

# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA  
GEODÉSICA, CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA.



**PROYECTO FINAL DE CARRERA**

## **CONTROL DIMENSIONAL Y RECONSTRUCCIÓN DE ELEMENTOS INDUSTRIALES CON EQUIPOS TOPOGRÁFICOS MONITORIZADOS**

AUTOR: DAVID FRÍAS GARRIDO

DIRECTOR: ENRIQUE PRIEGO DE LOS SANTOS

VALENCIA, JUNIO 2011

---

# ÍNDICE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	7
II. INSTRUMENTACIÓN TOPOGRÁFICA	13
II.1. INTRODUCCIÓN	13
II.2. ESTACIONES TOTALES ROBÓTICAS	21
2.1. TRIMBLE S6	21
2.2. TRIMBLE S8	22
2.3. TRIMBLE VX	24
2.4. LEICA TS15	25
2.5. LEICA TM30	25
2.6. LEICA TS30	27
2.7. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS: LEICA TS30 Y TM30	27
II.3. ESTACIÓN TOTAL TRIMBLE S6	31
II.4. ESTACIÓN TOTAL LEICA TS15	38
II.5. ERRORES A PRORI DE LAS ESTACIONES TOTALES	49
II.6. TRANSFERENCIA DE DATOS	53
III. PREPARACIÓN Y CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS	62
III.1. APRENDIZAJE Y MANEJO DE LOS EQUIPOS EN EL SEMINARIO DE INSTRUMENTOS (DICGF)	62
III.2. CONTROL DE DISTANCIAS EN BASE CALIBRACIÓN DE LA UPV	65
IV. CONTROL DIMENSIONAL DE EDIFICIOS	73
IV.1. SISTEMA COMÚN DE REFERENCIA	94
V. CONTROL DIMENSIONAL DE ELEMENTOS INDUSTRIALES	105
VI. RECONSTRUCCIÓN DE PEQUEÑOS ELEMENTOS INDUSTRIALES	109
VII. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES	114
DOCUMENTACIÓN GRÁFICA	117
ANEXOS	118
BIBLIOGRAFÍA	194

---

## ÍNDICE IMÁGENES

<b>Imagen 1 – Seminario</b>	<b>9</b>
<b>Imagen 2 – Base de Calibración I</b>	<b>9</b>
<b>Imagen 3 - Control edificios</b>	<b>11</b>
<b>Imagen 4 - Control del avión</b>	<b>12</b>
<b>Imagen 5 - Astrolabio</b>	<b>14</b>
<b>Imagen 6 - Plancheta</b>	<b>15</b>
<b>Imagen 7 – Teodolito</b>	<b>15</b>
<b>Imagen 8 – Taquímetro</b>	<b>16</b>
<b>Imagen 9 - THEO 010</b>	<b>17</b>
<b>Imagen 10 - Leica TS15</b>	<b>19</b>
<b>Imagen 11 - Trimble S6</b>	<b>19</b>
<b>Imagen 12 - Evolución de Leica</b>	<b>20</b>
<b>Imagen 13 - Trimble S6</b>	<b>21</b>
<b>Imagen 14 - Trimble S8</b>	<b>22</b>
<b>Imagen 15 - Trimble VX</b>	<b>24</b>
<b>Imagen 2 - Leica TS15</b>	<b>25</b>
<b>Imagen 3 - Leica TM30</b>	<b>25</b>
<b>Imagen 4 - Leica TS30</b>	<b>27</b>
<b>Imagen 5 - Trimble S6</b>	<b>31</b>
<b>Imagen 20 – TCU</b>	<b>34</b>
<b>Imagen 21 - TSC2</b>	<b>35</b>
<b>Imagen 22 - Leica TS15</b>	<b>38</b>
<b>Imagen 23 - Controladoras CS10 &amp; CS15</b>	<b>45</b>
<b>Imagen 24 - Cuna de datos</b>	<b>53</b>
<b>Imagen 25 - Conectado al ordenador el TCU</b>	<b>54</b>
<b>Imagen 26 - Menu principal TCU</b>	<b>54</b>
<b>Imagen 27 – Archivo TopCal-Observations</b>	<b>54</b>

---

<b>Imagen 28 - Archivo DXF</b>	<b>55</b>
<b>Imagen 29 - Archivo Survey Report</b>	<b>55</b>
<b>Imagen 30 - Archivo Iso Rounds Report</b>	<b>56</b>
<b>Imagen 31 - Archivo Monitoring Report</b>	<b>56</b>
<b>Imagen 32 - Pen Leica</b>	<b>57</b>
<b>Imagen 33 - Pen colocado en la estación total</b>	<b>57</b>
<b>Imagen 34 - Detalle de la colocación del USB</b>	<b>57</b>
<b>Imagen 35 - Leica Geo Office</b>	<b>58</b>
<b>Imagen 36 - Despliegue de submenús para encontrar el informe</b>	<b>59</b>
<b>Imagen 37 - Informe de series angulares</b>	<b>59</b>
<b>Imagen 38 - Cómo exportar datos ASCII</b>	<b>60</b>
<b>Imagen 39 - Archivo DXF</b>	<b>60</b>
<b>Imagen 40 - Archivo libreta de campo</b>	<b>61</b>
<b>Imagen 41 - Archivo coordenadas</b>	<b>61</b>
<b>Imagen 42 - Pantalla táctil TS15</b>	<b>62</b>
<b>Imagen 43 - Submenú de estacionamiento</b>	<b>62</b>
<b>Imagen 44 - Detalle de diana</b>	<b>62</b>
<b>Imagen 6 - Prisma Sokkia</b>	<b>62</b>
<b>Imagen 7 – Trípode con la estrella</b>	<b>63</b>
<b>Imagen 8 - Trimble S6 en el seminario</b>	<b>63</b>
<b>Imagen 9 - Leica TS15 en el seminario</b>	<b>64</b>
<b>Imagen 10 - Croquis Leica Geo Office</b>	<b>64</b>
<b>Imagen 11 – Barómetro</b>	<b>65</b>
<b>Imagen 12 - Prismas utilizados para obtener sus K</b>	<b>66</b>
<b>Imagen 13 - S6 en base de calibración</b>	<b>67</b>
<b>Imagen 14 - TS15 en base de calibración</b>	<b>68</b>
<b>Imagen 15 – Distribución de las bases</b>	<b>70</b>
<b>Imagen 16 – Anclaje</b>	<b>71</b>
<b>Imagen 17 - Zapata de hormigón</b>	<b>71</b>

---

<b>Imagen 18 - Leica TPS1201+</b>	<b>72</b>
<b>Imagen 19 - Parte del material utilizado</b>	<b>73</b>
<b>Imagen 20 - Colocación del prisma 3</b>	<b>73</b>
<b>Imagen 21 - Distribución prismas I</b>	<b>74</b>
<b>Imagen 22 - Distribución prismas II</b>	<b>74</b>
<b>Imagen 23 - Estacionamiento primera sesión</b>	<b>90</b>
<b>Imagen 24 - Estacionamiento segunda sesión</b>	<b>90</b>
<b>Imagen 25 – Avión</b>	<b>105</b>
<b>Imagen 26 – Impresora</b>	<b>109</b>
<b>Imagen 27 – Monitor</b>	<b>110</b>
<b>Imagen 28 - Doble estacionamiento</b>	<b>112</b>
<b>Imagen 29 - Imagen de un punto del escaneo</b>	<b>112</b>



---

## ÍNDICE FIGURAS

<b>Figura 1 - Plano UPV</b>	<b>8</b>
<b>Figura 2 - Seminario de instrumentación</b>	<b>8</b>
<b>Figura 3 - Bases de calibración</b>	<b>9</b>
<b>Figura 4 – Localización del control de edificios I</b>	<b>10</b>
<b>Figura 5 - Localización del control de edificios II</b>	<b>10</b>
<b>Figura 6 - Localización del control del avión I</b>	<b>11</b>
<b>Figura 7 - Localización del control del avión II</b>	<b>12</b>
<b>Figura 8 - Evolución topográfica</b>	<b>13</b>
<b>Figura 9 - Software Leica GeoMoS</b>	<b>26</b>
<b>Figura 10 – Círculo codificado de cristal</b>	<b>28</b>
<b>Figura 11 - Transmisión directa</b>	<b>28</b>
<b>Figura 12 - Lente anamórfica</b>	<b>29</b>
<b>Figura 13 - Corte transversal TS30 y TM30</b>	<b>30</b>
<b>Figura 14 - Topografía integrada</b>	<b>35</b>
<b>Figura 15 – ATR</b>	<b>39</b>
<b>Figura 16 - Componentes claves para la tecnología de imagen</b>	<b>40</b>
<b>Figura 17 - Smartworx viva</b>	<b>42</b>
<b>Figura 18 - Distribución de las dianas</b>	<b>62</b>
<b>Figura 19 - Distribución de las bases de calibración</b>	<b>65</b>
<b>Figura 20 - Distribución de las dianas</b>	<b>105</b>
<b>Figura 21 - Escaneado impresora</b>	<b>110</b>
<b>Figura 212 - Escaneo monitor</b>	<b>111</b>
<b>Figura 223 - Escaneo extintor</b>	<b>113</b>



---

## I. INTRODUCCIÓN

El presente documento tiene como finalidad la obtención del título de Ingeniero Técnico en Topografía, en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y Topográfica de la Universidad Politécnica de Valencia.

En este trabajo fin de carrera se han realizado varios experimentos para valorar las diferentes aplicaciones que se pueden realizar con equipos topográficos basados en estaciones totales monitorizadas y servoasistidas, de última generación, que permiten disminuir y eliminar errores de observación, que mejoran la precisión alcanzada, y que además automatizan los procesos.

Las estaciones totales monitorizadas consisten en añadir a las estaciones totales convencionales ciertas características y tecnologías (motores servoasistidos, medición sin prisma, búsqueda automática de prisma, seguimiento del prisma, etc.), que permiten poder generar una mejora en la calidad de las observaciones y una mayor productividad, e incluso llegar a manejarse desde control remoto (robótica).

Las principales aplicaciones objeto de estudio con estos nuevos equipos topográficos de este proyecto, han consistido en la realización de controles dimensionales y en la reconstrucción de objetos y elementos industriales.

Este documento comienza con una descripción de la evolución de la instrumentación topográfica, desde sus orígenes hasta nuestros días, donde la electrónica y la informática han contribuido a grandes avances tecnológicos. A partir de ahí, se describen las estaciones totales monitorizadas y robóticas que se encuentran actualmente en el mercado. Dicho capítulo concluye con el estudio de los equipos utilizados en este trabajo fin de carrera con mayor grado de detalle: estación total de la casa comercial Trimble, modelo S6 y estación total, modelo TS15 de la casa comercial Leica Geosystems, así como del software que permite tratar las observaciones topográficas.

A continuación, se llevan a cabo las aplicaciones objeto de este estudio. En primer lugar el control dimensional, comprobando una serie de puntos situados en la terraza de la Escuela de Topografía de la Universidad Politécnica de Valencia, como sistema de auscultación de edificios, y sobre puntos localizados en el avión del campus de la Universidad, como sistema de control dimensional industrial. En segundo lugar, se han utilizado estos equipos, aprovechando la automatización y registro en la toma de datos, para la realización del levantamiento de una gran nube de puntos que permiten luego su reconstrucción en un sistema de coordenadas tridimensional.

Y por último, se han comparado los dos equipos utilizados, con idénticas características técnicas, pero de empresas diferentes, la americana Trimble (Estados Unidos) y la europea Leica (Suiza) en ambas aplicaciones, lo que ha permitido describir los puntos fuertes y débiles de cada una de ellas.



Las pruebas y los controles, se han realizado en el campus de la Universidad Politécnica de Valencia, su localización respecto al campus, es la zona Nord-este.



Figura 1 - Plano UPV

Las pruebas realizadas de aprendizaje y manejo de los equipos y la reconstrucción de elementos industriales, han sido en el Seminario de instrumentos (img.1), que está situado en la cuarta planta del edificio de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y Topográfica (fig.2). (Punto verde, en la fig.1)

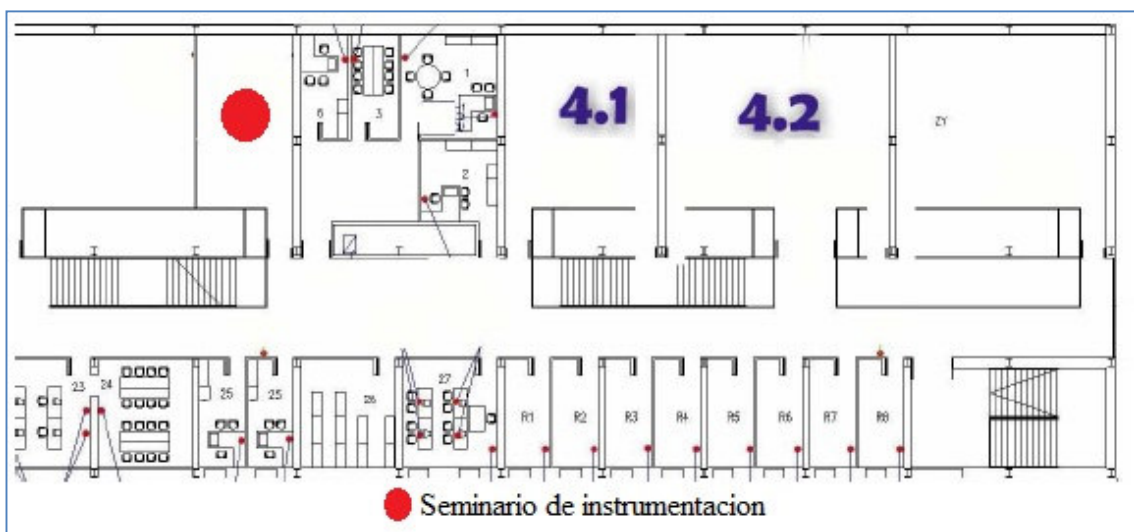
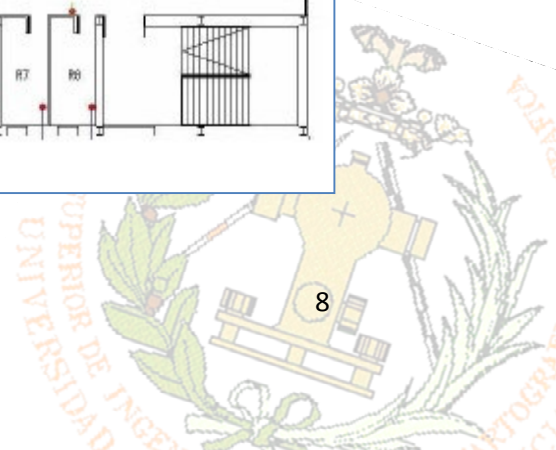


Figura 2 - Seminario de instrumentación

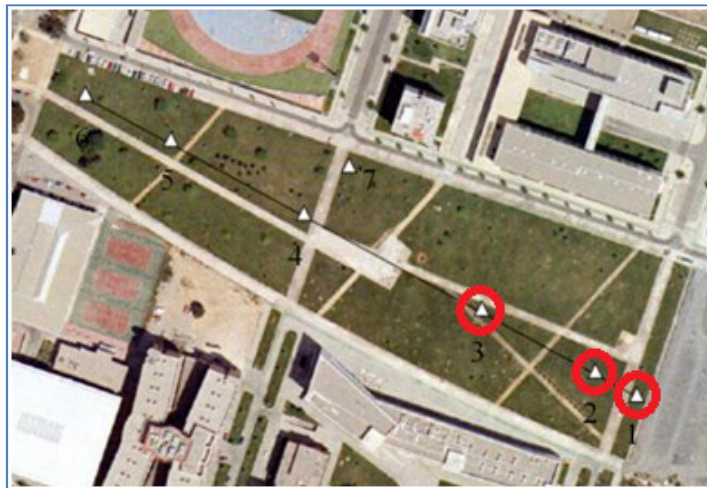




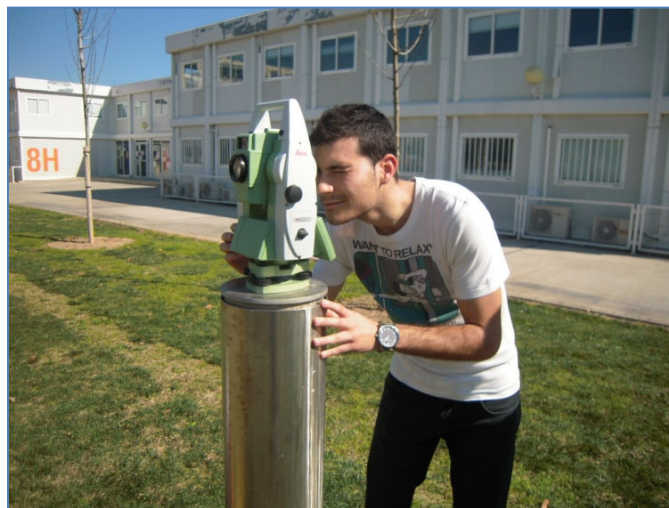


**Imagen 1 - Seminario**

El control de distancias se ha llevado a cabo en las bases de calibración, localizadas en el campus de Vera de la Universidad Politécnica de Valencia, concretamente se han utilizado los vértices 1, 2 y 3 de dicha red topográfica. Su localización se puede observar con un punto negro en la fig.



**Figura 3 - Bases de calibración**



**Imagen 2 - Base de calibración 1**



El control dimensional de edificios se realiza con la observación automática a prismas en las terrazas situados en los edificios 7i, 7j (img.3) y pasillo de la cuarta planta que une el edificio de Topografía con el de ADE (fig.4 y 5). Su localización se puede observar con un punto azul en la fig.1.



Figura 4 – Localización del control de edificios I



Figura 5 - Localización del control de edificios II





**Imagen 3 - Control edificios**

Las pruebas realizadas en el control dimensional de elementos industriales (img.4), está situado entre los edificios de la Escuela de Topografía y de la Escuela de Diseño Industrial (fig.6 y 7) (Punto rojo, en la fig.1)



**Figura 6 - Localización del control del avión I**





Figura 12 - Localización del control del avión II



Imagen 4 - Control del avión



## II. INSTRUMENTACIÓN TOPOGRÁFICA

### II.1. INTRODUCCIÓN

La instrumentación topográfica ha sufrido cambios a lo largo de los años y en éstos últimos, sus avances han sido muy significativos, en gran medida por su dependencia directa de la electrónica y la informática, puesto que la evolución de la instrumentación va paralela a los avances de éstas tecnologías.

Los instrumentos topográficos han ido adaptándose a las necesidades de los trabajos que se han ido realizando. Con esta evolución se ha pasado de un aparato que media solo ángulos a otro con el que se puede realizar un escaneo completo del objeto, medir su distancia y una multitud de aplicaciones más...

Los primeros aparatos eran rudimentarios, tales han sido los cambios que, hoy por hoy, existen algunos aparatos o elementos auxiliares, que se pueden caer sin que se rompan o sufran algún desperfecto, tanto interno como externo. Al principio, esto era una cosa impensable.

Solo se puede sentir admiración por aquellos topógrafos que a través de los siglos han realizado sus medidas, con una instrumentación rudimentaria, pues imaginando que se tuviera que emplear en la actualidad en la toma de datos, se siente algo más que un escalofrío con tan sólo pensarlo.

A continuación se realiza una breve descripción de la evolución de los instrumentos topográficos a lo largo del tiempo, desde su comienzo hasta la actualidad.



Figura 8 - Evolución topográfica

Alrededor del año 3000 a. de C. los babilonios y egipcios utilizaban cuerdas y cadenas para la medición de distancias.

Hasta el 560 a. de C. no se tienen referencias de nueva instrumentación, fue entonces cuando Anaximando introdujo el "Gnomon", aunque se cree que a este le pudo llegar alguna referencia de los babilonios o egipcios. Entre los primeros usuarios de este

---

instrumento encontramos a Metón y Eratóstenes para la determinación de la dirección Norte y la circunferencia de la tierra respectivamente.

La "dioptra" o plano horizontal para la medición de ángulos y nivelación tenía su principio en un tubo en "U" con agua el cual servía para horizontalizar una plataforma.

El "corobates" o primera aproximación de un nivel, era una regla horizontal con patas en las cuatro esquinas, en la parte superior de la regla había un surco donde se vertía agua para usarla como nivel. Por otro lado Herón menciona la forma de obtener un medidor de distancia por medio de las revoluciones de una rueda.

Ptolomeo, hacia el año 150 a. de C. describió el cuadrante aplicándolo a observaciones astronómicas. Para ángulos verticales, las reglas de Ptolomeo fueron utilizadas hasta la Edad Media

Se puede considerar como antecesor del teodolito al astrolabio (img.5) de Hiparco, contemporáneo de Ptolomeo.



Imagen 5 - Astrolabio

Los romanos, portadores de los conocimientos griegos por Europa, usaron la "Groma", que consta de una cruz excéntrica, con plomadas en sus extremos, fijada a una barra vertical, que disponía de una especie de alidadas. Vitruvio hace referencia a los carros medidores de distancias por medio de contadores de vueltas, aunque las medidas de precisión se seguían a pasos mediante contadores de pasos. Además de las descripciones de Vitruvio, se encontraron en Pompella distintos instrumentos en el taller de un Agrimensor. También Vitruvio fue el constructor de la primera escuadra aplicando el fundamento de triángulo rectángulo de Pitágoras (lados de 3-4-5 metros).

Muy posteriormente, los árabes apoyándose en los conocimientos de los griegos y romanos, usaban astrolabios divididos en 5 minutos de arco. (Usbeke Biruni diseñó hacia 1000 d. de C., la primera máquina para la graduación de círculos).

Sobre el año 1300, descrito por Levi Ben Gerson, se conoce un mecanismo para la medida indirecta de distancias, (posteriormente la barra de Jacob), mediante el movimiento de una barra perpendicular a otra principal graduada, que proporcionaba así los ángulos paralácticos.

La Brújula desde su nacimiento con los chinos hasta la referencia en 1187 de Alexander Neckman, con el desarrollo posterior introducido por Leonardo Da Vinci y Schmalcalder llegó a ser la precursora del teodolito.

---

Oronzio Fineo, en su libro "Geometría Práctica", aplica la brújula a un semicírculo graduado con dos alidadas, una fija y otra móvil. El siguiente paso hacia el goniómetro actual fue la mejora introducida por Josua Habernel con el teodolito-brújula que data de 1576.

Johan Praetorius, apoyándose en los conocimientos de Gemma Frisius, perfecciona la plancheta (img.6), que durante mucho tiempo fue el instrumento más fino y avanzado con que podían contar los topógrafos



**Imagen 6 - Plancheta**

Parece ser que anterior a Galileo, existen noticias de que un óptico holandés, Hans Lippershey, ideó una especie de anteojo sin llegar a montarlo; siguiendo esta línea de trabajo fue, Galileo quien montó su telescopio, continuando con el telescopio de Kepler y de este a la mejora introducida por Christian Huygens quien colocó un retículo para realizar punterías, con el avance que esto presentaba en los trabajos sobre la alidada de pínulas, usada hasta la época. William Gascoigne añadió el tornillo de los movimientos lentos dentro de los teodolitos.

A todo esto en 1610 aparece la cadena de Agrimensor, atribuida a Aarón Rathbone. En 1720 se construyó el primer teodolito (img.7) que es el goniómetro más perfeccionado. Se trata de un instrumento que en un montaje conjunto de un sistema óptico-mecánico tiene la capacidad de medir ángulos horizontales y verticales) como tal, este venía provisto de cuatro tornillos nivelantes, cuya tutoría es de Jonathan Sisson (numero de tornillos que casi hasta la actualidad, se siguen usando en los teodolitos americanos).



**Imagen 7 - Teodolito**



---

Tobías Mayer cambió los hilos reales del retículo, hasta la fecha de hilos de tela de araña, por una grabación en la propia lente. Ignacio Porro contribuyó con su telescopio y taquímetro autorreductor a los avances en el campo de la instrumentación.

Pedro Núñez aportó un mecanismo de lectura para un cuadrante, dividiendo los círculos concéntricos en  $(n-1)$  del anterior, naciendo así el nonio. Jhon Sisson construyó en 1730 el primer goniómetro, mejorado por Jesse Ramsden quien introdujo microscopios con tornillos micrométricos para las lecturas angulares. Reichenbach inventó en 1803 la primera máquina para graduar círculos o limbos, basado en el sistema de copias, principio que actualmente seguimos usando; en 1804 el propio Reichenbach introdujo su teodolito repetidor y el centrado forzoso.



Imagen 8 - Taquímetro

Sobre el 1740 aparece la primera escuadra doble, construida por el mecánico Adans. En 1778, William Green describió un sistema óptico con hilos horizontales para la medida indirecta de distancias, posterior Reichenbach añadió hilos estadimétricos en su alidada en 1810.

En 1823, Porro, con ayuda de una lente modificó el ángulo paraláctico, para obtener el que ahora conocemos. En 1839 bautizó a su instrumento "taquímetro" (img.8), dando paso a la "taquimetría".

En la línea de construcción de aparatos autorreductores encontramos en 1866 a Sanguet con su clisímetro o medidor de pendientes, el cual permitía obtener la distancia reducida con un mínimo cálculo.

Desde 1765 entró con fuerza en el mercado "las planchetas", con más o menos diferencias sobre las conocidas hasta hace algunos años (que quizá la última que se fabricase fuera de marca Sokkisha, utilizando un Red-Mini como alidada distanciómetro de corto alcance), dando lugar a los Taqueográficos y Honolograph.

La mira parlante se la debemos a Adrien Bortaloue, el cual, alrededor de 1830, fabricó la primera mira para nivelación, hecho que potenció el estudio y fabricación de autorreductores, permitiendo así leer en la mira la distancia reducida y el término "t"; entre estos aparatos podemos citar en 1878 el taquímetro logarítmico, en 1893 el taquímetro autorreductor de Hammer, en 1890 Ronagli y Urbani usaron una placa de vidrio móvil con doble graduación horizontal, cuya distancia entre hilos variaba en función del cenital observado.

Es de obligado cumplimiento decir en esta reseña, que en 1858 se midió la base fundamental Geodésica Española, base de Madrideojos (entre Bolos y Carbonera), por medio de una regla doble de platino y latón de 4 metros, obteniéndose una distancia de 1462,885 m. con un error probable de  $\pm 2,580$  milímetros; esta base fue alterada en uno de sus extremos, por lo que no ha sido posible comprobar la longitud que en su día se midió.

En 1900, Fennel creó, de acuerdo con Porro el primer antejo analítico, usando un arco circular como línea base de los hilos del retículo. Carl Zeiss fabricó en 1932 un



---

prototipo que se fabricò en 1942. En 1936 apareció el DKR y en 1946 el DKRM de Kern. (Posiblemente fue Kern con el KR1A, el último que fabricó un autorreductor mecánico y no electromagnético, teniendo este los hilos rectos y paralelos, que en función de la inclinación del antejo, por medio de levas y ruedas dentadas, variaban en la imagen del retículo observada desde el ocular, la distancia entre los hilos).

A finales del siglo XIX vieron la luz los primeros telémetros de imagen partida dentro del mismo ocular, dando lugar a los telémetros artilleros o de base fija y a los topográficos o de base móvil; entre ellos se pueden citar los fabricados por Ramsden (1790) y Barr & Stroud (1888).

En 1880 apareció el precursor de la actual estadía invar, con una barra de madera. En 1906 Carl Zeiss usaba una barra de tubo de acero para su estadía, pasando al invar en 1923.

En 1886, Sanguet inventó el principio que en un futuro dio lugar al prisma taquimétrico. Este principio fue fabricado por Wild en el año 1921 con mira vertical, en lo que posteriormente sería el duplicador taquimétrico (principio ideado por Boskovic en 1777). Hemos de esperar hasta 1933 para encontrar este sistema empleado con nuestra conocida mira horizontal, fabricado por Breithaupt.

En 1908, Heinrich Wild, colaborador entonces de Carl Zeiss, introdujo el antejo de enfoque interno. Así mismo a Wild le debemos el nivel de coincidencia, el micrómetro de coincidencia y la estadía invar como ahora la conocemos.

Los limbos de cristal fueron fabricados en serie poco antes del 1936, mejorando así la graduación en el propio limbo. En el año 1936, Smakula vaporizó las lentes del antejo en el vacío, obteniendo algo parecido a lo que actualmente conocemos como la Óptica azul del antejo.

El DKM3 de Kern apareció en 1939. En el 1862 aparece el THEO 010 de Carl Zeiss (img.9). Desde 1950 aparecen el T3 de Wild Heerburgg y de Carl Zeiss Jena el Theo 002 con registro fotográfico (Instrumentos característicos de una época dentro de la instrumentación topográfica).

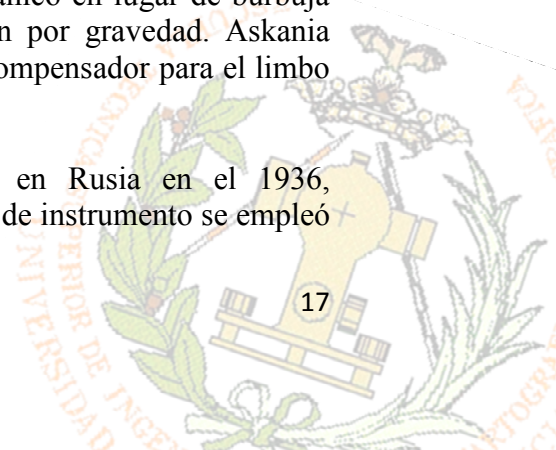
A todo esto, por estas fechas, se seguía usando para trabajos de agrimensura la alidada de pínulas, la cuerda y la cadena de agrimensor.

Se hicieron estudios e intentos para obtener el primer nivel automático, teniendo que esperar hasta 1946, año en el que el ruso Stodolkjewich puso en práctica estos principios. En el año 1950, Carl Zeiss fabricó el Ni2, instrumento que poseía un compensador mecánico en lugar de burbuja tubular, precursor de los actuales sistemas de compensación por gravedad. Askania traspasó este principio a los teodolitos en 1956 montando el compensador para el limbo vertical.

El primer distanciómetro electro-óptico se fabricó en Rusia en el 1936, promovido por el Instituto de óptica Gubernamental. Este tipo de instrumento se empleó



Imagen 9 - THEO 010



---

en el distanciómetro Aga fabricado en Estocolmo en 1948. En 1957, Wadley obtuvo un distanciómetro de microondas, el Telurometer. Hasta 1968 no aparecerán los distanciómetros electro-ópticos de láser. Wild fabricará el DI-10, distanciómetro de pequeñas dimensiones, que unido a un teodolito proporcionaba un gran beneficio para las medidas topográficas, tanto en rapidez como en precisión.

A partir de estas fechas, el avance ha sido poco menos que vertiginoso, pasando rápidamente a los distanciómetros montados en excéntrica, a los montados sobre el propio antejo o bien sobre un puente en la misma carcasa del aparato. Esto se pudo hacer gracias a la reducción de tamaño y peso que estos instrumentos fueron sufriendo, permitiendo así colimar los puntos con un solo movimiento horizontal (en el caso del puente) u con una sola puntería vertical (en el caso del montaje sobre el antejo).

Hace más o menos una década aparecieron las semi-estaciones, que eran un distanciómetro montado sobre el mismo teodolito, compartiendo carcasa con él (no muy distintas en aspecto a las actuales estaciones totales), pero como el teodolito era analógico, la electrónica solo podía conocer los resultados de la medida de la distancia, debiendo teclear a mano los ángulos para que el aparato pudiera realizar los cálculos deseados. Con la aparición de los sistemas electrónicos de captación de ángulos, la carrera contra el tiempo ha sido aun más rápida y efectiva, obteniendo teodolitos digitales más precisos que antaño e incluso abaratando los precios del mercado.

De la captación electrónica de ángulos, tanto en su versión incremental como absoluta, pasamos casi sin darnos cuenta a la concepción de la actual estación total, mejorando la lectura angular así como la medida de distancias. También la electrónica permite sistemas compensadores de uno, dos o tres ejes para la verticalidad del instrumento.

El siguiente paso que mejora la captación de datos son los colectores de datos, apareciendo paulatinamente los colectores externos (libretas con software propio que manejaban el funcionamiento de la estación), colectores de tarjetas de registro (los cuales son manejados por la estación y su software interno), tanto en su versión de contactos físicos con la estación o de carga por inducción electromagnética, como los colectores internos en la propia estación, debiendo conectar esta al ordenador para su descarga. No pasará mucho tiempo para que la técnica permita el volcado de datos por medio de un módem a la línea telefónica, estando el colector a cientos de kilómetros del ordenador que recibe los datos.

No podemos olvidar que los propios distanciómetros ya funcionan por medida de fase (permitiendo reflectores totalmente planos) o por medida de tiempo, lo cual permite poder leer la distancia a sólido, con tal de que este no sea de un material que absorba la onda emitida.

Se puede hacer referencia aquí a los últimos modelos de las estaciones monitorizadas, en sus dos versiones, tanto para replanteo de puntos (los cuales mediante la introducción de las coordenadas de los puntos en el aparato, este se orienta y se queda marcando la dirección del punto a falta de leer distancia) como las robotizadas que mediante un sistema de búsqueda y seguimiento del prisma puede ir tomando datos sin operador que manipule la estación total, sino que la propia persona que lleva el reflector

---

está en contacto con la estación dándole cuantas órdenes precise el aparato; como por ejemplo la Trimble S6 (img.11) y la Leica TS15 (img.10)



Imagen 11 – Trimble S6



Imagen 10 – Leica TS15

Es de ley comentar igualmente el sistema Monmos de la marca Sokkia, que mediante emisión infrarroja consigue una precisión de 0,8 mm + 1 p.p.m. Como ultima reseña podemos señalar el sistema de alimentación fotovoltaica de la casa Geo5, es decir instrumentación alimentada por paneles solares.

Un concepto novedoso de este siglo XXI es el de topografía integrada. Consiste en estaciones totales y calculo de datos GNSS/GSP combinados. Los instrumentos de topografía integran receptores GNSS/GPS y estaciones totales ópticas. Por tanto, el topógrafo ya no necesitara pensar en estos sistemas por separado y, como resultado, se obtendrá una eficacia, productividad y sencillez como nunca hasta ahora. Los datos de topografía óptica y GPS son recogidos en una carpeta de trabajo en el controlador, y pueden ser fácilmente integrados en un solo archivo de datos mientras se esté todavía en el campo de trabajo. Simplemente se separa el controlador del sensor óptico y se une al sensor GPS, o viceversa. La interfaz del software permanece igual. Se transfieren fácilmente archivos a su software de oficina para procesar y diseñar el trabajo.

A continuación, se expone un documento fotográfico, que muestra la evolución de los instrumentos de la marca Leica:





**Leica Geosystems - Milestones in the Development of Precision Instruments - Heerbrugg**

Imágen 12 - Evolución de Leica



---

## **II.2. ESTACIONES TOTALES ROBÓTICAS**

Una estación total robótica puede ser llamada robot si es capaz de seguir automáticamente a un prisma en movimiento a través del espacio 3D; clave de esta característica es el enlace de comunicación entre la estación base y el prisma.

Estas estaciones se introdujeron por primera vez, por Geodimeter en 1990 y están equipadas con servomotores de rotación automática al instrumento horizontal y vertical, y con un avanzado sensor de seguimiento, para no perder el prisma. Estos instrumentos son capaces de detectar de forma automática, reconocer el objetivo y bloquear a un prisma.

El enlace de comunicación entre la estación robótica y el prisma, hace posible que solo sea necesario un operador para llevar a cabo el trabajo. Realiza doble función, controlar el instrumento desde el prisma y efectuar la tarea. Con lo que al utilizarse estas estaciones se reducirán costes. El vínculo entre la estación y el prisma se establece por señales de radio, pero algunos sistemas también usan señales infrarrojas.

Los nuevos avances de estas estaciones se centran sobre todo en evitar la pérdida de contacto mientras el prisma se mueve, y automáticamente se produce el rastreo cuando hay una pérdida de contacto entre estación y prisma

A continuación se describen una serie de estaciones totales:

### **2.1. TRIMBLE S6**

La estación Total S6 es una de las estaciones totales más avanzadas que existen actualmente. Incluye características que no habían estado disponibles antes en aplicaciones topográficas, brindando a los topógrafos una versátil herramienta al mejorar el rendimiento y la productividad.

Unas de las principales características de la estación total Trimble S6 son:

- Ampliable y flexible
- Tecnología de servomotor MagDrive™
- Tecnología Trimble DR Plus™
- SurePoint™, corrige automáticamente la puntería del instrumento
- Tecnología integrada GNSS con localización por GPS y Trimble I.S.

Rover



Imagen 13 - Trimble S6

Posteriormente, en el siguiente apartado, se explicará con mayor detalle esta estación.



## 2.2. TRIMBLE S8



Imágen 14 - Trimble S8

Las principales características de la estación Trimble S8 son:

- Mediciones robóticas asistidas por vídeo
- Verificación visual con superposición de datos
- Trimble DR Plus para un mayor alcance y menos configuraciones
- Opciones de configuración especializadas que incluyen una precisión angular de 0,5"

Presenta innovaciones tanto para aplicaciones topográficas típicas como especializadas. La familia de la estación total Trimble S8 comprende dos modelos principales con una base de inclusiones y opciones de configuración estándares para lograr una flexibilidad inigualable.

### Opción A: Vídeo-robótica

Para las tareas topográficas típicas, la precisión angular de 2" y el excepcional alcance MED incorporado de la **Trimble DR Plus™** permite ampliar el alcance del trabajo, con menos configuraciones y más mediciones. El software Trimble Business Center, proporciona una serie completa de herramientas de procesamiento y análisis.

#### *Control asistido por vídeo*

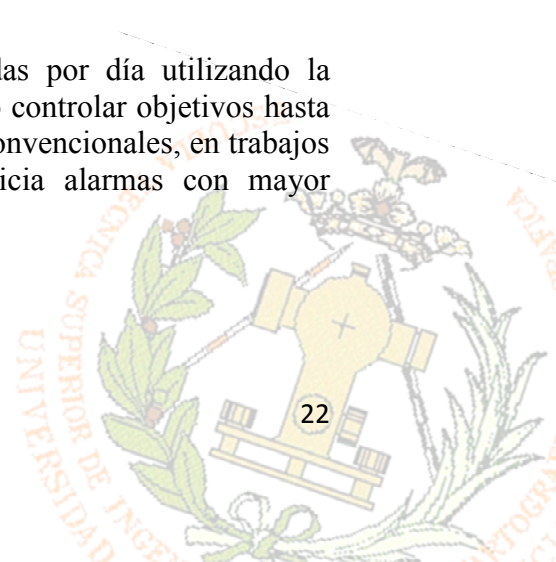
**Trimble VISION™** ofrece la capacidad de ver todo lo que se ve en el instrumento sin tener que volver al trípode. Se puede manejar el levantamiento con imágenes de vídeo en vivo en el controlador, también obtener medidas a prismas o a superficies sin reflexión, con la misma eficacia que se logra al apuntar y al hacer clic.

#### *Verificación visual*

La cámara incorporada, integra datos medidos con imágenes de escenas en vivo, por lo que se puede verificar el trabajo que se ha realizado antes de abandonar el lugar. La documentación fotográfica calibrada proporciona resultados en los que se puede confiar.

#### *Tecnología servoasistida Trimble MagDrive™*

Al ser rápida y precisa, puede capturar más medidas por día utilizando la tecnología **Trimble MagDrive**. Por lo que se pueden medir o controlar objetivos hasta un 40% más rápido que las estaciones totales monitorizadas convencionales, en trabajos de monitoreo detecta movimientos más rápidamente e inicia alarmas con mayor anticipación.



---

### *Tecnología Trimble SurePoint™*

Se mide con precisión incluso después de que el instrumento se haya movido a causa del viento u otros factores. La Trimble S8 se corrige activamente los movimientos no deseados para evitar errores de puntería y la costosa repetición de mediciones.

### Opción B: Ingeniería

Para las aplicaciones que se basan en la precisión, se necesita una solución de medición con una velocidad, precisión y fiabilidad óptimas. Se combina la medición DR de alta precisión de Trimble, con las opciones de configuración especializadas como las precisiones angulares de hasta 0,5" y **Trimble VISION**, se cuenta con la flexibilidad que se necesita para responder a los proyectos más exigentes. Para agilizar la captura de datos, los módulos especializados del software **Trimble Access™**, tales como Túneles, Control o Minas, proporcionan flujos de trabajo dedicados. El software **Trimble 4D Control™** ofrece una solución completa para la administración de proyectos de control, tanto en tiempo real como con postprocesamiento, para detectar rápidamente los movimientos estructurales críticos.

### *Tecnología Trimble FineLock™*

Se detecta objetivos sin interferencia de prismas cercanos cuando se trata de aplicaciones de alta precisión en áreas de espacio reducido tales como alineaciones de ferrocarril, control de deformaciones y aplicaciones de túneles. La opción **FineLock** de largo alcance de Trimble extiende esta función a unos 2500 m con 1 cm de precisión.

Otras características específicas son:

- La opción del puntero láser de clase 3R, que puede marcar puntos visualmente, a mayor distancia, en aplicaciones de túneles y de minería subterráneas.
- Durante el control de objetivos con láminas reflexivas en el modo DR, el enfoque servo automático configura el enfoque óptico para poder apuntar con mayor rapidez.
- El movimiento silencioso y sin fricción, asegura un manejo sin obstrucciones en entornos urbanos o residenciales.



### 2.3. TRIMBLE VX



Imagen 15 - Trimble VX

Las principales características de la Trimble VX son:

- Topografía, adquisición de imágenes y exploración 3D en una única y potente solución
- Su agilidad para adaptarse a cualquier situación
- Genera productos 2D y 3D para una gestión completa de la información.

La integración de tecnologías de topografía óptica avanzada, adquisición de imágenes métrica y exploración 3D, la Estación Espacial Trimble® VX™, es un instrumento topográfico que lo hace todo con sencillez.

Esta estación aumenta la eficacia de la captura de imágenes espaciales, Trimble ofrece una solución integrada para combinar estas tecnologías en el flujo de trabajo que ya utilizan los topógrafos. Ahora tiene la flexibilidad de realizar exploraciones repletas de funciones todos los días, sin la complejidad de configurar un sistema de exploración individual, ni de utilizar un software de campo específico. Con la Estación Espacial Trimble VX es posible capturar con eficacia la información que necesita para crear modelos digitales del terreno (DTM), cálculos de volumen y realizar mediciones topográficas de forma más rápida que los métodos topográficos convencionales.

Los modelos 3D avanzados y las superficies 3D con textura de imágenes están al alcance de su mano con los datos exhaustivos que proporcionan los sensores de imágenes espaciales de Trimble. Con la capacidad de capturar imágenes métricas sobre el terreno que ofrece la Estación Trimble VX, también es posible realizar mediciones adicionales y caracterizar los datos al regresar a la oficina. La Estación Trimble VX y el software **Trimble RealWorksR** permiten un acceso a todas las funciones. Sus clientes podrán ver inmediatamente los detalles de su trabajo a través de recorridos en 3D del lugar de trabajo utilizando sus datos topográficos, imágenes e información escaneada, todo desde la Estación Espacial Trimble VX.

**Trimble VISION™** ofrece la capacidad de ver todo aquello que ve el instrumento, usted puede dirigir su trabajo con las imágenes de video en directo desde el controlador. Se puede capturar medidas en una superficie de prisma o sin reflector con solo apuntar y hacer 'clic.'

Se aumenta aún más su productividad con los flujos de trabajo **Trimble Integrated Surveying™**: simplemente se incluye el receptor GNSS en su jalón robótico y el software de campo Trimble, se hace cargo del resto. De esta forma se pueden recoger datos GNSS y ópticos mientras explora simultáneamente una superficie o ubicación. Con las funciones de adquisición de imágenes y exploración 3D incorporadas, es posible capturar la forma de los objetos de interés, por ejemplo edificios próximos o líneas de alta tensión mientras realiza sus tareas habituales de topografía. Con las funciones de largo alcance del **Trimble DR Plus EDM**, es posible medir más con menos configuraciones de instrumentos y aumentar el rendimiento de la exploración.



## 2.4. LEICA TS15



Imágen 16 - Leica TS15

Leica Viva TS15 es una estación con una tecnología de imagen avanzada, y con el Leica Smart-Worx Viva, que es el software integrado más fácil de usar.

Unas de las principales características de la Leica Viva TS15 es que añade un sensor de imagen avanzado a los probados sensores de estación. Con la funcionalidad única "capturar-dibujar-vincular", es decir, captura una imagen o pantalla, puede dibujar en ella y vincularla a un objeto a la base de datos. Con la función de medición asistida por imagen, simplemente con tocar la pantalla, la estación se gira y mide el objetivo deseado, sin tener que volver a la estación total.

Como la estación Trimble S6, se explicará con mayor detalle, en el siguiente apartado.

## 2.5. LEICA TM30



Imágen 17 - Leica TM30

La Leica TM30 está diseñada para proporcionar la máxima precisión. Mediciones precisas, combinadas con un funcionamiento automático, rápido y silencio aseguran que la TM30 pueda detectar el mínimo movimiento en cualquier tarea de auscultación.

Características de la Leica TM30:



Mediciones angulares de alta precisión de 0,5" a 1"



Precisión Pinpoint EDM

0,6 mm + 1 ppm a prisma

2 mm + 2 ppm a cualquier superficie



Movimiento, bloqueo, medición, transmisión





El flujo de trabajo más rápido para un proceso de medición completo






Contaminación acústica nula

Tanto las infraestructuras como los fenómenos naturales deben ser medidos continuamente, las 24 horas del día, 365 días al año, y esto, ofrece la Leica TM30 de forma constante, mediciones de gran calidad. La TM30 está construida para ser dejada en lugares remotos, desatendidos y en ambientes hostiles. La Leica TM30 se distingue por su robustez, fiabilidad, mínimo mantenimiento y bajo consumo.



-  Uso continuo
-  Largos periodos de servicio
-  Protección anti-robo y bloqueo del teclado
-  El consumo bajo

El sistema Leica SmartEye vision combina las tecnologías Reconocimiento Automático del Prisma (ATR), TargetView y TargetCapture. La TM30 es el único sensor que ofrece gran alcance y precisión excepcional, para cubrir cualquier demanda de auscultación.

-  ATR de largo alcance  
3000m con precisión 7 mm
-  TargetView  
Detecta el prisma correcto incluso cuando múltiples prismas están cercanos
-  TargetCapture  
Con la tecnología Target Capture, los puntos sin visión directa pueden ser medidos remotamente, evitando comprometer la seguridad en entornos de riesgo elevado.

La Leica TM30 forma un componente de una solución de monitorización único, que integra las estaciones totales, los receptores GNSS y antenas, sensores geotécnicos, software e infraestructuras de TI de comunicación.

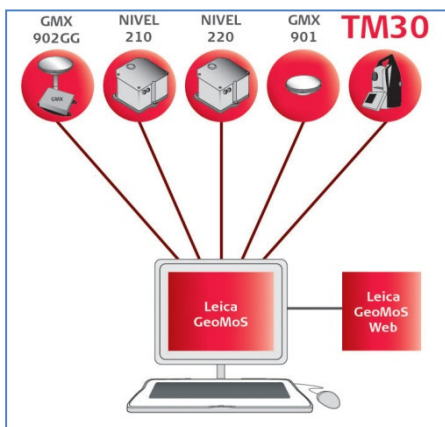


Figura 9 - Software Leica GeoMoS

El software Leica GeoMoS (fig.9) proporciona un flexible sistema automático de control de deformaciones; es capaz de combinar sensores geodésicos, geotécnicos y meteorológicos para que coincida con las necesidades de su proyecto de monitoreo, ya sea grande o pequeño, temporal o permanente.

Leica GeoMoS Web es un servicio basado en web, para la visualización y análisis de seguimiento de los datos recogidos por un sistema de control de Leica GeoMoS. Permite el acceso a su proyecto de monitoreo en cualquier lugar y en cualquier momento utilizando su navegador web, Pocket PC Phone o móvil.



## 2.6. LEICA TS30

La estación total Leica TS30, redefine la precisión topográfica, ofreciendo una precisión y calidad incomparables. La Leica TS30 está lista para cualquier desafío, cuando sólo es aceptable una precisión de 0,5''

La estación total Leica TS30 combina mediciones de ángulos, medición de distancias, reconocimiento automático del prisma y motorización.

Características de la Leica TS30:



Precisión angular – 0,5''



Precisión Pinpoint EDM

0,6 mm + 1 ppm a prisma

2 mm + 2 ppm a cualquier superficie



Precisión del Reconocimiento Automático del Prisma (ATR) – 1''



Imágen 18 - Leica TS30

La Leica TS30 consigue un nivel de rendimiento, a través del cual la precisión topográfica puede alcanzarse fácilmente, a pesar de los requerimientos del proyecto.



El mejor seguimiento dinámico



Flujos de trabajo más rápidos de principio a fin



Durabilidad entre mantenimientos

Los usuarios de la Leica TS30 se benefician de mucho más que de una simple estación total. Ya que, en realidad, la Leica TS30 es integrante de la mayor gama de soluciones para una topografía de precisión. La Leica TS30 ofrece una flexibilidad ilimitada y plena compatibilidad con el programa de accesorios System 1200. Topografía automatizada para un solo operador y extensión GNSS.

## 2.7. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS: LEICA TS30 Y TM30

Además de las características expuestas anteriormente de la Leica TS30 y de la Leica TM30, a continuación se describen características que comparten ambas estaciones:

El sistema de medición del ángulo (para los ángulos horizontales y verticales) es un componente muy importante de la TM30 y TS30. Se debe garantizar mediciones de

ángulos muy precisos y exactos, en el marco del funcionamiento de alta velocidad de la transmisión directa.

Características importantes y ventajas de la medida del ángulo de la Leica TM30 y TS30 son la medición de alta frecuencia (hasta 5000 mediciones de ángulos por segundo) y el sistema de detección de ángulos cuádruples.

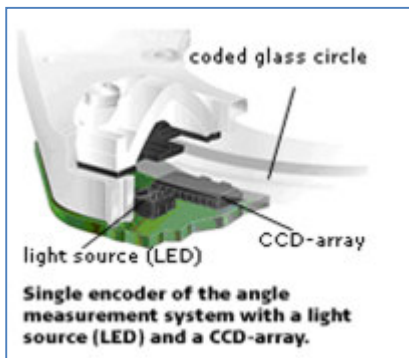


Figura 10 – Círculo codificado de cristal

La precisión de la medición del ángulo en ambas estaciones está probada y certificada por TPM Leica Geosystems-2. Este aparato es parte de la máquina de pruebas del laboratorio de calibración de Leica Geosystems para la longitud y el ángulo. El laboratorio está acreditado por la Swiss SAS Servicio de Acreditación, que pertenece al Departamento Federal de Asuntos Económicos de la DEA. La desviación estándar ( $1\sigma$ ) de las mediciones de ángulo de TPM-2 es 0.018mgon (0.058") para los ángulos horizontales y 0.028mgon (0.091") para los ángulos verticales. Para probar la exactitud de la medición del ángulo de las estaciones; las mediciones de ángulos horizontales y verticales se comparan con las mediciones de la TPM-2. La desviación estándar se calcula de acuerdo con la norma ISO 17123-3.

La motorización de la Leica TM30 y TS30 son las únicas estaciones totales, que utilizan unidades de disco directo, basado en el principio piezoeléctrico, que transforma directamente la energía eléctrica en movimientos mecánicos (para movimientos horizontales y verticales de la alidada y el telescopio).



Figura 11 - Transmisión directa

La transmisión directa (fig.11) con tecnología piezoeléctrica permite la motorización de alta velocidad y capacidad de aceleración, junto con tamaños de paso infinitesimal con un bajo consumo de energía. Los tamaños de paso alcanzan el rango de nanómetros. La durabilidad incomparable y los ciclos de mantenimiento ampliados de los pasos directos son alcanzados por una eliminación subsecuente de los pasos de transmisión que mueven las partes. Ningunos engranajes son usados para los movimientos. Además, las unidades de ambas estaciones son directas y no producen un campo magnético, ni son afectadas por ellos. Esto garantiza el funcionamiento sin restricciones, de los accionamientos directos en los campos magnéticos, ya que pueden aparecer por ejemplo en las plantas de energía eléctrica.

En comparación con las unidades convencionales, las principales ventajas de las unidades de los dos instrumentos, son las siguientes propiedades:

De alta velocidad (hasta 200gon / s)

- Alta aceleración (hasta 400gon/s<sup>2</sup>)
- Larga durabilidad y robustez
- No hay emisión de ruido



- Diseño compacto
- No hay consumo de energía en reposo

Para las mediciones de distancia electro-ópticas (EDM) de prismas, cintas de reflector o los destinatarios naturales, un rayo láser visible, que es coaxial al eje óptico, se transmite por PinPoint Leica Geosystems EDMsystem.

Para realizar mediciones de larga distancia (de más de 1000m), sin ningún tipo de prismas o dianas reflectantes, se puso en práctica, el analizador de Leica Geosystems PinPoint R 1000 EDM. Este procedimiento permite la evaluación de la información total, de la señal de la determinación de la distancia y combina las ventajas de la fase y mediciones de tiempo de vuelo, sin tener sus desventajas individuales.

Para la estación total Leica TM30 y TS30, el Leica EDM se ha mejorado para, conseguir una precisión aún mayor. Lo establecido EDM permite exactitud de medición de distancia, en prismas Leica ronda (GPH1P), de 0,6 mm + 1 ppm (probado según la norma ISO 17123-4).

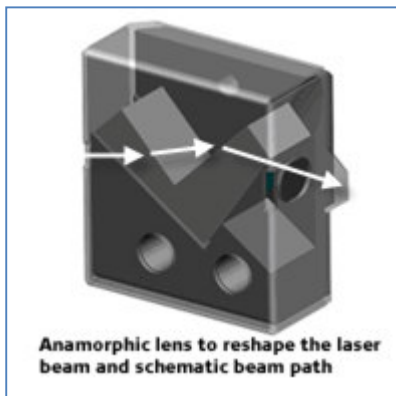


Figura 12 - Lente anamórfica

El EDM proporciona muchas ventajas para las mediciones de distancia, de las estaciones Leica TM30 y TS30; además de la medición de la calidad muy alta y la fiabilidad, el Leica EDM permite realizar mediciones incluso, en condiciones atmosféricas adversas, tales como polvo, humo, niebla, lluvia, nieve, etc.

Además de las mejoras electrónicas y de la señal de las mediciones de distancia, la forma del haz del láser se ha mejorado significativamente. Esto da un perfil de rayo láser optimizado y de huella.

A continuación se expone una imagen que muestra un dibujo de corte transversal de ambos instrumentos. El dibujo visual, en particular, la posición y tamaño de los círculos de vidrios horizontales y verticales codificados.

Los círculos de vidrio codificados, son parte de los sistemas de medición del ángulo horizontal y vertical. Una influencia importante en la precisión de la medida del ángulo y la resolución son el tamaño de estos círculos. Un diámetro más grande mejora la precisión y la resolución angular; por lo tanto, el diámetro de las dos estaciones totales Leica TM30 y TS30 se ha ampliado aproximadamente el 15%, en comparación con una estaciones-total típica. El diseño y la construcción de las normas y la alidada consideran el tamaño de los círculos de vidrio codificado.



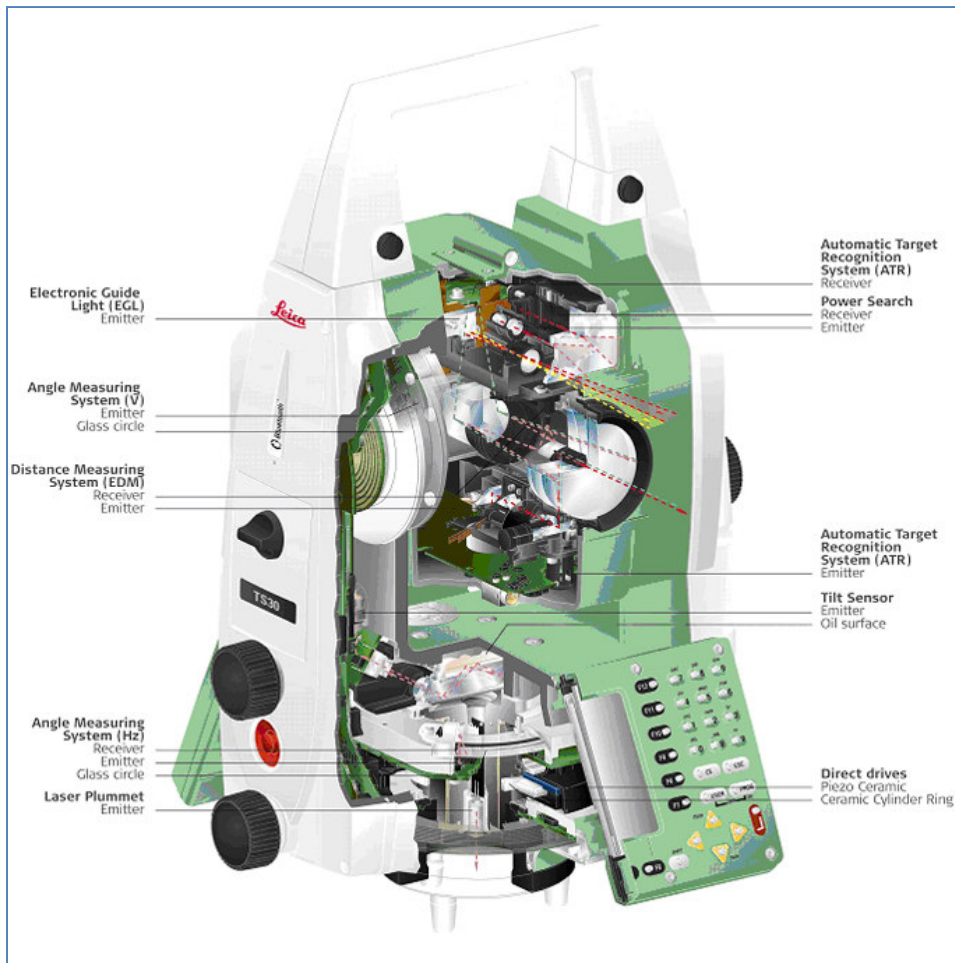


Figura 13 - Corte transversal TS30 y TM30

### II.3. ESTACIÓN TOTAL TRIMBLE S6

La Estación Total Trimble® S6 ofrece la capacidad de ampliación y flexibilidad para estar preparado para realizar cualquier tarea. La Estación Total Trimble S6 permite fijar y rastrear varios objetivos y prismas convencionales con un alcance excepcional. Con su tecnología exclusiva **MultiTrack™** y las capacidades de identificación de objetivo, los topógrafos pueden seleccionar el tipo de objetivo (pasivo o activo) que mejor se adapte a las condiciones del lugar trabajo y tener la confianza de que podrán encontrar y fijar el objetivo correcto. La nueva tecnología **Trimble DR Plus™** ofrece un excepcional alcance más largo y mediciones de alta precisión en la mayoría de superficies. El alcance más largo significa menores configuraciones del instrumento y un acceso más fácil a un mayor número de localizaciones, lo que permite ahorrar tiempo y dinero. Con la Estación Total Trimble S6, puede ampliar su solución para satisfacer las diferentes necesidades de su trabajo y de esta forma aprovechar aún más su inversión. Con la capacidad de servomotor de Trimble, ofrecemos la opción de actualizarse a **Autolock®** o capacidad robótica, lo que aumenta las funciones a medida que cambian las necesidades de su trabajo.



Imágen 19 - Trimble S6

La Estación Total de Trimble S6 redefine el rendimiento del instrumento topográfico con una integración inigualable de servomotores, sensores de ángulos y tecnología de medición. La avanzada compensación de errores del instrumento proporciona mediciones rápidas y precisas en todo momento. La Estación Total Trimble S6 ofrece una velocidad excepcional gracias a los suaves y silenciosos servomotores **MagDrive**.

La tecnología de medición de alcances **Trimble DR Plus** proporciona un mayor alcance de las mediciones Direct Reflex sin utilizar un prisma, a distancias de alcance excepcionalmente largas. Los objetivos difíciles de alcanzar o inseguros no constituyen un obstáculo para la Estación Total Trimble S6. La tecnología **Trimble DR**, combinada con **MagDrive**, crea una velocidad incomparable para medir de forma rápida y segura, sin comprometer la exactitud.

La Estación Total Trimble S6 apunta y permanece en el objetivo cuando hace viento y se somete a vibraciones, manipulaciones y movimientos del trípode. La tecnología **SurePoint** de Trimble permite corregir activamente los movimientos no deseados, garantizando una puntería y unas mediciones precisas en todo momento. Reduce los errores de puntería, evita repetir mediciones costosas y obtiene resultados fiables con **SurePoint**.

Con la localización por GPS, la Estación Total Trimble S6 se fija sobre un prisma en unos pocos segundos. Con una tarjeta GPS estándar con receptor Bluetooth o el GNSS topográfico en una configuración **Trimble I.S. Rover**, la localización GPS utiliza el posicionamiento GPS en el jalón robótico para localizar y readquirir objetivos

---

rápido. Con la localización por GPS, la espera para buscar objetivos es una cosa del pasado.

La Trimble S6 funciona hasta seis horas en el modo Robótico con una batería de litio-ion interna, sin necesidad de cables. La batería es inteligente, por ello podrá comprobar rápidamente el nivel de carga de cada batería. Amplía más el tiempo de trabajo gracias a las tres baterías que pueden alojarse en el soporte multibatería. Otra comodidad que ofrece **Trimble Integrated Surveying** es poder recargar las baterías de la estación Trimble S6 y el sistema GPS en el mismo cargador.

Optimiza el uso de los equipos en su camión o furgoneta combinando el GNSS con el jalón robótico en una configuración **Trimble I.S. Rover™**. Disfrute tomando mediciones GNSS de alto rendimiento con el cielo despejado. En áreas con obstrucciones, la función **Trimble Access** se ajusta óptimamente para realizar mediciones ópticas. También puede adquirir simultáneamente datos GNSS y ópticos para obtener resultados redundantes. Con **Trimble I.S. Rover** tendrá la libertad de utilizar la mejor herramienta para las condiciones del lugar del trabajo y optimizar así su productividad.

Rápida. Silenciosa. Precisa. La estación total Trimble® S6, redefine estas palabras con un rendimiento servoasistido y de sensor angular excepcionales. La Trimble S6 está dotada con la tecnología servoasistida **MagDrive™**, con la electrónica más desarrollada y modernos protocolos de comunicación.

Se puede apuntar de forma más rápida y precisa que nunca. La tecnología servoasistida **MagDrive** de Trimble, hace girar al instrumento silenciosamente unos 180° en tres segundos, a la vez que sigue brindando un control ultra fino para, lograr una puntería precisa.

Para obtener la precisión de posicionamiento más alta posible, la Trimble S6 ofrece tecnología **SurePoint™**, que actúa como una protección cuando, el instrumento se hunde ligeramente en el terreno, y contra las vibraciones y las manipulaciones que pueden afectar al equipo tras la instalación. La corrección automática de la puntería controla y corrige los efectos de inclinación lateral del eje y de colimación, por lo que podrá medir con rapidez y seguridad.

La tecnología de reflexión directa (**DR**), de Trimble permite medir sin un prisma, incluso a distancias excepcionales. Los objetivos difíciles de alcanzar o inseguros, no constituyen un obstáculo para la Trimble S6. Mide rápidamente y de forma segura sin comprometer la precisión.

En la Cara 1 (círculo directo) o en la Cara 2 (círculo inverso), ya sea que apunte manualmente o con el rastreador, la Trimble S6, permite medir exactamente lo que observa. La óptica de Carl Zeiss de la Trimble S6, es completamente coaxial para contar con una seguridad de medición total.

La estilizada estación total Trimble S6 consiste en un instrumento totalmente sin cables incluso en el modo robótico.





---

Se puede elegir entre el rastreo activo o pasivo mediante el objetivo **Trimble® MultiTrack™**. La flexibilidad de la tecnología **MultiTrack** amplía las oportunidades en todas las aplicaciones topográficas. El rastreo activo asegura que siempre ubicará y se enganchará con el objetivo correcto. Con el objetivo Trimble **MultiTrack** cerca de las superficies reflexivas, incluyendo señales viales, vehículos, chalecos de advertencia y otros prismas, los trabajos no se interrumpirán. El rastreo activo también ofrece un mayor alcance y los anillos LED activos de 360 grados aseguran el rastreo del objetivo correcto desde cualquier ángulo.

La Trimble S6 se puede actualizar totalmente de servoasistida a **Autolock®** y a robótica. Se empieza con el instrumento que se necesita y a medida de las necesidades se puede ampliar.

El botón de enfoque servoasistido se encuentra ubicado en la cubierta lateral, lo que permite una mayor comodidad y velocidad; todos los controles de puntería estarán al alcance de la mano y nunca se tendrá que sacar la vista del telescopio.

La batería de Li-Ion interna inteligente, proporciona seis horas de funcionamiento en el modo robótico. También muestra información precisa sobre el estado de la carga.

Para lograr mediciones convenientes en la Cara 2, todos los datos importantes están disponibles en una segunda pantalla en la parte posterior del instrumento. El teclado sencillo, permite que las mediciones de la Cara 2, se realicen con facilidad con la velocidad del **MagDrive**.

El diseño ergonómico del asa no solo es más cómodo para llevar, sino que también permite realizar mediciones verticales completas. Para aplicaciones de escaneado, el asa se puede quitar para no interferir en las mediciones.

La estación total Trimble S6 **servoasistida** incluye la tecnología servoasistida **MagDrive**, seguridad de precisión **SurePoint** y mediciones **DR**. Y está adaptada para las posibles ampliaciones.

Incluye las actualizaciones del sistema **Autolock** de Trimble, la capacidad de enganche y de rastreo automático de objetivos pasivos. Por tanto, las tareas tales como la medición de un turno de ángulos podrán realizarse de forma totalmente automática.

**Autolock** elimina el bloqueo y desbloqueo repetitivo de los tornillos de movimiento y de enfoque del telescopio. Como resultado, al agregar el módulo **Autolock** al instrumento servoasistido se duplica la productividad en el campo.

La configuración **robótica** permite desacoplar el **Trimble CU** del instrumento y engancharlo al soporte del controlador en el jalón. Este soporte contiene una radio de 2.4 GHz integrada para la comunicación. Se podrá controlar todas las funciones de la Trimble S6 desde el jalón a medida que se desplaza por el emplazamiento de trabajo realizando mediciones. Puesto que no se tiene que comunicar con un portamira, no hay demora en el tiempo de medición. Un solo topógrafo puede realizar levantamientos topográficos o replanteos de alta precisión por sí mismo.

---

La precisión de la Trimble S6 y el software de administración de datos de campo en el controlador. El hecho de disponer del control, será mucho más rápido que nunca. Las rutinas automatizadas comprueban el trabajo a medida que se realiza, eliminando así la costosa repetición de visitas.

Con las tecnologías **Autolock** y **MagDrive** podrá medir y registrar puntos rápidamente. El mapa gráfico se actualiza con los puntos que se captura en tiempo real por lo que resulta fácil ver lo que se ha hecho y hacia dónde hay que ir.

El software de Trimble automatiza el replanteo de puntos, líneas centrales, distancias al eje, estacas de pendiente y más. Una representación gráfica de la sección transversal de la carretera, muestra claramente su posición relativa a la misma. El instrumento, rápidamente manda al objetivo, proporcionando información del desmonte y terraplén. Y con la topografía robótica se incrementa la productividad de replanteo en un 80%.

La capacidad **DR (Direct Reflexion)** de alta precisión, es la propiedad que permite que los objetos que anteriormente eran difíciles o imposibles de alcanzar ahora se puedan medir tan fácilmente como los que se miden con un prisma. Las esquinas y límites visibles entre las propiedades pueden medirse sin tener que acceder a las mismas. Los cables aéreos, los túneles, los puentes, las caras de frentes de canteras, los edificios y las elevaciones pueden medirse de forma sencilla y segura.

El controlador **Trimble CU** (img.20) ha sido diseñado especialmente para utilizarse con el Trimble S6 y los últimos sistemas GPS de Trimble.

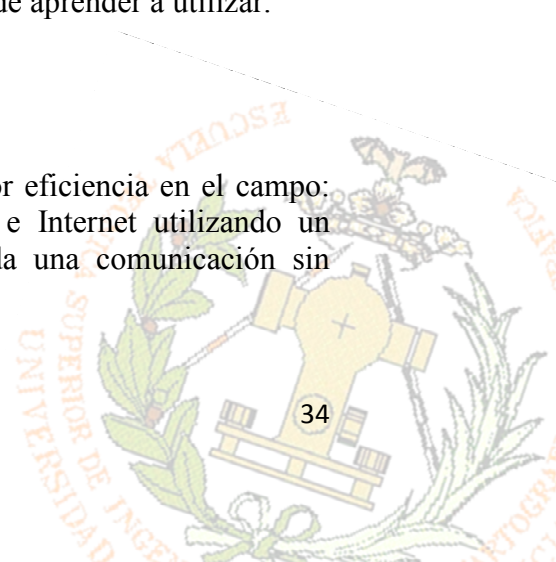


Imagen 20 - TCU

Los controladores de Trimble brindan una interfaz única y fácil de utilizar para todas las tareas y todos los instrumentos, incluyendo el GPS. El sistema operativo **Windows CE.Net** de cada controlador resulta familiar y fácil de aprender a utilizar.

Los controladores Trimble **Cu** y **TSC2**, ofrecen:

Tecnología de comunicación avanzada para una mayor eficiencia en el campo: Envía y recibe archivos fácilmente por correo electrónico e Internet utilizando un módem de móvil externo. La tecnología Bluetooth® brinda una comunicación sin cables.



Pantalla gráfica avanzada: La pantalla de color táctil facilita y agiliza la navegación en el software, y la pantalla gráfica proporciona información en tiempo real. Se carga un archivo de diseño 3D en el controlador y se puede disfrutar de la flexibilidad de adaptar el trabajo, a las condiciones cambiantes de cada emplazamiento de trabajo. La pantalla TFT iluminada y el teclado son fáciles de utilizar.

Al controlar un levantamiento, se escucha la información y los avisos con sonido en tiempo real y se pueden registrar mensajes de voz en el campo.

El **software Trimble Survey Controller™**, diseñado por topógrafos para topógrafos, el software de Trimble se ejecuta en el controlador de Trimble de elección para, optimizar el rendimiento de la Trimble S6 o del sistema GPS.

El controlador Trimble **TSC2** (img.21) ofrece una versión de controlador de mano independiente.



Imagen 21 - TSC2

Los sensores y controladores de Trimble están diseñados para soportar e integrar ininterrumpidamente los sistemas GPS y ópticos, el resultado consiste en una solución topográfica total avanzada y sencilla de utilizar.

La misma interfaz de control maneja todas las funciones, ya sean GPS u ópticas, y todos los datos se integran ininterrumpidamente en un único archivo de datos. Esto representa un solo controlador, un software, una interfaz y un archivo de trabajo. Por lo tanto se podrán fijar los puntos de control con un sistema GPS de Trimble y luego, más tarde, utilizar dichos datos de control con la Trimble S6. Sencillamente se desconecta el controlador del GPS y se conecta a la estación total en el instrumento o en el móvil.



Figura 14 - Topografía integrada



## Características técnicas de la Estación Total Trimble S6 Dr Plus™

### RENDIMIENTO

#### Medición de ángulos

Tipo de sensor ..... Codificador absoluto con lectura diamétrica  
 Precisión (Desviación típica según DIN 18723) ..... 2" (0,6 mgon)  
 3" (1,0 mgon), ó 5" (1,5 mgon)

#### Lectura de ángulos (cuenta mínima)

Estándar ..... 1" (0,3 mgon)  
 Rastreo (seguimiento) ..... 2" (0,6 mgon)  
 Observaciones medias ..... 0,1" (0,03 mgon)

#### Compensador de nivelación automática

Tipo ..... Centered dual-axis  
 Precisión ..... 0,5" (0,15 mgon)  
 Rango ..... ± 5,4' (±100 mgon)

#### Medición de distancias

##### Precisión (RMSE)

###### Modo Prisma

Estándar ..... 2 mm + 2 ppm (0,0065 pies + 2 ppm)  
 Desviación estándar según la norma ISO17123-4 ..... 1 mm + 2 ppm (0,003 pies + 2 ppm)  
 Rastreo (seguimiento) ..... 4 mm + 2 ppm (0,013 pies + 2 ppm)

###### Modo DR

Estándar ..... 2 mm + 2 ppm (0,0065 pies + 2 ppm)  
 Rastreo (seguimiento) ..... 4 mm + 2 ppm (0,013 pies + 2 ppm)

#### Tiempo de medición

##### Modo Prisma

Estándar ..... 1,2 s  
 Rastreo (seguimiento) ..... 0,4 s

##### Modo DR

Estándar ..... 1-5 s  
 Rastreo (seguimiento) ..... 0,4 s

#### Alcance

##### Modo Prisma (bajo condiciones despejadas estándar<sup>1,2</sup>)

1 prisma ..... 2500 m (8202 pies)  
 1 prisma modo Largo alcance ..... 5500 m (18,044 pies) (alcance máx.)  
 Alcance más corto posible ..... 0.2 m (0.65 pies)

##### Modo DR

	Bueno (Buena visibilidad, luz ambiental baja)	Normal (Visibilidad normal, luz de sol moderada, cierto nivel de resplandor térmico)	Difícil (Calima, objeto en luz solar directa, turbulencia)
Tarjeta blanca (90% reflectante) <sup>3</sup>	1.300 m (4.265 pies)	1.300 m (4.265 pies)	1.200 m (3.937 pies)
Tarjeta gris (18% reflectante) <sup>3</sup>	600 m (1.969 pies)	600 m (1.969 pies)	550 m (1.804 pies)

Alcance más corto posible ..... 1 m (3,28 pies)

##### Alcances DR (típico)

Hormigón ..... 600-800 m (1968-2624 pies)  
 Construcción de madera ..... 400-800 m (1312-2624 pies)  
 Construcción metálica ..... 400-500 m (1312-1640 pies)  
 Rocas claras ..... 400-600 m (1312-1968 pies)  
 Rocas oscuras ..... 300-400 m (984-1312 pies)  
 Lámina reflexiva de 20 mm ..... 1000 m (3280 pies)

##### Modo de alcance extendido DR

Tarjeta blanca (90% reflectante)<sup>3</sup> ..... 2000-2200 m  
 Tarjeta gris (18% reflectante)<sup>3</sup> ..... 900-1000 m  
 Precisión ..... 10 mm + 2 ppm (0,033 pies + 2 ppm)



## ESPECIFICACIONES DE MED

Fuente de luz	Diodo láser de impulsos 905 nm, Láser clase 1
Puntero láser coaxial (estándar)	Láser clase 2
Divergencia del rayo	
Horizontal	4 cm/100 m (0,13 pies/328 pies)
Vertical	8 cm/100 m (0,26 pies/328 pies)
Corrección atmosférica	-130 ppm a 160 ppm continuamente

## ESPECIFICACIONES GENERALES

Nivelación	
Nivel esférico en plataforma nivelante	.8/2 mm (8/10,007 pies)
Nivel electrónico de 2 ejes en la pantalla (LCD) con una resolución de	0,3" (0,1 mgon)
Sistema servoasistido	Tecnología servoasistida MagDrive, sensor angular servoasistido, control electromagnético directo
Velocidad de rotación	115 grados/s (128 gon/s)
Tiempo de rotación de Cara 1 (CD) a Cara 2 (CI)	2,6 s
Tiempo de posicionamiento 180 grados (200 gon)	2,6 s
Tornillos de bloqueo y movimientos lentos	Servocontrol, ajuste fino sin fin
Centrado	
Sistema de centrado	3 pines de Trimble
Plomada óptica	Plomada óptica incorporada
Aumentos/distancia de enfoque más corta	2,3x/0,5 m (1,6 pies) al infinito
Telescopio	
Aumentos	30x
Apertura	40 mm (1,57 pulg)
Campo visual en 100 m (328 pies)	2,6 m en 100 m (8,5 pies en 328 pies)
Distancia de enfoque más corta	1,5 m (4,92 pies) al infinito
Cruz filar iluminada	Variable (10 pasos)
Tracklight incorporado	Estándar
Temperatura de funcionamiento	-20 °C a +50 °C (-4 °F a +122 °F)
Resistente al polvo e impermeable	Según estándar IP55
Fuente de alimentación	
Batería interna	Batería Li-ion recargable de 11,1 V, 4,4 Ah
Tiempo de funcionamiento <sup>4</sup>	
Con una batería interna	Aprox. 6 horas
Con tres baterías internas en un adaptador para batería múltiple	Aprox. 18 horas
Soporte robótico con una batería interna	12 horas
Peso	
Instrumento (servoasistido/Autolock)	5,15 kg (11,35 lb)
Instrumento (Robótico)	5,25 kg (11,57 lb)
Controlador Trimble CU	0,4 kg (0,88 lb)
Plataforma nivelante	0,7 kg (1,54 lb)
Batería interna	0,35 kg (0,77 lb)
Altura del eje de muñones	196 mm (7,71 pulg)
Comunicación	USB, en serie, Bluetooth <sup>85</sup>

## TOPOGRAFÍA ROBÓTICA

Alcance robótico y Autolock <sup>2</sup>	
Prismas pasivos	500–700 m (1.640–2.297 pies)
Objetivo Trimble MultiTrack	800 m (2.625 pies)
Precisión de puntería Autolock a 200 m (656 pies) (Desviación típica) <sup>2</sup>	
Prismas pasivos	<2 mm (0,007 pies)
Objetivo Trimble MultiTrack	<2 mm (0,007 pies)
Distancia de búsqueda más corta	0,2 m (0,65 pies)
Lectura de ángulo (cuenta mínima)	
Estándar	1" (0,3 mgon)
Rastreo (seguimiento)	2" (0,6 mgon)
Observaciones medias	0,1" (0,03 mgon)
Tipo de radio interna/externa	Radios de 2,4 GHz de amplio espectro por saltos de frecuencia
Tiempo de búsqueda (típico) <sup>6</sup>	2-10 s

## GPS SEARCH/GEOLock CON EL OBJETIVO TRIMBLE MULTITRACK

GPS Search/GeoLock	360 grados (400 gon) o ventana de búsqueda horizontal y vertical definida
Tiempo de adquisición de solución <sup>7</sup>	15–30 s
Tiempo de readquisición del objetivo	<3 s
Alcance	Límites del alcance Autolock y robótico



## II.4. ESTACIÓN TOTAL LEICA TS15



La estación total con tecnología de imagen más avanzada

Optimiza su productividad con documentación fotográfica del lugar. Con transmisión en directo de la imagen, siempre se conocerá lo que ve la estación total. Mide todos los puntos sin tener que volver a la estación total.

- Notas de Imagen (Capture una imagen o pantalla, dibuje en ella y vincúlela a un objeto en la base de datos)
- Medición Asistida por Imagen (Simplemente toque la pantalla y la estación girará y medirá el objetivo deseado).



Imágen 22 - Leica TS15



La tecnología de medición, con un solo operador, más avanzada

Viva TS15 se basa en años de experiencia combinando los mejores sensores de estaciones totales del mundo: ángulos, distancias y el sistema patentado de cámara de reconocimiento de prismas PowerSearch.

- Buscar – PowerSearch detecta el prisma en cuestión de segundos
- Seguir – Viva TS15 sigue el prisma en los entornos más exigentes
- Medir – El PinPoint EDM se combina con precisos sensores angulares para completar el proceso de medición.



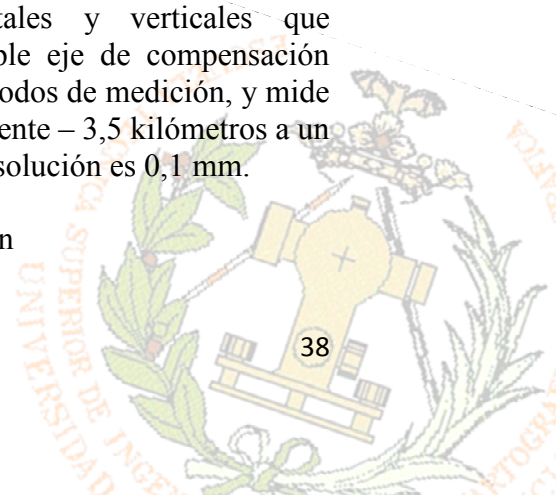
Uso con Leica Viva GNSS

Añada la función GNSS a su Viva TS15 cuando lo desee y combine TPS y GNSS de forma eficiente.

- Utilice la SmartStation para estacionamientos TPS sin necesidad de puntos de control, poligonales e inversas
- Use la SmartPole para ahorrar tiempo con estacionamientos ‘al vuelo’ y medición paralela con TPS y GNSS y obtenga el doble de productividad

El sistema de medición de ángulo de gran precisión de Leica Viva TPS proveen continuamente lecturas de círculo inmediatas horizontales y verticales que automáticamente son corregidas por un sistema de cuádruple eje de compensación central. El EDM coaxial usa un láser infrarrojo, tiene varios modos de medición, y mide tanto a prismas como a tablilla de puntería. El alcance es excelente – 3,5 kilómetros a un solo prisma- y la precisión magnífica - 1 mm + 1,5 ppm. La resolución es 0,1 mm.

- Rápido, continuo, medidas de ángulo de gran precisión
- Opción de precisión a partir de 1 a 5 segundos



- No se precisa reiniciar
- Cuádruple eje de compensación
- EDM con rápido modo de seguimiento
- Rápido alcance, mediciones rápidas y alta precisión
- Fiabilidad total

**PinPoint** es el instrumento ideal para medir esquinas de una pared, objetos inaccesibles, fachadas, vertientes rocosas, azoteas y paredes dentro de edificios, es decir, cualquier punto en el que sea difícil fijar un prisma. PinPoint señala con un pequeño punto rojo láser exactamente el punto. Las mediciones son tomadas al instante y directamente (sin rutinas adicionales complejas). Y con PinPoint también puede tomar mediciones a prismas a muy larga distancia.

- Para todas las TPS Leica Viva
- Tres versiones: corto alcance R30 (máx. 30 m), alcance medio R400 (más de 400m), alcance superior (más de 1000m)
- Punto láser muy pequeño (marca el punto exactamente)
- Mediciones estándares en modo seguimiento
- Precisión superior a 2mm dependiendo del modo de medición, alcance y superficie a medir
- Leica Viva TPS motorizada con PinPoint– la herramienta perfecta para el escaneado de superficies planas (por ejemplo fachadas), irregulares y medición de perfiles y secciones transversales.

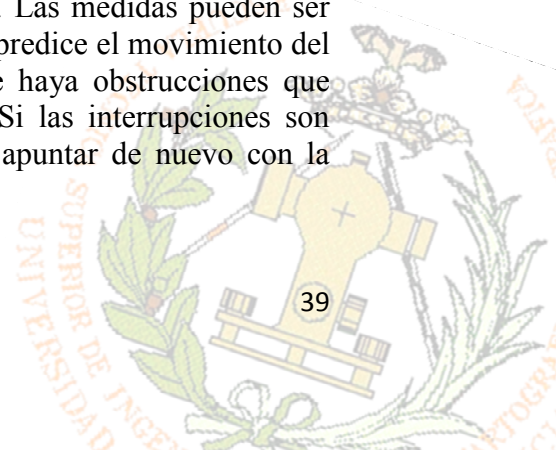
Con **ATR** (fig.15), sólo se tiene que señalar aproximadamente con la óptica y medir; Leica Viva TPS hará el resto totalmente de forma automática. El rayo infrarrojo transmitido por el telescopio es reflejado hacia atrás por el prisma y analizado al instante. Leica Viva TPS mueve el telescopio, apunta finamente hacia el centro del prisma y mide. Como no se tiene que apuntar ni enfocar, se mide mucho más rápido y relajado.



Figura 15 - ATR

- Mediciones rápidas
- Alta precisión uniforme independientemente de las condiciones de luz
- Mediciones a prismas estándares (no necesario para objetivos activos) en modo seguimiento
- Particularmente ventajoso en mediciones repetitivas y cuando hay que medir un gran número de puntos

El modo de “bloqueo” es parte del sistema ATR y permite a la estación Leica Viva rastrear un prisma móvil. Después de una medida inicial con la ATR, la Leica Viva TPS “bloquea” el prisma y lo sigue mientras se mueve. Las medidas pueden ser tomadas en cualquier momento. Como el software inteligente predice el movimiento del prisma, la Leica Viva TPS sigue rastreando incluso aunque haya obstrucciones que causen breves interrupciones en el trayecto del rayo láser. Si las interrupciones son largas y ello provoca la pérdida del bloqueo, sólo hay que apuntar de nuevo con la óptica o, aún mejor, usar el Power-Search.



- Parte del sistema ATR
- Para estaciones Leica Viva motorizadas
- Mejor con un prisma de 360°
- Completamente automático
- Elimina operaciones manuales
- Mediciones muy rápidas
- Perfecto para levantamientos con muchos puntos

**PowerSearch (PS)** localiza el prisma sin importar dónde se encuentre. Con el PowerSearch activado, la estación Leica Viva, rota y lanza una señal láser en forma de abanico vertical. Tan pronto como el abanico se topa con un prisma, la estación Leica Viva deja de girar, ATR se activa y apunta los puntos - todo de forma automática. Use el PowerSearch para la primera medida con el ATR, o para encontrar el prisma de nuevo si se ha perdido su rastro. PowerSearch es particularmente ventajoso manejando el mando a distancia.

- Opcional para estaciones Leica Viva motorizadas con ATR
- Se activa mediante una tecla o automáticamente según se configure
- Localiza prismas estándares, no es necesario con dianas de puntería
- Ahorro de tiempo, incremento de productividad
- Altamente recomendado para un rápido y eficiente control remoto

Las estaciones totales Leica Viva TS15 con **tecnología de imagen**, ha sido diseñada para optimizar la productividad, con documentación fotográfica del lugar. A través de una óptica de alta calidad, la visión desde 2m al infinito es transferida como imágenes de alta resolución de 5 Mpixel. El procesador de imágenes integrado, calcula el tiempo de exposición exacto y realiza ajustes de equilibrio de blancos para, captar óptimamente lo que la estación total ve. Con el fin de soportar los 20Hz de video en tiempo real, se han diseñado nuevos anillos de transferencia de alta velocidad y una unidad de procesamiento de imágenes de avanzada tecnología, que transfiere imágenes desde el telescopio a la pantalla de alta resolución VGA de la estación total.

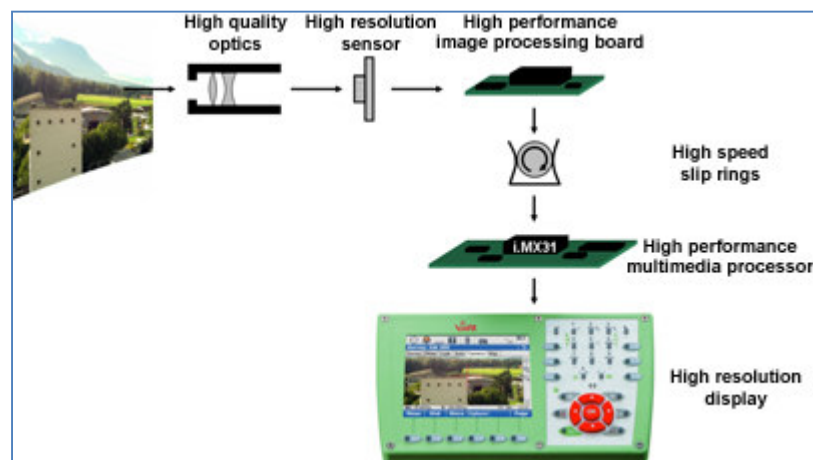
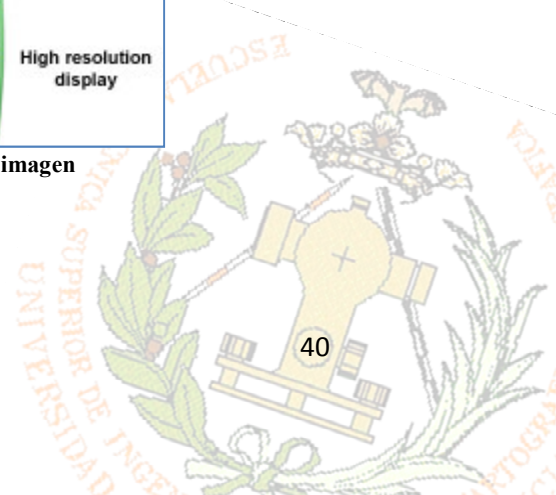


Figura 16 - Componentes claves para la tecnología de imagen





---

Los componentes claves para la funcionalidad de la tecnología de imagen de las Viva TS15 (fig.16) son:

- Óptica de alta calidad (sin distorsiones, con función de enfoque)
- Sensor de alta resolución (sensor de imagen CMOS de 5 Mpx)
- Procesador de imagen integrado de alto rendimiento
- Anillos de transferencia de alta velocidad
- Procesador de alto rendimiento (Freescale i.MX31, 533 MHz procesador multimedia con unidad de procesamiento de imagen integrada)
- Pantalla de alta resolución de VGA

4 VECES MÁS EFICAZ:

### **Capture**

Con sólo pulsar un botón, se obtiene una imagen de alta resolución de lo que la estación total ve, capturando cualquier imagen de pantalla. *Su ventaja* - mayor productividad con documentación gráfica de las condiciones de campo evitando el tomar apuntes o visitas extra.

### **Esquemas de campo**

Toda imagen puede mejorarse gracias al esquema de campo, añadiendo color y líneas de diferentes estilos y grosores, para transferir únicamente información valiosa. *Su ventaja* - no más anotaciones sueltas o sobre papeles mojados.

### **Vincula Objetos**

Tras capturar imágenes y trazar bocetos, estas pueden vincularse a otros objetos de interés (puntos, líneas, áreas) o añadir un registro temporal. *Su ventaja* - saber exactamente a que pertenece cada imagen y archivarlas junto a las mediciones.

### **SmartWorx Viva**

Leica SmartWorx Viva es fácil de usar. Utilizado directamente con la estación o con un controlador ergonómico. *Su ventaja* - comience a trabajar cómoda e inmediatamente, dejando que SmartWorx Viva se adapte a usted y a su equipo.

SENCILLEZ EN 2 PASOS:

### **Registra los datos:**

Registra datos y replantea fácilmente con su software altamente intuitivo basado en Windows con gráficos en 3D y asistente paso a paso que facilita el aprendizaje. Visión instantánea de los datos registrados en una pantalla VGA a color de alta resolución para un mejor control de calidad en campo. Documentación de los datos con la cámara integrada.

*Su ventaja* - registra datos fáciles, productiva y cómodamente.

## Procesa:

Combina convenientemente los datos en el campo o en la oficina de forma inalámbrica vía LAN, USB, Bluetooth y tarjetas CF/SD. Combine múltiples sesiones de campo sin problemas con Leica Geo office y con cualquier software de terceros con ilimitada flexibilidad. Combine de forma rápida y segura la transferencia de datos y la recarga de batería con la universal Viva Docking Station.

*Su ventaja* - pase del diseño a la realidad en el menor tiempo posible.

## SMARTWORX VIVA

### Simple de usar

- Gráficos claros, menús intuitivos y asistentes para las configuraciones complejas
- Sin terminología complicada
- Sacar, encender y trabajar

### Repleto de mejoras

- Levantamiento y codificación de puntos, líneas y áreas
- Replanteo de puntos, líneas y áreas, ejes y MDTs simples y complejos
- Fácil de configurar para su modo de trabajo

### Aplicaciones adicionales para trabajos específicos de levantamiento y replanteo

- Tanto para GPS como equipos TPS
- Cálculos COGO, volúmenes, medición de fachadas de edificios y mucho más
- Avance Carreteras, Rail y Túnel para replanteo y comprobación



Figura 17 - Smartworx viva



Especificaciones técnicas:

<b>Leica SmartWorx Viva</b>	<b>SmartWorx Viva</b>	<b>SmartWorx Viva LT</b>
<b>Funcionalidades incluidas con SmartWorx Viva y SmartWorx Viva LT</b>		
<b>General</b>		
Gestión de trabajos, datos y sistemas de coordenadas	●	●
Importación de Datos: ASCII, DXF, LandXML	●	●
Exportación de Datos: ASCII, DXF, LandXML, FBK, RWS, RAW	●	●
Funcionalidad de vista en mapa junto con el gestor de datos y aplicaciones	●	●
Visor de archivos DXF como Imágenes de fondo	●	
Múltiples estilos de trabajo	●	
Soporta varios modelos de Estaciones: TS/TM30, TPS1200+, TPS1200, FlexLine, TPS1100, TPS 800, 700, 400, 300	●	●
Transferencia por FTP de datos de Campo a Oficina	●	●
Barra de Iconos para mostrar información de los Instrumentos en cualquier momento con opción de ocultarla	●	●
Visualización Permanente de Hz y V (TPS) o valores CQ (GNSS)	●	●
<b>Levantamiento</b>		
Codificación temática de puntos, líneas y áreas y codificación libre con hasta 20 atributos. Los códigos se pueden seleccionar de una lista predefinida o introducida manualmente	●	●
Codificación Smart y Rápida	●	
Conmutación entre GNSS & TPS con sólo pulsar un botón	●	
Auto Registro de puntos con su control de calidad. Métodos por tiempo, distancia y "stop and go"	●	○
Pantallas configurables - definiendo la información que queremos ver en pantalla	●	●
Medición de puntos destacados (sólo TPS)	●	
Medición de puntos ocultos con soporte para distintos dispositivos como el DISTO TM (sólo GNSS)	●	
<b>Replanteo</b>		
Replanteo de puntos y MDTs	●	●
Guiado a puntos usando varios métodos: Norte, Sol, Punto, A y Desde Estación Total	●	○
CQ - comprobación de diferencia de coordenadas	●	
Selección automática del punto más próximo a replantear	●	
Selección gráfica de puntos desde un mapa	●	●
Editor de alturas y desplazamientos en altura de puntos	●	
Señal acústica "beep" cuando se encuentre cerca de un punto	●	
<b>COGO</b>		
Distintos métodos de cálculo: Polares, Poligonal (azimut y distancia), Intersecciones, Cálculo y División de Líneas y Arcos, Desplazamientos, Rotaciones y Escalado de Bloques de puntos	●	●
Selección gráfica de puntos desde la vista mapa	●	●
Representación gráficas de los resultados de COGO	●	●
Informes comprensibles / plantillas	●	
<b>Determinar Sistema de Coordenadas</b>		
Cálculo de Sistemas de Coordenadas Un paso, Dos pasos y Clásica 3D	●	●
QuickGrid cálculo de calibraciones rápidas en campo	●	●
Cálculo, visualización y marcado de residuales	●	●
Comparación automática de puntos comunes	●	●
<b>Estacionamiento TPS</b>		
Distintos métodos de Estacionamiento - Azimut, Punto o Puntos conocidos, Orientación y Transferencia de Cota, Inversas	●	○
Estacionamiento con SmartStation	●	
Actualización de Estacionamientos a posteriori	●	●
Resultado y visualización del estacionamiento	●	●
<p>● = Todas las opciones, métodos o funcionalidades disponibles                      ○ = Opciones limitadas, métodos o funcionalidades disponibles</p>		

<b>Leica SmartWorx Viva</b>	<b>SmartWorx Viva</b>	<b>SmartWorx Viva LT</b>
<b>Aplicaciones adicionales opcionales</b>		
<b>Línea de Referencia</b>		
Ideal para la medición en carreteras, vías o ríos donde se necesita una codificación repetitiva	•	○
Replanteo de pendientes relativas a líneas y arcos	•	
CO - comprobación de diferencia de coordenadas	•	
<b>Avance - Carreteras</b>		
Replanteo y comprobación de trazados: Ejes, Secciones Tipo y Superficies	•	•
Replanteo Gráfico y Control de Calidad	•	•
Guardar tareas inacabadas para una rápida recuperación	•	
Los trazados pueden crearse manualmente o convertidos desde múltiples formatos con LGO Diseño a Campo	•	•
Informes comprensibles / plantillas	•	
<b>Avance - Rail</b>		
Basado en Avance con funciones adicionales y centrado en la construcción de vías. Ideal para la construcción y control de vía	•	
Preparado para diseños simples y complejos - Incluido el manejo de múltiples trazados con ejes externos	•	
Informes comprensibles / plantillas	•	
<b>Avance - Túnel (solo TPS)</b>		
Basado en Avance con funciones adicionales y centrado en la construcción de túneles. Ideal para el replanteo del avance del túnel, perfiles, orientación de las máquinas de perforación o comprobación y toma de datos de perfiles	•	
Visualización del diseño y datos	•	
Informes comprensibles / plantillas	•	
<b>Cálculo de Volúmenes</b>		
Medición y cálculo de superficies y volúmenes	•	•
Diversos métodos para calcular los límites	•	•
Exportación DKF de las superficies medidas	•	•
Informes comprensibles / plantillas	•	•
<b>Plano de Referencia / Escaneo de Superficie</b>		
Definición de planos y medición de puntos relativos al plano, o definición de límites del plano y medición automática de puntos a través del plano completo	•	
Ideal para la medición de fachadas o frentes de canteras	•	
Informes comprensibles / plantillas	•	
<b>Medición de Secciones Transversales</b>		
Definición de la codificación automática de una sección transversal	•	
Ideal para la medición en carreteras, vías o ríos donde se necesita una codificación repetitiva	•	
<b>Polygonal (solo TPS)</b>		
Medición, cálculo y ajuste de poligonales incluyendo las observaciones	•	
Informes comprensibles / plantillas	•	
<b>Medición de Series (solo TPS)</b>		
Ciclos múltiples de medición de ángulos y distancias	•	
Ideal para mediciones repetitivas con el fin de conseguir mediciones precisas - presas, canteras, fachadas, estructuras	•	
Informes comprensibles / plantillas	•	
<b>Puntos Ocultos TPS (solo TPS)</b>		
Permite la medición de puntos ocultos con Estación Total usando el bastón específico	•	
Ideal para la medición de pozos, tuberías y otros lugares inaccesibles	•	
<b>Otras Aplicaciones</b>		
Muchas otras aplicaciones están disponibles. Contacte con su representante de Leica Geosystems	•	

## CONTROLADORAS LEICA VIVA CS10 & CS15

Diseñado para entornos exigentes, siempre podrá confiar en su CS10 & CS15 (img.23). Cómodo de llevar, y fácil de usar en todas las tareas

- IP67 y temperatura de trabajo de  $-30^{\circ}\text{C}$  a  $60^{\circ}\text{C}$
- Táctil, iluminado, teclado protegido (numérico en CS10, alfanumérico QWERTY en CS15)
- Cámara de 2 Mpixel (perfectamente situada

para tomar imágenes en mano o montado en bastón)

- Pantalla táctil color VGA, iluminada



Imágen 23 - Controladoras CS10 & CS15

Manténgase conectado con distintas opciones de comunicación y almacenamiento. Su CS10 & CS15 está listo para todos los retos.

- Tecnología Wireless Intenna totalmente integrada (*Bluetooth®*, WLAN, Radio TPS, GSM/UMTS 3.5G)
- Elija entre 2 módulos:
  - Lemo: Lemo (USB y serie), USB A host, 7-pines, alimentación
  - RS232: RS232, USB A, USB mini AB OTG, conector 7-pines, alimentación
- Almacenamiento de datos con tarjetas SD, CF, stick USB

Diseñado como parte de la Serie Leica Viva y versátil para trabajar en combinación con cualquier instrumento y software.

- Ideal para uso con Estaciones Totales y Receptores GNSS de la Serie Leica Viva
- Perfectamente diseñado para usarse con el software SmartWorx Viva
- Potente procesador ARM Core para múltiples aplicaciones de software



## Características técnicas:

Especificaciones de Hardware CS15 y CS10		CS10	CS15
<b>Equipo GNSS de mano ergonómico y sin cables</b>			
Sistema Operativo	Windows CE 6.0	●	●
Pantalla	8.9 cm (3.5 in) 640 x 480 pixel (VGA) color TFT, táctil, retroiluminación LED	Vertical	Apaisada
Cámara	Integrada de 2MP con focal fija	●	●
VO	Ranuras SD (SDIO), CF Tipo I / II, conector 5-pines (USB) Módulo RS232 module: RS232, USB A, USB Mini AB OTG, conector 7-pines, alimentación Módulo Lemo: Lemo (USB y serie), USB A, conector 7-pines, alimentación	● ○ ○	● ○ ○
Interface	Pantalla táctil, ergonómico sin cables con teclado totalmente iluminado y virtual	Númérico 26 teclas	QWERTY 65 teclas
Procesador	Freescaler i.MX31 533 MHz ARM Core	●	●
Memoria	512 MB DDR SDRAM	●	●
Almacenamiento	1 GB (NAND Flash no-volátil)	●	●
Audio	Altavoz integrado y micrófono Bluetooth® con soporte de cascos audio	● ●	● ●
LEDs	LED de estado de Batería y Bluetooth®	●	●
Conectividad Wireless	Bluetooth® 2.0 Class 2 Wireless LAN 802.11b/g Radio integrada 2.4 GHz FHSS para esclación total con antena integrada Módulo GSM/UMTS 3.5G integrado con antena interna	● ○ ○ ○ ○	● ○ ○ ○ ○
<b>Software</b>			
Aplicaciones de Software	Los controladores Viva funcionan con Leica SmartWorx Viva y SmartWorx Viva LT. Además, están disponibles soluciones locales. Para más información de qué software es el más adecuado para usted contacte con su vendedor local de Leica.	●	●
Software estándar	Internet Explorer Mobile, File Explorer, Word Mobile, Microsoft Windows Media™ Player, Camera Software, Online Help	●	●
<b>Gestión de Energía</b>			
Batería extraíble	GE8212 (7.4 V / 2600 mAh Ion-Li recargable)	●	●
Tiempo de Recarga	2 horas	●	●
Alimentación	Nominal 12 V DC Rango 10.5 – 28 V DC	●	●
Autonomía	10 horas (dependiendo del uso de dispositivos internos)	●	●
<b>Dimensiones y Peso</b>			
Tamaño	CS10: 200 mm / 102 mm / 45 mm (7.87 in / 4.01 in / 1.77 in) CS15: 245 mm / 125 mm / 45 mm (9.65 in / 4.92 in / 1.77 in)	●	●
Peso <sup>1</sup>	CS10: 0.56 kg (1.23 lbs) CS15: 0.71 kg (1.57 lbs)	●	●
<b>Especificaciones Medioambientales</b>			
Temperaturas de Trabajo / Almacenamiento	Trabajo: -30 to 60° C (-22 to 140° F), Almacén: -40 to 80° C (-40 to 176° F)	●	●
PoVo y Agua / Humedad	IP67 (IEC 60529) / 100% sin condensación MIL-STD-810F; Método 507.4-1)	●	●
Cargas / Vibraciones	1.2 m (4 ft) <sup>2</sup> / MIL-STD-810F; Método 514.5 - Cat24	●	●
<b>Accesorios</b>			
Fuente de alimentación de 100 – 240 V AC para todas las regiones		●	●
Puntero		●	●
2 x láminas antirreflejos		●	●
Documentación en CD		●	●
Docking station		○	○
Cargador para vehículo 12 V DC		○	○
Cables adicionales		○	○
Correa de mano		○	○
Kit de sujeción a bastón		○	○
Funda		○	○

<sup>1</sup> sin batería 110 g

<sup>2</sup> sobre madera laminada sobre hormigón

● = Estándar

○ = Opcional



Características técnicas de la estación total:

Leica Viva TS15		TS15 M	TS15 A	TS15 G	TS15 P	TS15 I
Medición angular	●	●	●	●	●	●
Medición de distancias a prisma	●	●	●	●	●	●
Medición de distancias a cualquier superficie	●	●	●	●	●	●
Motorizada	●	●	●	●	●	●
Puntería Automática	–	●	●	●	●	●
Power Search (PS)	–	–	–	●	●	●
Cámara Gran Angular	–	–	–	–	●	●
Interface RS232, USB y tarjeta SD	●	●	●	●	●	●
Bluetooth	●	●	●	●	●	●
Memoria interna Flash (1GB)	●	●	●	●	●	●
Interface para RH15	●	●	●	●	●	●
Luz de Guiado (EGL)	●	●	●	●	●	●
Puntero Láser	–	–	●	–	–	–
SmartStation GS15 receptor GNSS	○	○	○	○	○	○
SmartStation GS12 receptor GNSS	○	○	○	○	○	○
Controladora CS10/CS15 (Radio)	○	○	○	○	○	○
		● = Estándar	○ = Opcional	– = No disponible		
<b>Medición Angular</b>		Precisión Hz, V <sup>1</sup> Resolución en Pantalla Método Compensación Precisión de compensador				
		1" (0.3 mgon), 2" (0.6 mgon), 3" (1 mgon), 5" (1.5 mgon) 0.1" (0.1 mgon) absoluto y continuo, diametral Cuádruple eje de compensación 0.5" (0.2 mgon), 0.5" (0.2 mgon), 1.0" (0.3 mgon), 1.5" (0.5 mgon)				
<b>Medición de Distancias</b>		<b>Medición de Distancia – Prisma</b> <b>Alcance<sup>2</sup></b> Prisma Circular (GPR1) 3 Prismas circulares (GPR1) 360° prisma (GR24, GR2122) 360° mini prisma (GR2101) Mini prisma (GMP101) Diana reflectante (60 mm x 60 mm)				
		3500 m (12000 ft) 5400 m (17700 ft) 2000 m (7000 ft) 1000 m (3300 ft) 2000 m (7000 ft) 250 m (800 ft)				
		<b>Precisión<sup>3</sup> / Tiempo de Medición</b> Estándar Rápida Continuo				
		1 mm + 1.5 ppm / ttp. 2.4 s 3 mm + 1.5 ppm / ttp. 0.8 s 3 mm + 1.5 ppm / ttp. <0.15 s				
		<b>Medición de Distancias (Cualquier Superficie)</b> <b>Rango<sup>4</sup></b> PinPoint R30 / R400 / R1000				
		30 m (98 ft) / 400 m (1310 ft) / 1000 m (3280 ft)				
		<b>Precisión<sup>5</sup> / Tiempo de Medición</b> PinPoint R30 / R400 / R1000				
		2 mm + 2 ppm / ttp. 3 s				
		<b>Medición de Distancias (Largo Alcance)</b> Largo-alcance <sup>4</sup>				
		>10000 m (>32800 ft)				
		<b>Precisión<sup>6</sup> / Tiempo de Medición</b> Largo-alcance				
		5 mm + 2 ppm / ttp. 2.5 s				
		<b>General</b> Resolución en Pantalla Mínima distancia de medición Método Tamaño de punto láser (Sin Prisma)				
		0.1 mm 1.5 m Sistema de análisis basado en medición de desfase (coaxial, láser visible) A 30 m: 7 mm x 10 mm, a 50 m: 8 mm x 20 mm				
<b>General</b>		<b>Sistema operativo &amp; Procesador</b> Sistema Operativo Procesador Objetivo Aumentos Apertura del objetivo Campo de Visión Rango de enfoque				
		Windows CE 6.0 Freescale iMX31 533 MHz ARM Core 30 x 40 mm 1°30' (1.66 gon) / 2.7 m a 100 m 1.7 m a infinito				
		<b>Teclado y Pantalla</b> Pantalla Teclado Posición				
		640 x 480 píxel (VGA) color TFT con iluminación LED y pantalla táctil 36 teclas (12 teclas de función, 12 teclas alfanuméricas), iluminación CD estándar / CI opcional				
		<b>Memoria, Puertos &amp; Comunicaciones</b> Memoria interna / Dispositivos de Memoria Interfaces Operación				
		1 GB (NAND Flash no volátil) / tarjeta SD, USB RS232, Bluetooth® Wireless-Technology, USB mini AB OTG				
		<b>Operación</b> Sensibilidad de Nivel Circular Precisión de centrado de plomada láser Número de motores				
		6' / 2 mm 1.5 mm a 1.5 m 1 horizontal / 1 vertical				
		<b>Suministro de Energía</b> Batería interna Autonomía Voltaje / Capacidad				
		Ion Litio 5 – 8 h (GEB221) 7.4V / 4.4 Ah				
		<b>Peso y Dimensiones</b> Peso de la Estación Total / Batería GEB221 / Base Nivelante GEB121 Alto / Ancho / Largo				
		4,9 – 5,5 kg / 0,2 kg / 0,8 kg 345 mm / 226 mm / 203 mm				
		<b>Especificaciones Medioambientales</b> Temperatura de Trabajo / Almacenamiento PoVo / agua (IEC 60529) / Humedad				
		-20° C a +50° C / -40° C a +70° C IP55 / 95%, sin condensación				
<b>Luz de Guiado (EGL)</b>		Rango de trabajo Precisión de posicionamiento				
		5 – 150 m 5 cm a 100 m				

## Leica TS15:

Leica Viva Medición con Un Solo Operador																																										
	Motorización	Velocidad de giro	45° (50 gon) / s																																							
	Reconocimiento Automático del Prisma (ATR)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rango</th> <th>Modo ATR</th> <th>Modo Lock</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Prisma Circular (GPR1)</td> <td>1000 m (3300 ft)</td> <td>800 m (2600 ft)</td> </tr> <tr> <td>360° prisma (GRZ4, GRZ122)</td> <td>800 m (2600 ft)</td> <td>600 m (2000 ft)</td> </tr> <tr> <td>360° mini prisma (GRZ101)</td> <td>350 m (1150 ft)</td> <td>300 m (1000 ft)</td> </tr> <tr> <td>Mini prisma (GMP101)</td> <td>500 m (1600 ft)</td> <td>400 m (1300 ft)</td> </tr> <tr> <td>Diana Reflectante (60 mm x 60 mm)</td> <td>55 m (175 ft)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Mínima distancia de medición a 360° prisma</td> <td>1.5 m</td> <td>5 m</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Precisión<sup>1</sup> / Tiempo de Medición</b></p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Precisión angular ATR Hz, V</td> <td>1" (0.3 mgon)</td> </tr> <tr> <td>Precisión Posicionamiento Base</td> <td>±1 mm</td> </tr> <tr> <td>Tiempo de Medición a GPR1</td> <td>3 - 4 s</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Velocidad Máxima (Modo Lock)</b></p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Tangencial (modo estándar)</td> <td>5 m / s a 20 m, 25 m / s a 100 m</td> </tr> <tr> <td>Radial (modo tracking)</td> <td>4 m / s</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Búsqueda</b></p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Tiempo de búsqueda en campo de visión</td> <td>Tip. 1.5 s</td> </tr> <tr> <td>Campo de Visión</td> <td>1° 30' (1.66 gon)</td> </tr> <tr> <td>Ventanas de búsqueda configurables</td> <td>Si</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Método</b></p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td></td> <td>Procesador Digital de Imagen</td> </tr> </tbody> </table>	Rango	Modo ATR	Modo Lock	Prisma Circular (GPR1)	1000 m (3300 ft)	800 m (2600 ft)	360° prisma (GRZ4, GRZ122)	800 m (2600 ft)	600 m (2000 ft)	360° mini prisma (GRZ101)	350 m (1150 ft)	300 m (1000 ft)	Mini prisma (GMP101)	500 m (1600 ft)	400 m (1300 ft)	Diana Reflectante (60 mm x 60 mm)	55 m (175 ft)	-	Mínima distancia de medición a 360° prisma	1.5 m	5 m	Precisión angular ATR Hz, V	1" (0.3 mgon)	Precisión Posicionamiento Base	±1 mm	Tiempo de Medición a GPR1	3 - 4 s	Tangencial (modo estándar)	5 m / s a 20 m, 25 m / s a 100 m	Radial (modo tracking)	4 m / s	Tiempo de búsqueda en campo de visión	Tip. 1.5 s	Campo de Visión	1° 30' (1.66 gon)	Ventanas de búsqueda configurables	Si		Procesador Digital de Imagen	
Rango	Modo ATR	Modo Lock																																								
Prisma Circular (GPR1)	1000 m (3300 ft)	800 m (2600 ft)																																								
360° prisma (GRZ4, GRZ122)	800 m (2600 ft)	600 m (2000 ft)																																								
360° mini prisma (GRZ101)	350 m (1150 ft)	300 m (1000 ft)																																								
Mini prisma (GMP101)	500 m (1600 ft)	400 m (1300 ft)																																								
Diana Reflectante (60 mm x 60 mm)	55 m (175 ft)	-																																								
Mínima distancia de medición a 360° prisma	1.5 m	5 m																																								
Precisión angular ATR Hz, V	1" (0.3 mgon)																																									
Precisión Posicionamiento Base	±1 mm																																									
Tiempo de Medición a GPR1	3 - 4 s																																									
Tangencial (modo estándar)	5 m / s a 20 m, 25 m / s a 100 m																																									
Radial (modo tracking)	4 m / s																																									
Tiempo de búsqueda en campo de visión	Tip. 1.5 s																																									
Campo de Visión	1° 30' (1.66 gon)																																									
Ventanas de búsqueda configurables	Si																																									
	Procesador Digital de Imagen																																									
	Power Search (PS)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rango</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Prisma Circular (GPR1)</td> <td>300 m (1000 ft)</td> </tr> <tr> <td>360° prisma<sup>a</sup> (GRZ4, GRZ122)</td> <td>300 m (1000 ft)</td> </tr> <tr> <td>Mini prisma (GMP101)</td> <td>100 m (330 ft)</td> </tr> <tr> <td>Mínima distancia</td> <td>1.5 m</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Búsqueda</b></p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Tiempo típico de búsqueda</td> <td>5 - 10 s</td> </tr> <tr> <td>Área de búsqueda por defecto</td> <td>Hz: 360° (400 gon), V: 36° (40 gon)</td> </tr> <tr> <td>Ventanas de Búsqueda configurables</td> <td>Si</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Método</b></p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td></td> <td>Procesador Digital de Imagen (laser rotatorio)</td> </tr> </tbody> </table>	Rango		Prisma Circular (GPR1)	300 m (1000 ft)	360° prisma <sup>a</sup> (GRZ4, GRZ122)	300 m (1000 ft)	Mini prisma (GMP101)	100 m (330 ft)	Mínima distancia	1.5 m	Tiempo típico de búsqueda	5 - 10 s	Área de búsqueda por defecto	Hz: 360° (400 gon), V: 36° (40 gon)	Ventanas de Búsqueda configurables	Si		Procesador Digital de Imagen (laser rotatorio)																						
Rango																																										
Prisma Circular (GPR1)	300 m (1000 ft)																																									
360° prisma <sup>a</sup> (GRZ4, GRZ122)	300 m (1000 ft)																																									
Mini prisma (GMP101)	100 m (330 ft)																																									
Mínima distancia	1.5 m																																									
Tiempo típico de búsqueda	5 - 10 s																																									
Área de búsqueda por defecto	Hz: 360° (400 gon), V: 36° (40 gon)																																									
Ventanas de Búsqueda configurables	Si																																									
	Procesador Digital de Imagen (laser rotatorio)																																									
Leica Viva Imaging																																										
	Cámara Gran Angular	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Sensor</td> <td>5 Mpixel sensor CMOS</td> </tr> <tr> <td>Focal</td> <td>21 mm</td> </tr> <tr> <td>Campo de visión</td> <td>15.5° x 11.7° (19.4° diagonal)</td> </tr> <tr> <td>Frames</td> <td>20 frames por segundo</td> </tr> <tr> <td>Enfoque</td> <td>2 m (6.5 feet) a infinito</td> </tr> <tr> <td>Almacenamiento de imagen</td> <td>JPEG hasta 5 Mpixel (2560 x 1920)</td> </tr> <tr> <td>Zoom</td> <td>3-modos (1x, 2x, 4x)</td> </tr> <tr> <td>Balance de blancos</td> <td>Configurable</td> </tr> <tr> <td>Brillo</td> <td>Configurable</td> </tr> </tbody> </table>	Sensor	5 Mpixel sensor CMOS	Focal	21 mm	Campo de visión	15.5° x 11.7° (19.4° diagonal)	Frames	20 frames por segundo	Enfoque	2 m (6.5 feet) a infinito	Almacenamiento de imagen	JPEG hasta 5 Mpixel (2560 x 1920)	Zoom	3-modos (1x, 2x, 4x)	Balance de blancos	Configurable	Brillo	Configurable																						
Sensor	5 Mpixel sensor CMOS																																									
Focal	21 mm																																									
Campo de visión	15.5° x 11.7° (19.4° diagonal)																																									
Frames	20 frames por segundo																																									
Enfoque	2 m (6.5 feet) a infinito																																									
Almacenamiento de imagen	JPEG hasta 5 Mpixel (2560 x 1920)																																									
Zoom	3-modos (1x, 2x, 4x)																																									
Balance de blancos	Configurable																																									
Brillo	Configurable																																									
Leica Viva SmartStation																																										
	Uso con GS12 / GS15	<table border="1"> <tbody> <tr> <td><b>Precisión de posicionamiento<sup>a,10</sup></b></td> <td>Horizontal: 10 mm + 1 ppm, Vertical: 20 mm + 1 ppm</td> </tr> <tr> <td><b>Inicialización RTK</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fiabilidad / Tiempo de inicialización</td> <td>&gt;99.99% / Típicamente 8 s, con 5 o más satélites en L1 y L2</td> </tr> <tr> <td>Rango</td> <td>Hasta 50 km, asumiendo que existe cobertura de datos</td> </tr> <tr> <td>Formatos de recepción de datos RTK</td> <td>Formatos propietario Leica (Leica, Leica 4G), GPS y tiempo real GNSS formatos, CMR, CMR+, RTCM v2.1 / 2.2 / 2.3 / 3x</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Antena GNSS</b></p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Número de Canales</td> <td>GS15: 120 GS12: 120</td> </tr> <tr> <td>Dimensiones (diámetro x altura)</td> <td>GS15: 196 mm x 198 mm GS12: 186 mm x 89 mm</td> </tr> <tr> <td>Peso</td> <td>GS15: 1.34 kg GS12: 1.05 kg</td> </tr> </tbody> </table>	<b>Precisión de posicionamiento<sup>a,10</sup></b>	Horizontal: 10 mm + 1 ppm, Vertical: 20 mm + 1 ppm	<b>Inicialización RTK</b>		Fiabilidad / Tiempo de inicialización	>99.99% / Típicamente 8 s, con 5 o más satélites en L1 y L2	Rango	Hasta 50 km, asumiendo que existe cobertura de datos	Formatos de recepción de datos RTK	Formatos propietario Leica (Leica, Leica 4G), GPS y tiempo real GNSS formatos, CMR, CMR+, RTCM v2.1 / 2.2 / 2.3 / 3x	Número de Canales	GS15: 120 GS12: 120	Dimensiones (diámetro x altura)	GS15: 196 mm x 198 mm GS12: 186 mm x 89 mm	Peso	GS15: 1.34 kg GS12: 1.05 kg																								
<b>Precisión de posicionamiento<sup>a,10</sup></b>	Horizontal: 10 mm + 1 ppm, Vertical: 20 mm + 1 ppm																																									
<b>Inicialización RTK</b>																																										
Fiabilidad / Tiempo de inicialización	>99.99% / Típicamente 8 s, con 5 o más satélites en L1 y L2																																									
Rango	Hasta 50 km, asumiendo que existe cobertura de datos																																									
Formatos de recepción de datos RTK	Formatos propietario Leica (Leica, Leica 4G), GPS y tiempo real GNSS formatos, CMR, CMR+, RTCM v2.1 / 2.2 / 2.3 / 3x																																									
Número de Canales	GS15: 120 GS12: 120																																									
Dimensiones (diámetro x altura)	GS15: 196 mm x 198 mm GS12: 186 mm x 89 mm																																									
Peso	GS15: 1.34 kg GS12: 1.05 kg																																									
<p><sup>1</sup> Desviación estándar ISO 17123-3</p> <p><sup>2</sup> Nublado, sin niebla, visibilidad 40 km, sin calima</p> <p><sup>3</sup> Desviación estándar ISO 17123-4</p> <p><sup>4</sup> A Prisma Circular GPR1</p> <p><sup>5</sup> Modo Rápido</p> <p><sup>6</sup> Objeto en sombra, cielo cubierto, Kodak Grey Card (90% reflectancia)</p> <p><sup>7</sup> Distancia &gt; 500 m de 4 mm + 2 ppm</p> <p><sup>8</sup> Objetivo perfectamente alineado con el instrumento</p> <p><sup>9</sup> En la medición, la precisión y fiabilidad dependen de factores como el número de satélites, geometría, obstrucciones, tiempo de observación, precisión de efemérides, condiciones ionosféricas, multipath, etc. Las condiciones presupuestas asumen condiciones de normales a favorables. Los tiempos no pueden ser presupuestos de forma exacta y están afectados de los factores anteriormente citados. Las precisiones, dadas como errores medios cuadráticos, se basan en mediciones en tiempo real.</p> <p><sup>10</sup> Cuando se utiliza dentro de redes de estaciones de referencia, la exactitud de la posición, está de acuerdo con las especificaciones de precisión proporcionadas por la red.</p>																																										



## II.5. ERRORES A PRIORI DE LAS ESTACIONES TOTALES

El estudio de los errores previsibles a partir de las características técnicas de la estación total Trimble S6 y Leica TS15, expuestas anteriormente. De ellas se emplean las siguientes:

	Trimble S6	Leica TS15
Aumentos	30x	30x
Sensibilidad nivel esférico	0",3 (0,1 mgon)	0",1 (0,1 mgon)
Precisión angular (a")	0	0
Precisión en la medida estándar de la distancia	±(1mm+2ppm)	±(1mm+1,5ppm)

### **ERROR ANGULAR:**

#### Error de verticalidad:

Se produce cuando al estacionar un instrumento no queda vertical el eje principal. En trabajos de planimetría es poco importante pero en altimetría se transmite íntegramente a las visuales, de ahí que sea tan importante nivelar el aparato. Las expresiones que permiten calcular dichos errores son las siguientes:

Para observaciones acimutales:  $e_{vA} = \frac{1}{12} \times s''$

Para observaciones cenitales:  $e_{vC} = \frac{1}{3} \times s''$

siendo  $s''$  la sensibilidad del nivel electrónico en segundos sexagesimales, el error sería:

Trimble S6:  $S'' = 0,3''$        $e_{vA} = 0,025''$        $e_{vC} = 0,1''$

Leica TS15:  $S'' = 0,1''$        $e_{vA} = 0,0083''$        $e_{vC} = 0,0333''$

pero como ambas estaciones tienen compensador en los dos ejes, el error de verticalidad es cero.

#### Error de dirección:

Tiene una gran influencia sobre el error angular y por lo tanto es necesario saberlo para lograr altas precisiones. En las observaciones realizadas en el proyecto, en todos los casos, el estacionamiento se ha realizado, o bien de forma libre o con sistemas de estacionamiento forzado sobre vértice; por tanto el error de estacionamiento sería cero. En cuanto al error de señal, se han realizado punterías sobre prismas (utilizando la función Autolock, que de forma automática se colima en el centro del prisma de forma precisa), o sobre dianas de alta precisión, por lo que se podría considerar prácticamente nulo este error. Hemos supuesto que en ambos casos un error máximo de señal de 1 mm. No obstante este error de dirección, solo afecta a lecturas acimutales y se obtiene con la fórmula:

$$e_d = \frac{e_e + e_s}{D} \times 206265''$$

$$\text{Trimble S6: } e_e + e_s = 0,005 \text{ m} \quad D = 50 \text{ m} \quad e_d = 20,6265''$$

$$\text{Leica TS15: } e_e + e_s = 0,005 \text{ m} \quad D = 50 \text{ m} \quad e_d = 20,6265''$$

Añadir que este error es inversamente proporcional a las distancias, y como en este tipo de aplicaciones para auscultación y trabajos industriales, se trabaja con distancias cercanas, el valor que se obtiene puede llegar a ser considerable, por lo que hay que minimizar al máximo los errores de señal y puntería, pudiendo llegar a ser nulos al considerar nulo el error de puntería.

#### Error de puntería:

Se produce este error al no enrasar correctamente los hilos del retículo en un punto determinado. Esto se produce porque siempre habrá un espacio imperceptible para nuestra vista.

$$\text{Para observaciones acimutales: } e_{pA} = \frac{10}{A} \times \left( 1 + \frac{4 \times A}{100} \right)$$

$$\text{Para observaciones cenitales: } e_{pC} = \frac{20}{A} \times \left( 1 + \frac{4 \times A}{100} \right)$$

Las estaciones totales mencionadas reducen automáticamente los errores de puntería con el promedio automático de mediciones.

$$\text{Trimble S6: } A = 30x \quad e_{pA} = 0,7333'' \quad e_{pC} = 1,4667''$$

$$\text{Leica TS15: } A = 30x \quad e_{pA} = 0,7333'' \quad e_{pC} = 1,4667''$$

Ambas estaciones reducen el error de puntería con promedio automático de mediciones, las estaciones se pueden configurar para cada medición pudiéndole decir cuántas mediciones ha de hacer para luego sacar en pantalla la media de todas ellas.

#### Error de lectura:

A pesar de que la lectura del ángulo sea precisa, siempre queda una fracción final a la estima que ocasiona el error de lectura. En instrumentos analógicos o mecánicos el error se calcula como dos tercios de la apreciación:

$$\text{Para observaciones acimutales: } e_{IA} = \frac{2}{3} \times a_H$$

$$\text{Para observaciones cenitales: } e_{IC} = \frac{2}{3} \times a_V$$



---

siendo “a” la mínima apreciación de los círculos graduados; el error sería:

$$\text{Trimble S6: } a_H'' = a_V'' = 2'' \quad e_{IA} = e_{IC} = 1,3334''$$

$$\text{Leica TS15: } a_H'' = a_V'' = 1'' \quad e_{IA} = e_{IC} = 0,6667''$$

pero como en ambas estaciones la lectura se realiza de forma digital, el error de lectura es cero. Además los datos observados se han guardado en la memoria interna de cada una de las estaciones totales, por lo que no se han realizado lecturas angulares

#### Error total en la medida de ángulos:

$$\text{Para observaciones acimutales: } e_A = \sqrt{e_{vA}^2 + e_d^2 + e_{pA}^2 + e_{IA}^2}$$

$$\text{Para observaciones cenitales: } e_v = \sqrt{e_{vC}^2 + e_{pC}^2 + e_{IC}^2}$$

$$\text{Trimble S6: } e_A = 20,6826'' \quad e_v = 1,9847''$$

$$\text{Leica TS15: } e_A = 20,6503'' \quad e_v = 1,6115''$$

Las dos estaciones totales tienen características técnicas, desde el punto de vista del estudio de errores a priori, muy parecidas, por lo que los errores máximos previsibles obtenidos con ellas son prácticamente iguales. Las diferencias las marcan otras características de construcción como la velocidad de medición, su peso, la duración de las baterías, el formato de guardar datos, etc.

El error cenital total es el único que no se ve afectado por la distancia de las mediciones, ya que en él no interviene el  $e_d$ , por lo tanto no varía sea la distancia que sea. El error de dirección es el mayor error de todos y minimizarlo supone un gran paso para lograr mejores resultados, para reducirlo podemos hacer estacionamientos libres y hallar las coordenadas de estación mediante una intersección inversa. También mediante un centrado forzoso o en puntos de estacionamiento (poligonales, radiación) tomando referencias muy lejanas.

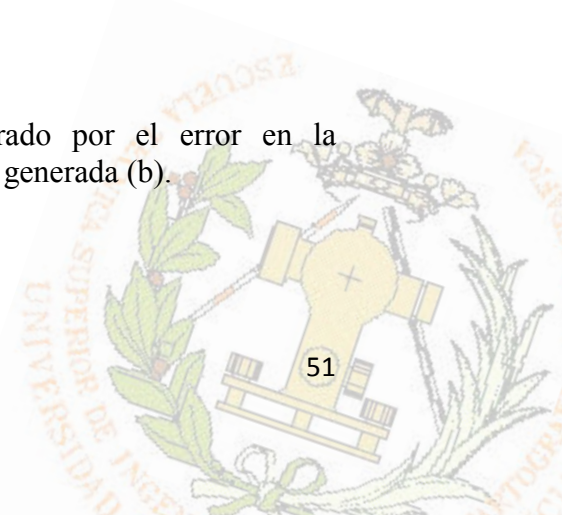
#### **ERROR EN LAS DISTANCIAS:**

$$\text{El error en la distancia en una visual es: } e_l'' = \sqrt{(e_l^2 + e_l'^2)}$$

siendo  $e_l = 2,5 * \sigma$

$$\sigma = \sqrt{(a^2 + (D_{Km} * b)^2)}$$

$\sigma$  es el error máximo en la medida de distancia generado por el error en la determinación del desfase (a) y el error en la longitud de onda generada (b).



Tomando estos datos de las características del instrumento en modo prisma, con el método de medición estándar considerando la desviación estándar según la norma ISO17123-4 y considerando como distancia 50m, se obtiene:

$$\text{Trimble S6: } a+b = 1\text{mm} + 2\text{ppm} \quad \sigma = 1,0050 \text{ mm} \quad e_1 = 2,5125 \text{ mm}$$

$$\text{Leica TS15: } a+b = 1\text{mm} + 1,5\text{ppm} \quad \sigma = 1,0028 \text{ mm} \quad e_1 = 2,5070 \text{ mm}$$

En el caso de Trimble la medición estándar a prisma es de 2mm+2ppm, mientras que Leica da todas las a+b referidas al prisma circular GPR1, la medición rápida de Leica es de 3mm+1,5ppm al igual que en modo continuo, en este caso Trimble ofrece 4mm+2ppm.

$e_1'$  es el error de estacionamiento más el de señal:  $e_1' = e_e + e_s$ , sabiendo que para ambas estaciones el estacionamiento es libre,  $e_1' = 5 \text{ mm}$ .

Así pues el error en la distancia para una visual es:

$$\text{Trimble S6: } e_1'' = 5,5958 \text{ mm}$$

$$\text{Leica TS15: } e_1'' = 5,5933 \text{ mm}$$

En el caso de que cada visual se mida “n” veces, el error de una visual se verá reducido en  $\sqrt{n}$ . En este caso tendremos CD y CI, por lo tanto  $n=2$ . Así tendremos:

$$\text{Trimble S6: } e_1''/\sqrt{2} = 3,9568 \text{ mm}$$

$$\text{Leica TS15: } e_1''/\sqrt{2} = 3,9551 \text{ mm}$$

En el supuesto que se vaya a realizar un itinerario en el que se mida “v” veces un eje y tenga un total de “n” ejes para medir, el error lineal total se obtendrá con la siguiente formulación:  $E_t = (e_1''/\sqrt{v}) * \sqrt{vn}$  donde “n” es el número de ejes.

En nuestra auscultación disponemos de 15 prismas, por lo tanto de  $n=15$ :

$$\text{Trimble S6: } (e_1''/\sqrt{2}) * \sqrt{15} = 15,3247 \text{ mm}$$

$$\text{Leica TS15: } (e_1''/\sqrt{2}) * \sqrt{15} = 15,3179 \text{ mm}$$



---

## **II.6. TRANSFERENCIA DE DATOS**

La descarga de datos es diferente para cada estación, Trimble S6 y Leica TS15. Lo común en ambas es la toma de datos; los datos de los trabajos, son guardados en la memoria interna del instrumento. Esto supone una gran ventaja, ya que, se elimina el tener que tomar a mano en estadillos, aumentando con ello la productividad y eliminándose los errores y equivocaciones de escribir en el estadillo.

A continuación, se describe como se puede realizar su descarga:

### **TRIMBLE S6**

En la estación total de Trimble, para descargar los datos al ordenador, previamente se ha de tener instalado en el PC con el que se esté trabajando el TRIMBLE DATA TRANSFER del CD Trimble Survey Controller que se administra con la compra de la estación. Además de instalarse el programa se necesita los siguientes hardwares:

- Un cable que conecta la libreta a una fuente de alimentación
- Un cable que conecta la libreta al PC (Cable Hirose a USB)
- La libreta de la Trimble S6 (TCU)
- Soporte para poner la libreta, y los otros dos cables (Cuna de comunicaciones)



**Imagen 24 - Cuna de datos**

Como se observa en las imágenes 25 y 26, se conecta los aparatos descritos anteriormente al ordenador (img. 24) para pasar los datos observados. Después de que el ordenador reconozca el aparato y de ejecutar el Microsoft ActiveSync, hay que ir deslizándose por los diferentes menús de la TCU (img. 26) que hay en el software de Trimble, para pasar los datos.





Imagen 25 - Conectado al ordenador el TCU



Imagen 26 - Menú principal TCU

Para exportar los datos; *Archivos / Abrir trabajo* (del que se quiere exportar los datos), seguidamente se vuelve a seleccionar *Archivos / Importar/Exportar* y ahora se elige la opción de *Exportar archivos con formato personalizado* (En esta opción se da la elección de poder seleccionar plantillas predefinidas por Trimble o por el usuario).

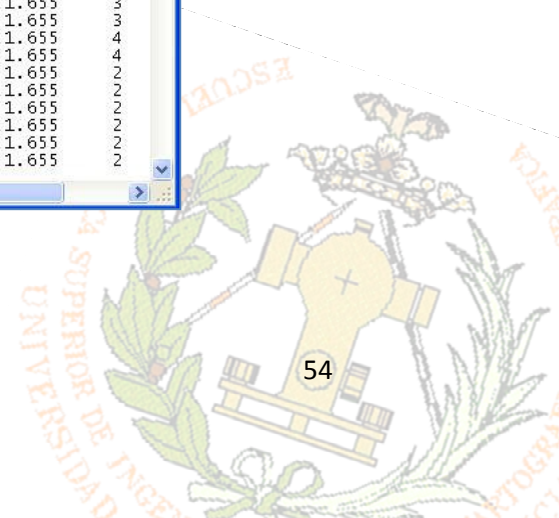
Una vez exportado, habiendo terminado el proceso de paso de datos. Se va a la carpeta del PC donde se encuentra lo exportado y se copian los datos. Las plantillas utilizadas en estos casos, son las predefinidas por Trimble:

- TopCal-Observations, archivo .asc (Los datos se muestran como en un estadillo normal)

The screenshot shows a window titled "TopCal Observation - TRABAJO.asc - Bloc de notas". The window contains a table of data with columns for station names, coordinates, and other measurements. The data is organized into groups of rows for each station, with some rows starting with "ESTACION" and others with "Backsight".

Station	Backsight	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ESTACION	Backsight	0369.5383	106.6937													
ESTACION	Backsight	0369.5383	106.6937													
ESTACION	1	365.3649	94.9228	44.969	1.500											
ESTACION	1	165.3649	305.0751	44.970	1.500											
ESTACION	2	378.4132	93.5218	39.614	1.500											
ESTACION	2	178.4131	306.4763	39.614	1.500											
ESTACION	3	398.5347	88.4073	43.577	1.500											
ESTACION	3	198.5337	311.5891	43.577	1.500											
ESTACION	4	399.7022	89.9809	42.327	1.500											
ESTACION	4	199.7020	310.0170	42.327	1.500											
ESTACION	5	20.2631	94.3768	36.185	1.500											
ESTACION	5	220.2626	305.6194	36.184	1.500											
ESTACION	6	369.3860	102.7646	37.886	1.500											
ESTACION	6	169.3867	297.2304	37.886	1.500											
ESTACION	7	377.0954	102.9601	35.397	1.500											
ESTACION	7	177.0957	297.0361	35.396	1.500											
ESTACION	8	389.5870	103.3531	33.087	1.500											
ESTACION	8	189.5869	296.6405	33.087	1.500											
ESTACION	9	395.9572	101.4656	32.356	1.500											
ESTACION	9	195.9570	298.5313	32.356	1.500											
ESTACION	10	13.3376	103.4661	32.343	1.500											
ESTACION	10	213.3373	296.5311	32.343	1.500											
ESTACION	11	15.5881	103.4604	32.490	1.500											
ESTACION	11	215.5882	296.5370	32.490	1.500											
ESTACION	12	369.6126	106.3517	17.578	1.500											
ESTACION	12	169.6134	293.6393	17.578	1.500											
ESTACION	13	385.7464	106.9375	15.604	1.500											
ESTACION	13	185.7467	293.0454	15.604	1.500											
ESTACION	14	4.4318	107.5431	14.946	1.500											
ESTACION	14	204.4344	292.4474	14.945	1.500											
ESTACION	15	205.7517	85.8411	4.130	1.500											
ESTACION	15	5.7502	314.1232	4.131	1.500											
ESTACION	1	365.3612	94.9231	44.969	1.500											
ESTACION	1	165.3611	305.0758	44.970	1.500											
ESTACION	2	378.4122	93.5221	39.613	1.500											
ESTACION	2	178.4119	306.4763	39.612	1.500											
ESTACION	3	398.5339	88.4071	43.576	1.500											
ESTACION	3	198.5327	311.5896	43.577	1.500											

Imagen 27 – Archivo TopCal-Observations



- DXF File, archivo .dxf (Para volcarlo a Autocad)

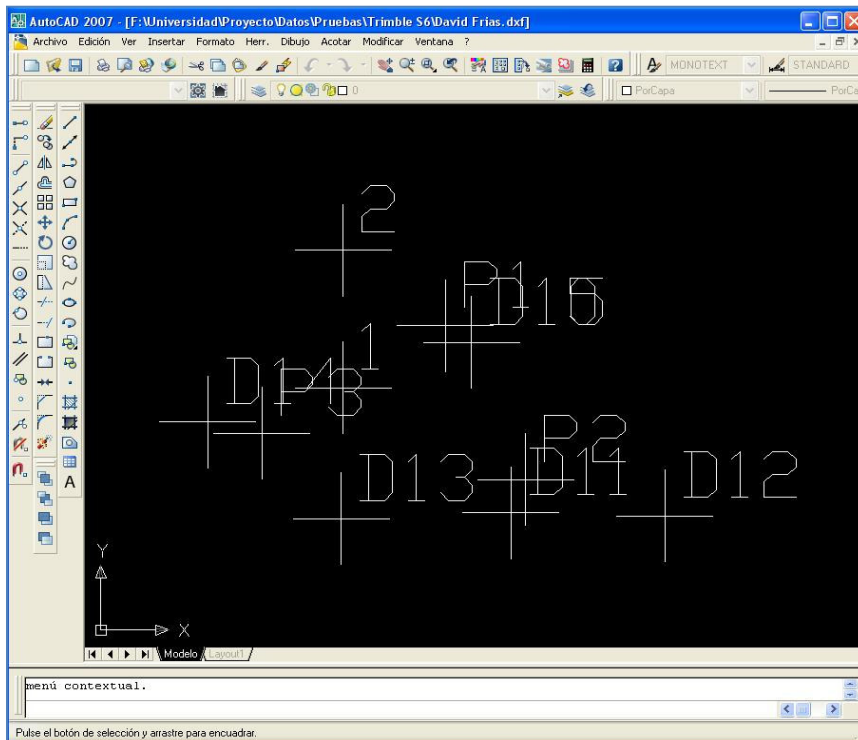


Imagen 28 - Archivo DXF

- Survey Report, documento HTML (Informe topográfico completo)

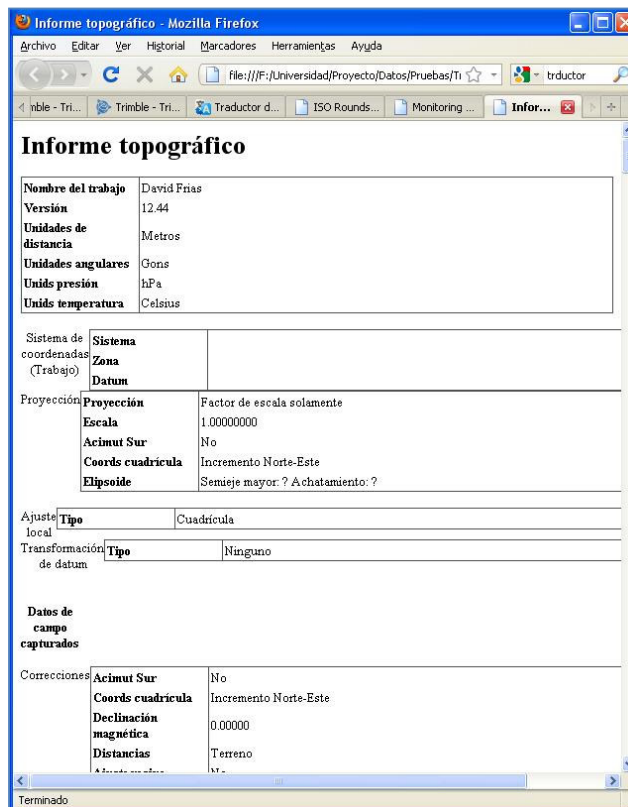
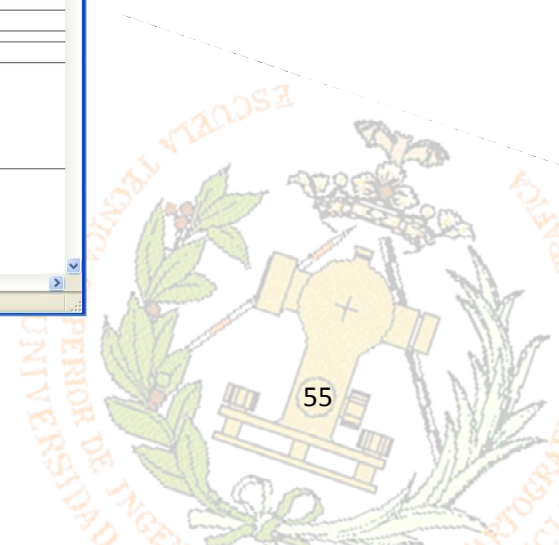


Imagen 29 - Archivo Survey Report



- ISO Rounds Report, documento HTML (Informe de las observaciones y los residuos de las observaciones de los ciclos en un formato de informe estándar ISO)

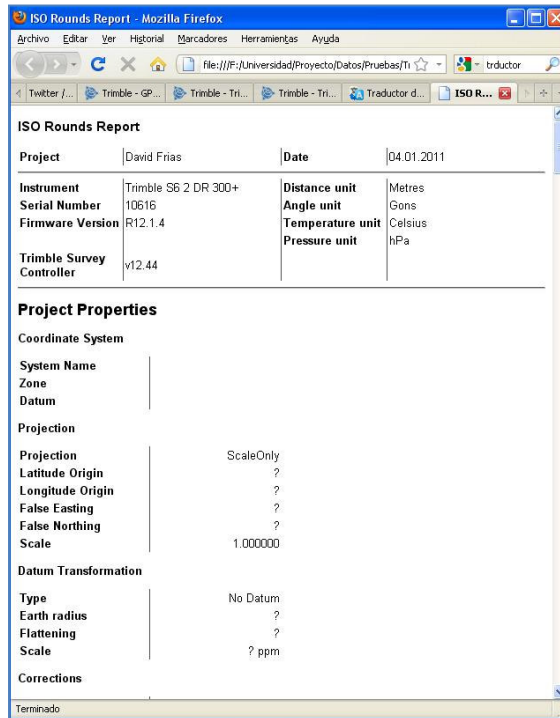


Imagen 30 - Archivo ISO Rounds Report

- Monitoring Report, documento HTML (Expone los resultados de un monitoreo realizado, de observaciones, en una serie de ciclos de observaciones. En este documento se observan las diferencias de los deltas entre las observaciones)

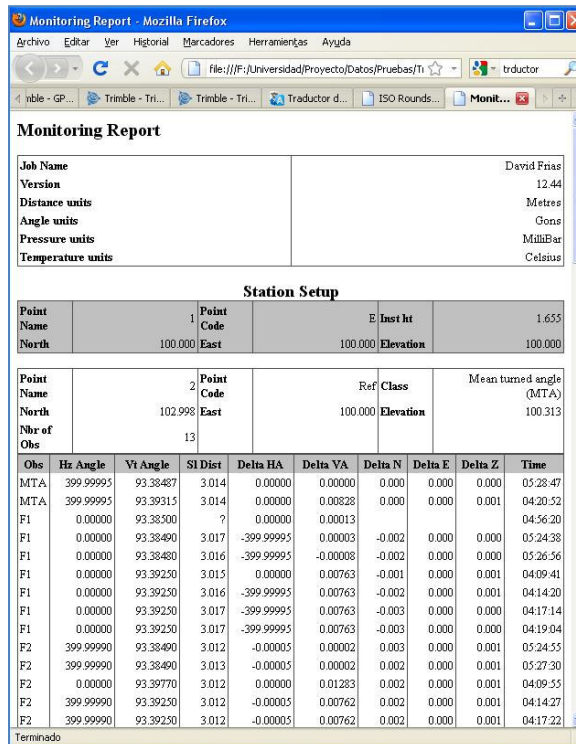
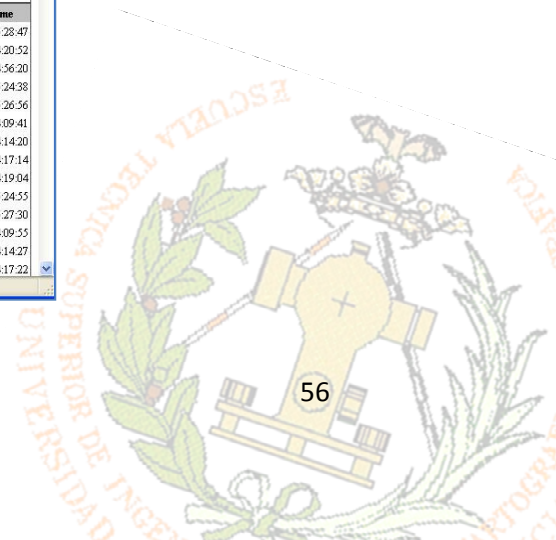


Imagen 31 - Archivo Monitoring Report





## LEICA TS15

Respecto a la Leica, la forma de exportar los datos, es totalmente diferente que la realizada en la estación Trimble. En este instrumento, el utensilio indispensable es un Pendrive (img.32), para poder llevarse el trabajo al PC. El Pendrive utilizado es de la marca Leica, ya que aseguran que no habrá pérdida de datos al intentar pasarlos de la estación al disco duro extraíble, y viceversa, además, estar trabajando con la estación y que se vayan guardando los datos en la unidad extraíble sin ninguna pérdida de información.



**Imágen 32 - Pen Leica**



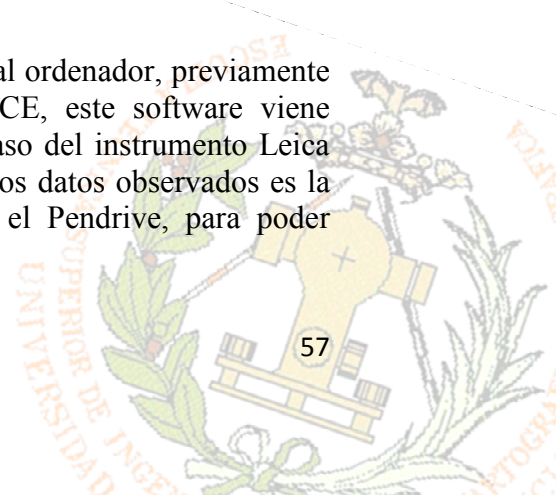
**Imagen 33 - Pen colocado en la estación total**



**Imagen 34 - Detalle de la colocación del USB**

El Pendrive se conecta en la parte derecha de la estación, en el lado contrario de la batería, previamente se habrá levantado la tapa pertinente. En la imagen 33, se puede ver su colocación de forma general en la estación total y en la otra imagen 34, se observa en detalle, su colocación.

En la estación total de Leica, para descargar los datos al ordenador, previamente se ha de tener instalado en el PC el LEICA GEO OFFICE, este software viene suministrado en la compra de la estación en un CD. En el caso del instrumento Leica TS15 la mínima versión que admite para poder trabajar con los datos observados es la versión 6.0, además de instalarse el programa se necesita el Pendrive, para poder pasarse los datos al ordenador.



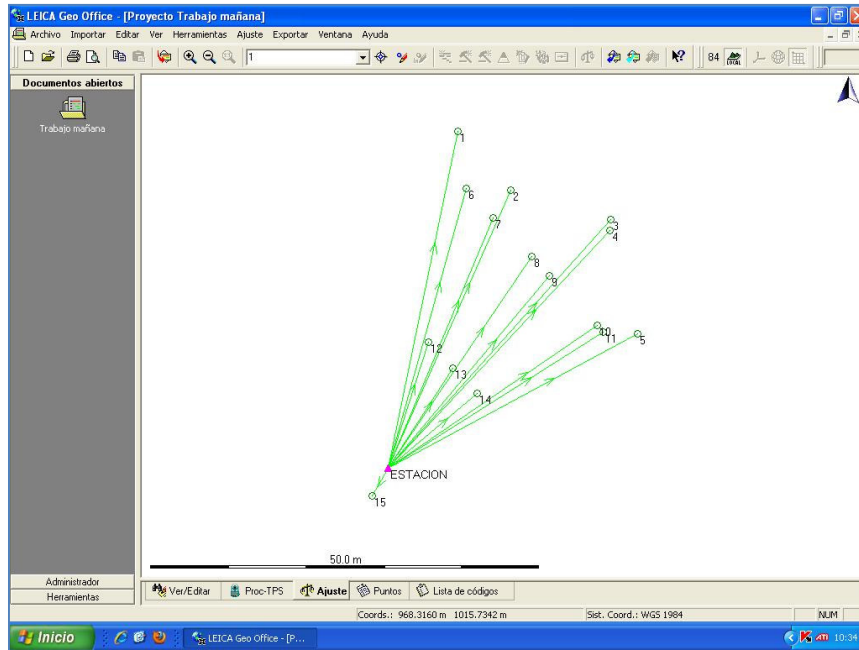


Imagen 35 - Leica Geo Office

Para exportar los datos, la estación total tiene que estar encendida y situarse en la pantalla principal de Windows Mobile, observando el escritorio, se debe seleccionar el icono *Explorador de Windows* y navegar por las carpetas hasta encontrar el trabajo que se quiere copiar. Se copia y se pega en la unidad extraíble. Seguidamente, se extrae la unidad extraíble y se inserta en el PC y se copia el trabajo en el disco duro y así existe menos problemas de colgarse el ordenador y además al trabajar con la unidad C el ordenador trabajará más rápido, que en una unidad extraíble.

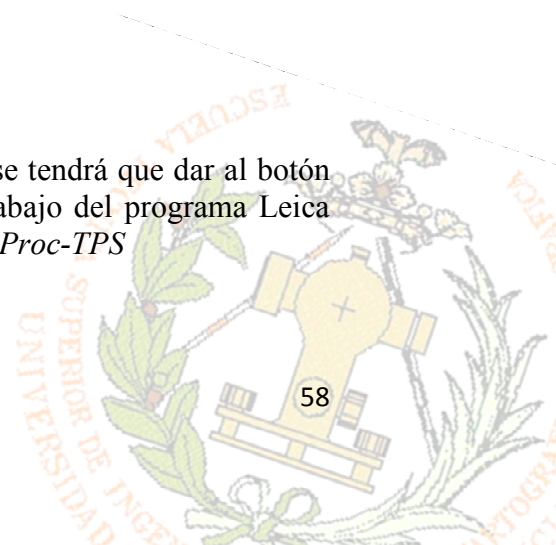
Ahora se abre el software de Leica y se selecciona *Archivo / Trabajo nuevo*, en este trabajo creado, se le dirá donde está la información copiada anteriormente para poder trabajar con la información. Una vez listo todo esto, hay varias opciones de exportar los datos, pero antes se debe seleccionar la opción *Exportar*, las opciones son:

- Plantillas predefinidas por Leica
- Plantillas particulares (Delegado Comercial de Leica)
- Plantillas usuario

En este caso se han utilizados las dos primeras opciones, ya que la última opción era muy complicada y no se consiguió poder realizarse ninguna plantilla decentemente y sin dar problemas.

#### Plantillas predefinidas por Leica:

Para seleccionar las plantillas predefinidas por Leica, se tendrá que dar al botón derecho del ratón sobre las pestañas situadas en la parte de abajo del programa Leica Geo Office. Una vez pulsado el botón, se selecciona la opción *Proc-TPS*



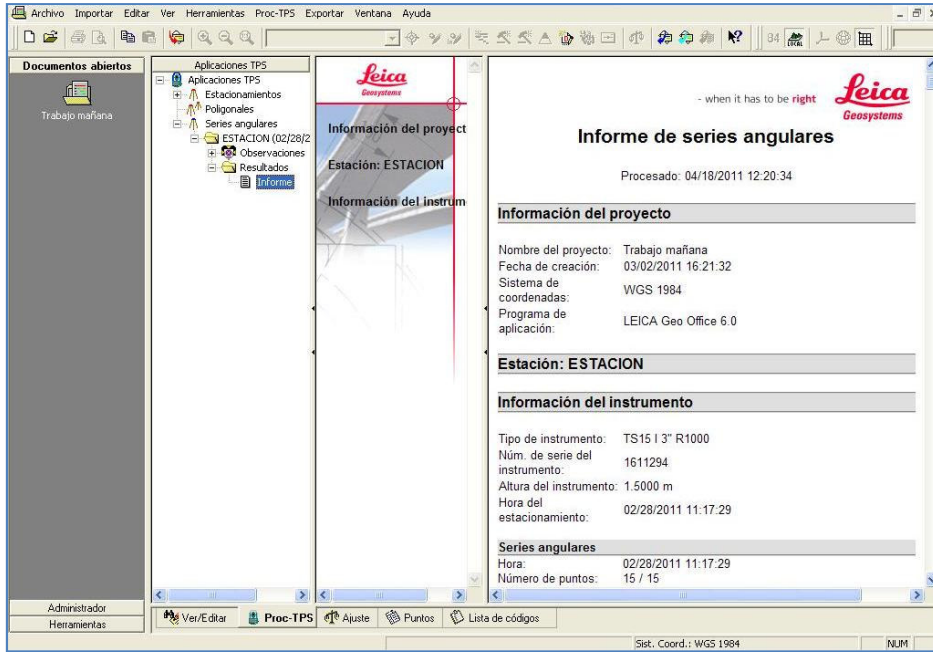


Imagen 36 - Despliegue de submenús para encontrar el informe

Ahora se selecciona la opción que se ha abierto, la pestaña *Proc-TPS* y se van desplegando los diferentes submenús en el cuadro *Aplicaciones TPS* hasta seleccionar el informe donde se ven los resultados. El documento que se exporta es:

-Informe de series angulares, documento .pdf (Nos informa de las diferencias de Hz, V y Dist, los ángulos están en sexagesimales)

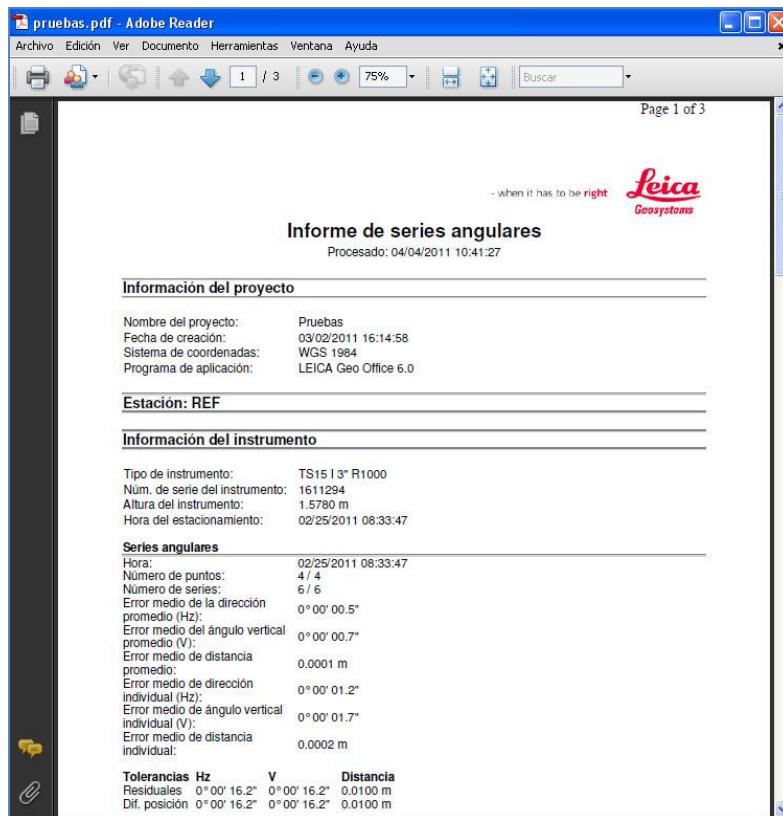
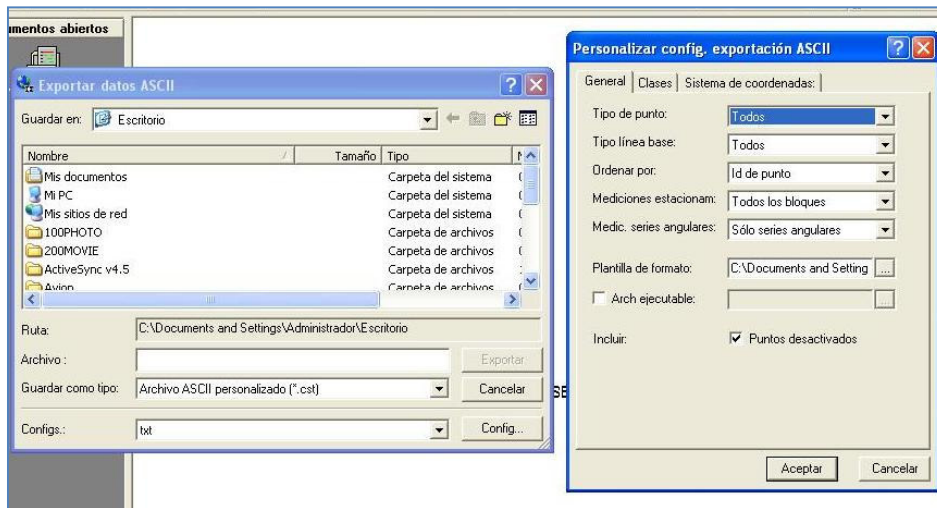


Imagen 37 - Informe de series angulares

### Plantillas particulares:

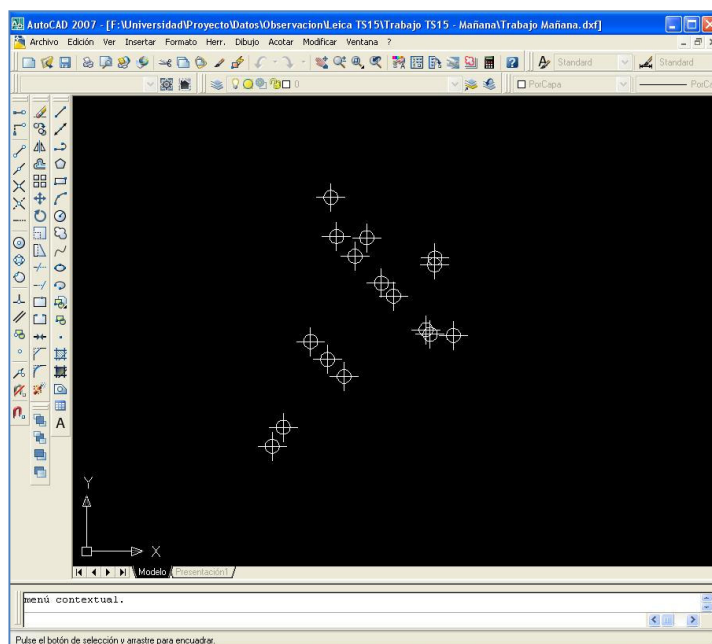
Para exportar los datos mediante las plantillas que fueron subministradas por el Delegado Comercial de Leica, se selecciona la opción *Exportar*, luego *Datos ASCII*, aparece una ventana. En *guardar como tipo* se pone la opción “*Archivo ASCII personalizado (\*.cst)*”, lo siguiente que se debe realizar es dar a los 3 puntitos (...) en la opción *Config*, del apartado plantilla formato. Ahora se selecciona la plantilla con el formato que saldrán los datos.



**Imagen 38 - Cómo exportar datos ASCII**

Se selecciona la siguiente pestaña, para terminar se ha de cambiar dos cosas más, en la opción de *Clases*, se ha de poner *Principal* y en el apartado de *Sistema de Coordenadas* se tiene que cambiar por *Ninguno*. A continuación se acepta y se pone nombre al archivo exportado. Plantillas seleccionadas para exportar los datos:

-DXF, archivo .dxf (Para volcarlo a Autocad)



**Imagen 39 - Archivo DXF**

-Libreta de campo, archivo .txt (Los datos se muestran como en un estadillo normal)

Point ID	Hz. Angle(g)	v. Angle(g)	Slope	Dist. (m)	Refl. Ht. (m)	Inst. Ht. (m)
1	71.0875,	82.8466,		4.689,	0.000,	1.578
1	271.0880,	317.1530,		4.687,	0.000,	1.578
1	271.0871,	317.1519,		4.686,	0.000,	1.578
1	271.0880,	317.1538,		4.686,	0.000,	1.578
1	71.0889,	82.8468,		4.691,	0.000,	1.578
1	71.0884,	82.8467,		4.691,	0.000,	1.578
1	71.0882,	82.8478,		4.691,	0.000,	1.578
1	271.0883,	317.1533,		4.687,	0.000,	1.578
1	71.0870,	82.8468,		4.690,	0.000,	1.578
1	271.0881,	317.1527,		4.687,	0.000,	1.578
1	71.0874,	82.8480,		4.690,	0.000,	1.578
1	271.0878,	317.1543,		4.686,	0.000,	1.578
2	332.5429,	281.6247,		2.844,	0.000,	1.578
2	132.5425,	118.3765,		2.844,	0.000,	1.578
2	132.5424,	118.3760,		2.844,	0.000,	1.578
2	332.5423,	281.6231,		2.844,	0.000,	1.578
2	332.5430,	281.6242,		2.844,	0.000,	1.578
2	132.5428,	118.3764,		2.844,	0.000,	1.578
2	332.5425,	281.6236,		2.844,	0.000,	1.578
2	132.5431,	118.3761,		2.844,	0.000,	1.578
2	332.5423,	281.6246,		2.844,	0.000,	1.578
2	332.5427,	281.6250,		2.844,	0.000,	1.578
2	132.5425,	118.3753,		2.844,	0.000,	1.578
2	132.5424,	118.3748,		2.844,	0.000,	1.578
3	198.9826,	93.8265,		5.655,	0.000,	1.578
3	398.9827,	306.1728,		5.654,	0.000,	1.578
3	398.9825,	306.1736,		5.653,	0.000,	1.578
3	398.9832,	306.1738,		5.653,	0.000,	1.578
3	198.9836,	93.8256,		5.655,	0.000,	1.578
3	198.9828,	93.8263,		5.655,	0.000,	1.578
3	398.9834,	306.1726,		5.653,	0.000,	1.578
3	198.9836,	93.8261,		5.655,	0.000,	1.578
3	198.9826,	93.8271,		5.655,	0.000,	1.578
3	398.9830,	306.1722,		5.653,	0.000,	1.578
3	198.9823,	93.8285,		5.655,	0.000,	1.578
3	398.9825,	306.1737,		5.653,	0.000,	1.578
4	257.9854,	83.8930,		4.968,	0.000,	1.578

Imagen 40 - Archivo libreta de campo

- Coordenadas, archivo .txt (Los datos que se muestran son coordenadas de los puntos observados)

1	,	1004.060,	1001.982,	1002.826
2	,	1002.378,	998.666,	1000.769
3	,	1000.090,	994.374,	1002.125
4	,	996.200,	997.051,	1002.822
REF	,	1000.000,	1000.000,	1000.000

Imagen 41 - Archivo coordenadas



### III. PREPARACIÓN Y CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS

#### III.1. APRENDIZAJE Y MANEJO DE LOS EQUIPOS EN EL SEMINARIO DE INSTRUMENTOS (DICGF)

Se ha utilizado el Seminario de Instrumentos como espacio para la familiarización del manejo físico (movimientos) y el manejo interno de los menús del software propio de cada estación total topográfica utilizada; así como para la descarga de observaciones topográficas de cada una de las estaciones totales a un ordenador, utilizando los software específicos de volcado de datos propio de cada instrumento.

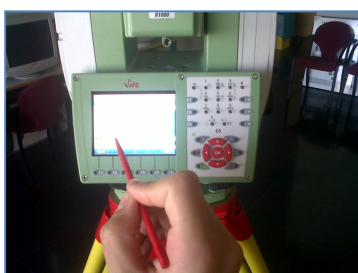


Imagen 42 - Pantalla táctil TS15

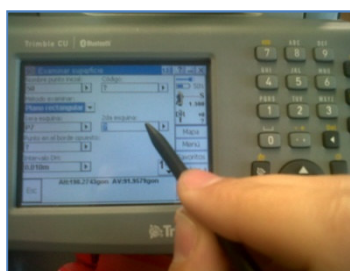


Imagen 43 - Submenú de estacionamiento

En las pruebas se han utilizado tanto prismas como dianas de alta precisión distribuidas como muestra la figura 18. Las dianas como se puede observar en la figura 18, están colocadas en sitios fijos alrededor de todo el seminario, para poder llevar a cabo una serie de comprobaciones de los instrumentos.

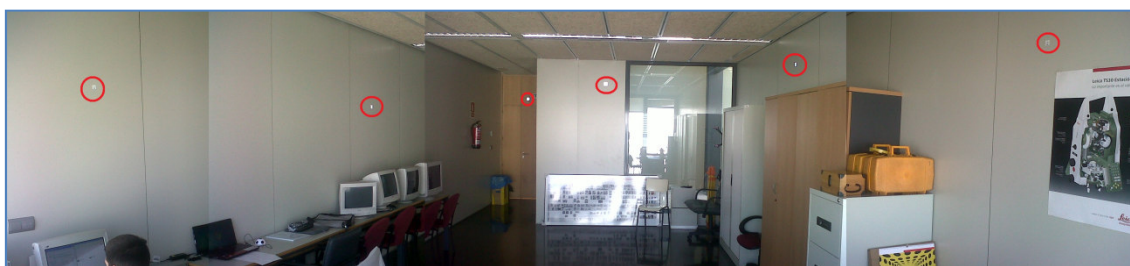


Figura 18 - Distribución de las dianas

Añadir aquí, que en las pruebas realizadas en el seminario de instrumentos, se ha colocado el trípode sobre una estrella, para fijar mejor las estaciones totales, por tratarse de un pavimento deslizante (img. 46), dianas (img. 44) y prismas (img. 45).

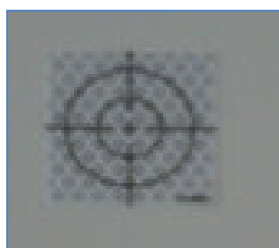


Imagen 44 - Detalle de Diana



Imagen 45 - Prisma Sokkia





**Imagen 46 - Trípode con la estrella**

## PRUEBAS REALIZADAS

### TRIMBLE S6



**Imágen 47 - Trimble S6 en el seminario**

Las pruebas realizadas en el seminario de Las pruebas realizadas en el seminario de instrumentación, con la estación Trimble, fue la realización de mediciones mediante ciclos, en primer lugar, a dianas y luego a prismas. La distribución de las dianas, se muestra en la figura 18. Se adjuntan los informes realizados en las pruebas así como un mapa de las observaciones.

### **TopCal-Observations**

EST.	Pto	LH	LV	DR	h	i	Código
1	2	0,0000	93,3850			1,655	Ref
1	D10	77,5357	95,4566	2,854	1,655	1,655	D
1	D11	142,1250	90,2738	4,481	1,655	1,655	D
1	D12	125,0886	95,1848	7,279	1,655	1,655	D
1	D13	200,8656	84,8600	2,935	1,655	1,655	D
1	D14	283,5201	89,9680	2,955	1,655	1,655	D
1	D15	77,5359	95,4541	2,854		1,655	D

En el apartado de Anexo (Anexo I), se detallan todos los datos que se han obtenido en estas pruebas con la Trimble S6



## LEICA TS15



Imágen 48 - Leica TS15 en el seminario

En las pruebas efectuadas con la estación total, Leica, se realizaron, ciclos de mediciones a dianas, y a diferencia de la Trimble, no se utilizó ningún tipo de prisma para estas mediciones. Se adjuntan los informes realizados, un croquis en Autocad y se incluye una captura de pantalla del Leica Geo Office.

### Libreta de campo

Pto	LH	LV	DR	h	i
1	71,0875	82,8466	4,689	0,000	1,578
1	271,0880	317,1530	4,687	0,000	1,578
1	271,0871	317,1519	4,686	0,000	1,578
1	271,0880	317,1538	4,686	0,000	1,578
1	71,0889	82,8468	4,691	0,000	1,578
1	71,0884	82,8467	4,691	0,000	1,578
1	71,0882	82,8478	4,691	0,000	1,578
1	271,0883	317,1533	4,687	0,000	1,578
1	71,0870	82,8468	4,690	0,000	1,578
1	271,0881	317,1527	4,687	0,000	1,578
1	71,0874	82,8480	4,690	0,000	1,578
1	271,0878	317,1543	4,686	0,000	1,578

En el apartado de Anexo (Anexo II), se detallan todos los datos que se han obtenido en estas pruebas con la Leica TS15.

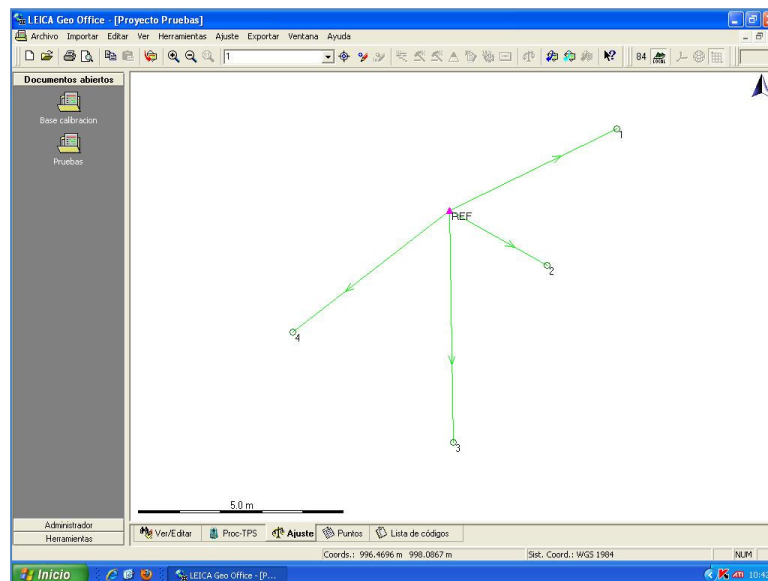


Imagen 49 - Croquis Leica Geo Office



## III.2. CONTROL DE DISTANCIAS EN BASE CALIBRACIÓN DE LA UPV

Se han utilizado las bases 1, 2 y 3, para la determinación de las constantes (K) de los prismas que utilizaremos en nuestra observación. En estas tres bases podemos contrastar medidas cortas respecto a medidas largas.



Figura 19 - Distribución de las bases de calibración

Mediante las tres distancias entre los vértices, se obtendrán las constantes de los prismas para las dos estaciones totales, Trimble S6 y Leica TS15. Las distancias obtenidas, con cada estación total, son el promedio de 5 observaciones realizadas entre cada base.

En las dos estaciones totales utilizadas; en su configuración inicial, para corregir la refracción y la reflexión, se ha introducido la presión atmosférica y la temperatura del día en que se realizó la observación, estos datos se han obtenido mediante un barómetro (img. 50)



Imagen 50 - Barómetro

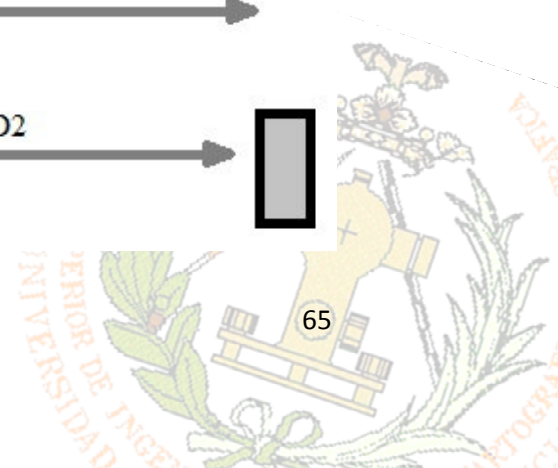
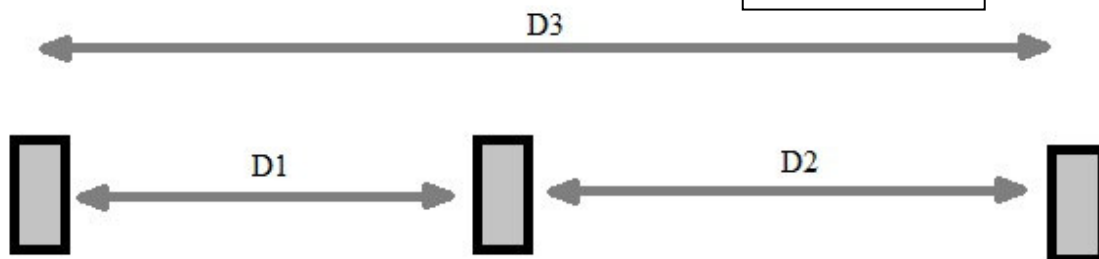
Para determinar la constante del instrumento se utilizaran las siguientes fórmulas:

$$D_3 = d_3 + K$$

$$D_2 = d_2 + K$$

$$D_1 = d_1 + K$$

$$D_3 = D_1 + D_2 \rightarrow d_3 + K = d_1 + K + d_2 + K \rightarrow K = d_3 - (d_1 + d_2)$$



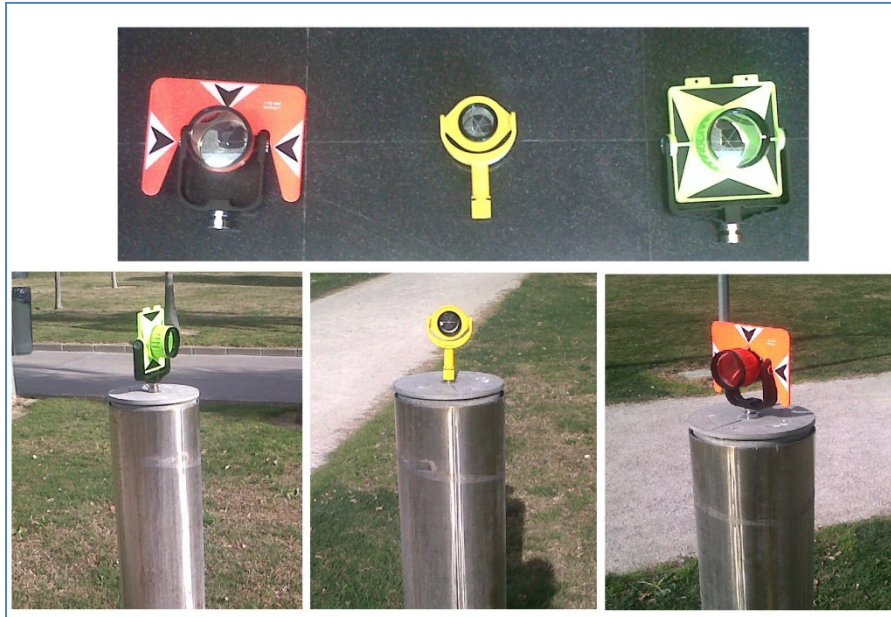
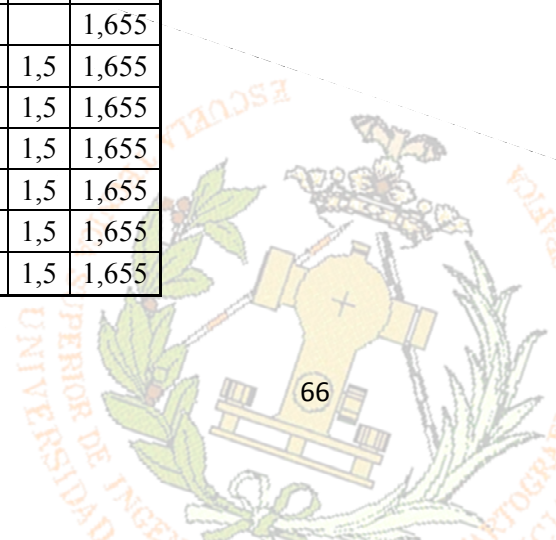


Imagen 51 - Prismas utilizados para obtener sus K

Los datos de campo de cada instrumento se exponen a continuación:

TRIMBLE S6

Est.	Pto Obser.	LH	LV	Dr	h	i
base1	BackSight0	228,4052	106,1283			1,655
base1	BackSight0	228,4052	106,1283			1,655
base1	base2mp	217,5267	100,2158	28,419	1,5	1,655
base1	base2mp	17,5264	299,7778	28,420	1,5	1,655
base1	base2topco	217,5170	100,2076	28,413	1,5	1,655
base1	base2topco	17,5160	299,7822	28,413	1,5	1,655
base1	base2leica	217,5195	100,2397	28,413	1,5	1,655
base1	base2leica	17,5187	299,7503	28,412	1,5	1,655
base1	base3mp	217,0887	99,9441	94,435	1,5	1,655
base1	base3mp	17,0890	300,0570	94,434	1,5	1,655
base1	base3topco	217,0849	99,9416	94,431	1,5	1,655
base1	base3topco	17,0853	300,0594	94,430	1,5	1,655
base1	base3leica	217,0858	99,9548	94,428	1,5	1,655
base1	base3leica	17,0860	300,0461	94,428	1,5	1,655
base2	BackSight0	334,7858	97,1495			1,655
base2	base3mp2	338,1249	99,9439	66,053	1,5	1,655
base2	base3mp2	138,1253	300,0563	66,054	1,5	1,655
base2	base3topco	338,1205	99,9400	66,049	1,5	1,655
base2	base3topco	138,1202	300,0595	66,048	1,5	1,655
base2	base3leica	338,1195	99,9594	66,046	1,5	1,655
base2	base3leica	138,1192	300,0414	66,047	1,5	1,655



## LEICA TS15

Est.	Pto Obser.	LH	LV	Dr	h	i
Base 1	BASE2MP1	71,3294	100,2130	28,381	1,5	1,5
Base 1	BASE2MP2	271,3302	299,7864	28,381	1,5	1,5
Base 1	BASE2SOKIA1	71,3195	100,2463	28,378	1,5	1,5
Base 1	BASE2SOKIA2	271,3207	299,7540	28,378	1,5	1,5
Base 1	BASE2TOPCON1	71,3228	100,2072	28,380	1,5	1,5
Base 1	BASE2TOPCON2	271,3244	299,7930	28,380	1,5	1,5
Base 1	BASE3MP1	70,8914	99,9413	94,402	1,5	1,5
Base 1	BASE3MP2	270,8922	299,5147	94,402	1,5	1,5
Base 1	BASE3SOKIA1	70,8815	99,9746	94,395	1,5	1,5
Base 1	BASE3SOKIA2	270,8827	299,4823	94,395	1,5	1,5
Base 1	BASE3TOPCON1	70,8848	99,9355	94,398	1,5	1,5
Base 1	BASE3TOPCON2	270,8864	299,5213	94,398	1,5	1,5
Base 2	BASE3MP1	89,7785	99,9398	66,021	1,5	1,5
Base 2	BASE3MP2	289,7806	300,0612	66,021	1,5	1,5
Base 2	BASE3SOKIA1	89,7759	99,9574	66,014	1,5	1,5
Base 2	BASE3SOKIA2	289,7787	300,0442	66,014	1,5	1,5
Base 2	BASE3TOPCON1	89,7752	99,9389	66,015	1,5	1,5
Base 2	BASE3TOPCON2	289,7780	300,0626	66,015	1,5	1,5
Base 1	REF	400,0000	81,8940	1,000	1,5	1,5
Base 2	REF2	0,0000	109,9867	1,000	1,5	1,5

Antes de obtenerse las constantes de los prismas, hay que hacer una puntualización respecto a la estación total Leica. Al seleccionar cualquier tipo de prisma en la observación, dicho aparato tiene predeterminadas unas series de constantes, con lo que a cualquier tipo de prisma que no sea de Leica se le suma una constante de prisma de +34mm y una constante del instrumento de 0mm. Si el prisma es de Leica esta relación se realiza al revés, constante del instrumento +34mm y la constante del prisma 0mm. Respecto a los prismas utilizados, el único que es de la marca Leica, es el mini prisma, los otros dos, son de otras fábricas, Sokkia y Topcon.

## TRIMBLE S6

Mini Prisma

$$K = D3 - (D1 + D2) = 94,433 - (28,419 + 66,052) = -0,038m$$

Topcon

$$K = D3 - (D1 + D2) = 94,428 - (28,413 + 66,047) = -0,031m$$

Sokkia

$$K = D3 - (D1 + D2) = 94,427 - (28,412 + 66,046) = -0,031m$$



Imágen 52 - S6 en base de calibración

LEICA TS15

Mini Prisma

$$K = D_3 - (D_1 + D_2) = 94,402 - (28,381 + 66,021) = 0m$$

Topcon

$$K = D_3 - (D_1 + D_2) = 94,398 - (28,380 + 66,015) = +0,003m$$

Sokkia

$$K = D_3 - (D_1 + D_2) = 94,395 - (28,378 + 66,014) = +0,003m$$



Imágen 53 - TS15 en base de calibración

	Leica TS15	Trimble S6
Mini Prisma	0	-0,038
Topcon	0,003	-0,031
Sokkia	0,003	-0,031

Tabla K – Relación instrumento- prisma

Respecto a lo mencionado anteriormente del cálculo de las K de los prismas, se puede observar cómo cumplen lo expuesto; puesto que el resultado de la constante del prisma (mini prisma) es nulo, por ser de la marca Leica.

Una vez determinada la K de los instrumentos, se aplica la fórmula expuesta arriba. Se obtienen las distancias reales entre los diferentes vértices y así se puede observar si se ha realizado bien la medición, ya que se tienen las distancias ajustadas entre las diferentes bases por un trabajo que se realizó en las bases de calibración.

TRIMBLE S6

Mini Prisma

$$D_3 = d_3 + K = 94,433 - 0,038 = 94,395$$

$$D_2 = d_2 + K = 66,052 - 0,038 = 66,014$$

$$D_1 = d_1 + K = 28,419 - 0,038 = 28,381$$

Topcon

$$D_3 = d_3 + K = 94,428 - 0,031 = 94,398$$

$$D_2 = d_2 + K = 66,047 - 0,031 = 66,016$$

$$D_1 = d_1 + K = 28,413 - 0,031 = 28,382$$

Sokkia

$$D_3 = d_3 + K = 94,427 - 0,031 = 94,396$$

$$D_2 = d_2 + K = 66,046 - 0,031 = 66,015$$

$$D_1 = d_1 + K = 28,412 - 0,031 = 28,381$$

	Mini Prisma	Topcon	Sokkia
D1	28,381	28,382	28,381
D2	66,014	66,016	66,015
D3	94,395	94,398	94,396

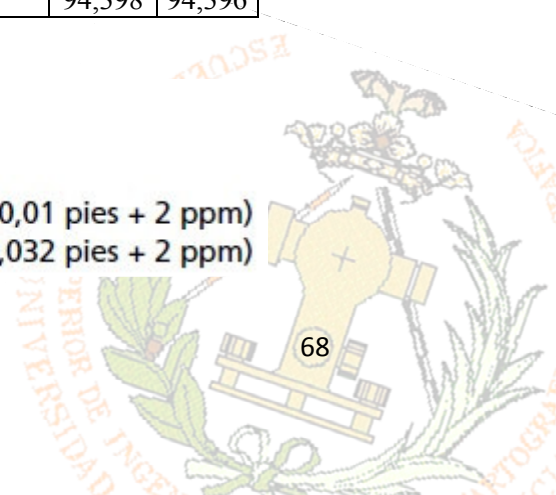
Medición de distancias

Precisión (Desv. típ.)

Modo Prisma

⇒ Estándar. . . . . ±(3 mm + 2 ppm) ±(0,01 pies + 2 ppm)

Rastreo (seguimiento) . . . ±(10 mm + 2 ppm) ±(0,032 pies + 2 ppm)



## LEICA TS15

### Mini Prisma

$$D_3 = d_3 + K = 94,402 + 0 = 94,402$$

$$D_2 = d_2 + K = 66,021 + 0 = 66,021$$

$$D_1 = d_1 + K = 28,381 + 0 = 28,381$$

### Topcon

$$D_3 = d_3 + K = 94,398 + 0,003 = 94,401$$

$$D_2 = d_2 + K = 66,015 + 0,003 = 66,018$$

$$D_1 = d_1 + K = 28,380 + 0,003 = 28,383$$

### Sokkia

$$D_3 = d_3 + K = 94,395 + 0,003 = 94,398$$

$$D_2 = d_2 + K = 66,014 + 0,003 = 66,017$$

$$D_1 = d_1 + K = 28,378 + 0,003 = 28,381$$

	Mini Prisma	Topcon	Sokkia
D1	28,381	28,383	28,381
D2	66,021	66,018	66,017
D3	94,402	94,401	94,398

Medición de Distancia - Prisma	
Medición de Distancias	Precisión <sup>3,4</sup> / Tiempo de Medición
Estándar	1 mm + 1.5 ppm / tip. 2.4 s

Se puede ver que las observaciones entran dentro de la precisión, con lo que se darán por buenas las medidas obtenidas. Además, al tener las distancias ajustadas del trabajo; *Base de calibración de la Universidad Politécnica de Valencia: descripción y medición*, se pueden comparar y verse que son parecidas a las obtenidas en dicho trabajo.

	PPM	Observado	Compensado	Comp-Obs
D1	-6,16	28,3810	28,3808	-0,0002
D2	-6,16	66,0201	66,0182	-0,0019
D3	-6,16	94,3984	94,3976	-0,0008

En noviembre de 2007 se implantó una base de calibración en el campus de la Universidad Politécnica de Valencia. Y lo que se realizó en el trabajo *Base de calibración de la Universidad Politécnica de Valencia: descripción y medición* fue describir la monumentación diseñada a propósito, el diseño geométrico de la línea de calibración, de tipo Heerbrugg de seis pilares, su replanteo y ejecución. A continuación, se describe el proceso de observación y cálculo que se realizó y con el que se obtuvieron las primeras coordenadas, así como las primeras calibraciones de distanciómetros realizadas, detallando el procedimiento, análisis y resultados.

La calibración periódica de los equipos topográficos (estaciones totales, niveles, equipos GNSS/RTK, etc.) es un requisito de obligado cumplimiento para asegurar la calidad en los resultados obtenidos. Diversas normas se han desarrollado (Sevilla et al 2008) para fijar unos estándares de calidad al respecto. Con estas premisas, La Universidad Politécnica de Valencia (UPV) decidió construir en sus instalaciones una base de calibración para instrumental topográfico, como aplicación primera a la calibración de distanciómetros electrónicos



Se entiende por calibración de un distanciómetro, la determinación, por parte, de las correcciones instrumentales y, por otra, la obtención de la precisión asociada (Rüeger 1996). Idealmente la calibración debería realizarse en un laboratorio donde se controlaran todas las variables atmosféricas mientras se contrastará la distancia observada en todo el rango de longitudes de medida del distanciómetro con el uso de interferometría. En la práctica, es difícil encontrar montajes de laboratorio como el descrito que de modo directo contrasten el distanciómetro a distancias de centenares de metros (o incluso kilómetros), rango muy habitual de trabajo del equipo en la práctica, se ha de recurrir a líneas base de calibración al aire libre.

Distintos diseños de bases de calibración se han definido hasta el momento (p. ej. Tipo Heerbrugg, tipo Aarau, o tipo Hobart). Su propósito es explorar de un modo eficiente todas las distancias que puede medir el distanciómetro dado su alcance o una distancia máxima fijada con anterioridad, es decir, conseguir que las distancias medidas en las distintas combinaciones de observaciones entre cada par de pilares estén uniformemente distribuidas tanto en el rango de medida a explorar como a lo largo de la longitud de onda del distanciómetro (típicamente de 20m). En la línea base de la UPV se decidió emplear el modelo Heerbrugg, que proporciona un equilibrio razonable coste/precisión con unos seis o siete pilares y permite determinar además de la constante aditiva y el error de la escala, los errores cíclicos (Schwendener 1972, Rüeger 1996).

## CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

La Base de calibración es de tipo Heerbrugg con 6 pilares cuyas coordenadas planimétricas aproximadas en un sistema local orientado según el eje de abscisas para la alineación 1-6 son, según el diseño de la misma las siguientes:

Pilar 1	X = 0,00 m	Y = 0,00 m
Pilar 2	X = 28,40 m	Y = -0,11 m
Pilar 3	X = 94,40 m	Y = 0,13 m
Pilar 4	X = 198,00 m	Y = -0,10 m
Pilar 5	X = 282,80 m	Y = 0,10 m
Pilar 6	X = 330,00 m	Y = 0,00 m

Su distribución se muestra en la imagen 54. El motivo por el que se decidió que los pilares no estuvieran perfectamente alineados es que al estar situados en un terreno llano no se impidiera la visibilidad directa entre cada par de pilares sin tener que utilizar plataformas ni pilares de distinta altura. Además se deseaba que, si fuera necesario, se pudiera medir desde un pilar a otro con los prismas situados sobre el resto de pilares sin



Imagen 54 – Distribución de las bases

que interfieran entre ellos. Por todo ello se optimizó la posición de los vértices 2, 3, 4, 5 para que, estando lo más próximos posibles a la alineación 1-6, cualquier visual entre ellos no pasara a menos de 10 cm de cualquier otro vértice. Esta solución se obtuvo por medio del método *Simulated Annealing* de optimización global (véase Berné y Baselga 2004).

La proyección de las distancias sobre el eje longitudinal es conceptualmente igual si se hace sobre el plano horizontal como si se hace sobre el vertical, que es el que se aplica de forma generalizada en todas las bases de calibración. En cualquier caso, y dada la poca separación de la alineación, si se considera oportuno puede suponerse a efectos prácticos y para trabajos que no requieran excesiva precisión, que todos los vértices están alineados, con un error resultante de esta consideración en la medida de distancias de dos decimas de milímetros en el peor de los casos.

Las distancias relativas que pueden ser medidas con la línea base son aproximadamente las siguientes:

28,4	47,2	66	84,8	94,4
103,6	132	169,6	188,4	198
235,6	254,4	282,8	302,6	330

que suponen una buena muestra del rango de medidas que puede realizar un distanciómetro a corta distancia.

Adicionalmente se situó un séptimo pilar fuera de la alineación, pero con visibilidad a todos ellos, así como un octavo en la terraza del edificio de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y Topográfica (sin intervisibilidad con los anteriores) para observaciones geodésicas y calibración de equipos GNSS/RTK.

## MATERIALES Y CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

Los pilares son de acero inoxidable de 1,2 m de altura y diámetro exterior de 22 cm. Se han construido en doble tubo concéntrico con una cámara de aire que separa el tubo interior (anclado directamente a cimentación, imagen 55) del tubo exterior cuyas funciones básicas son de protección tanto frente a posibles agresiones externas como a la posible dilatación por insolación directa.



Imagen 55 - Anclaje



Imagen 56 - Zapata de hormigón

La cimentación consiste en una zapata de hormigón armado y dimensiones aproximadas de 100 x 100 x 60 cm que queda por debajo de la cubierta vegetal (véase la imagen 56).

Los pilares van rematados por su parte superior con una base de acero inoxidable nivelada y con rosca macho solidaria de paso estándar 5/8, protegida con cubierta de acero inoxidable cuando no se utiliza.

## OBSERVACIÓN Y CÁLCULO DE COORDENADAS

Tras el replanteo, efectuado con una precisión del orden centimétrico, considerada suficiente, se procedió a una observación con una estación total Leica



Imágen 57 - Leica TPS1201+

TPS1201+ y la medida de parámetros meteorológicos. Adicionalmente a los siete pilares, se utilizaron tres puntos auxiliares externos a la base para aportar una mayor consistencia a la red, de forma que se observaron 63 lecturas angulares (cada una de ellas en círculo directo e inverso), con una precisión según catálogo de  $3^{\text{cc}}$  en desviación típica; junto a 63 distancias (cada una de ellas por promedio de la medida de 5 veces en círculo directo y 5 veces en círculo inverso) con una precisión instrumental según catálogo de  $1 \text{ mm} + 1,5 \text{ ppm}$  en desviación típica. El posterior cálculo de coordenadas arrojó los resultados que se muestran en la siguiente tabla:

	X	Y	Z	$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma_z$
1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004	0,0048	0,0015
2	28,3780	-0,1603	0,0187	0,0004	0,0044	0,0014
3	94,3948	0,1118	0,2006	0,0004	0,0034	0,0014
4	198,0027	-0,1322	0,2006	0,0004	0,0019	0,0013
5	282,7853	0,0683	0,4489	0,0004	0,0007	0,0011
6	330,0030	0,0000	0,3129	0,0000	0,0000	0,0000
7	144,8110	-43,4056	0,0424	0,0008	0,0027	0,0014

Se puede observar como las precisiones relativas entre vértices son de cuatro décimas de milímetro en componente longitudinal, la más importante de cara a la calibración de distanciómetro, y casi un orden peor para la componente transversal así como para las coordenadas del punto no alineado (punto 7).





#### IV. CONTROL DIMENSIONAL DE EDIFICIOS

Lo primero que se tiene que llevar a cabo, es organizar todo el material que se va a utilizar en el control. Entre el material a manejar, se encuentra:

- Trimble S6 con autolock
- Leica TS15 modelo G
- 2 trípodes
- 2 estrellas
- Barómetro
- Cámara de fotos y de video



Imágen 58 - Parte del material utilizado

- Basadas, bases nivelantes y bases imantadas

- 15 prismas (Mini prisma, Sokkia y Topcon)

- Para pasar lo datos al ordenador (Para la Trimble cuna de datos y para la Leica una memoria extraíble, USB)

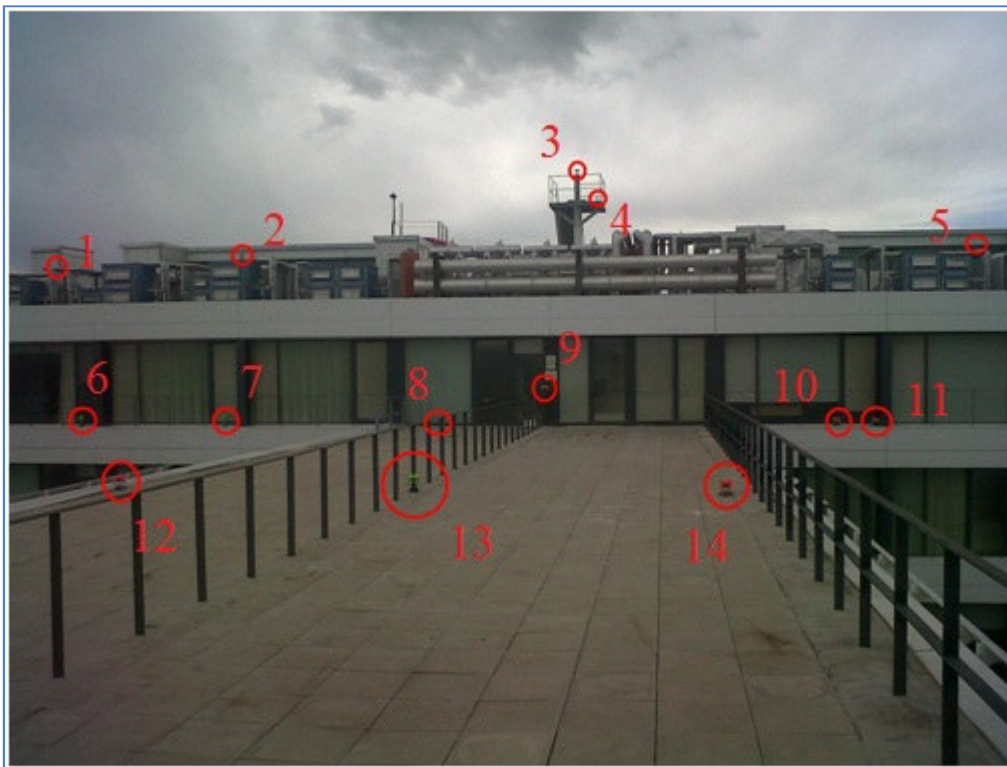
Como se ha expuesto anteriormente, se ha obtenido el valor de las K de los tres tipos de prismas que se van a utilizar, así a la hora de medir a un prisma, o a otro, en el instrumento se especificará la constante del prisma, para hacer su medición lo más exactamente posible. Una vez preparado todo el material, se empiezan a distribuir estratégicamente los prismas por el edificio de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y Topográfica (ETSIGCT). Los prismas estarán colocados en basadas, bases nivelantes o bases imantadas, situados en barandillas, balcones, motores de aire acondicionado, vértice geodésico, incluso en el suelo o colocado en una viga.



Imágen 59 - Colocación del prisma 3



Las imágenes 60 y 61 detallan la posición de todos los prismas situados en los dos edificios



Imágen 60 - Distribución prismas I

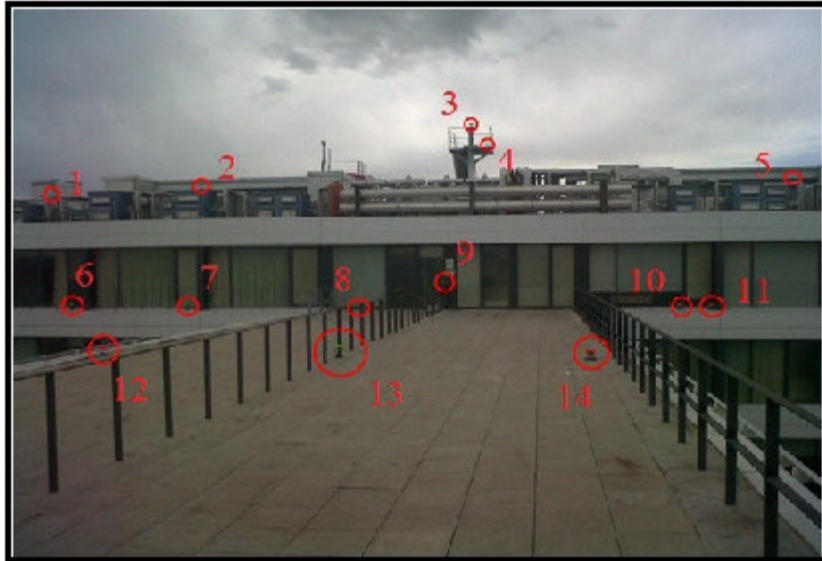


Imágen 61 - Distribución prismas II

A continuación se reseñas cada prisma, su posición y colocación en la zona elegida:



## RESEÑA DE PRISMA



### Prisma 1



Prisma sobre base nivelante. Colocado en la azotea del edificio de ETSIGCT, en la parte izquierda, localizado en la parte superior de un motor de aire acondicionado.

### RESEÑA DE PRISMA



### Prisma 2



Prisma sobre base nivelante. Colocado en la parte izquierda de la azotea del edificio de ETSIGCT, localizado en la parte superior de un motor de aire acondicionado.

## RESEÑA DE PRISMA

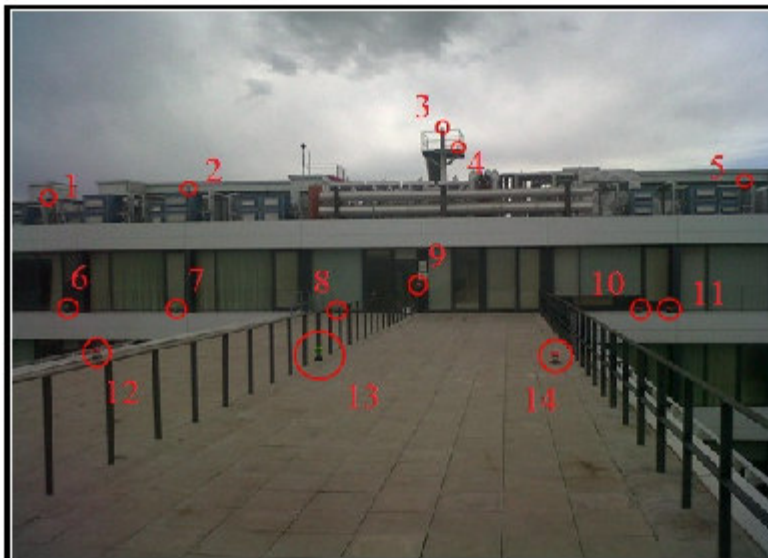


### Prisma 3

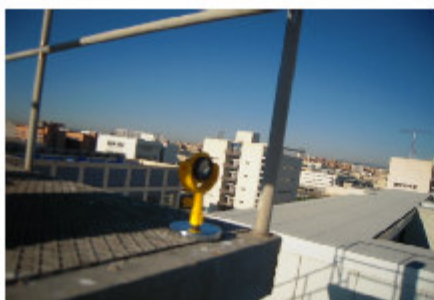


Prisma sobre base nivelante. Colocado en la parte central de la azotea del edificio de ETSIGCT, localizado en el vértice geodésico

### RESEÑA DE PRISMA

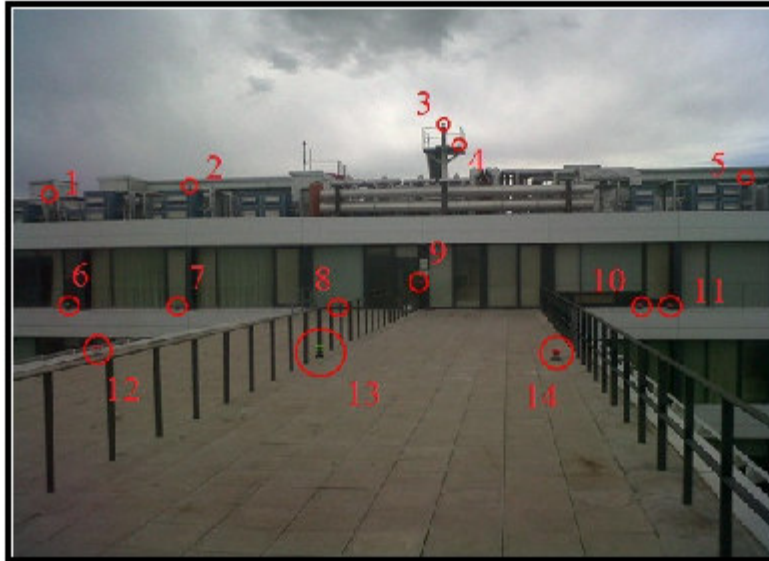


### Prisma 4



Prisma sobre base imantada. Colocado en la parte central de la azotea del edificio de ETSIGCT, localizado a la derecha, en el suelo de la plataforma del vértice geodésico

### RESEÑA DE PRISMA



### Prisma 5

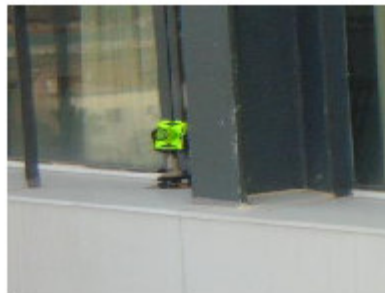


Prisma sobre base imantada. Colocado en la parte derecha de la azotea del edificio de ETSIGCT, localizado en la parte superior de la barandilla de seguridad.

## RESEÑA DE PRISMA



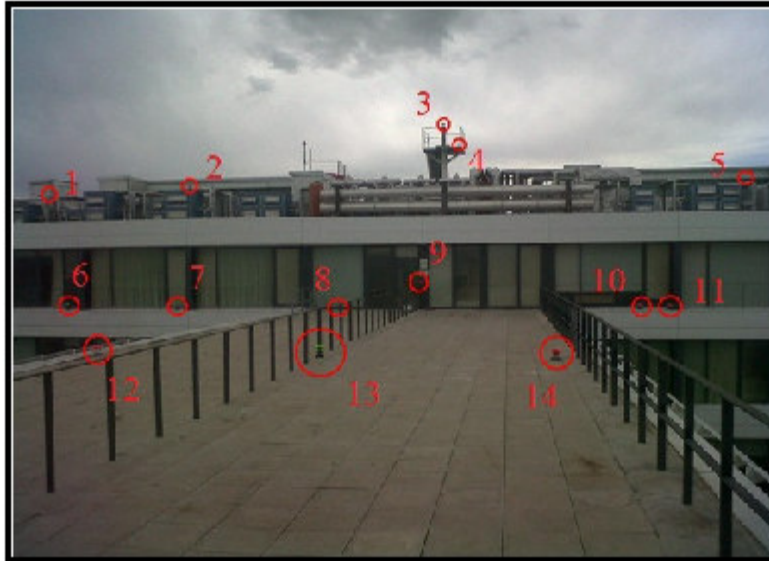
### Prisma 6



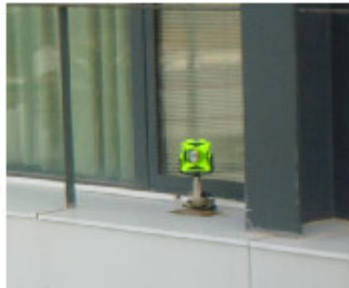
Prisma sobre base nivelante. Colocado en la parte izquierda del cuarto piso del edificio de ETSIGCT, localizado en el voladizo, "balcon"



## RESEÑA DE PRISMA



### Prisma 7



Prisma sobre base nivelante. Colocado en la parte izquierda del cuarto piso del edificio de ETSIGCT, localizado en el voladizo, "balcon"

## RESEÑA DE PRISMA

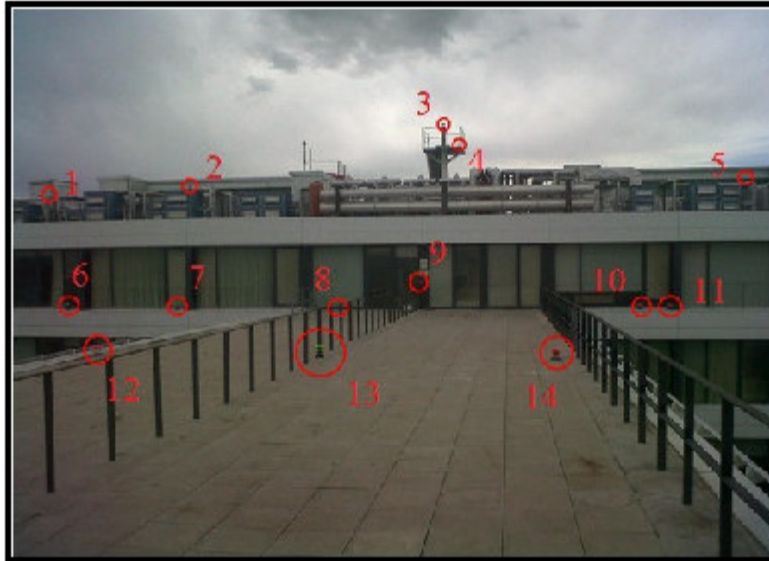


### Prisma 8



Prisma sobre base nivelante. Colocado en el pasillo de la terraza del edificio de ETSIGCT con el de ADE, localizado en el terreno, junto a los despachos.

## RESEÑA DE PRISMA



### Prisma 9



Prisma sobre base nivelante. Colocado en el pasillo de la terraza del edificio de ETSIGCT con el de ADE, localizado en la parte de arriba de la barandilla, junto a los despachos.

## RESEÑA DE PRISMA



### Prisma 10



Prisma sobre basada.  
Colocado en la parte  
derecha del cuarto piso del  
edificio de ETSIGCT,  
localizado en el voladizo,  
"balcon"

## RESEÑA DE PRISMA



### Prisma 11



Prisma sobre basada.  
Colocado en la parte  
derecha del cuarto piso del  
edificio de ETSIGCT,  
localizado en el voladizo,  
"balcon"

### RESEÑA DE PRISMA



### Prisma 12



Prisma sobre basada.  
Colocado en el pasillo de  
la terraza del edificio de  
ETSIGCT con ADE,  
localizado a la mitad del  
pasillo, en la parte  
izquierda

## RESEÑA DE PRISMA



### Prisma 13



Prisma sobre base nivelante. Colocado en el pasillo de la terraza del edificio de ETSIGCT con ADE, localizado a la mitad del pasillo, debajo de la barandilla

## RESEÑA DE PRISMA



### Prisma 14



Prisma sobre basada.  
Colocado en el pasillo de  
la terraza del edificio de  
ETSIGCT con ADE,  
localizado a la mitad del  
pasillo, en la parte derecha



## RESEÑA DE PRISMA



### Prisma 15



Prisma cogido con cinta americana. Colocado en la entrada del pasillo de la azotea al edificio de ADE, localizado en una viga paralela a las paredes.

El control al edificio consta de dos sesiones, ambas estaciones estarán trabajando aproximadamente el mismo tiempo en ambas sesiones. La primera sesión, se realiza por la mañana y se estaciona en una parte cubierta del edificio de ADE (img. 62), resguardado del viento, para obtener a priori buenos resultados, ya que el viento no acompañaba para realizar las observaciones. Ambas estaciones totales, la Leica TS15 y la Trimble S6 se estacionan sobre sus respectivos trípodes y estos colocados sobre estrellas, para que los trípodes no se abran por no tener buen agarre en el suelo, al no poder clavarse sus patas en el firme.

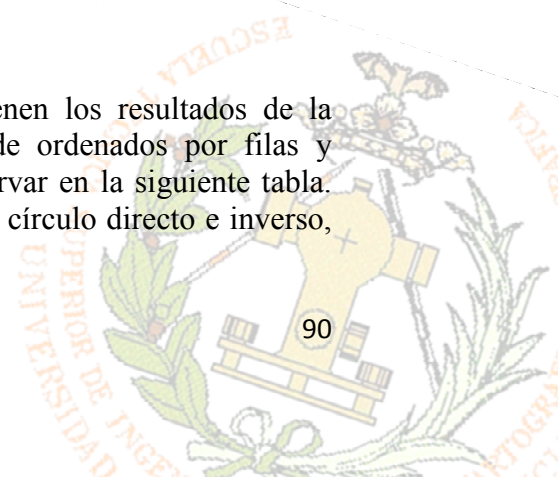


**Imágen 62 - Estacionamiento primera sesión**



**Imágen 63 - Estacionamiento segunda sesión**

A partir de aquí, y de forma automatizada se obtienen los resultados de la primera sesión en ficheros digitales en formato \*.txt donde ordenados por filas y columnas aparecen los datos de campo, como se puede observar en la siguiente tabla. Dichos datos son lecturas angulares acimutales y cenitales en círculo directo e inverso,



distancias reducidas y alturas de referencia e instrumento respectivamente. El conjunto de datos de dicha sección se encuentran en Anexo de este documento.

- Trimble S6

### Estadillo de campo

ESTACION	Pto	LH	LV	Dist	m	i	código
ESTACION	BackSight0	369,5383	106,6937			1,655	
ESTACION	BackSight0	369,5383	106,6937			1,655	
ESTACION	1	365,3649	94,9228	44,9690	1,5	1,655	2
ESTACION	1	165,3649	305,0751	44,9700	1,5	1,655	2
ESTACION	2	378,4132	93,5218	39,6140	1,5	1,655	2
ESTACION	2	178,4131	306,4763	39,6140	1,5	1,655	2
ESTACION	3	398,5347	88,4073	43,5770	1,5	1,655	2
ESTACION	3	198,5337	311,5891	43,5770	1,5	1,655	2
ESTACION	4	399,7022	89,9809	42,3270	1,5	1,655	2
ESTACION	4	199,7020	310,0170	42,3270	1,5	1,655	2
ESTACION	5	20,2631	94,3768	36,1850	1,5	1,655	2
ESTACION	5	220,2626	305,6194	36,1840	1,5	1,655	2
ESTACION	6	369,3860	102,7646	37,8860	1,5	1,655	2
ESTACION	6	169,3867	297,2304	37,8860	1,5	1,655	2
ESTACION	7	377,0954	102,9601	35,3970	1,5	1,655	2
ESTACION	7	177,0957	297,0361	35,3960	1,5	1,655	2
ESTACION	8	389,5870	103,3531	33,0870	1,5	1,655	2
ESTACION	8	189,5869	296,6405	33,0870	1,5	1,655	2
ESTACION	9	395,9572	101,4656	32,3560	1,5	1,655	2
ESTACION	9	195,9570	298,5313	32,3560	1,5	1,655	2
ESTACION	10	13,3376	103,4661	32,3430	1,5	1,655	2
ESTACION	10	213,3373	296,5311	32,3430	1,5	1,655	2
ESTACION	11	15,5881	103,4604	32,4900	1,5	1,655	2
ESTACION	11	215,5882	296,5370	32,4900	1,5	1,655	2
ESTACION	12	369,6126	106,3517	17,5780	1,5	1,655	3
ESTACION	12	169,6134	293,6393	17,5780	1,5	1,655	3
ESTACION	13	385,7464	106,9375	15,6040	1,5	1,655	3
ESTACION	13	185,7467	293,0454	15,6040	1,5	1,655	3
ESTACION	14	4,4318	107,5431	14,9460	1,5	1,655	3
ESTACION	14	204,4344	292,4474	14,9450	1,5	1,655	3
ESTACION	15	205,7517	85,8411	4,1300	1,5	1,655	4
ESTACION	15	5,7502	314,1232	4,1310	1,5	1,655	4

En el apartado de Anexo (Anexo III), se detallan todos los datos que se han obtenido en este control dimensional del edificio en la primera sesión con la Trimble S6.

- Leica TS15

### Libreta de campo

Pto	LH	LV	Dist	m	i
1	212,9873	305,4278	44,340	1,5	1,5
1	12,9849	94,5754	44,341	1,5	1,5
1	212,9841	305,4282	44,340	1,5	1,5
1	12,9819	94,5745	44,340	1,5	1,5
1	12,9831	94,5757	44,341	1,5	1,5
1	212,9857	305,4277	44,341	1,5	1,5
1	212,9848	305,4281	44,341	1,5	1,5
1	212,9879	305,4281	44,341	1,5	1,5
1	12,9846	94,5750	44,341	1,5	1,5
1	12,9812	94,5750	44,341	1,5	1,5
1	212,9848	305,4281	44,340	1,5	1,5
1	212,9876	305,4284	44,341	1,5	1,5
1	12,9847	94,5758	44,341	1,5	1,5
1	12,9844	94,5751	44,341	1,5	1,5
1	212,9855	305,4281	44,341	1,5	1,5
1	212,9880	305,4283	44,341	1,5	1,5
1	12,9845	94,5757	44,341	1,5	1,5
1	12,9830	94,5754	44,341	1,5	1,5
1	212,9883	305,4283	44,341	1,5	1,5
1	12,9848	94,5756	44,341	1,5	1,5
1	212,9864	305,4283	44,340	1,5	1,5
1	12,9829	94,5751	44,341	1,5	1,5
1	212,9862	305,4280	44,341	1,5	1,5
1	12,9818	94,5746	44,340	1,5	1,5

En el apartado de Anexo (Anexo IV), se detallan todos los datos que se han obtenido en este control dimensional del edificio en la primera sesión con la Trimble S6.

En la segunda sesión se estaciona en el pasillo entre ambas facultades (img. 63), mejora el tiempo y no sopla el viento con tanta fuerza.

Resultados de la segunda sesión:

- Trimble S6

### Estadillo de campo

Estación	Pto	LH	LV	Dist	m	i	Código
ESTAC.TARD	BackSight0	365,4767	97,4576			1,655	
ESTAC.TARD	1	306,7899	93,3051	36,6870	1,5	1,655	1

ESTAC.TARD	1	106,7892	306,6913	36,6860	1,5	1,655	1
ESTAC.TARD	2	322,2342	91,0342	30,5880	1,5	1,655	1
ESTAC.TARD	2	122,2320	308,9636	30,5880	1,5	1,655	1
ESTAC.TARD	3	348,4646	84,7428	34,3810	1,5	1,655	1
ESTAC.TARD	3	148,4619	315,2529	34,3800	1,5	1,655	1
ESTAC.TARD	4	350,0163	86,6211	33,0940	1,5	1,655	1
ESTAC.TARD	4	150,0153	313,3727	33,0930	1,5	1,655	1
ESTAC.TARD	5	377,7107	92,0696	27,8520	1,5	1,655	1
ESTAC.TARD	5	177,7086	307,9242	27,8510	1,5	1,655	1
ESTAC.TARD	6	310,2195	102,9942	29,2850	1,5	1,655	2
ESTAC.TARD	6	110,2198	296,9999	29,2840	1,5	1,655	2
ESTAC.TARD	7	319,7177	103,3301	26,3350	1,5	1,655	
ESTAC.TARD	7	119,7172	296,6641	26,3340	1,5	1,655	
ESTAC.TARD	8	336,4611	103,9805	23,6230	1,5	1,655	
ESTAC.TARD	8	136,4636	296,0193	23,6210	1,5	1,655	
ESTAC.TARD	9	345,4584	101,3269	22,8680	1,5	1,655	
ESTAC.TARD	9	145,4578	298,6697	22,8690	1,5	1,655	
ESTAC.TARD	10	369,7562	104,0469	23,4780	1,5	1,655	
ESTAC.TARD	10	169,7555	295,9490	23,4780	1,5	1,655	
ESTAC.TARD	11	372,7699	104,0108	23,7720	1,5	1,655	
ESTAC.TARD	11	172,7693	295,9851	23,7710	1,5	1,655	
ESTAC.TARD	12	293,6989	110,0213	9,4630	1,5	1,655	
ESTAC.TARD	12	93,6998	289,9640	9,4630	1,5	1,655	
ESTAC.TARD	13	322,1185	114,4267	6,3670	1,5	1,655	
ESTAC.TARD	13	122,1177	285,5375	6,3670	1,5	1,655	
ESTAC.TARD	14	371,0858	116,3489	5,9050	1,5	1,655	
ESTAC.TARD	14	171,0873	283,6294	5,9050	1,5	1,655	
ESTAC.TARD	15	145,7965	94,4495	13,5240	1,5	1,655	
ESTAC.TARD	15	345,7977	305,5410	13,5250	1,5	1,655	

En el apartado de Anexo (Anexo V), se detallan todos los datos que se han obtenido en este control dimensional del edificio en la segunda sesión con la Trimble S6.

- Leica TS15

### Libreta de campo

Pto	LH	LV	Dist	m	i
1	14,1339	93,1652	36,253	1,5	1,5
1	214,1357	306,8341	36,253	1,5	1,5
1	14,1414	93,1676	36,253	1,5	1,5
1	14,1419	93,1672	36,253	1,5	1,5
1	214,1447	306,8367	36,253	1,5	1,5

1	14,1407	93,1675	36,253	1,5	1,5
1	214,1432	306,8370	36,253	1,5	1,5
1	214,1433	306,8369	36,253	1,5	1,5
1	14,1401	93,1675	36,253	1,5	1,5
1	214,1444	306,8371	36,253	1,5	1,5
10	277,7243	296,1846	24,320	1,5	1,5
10	77,7206	103,8194	24,320	1,5	1,5
10	77,7218	103,8195	24,320	1,5	1,5
10	277,7250	296,1842	24,320	1,5	1,5
10	77,7220	103,8194	24,320	1,5	1,5
10	77,7209	103,8195	24,320	1,5	1,5
10	77,7269	103,8193	24,320	1,5	1,5
10	277,7295	296,1842	24,320	1,5	1,5
10	277,7236	296,1839	24,320	1,5	1,5
10	277,7266	296,1837	24,320	1,5	1,5

En el apartado de Anexo (Anexo VI), se detallan todos los datos que se han obtenido en este control dimensional del edificio en la segunda sesión con la Leica TS15.

#### **IV. 1. SISTEMA COMÚN DE REFERENCIA**

En este proyecto se ha realizado la toma de datos desde dos estacionamientos diferentes, para comprobar el buen funcionamiento de los equipos. De modo que se han verificado posibles controles dimensionales desde distintos puntos de observación. Esto implica que las observaciones de campo deben ser introducidas en un sistema común de referencia, es decir, en el mismo sistema de coordenadas.

Para ello, se han realizado dos estacionamientos libres en cada una de las sesiones de toma de datos efectuada. Una vez se han obtenido todos los datos, se calcula una intersección inversa de la sesión 2 respecto a prismas fijos y comunes a la sesión 1. Una vez obtenidas las coordenadas de la estación de la sesión 2 se le da coordenadas a los prismas de la observación 2 y se compara la variación que existe entre las coordenadas.

#### **CÁLCULO DE INTERSECCIÓN INVERSA PARA LEICA TS15**

En la sesión numero 1, a la estación se le da unas coordenadas (1000; 1000; 1000). Se toman como puntos fijos para realizar la intersección inversa, los siguientes:

- 1 (1008,949; 1043,264; 1003,774)
- 2 (1015,713; 1035,676; 1004,216)
- 3 (1028,550; 1031,881; 1008,082)

---

Se utiliza el programa “Pothenot” de la calculadora HP 50G, el resultado de este programa es obtener las coordenadas de la segunda estación.

Al programa se le introduce las coordenadas de los puntos que tomamos como fijos y a continuación, tecleamos las lecturas a los puntos:

$$L_E^1=14,1396 \quad L_E^2=30,1821 \quad L_E^3=56,0106$$

Una vez medido estos datos, la calculadora nos muestra las coordenadas de la estación, de la segunda sesión, referenciada a la primera sesión.

$$X= 1005,185 \\ Y=1007,410$$

Cuando se tiene las coordenadas de la segunda sesión, se vuelve a utilizar la calculadora HP, pero ahora se utiliza el programa “COORD”, en el cual introducimos las coordenadas del punto y de la estación y saca en pantalla azimut y distancia. Los resultados de introducir las coordenadas de la estación obtenidos antes y las coordenadas de los puntos tomados como fijos son:

$$\begin{array}{ll} \theta_E^1=6,6596880 & \text{Dist}=36,051 \\ \theta_E^2=22,699088 & \text{Dist}=30,163 \\ \theta_E^3=48,528888 & \text{Dist}=33,834 \end{array}$$

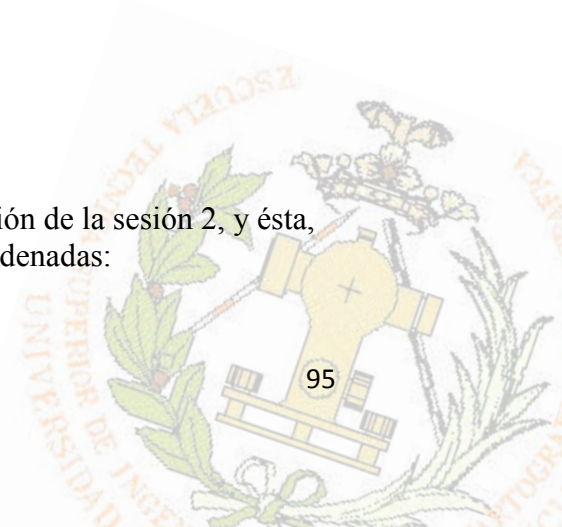
Después de obtenerse los azimutes, calculamos la desorientación ( $\Sigma=\theta-L$ ) para cada punto y se realiza el promedio de las tres desorientaciones:

$$\begin{array}{l} \Sigma_1 = 392,5258 \\ \Sigma_2 = 392,5258 \\ \Sigma_3 = 392,52579 \\ \Sigma_{\text{promedio}} = 392,5258 \end{array}$$

Al obtenerse la desorientación media, se vuelven a calcular los azimutes ( $\theta=L+\Sigma$ ) con la desorientación obtenida:

$$\begin{array}{l} \theta_E^1=6,6654 \\ \theta_E^2=22,7086 \\ \theta_E^3=48,5364 \end{array}$$

Una vez obtenido los azimutes referenciados a la estación de la sesión 2, y ésta, a su vez, referenciada a la sesión número 1, se calcula las coordenadas:



	X = 1008,952	X = 1015,717	X = 1028,553
1		2	3
	Y = 1043,264	Y = 1035,674	Y = 1031,878

Estas coordenadas, tienen que ser prácticamente iguales a las que se obtienen en la sesión 1, la diferencia entre ellas, puede ser la variación de movimiento que han sufrido durante el control.

Para obtener la Z, hay que aplicar la siguiente formulación:  $\Delta z = D * \text{Cos Lv} + i - m$  (en el control, la diferencia entre i-m es igual a 0,155) Se aplica ésta formulación a los puntos definidos como fijos:

$$\Delta z_E^1 = 36,051 * \text{Cos } 93,1670 + 0,155 = 4,017029911$$

$$\Delta z_E^2 = 30,163 * \text{Cos } 90,9339 + 0,155 = 4,436042905$$

$$\Delta z_E^3 = 33,835 * \text{Cos } 84,8770 + 0,155 = 8,117084716$$

$$\Delta z_E^1 = Z_1 - Z_E \quad \rightarrow \quad \Delta z_E^1 + Z_E = Z_1 \quad \rightarrow \quad Z_E = Z_1 - \Delta z_E^1$$

$$Z_E = Z_1 - \Delta z_E^1 = 999,7570$$

$$Z_E = Z_1 - \Delta z_E^1 = 999,7800$$

$$Z_E = Z_1 - \Delta z_E^1 = 999,9649$$

$$Z_{E\text{promedio}} = 999,8339$$

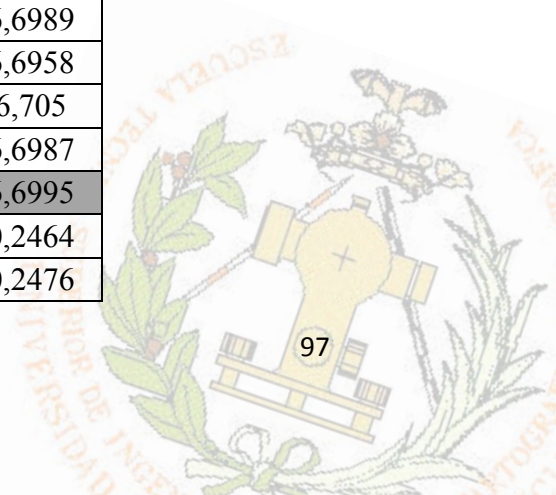
A continuación se procede a darle coordenadas a los demás puntos X, Y, Z:

Primero se calculan los promedios:

Pto	Lh	Lv	Dist	Azimut
1	14,1339	93,1652	36,253	6,6597
1	14,1414	93,1676	36,253	6,6672
1	14,1419	93,1672	36,253	6,6677
1	14,1407	93,1675	36,253	6,6665
1	14,1401	93,1675	36,253	6,6659
1	14,1396	93,1670	36,253	6,6654
2	30,1733	90,9330	30,484	22,6991
2	30,1847	90,9341	30,484	22,7105
2	30,1850	90,9344	30,485	22,7108
2	30,1864	90,9339	30,484	22,7122
2	30,1847	90,9341	30,484	22,7105
2	30,1828	90,9339	30,484	22,70862
3	56,0031	84,8769	34,818	48,5289



3	56,0129	84,8772	34,819	48,5387
3	56,0117	84,8768	34,818	48,5375
3	56,0121	84,8769	34,819	48,5379
3	56,0131	84,8772	34,818	48,5389
3	56,0106	84,8770	34,818	48,53638
4	57,6090	86,7539	33,564	50,1348
4	57,6183	86,7500	33,564	50,1441
4	57,6164	86,7502	33,564	50,1422
4	57,6178	86,7502	33,565	50,1436
4	57,6169	86,7501	33,565	50,1427
4	57,6157	86,7509	33,564	50,14148
5	84,9923	92,2641	28,818	77,5181
5	84,9828	92,2644	28,818	77,5086
5	84,9930	92,2644	28,818	77,5188
5	84,9919	92,2647	28,818	77,5177
5	84,9936	92,2637	28,818	77,5194
5	84,9907	92,2643	28,818	77,51652
6	18,2053	102,9594	28,920	10,7311
6	18,2057	102,9601	28,920	10,7315
6	18,2049	102,9596	28,920	10,7307
6	18,2094	102,9484	28,920	10,7352
6	18,1962	102,9592	28,920	10,722
6	18,2043	102,9573	28,920	10,7301
7	28,1142	103,2704	26,174	20,64
7	28,1181	103,2673	26,174	20,6439
7	28,1145	103,2707	26,174	20,6403
7	28,1052	103,2702	26,174	20,631
7	28,1148	103,2704	26,174	20,6406
7	28,1134	103,2698	26,174	20,63916
8	45,2274	103,8528	23,823	37,7532
8	45,2274	103,8528	23,823	37,7532
8	45,2265	103,8525	23,823	37,7523
8	45,2320	103,8527	23,823	37,7578
8	45,2245	103,8520	23,823	37,7503
8	45,2276	103,8526	23,823	37,75336
9	54,1733	101,2124	23,259	46,6991
9	54,1731	101,2124	23,259	46,6989
9	54,1700	101,2128	23,259	46,6958
9	54,1792	101,2126	23,259	46,705
9	54,1729	101,2123	23,259	46,6987
9	54,1737	101,2125	23,259	46,6995
10	77,7206	103,8194	24,320	70,2464
10	77,7218	103,8195	24,320	70,2476



10	77,7220	103,8194	24,320	70,2478
10	77,7209	103,8195	24,320	70,2467
10	77,7269	103,8193	24,320	70,2527
10	77,7224	103,8194	24,320	70,24824
12	7,3631	110,5037	8,827	399,8889
12	7,3578	110,5037	8,827	399,8836
12	7,3583	110,5033	8,827	399,8841
12	7,3574	110,5034	8,827	399,8832
12	7,3558	110,5030	8,827	399,8816
11	7,3585	110,5034	8,827	399,88428
13	41,3055	114,0847	6,366	33,8313
13	41,3059	114,0845	6,366	33,8317
13	41,3051	114,0843	6,366	33,8309
13	41,3107	114,0852	6,366	33,8365
13	41,3047	114,0846	6,366	33,8305
13	41,3064	114,0847	6,366	33,83218
14	86,5666	113,8232	6,802	79,0924
14	86,5721	113,8236	6,802	79,0979
14	86,5668	113,8229	6,802	79,0926
14	86,5674	113,8249	6,802	79,0932
14	86,5657	113,8234	6,802	79,0915
14	86,5677	113,8236	6,802	79,09352
15	244,4963	94,1653	13,232	237,0221
15	244,4967	94,1657	13,233	237,0225
15	244,4961	94,1658	13,233	237,0219
15	244,5010	94,1659	13,233	237,0268
15	244,4957	94,1659	13,233	237,0215
15	244,4972	94,1657	13,233	237,02296

Una vez calculados los promedios, se calculan las coordenadas de los puntos:

Pto	Dist	i-m	$\Delta x$	$\Delta y$	$\Delta z$	X	Y	Z
1	36,0511	0,155	3,76765	35,85368	4,01703	1008,9522	1043,2636	1003,8510
2	30,1633	0,155	10,53269	28,26454	4,43604	1015,7172	1035,6744	1004,2700
3	33,8346	0,155	23,36837	24,46836	8,11708	1028,5529	1031,8783	1007,9510
4	32,8329	0,155	23,26789	23,16470	6,93885	1028,4524	1030,5746	1006,7728
5	28,5908	0,155	26,82624	9,88881	3,62061	1032,0107	1017,2987	1003,4546
6	28,8946	0,155	4,84710	28,48515	-1,18678	1010,0316	1035,8950	998,6472
7	26,1425	0,155	8,32770	24,78068	-1,18714	1013,5122	1032,1906	998,6468
8	23,7764	0,155	13,28806	19,71666	-1,28297	1018,4726	1027,1266	998,5510
9	23,2507	0,155	15,56668	17,27063	-0,28780	1020,7512	1024,6805	999,5461
10	24,2634	0,155	21,66161	10,93096	-1,29982	1026,8461	1018,3409	998,5341
11	8,7162	0,155	-0,01584	8,71614	-1,27654	1005,1687	1016,1260	998,5574

13	6,2095	0,155	3,14681	5,35313	-1,20763	1008,3313	1012,7630	998,6263
14	6,6267	0,155	6,27257	2,13729	-1,27264	1011,4571	1009,5472	998,5613
15	13,1792	0,155	-7,23964	-11,01264	1,36111	997,9449	996,3973	1001,1951

Pto	Coord 1° estación			Coord 2° estación			Diferencia valor absoluto		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1	1008,9490	1043,2640	1003,7740	1008,9490	1043,2640	1003,8510	0,0000	0,0000	0,0770
2	1015,7130	1035,6760	1004,2160	1015,7130	1035,6760	1004,2700	0,0000	0,0000	0,0540
3	1028,5500	1031,8810	1008,0820	1028,5500	1031,8810	1007,9510	0,0000	0,0000	0,1310
4	1028,4490	1030,5780	1006,8250	1028,4490	1030,5780	1006,7728	0,0000	0,0000	0,0522
5	1032,0110	1017,2980	1003,3850	1032,0110	1017,2980	1003,4546	0,0000	0,0000	0,0696
6	1010,0260	1035,8960	998,5460	1010,0260	1035,8960	998,6472	0,0000	0,0000	0,1012
7	1013,5050	1032,1930	998,5480	1013,5050	1032,1930	998,6468	0,0000	0,0000	0,0988
8	1018,4630	1027,1330	998,4490	1018,4726	1027,1266	998,5510	0,0096	0,0064	0,1020
9	1020,7440	1024,6870	999,4480	1020,7512	1024,6805	999,5461	0,0072	0,0065	0,0981
10	1026,8420	1018,3490	998,4310	1026,8461	1018,3409	998,5341	0,0041	0,0081	0,1031
11	1027,6260	1017,5000	998,4280						
12	1005,1540	1016,1260	998,4410	1005,1687	1016,1260	998,5574	0,0147	0,0000	0,1164
13	1008,3160	1012,7720	998,4940	1008,3313	1012,7630	998,6263	0,0153	0,0090	0,1323
14	1011,4520	1009,5620	998,4250	1011,4571	1009,5472	998,5613	0,0051	0,0148	0,1363
15	997,9240	996,4110	1001,1030	997,9449	996,3973	1001,1951	0,0209	0,0137	0,0921

## CÁLCULO DE INTERSECCIÓN INVERSA PARA TRIMBLE S6

Como en esta estación no se ha obtenido el archivo de las coordenadas, primero se obtiene las coordenadas de los puntos denominados fijos X, Y, Z. Con la calculadora (se utilizó el programa "COORD") se introduce las coordenadas de la estación en la sesión 1 (1000; 1000, 1000) y los promedios de las lecturas y se obtiene las coordenadas X e Y. Para obtener la Z, se aplica la fórmula:  $\Delta z = D \cdot \cos L_v + i - m$  (en el control, la diferencia entre i-m es igual a 0,155) y después se aplica  $\Delta z_E^1 = Z_1 - Z_E$ , de donde se obtiene la cota del punto. Las coordenadas son:

	X	Y	Z
1	961,6204	1023,4354	1003,7376
2	971,0925	1027,1016	1004,1791
3	979,0495	1038,2104	1008,0465
4	980,3344	1037,4812	1006,7890
5	994,2274	1035,7206	1003,3469
6	968,7768	1021,7465	998,5104
7	973,6819	1023,6708	998,5100
8	980,1855	1026,4978	998,4132
9	983,3080	1027,7192	999,4101

10	991,4040	1031,1798	998,3949
11	992,4774	1031,6071	998,3899
12	985,6421	1010,1409	998,4043
13	989,9191	1011,9105	998,4581
14	994,0579	1013,7129	998,3885
15	1001,5633	996,1762	1001,0662

En la sesión numero 1, a la estación se le da unas coordenadas (1000; 1000; 1000). Se toman como puntos fijos para realizar la intersección inversa, los siguientes:

1 (961,6204; 1023,4354; 1003,7376)

2 (971,0925; 1027,1016; 1004,1791)

3 (979,0495; 1038,2104; 1008,0465)

Se utiliza el programa “Pothenet” de la calculadora HP 50G, el resultado de este programa es obtener las coordenadas de la segunda estación.

Al programa se le introduce las coordenadas de los puntos que tomamos como fijos y a continuación, tecleamos las lecturas a los puntos:

$$L_E^1=306,7787 \quad L_E^2=322,2227 \quad L_E^3=348,4679$$

Una vez medido estos datos, la calculadora nos muestra las coordenadas de la estación, de la segunda sesión, referenciada a la primera sesión.

$$X= 994,8189 \\ Y=1008,0311$$

Cuando se tiene las coordenadas de la segunda sesión, se vuelve a utilizar la calculadora HP, pero ahora se utiliza el programa “COORD”, en el cual introducimos las coordenadas del punto y de la estación y saca en pantalla azimut y distancia. Los resultados de introducir las coordenadas de la estación obtenidos antes y las coordenadas de los puntos tomados como fijos son:

$$\theta_E^1 = 327,6572 \quad \text{Dist}=36,598$$

$$\theta_E^2 = 343,1013 \quad \text{Dist}=30,440$$

$$\theta_E^3 = 369,3465 \quad \text{Dist}=34,051$$

Después de obtenerse los azimutes, calculamos la desorientación ( $\Sigma=\theta-L$ ) para cada punto y se realiza el promedio de las tres desorientaciones:

$$\Sigma_1 = 20,8785$$

