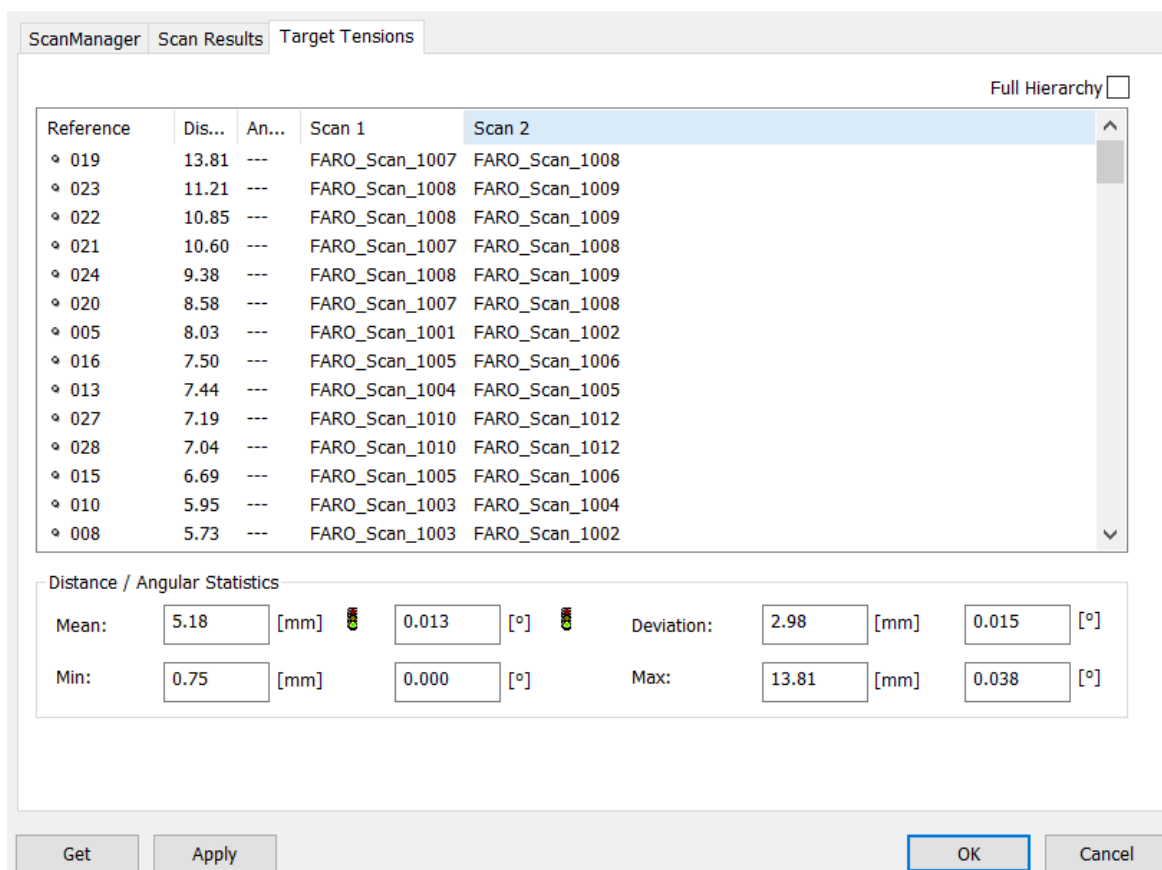


Ilustración 38. Resultados del registro del exterior de la estructura. Ilustración Propia.

El siguiente paso trata del registro de los demás clusters, los cuales se harán mediante Cloud to Cloud.

La metodología Cloud to Cloud se basa en un algoritmo que contiene el software, el cual detecta entre distintos escaneos paredes, muros o estructuras comunes y los une en base a ellos. Pese a que siempre es recomendable usar esferas, si no se dispone de ellas o del tiempo para cambiarlas de emplazamiento mientras se escanea, y la zona a escanear tiene grandes fachadas, estructuras cercanas o está localizada en el interior, la unión de escaneos mediante Cloud to Cloud es una buena opción.

A continuación, en la **Ilustración 39 y 40**, se muestra el resultado del registro de los clusters tanto del interior como los dedicados a los armarios, ambos unidos con el método de Cloud to Cloud y con una precisión obtenida de 4mm y 1mm respectivamente:

Cluster/Scan 1	Cluster/Scan 2	Mean [mm]	< 4 mm [%]	Overlap [%]	Used Points	Details
FARO_Sca...	FARO_Scan...	8.22	24.0	22.0	3454	
FARO_Sca...	FARO_Scan...	7.307	30.9	55.9	11125	
FARO_Sca...	FARO_Scan...	7.24	32.7	52.1	13503	
FARO_Sca...	FARO_Scan...	6.993	30.4	30.4	10365	
FARO_Sca...	FARO_Scan...	6.357	38.3	66.7	18577	
FARO_Sca...	FARO_Scan...	5.871	36.3	77.7	18542	
FARO_Sca...	FARO_Scan...	5.635	39.9	48.0	11147	
FARO_Sca...	FARO_Scan...	4.298	47.0	52.5	11668	

Overall Statistics

Mean: [mm]

< 4 mm: [%]

Ilustración 39. Resultados del registro en el interior de la estructura. Ilustración propia.

Cluster/Scan 1	Cluster/Scan 2	Mean [mm]	< 4 mm [%]	Overlap [%]	Used Points	Details
FARO_Sca...	FARO_Scan...	1.962	69.9	55.4	10361	
FARO_Sca...	FARO_Scan...	1.251	81.0	55.6	11956	
FARO_Sca...	FARO_Scan...	1.203	84.4	74.7	21653	
FARO_Sca...	FARO_Scan...	1.146	84.1	74.8	24059	
FARO_Sca...	FARO_Scan...	1.021	83.0	52.6	11874	
FARO_Sca...	FARO_Scan...	0.97	86.4	78.5	27199	
FARO_Sca...	FARO_Scan...	0.962	85.1	68.1	11314	
FARO_Sca...	FARO_Scan...	0.886	86.4	86.5	15348	

Overall Statistics

Mean: [mm]

< 4 mm: [%]

Ilustración 40. Resultados del escaneo de los armarios. Ilustración propia.

Una vez se dispongan de las nubes de puntos interior y exterior, el siguiente paso es crear una carpeta la cual va a servir de nexos entre ambas nubes. Dicha carpeta se

denominará “NEXO”. Dentro de ella se localizarán aquellos escaneos comunes entre el interior de la estructura y el exterior, es decir, el escaneo realizado en la puerta y los auxiliares obtenidos del exterior.

Cuando estén localizados dentro del clúster, este se registrará utilizando la metodología Cloud to Cloud, para unir los escaneos en los que se encuentran presentes las esferas con el que no dispone de ellas. Los escaneos empleados han sido el 1009, 1010, 1011 y 1013, siendo estos los cercanos a la puerta. Véase en la **Ilustración 41** la carpeta con los escaneos y la precisión obtenida:

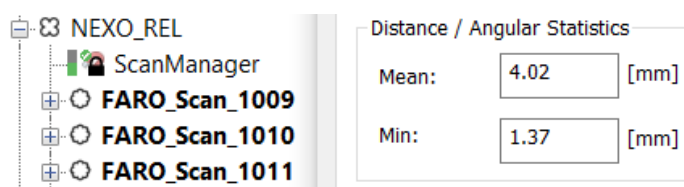


Ilustración 42. Cluster Nexo y sus precisiones. Ilustración Propia.

Ya registrado el cluster de unión, éste se incluirá dentro de la carpeta de exterior, y se procesará con ella dentro con la técnica de target based de nuevo. Hecho esto se dispone de 3 clusters que componen la estructura escaneada.

El siguiente paso es unir los 3 clusters, esto se hará añadiéndolos a una nueva carpeta llamada “Centro_Rel”, debido a que todavía no se van a añadir los puntos de control. Dicha carpeta se registrará de nuevo mediante esferas, obteniendo la nube de puntos completa con una precisión media de 3mm. Mediante el visor de Scene se puede obtener una primera vista de la nube de puntos diferenciando cada una de las carpetas por colores, siendo verde el escaneado exterior, rojo el escaneado interior y azul los armarios. Nótese esto en la **Ilustración 42**:

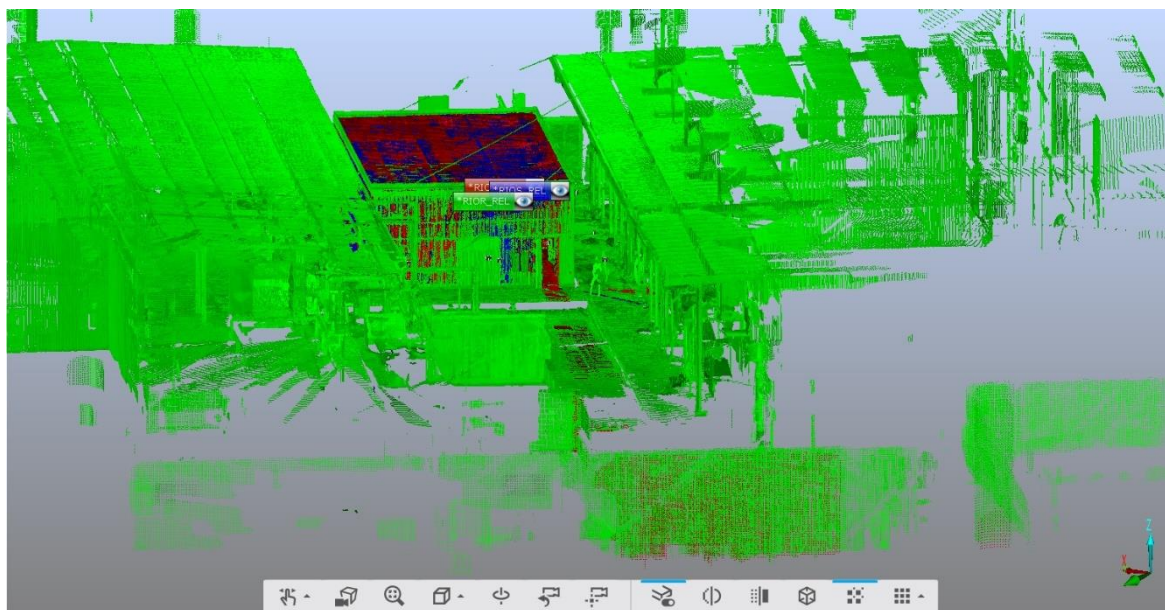


Ilustración 42. Nube de puntos en coordenadas relativas. Ilustración Propia.

Como último paso del registro queda georreferenciar la nube de puntos. Para ello se deberá exportar un Excel con las coordenadas de los puntos de control a .CSV y arrastrar al Scene. De esta forma se añadirán de manera automática en la carpeta “References”. Dicho cluster y el de la nube en relativas se deberán añadir a uno nuevo llamado Centro_ABS, y ser procesado por esferas también.

Una vez realizado dicho paso ya se dispone de una nube de puntos completamente registrada y en coordenadas absolutas. La precisión media final obtenida ha sido de 2.4mm, la cual se puede dar como válida atendiendo a las demandas del cliente. En la **Ilustración 43A** se observa la distribución final de todos los clusters y su jerarquía. También se puede apreciar el icono de un candado a la izquierda de ScanManager, el cual indica que el escaneo está bloqueado. Es importante bloquear los escaneos después de registrarlos para que no se realicen modificaciones indeseadas.

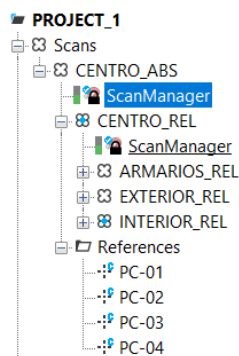


Ilustración 43A. Esquema de los escaneos. Ilustración propia.

El último paso es exportar el proyecto a proyecto de Recap, para posteriormente realizar la limpieza de la nube. Para ello hay que dirigirse a la ventana Export, clic derecho en el cluster de absolutas > export > as Project. Una vez dentro se le dará un nombre, un directorio y se elegirá el formato .rcp . Véase en la *Ilustración 44A*:

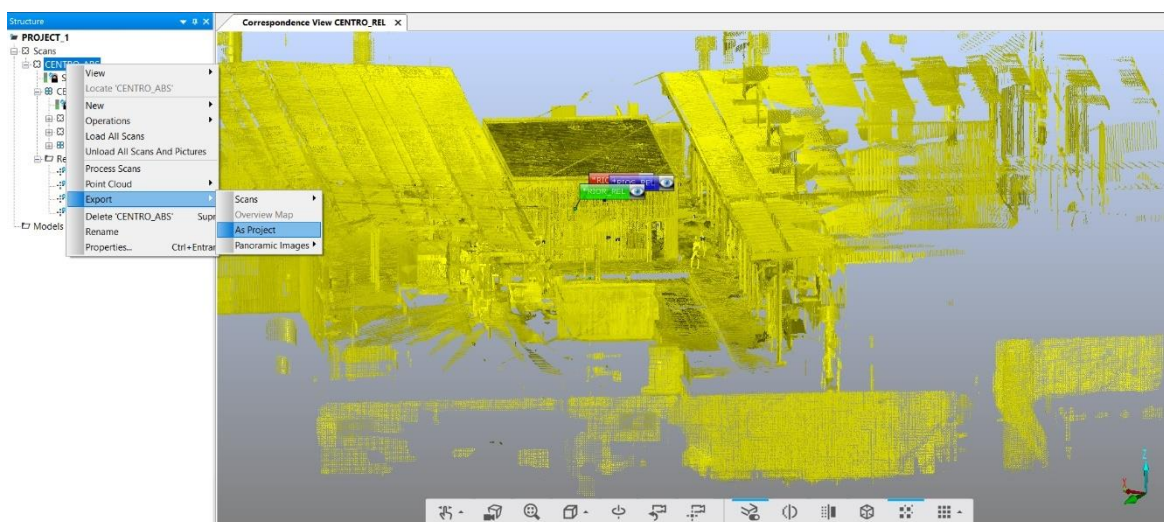


Ilustración 44A. Exportación de la nube de puntos en coordenadas absolutas. Ilustración Propia.

Con esto queda definitivamente terminado el registro de la nube de puntos, se puede consultar los informes tanto de la nube de puntos relativa como absoluta en el apartado correspondiente en anejos.

9.4 Limpieza de la nube de puntos.

9.4.1 Limpieza en Recap.

Para eliminar los puntos sobrantes de manera rápida, este software proporcionado por Autodesk es el que presenta mayor utilidad. Se ha utilizado para deshacerse de las estructuras cercanas al centro de transformación, obteniendo una primera nube limpiada.

El primer paso es abrir el software y pulsar Control + O o en la carpeta de abrir proyecto. Se seleccionará el .rcp exportado de scene, y habrá que esperar a que se cargue por completo.

Una vez abierto mediante el botón derecho del ratón habrá que orientar el centro de transformación, y haciendo una ventana con el botón izquierdo, se seleccionarán los puntos que se quieran recortar. El siguiente paso es hacer clic en el botón delete. Obsérvese esto en la *Ilustración 43B*:

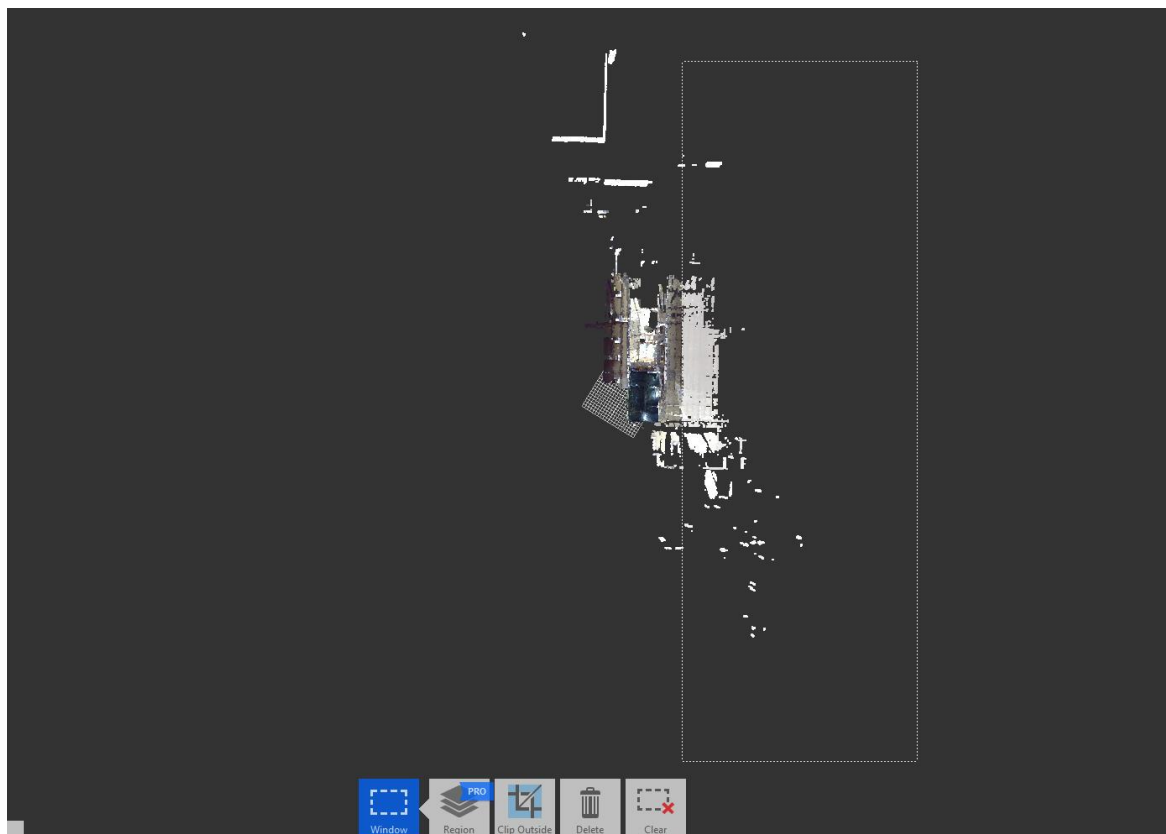


Ilustración 43B. Limpieza de puntos en Recap. Ilustración propia.

Esto se hará en un proceso iterativo hasta que sean eliminados todos los puntos innecesarios. Utilizando el botón derecho del ratón se puede cambiar la vista, o también con el cubo de perspectivas localizado en la parte superior derecha, similar al existente en AutoCAD.

Es importante tener en cuenta que al hacer la ventana de selección no se tomen objetos del centro de transformación y se borren, ya que estos no se podrán volver a recuperar y se deberá hacer todo el proceso de nuevo.

Una vez eliminados todos los elementos sobrantes, el resultado de la primera limpieza se puede observar en la ***Ilustración 44B***:

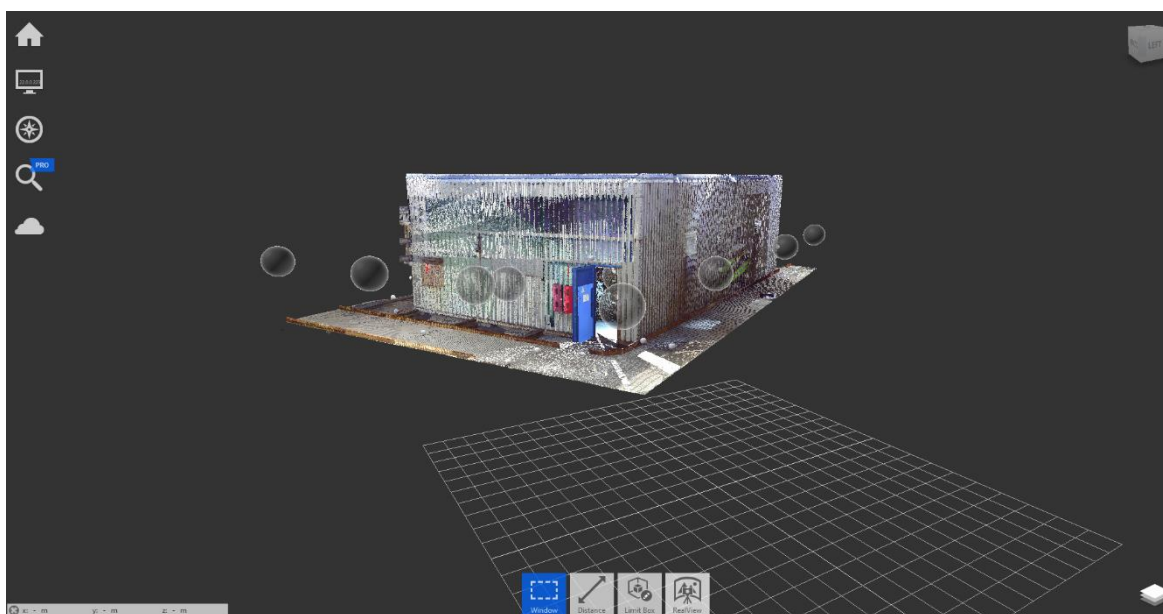


Ilustración 44. Resultado limpieza de la nube en Recap. Ilustración propia.

Para finalizar habrá que exportar la nube en formato .E57, este es un formato de nubes de puntos estándar, soportado por la mayoría de los programas, entre ellos Global Mapper, el utilizado para realizar la segunda limpieza de la nube. Esto se hará desde la pestaña home > Export, seleccionar un directorio, un nombre y el formato .E57.

9.4.2 Limpieza en Global Mapper Pro

Ya terminada la primera limpieza, en la cual se eliminaron las estructuras más grandes, el siguiente paso es realizar una limpieza más a fondo debido a que durante el momento de la toma de datos el escáner podría haber tomado elementos innecesarios, ya sea trabajadores del propio lugar o incluso a nosotros mismos si en algún momento nos cruzamos en la trayectoria del espejo giratorio.

La metodología que se utilizará consta de dibujar un eje a lo largo de la nube de puntos, y mediante perfiles transversales ir poco a poco borrando los puntos innecesarios que se encuentren en ellos.

El primer paso es haciendo clic en path profile se dibujará un eje a lo largo del centro de transformación, abriéndose una nueva ventana mostrando los puntos contenidos en ese eje. El siguiente paso es, dentro de la nueva ventana, hacer clic en path profile settings, activar la primera casilla que creará perfiles cada X metros, y dentro de perpendicular sampling especificar la distancia entre cada perfil. En este caso se ha mantenido en 0.5 metros. Se presiona OK, y posteriormente se ha de fijar el ancho del perfil en 10 metros para abarcar toda la estructura en perpendicular path length. Por último, en las dos últimas casillas, que corresponden a la distancia que se desea que se muestren los puntos contenidos en el eje. Lo suyo es seleccionar la misma que la distancia de cada perfil, ajustándose a 0.5 ambos. Todo esto se puede observar en la *Ilustración 45*:

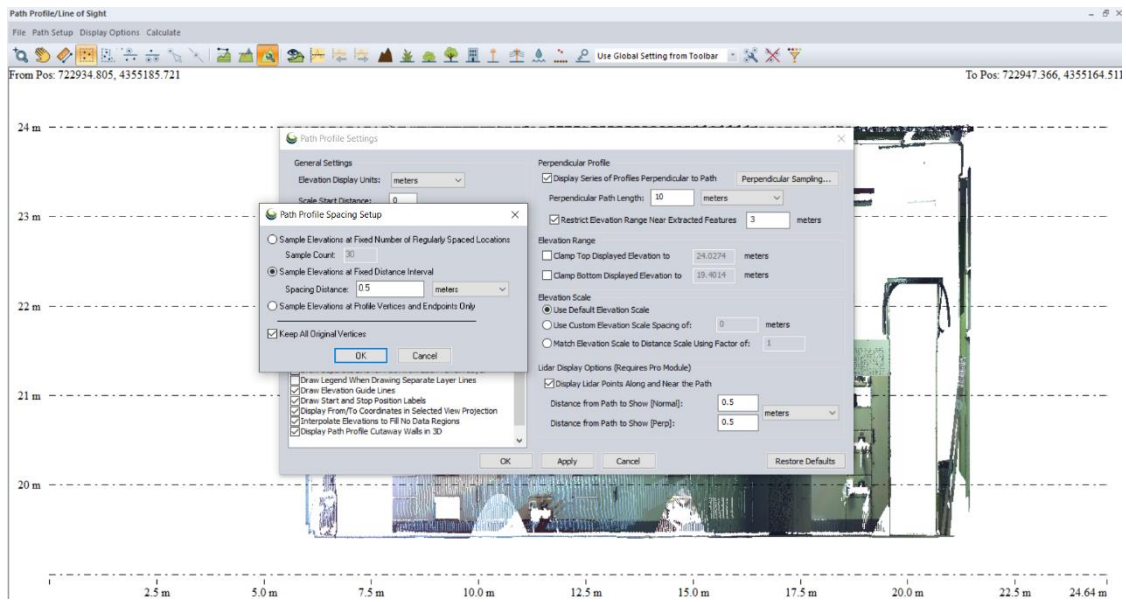


Ilustración 45. Configuración de los perfiles transversales. Ilustración Propia

Una vez configurados, y pulsado OK, se mostrará en la ventana el primer perfil transversal en el PK 000 del eje. Si se pulsa la flecha derecha del teclado, avanzará hasta el siguiente que será medio metro más. De este modo se puede ir recorriendo el eje, y si en algún momento se detecta alguna clase de ruido o punto innecesario, se seleccionará de la misma manera que se realizó en Recap, y mediante suprimir se borrará. En la **Ilustración 46** se observa un perfil transversal, con unos puntos de ruidos seleccionados (en rojo):

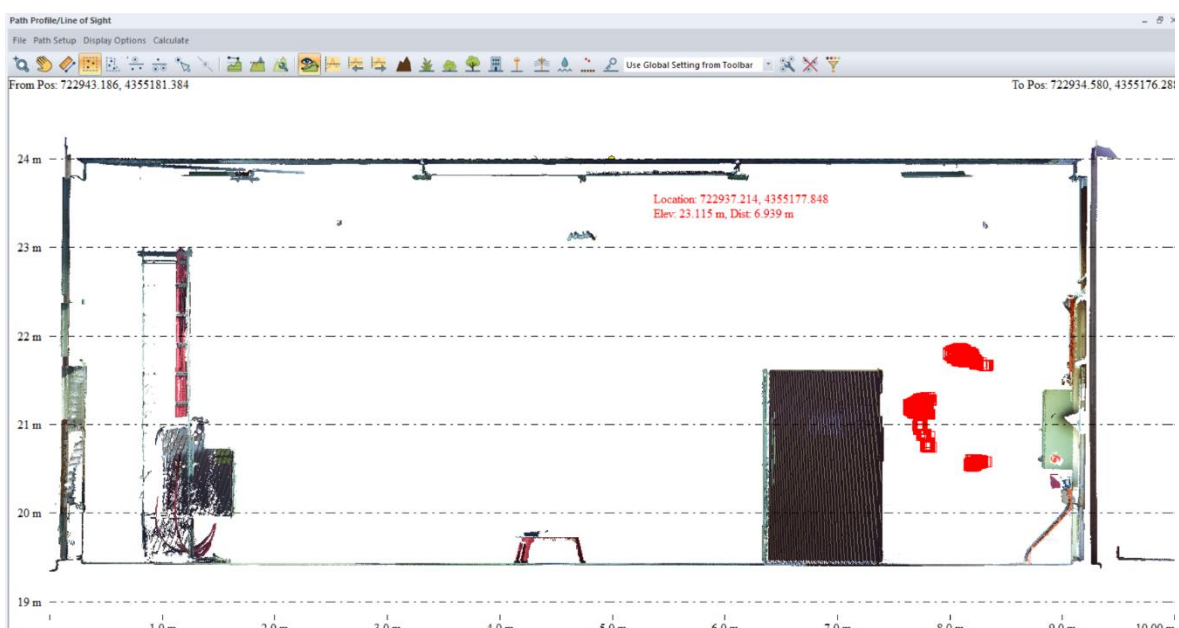


Ilustración 46. Limpieza de un perfil transversal del eje. Ilustración propia

Este proceso se repetirá de forma iterativa, hasta que se hayan revisado todos los perfiles y no quede ningún punto indeseado. Una vez terminado se puede cerrar la ventana emergente, y desde FILE > EXPORT > VECTOR/LIDAR FORMAT > Seleccionar el formato .las, el cual fue el formato demandado por el cliente para la entrega de la nube de puntos.

Con esto ya se dispondría del objetivo del proyecto, el cual es obtener una nube de puntos del centro de transformación georreferenciada, en RGB y limpia.

10 Presupuesto

En este apartado se tratará el presupuesto elaborado para la realización del proyecto. El primer paso es hacer un sumatorio de todos los costes directos que se han intervenido en la elaboración del trabajo solicitado, los cuales son los siguientes:

1. Un Ingeniero técnico en topografía + Auxiliar.
2. Vehículo/furgoneta de alquiler + gasoil.
3. Instrumentación topográfica.
4. Dietas
5. Trabajos en gabinete.

En la **Tabla 7** se puede apreciar todos los componentes del coste directo, desglosados por días, concepto y coste de cada uno de ellos:

DIA	CONCEPTO	COSTE	TOTAL
1,00	Topógrafo	140	140,00
1,00	auxiliar	95	95,00
1,00	COCHE	20	20,00
1,00	GASOIL	40	40,00
1,00	GPS RTK	10	10,00
1,00	LASER FARO	423,5	423,50
1,00	ET TS16	170	170,00

2,00	DIETA	10	20,00
3,50	GABINETE	105	367,50
1,00	ANEJO	105	105,00
13,5		1118,5	1391

Tabla 7. Costes directos del proyecto. Elaboración Propia.

Para los costes indirectos, los que comprenden gastos que no han influido directamente en el proyecto por lo que no son imputables a una unidad concreta, si no que han influido en el conjunto del trabajo (Universidad Veracruzada), se ha considerado que abarcan un 20% del presupuesto total. Dichos costes comprenden desde los gastos de luz, materiales como mobiliario, hardware, arrendamientos, etc...

En cuanto al margen de beneficio se ha mantenido un valor superior al 30% del total del presupuesto, siendo un 30% el recomendado y el 1,87% restante como extra por ser técnicos especializados en topografía.

Por último, al coste total hay que sumarle un 21% de IVA, obteniéndose el presupuesto representado en la **Tabla 8**:

COSTES	COSTES PROYECTO	PORCENTAJE
COSTE DIRECTO	1391,00	48,13%
COSTE INDIRECTO	578,00	20,00%
BENEFICIO	921,00	31,87%
SUMATORIO	2890,00	100,00%
IVA	606,90	21,00%
SUMATORIO FINAL	3496,90	121,00%

Tabla 8. Presupuesto final del proyecto. Elaboración Propia.

11 Objetivos de desarrollo sostenible

Los objetivos de desarrollo sostenibles, establecidos en 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas, constan de 17 objetivos comunes entre sí que tienen el propósito de lograr un futuro mejor y más sostenible para todos (Wikipedia, 2015).

Analizando todos ellos, a este proyecto se pueden atribuir 4 de ellos, que son los números 7, 9, 12 y 13, los cuales se van a explicar a continuación (Organización de las Naciones Unidas, s.f.).

11.1 Objetivo n°7 energía asequible y no contaminante.

Este objetivo trata de aliviar el problema de la falta de energía y electricidad en los países más pobres, mejorando la eficiencia energética del primer mundo, y a la vez intentando promover la transición a la energía renovable, dejando atrás la no contaminante.

Como ya se especificó anteriormente, el propósito final de este proyecto es acoplar una nueva pieza a dos armarios de alta tensión, con el objetivo de mejorar la eficiencia energética y actualizar la tecnología de este centro de transformación.

11.2 Objetivo n°9 industria, innovación e infraestructuras.

En cuanto al objetivo número 9, su propósito es construir infraestructuras más resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación, desarrollando así los sectores manufactureros, facilitando el comercio internacional y el uso eficiente de recursos.

En la elaboración de este proyecto se ha apostado por la innovación y las nuevas tecnologías, impulsando indirectamente el sector del automóvil y el empleo de ingenieros y técnicos que trabajan en la planta.

11.3 Objetivo n°12 producción y consumo responsables.

Dicho objetivo trata de garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles. Ahorrando así millones de dólares en energía, agua y comida malgastados.

Teniendo en cuenta de que la tecnología presente en el centro de transformación es bastante antigua, la eficiencia de estos sería bastante escasa. Al instalar una nueva pieza, se mejorará la eficacia de la infraestructura en su totalidad, mejorando así el gasto energético de éste.

12 Apéndices

12.1 Levantamiento

12.1.1 Coordenadas de bases, puntos y estacionamientos

COORDENADAS DE BASES ETRS89 UTM HUSO 30				
ID	X	Y	Z Ortométrica	Z SUELO
BR001	722909,2847	4355183,804	19,4365	18,0835
BR002	722852,9608	4355194,558	20,1438	18,6058
BR003	722988,3514	4355258,773	19,4665	18,0495

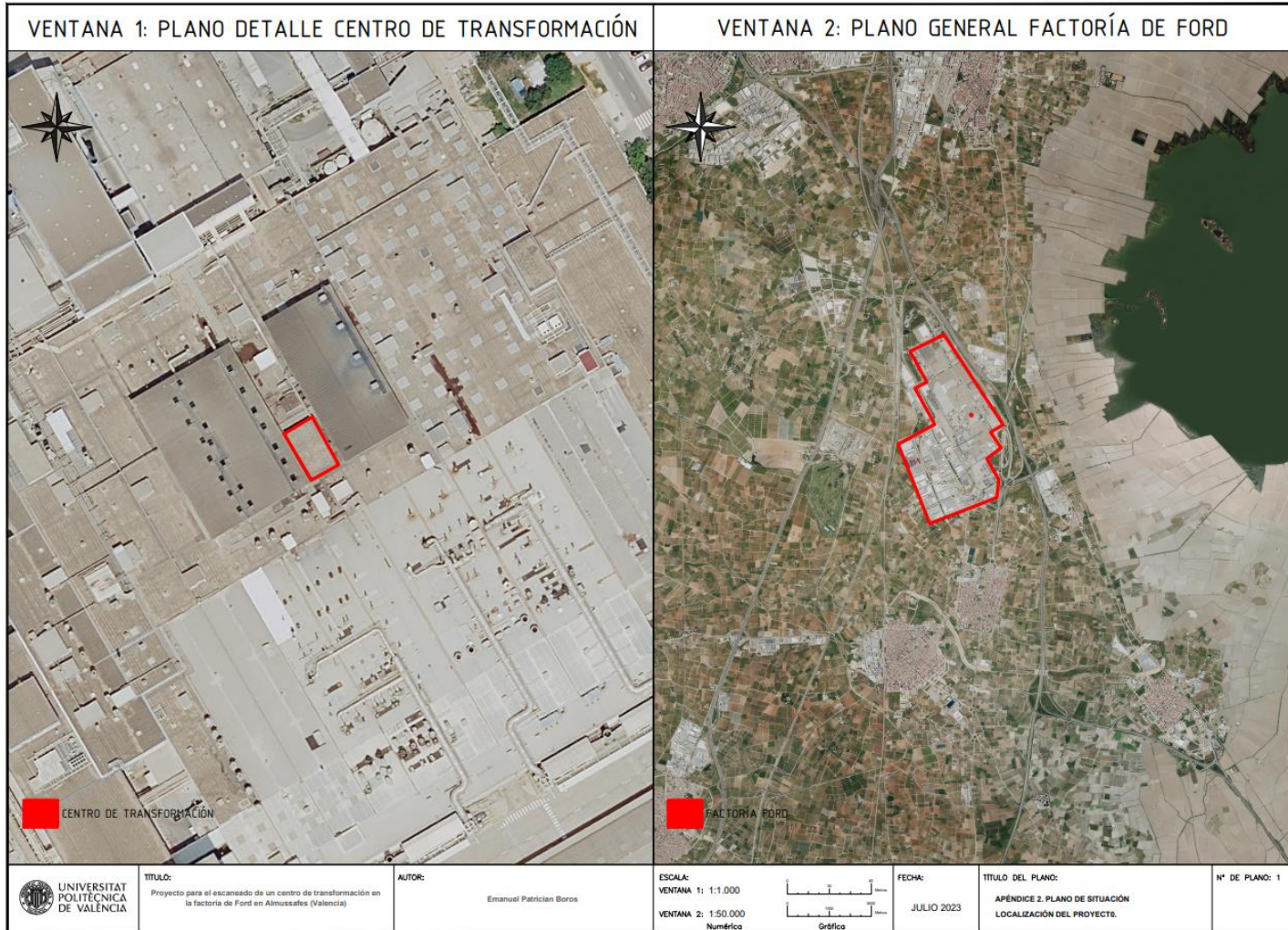
COORDENADAS DE PUNTOS ETRS89 UTM HUSO 30			
ID	X	Y	Z Ortométrica
1	722901,0913	4355228,638	20,828
2	722909,6095	4355224,081	20,357
3	722934,2632	4355178,406	21,176
4	722939,6454	4355164,213	21,107
101	722901,0924	4355228,635	20,827
102	722909,6104	4355224,08	20,358
103	722934,262	4355178,405	21,185
104	722940,286	4355193,671	21,098
105	722952,6463	4355188,933	20,930
106	722927,7942	4355177,394	20,992
7001	722941,2181	4355183,813	19,461
7002	722950,7459	4355164,233	19,525
7003	722940,659	4355164,995	19,469
7004	722934,4828	4355181,434	19,477

COORDENADAS DE ESTACIONAMIENTOS ETRS89 UTM HUSO 30			
ID	X	Y	Z Ortométrica
8001	722911,1201	4355214,416	21,147
8002	722910,4543	4355214,003	20,853

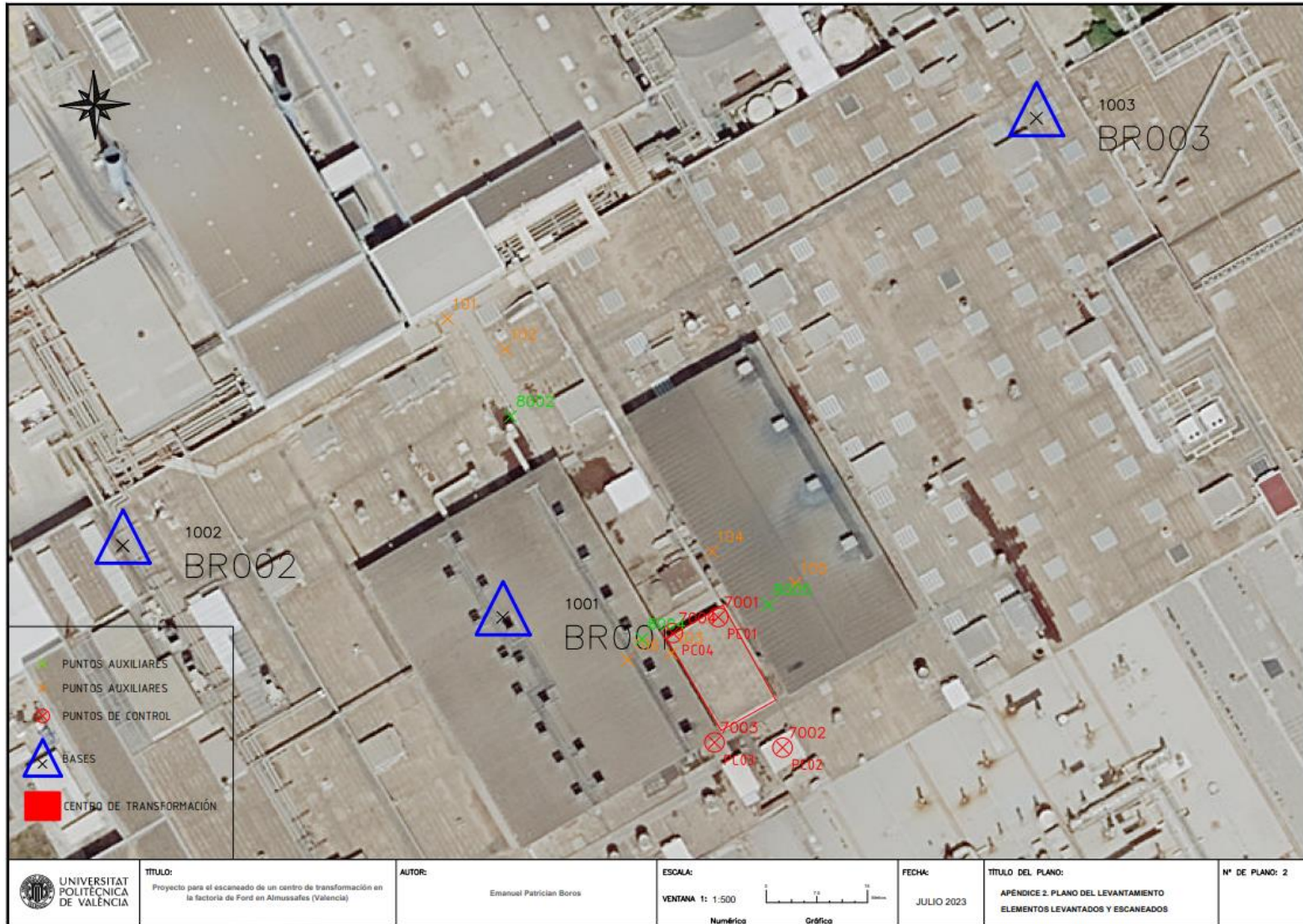
8003	722929,5819	4355180,696	21,192
8004	722929,9035	4355180,551	21,185
8005	722948,5917	4355185,67	21,197

12.2 Planos

12.2.1 Plano de situación



12.2.2 Plano del levantamiento



12.3 Cálculo de coordenadas de las bases en postproceso

Leica Geosystems AG
Heinrich Wild Strasse
CH-9435 Heerbrugg
St. Gallen, Switzerland

Phone: + 41 71 727 3131
Fax: + 41 71 727 4674

- when it has to be **right**



Network Adjustment Report

Report created: 29/04/2023 13:55:37

Project Details

General		Customer Details		Master Coordinate System	
Project Name:	TFG	Customer Name:	-	Coordinate System Name:	ETRS89 UTM 30
Owner:	Emanuel Boros	Contact Person:	-	Transformation Type:	-
Lead Surveyor:	Emanuel Boros	Number:	-	Residual Distribution:	None
Date Created:	19/04/2023 19:05:18	Email:	-	Ellipsoid:	GRS 1980
Last Accessed:	29/04/2023 13:54:28	Skype:	-	Projection Type:	UTM
Application Software:	Infinity 4.0.2	Website:	-	Geoid Model:	EGM08_RED NAP (2)
				CSCS Model:	-
Path:	C:\Users\Usuario\Desktop\TFG\DATOS\01 - ESTATICO GNSS\TFG.iprj				
Size:	64,0 MB				
Comments:	-				
Name:	04/27/2023 18:52:17				
Date/Time:	27/04/2023 18:52:17				
Processing kernel:	MOVE3 4.6.0				
	www.MOVE3.com © 1993-2022 Sweco Nederland B.V. Licensed to Leica Geosystems AG				

Adjustment Settings

General		
Controls:		Constrained
Dimension:		3D
Coordinate system:		WGS84
Height mode:		Ellipsoidal
Confidence Level for Heights - 1D:		68.3%
Confidence Level for Error Ellipses - 2D:		39.4%
Max. number of Iterations:		3
Iteration criteria:		0,0001 m
Standard Deviation Settings		
Source of Standard Deviation Settings - TPS:		Individual
Source of Standard Deviation Settings - GNSS:		Use Defaults
GNSS Baseline (Absolute):		0,0050 m
GNSS Baseline (Relative):		1 PPM
Source of Standard Deviation Settings - Level:		Individual
Source of Centring/Height Errors - TPS:		Individual
Source of Centring/Height Errors - GNSS:		Default Settings for all Observations
Reference:		Rover:
Centring Error:	0,0000 m	0,0000 m

Advanced

Use reduced observations:	No
Use scale factor correction:	Ignore
Initial Scale Factor Correction:	0,0 PPM
Use vertical refraction coefficient:	Ignore
Initial Vertical Refraction Coefficient:	0,13

Adjustment Summary**Adjustment**

Type:	Constrained
Dimension:	3D
Number of Iterations:	1
Max. coordinate correction in last iteration:	0,0000 m

Stations

Number of (partly) known stations:	2
Number of unknown stations:	3
Total:	5

Observations

GNSS coordinate differences:	24 (8 baselines)
Known coordinates:	6
Total:	30

Unknowns

Coordinates:	15
Total:	15

Degrees of freedom: 15

Optimisation criterion v'Pv: 4,65564

σ a-posteriori: 0,557

Testing

Critical value W-Test:	1,96
Critical value T-Test (2 dimensional):	2,42
Critical value T-Test (3 dimensional):	1,89
Critical value F-Test:	1,07
F-Test:	0,31

Chi Square Test (95,0%)

Critical value lower bound:	0,42
Critical value upper bound:	1,83
Chi Square Test:	0,31

Input data**Approximate Coordinates**

Station	WGS84 Latitude	WGS84 Longitude	Ellip. Height [m]	Description
BR001	39° 19' 03,55" N	0° 24' 51,54" W	69,4455	Averaged
BR002	39° 19' 02,91" N	0° 24' 53,92" W	70,1556	Averaged
BR003	39° 19' 04,86" N	0° 24' 48,19" W	69,4712	Averaged
VALE	39° 28' 50,97" N	0° 20' 15,54" W	77,5590	Control Fixed 3D
VCIA	39° 26' 08,55" N	0° 20' 38,06" W	62,9280	Control Fixed 3D

Observations

From Station	Target Point	ΔX [m]	ΔY [m]	ΔZ [m]	SD ΔX [m]	SD ΔY [m]	SD ΔZ [m]
VCIA	BR001	8.279,9425	-6.122,0868	-10.127,4047	0,0194	0,0194	0,0194
VALE	BR001	11.448,8611	-6.679,1866	-14.004,2858	0,0243	0,0243	0,0243
VALE	BR002	11.461,5000	-6.736,1776	-14.019,1000	0,0243	0,0243	0,0243
VCIA	BR002	8.292,5723	-6.179,0810	-10.142,2118	0,0195	0,0195	0,0195
VCIA	BR003	8.254,8243	-6.041,6433	-10.095,9633	0,0194	0,0194	0,0194
VALE	BR003	11.423,7498	-6.598,7648	-13.972,8882	0,0242	0,0242	0,0242
VCIA	BR003	8.254,8367	-6.041,6691	-10.096,0028	0,0194	0,0194	0,0194
VALE	BR003	11.423,7525	-6.598,7604	-13.972,8849	0,0242	0,0242	0,0242

Adjustment Results

Adjusted Coordinates

Station	WGS84 Latitude	WGS84 Longitude	Ellip. Height [m]	Corr WGS84 Lat [m]	Corr WGS84 Long [m]	Corr Height [m]
BR001	39° 19' 03,55" N	0° 24' 51,54" W	69,4461	-0,0002	0,0001	0,0006
BR002	39° 19' 02,91" N	0° 24' 53,92" W	70,1548	0,0009	-0,0003	-0,0008
BR003	39° 19' 04,86" N	0° 24' 48,19" W	69,4739	0,0101	0,0050	0,0027
VALE	39° 28' 50,97" N	0° 20' 15,54" W	77,5590	0,0000	0,0000	0,0000
VCIA	39° 26' 08,55" N	0° 20' 38,06" W	62,9280	0,0000	0,0000	0,0000

Station	Easting [m]	Northing [m]	Ortho. Height [m]	Corr E [m]	Corr N [m]	Corr Height [m]
BR001	722.909,2847	4.355.215,9047	19,4365	0,0001	-0,0002	0,0006
BR002	722.852,9608	4.355.194,5577	20,1438	-0,0003	0,0009	-0,0008
BR003	722.988,3514	4.355.258,7733	19,4665	0,0050	0,0101	0,0027
VALE	728.984,9635	4.373.520,4324	27,5404	0,0000	0,0000	0,0000
VCIA	728.594,6572	4.368.496,3015	12,9684	0,0000	0,0000	0,0000

Standard Deviations

Station	SD WGS84 Lat [m]	SD WGS84 Long [m]	SD Height [m]
BR001	0,0085	0,0085	0,0085
BR002	0,0085	0,0085	0,0085
BR003	0,0060	0,0060	0,0060
VALE	0,0000	0,0000	0,0000
VCIA	0,0000	0,0000	0,0000

Absolute Error Ellipses (Confidence Levels: 2D - 39.4% 1D - 68.3%)

Station	Semi major (a) [m]	Semi minor (b) [m]	SD Height [m]	Orientation (φ) [°]
BR001	0,0085	0,0085	0,0085	45
BR002	0,0085	0,0085	0,0085	45
BR003	0,0060	0,0060	0,0060	90
VALE	0,0000	0,0000	0,0000	-45
VCIA	0,0000	0,0000	0,0000	45

Relative Error Ellipses (Confidence Levels: 2D - 39.4% 1D - 68.3%)

From	To	Semi major (a) [m]	Semi minor (b) [m]	SD Height [m]	Orientation (ψ) [°]
VALE	BR001	0,0085	0,0085	0,0085	70
VALE	BR002	0,0085	0,0085	0,0085	70
VALE	BR003	0,0060	0,0060	0,0060	70
VCIA	BR001	0,0085	0,0085	0,0085	65
VCIA	BR002	0,0085	0,0085	0,0085	65
VCIA	BR003	0,0060	0,0060	0,0060	65

External Reliability

Station	Component	Ext. Rel. [m]	Observation Type	Station	Target
BR001	EW	0,0296	DY of Baseline	VCIA	BR001
	NS	0,0229	DZ of Baseline	VCIA	BR001
	Height	0,0229	DX of Baseline	VCIA	BR001
BR002	EW	0,0296	DY of Baseline	VCIA	BR002
	NS	0,0229	DZ of Baseline	VCIA	BR002
	Height	0,0229	DX of Baseline	VCIA	BR002
BR003	EW	0,0110	DY of Baseline	VCIA	BR003
	NS	0,0085	DZ of Baseline	VCIA	BR003
	Height	0,0085	DX of Baseline	VCIA	BR003
VALE	EW	0,0000	DY of Baseline	VCIA	BR001
	NS	0,0000	DZ of Baseline	VCIA	BR001
	Height	0,0000	DX of Baseline	VCIA	BR001
VCIA	EW	0,0000	DY of Baseline	VALE	BR001
	NS	0,0000	DZ of Baseline	VCIA	BR001
	Height	0,0000	DX of Baseline	VALE	BR001

Adjusted GNSS Observations

From Station	Target Point	ΔX [m]	ΔY [m]	ΔZ [m]	Res. ΔX [m]	Res. ΔY [m]	Res. ΔZ [m]
VCIA	BR001	8.279,9459	-6.122,0863	-10.127,4032	-0,0034	-0,0005	-0,0015
VALE	BR001	11.448,8559	-6.679,1873	-14.004,2882	0,0053	0,0007	0,0024
VALE	BR002	11.461,4892	-6.736,1803	-14.019,0981	0,0107	0,0026	-0,0019
VCIA	BR002	8.292,5792	-6.179,0793	-10.142,2131	-0,0069	-0,0017	0,0012
VCIA	BR003	8.254,8346	-6.041,6583	-10.095,9903	-0,0103	0,0150	0,0270
VALE	BR003	11.423,7446	-6.598,7593	-13.972,8753	0,0052	-0,0055	-0,0129
VCIA	BR003	8.254,8346	-6.041,6583	-10.095,9903	0,0020	-0,0108	-0,0125
VALE	BR003	11.423,7446	-6.598,7593	-13.972,8753	0,0078	-0,0011	-0,0096

Adjusted GNSS Observations - continued

From Station	Target Point	SD ΔX [m]	SD ΔY [m]	SD ΔZ [m]	W-Test ΔX	W-Test ΔY	W-Test ΔZ	T-Test
VCIA	BR001	0,0085	0,0085	0,0085	-0,50	-0,07	-0,22	0,10
VALE	BR001	0,0085	0,0085	0,0085	0,50	0,07	0,22	0,10
VALE	BR002	0,0085	0,0085	0,0085	1,02	0,25	-0,18	0,38
VCIA	BR002	0,0085	0,0085	0,0085	-1,02	-0,25	0,18	0,38
VCIA	BR003	0,0060	0,0060	0,0060	-1,15	1,67	3,00	4,36
VALE	BR003	0,0060	0,0060	0,0060	0,43	-0,45	-1,07	0,51
VCIA	BR003	0,0060	0,0060	0,0060	0,22	-1,20	-1,39	1,14
VALE	BR003	0,0060	0,0060	0,0060	0,65	-0,09	-0,80	0,35

GNSS Baseline Vector Residuals

From Station	Target Point	Adj. Vector	Resid [m]	Resid [ppm]
VCIA	BR001	14.443,0516	0,0037	0,3
VALE	BR001	19.282,3217	0,0058	0,3
VALE	BR002	19.320,3771	0,0112	0,6
VCIA	BR002	14.484,9017	0,0072	0,5
VCIA	BR003	14.372,6459	0,0326	2,3
VALE	BR003	19.216,8366	0,0150	0,8
VCIA	BR003	14.372,6459	0,0167	1,2
VALE	BR003	19.216,8366	0,0125	0,6

Testing and Estimated Errors

Coordinate Tests

Station		MDB	Redundancy	BNR	W-Test	Est Error	T-Test
VALE	WGS84 Latitude	-	-	-	-	-	-
	WGS84 Longitude	-	-	-	-	-	-
	Height	-	-	-	-	-	-
VCIA	WGS84 Latitude	-	-	-	-	-	-
	WGS84 Longitude	-	-	-	-	-	-
	Height	-	-	-	-	-	-

Observation Tests

	Station	Target	MDB	Redundancy	BNR	W-Test	Est Error	T-Test
ΔX	VCIA	BR001	0,0485 m	39	3,50	-0,50	-	0,10
ΔY			0,0485 m	39	3,50	-0,07	-	-
ΔZ			0,0485 m	39	3,50	-0,22	-	-
ΔX	VALE	BR001	0,0485 m	61	2,24	0,50	-	0,10
ΔY			0,0485 m	61	2,24	0,07	-	-
ΔZ			0,0485 m	61	2,24	0,22	-	-
ΔX	VALE	BR002	0,0486 m	61	2,24	1,02	-	0,38
ΔY			0,0486 m	61	2,24	0,25	-	-
ΔZ			0,0486 m	61	2,24	-0,18	-	-
ΔX	VCIA	BR002	0,0486 m	39	3,49	-1,02	-	0,38
ΔY			0,0486 m	39	3,49	-0,25	-	-
ΔZ			0,0486 m	39	3,49	0,18	-	-
ΔX	VCIA	BR003	0,0362 m	70	1,85	-1,15	-0,0149 m	4,36
ΔY			0,0362 m	70	1,85	1,67	0,0216 m	-
ΔZ			0,0362 m	70	1,85	3,00	0,0388 m	-
ΔX	VALE	BR003	0,0421 m	80	1,38	0,43	-	0,51
ΔY			0,0421 m	80	1,38	-0,45	-	-
ΔZ			0,0421 m	80	1,38	-1,07	-	-
ΔX	VCIA	BR003	0,0362 m	70	1,85	0,22	-	1,14
ΔY			0,0362 m	70	1,85	-1,20	-	-
ΔZ			0,0362 m	70	1,85	-1,39	-	-
ΔX	VALE	BR003	0,0421 m	80	1,38	0,65	-	0,35
ΔY			0,0421 m	80	1,38	-0,09	-	-
ΔZ			0,0421 m	80	1,38	-0,80	-	-

Observation Tests

	Station	Target	MDB	Redundancy	BNR	W-Test	Est Error	T-Test	
Hz	8001	BR001	0,1742 gon	0	152,43	1,03	-	-	
V			0,1111 gon	0	108,65	-0,66	-	-	
Slope Dist.			0,0095 m	48	2,91	0,16	-	-	
Hz	8001	BR002	0,0119 gon	6	9,99	-0,56	-	-	
V			0,0048 gon	35	3,79	-0,01	-	-	
Slope Dist.			0,0100 m	51	2,74	-0,67	-	-	
Hz	8001	BR003	0,0124 gon	5	10,50	0,51	-	-	
V			0,0043 gon	43	3,20	0,96	-	-	
Slope Dist.			0,0103 m	52	2,70	-1,97	-0,0073 m	-	
Hz	8001	0001	-	-	-	-	-	-	
V			-	-	-	-	-	-	-
Slope Dist.			-	-	-	-	-	-	-
Hz	8001	0002	-	-	-	-	-	-	
V			-	-	-	-	-	-	-
Slope Dist.			-	-	-	-	-	-	-
Hz	8001	0003	-	-	-	-	-	-	
V			-	-	-	-	-	-	-
Slope Dist.			-	-	-	-	-	-	-
Hz	8001	0004	-	-	-	-	-	-	
V			-	-	-	-	-	-	-
Slope Dist.			-	-	-	-	-	-	-
Hz	8002	BR001	0,2008 gon	0	173,22	-0,93	-	-	
V			0,0930 gon	0	90,96	0,52	-	-	
Slope Dist.			0,0141 m	87	1,09	0,08	-	-	
Hz	8002	BR002	0,0119 gon	6	9,88	0,38	-	-	
V			0,0049 gon	34	3,89	0,37	-	-	
Slope Dist.			0,0100 m	51	2,73	0,96	-	-	
Hz	8002	BR003	0,0122 gon	6	10,14	-0,33	-	-	
V			0,0043 gon	44	3,17	-1,17	-	-	
Slope Dist.			0,0103 m	52	2,68	2,25	0,0083 m	-	
Hz	8002	0101	0,0069 gon	34	3,52	-0,11	-	-	
V			0,0055 gon	54	2,61	-0,94	-	-	
Slope Dist.			0,0167 m	64	2,10	0,03	-	-	
Hz	8002	0101	0,0069 gon	34	2,71	-0,01	-	-	
V			0,0055 gon	54	2,61	1,66	-	-	
Slope Dist.			0,0167 m	64	2,10	-0,21	-	-	
Hz	8002	0102	0,0070 gon	34	3,57	0,03	-	-	
V			0,0056 gon	52	2,70	-1,92	-	-	
Slope Dist.			0,0146 m	82	1,29	0,16	-	-	
Hz	8002	0102	0,0070 gon	34	2,76	0,04	-	-	
V			0,0056 gon	52	2,70	1,50	-	-	
Slope Dist.			0,0146 m	82	1,29	0,09	-	-	
Hz	8002	0103	0,0070 gon	33	3,60	0,08	-	-	
V			0,0045 gon	81	1,36	-1,66	-	-	
Slope Dist.			0,0163 m	70	1,83	0,03	-	-	
Hz	8002	0103	0,0070 gon	33	2,79	-0,03	-	-	
V			0,0045 gon	81	1,36	1,63	-	-	
Slope Dist.			0,0163 m	70	1,83	-0,11	-	-	
Hz	8003	0103	0,0291 gon	1	25,80	0,69	-	-	
V			0,0058 gon	24	4,97	0,98	-	-	
Slope Dist.			0,0162 m	66	2,01	0,10	-	-	
Hz	8003	0102	0,0049 gon	34	3,40	0,76	-	-	
V			0,0034 gon	69	1,88	0,87	-	-	
Slope Dist.			0,0166 m	68	1,91	-0,03	-	-	
Hz	8003	0101	0,0061 gon	22	4,63	0,33	-	-	
V			0,0034 gon	73	1,72	-1,41	-	-	
Slope Dist.			0,0185 m	56	2,48	0,19	-	-	
Hz	8003	0104	0,0056 gon	53	2,40	0,69	-	-	
V			0,0047 gon	74	1,66	-0,68	-	-	
Slope Dist.			0,0149 m	81	1,37	0,17	-	-	
Hz	8003	0104	0,0062 gon	42	2,46	-1,90	-	-	
V			0,0047 gon	74	1,66	0,37	-	-	
Slope Dist.			0,0149 m	81	1,37	0,17	-	-	
Hz			0,0051 gon	62	1,92	-0,01	-	-	

Slope Dist.			0,0094 m	50	2,80	-1,50	-	-
Hz			0,0063 gon	41	2,85	-1,52	-	-
V	8004	0102	0,0044 gon	84	1,21	0,43	-	-
Slope Dist.			0,0166 m	68	1,91	-0,09	-	-
Hz			0,0311 gon	2	19,41	-0,70	-	-
V	8004	0103	0,0063 gon	41	3,33	-0,98	-	-
Slope Dist.			0,0162 m	66	2,01	0,10	-	-
Hz			0,0067 gon	37	3,17	1,19	-	-
V	8004	0104	0,0048 gon	72	1,73	1,12	-	-
Slope Dist.			0,0149 m	81	1,38	0,18	-	-
Hz			0,0059 gon	48	2,41	0,12	-	-
V	8004	0105	0,0045 gon	81	1,35	0,72	-	-
Slope Dist.			0,0155 m	75	1,60	0,06	-	-
Hz			0,0436 gon	1	27,39	1,43	-	-
V	8004	0106	0,0078 gon	27	4,61	0,28	-	-
Slope Dist.			0,0150 m	77	1,54	0,05	-	-
Hz			-	-	-	-	-	-
V	8004	7003	0,0057 gon	50	2,80	-2,98	-0,0061 gon	-
Slope Dist.			0,0095 m	50	2,80	1,15	-	-
Hz			-	-	-	-	-	-
V	8004	7003	0,0057 gon	50	2,80	2,98	0,0061 gon	-
Slope Dist.			0,0095 m	50	2,80	-1,15	-	-
Hz			0,0671 gon	0	40,11	0,55	-	-
V	8005	0106	0,0046 gon	76	1,56	2,11	0,0035 gon	-
Slope Dist.			0,0169 m	63	2,17	-0,09	-	-
Hz			0,2065 gon	0	123,65	0,00	-	-
V	8005	0105	0,0160 gon	6	10,67	-0,85	-	-
Slope Dist.			0,0167 m	62	2,18	-0,23	-	-
Hz			0,0666 gon	0	39,77	-0,55	-	-
V	8005	0104	0,0070 gon	33	3,96	-0,82	-	-
Slope Dist.			0,0136 m	95	0,62	-0,23	-	-
Hz			-	-	-	-	-	-
V	8005	7002	0,0057 gon	50	2,80	-2,22	-0,0045 gon	-
Slope Dist.			0,0096 m	50	2,80	0,56	-	-
Hz			-	-	-	-	-	-
V	8005	7002	0,0057 gon	50	2,80	2,22	0,0045 gon	-
Slope Dist.			0,0096 m	50	2,80	-0,56	-	-

12.4 Registro de la nube de puntos en Scene

12.4.1 Informe nube de puntos coordenadas relativas

Registration Report

Project	PROJECT_1
Cluster	CENTRO_REL
Recording Period	1/1/2002, 12:10:11 AM - 1/1/2002, 3:17:23 AM
Location	
Report Date	6/22/2023, 10:12:55 PM

Color Coding

Distance Error	< 20 mm	> 40 mm
Horizontal Error	< 20 mm	> 40 mm
Vertical Error	< 20 mm	> 40 mm
Angular Error	< 0.5 deg	> 1.0 deg

Overview

Target Statistics

Max. Distance Error	14.8 mm
Mean Distance Error	4.7 mm
Max. Horizontal Error	14.8 mm
Mean Horizontal Error	4.3 mm
Max. Vertical Error	4.5 mm
Mean Vertical Error	1.3 mm
Max. Angular Error	-
Mean Angular Error	-

Scan Errors

Target Statistics

Cluster/Scan	Connections	Max. Dist. [mm]	Mean Dist. [mm]	Max. Hor. [mm]	Mean Hor. [mm]	Max. Vert. [mm]	Mean Vert. [mm]	Max. Angle [deg]	Mean Angle [deg]
FARO_Scan_1001	3	8.1	3.7	7.9	3.5	1.9	1.0	-	-
FARO_Scan_1002	2	8.1	4.7	7.9	4.3	2.3	1.4	-	-
FARO_Scan_1003	2	6.0	4.3	5.7	3.6	4.5	2.0	-	-
FARO_Scan_1004	3	7.6	3.8	7.2	3.1	4.5	1.9	-	-
FARO_Scan_1005	3	7.6	4.7	7.2	4.1	4.4	1.9	-	-
FARO_Scan_1006	3	7.6	4.2	6.6	3.8	4.4	1.3	-	-
FARO_Scan_1007	3	14.8	6.1	14.8	6.1	1.4	0.6	-	-
FARO_Scan_1008	2	14.8	9.4	14.8	9.3	2.4	1.5	-	-
FARO_Scan_1012	3	6.7	4.3	6.5	4.1	1.6	1.2	-	-
INTERIOR_REL	3	10.1	5.2	9.8	5.0	2.4	1.4	-	-
References	7	4.6	2.4	4.6	2.4	1.0	0.5	-	-

Target Statistics

Cluster/Scan 1	Target 1	Cluster/Scan 2	Target 2	Dist. [mm]	Hor. [mm]	Ver. [mm]	Angle [deg]
FARO_Scan_1001	PC-01	References	PC-01	0.9	0.8	0.4	-
FARO_Scan_1001	PC-01	FARO_Scan_1012	PC-01	3.5	3.4	0.8	-
FARO_Scan_1001	003	FARO_Scan_1002	003	2.7	2.7	0.0	-
FARO_Scan_1002	005	FARO_Scan_1001	005	8.1	7.9	1.8	-
FARO_Scan_1002	004	FARO_Scan_1001	004	3.3	2.7	1.9	-
FARO_Scan_1003	008	FARO_Scan_1002	008	5.7	5.7	0.5	-
FARO_Scan_1003	006	FARO_Scan_1002	006	3.3	2.3	2.3	-
FARO_Scan_1003	007	FARO_Scan_1002	007	4.8	4.4	1.9	-
FARO_Scan_1003	009	FARO_Scan_1004	009	2.1	1.8	1.1	-
FARO_Scan_1003	011	FARO_Scan_1004	011	4.0	3.5	1.9	-
FARO_Scan_1003	010	FARO_Scan_1004	010	6.0	3.9	4.5	-
FARO_Scan_1004	013	FARO_Scan_1005	013	7.6	7.2	2.4	-
FARO_Scan_1004	PC-02	FARO_Scan_1005	PC-02	2.2	2.2	0.0	-
FARO_Scan_1004	PC-02	References	PC-02	0.8	0.7	0.2	-
FARO_Scan_1005	012	FARO_Scan_1004	012	3.7	2.2	3.0	-
FARO_Scan_1005	015	FARO_Scan_1006	015	6.6	6.0	2.7	-
FARO_Scan_1006	014	FARO_Scan_1005	014	2.6	2.5	0.4	-
FARO_Scan_1006	016	FARO_Scan_1005	016	7.6	6.2	4.4	-
FARO_Scan_1007	PC-03	FARO_Scan_1006	PC-03	2.8	2.7	0.3	-
FARO_Scan_1007	018	FARO_Scan_1006	018	6.6	6.6	0.6	-
FARO_Scan_1007	017	FARO_Scan_1006	017	1.6	1.5	0.1	-
FARO_Scan_1007	PC-03	References	PC-03	2.2	2.1	0.5	-
FARO_Scan_1007	020	FARO_Scan_1008	020	14.8	14.8	0.7	-
FARO_Scan_1008	021	FARO_Scan_1007	021	8.6	8.5	1.4	-
FARO_Scan_1008	023	INTERIOR_REL	023	9.7	9.6	1.2	-
FARO_Scan_1012	028	INTERIOR_REL	028	4.5	4.2	1.6	-
FARO_Scan_1012	027	INTERIOR_REL	027	3.9	3.7	1.2	-
FARO_Scan_1012	028	INTERIOR_REL	028	6.7	6.5	1.5	-
FARO_Scan_1012	027	INTERIOR_REL	027	5.4	5.2	1.4	-
FARO_Scan_1012	029	INTERIOR_REL	029	4.3	4.0	1.6	-
FARO_Scan_1012	PC-01	References	PC-01	3.2	3.1	0.4	-
INTERIOR_REL	022	FARO_Scan_1008	022	4.1	3.8	1.5	-
INTERIOR_REL	024	FARO_Scan_1008	024	10.1	9.8	2.4	-
INTERIOR_REL	029	FARO_Scan_1012	029	2.7	2.3	1.4	-
INTERIOR_REL	PC-04	References	PC-04	3.2	3.0	1.0	-
INTERIOR_REL	PC-04	References	PC-04	3.2	3.1	0.8	-
References	PC-02	FARO_Scan_1005	PC-02	2.6	2.6	0.2	-
References	PC-03	FARO_Scan_1006	PC-03	1.4	1.2	0.8	-
References	PC-04	INTERIOR_REL	PC-04	4.6	4.6	0.5	-

Inclinometer Mismatches

Cluster/Scan	Scan	Mismatch [deg]
INTERIOR_REL	FARO_Scan_1028	0.0638
INTERIOR_REL	FARO_Scan_1013	0.0277
FARO_Scan_1008	FARO_Scan_1008	0
FARO_Scan_1007	FARO_Scan_1007	0
INTERIOR_REL	FARO_Scan_1024	0.0519
FARO_Scan_1005	FARO_Scan_1005	0.0000
INTERIOR_REL	FARO_Scan_1014	0.0165
INTERIOR_REL	FARO_Scan_1023	0.0091
INTERIOR_REL	FARO_Scan_1026	0.0382
INTERIOR_REL	FARO_Scan_1010	0.0837
FARO_Scan_1003	FARO_Scan_1003	0.0000
INTERIOR_REL	FARO_Scan_1016	0.0205
INTERIOR_REL	FARO_Scan_1019	0.0281
INTERIOR_REL	FARO_Scan_1009	0.0358
FARO_Scan_1012	FARO_Scan_1012	0
INTERIOR_REL	FARO_Scan_1032	0.0118
INTERIOR_REL	FARO_Scan_1018	0.0228
FARO_Scan_1001	FARO_Scan_1001	0
INTERIOR_REL	FARO_Scan_1029	0.0471
INTERIOR_REL	FARO_Scan_1030	0.1263
FARO_Scan_1004	FARO_Scan_1004	0.0000
INTERIOR_REL	FARO_Scan_1017	0.0219
INTERIOR_REL	FARO_Scan_1027	0.0467
INTERIOR_REL	FARO_Scan_1022	0.0500
INTERIOR_REL	FARO_Scan_1033	0.0341
FARO_Scan_1002	FARO_Scan_1002	0.0000
FARO_Scan_1006	FARO_Scan_1006	0
INTERIOR_REL	FARO_Scan_1025	0.0093
INTERIOR_REL	FARO_Scan_1020	0.0218
INTERIOR_REL	FARO_Scan_1031	0.0475
INTERIOR_REL	FARO_Scan_1021	0.0452
INTERIOR_REL	FARO_Scan_1015	0.0304
INTERIOR_REL	FARO_Scan_1011	0.0559

12.4.2 Informe nube de puntos coordenadas absolutas

Registration Report

Project	PROJECT_1
Cluster	CENTRO_ABS
Recording Period	1/1/2002, 12:10:11 AM - 1/1/2002, 3:17:23 AM
Location	
Report Date	6/22/2023, 10:12:11 PM

Color Coding

Distance Error	< 20 mm	> 40 mm
Horizontal Error	< 20 mm	> 40 mm
Vertical Error	< 20 mm	> 40 mm
Angular Error	< 0.5 deg	> 1.0 deg

Overview

Target Statistics

Max. Distance Error	4.6 mm
Mean Distance Error	2.4 mm
Max. Horizontal Error	4.6 mm
Mean Horizontal Error	2.4 mm
Max. Vertical Error	1.0 mm
Mean Vertical Error	0.5 mm
Max. Angular Error	-
Mean Angular Error	-

Scan Errors

Target Statistics

Cluster/Scan	Connections	Max. Dist. [mm]	Mean Dist. [mm]	Max. Hor. [mm]	Mean Hor. [mm]	Max. Vert. [mm]	Mean Vert. [mm]	Max. Angle [deg]	Mean Angle [deg]
CENTRO_REL	1	4.6	2.4	4.6	2.4	1.0	0.5	-	-
References	1	4.6	2.4	4.6	2.4	1.0	0.5	-	-

Detailed Errors

Target Statistics

Cluster/Scan 1	Target 1	Cluster/Scan 2	Target 2	Dist. [mm]	Hor. [mm]	Ver. [mm]	Angle [deg]
CENTRO_REL	PC-01	References	PC-01	0.9	0.8	0.4	-
CENTRO_REL	PC-02	References	PC-02	0.8	0.7	0.2	-
CENTRO_REL	PC-04	References	PC-04	3.2	3.0	1.0	-
CENTRO_REL	PC-04	References	PC-04	3.2	3.1	0.8	-
CENTRO_REL	PC-03	References	PC-03	2.2	2.1	0.5	-
CENTRO_REL	PC-01	References	PC-01	3.2	3.1	0.4	-
References	PC-02	CENTRO_REL	PC-02	2.6	2.6	0.2	-
References	PC-03	CENTRO_REL	PC-03	1.4	1.2	0.8	-
References	PC-04	CENTRO_REL	PC-04	4.6	4.6	0.5	-

Inclinometer Mismatches

Cluster/Scan	Scan	Mismatch [deg]
CENTRO_REL	FARO_Scan_1028	0.0638
CENTRO_REL	FARO_Scan_1013	0.0277
CENTRO_REL	FARO_Scan_1008	0
CENTRO_REL	FARO_Scan_1007	0
CENTRO_REL	FARO_Scan_1024	0.0519
CENTRO_REL	FARO_Scan_1005	0.0000
CENTRO_REL	FARO_Scan_1014	0.0165
CENTRO_REL	FARO_Scan_1023	0.0091
CENTRO_REL	FARO_Scan_1026	0.0382
CENTRO_REL	FARO_Scan_1010	0.0837
CENTRO_REL	FARO_Scan_1003	0.0000
CENTRO_REL	FARO_Scan_1016	0.0205
CENTRO_REL	FARO_Scan_1019	0.0281
CENTRO_REL	FARO_Scan_1009	0.0358
CENTRO_REL	FARO_Scan_1012	0
CENTRO_REL	FARO_Scan_1032	0.0118
CENTRO_REL	FARO_Scan_1018	0.0228
CENTRO_REL	FARO_Scan_1001	0
CENTRO_REL	FARO_Scan_1029	0.0471
CENTRO_REL	FARO_Scan_1030	0.1263
CENTRO_REL	FARO_Scan_1004	0.0000
CENTRO_REL	FARO_Scan_1017	0.0219
CENTRO_REL	FARO_Scan_1027	0.0467
CENTRO_REL	FARO_Scan_1022	0.0500
CENTRO_REL	FARO_Scan_1033	0.0341
CENTRO_REL	FARO_Scan_1002	0.0000
CENTRO_REL	FARO_Scan_1006	0
CENTRO_REL	FARO_Scan_1025	0.0093
CENTRO_REL	FARO_Scan_1020	0.0218
CENTRO_REL	FARO_Scan_1031	0.0475
CENTRO_REL	FARO_Scan_1021	0.0452
CENTRO_REL	FARO_Scan_1015	0.0304
CENTRO_REL	FARO_Scan_1011	0.0559

13 Referencias

Comisión de cartografía de Andalucía. (16 de 05 de 2011). *NTCA_02002 Procesos:*

Observación y Procesamiento GNSS. Obtenido de Junta de andalucía:

www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/

Departamento de Medio ambiente de Ford. (s.f.). *Control ambiental en vista del desarrollo sostenible*. Obtenido de aec:

https://www.aec.es/c/document_library/get_file?uuid=85bb4122-ca61-444f-adab-1671d7443674&groupId=10128

FARO. (s.f.). *FARO® Focus Laser Scanner*. Obtenido de <https://media.faro.com/->

[/media/Project/FARO/FARO/FARO/Resources/2_TECH-](https://media.faro.com/-/media/Project/FARO/FARO/FARO/Resources/2_TECH-SHEET/TechSheet_Focus_Laser_Scanner/TechSheet_Focus_Laser_Scanner_SP.pdf?rev=19585b83e07e4bc9821170780a7b6312)

[SHEET/TechSheet_Focus_Laser_Scanner/TechSheet_Focus_Laser_Scanner_SP.pdf?rev=19585b83e07e4bc9821170780a7b6312](https://media.faro.com/-/media/Project/FARO/FARO/FARO/Resources/2_TECH-SHEET/TechSheet_Focus_Laser_Scanner/TechSheet_Focus_Laser_Scanner_SP.pdf?rev=19585b83e07e4bc9821170780a7b6312)

Garrido-Villén, N. (s.f.). Cálculo y compensación de redes GNSS. En N. Garrido-Villén,

Manual de cálculo y compensación de redes GNSS con Leica Infinity (págs. 17-75).

Instituto Geográfico Nacional. (s.f.). *Descarga ficheros Rinex*. Obtenido de IGN:

<https://www.ign.es/web/gds-gnss-datos-rinex>

Muñoz, S. (s.f.). *Colegio de Ingenieros técnicos de obras públicas*. Obtenido de

[https://ingenieros-civiles.es/actualidad/actualidad/1/755/legislacion-vigente-en-espana-relacionada-con-](https://ingenieros-civiles.es/actualidad/actualidad/1/755/legislacion-vigente-en-espana-relacionada-con-bim#:~:text=A%20pesar%20de%20que%20BIM,elemento%20valorable%20en%20la%20oferta.)

[bim#:~:text=A%20pesar%20de%20que%20BIM,elemento%20valorable%20en%20la%20oferta.](https://ingenieros-civiles.es/actualidad/actualidad/1/755/legislacion-vigente-en-espana-relacionada-con-bim#:~:text=A%20pesar%20de%20que%20BIM,elemento%20valorable%20en%20la%20oferta.)

Organización de las Naciones Unidas. (s.f.). *Objetivos de desarrollo sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Universidad Veracruzana. (s.f.). *Gastos Indirectos de Producción*. Obtenido de <https://www.uv.mx/personal/alsalas/files/2014/09/GASTOS-INDIRECTOS-DE-PRODUCCION.pdf>

Wikipedia. (2015). *Wikipedia. La enciclopedia libre*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Objetivos_de_Desarrollo_Sostenible