



UN TRATADO SOBRE EL ESCANER TERRESTRE TLS

**Ing. Antonio Márquez, Gerente General de Mediciones Científicas e Industriales C. A,
MECINCA. MSEE Columbia University. N.Y.**

Representantes para Venezuela de SOKKIA-TOPCON y MAGELLAN Professional.

mecinca@mecinca.net / galileognss@gmail.com www.mecinca.net

Caracas Febrero 2010

CONTENIDO

Introducción.

El Escaner TLS

Tipos de Escáneres TLS.

Aplicaciones de los ESCANERES según tecnología de medición.

 Tipo cámara.

 Híbrido

 Panorámico.

Parámetros utilizados en el escáner.

 Tecnología.

 Tiempo de Vuelo

 Desplazamiento de Fase

 Rango de Medición.

 Tipo de Laser y Potencia de Salida.

 Clases 1, 1M, 2, 2 M, 3 R, 3 B, 4

 La Precisión

 Repetitividad

 Densidad de Puntos. Resolución del Escáner

 Parámetros Eléctricos.

 Parámetros Físicos y Ambientales

 La Reflectividad o Reflectancia

 Formatos de archivos

Características de Sistemas Típicos.

 Tiempo de Vuelo: TOPCON, RIEGL y LEICA

 Por Desplazamiento de Fase: Z+F, Faro, Callidus

Escáner Riegl VZ-400

LEICA escáner C10

Características del LEICA C10

Escáneres por Desplazamiento de Fase: Z+F, Faro...

Sistemas de Coordenadas usadas en el escáner.

Programas de Control y Post Proceso.

 Control del Proyecto:

 Apertura del Proyecto

 Guardar el Proyecto

 Importación de Datos

 Exportación de Datos

Adquisición de Datos

 Adquisición del Escaner

 Adquisición de Imagen

 Adquisición de Datos GPS asociados al Escaner

Orientación inicial de Coordenadas del Escáner

Por Puntos de Control

Por Vista Atrás al Punto de Referencia

Por Acimut y Coordenadas de Arranque específicas

Post Proceso de Datos y Evaluación

Cierre de Huecos

Re Escaneo de puntos

Eliminar Puntos

Colorear el Escan

Filtrar Datos

Triangular los Escaneos

Suavización y Decimación de Datos

Orientación de Imágenes

Texturización

Creación de Ortofoto

Creación de Geometría en Objetos

Medición de Coordenadas

Medición de Ángulos y Acimut

Medición de Distancias

Medición de Aéreas Y Volumen

Visualizador de Imágenes

Vistas Panorámicas

Creación de Animación

La Cámara Fotográfica y toma de Imágenes.

Proceso con Software del propio fabricante.

Software especializado para el post proceso.

La nueva Topografía 3D y los Escáneres Móviles.

Aspectos técnicos del Escaner respecto a Calibración y Mantenimiento.

Conclusión

Apéndices

UN TRATADO SOBRE EL ESCANER TERRESTRE TLS

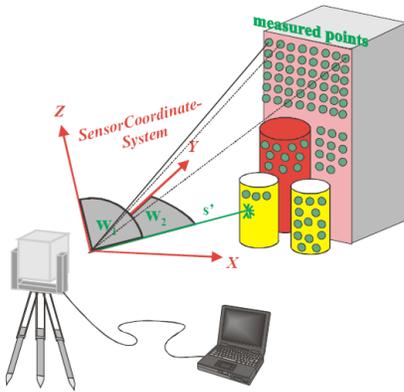
Ing. Antonio Márquez, Gerente General de Mediciones Científicas e Industriales C. A,

MECINCA. MSEE Columbia University. N.Y.

Representantes para Venezuela de SOKKIA-TOPCON y MAGELLAN Professional.

mecinca@mecinca.net / galileognss@gmail.com www.mecinca.net

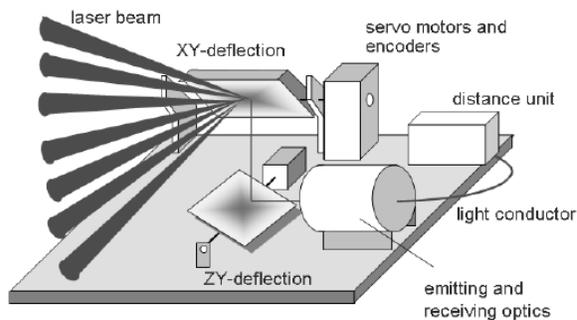
Introducción.



Pretendemos con este trabajo de ESCANER, cubrir principalmente los del tipo TLS, es decir los Terrestrial Laser Scanner, en español “ESCANERES TERRESTRES LASER”. Comenzamos con este comentario, porque la industria del escáner ocupa un rango amplio de estos equipos, que abarca desde los escáner del tipo médico, los de documentos, los de barras que diariamente vemos en supermercados, y también los llamados escáner de vehículos, que fundamentalmente es una caja computarizada que prueba y verifica todas las partes funcionales del automóvil, todos ellos de naturaleza e índole completamente diferente. Y pretendemos con este estudio,

informar principalmente, a los profesionales de la Topografía, de la Ingeniería Civil, de la Mecánica Industrial, del Catastro, a los de los Sistemas de Información Geográfica, a los que laboran en la Fotogrametría Terrestre, a los de Preservación del Patrimonio Histórico, y demás profesionales de las Artes o Ciencias, que necesiten de una representación fidedigna, con valores reales en Coordenadas 3D de los diversos escenarios que integren un proyecto. He tomado prestadas algunas ilustraciones encontradas en tesis doctorales de la Web, así como de algunos manuales de proyectos de Nasa, por lo que doy las gracias por adelantado a los autores originales de los mismos.

El Escaner TLS



Un Escáner Terrestre de Laser, TLS, es un dispositivo, por lo general montado sobre un trípode o plataforma estable, que explora, por medio de un fino haz de Laser, los elementos del espacio circundante, en forma tal, que a cada punto del objeto explorado, se le asigna, las coordenadas reales que está ocupando en nuestro sistema de representación espacial. El dispositivo por lo general, se mueve a pequeños incrementos

angulares de izquierda a derecha, y entre cada incremento, que representa una medida del Angulo



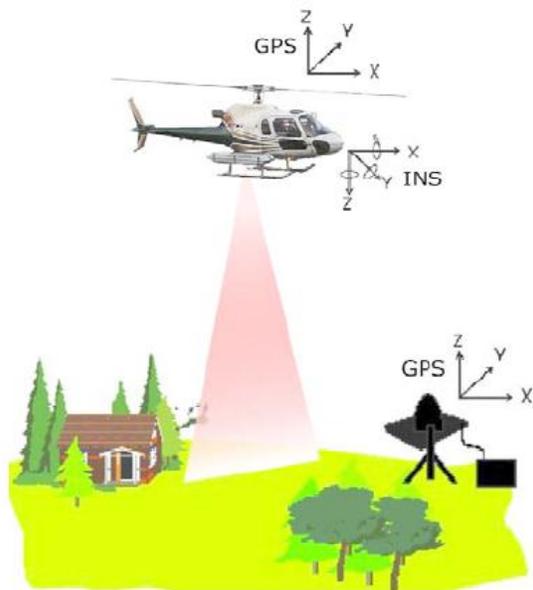
Horizontal del escáner, éste queda en forma estática, y su telescopio, o un espejo giratorio, se mueve de abajo hacia arriba, y va disparando el Laser a intervalos predeterminados, calculando con esos disparos, la distancia entre el escáner y el punto, donde la luz laser se refleja y se devuelve. El margen del barrido vertical está de acuerdo a la ventana de exploración que le hayamos asignado, y que su tecnología permita. Este barrido de abajo hacia arriba, o viceversa, representa el Angulo vertical de la observación, y por lo tanto, si conocemos las coordenadas asignadas al centro del escáner, y conocemos el Angulo Horizontal, el Vertical, y la Distancia dada por el Laser, se calculan las Coordenadas del punto explorado. Entonces, es fácil entender, que la precisión de las coordenadas obtenidas en cada punto, depende, de la precisión que

el equipo disponga, para la medición de la distancia, y la precisión angular que el mismo exhiba.

Tipos de Escáneres TLS.

Al definir los tipos de escáneres vamos primero a considerar, el rango de exploración, o alcance máximo de su Laser, y la tecnología empleada en el mismo, para situarlos en un universo de aplicaciones. La variable más común es, clasificarlos por la tecnología usada en la medición de distancia del Laser. Estas tecnologías son principalmente, la **Medición por Tiempo de Vuelo**, y la

Medición por Desplazamiento de Fase. El primer tipo, o Medidores por Tiempo de Vuelo de la señal, se basan en la ecuación general de la velocidad y el espacio, es decir, se envían unos pulsos Laser que se reflejan en el objeto, y se calcula el tiempo que tomó el pulso, desde que salió del escáner y regresó al mismo. Este tiempo, representa el espacio de ida y vuelta, por lo que tomamos la mitad del mismo. El método necesita de relojes o bases de tiempo muy exactas, ya que un nanosegundo 1 ns representa 300mm de vuelo, lo que constituye un rango de 150 mm. La velocidad de muestreo en esta tecnología es moderada, los más modernos de este tipo trabajan a velocidades de hasta 128 KHz, es decir, toma de 128.000

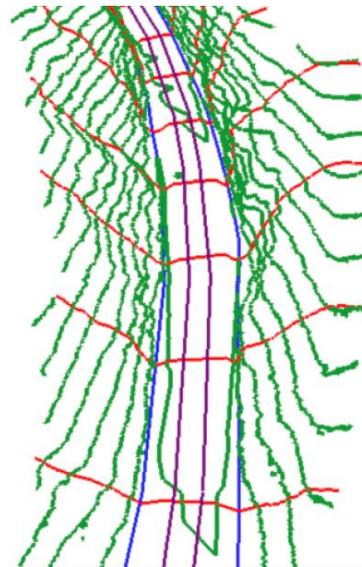
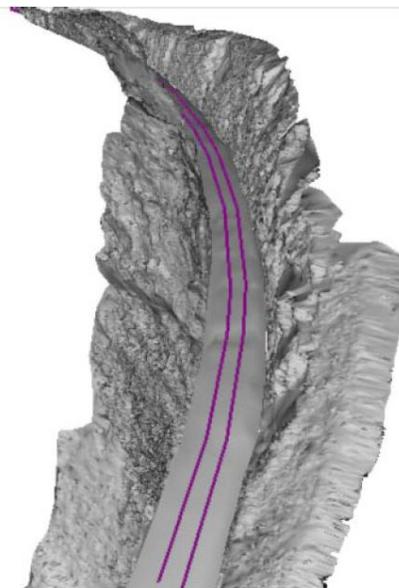


puntos por segundo. Lo más atractivo de estos escáneres, es su alto rango, es decir, algunos alcanzan hasta 2000 metros de distancia. El otro tipo de escáneres son los de medición por

Desplazamiento de Fase. Una señal senoidal de unos 8 MHz, modula el Laser en amplitud y viaja hasta el objeto, se refleja, y regresa hasta el Escáner, entonces bajo el principio, de que un ciclo entero de fase, es decir 360 grados de la señal senoidal, necesita recorrer el equivalente a la longitud de onda de la misma, se controlan las mediciones de fase en la salida, y en la entrada del escáner, por lo que en forma continua, se tiene en un contador, la distancia al objeto o punto explorado. Esta modalidad de medición por Desplazamiento de Fase, permite un muestreo mucho más rápido que con el de tiempo de vuelo, muestreos de hasta 1.2 MHz (1.200.000 puntos por segundo), y más, se encuentran en equipos ya en oferta en el mercado. Debemos agregar, que después de alcanzada la distancia, de la longitud de onda de la señal senoidal moduladora, el contador de distancia, se pone otra vez en cero, es decir, nos encontramos con un proceso de ambigüedad. Estos equipos son muy precisos, y muchos de ellos son de precisión sub milimétrica, pero limitados por lo general, a distancias de medición inferiores a los 100 metros, pero han anunciado sistemas de Fase AMCW, con modulación de dos y tres señales al mismo tiempo, que permiten al vuelo, corregir la ambigüedad en rangos muchos más altos, estos sistemas son muy recientes, pero prometen nuevas perspectivas en los diseños.

Escáneres Terrestres y Aéreos (LIDAR).

Dentro de los escáneres terrestres, existe una versión dinámica de los mismos, que es básicamente, un sistema compuesto por uno o dos escáneres, montados sobre el techo de un vehículo, donde los escáneres exploran a la derecha e izquierda del mismo, un corredor de unos 300 metros de ancho, con detalles milimétricos de todos los puntos del terreno que va recorriendo. Este vehículo lleva montado un sistema GNSS (GPS + GLONASS + GALILEO), conjuntamente con una plataforma inercial o IMU, que mantiene la precisión en las coordenadas en los momentos de sombra, es decir, cuando los satélites son insuficientes para mantener el tiempo real RTK en forma dinámica. Más adelante detallaremos sobre esta tecnología.



Por supuesto que en este punto que mencionamos los escáneres móviles, no podemos dejar de nombrar los Escáner Aéreos o LIDAR, los cuales consisten en un dispositivo Laser montado sobre un helicóptero o en un avión, apuntando hacia abajo, que barre una ventana de 45 grados aproximadamente, de derecha a izquierda, y viceversa, y con el movimiento de la nave sobre una ruta pre programada, va tomando los puntos de un pasillo, o corredor, que de acuerdo a la altura de la aeronave, presenta un mayor o menor ancho de cobertura exploratoria. Estos sistemas montados en helicópteros, cubren más o menos 200 metros, lateralmente al eje de vuelo. Montado a bordo de aviones, se efectúan vuelos más altos y los pasillos o corredores pueden alcanzar el ancho de un kilómetro. También van equipados de un sistema GNSS por lo general RTK, o Cinemático con post proceso, que conjuntamente con el IMU, o sistema Inercial, proporcionan puntos de coordenadas con valores de error inferior a los dos centímetros. Estos sistemas, conjuntamente con una cámara digital, son las bases de la fotogrametría moderna. Ya en nuestro país existen varias empresas, que están levantando corredores para diseño de vías férreas o estudios de líneas eléctricas. Sería deseable que al menos los organismos del estado posean y trabajen con estas tecnologías, ya que desde el punto de vista económico, compite con los métodos clásicos de levantamientos de terrenos, sumado a la velocidad con que se puede ajustar cualquier cronograma de proyecto si se trabaja en esta forma.

Aplicaciones de los ESCANERES según Tecnología de Medición.

Existen muchos trabajos, donde las distancias entre los objetos a levantar y el escáner, nunca pasan de los 70 metros, este es el caso de la mayoría de las fachadas, bóvedas y otros

					
HDS 3000 Leica Geosystems	GX Trimble	LMS-Z420i Riegl	IMAGER 5003 Zoller+Fröhlich	LS 420 HE 20 Faro Technologies	CPW 8000 Callidus

elementos de los edificios históricos, también en el levantamiento o catastro de plantas industriales, refinerías, estaciones de flujo, patio distribuidor de corriente, salas de maquinas,



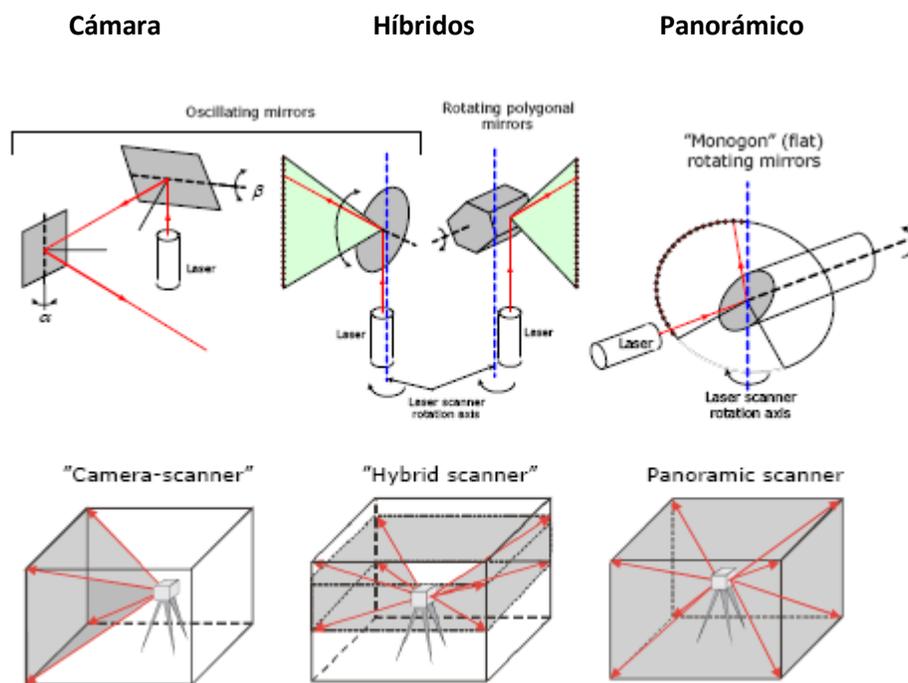
etc., etc., etc. Y al mismo tiempo, se desea una gran densidad de puntos, de todos los objetos, bien sea, para la restauración posterior del monumento, en el caso de un patrimonio nacional, o que se desee conocer las deformaciones, entre escaneos, realizados en diferentes épocas, a tuberías, reactores, pantallas protectoras de concreto, o cortinas y taludes de represas y demás. En estos casos, es necesario un escáner, que en forma rápida, tome una gran densidad de puntos, con distancias

menores entre ellos a 2 mm., o tal vez 0.5 mm entre cada punto medido. Para cumplir con lo anteriormente expuesto, los del tipo de Desplazamiento de Fase se prestan excelentemente para estas aplicaciones.

Sin embargo, existen otras situaciones, donde necesitamos realizar levantamientos de escenarios a grandes distancias, como un gran condominio industrial para tanques, la medición de las deflexiones de un puente, como pudiera ser el del Lago de Maracaibo, o situaciones de un frente minero, y en estos casos, necesitamos realizar escaneos a distancias hasta de 2 Km, con escáneres de Tiempo de Vuelo de Señal, los cuales nos facilitan precisiones mejores que 1 cm, y trabajan en forma confiable.

También con frecuencia, se suelen clasificar los escáneres dependiendo de la ventana de visibilidad de los mismos, que está asociada a su tecnología óptico-mecánica. Los tipos de escáner de acuerdo a la visibilidad son:

----- **Tipo cámara.** Por lo general el cuerpo no gira horizontalmente y su campo de vista está limitado a ángulos desde 30 a 45 grados en horizontal, y unos 60 grados máximos en vertical. Están bastantes limitados a un ancho de escena específicos, y consisten desde el punto de vista óptico, en un espejo interno que incrementa su ángulo horizontalmente, para que otro espejo interno realice un barrido desde arriba hacia abajo o viceversa, disparando el Laser en los incrementos adecuados al sistema. Escáneres de este tipo, son los de TRIMBLE GX, y OPTECH ILRIS entre otros. Se denominan tipo cámara, porque su visibilidad, campo de acción y operatividad, son muy parecidos a los de una cámara de fotogrametría terrestre.



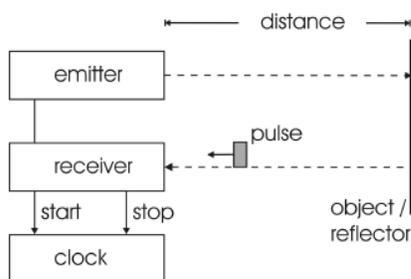
----- **Híbrido.** El cuerpo del equipo gira a pequeños intervalos horizontales, y en cada intervalo, el espejo oscilante se mueve desde arriba hacia abajo en forma similar a los del tipo cámara, entre estos están el F+Z, el cual es similar en forma, a una estación total topográfica. Existen otros como por ejemplo los de RIEGL, que tienen en vez del espejo oscilante, un prisma giratorio poligonal, a alta velocidad, y realiza un barrido súper rápido, como es en el caso del RIEGL VZ-400 que toma puntos a velocidades de 128 mil por segundo, siendo éste el más rápido en ésta categoría. Con algunas limitaciones en el barrido vertical, puede girar 360° y tomar todo lo que tiene alrededor.

----- **Panorámico.** Estos escáneres giran horizontalmente, y tienen a sus vez un espejo rotativo vertical de alta velocidad, que les permite tomar prácticamente todo lo que tienen a su alrededor, exceptuando la parte inferior donde está situado el trípode. Suelen ser del tipo de Desplazamiento de Fase, como consecuencia, limitados en distancia, y algunos como el Callidus o los de Faro, suelen muestrear a velocidades, hoy día, superiores al millón de puntos por segundo.

Parámetros utilizados en el Escáner.

Si le echamos un vistazo a cualquier folleto de escáner, nos encontraremos con unos datos que posiblemente no nos sean familiares, se pretende con lo que continúa, que cualquier usuario potencial de escáner, sepa interpretar correctamente los parámetros que lo identifican, y entre los principales están los siguientes:

----- **Tecnología.** Previamente hemos definido los escáneres que se basan en Medición por Tiempo de Vuelo de la señal, o los que se basan en el Desplazamiento de Fase Modulada. Los dos tipos son de construcción interna completamente distintos, y como adelante veremos, se usan en tareas diferentes.



Vemos a la izquierda el esquema para cálculo por **Tiempo de Vuelo** y más abajo la fórmula que se emplea para el cálculo de la distancia. Por ejemplo, si deseamos aplicar la fórmula para calcular el tiempo de vuelo de 1 mm es decir 0.001 metro, tenemos lo siguiente:

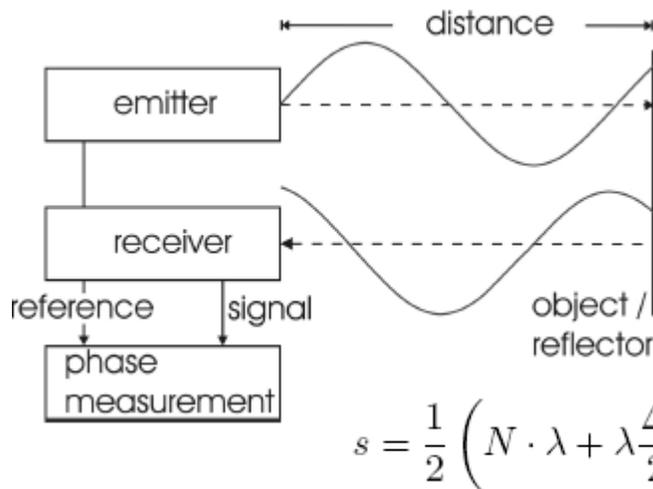
$$s = \frac{c}{2} \cdot \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{2 \cdot \Delta s}{c} = \frac{2 \cdot 0.001 \text{ m}}{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}} = 6.7 \cdot 10^{-12} \text{ s} = 6.7 \text{ ps.}$$

Cuyo resultado de 6.7 picosegundos, se medirá la distancia de 1 mm.

En el método de **Desplazamiento de Fase, denominado AMCW, Modulación de Amplitud Continua por Onda**, la situación es algo diferente; se compara la fase de salida de la onda, con la

fase que la misma exhibe al regresar, y dependiendo de la frecuencia de modulación, se extrae, “lambda” o la longitud de onda, para calcular la ambigüedad y la distancia total recorrida por el Rayo Laser.



S representa la mitad de la distancia, que como vemos es función del número entero de longitud de onda, mas la fracción que corresponde al cambio de fase de la misma.

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

----- **Rango de Medición.** El Rango de Medición o alcance del escáner, está primariamente asociado a la Tecnología del mismo. Los de Desplazamiento de Fase suelen tener alcances cortos, con rangos de medición inferiores a los 100 metros, y suelen especificar esta distancia de rango “como la medida sin ambigüedad”, es decir, después de esta medición especificada, el escáner empieza a medir desde cero. Por ejemplo, un escáner cuya ambigüedad está establecida en 78 metros (Z+F), y medimos distancias de 100 metros, la lectura presentada será el exceso de 78 metros, presentara una medición de 22 metros, en ese punto de 100 metros. Por lo tanto, con esta tecnología hay que tomar ciertas precauciones al realizar un escaneo. Si bien esto es un inconveniente, tiene otras ventajas que estudiaremos, y que solo esta tecnología puede suplir.

La tecnología de Tiempo de Vuelo de la Señal, tiene un rango mucho mayor, la mayoría de estos equipos ofrecen alcances entre los 300 a 700 metros, pero fabricantes como Optech y Riegel tienen modelos con alcances superiores a los dos kilómetros.

----- **Tipo de Laser y Potencia de Salida.** A este momento casi todos los LASERES usados en escáner son del tipo infra rojo, invisibles, pero LEICA utiliza un Laser verde, Clase 3R, y las potencias de salida van desde 2 mili vatios hasta 45 mili vatios, por lo que es necesario que definamos, las diferentes Clases de LASER, ya que la clasificación está basada de acuerdo a los daños que estos puedan causar a los organismos humanos, concretamente al sistema ojo y visión.

Clase. Distintivos de la clase

- 1 Seguro para el ojo humano, bajo cualquier condición.

1M Seguro cuando se mira directamente, sin ninguna ayuda óptica, pero puede ser peligroso si se observa por medio de objetos ópticos: lupas, colimadores, etc.

2 Estos son los Láseres visibles, suelen ser seguros si se miran accidentalmente, pero si se observan en forma continua, o si inciden sobre la retina por más de 0.25 seg, se pueden crear problemas.

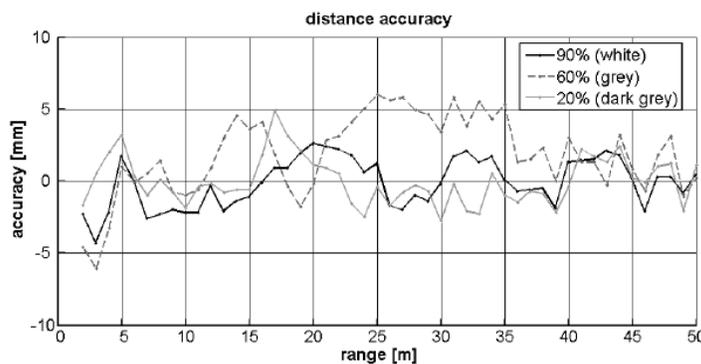
2 M Estos son Láseres visibles, esta clase de Laser es segura si se miran en forma rápida, pero pueden causar lesiones si se miran con cualquier instrumento óptico.

3 R La radiación en esta categoría está calificada de bajo riesgo, pero de peligrosidad potencial. El límite de esta clase es 5 veces el límite aplicable a la clase 1, o a la clase 2 para laser visible. Típicamente lo componen los láseres de onda continua con potencias de 1 a 5 mw.

3 B La radiación en esta clase es peligrosa. Para un Laser continuo la potencia máxima para no hacer daño al ojo humano es de 50 mw. La radiación no solo es peligrosa sino que ocasiona daños también para la piel. Sin embargo se puede ver la radiación en forma difusa.

4 Esta es la clase mas peligrosa de los LASERES, y ver la radiación bien sea en forma directa o difusa es sumamente peligroso. La clase 4 de LASER, es capaz de incendiar objetos, cuando el laser incide sobre ellos en forma directa.

----- **La Precisión.** La precisión, como en cualquier otro instrumento de medición, viene dada por **qué cerca está la medición realizada con el escáner de la medición verdadera**, expresada generalmente como la media cuadrática de las observaciones. De nuevo, se establece el



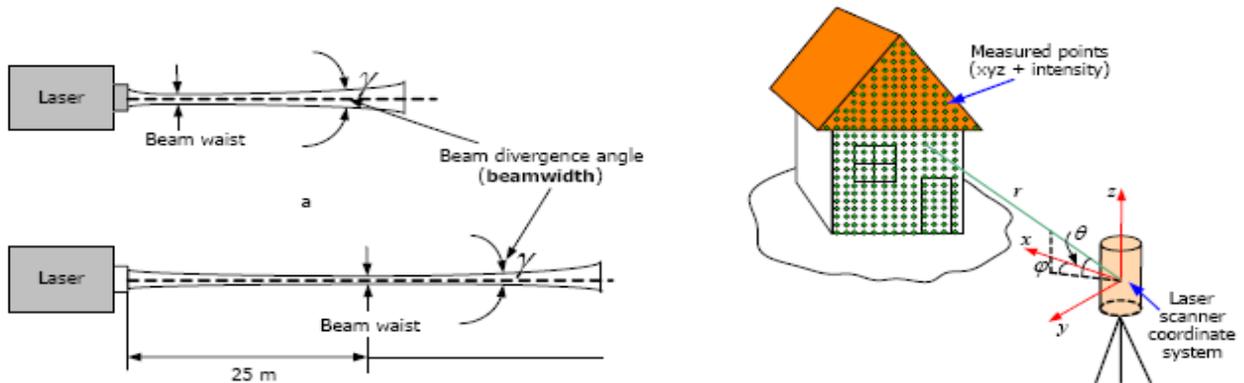
compromiso entre las diferentes tecnologías; el escáner basado en Desplazamiento de Fase con menor rango, son los más precisos, que suelen estar por debajo de los 3 mm en todo su rango de medición. Los basados en Tiempo de Vuelo de la Señal, exhiben a corta distancia una menor precisión, pero queda

completamente compensada a distancias intermedias y largas. Típicamente estos escáneres muestran precisiones entre 5 y 15 mm. Debido a que la precisión está asociada a la reflectancia de los objetos, que mas adelante veremos con detalle, es común que los fabricantes muestren la precisión bajo una reflectancia del 18%.

----- **Repetitividad.** La repetitividad es la capacidad del escáner de mostrar medidas similares para el mismo, o los mismos puntos. Está asociada a la desviación estándar del sistema, que está funcionalmente asociada a los elementos que garantizan estabilidad mecánica, y estabilidad en los patrones de tiempo, así como la estabilidad en la generación de frecuencias, durante el lapso que toma la medición. La repetitividad es muy importante, cuando se desea re escanear toda o

una porción de la escena, ya que los puntos tomados deberían en forma ideal ser los mismos. Los instrumentos de fase suelen exhibir repetitividad a veces por debajo del milímetro, los de Tiempo de Vuelo de la Señal, suelen presentar repetitividad de 3 a 5 mm, la cual es bastante buena para escenarios de medio largo alcance.

----- **Densidad de Puntos. Resolución del Escáner.** De acuerdo a lo que se desea realizar dentro del proyecto, vamos a establecer un compromiso para la densidad de puntos en la toma de la escena. Es decir la densidad de puntos está asociada a la distancia entre los puntos dentro del modelo. A veces queremos una separación máxima entre puntos de 1 mm., por ejemplo, en



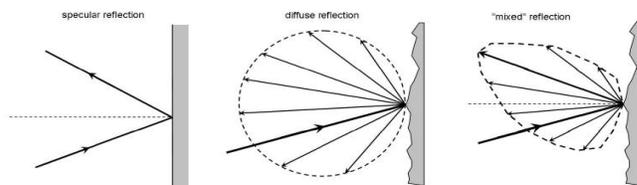
estudios de deformación de una caldera, o de un reactor en una planta de refinación, pero si estamos tomando, las paredes de una edificación o un montón de mineral, para calcular el volumen, realizaremos el escaneo posiblemente con distancias entre puntos de algunos centímetros. Basta decir que a mayor densidad empleada, requerirá mucho más tiempo para realizar el escaneo. Por lo general, los escáneres ofrecen varias densidades de puntos, que como hemos discutido se aplican de acuerdo a la aplicación. Suelen denominarse, fina, intermedia y gruesa. El estudio inicial de un escaneo de 360 grados, posiblemente se realice en la forma gruesa, y posteriormente las partes de más interés, en forma fina. Ya que puede diferir entre unos minutos para la gruesa, y de algunas horas de labores de escaneo, para la medición en modalidad fina, tiempo que depende también de la ventana de visibilidad asignada. No confundamos esta resolución del escáner, o densidad de puntos, con la resolución de la distancia, o la resolución angular, que son expresiones de las unidades mínimas que las mediciones presentan, por ejemplo, la resolución de distancia o unidad mínima en distancia es de 0.1 mm, y la resolución angular está expresada en segundos de arco.

----- **Parámetros Eléctricos.** Es muy importante conocer los parámetros eléctricos, entre los que destacan el Voltaje de operación, consumo de corriente en plena operación, el tipo de baterías, la duración de las mismas, conocer si se pueden reemplazar en caliente o si hay que detener o no, el escáner para hacerlo. Conexión de baterías externas, así como el conjunto de cables y accesorios.

----- **Parámetros Físicos y Ambientales.** Entre los parámetros Físicos, el peso del equipo es importante y deseamos un escáner que pudiese ser tan portátil como una Estación Total. En promedio pesan entre 9 y 14 kilogramos. El SELLADO de la unidad viene especificado por la norma IPX, IEC, y en general, están bien protegidos contra la humedad, así como protección por

lluvia y chubascos. Existen versiones de sellado que incluso califican para trabajar dentro de ambientes altamente explosivos, y por supuesto este estándar adicional incrementa el costo en forma drástica. La temperatura de Operación es muy importante, y en un ambiente tropical, se deben tomar precauciones logísticas a fin de que el escáner no se caliente, ya que el nivel de ruido en la señal aumenta, con la consiguiente pérdida en precisión. La temperatura de trabajo, anunciada por la mayoría de los fabricantes suele ser entre -10° y 40° C, con excepción de Z+F, que especifica hasta los 45 C, y hacen énfasis en que el escáner tiene un dispositivo compensador de auto calibración por temperatura. Respecto a los demás, en un ambiente como el nuestro, se deben tomar precauciones.

----- **La Reflectividad o Reflectancia.** Observamos que la distancia cubierta por el escáner depende en parte de la reflectividad de los objetos a levantar, ésta reflectividad viene expresada en este caso por la relación entre la imagen incidente y la imagen reflejada en porcentaje,



respecto a una dirección específica. También se expresa como la reflectancia de una tarjeta KODAK White ISO o KODAK GREY, las cuales tienen equivalencia con las relaciones porcentuales. Debido a que la relación

señal ruido o S/N, es en parte la responsable de la precisión y de los errores durante la medición, y que la S/N está correlacionada con la reflectancia del objeto, es común que los fabricantes muestren la precisión y rango de distancia del equipo, en base a una reflectancia del 18 %, y sin interferencias externas de ninguna clase.

----- **Formatos de Archivos.** A éste momento, no existe un estándar para los formatos de archivo de los escáneres, cada fabricante por lo general, muestra un formato de archivo en ASCII, generalmente para intercambio con otros programas, y otro formato más complejo en binario, que suele ser mucho más rápido en las operaciones de carga y descarga de las nubes de puntos. También en el mercado existen programas de utilidad para comprimir datos en forma eficaz, uno de ellos el COMPRESOR, está ganando bastante terreno, ya que sobre todo en los LIDAR, o escáner aéreos, los archivos, productos de cualquier trabajo suelen estar en el orden de Giga Bytes. Los formatos más comunes que encontramos como archivos de intercambio son: 3DD, VTP, DXF, OCT, ASCII, SOP, JPB, BMP, TIFF, SDB, LAS, OBJ, STL, PLY, POL, que corresponden a escaneos, nubes de puntos, puntos de control, OP Matrices, imágenes, nubes de puntos organizadas, PoliData, poligonales, secciones, planos y vistas aéreas. La disciplina del escáner está en plena evolución, y ya los colegios e instituciones profesionales están investigando en sus comités para la elaboración de estándares apropiados y eficientes. La mayoría de estos archivos son voluminosos, y requieren de una plataforma con capacidad de proceso rápida, además de un CAD de diseño, que pueda manejar gran cantidad de memoria, y la mayoría hasta ahora de los fabricantes que hemos observado usan Micro Station, como sistema para manipular los productos secundarios de la nube de puntos.

Características de Sistemas Típicos.

Como ejemplo de estas especificaciones vamos a presentar varios escáneres: TOPCON, RIEGL y LEICA, sin menoscabo del resto de las marcas, que sin duda producen productos excelentes, pero no es el propósito presentarlas todas en este estudio. Empecemos por un producto que TOPCON ha presentado recientemente, y que ha puesto en vilo a los fabricantes de los mismos, ya que promete bajar los precios del mercado. El GLS-1000 es un escáner auto contenido, de medio alcance, con un poderoso sistema de comunicación WIFI, que permite incluso el controlarlo, mientras nos encontramos sentados dentro del vehículo. Tiene compensador de doble eje, batería integrada y guarda en su propia memoria. A este anuncio le sigue el realizado el primero de Marzo 2010, el modelo GLS-1500, con velocidad de captura de 30.000 puntos por segundo, los datos aportados por TOPCON están en el apéndice, en ingles original.



CARACTERISTICAS DEL SISTEMA

Alcance Máximo con reflectividad específica	330m al 90%, 150m al 18%
Alcance calculado al 18% de reflectividad	150m . Mantiene el enfoque y la misma precisión desde 1m hasta 150 metros.
Alcance Mínimo	1m
Precisión típica de un solo punto	Precisión en distancia: +- 4mm a 150m
Precisión angular	Angulo vertical: 6" precisión, Angulo horizontal: 6" precisión
Tecnología de Medición	Pulsos, Tiempo de Vuelo de la Señal
Color	Invisible (Laser seguro al ojo humano), se puede usar en Aeropuertos inclusive.
Clase del Laser	Clase 1 / El GLS-1500 tiene una matriz prismática que conserva el enfoque.
Velocidad de escaneo	GLS-1000 captura 3,000 puntos/segundo, y el GLS-1500 toma 30.000 puntos/segundo.
Densidad del escaneo (Resolución)	Punto laser: 6mm at 40m, Densidad Máxima de muestreo: 1mm a 100m
Campo de Visibilidad (Por escan) ----- Ventana de escaneo	Horizontal: 360° (máximo), Vertical: 70° (máximo)
Cámara Digital de Imagen	2.0 megapixels digital camera

PROPIEDADES ELECTRICAS	
Fuente de Poder	Batería en el propio aparato de Litio-ion BT-65Q x4
Consumo de Corriente	<25W
Tiempo máximo de operación	Approx. 4.0 horas por 4 pcs
Intercambio de baterías en caliente	Reemplazo sin apagar (2 por 2)
AMBIENTALES	
Temperatura de Operación	+32°F a +104°F (0°C a +40°C)
Temperatura de Almacenamiento	+14°F a +140°F (-10°C a +60°C)
Sellado al Poli/Humedad	IEC Especificación IP52
FISICAS	
Dimensiones	9.5 in. x 9.5 in. x 22.3 in. (240mm x 240mm x 566mm)
Peso	35 lbs. (16kg) sin baterías y sin base niveladora

Escáner Riegl VZ-400

La conocida tecnología Riegl de análisis de la forma de onda completa de la señal láser (FULL WAVE FORM), utilizada en los escáneres laser aerotransportados LIDAR, se introduce por primera vez en un escáner láser terrestre. Esto permite que el escáner laser Riegl VZ400, pueda superar



zonas de sombra debidas a la vegetación. El nuevo escáner láser Riegl VZ-400 es el primer escáner que usando Tiempo de Vuelo y LASER Clase 1, que alcanza velocidades de adquisición de 125.000 puntos / seg. Su gran alcance (> 500 m) y su precisión (+-4 mm), Y REPETIBILIDAD de +- 2mm, hacen de él un instrumento extremadamente versátil y adecuado, en numerosos campos de aplicación.

El VZ-400, es el único escáner láser terrestre del mercado que tiene un sistema GPS, un sensor de inclinación interno de doble eje y una brújula integrada para la geo referencia y la alineación de los diferentes escaneos realizados, sobre el mismo proyecto.

La adquisición de las tomas de datos, se pueden realizar remotamente a través de interfaz LAN / WLAN, o controladas directamente a través de un teclado y una pantalla integradas en el instrumento, guardando los datos

en una memoria interna (8GB), es decir, a diferencia de otros escáneres que necesitan tener un computador conectado todo el tiempo, el VZ-400 es auto contenido y autónomo.

Características notables:

Alta velocidad de adquisición 125.000 pts. /seg

Peso <10 kg

Reducción de las zonas de sombra debidas a la vegetación por proceso de ecos múltiples.

Sensor de inclinación integrado y plomada óptica laser

Antena GPS integrada

Memoria interna

Interfaz directa con IMU para aplicaciones en movimiento

También el RIEGL VZ-400, a esa alta velocidad realiza proceso de reflexión múltiple, reconociendo varios ecos, por los cuales es posible separar y eliminar la capa orgánica, o las copas de árboles aislados, o zona boscosa. Sin duda alguna, y habiendo oído por colegas que lo han trabajado, las ventajas de este escáner están por encima de cualquier otro, pero a un costo mucho más elevado que los demás también. El RIEGL VZ-400 tiene un precio aproximado de unos 160.000 EUROS. Como vemos es algo costoso, pero debido a su portabilidad y rapidez operativa, se pueden realizar muchísimos escaneos en un solo día, por los que es muy productivo. Existen empresas que lo alquilan a la tasa de \$1000 dólares por día de operación, y todavía compite en costo con los métodos tradicionales, fuera del resto de las otras ventajas.

----- **LEICA escáner C10**

Al final de Noviembre 2009, anunció su nuevo ESCANER C10, con velocidad de escaneo de 50.000 puntos por segundo, diez veces más veloz que su predecesor el Leica 2, pero todavía muy por detrás, del VZ-400, que escanea a la velocidad de 125.000 puntos por segundo. Con la diferencia además de que el Laser usado por LEICA es de la CLASE 3R, en contraste con el Laser de RIEGL que es de CLASE 1, seguro bajo cualquier condición. Escaner C10 de Leica tiene también cámara fotográfica integrada, de resolución media, y esta empresa lo mercadea como una instrumento netamente topográfico. Este escáner es el único que tiene un Laser de color verde y conjuntamente con su paquete de proceso CICLON, hacen una buena llave. Los precios son bastante competitivos y con un gran nombre están en la primera línea del mercado.

Características del LEICA- C10

General	
Tipo de instrumento	Escáner láser de muy alta velocidad, compacto, tiempo de vuelo y con compensador de doble eje, con precisión, alcance y campo de visión a nivel topográfico; cámara integrada y plomada láser
Interfaz de usuario	Control incorporado, notebook o tablet PC
Almacenamiento de datos	Disco duro integrado o PC externo
Cámara	Cámara digital de alta resolución integrada con autoajuste y video zoom

Rendimiento del sistema	
Precisión de medida absoluta	
Posición*	6 mm
Distancia*	4 mm
Ángulo (horizontal/vertical)	60 µrad / 60 µrad (12" / 12")
Precisión**/ruido de superficie modelada	2 mm
Adquisición de objetivo***	2 mm de desviación estándar
Compensador de eje doble	Seleccionable on/off, resolución 1", alcance dinámico +/- S, precisión 1.5"

Sistema de escaneo láser	
Sistema eléctrico	Pulsado; microchip de propiedad
Color	Verde, longitud de onda = 532 nm
Clase de láser	3R (IEC 60825-1)
Alcance	300 m a 90%; 134 m a 18% albedo (alcance mínimo 0,1 m)
Velocidad de escaneo	Hasta 50.000 puntos/seg. velocidad instantánea máxima
Resolución de escaneo	
Tamaño de punto	De 0- 50 m: 4,5 mm (basado en FWHM); 7 mm (basado en Gaussian)
Resolución	Horizontal y vertical totalmente seleccionable; espesado mínimo de < 1 mm, en todo el rango; capacidad de intervalo de punto único
Campo de visión	
Horizontal	360° (máximo)
Vertical	270° (máximo)
Puntería/visualización	Sin paralaje, video zoom integrado
Óptica de escaneo	Espajo de rotación vertical sobre una base que rota horizontalmente; Smart X-Mirror™ gira u oscila automáticamente para lograr un tiempo de escaneo mínimo
Capacidad de almacenamiento de datos	80 GB (disco duro incorporado)
Comunicaciones	Dirección IP (Protocolo de Internet), Ethernet
Cámara digital a color integrada con video zoom	Imagen única 17" x 17": 1920 x 1920 píxeles (4 Megapíxeles) Bóveda completa 360° x 270°; 230 imágenes; video continuo con zoom; ajustes automáticos según iluminación ambiente
Pantalla incorporada	Control de pantalla táctil con lápiz óptico, pantalla gráfica a todo color, QVGA (320 x 240 píxeles)
Indicador de nivel	Nivel de burbuja externo, nivel de burbuja electrónico en control incorporado y software Cyclone
Transferencia de datos	Dispositivo Ethernet o USB 2.0
Plomada láser	Clase de láser: 2 (IEC 60825-1) Precisión de centro: 1,5 mm a 1,5 m Diámetro de punto láser: 2,5 mm a 1,5 m Seleccionable on/off

Sistema eléctrico	
Fuente de alimentación	15V CC, 90- 260 V CA
Consumo de energía	< 50 W promedio
Tipo de batería	Interna: Iones de litio; externa: Iones de litio
Puertos de energía	Interna: 2, externa: 1 (uso simultáneo, conectable en caliente)
Duración	Interna: >3,5 h (2 baterías), externa: >6 h (temp. ambiente)

Entorno	
Funcionamiento ambiental	0° C a 40° C / 32° F a 104° F
Temp. de almacenamiento	-25° C a +65° C / -13° F a 149° F
Iluminación	Completamente operacional entre luz solar brillante y oscuridad completa
Humedad	Sin condensación
Polvo/humedad	IP54 (IEC 60529)

Características físicas	
Escáner	
Dimensiones (Px An xAl)	238 mm x 358 mm x 395 mm / 9,4" x 14,1" x 15,6"
Peso	13 kg / 28,7 lbs, nominal (sin baterías)
Batería (interna)	
Dimensiones (Px An xAl)	40 mm x 72 mm x 77 mm / 1,6" x 2,8" x 3,0"
Peso	0,4 kg / 0,9 lbs
Batería (externa)	
Dimensiones (Px An xAl)	95 mm x 248 mm x 60 mm / 3,7" x 9,8" x 2,4"
Peso	1,9 kg / 4,2 lbs
Fuente de alimentación CA	
Dimensiones (Px An xAl)	85 mm x 170 mm x 41 mm / 3,4" x 6,7" x 1,6"
Peso	0,9 kg / 1,9 lbs

Accesorios estándar incluidos	
Maletín de transporte del escáner	
Base nivelante (serie profesional de Leica)	
4 baterías internas	
Cargador de batería/cable de energía CA, adaptador de coche, cable de cadena tipo margarita	
Cable de datos	
Altimetro y soporte de distancia para altímetro	
Kit de limpieza	
Software Cyclone®SCAN	
Acuerdo de soporte básico CCP de 1 año	

Accesorios adicionales	
Señales de puntería para escaneo HD5 y accesorios de señal de puntería	
Contrato de servicio para Leica ScanStation C10	
Garantía extendida para Leica ScanStation C10	
Batería externa con estación de carga, fuente de alimentación CA y cable de alimentación	
Cargador profesional para baterías internas	
Fuente de alimentación CA para escáner	
Trípode, estrella de trípode, base rotante	

PC notebook para escaneo con software Cyclone	
Componente	requerido (mínimo)
Procesador	Pentium M 1.7 GHz o superior
RAM	1 GB (2 GB para Windows Vista)
Tarjeta de red	Ethernet
Pantalla	Tarjeta gráfica acelerada SVGA u OpenGL (con los últimos controladores)
Sistema operativo	Windows XP Professional (SP2 o superior) (32 ó 64) Windows Vista (32 ó 64)

Opciones de control	
Pantalla táctil a todo color para control de escaneo incorporado	
Software Leica Cyclone SCAN para ordenador portátil (vea la hoja de datos de Leica Cyclone SCAN para consultar la lista completa de las características)	

Información de pedido	
Póngase en contacto con Leica Geosystems o sus representantes autorizados	

Todas las especificaciones pueden modificarse sin previo aviso.
 Todas las especificaciones de precisión ± son uno sigma siempre que no se especifique otra cosa.
 * A alcance de 1 m - 50 m, uno sigma
 ** Sujeto a metodología de modelado para superficies modeladas
 *** Ajuste algorítmico para señales de puntería HD5 planas
 Δ Los requisitos mínimos para operaciones de modelado son distintos. Consulte las especificaciones de la hoja de datos de Cyclone
 Láser clase 2R conforme a IEC 60825-1 o EN 60825-1
 Láser clase 2R conforme a IEC 60825-1 o EN 60825-1
 Windows es una marca registrada de Microsoft Corporation. Otras marcas registradas y nombres comerciales son propiedad de sus respectivos propietarios.
 Las ilustraciones, descripciones y especificaciones técnicas no son vinculantes y pueden modificarse.
 Impreso en Suiza - Copyright Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Suiza 2009.
 776146es - 0609 - RDV

Escáneres por Desplazamiento de Fase. Ejemplos.

A este momento, los escáneres TOPCON, RIEGL y LEICA que hemos comentado, son los tres, de tecnología de Tiempo de Vuelo de la señal, y ya conocemos sus principales características, ventajas e inconvenientes, es interesante que dediquemos unos párrafos, a otro grupo de Escáneres TLS que utilizan la tecnología de Desplazamiento de Fase. En este grupo de equipos están los Z+F, similares a una Estación Topográfica convencional. Este equipo es sumamente cotizado en proyectos donde los levantamientos se hacen a corta distancia, menor a 79 metros que es su rango máximo, pero que necesitan de una gran precisión.



Su exactitud es de un par de milímetros, la velocidad de este escáner llega hasta 500.000 puntos por segundo, y podemos especificar resolución sub milimétrica, es decir, separación entre puntos, menor a un milímetro. Es muy usado para medición de deformaciones, en reactores nucleares, cortinas de presas, puentes y estructuras críticas, así como en el levantamiento y construcción, de aviones, barcos, submarinos y otros mega equipos.

Intervalo de Ambigüedad: 79 m Rango Mínimo: 0.4 m
Rango de Resolución: 0.1 mm Velocidad de Medición: 508 000 puntos/sec.
Error lineal hasta 50m: 1 mm Rango del ruido a 10 m: 1.2 mm
Con Reflectividad al 10% (negro): 1.2 mm rms
Con Reflectividad al 20% (gris oscuro): 0.7 mm rms
Con Reflectividad al 100% (blanco): 0.4 mm rms
Desviación por temperatura. (10°a 45°C): despreciable debido a su referencia interna
Laser: visible
Divergencia del rayo: 0.22 mrad
Diámetro a 1 m de distancia: 3 mm circular
Laser clase: 3R (ISO EN 60825-1)
Sistema vertical: Espejo rotativo
Sistema horizontal: Dispositivo que gira
Campo de vista vertical: 310°
Campo de vista horizontal: 360°
Resolución vertical: 0.0018°

Resolución horizontal: 0.0018°

Exactitud vertical: 0.007° rms

Exactitud horizontal: 0.007° rms

No podemos dejar de mencionar los equipos de FARO, ni tampoco los de CALLIDUS, ambos de alta velocidad, 950.000 puntos por segundo, con características muy singulares en ambas marcas. En FARO existen dos modelos, uno con alcance de 20 metros y otro con alcance de 120, y precisión según el fabricante de +- 2 mm. Estas empresas producen sus propios programas de post proceso.

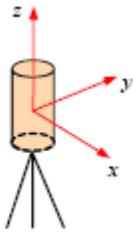
CALLIDUS es un híbrido entre tecnologías de Tiempo de Vuelo y Desplazamiento de Fase, de estos CALLIDUS han surgido los modelos que mercadea TRIMBLE para escaneo industrial, ya que a comienzos del 2009, compraron la empresa Alemana. Utilizan un espejo rotativo y su ventana de escaneo es bastante alta, 360° x 320°, prácticamente sólo la parte inferior, o suelo del escáner es invisible, son bastantes modulares, y según el fabricante, se pueden reemplazar sin mucho problemas grandes partes del instrumento, y se envían a la planta para su inspección. Debemos hacer notar que tanto el Z+F, Faro y Callidus usan laser en la clase 3R, por los que se deben tomar las precauciones correspondientes, para no causar lesiones a nadie en la vista.



Por último para cerrar este capítulo de modelos, debemos presentar los escáneres de larga distancia, o equipos que son capaces de realizar mediciones hasta más de 2 km inclusive. Entre estos están el ILRIS de OPTECH, que con un Láser clase 1, inofensivo ante cualquier situación, alcanza 2 km con precisiones de +-1 cm. También el modelo de RIEGL LMS-Z620, es un escáner fuerte, rígido, confiable, con cámara montada en la parte superior, con doble compensador, vertical y horizontal, y con GPS que le permite sincronizar las secuencias de escaneo al tiempo universal, poniendo una etiqueta de tiempo en las escenas que va tomando, de esta forma es más fácil la sincronización posterior, sobre todo en trabajos dinámicos.

Sistemas de coordenadas usadas en el escáner.

Los escáneres, al tomar en sus imágenes 3D los elementos de las escenas circundantes, en la denominada nube de puntos, nos deben permitir que las coordenadas de dichos puntos, pertenezcan a un sistema Espacial específico, que de acuerdo, a la aplicación del proyecto, es escogido como óptimo para el mismo. Si es una aplicación donde se utilizan coordenadas UTM, por ejemplo en un catastro, o en un corredor de tuberías, o en un Sistema de Información Geográfica, estas UTM suelen hoy día estar referidas al sistema REGVEN, pero indiferentemente pudiesen estar en el antiguo Datum La Canoa o en un Datum Local. Sin embargo, si tenemos un proyecto, en una planta refinadora, donde se buscan deformaciones, o reemplazos de elementos vencidos, buscamos soluciones prácticamente al milímetro, y no nos conviene topar, con las deformaciones por error de escala de una proyectiva, por lo que en estos casos se usan coordenadas locales de planta X, Y, Z con un origen arbitrario. Por lo cual



concluimos, que el sistema de coordenadas en que trabajan los escáneres, puede ser cualquiera, que sea el apropiado para el proyecto. En éste tipo de aplicaciones, se suele medir en forma muy precisa, bien sea por sistema GPS, o por métodos de topografía tradicional, una poligonal de control, alrededor del área de trabajo, donde los puntos de control suelen estar bien protegidos, y en los mismos, nos vamos a estacionar para permitir que el escáner genere sus coordenadas para tener consistencia con las coordenadas del proyecto. La forma de orientar el equipo es muy similar a la usada en estaciones Totales, como vamos detallar más adelante.

Otra forma de orientar el escáner, a posteriori, en la oficina, es mediante las esferas reflectivas, que son fácilmente identificables en la imagen, construidas de material reflectante que se posicionaron sobre puntos comunes a varios escaneos. Las esferas reflectivas tienen un diámetro grande, el escáner toma los puntos que ve sobre la superficie de la esfera, y después por la ecuación general de la misma, se calcula el centro, que se integra a la escena escaneada a nivel de pixel, para en esta forma dar precisión a la orientación del equipo. Recordemos que con cuatro puntos se calcula el centro de la esfera correspondiente, pero en nuestro caso se toman multitud



de puntos, y se le aplican algoritmos de minimización de errores. En caso de querer orientar el escaneo en esta forma, o a veces, en el caso de escaneos múltiples para un mismo proyecto, se dispone de que al menos tres esferas comunes se puedan visualizar en los diferentes escenas, para así poder usar el método de transformación HELMERT con tres puntos comunes. Otra metodología es la denominada ICP, “Iterative Closest Point”, o “Método Iterativo del Punto más Cercano”, el cual con ciertas refinaciones del mismo, está en boga para, pegar en cierta forma, diferentes escaneos, desde diversos Puntos de Vista, para la misma escena. Toma áreas comunes a las dos escenas, y mediante algoritmos de correlación establece planos en ambos escaneos, y los va moviendo hasta minimizar el error. Este método ICP, se utiliza también en los escáneres médicos, para pegar imágenes espacialmente tomadas desde diferentes ángulos, como pudiera ser la tomografía de un cerebro humano.

Programas de Control y Post Proceso.

Las funciones disponibles en el post proceso se vuelven cada día más complejas y demandantes, no solo del usuario, sino del productor del software, ya que debido a los seminarios y congresos que se realizan en esta especialidad, todos los sectores de la industria, tratan de implementar las ventajas que los proyectos, o experiencias alcanzadas por la competencia, han producido durante un lapso anterior, por lo que sorpresivamente cada año, o en cada versión, encontramos un montón de nuevos elementos a implementar.

Mostraremos un software típico de RIEGL denominado RISCAN PRO, donde encontraremos las funciones que ofrecen estos paquetes avanzados de post proceso. RISCAN PRO

puede ser definido como un software de Visualización, Adquisición y Post Proceso donde vamos a encontrar los siguientes grupos de elementos y sus correspondientes funciones:

----- **Control del Proyecto:**

Apertura del Proyecto: Abre la carpeta que corresponde al proyecto, asignando un nombre al mismo.

Guardar el Proyecto: Cierra el Proyecto y lo guarda en su carpeta correspondiente.

Importación de Datos: 3DD, VTP, DXF, OCT, ASCII, SOP, JPB, BMP, TIFF, SDB, LAS, OBJ, STL, PLY, POL. Importa escaneos, nubes de puntos, puntos de control, xOP Matrices, imágenes, nubes de puntos organizadas, PoliData, poligonales, secciones, planos, vistas aéreas.

Exportación de Datos: 3DD, VTP, DXF, OCT, ASCII, SOP, JPB, BMP, TIFF, SDB, LAS, OBJ, STL, PLY, POL. Exporta escaneos, nubes de puntos, puntos de control, xOP Matrices, imágenes, nubes de puntos organizadas, PoliData, poligonales, secciones, planos, vistas aéreas.

----- **Adquisición de Datos**

Adquisición de Escan: **Adquisición** de escaneos en 3D o 2D de acuerdo a un formato establecido por defecto. Activa el escáner y establece parámetros.

Adquisición de Imagen: Adquisición de imagen por medio de una cámara digital.

Adquisición de Datos GPS asociados al escan: Los Datos GPS asociados al escan.

----- **Orientación inicial de Coordenadas del Escáner**

Por Puntos de Control: Se asocian unos puntos de control conocidos, dentro del área de escaneo, que por lo general están representados por esferas reflectivas.

Por Vista Atrás al Punto de Referencia: A igual que en una Estación Total Topográfica, el escáner se orienta, estacionándolo, sobre un punto de coordenadas conocidas y se mira hacia otro punto conocido, denominado Punto de Referencia, o vista atrás.

Por Acimut y Coordenadas de Arranque específicas: Muy similar a la topografía clásica, se estaciona sobre un punto conocido, y apuntamos a otro donde tenemos establecido el acimut de referencia.

----- **Post Proceso de Datos y Evaluación**

Cierre de Huecos: Tapa huecos donde faltó datos debido a sombras, lo realiza interpolando los datos circundantes. Esto es un compromiso, que muchas veces hay que solucionar, regresando y retomando estas áreas oscuras no tomadas por el equipo.

Re Escaneo de puntos: En forma raster, restablece los datos.

Eliminar Puntos: Borra y Edita los puntos a conveniencia del proyecto.

Colorear el Escan: Da colores o seudo colores al escaneo, digamos que diferentes colores a cada nivel de cota, altura o planos.

Filtrar Datos: Aplica diferentes filtros para reducción o segmentación de nubes de puntos o de las mallas. Suelen ser filtros estadísticos.

Triangular Los Escaneos: Crea redes de triángulos o modelos DTM.

Suavización y Decimación de Datos: Los datos se pueden suavizar, eliminando ciertas rugosidades o a veces manchas indeseables, debido a un exceso de ruido en la señal.

Orientación de Imágenes: Cierta clase de georeferenciación de las imágenes fotográficas.

Texturización: Ajustar la textura deseada

Creación de Ortofoto: Las Ortofotos creadas son muy similares a las de la Fotogrametría terrestre clásica.

Creación de Geometría en Objetos: Los objetos se geometrizan e insertan en catalogo.

Medición de Coordenadas: Se miden las coordenadas de cualquier elemento, en forma directa o por interpolación o extrapolación del modelo digital.

Medición de Ángulos y Acimut: Los Ángulos entre líneas con sus respectivos acimuts, son medidos en la escena.

Medición de Distancias: Las distancias entre puntos se determinan.

Medición de Aéreas Y Volumen: Áreas y Volumen de zonas de interés.

Visualizador de Imágenes: Funciones especiales para visualización.

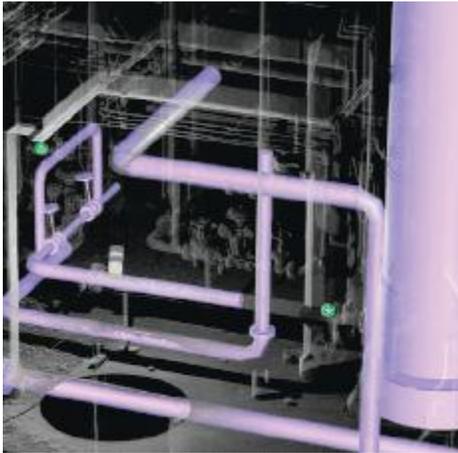
Vistas Panorámicas: Genera Vistas panorámicas.

Creación de Animación: Animaciones en los últimos estándares.

La Cámara Fotográfica y toma de Imágenes.

La mayoría de los TLS, toman fotografías de las escenas al mismo tiempo que se escanea. En esta forma, las imágenes superpuestas a sus correspondientes nubes de puntos, muestran un escenario más natural. También para la elaboración del dibujo en forma manual, o para la

optimización de planos en el post proceso, la imagen es de gran ayuda para montar las líneas, planos, fachadas, esquinas y puntos de quiebre en el panorama del escaneado. Hasta ahora las cámaras han sido casi todas, montadas externamente, encima del escáner, en general de la marca Nikon y algunas Canon, con lentes previamente calibrados para correcciones de deformación geométrica principalmente, y sólo un par de fabricantes han montado la cámara fotográfica dentro del equipo, y no tienen la gran resolución de estas cámaras externas. Las imágenes se geo referencian en forma casi automática por los mismos puntos de control que se utilizan para orientar el escáner, y muchos programas las procesan a nivel de pixel, entregando entre otros productos, imágenes orto rectificadas, muy similares y en cierta forma reemplazando, a las obtenidas mediante la fotogrametría terrestre. Existen trabajos interesantes donde en el mismo lugar, se han realizado levantamientos fotogramétricos terrestres, y se ha escaneado en paralelo y tomado la foto, con su correspondiente post proceso, para comparar la mayoría de los parámetros entre los dos métodos, y se concluye que realmente esta tecnología, reemplaza la fotogrametría terrestre clásica.



Proceso con Software del propio fabricante.

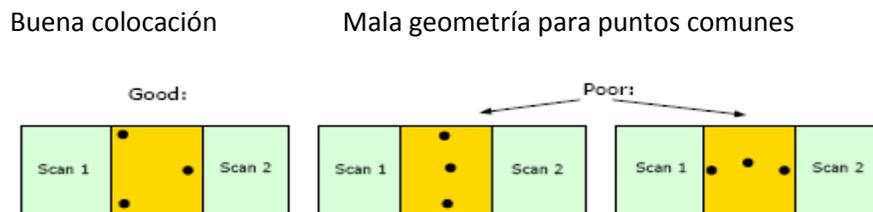
Los fabricantes de cada marca de escáner, suplen a este momento, los programas para la descarga de datos, o nube de puntos, y también incluyen en sus paquetes ciertas capacidades limitadas de post proceso, entre las que figuran, las labores de edición de los puntos o escenas, como también la mezcla o fusión de grupos de imágenes, tomadas desde diferentes ángulos del lugar de escaneo. También suelen realizar algunas funciones asociadas con la reflectancia, e iluminación de la escena, para corrección de sombras, o defectos de resolución encontrados en las mismas. De la nube de puntos en general, se extraen mapas 3D, Perfiles, Cálculos de Volumen y Área, así como la generación de Modelos Digitales de Terreno o DTM. En otras aplicaciones se modelan la pendiente y líneas de quiebre, para extraer canales de recogida de aguas, y muchas más tareas, por lo general complejas, para terminar integrándolas en un CAD de diseño, por lo que las empresas independientes de Software, están creando paquetes especializados que son muy bien acogidos por los proyectistas y usuarios de los escáneres.

Software especializado para el post proceso.

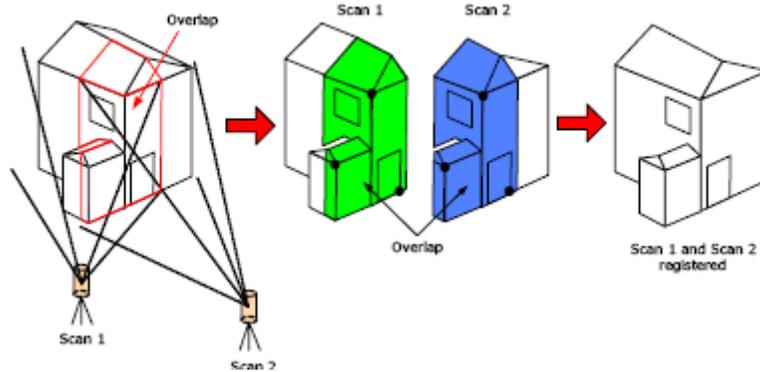
Como anteriormente mencionamos, cada día son más las empresas independientes de Software, que desarrollan paquetes exclusivamente para TLS, y esto es debido a los diagnósticos tan favorables de crecimiento que este sector de la industria viene reportando. Algunas de estas empresas ya tienen un alto renombre, e instituciones y empresas fabricantes de vehículos entre otras están usando de sus productos, se trata de PolyMorphic que con POLIWORKS está poniendo estándares que antes no existían. En Italia el grupo CUBIC, tiene un paquete denominado CUBIC que realiza funciones como post proceso automático de elementos geométricos en la nube de puntos. En Canadá y Alemania existen varias empresas de avanzada en el desarrollo de software para los escáner.

Hay una pregunta muy común entre topógrafos que no trabajan todavía con TLS, pero que han usado estaciones totales y otros equipos modernos y es “ Qué hacer después de tomada la nube de puntos? ”, respondiendo a la pregunta, lo primero que se realizará es descargarla, editarla , limpiar, y al igual que otro trabajo de topografía delinear las áreas de interés sobre cualquier paquete CAD, porque recordemos que el escáner recoge una nube de puntos y sin distinción ahí están las líneas y planos del conjunto.

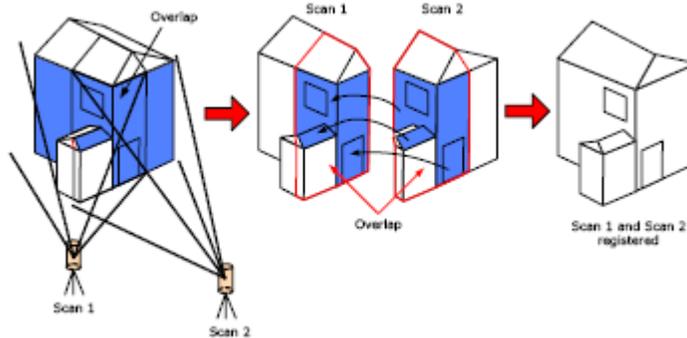
Los paquetes de aplicaciones de algunos fabricantes no incluyen por ejemplo la Orientación Automática del Modelo, o lo que en topografía denominamos Arranque inicial, y a veces menos aún el pegado o conexión de dos escaneos, realizados desde dos puntos de vista diferentes, para lo cual necesitamos al menos tener tres puntos comunes en los dos escenas. Mostramos la forma correcta e incorrecta de implementar los puntos comunes para pegar dos escenas.



Vemos en el ejemplo una forma de tener los tres puntos comunes en los dos escaneos. El vértice superior de la casita pequeña, la bisagra inferior de la puerta y un vértice del plano superior de la fachada, forman una estructura triangular común en ambas escenas. Los puntos suelen marcarse con una gran zoom, con el mouse, y especificamos los más pequeño que podamos. A veces se ponen los espejitos o mini prismas o las esferas reflectivas que en capítulos anteriores mencionamos.



Otra técnica que se emplea es la orientación automática por planos comunes. Se recurre a posicionar el escáner de forma tal que en la siguiente escaneada, existan algunos planos, que pueden ser de fachada, o de tejado y que sean comunes con el escaneo anterior, utilizan algoritmos basados en la relación pendiente acimut de planos determinados.



El modelo compuesto mantendrá sus coordenadas y la orientación del plano correcta, los dos escaneos desde dos puntos de vista diferentes, se unirán. Esta labor se repetirá cuantas veces sea necesaria, ya que tendremos a veces proyectos donde se necesitaran gran cantidad de escaneos debido a su complejidad geométrica, por ejemplo una refinería. En la operación de obtener las imágenes conectadas unas con las otras, los programas de orientación automática nos darán residuos finales de errores, el error máximo, el error mínimo, el promedio, los errores del baricentro etc., para en esta forma quedar asegurada la integridad y consistencia de las coordenadas del mismo. Las coordenadas asignadas en este proceso suelen ser relativas en esta etapa, y posteriormente se le aplican coordenadas conocidas a puntos de control, y con una transformación del tipo HELMERT el sistema será reorientado.

La nueva Topografía 3D y los Escáneres Móviles.



El montaje de los escáneres de alta velocidad sobre plataformas móviles, como enunciamos al principio de este trabajo, está creando una verdadera revolución en los levantamientos topográficos aplicados a la vialidad y al catastro. El equipo compuesto por dos escáneres montados sobre los laterales del techo de un vehículo, de tipo pick-up, con cámaras digitales, toman una película al mismo tiempo que los escáneres barren y guardan las nubes de puntos, el equipo completo es coordinado por un

computador, que tiene también conectado un GNSS RTK,(GPS, GLONASS, GALILEO) y un sistema inercial IMU, responsables ambos de mantener la posición al centímetro, y actúa en coordinación con los escáneres, poniendo etiquetas de tiempo y coordenadas a los puntos del levantamiento, realizado a velocidades típicas de 60 a 80 Kilometro por hora.



Cada escáner montado en el lateral del vehículo puede medir puntos a distancias de unos 200 metros, teniendo una visibilidad desde el centro de la vía, solapado por el otro escáner y su margen derecho o izquierdo correspondiente. En los casos de estudios de mantenimiento vial, se realizan repastos en la oficina de lo levantado metro por metro si se desea, con programas especiales, para visualizar y editar, y cuando se visualizan anomalías se considera el PK y situación específica del

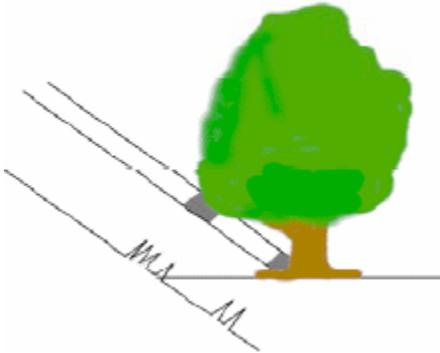
problema, realizando por lo demás operaciones de zoom y detalle de anomalías en el perfil. En estudios de diseño de una vialidad nueva, se realizan una o dos pasadas con el MOBILE ESCANER, sobre la franja en estudio, y nos dará suficiente información, como para con el CAD de diseño, poder crear la vía en forma óptima. Por supuesto, en estos levantamientos rápidos, pueden crearse zonas de sombra, donde necesitemos incluso en las mismas realizar levantamientos de topografía clásica y anexarlos a la nube de puntos del escáner.



En el Catastro es obvio que después de una simple pasada por las calles o avenidas, tendremos el levantamiento de fachadas en tiempo casi real, y posteriormente en el post proceso, asignaremos parcelas con sus códigos correspondientes y su exportación al Sistema de Información Geográfica o SIG. Se trata de sistemas 3D, y ésta nueva topografía se impondrá como un estándar, en muy poco tiempo.

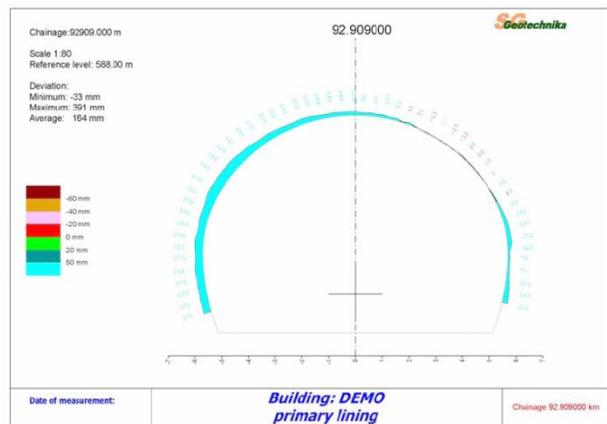
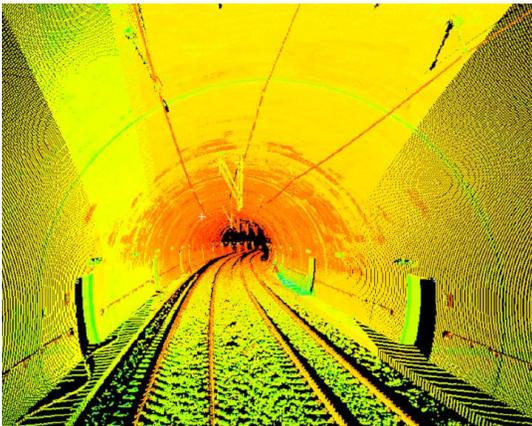
Tomado de los LIDAR aéreos, los escáneres móviles de calidad, e incluso algunos terrestres TLS, como por ejemplo los de RIEGL, están procesando señales multi retorno o multi

eco, es decir, que en la medición de un punto, el haz de luz pasa a través de árboles o vegetación y primero retorna una porción que incidió sobre la copa de los árboles, por ejemplo, y después la parte de señal que incidió sobre el suelo. Suelen recoger hasta tres ecos de un mismo punto, y realizar el proceso de los mismos, lo que permite mediante algoritmos especiales, separar la capa vegetal, o realizar un peeling o extracción de la misma. También los paquetes de proceso más avanzados, están incluso discriminando, ciertas cualidades de la señal reflejada que se asocian a la



naturaleza de los materiales, para en esta forma tener información extra de la luminancia, textura, grano, etc. asociados a los mismos. Esta última parte es muy prometedora en cuanto a post proceso de escenas, ya que pudiesen trabajar en forma similar, con sus limitaciones, a un sensor remoto.

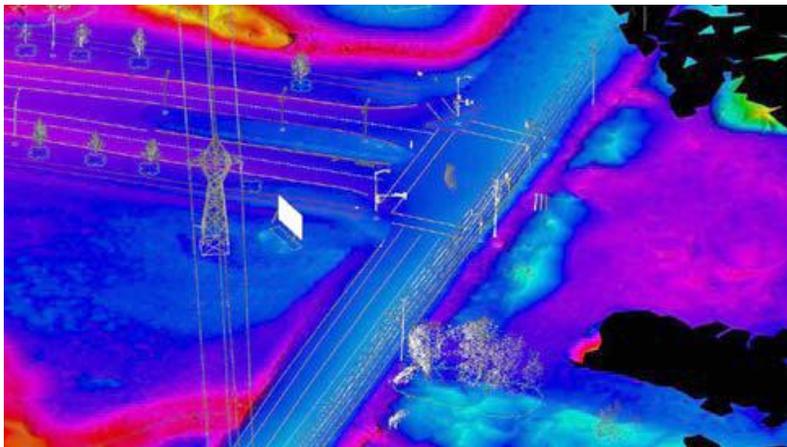
En Europa, concretamente en Alemania, se pueden observar locomotoras preparadas con un escáner en la parte frontal, que en los días críticos de nevadas, realiza escaneos a alta velocidad, tomando las secciones transversales de la vía, comparándolas a un modelo real de la misma, y dando alarmas donde se han producido avalanchas o movimientos de tierras no esperados en ruta. Esto en los casos de avisos de avalanchas, pero también realiza a manera de mantenimiento, pasadas por todas las rutas férreas de Alemania al menos dos veces al año, para verificar que los taludes y los túneles no hayan sufrido deformaciones. Los túneles se chequean, y se comparan también con el modelo teórico de referencia, disponible en la base de datos de esa ruta.



Otra aplicación usual son los corredores para líneas eléctricas, en las siguientes ilustraciones vemos como con el software por ejemplo con Terrapoint, se pueden generar y discriminar los objetos de interés, y aplicar seudocolores a los mismos. Observamos la primera imagen con la nube de puntos con la fotografía en blanco y negro montada sobre los mismos. Se observan los detalles del terreno lateral a la vía, así como detalles de rayado del centro de la vía, los árboles y las torres eléctricas.

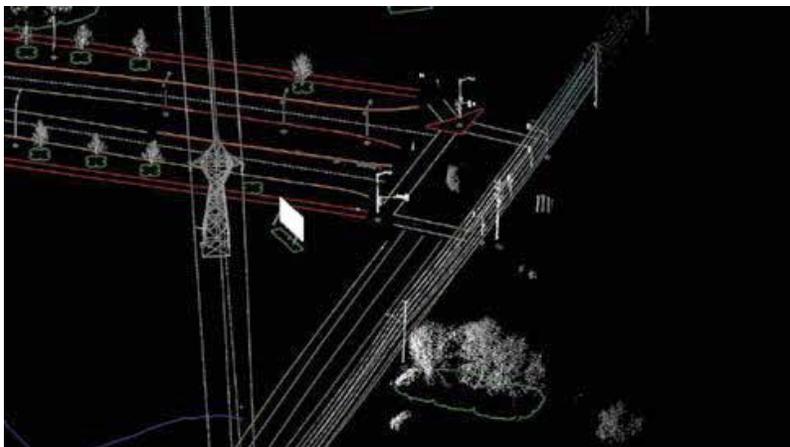


En esta otra imagen, se han separado los diferentes niveles con seudocolores.



En esta última imagen, se separaron las torres, los cables del tendido eléctrico, mediante un proceso de alto contraste.

Concluyendo éste estudio, podemos afirmar que la técnica de los escáneres LIDAR, TLS o los Móviles, va a interactuar en forma cotidiana con las labores de la topografía, cartografía e



ingeniería civil, y que si bien los métodos de levantamiento clásicos continuarán, porque también se han modernizado, el ahorro de tiempo y recursos será tan notable que en trabajos de cierta envergadura el uso de los escáneres se harán imprescindibles.

Aspectos Técnicos del Escaner respecto a su Calibración y Mantenimiento.

Los Escaneres TLS son equipos de gran complejidad, en cuanto a óptica, micro mecánica y electrónica se refiere. La parte óptica, cada día más complicada, implica arreglos de lentes, espejos normales y dicróicos, prismas, obturadores y diafragmas, que debido a los rigores de campo, como son el polvo, la humedad, vibraciones, y a algún que otro maltrato, necesitan regularmente labores de mantenimiento, es decir, hay que limpiarlos, reajustarlos y calibrar sus funciones. Lo mismo ocurre con los elementos de la micro mecánica como, los motores que regulan el obturador, los ejes horizontal y vertical que soportan los círculos de lectura angular, y asimismo los compensadores de nivelación de doble eje. Sin olvidar la actualizaciones que regularmente se le realizan al CPU principal, al de medición de distancias y al sistema escáner en general. Es decir, nos encontramos con un complejo sistema que necesita de vez en cuando, una atención cargada de tecnología, que sólo una empresa, con un buen caudal de conocimiento y conexión con la firma productora del equipo pueda realizar. A éste momento, casi todos los representantes internacionales de estos equipos, los envían al menos una vez al año, a la planta de origen para su ajuste y calibración, lo que no deja de ser bastante costoso, y la mayoría de las veces complicado. Existen numerosos trabajos de investigación, orientados a implementar rutinas de calibración automática de estos equipos, y si bien conocemos muy lo pro y contra de estas rutinas, todavía la revisión casi anual de fábrica está vigente. Incluso en el caso de que la calibración fuese un problema menor, nos encontramos, con que el propio laser al incidir en los espejos y prismas va dejando su huella, y en cierta forma, podemos decir que los “va quemando”, y cíclicamente necesitan reemplazo y su correspondiente ajuste. Igual ocurre con los ejes principales del equipo, así como con sus bujes, cojinetes y rolineras. Ante éste panorama, recomendamos, que la compra se le realice a una empresa, que esté capacitada desde el punto de vista tecnológico, cómo para soportar un equipo de ésta categoría. Y a ser posible, que los ajustes anuales, se realicen localmente, y dentro de las normas de los organismos, que dictan los estándares ISO en el país correspondiente. Fuera de estas rutinas expuestas que son complejas, existen otras de menor importancia, pero que pudieran afectar la productividad en ciertos momentos, o incidir en que el equipo quede inútil temporalmente, como son el mantenimiento de las baterías, de las fuentes de poder, o de los cables de alimentación o de descarga, u otros elementos auxiliares, por lo cual es de suprema importancia, adquirir estos equipos de gente que esté realmente en esta línea tecnológica, y no a importadores de oportunidad que presentan empresas, muy bonitas a la vista, pero sin ningún contenido de este tipo. En nuestros países debemos estar muy alerta, porque a veces con buenas referencias y capital, ciertas empresas, se erigen representantes de firmas, que a la larga tienen que denegarlas, por no poderlas soportar desde el punto de vista técnico, y ya para ese momento, es posible que muchos clientes, hayan pasado por malas experiencias, que pudiesen llegar incluso hasta la cancelación de sus contratos en ejecución por la falta de operatividad del equipo. En conclusión, esté seguro que su producto esté soportado ampliamente, y repetimos el slogan de la creación de MECINCA, “ **No existen buenos instrumentos, si no están respaldados por un buen servicio técnico**”.

Apéndice 1: Topcon anuncia el nuevo modelo de escáner GLS-1500

Topcon's GLS-1500 laser scanner speeds point cloud collection

30,000 points per second

LIVERMORE, Calif. - March 1, 2010 - Topcon Positioning Systems (TPS) announced a new laser scanner, the GLS-1500, that speeds up point cloud collection - 30,000 points per second - in an 'all-in-one' design to reduce the amount of equipment needed in the field.

"Topcon's Precise Scan technology data collection - at 30,000 points per second and a 150 meter range - sets the bar for the industry," Fred Moser, Topcon laser scanner sales manager, said. "The GLS-1500 is 10 times faster than the previous model.

"The GLS-1500 is designed to provide quick and hassle-free setups to save time and improve productivity," Moser said. "Portability, accuracy and dependability are key customer needs. The GLS-1500 meets those needs in an all on-board, one-person instrument, that saves time and labor costs."

It has a built-in 2.0 megapixel digital camera so when connected to a PC and using Topcon's ScanMaster software, a live video feed of the job site can be streamed to aid in scan setup and data acquisition. Also, the GLS-1500 has an onboard data collector with keypad and LCD display which allows it to be used as a stand-alone laser scanner.

Data collected from the GLS-1500 can be stored onboard on an SD memory card or logged into a PC. Moser said, "With the GLS-1500's built-in wireless LAN connection, you can control the scanner on a PC from the comfort of your vehicle."

Topcon's Precise Scan Technology is an innovation that allows consistent, high accuracy measurements over a wide range of distances. Utilizing lens arrays, and SAW filtering, the GLS-1500 provides unparalleled stable and precise accuracy measurements from 1 - 150 meters.



The GLS-1500 features include:

- 30,000 precise points per second. 10 times faster data collection than previous models;
- Precise Scan Technology for industry-leading clean point cloud data;
- Lens array optics technology to maintain distance accuracy from 1-150 meters;
- Additional ranging past 330 meters;
- Onboard scan control software stores scan data and images to a standard SD card for easy download;
- Eye-safe and invisible Class 1 laser.

"With the Class 1 laser classification, users can scan near airports, busy traffic areas, and populated areas with no effect to the people or the environment." Moser said. The use of a Class 1 invisible laser offers the benefit of low power consumption. "With lower power consumption, the GLS-1500 can operate for longer times with fewer battery changes and that saves time on the job."

Moser said, "The GLS-1500 has what the operator needs onboard in the field - in one instrument. It is yet another example of Topcon's 'field-to-finish' solutions for surveyors and civil engineers."

Topcon Positioning Systems, Inc. (TPS) designs and manufactures precise positioning products and solutions for the global surveying, construction, agriculture, civil engineering, mapping and GIS, asset management and mobile control markets. TPS' parent company, Topcon Corporation (Tokyo Stock Exchange - 7732), was founded in 1932.

