



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

**CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO
AMBIENTE**

PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE UN SISTEMA DE ESCANEADO DIGITAL Y
CONSTRUCCIÓN DE OBJETOS 3D DE CORTO ALCANCE”**

**REALIZADO POR:
COLLAGUAZO CHANGO DIANA CAROLINA**

SANGOLQUÍ – ECUADOR

JULIO – 2013

CERTIFICACIÓN

Ing. Pablo Pérez

Ing. Alexander Robayo

Certifican:

Que el trabajo titulado “ANÁLISIS COMPARATIVO DE UN SISTEMA DE ESCANEEO DIGITAL Y CONSTRUCCIÓN DE OBJETOS 3D DE CORTO ALCANCE”, realizado por la señorita Diana Carolina Collaguazo Chango, ha sido revisado periódicamente, cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de estudiante de la Escuela Politécnica del Ejército. El trabajo en mención consta de dos empastados y dos discos compactos los cuales contienen el documento en formato portátil de Acrobat (pdf).

Sangolquí, Julio de 2013

Ing. Pablo Pérez

DIRECTOR

Ing. Alexander Robayo

CODIRECTOR

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Diana Carolina Collaguazo Chango

Declaro que:

El proyecto de grado titulado “ANÁLISIS COMPARATIVO DE UN SISTEMA DE ESCANEADO DIGITAL Y CONSTRUCCIÓN DE OBJETOS 3D DE CORTO ALCANCE”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuente se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, Julio de 2013

Diana Carolina Collaguazo Chango

AUTORIZACIÓN

Yo, Diana Carolina Collaguazo Chango

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del proyecto de grado titulado “ANÁLISIS COMPARATIVO DE UN SISTEMA DE ESCANEADO DIGITAL Y CONSTRUCCIÓN DE OBJETOS 3D DE CORTO ALCANCE”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, Julio de 2013

Diana Carolina Collaguazo Chango

DEDICATORIA

Este presente trabajo se lo dedicado a mis padres adorados a los cuales amo mucho, con un pequeño poema.

*"Enseñarás a volar,
pero no volarán tu vuelo.*

*Enseñarás a soñar,
pero no soñarán tu sueño.*

*Enseñarás a vivir,
pero no vivirán tu vida.*

*Sin embargo...
en cada vuelo,
en cada vida,
en cada sueño,
perdurará siempre la huella
del camino enseñado."*

Madre Teresa De Calcuta

Gracias padres míos por hacerme la gran persona que hoy en día soy.

A dos seres incondicionales que son mis hermanos, que siempre han estado ahí para brindarme su apoyo afectivo y moral.

A mi familia y amigos que siempre creyeron en mí, a los cuales estimo demasiado.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y hermanos por su ayuda.

A mis maestros que supieron brindarme los conocimientos apropiados para esclarecer ideas.

PRÓLOGO

La manera con la cual se ha desarrollado a medida que pasa el tiempo los levantamientos de tipo topográfico y fotogramétrico en diferentes disciplinas el valor de los monumentos, edificios, estatuas e iglesias son importantes para el conocimiento histórico del país, porque hacen recordar lo grandes que fueron nuestros antepasados y sus orígenes, son considerados como testimonios necesarios de épocas pasadas, constituyen una parte apreciable de los elementos constituidos de la identidad nacional. En particular de los libertadores, es un reconocimiento a la grandeza de sus actos.

En vista de la necesidad de obtener información actualizada de los monumentos históricos, del requerimiento y esfuerzo para la preservación y construcción de dichos recursos, el Estado invierte recursos económicos para la conservación del patrimonio

Existen en el mercado tecnológico y experimental, varios mecanismos para la obtención y medición de objetos como es el caso de la fotografía terrestre y con el actual avance tecnológico y electrónico se pueden realizar procesos de restituciones y modelamientos 3d para determinar el cálculo de material, que se emplea para cumplir el objetivo.

La restitución digital de dichos emblemas mediante técnicas fotogramétricas en la actualidad alcanza grandes expectativas al ser comparadas con un sistema de escaneo digital, entre estas técnicas se encuentra la presentada por EOS System mediante PhotoModeler Scanner, el mismo que proporciona el proceso de restitución y modelamiento 3d.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1	1
GENERALIDADES	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	4
1.4 DESCRIPCIÓN DE ÁREA DE ESTUDIO	5
1.4.1 IGLESIA DE LA COMPAÑÍA DE JESÚS	7
1.4.1.1 HISTORIA	7
1.4.1.2 ARQUITECTURA	7
1.4.1.3 PORTADA EXTERIOR.....	8
1.4.2 PARTE INFERIOR DEL MONUMENTO A LA LIBERTAD (LEÓN)	10
1.4.2.1 MONUMENTO A LA INDEPENDENCIA	10
1.4.2.2 DESCRIPCIÓN DEL MONUMENTO	11
1.4.3 MAMPARA DE LA IGLESIA EL SAGRARIO	14
1.5 OBJETIVOS.....	16
1.5.1 OBJETIVO GENERAL.....	17
1.5.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1.5.2 METAS.....	18
1.6 METODOLOGÍA.....	18
1.6.1 MÉTODO INDUCTIVO.....	18
1.6.2 MÉTODO COMPARATIVO.....	19
CAPÍTULO 2.....	23
ESCÁNER LÁSER 3D.....	24
2.2 METODOLOGÍA DE UTILIZACIÓN DEL ESCÁNER LASER.....	25
2.3 APLICACIONES DEL ESCANER LÁSER.....	26
2.4 LASER SCANNER FOCUS.....	28
2.4.1 FARO LASER SCANNER FOCUS 3DMS	28
2.4.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	31
2.4.3 SOFTWARE DE PROCESAMIENTO FARO SCENE	32
2.4.4. SOFTWARE ADICIONAL PARA LASER SCANNER.....	33

2.4.4.1. SCENE LT	33
2.4.4.2. FARO CLOUD	35
2.5 PROCESAMIENTO DE DATOS.....	36
CARACTERÍSTICAS	36
A) PROYECTO DE NUBE DE PUNTOS	37
B) REGISTRO FINO AUTOMÁTICO.....	37
C) BASE DE DATOS DE PROYECTOS INTEGRADA	37
D) VISUALIZACIÓN ESTÉREO 3D	38
E) NORMA DEL SECTOR ASTM E57	38
VENTAJAS	38
DESVENTAJAS.....	39
2.6 MODELAMIENTO EN 3D	39
2.6.1 DEFINICIÓN DE 3D.....	39
2.6.1.1 CREACIÓN DE GRÁFICOS EN 3D.....	39
2.6.1.2 DEFINICIÓN DE IMAGEN EN 3D.....	40
2.6.1.3 DEFINICIÓN DE MODELO EN 3D	40
2.6.1.4 TECNOLOGÍA PARA MODELOS 2D VRS MODELOS 3D	41
2.6.1.5 MODELOS 3D CON FARO LASER SCANNER FOCUS3D	42
CAPÍTULO 3.....	44
CONCEPTOS BÁSICOS	44
3.1 CONCEPTO CÁMARA DIGITAL	44
3.2 FUNCIONAMIENTO DE LA CÁMARA DIGITAL.....	45
3.2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA CÁMARA DIGITAL FOTOGRAFICA	45
3.2.2 PARTES DE LA CÁMARA DIGITAL FOTOGRAFICA.....	46
3.2.3 DISTANCIA FOCAL Y CAMPO ANGULAR	49
3.2.3.1 DISTANCIA FOCAL	49
3.2.3.2 CAMPO ANGULAR.....	49
3.3.3 PROFUNDIDAD DE CAMPO	50
3.3.4 DIAFRAGMA.....	51
3.3.5 ABERTURA DEL DIAFRAGMA	51
3.3.6 VELOCIDAD DE OBTURACIÓN.....	52

3.3.7 OBJETIVOS FOTOGRÁFICOS	53
3.3.8 TIPOS DE OBJETIVOS FOTOGRÁFICOS.....	55
3.4 FORMATOS DIGITALES.....	57
PCX.....	58
BMP	58
PSD	59
EPS.....	59
TIF	59
GIF	60
JPG o JPEG.....	61
RAW	61
PNG	62
3.5 IMAGEN DIGITAL.....	63
3.5.3 CONCEPTO	63
3.5.4 TIPOS DE IMÁGENES.....	65
3.5.4.1 IMÁGENES DE MAPA DE BITS O BITMAP.....	65
3.5.4.2 IMÁGENES VECTORIALES.....	66
3.6 PROPIEDADES DE UNA IMAGEN DIGITAL.....	67
3.6.3 RESOLUCIÓN ESPACIAL.....	67
3.6.4 RANGO DINÁMICO.....	68
3.6.5 RUIDO DIGITAL.....	69
3.6.6 . INTERPOLACIÓN.....	70
3.6.7 . COMPRESIÓN DE LAS IMÁGENES CAPTURADAS.....	71
3.7 CALIBRACIÓN DE LA CÁMARA DIGITAL.....	72
3.7.1 CONCEPTO.....	72
3.7.2. CALIBRACIÓN DE UNA CÁMARA NO CONVENCIONAL.....	73
3.8 CÁMARA NIKON D5100.....	75
3.8.3 CARACTERÍSTICAS CLAVES DE LA CÁMARA NIKON D5100.....	76
CAPITULO 4.....	79
METODOLOGÍA.....	79
4.1 FOTOGRAMETRÍA.....	79

FOTOGRAMETRÍA EN 3D	80
4.1.1 SOFTWARE IMPLICADOS EN LA RESTITUCIÓN FOTOGRAMÉTRICA	80
4.2. PRODUCTOS DEL PROCESO PHOTOMODELER SCANNER.....	82
4.2.1 FICHERO DE CALIBRACIÓN DE LA CÁMARA	82
4.2.1 PLAN DE TOMA FOTOGRAMÉTRICA.	85
4.2.1 MÉTODO 1	86
4.2.2 MÉTODO 2	87
A) ASPECTOS GEOMÉTRICOS DE LA IMAGEN:	87
B) CONDICIONES FOTOGRÁFICAS.....	87
4.2.2.1 CONSIDERACIONES PARA LA TOMA DE UNA IMAGEN	88
a) El campo visual	88
b) El enfoque	89
c) Exposición	89
4.2.3 TOMA DE FOTOGRAFÍAS	90
4.2.3.1 MÉTODOS DE TOMA.....	90
a) Método del anillo	91
b) Método del doble anillo	92
c) Método del doble anillo con altura.....	92
d) Estableciendo panorama de un anillo completo	93
4.2.4 TOMA DE PUNTOS DE CONTROL.....	96
4.3 RESTITUCIÓN DIGITAL PHOTOMODELER SCANNER	101
A. INGRESO DEL REGISTRO DE CALIBRACIÓN	105
B. LECTURA DE IMÀGENES	105
C. UBICACIÓN DE LOS PUNTOS HOMÒLOGOS	105
D. INGRESO DE LOS PUNTOS GEOREFERENCIADOS	105
E. PROCESAMIENTO Y AJUSTE DE PUNTOS LEVANTADOS	105
F. CREACIÓN DE SUPERFICIE Y MODELAMIENTO 3D.....	107
4.4 MODELAMIENTO 3D CON PHOTOMODELER SCANNER.....	107
A. FACHADA DE LA IGLESIA LA COMPAÑÍA DE JESÚS	108
B. PARTE INFERIOR DEL MONUMENTO A LA LIBERTAD (LEÓN).....	109
C. MAMPARA DE LA IGLESIA DEL SAGRARIO	110

CAPITULO 5.....	111
PRODUCTOS DEL PROCESO ESCÁNER LASER.....	111
5.1 ADQUISICIÓN DE LA NUBE DE PUNTOS.....	111
5.1.1 TOMA DE DATOS	111
5.2. AJUSTE DE LA NUBE DE PUNTOS.....	113
5.2.1. POST PROCESO	114
5.2.1.1. LIMPIEZA.....	114
5.2.1.2. GEOREFERENCIACIÓN	115
5.3. CREACION DE MODELOS 3D	116
5.3.1. EXPORTACIÓN 2D Y 3D DEL MODELO DE NUBE DE PUNTOS	116
5.3.2 RECONSTRUCCIÓN Y MODELADO	117
5.3.3.1. MODELOS DE MALLA DE POLÍGONOS.....	117
5.3.3.2. MODELOS DE SUPERFICIES	118
5.4. MODELAMIENTO EN ARCMAP.....	119
5.4.1. CREACIÓN DE TEXTURAS.....	119
IGLESIA LA COMPAÑÍA DE JESUS.....	119
LA CRECION DEL MDT PARA AMBOS CASOS	123
CAPÍTULO 6.....	128
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS GENERADOS.....	128
6.1. PRUEBAS ESTADÍSTICAS	128
6.1.1. DISTRIBUCIÓN NORMAL O DE GAUS	128
6.1.1.1. CARACTERÍSTICAS DE UNA DISTRIBUCIÓN PROBABILÍSTICA NORMAL	129
6.1.1.2 INTERPRETACIÓN PROBABILÍSTICA DE LA CURVA NORMAL.....	131
6.1.1.3 MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL.....	132
6.3.1. VARIANZA.....	133
6.3.2. DESVIACIÓN ESTÁNDAR O TÍPICA	134
6.3.4 INTERVALOS DE CONFIANZA Y PRUEBAS DE HIPÓTESIS.....	134
6.3.4.1 INTERVALO DE CONFIANZA	134
6.3.4.2 PRUEBA DE HIPÓTESIS	135
6.4. CONTROL DE CALIDAD DE LOS MODELOS GENERADOS.....	136

6.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS MODELOS GENERADOS CON EL PHOTOMODELER SCANNER.....	138
6.5.1. IGLESIA COMPAÑÍA DE JESÚS.....	138
6.5.1.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO DEL PHOTOMODELER VS FLEXÓMETRO.....	140
6.5.2. MAMPARA DE LA IGLESIA EL SAGRARIO.....	143
6.5.2.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL PHOTOMODELER VS FLEXÓMETRO.....	145
6.5.3. PARTE BAJA DEL MONUMENTO A LA LIBERTAD (LEÓN).....	148
6.5.3.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL PHOTOMODELER VS FLEXÓMETRO.....	150
6.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS MODELOS GENERADOS CON EL ESCÁNER LASER.....	153
6.6.1. IGLESIA COMPAÑÍA DE JESÚS.....	154
6.6.1.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL SCANNER LASER VS FLEXÓMETRO.....	156
6.6.2. MAMPARA DE LA IGLESIA EL SAGRARIO.....	158
6.6.2.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL SCANNER LASER VS FLEXÓMETRO.....	160
6.7. RESULTADOS	162
CAPITULO 7.....	169
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	169
7.1. CONCLUSIONES.....	169
7.2. RECOMENDACIONES.....	173

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Coordenadas UTM WGS 84 17S.....	7
Tabla 2.1	Especificaciones técnicas Escáner Laser.....	22
Tabla 3.1	Características BMP.....	62
Tabla 3.2	Características TIF.....	63
Tabla 3.3	Características GIF.....	64
Tabla 3.4	Características JPEG.....	64
Tabla 3.5	Características PNG.....	65
Tabla 4.1	Puntos de control escritos en el software para la Compañía de Jesús.....	100
Tabla 4.2	Distancias escritas en el Software.....	102
Tabla 5.1	Cantidad de puntos escaneados.....	116
Tabla 6.1	Distancias medidas entre Photomodeler Scanner y Flexómetro.....	143
Tabla 6.2	Estadística descriptiva generada con MINITAB 15.....	145
Tabla 6.3	Comparación de distancias entre Photomodeler Scanner y Flexómetro.....	148
Tabla 6.4	Estadística descriptiva generada con MINITAB 15.....	150
Tabla 6.5	Comparación de distancias entre Photomodeler Scanner y Flexómetro.....	153
Tabla 6.6	Estadística descriptiva generada con MINITAB 15.....	155
Tabla 6.7	Comparación de distancias entre Scanner Laser y Flexómetro.....	159
Tabla 6.8	Estadística descriptiva generada con MINITAB 15 Fachada Compañía.....	161
Tabla 6.9	Comparación de distancias entre Scanner Laser y Flexómetro.....	163
Tabla 6.10	Estadística descriptiva generada con MINITAB 15 Mampara del Sagrario.....	165
Tabla 6.11	Comparación de distancias entre Scanner Laser y PhotoModeler Scanner.....	168
Tabla 6.12	Comparación de distancias entre Scanner Laser y PhotoModeler Scanner.....	170
Tabla 6.13	Comparación de distancias entre Scanner Laser y PhotoModeler Scanner.....	171

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.2.	Fachada frontal.....	11
Figura 1.3.	Fachada posterior.....	16
Figura 1.4.	Fachada frontal.....	16
Figura 1.5.	Mampara del Sagrario.....	18
Figura 2.1	Scanner Laser	25
Figura 2.2	Faro laser scanner Focus ^{3d}	29
Figura 2.3.	Pantalla táctil.....	30
Figura 2.4	Scanner.....	30
Figura 2.5	Características del Escáner Laser.....	30
Figura 2.5.	Software SCENE LT. Escaneo de la parte interior de la Iglesia EL SAGRARIO.....	34
Figura. 2.5.	Software SCENE LT. Escaneo de la parte exterior de la Iglesia La Compañía de Jesús.....	35
Figura 2.6.	Software FARO CLOUD	36
Figura 2.7.	Faro Laser Scanner Focus 3D	44
Figura 3.1.	Imagen analógica.....	45
Figura 3.2.	Funcionamiento interno de una Cámara digital fotográfica.....	45
Figura 3.3.	Esquema externo de una cámara digital fotográfica.....	49
Figura 3.4.1.	Esquema la distancia focal	50
Figura 3.4.2.	Esquema del Campo Angular.....	50
Figura 3.5.	Esquema del plano de una cámara digital	52
Figura 3.6.	Esquema del diafragma	54
Figura 3.7.	Esquema la abertura del diafragma.....	55

Figura 3.8.	Ajuste de la obturación.....	56
Figura 3.9.	Objetivos Fotográficos.....	56
Figura 3.10.	Zoom óptico (mayor nitidez).....	57
Figura 3.11.	Zoom Digital (menor nitidez).....	57
Figura 3.12.	Clasificación en categoría de los objetivos	58
Figura 3.13.	Clasificación en categoría de los objetivos.....	59
Figura.3.14.	Clasificación en categoría de los objetivos.....	60
Figura 3.15.	Cada píxel de una pantalla consta de tres elementos de color.....	67
Figura 3.16.	Composición de una imagen digital	68
Figura 3.17.	Tipos de imágenes	70
Figura 3.18.	Mayor rango dinámico.....	72
Figura 3.19.	Menor rango dinámico.....	72
Figura 3.20.	Con ruido digital.....	73
Figura 3.21.	Sin ruido digital.....	73
Figura 3.22.	Sin ruido.....	74
Figura 3.23.	Con ruido.....	74
Figura.3.24.	Tipos de imágenes.....	78
Fig.3.25.	Tipos de imágenes	79
Figura 3.26.	Cámara Nikon D5100.....	82
Figura 4.1.	Photodeler Scanner modelado de figuras	86
Figura 4.2.	Photodeler Scanner modelado de fachadas	86
Figura 4.3.	Importar imágenes	87

Figura 4.4.	Toma de fotografías en diferente ángulos	87
Figura 4.5	Procesamiento de imágenes	88
Figura 4.6.	Reportes de la calibración	88
<i>Figura 4.7.</i>	Fichero de calibración.....	89
Figura 4.8.	Campo Visual	92
Figura 4.9.	Distancia focal de la lente	94
Figura 4.10.	Método del anillo	95
Figura.4.11.	Método del anillo aplicado al León	96
Figura 4.12.	Método del doble anillo	96
Figura 4.13.	Método del doble anillo con altura	97
Figura 4.14.	Vista frontal inferior de la Iglesia Compañía de Jesús, aplicado panorama de un anillo completo.....	98
Figura 4.15	Vista frontal superior de la Iglesia Compañía de Jesús, aplicado panorama de un anillo completo.....	100
Figura 4.16.	Vista frontal de la Mampara de La Iglesia El Sagrario, aplicado el método del anillo completo.....	100
Figura 4.17.	TRIMBLE M3.....	101
Figura 4.18.	Puntos de Control.....	102
Figura 4.18.	Distancias Iglesia El Sagrario.....	103
Figura 4.19.	Distancia a considerar.....	104
Figura 4.20.	Registro de Calibración.....	106
Figura 4.21.	Importar imágenes.....	107
Figura 4.22.	Marcar puntos homólogos.....	108
Figura 4.22.	Puntos de Control.....	109
Figura 4.23.	Residuales de los puntos homólogos.....	111

Figura 4.24.	Puntos de Control.....	111
Figura 4.25.	Modelo 3d	112
Figura 4.26.	Modelo 3d	113
Figura 4.27	Modelo 3d	113
Figura 4.28	Modelo 3d	114
Figura 4.29	Modelo 3d	114
Figura 4.27	Modelo 3d	115
Figura 5.1.	Utilización SOFTWARE SCENE LT	117
Figura 5.2.	Exportación de datos de la Iglesia el Sagrario	118
Figura 5.3.	Exportación de datos de la Iglesia La Compañía de Jesús.....	118
Figura 5.4.	Eliminar los puntos no deseados de la Mampara del Sagrario y de la Compañía de Jesús	120
Figura 5.5.	Esquema del barrido vertical del escáner laser.....	127
Figura 5.6.	Polígonos de Thiessen.....	128
Figura 5.7	Creación del MDT.....	128
Figura 5.8.	Reclasificación por categoría.....	129
Figura 5.9	MODELO 3D.....	129
Figura 5.10.	Creación del MDT.....	130
Figura 5.11.	Reclasificación por categoría.....	130
Figura 5.12.	MODELO 3D.....	131
Figura 6.1.	Media, Moda y Mediana simétricas.....	135
Figura 6.2.	Áreas bajo la curva	135
Figura 6.3.	Curva normal	135

Figura 6.4.	Decrecimiento de la curva uniforme	135
Figura 6.5.	Entre la media y una desviación típica tenemos siempre la misma probabilidad: aproximadamente el 68.27 %.....	136
Figura 6.6.	Entre la media y dos desviaciones típicas tenemos siempre la misma probabilidad: aproximadamente el 95.45 %.....	136
Figura 6.7.	Entre la media y dos desviaciones típicas tenemos siempre la misma probabilidad: aproximadamente el 99.73 %.....	137
Figura 6.8.	Elipse de error.....	143
Figura 6.9.	Distancias medidas con el Photomodeler Lado Izquierdo de la Fachada de la Compañía	145
Figura 6.10.	Distancias medidas con el Photomodeler Lado Derecho de la Fachada de La Compañía.....	145
Figura 6.11.	Resumen Estadístico Photomodeler vs Flexómetro con Software MINITAB 15.....	147
Figura 6.12	Intervalo de Confianza dentro del rango establecido con Software MINITAB 15.....	148
Figura 6.13.	Prueba de Hipótesis Nula aprobada con Software MINITAB 15.....	148
Figura 6.13.	Distancias medidas con el Photomodeler Lado Izquierdo Mampara.....	148
Figura 6.14.	Distancias medidas con el Photomodeler Parte Central Mampara.....	149
Figura 6.15.	Distancias medidas con el Photomodeler Lado Derecho Mampara.....	149
Figura 6.16.	Resumen Estadístico Photomodeler vs Flexómetro con Software MINITAB 15.....	150
Figura 6.17.	Intervalo de Confianza dentro del rango establecido con Software MINITAB 15.....	151
Figura 6.18.	Prueba de Hipótesis Nula aprobada con Software MINITAB 15.....	151
Figura 6.19.	Distancias medidas con el Photomodeler Vista Frontal.....	153
Figura 6.20.	Distancias medidas con el Photomodeler Vista Posterior.....	154
Figura 6.21.	Distancias medidas con el Photomodeler Vista Lateral.....	154
Figura 6.22.	Resumen Estadístico Photomodeler vs Flexómetro con Software....	155

Figura 6.23.	Intervalo de Confianza dentro del rango establecido.....	156
Figura 6.24.	Prueba de Hipótesis Nula aprobada.....	156
Fig. 6.25.	Distancias medidas con el ArcMap Lado Izquierdo de la Compañía...	159
Figura 6.26.	Distancias medidas con el ArcMap Lado Central de la Compañía.....	160
Figura 6.27.	Distancias medidas con el ArcMap Lado Derecho de la Compañía....	160
Figura 6.28.	Resumen Estadístico Scanner Laser vs Flexómetro con Software MINITAB 15.....	161
Figura 6.29.	Intervalo de Confianza dentro del rango establecido con Software MINITAB 15.....	162
Figura 6.30.	Prueba de Hipótesis Nula aprobada con Software MINITAB 15.....	162
Figura 6.31.	Distancias medidas con el ArcMap Lado Izquierdo de la Mampara....	164
Figura 6.32.	Distancias medidas con el ArcMap Lado Derecho de la Mampara.....	164
Figura 6.33.	Resumen Estadístico Scanner Laser vs Flexómetro con Software MINITAB 15.....	165
Figura 6.34.	Intervalo de Confianza dentro del rango establecido.....	166
Figura 6.35.	Prueba de Hipótesis Nula aprobada.....	166
Figura 6.36.	Resumen Estadístico PhotoModeler vrs Scanner Laser.....	169
Figura 6.37.	Intervalo de Confianza dentro del rango establecido.....	169
Figura 6.38.	Prueba de Hipótesis Nula aprobada.....	170

RESUMEN

En la actualidad se emplean el escáner láser en proyectos arquitectónicos, arqueológicos, topográficos y restauraciones entre otros, estos dispositivos han permitido un gran desempeño dentro de estos campos al analizar y visualizar los detalles de los objetos, lo cual permite obtener información digital manipulable para ser aplicados en las ramas correspondientes al objetivo de estudio.

Estos dispositivos permiten el ahorro de tiempo y esfuerzo, pero no minimizan costos debido a que su adquisición es muy elevada, por lo cual ha surgido soluciones alternas para poder reducir este tipo de inconvenientes y generar productos iguales o de similares características, una de las soluciones es el empleo del software que emulen el escáner láser como lo es “PhotoModeler Scanner”.

Este pequeño software ha sido conocido a nivel internacional como una de las soluciones inmediatas al no disponer de sistemas escáner debido a la virtualización de objetos mediante nubes de puntos que es una técnica de representación empleada actualmente en múltiples disciplinas, como documentación patrimonial, arquitectura, escultura, geomorfología (representación del terreno, lechos fluviales); ingeniería (deformaciones estáticas y dinámicas, verificación de modelos numéricos); medicina (odontología, reconstrucción facial,); veterinaria (biometría), atestados, topografía, animación 3D, industria, decoración u ortopedia

SUMMARY

In this day and age, the use of laser scanners is commonly applied in wide range of projects such as those of architectural, archeological and topographical nature. These devices have led to a breakthrough in high performance analysis within these fields, allowing us visualize the finest details of the objects. This technology presents the opportunity to obtain this information in a digital format, which can be manipulated and re-applied as a framework in the corresponding study.

These devices are timesaving and require a lot less effort, however, due to its high acquisition price it not very cost-efficient. For this reason, alternative solutions have been developed to generate products that provide equal or similar features but do not have the high acquisition expense. One of the solutions is the usage of software that emulates the laser scanner, such as: “PhotoModeler Scanner”.

This application is recognized internationally as one of the immediate solutions in the absence of a laser scanner because it allows the virtualization of objects using point cloud representation. This is a technique currently used in multiple disciplines including patrimonial documentation, architecture, sculpting, geomorphology (terrain and river bed representation), engineering (static and dynamic deformations, verification of numerical models), the field of medicine (dentistry, facial reconstruction), veterinary (biometrics), topography, three-dimensional animation, industry, decorating and orthopedics.

GLOSARIO

API o (IPA). Interfaz de programación de aplicaciones, es el conjunto de funciones y procedimientos (o métodos, en la programación orientada a objetos) que ofrece cierta biblioteca para ser utilizado por otro software como una capa de abstracción

Autodesk. Líder mundial en software 3D y servicios para diseño, ingenierías y entretenimiento.

Cámara convencional. Es una cámara que utiliza película. De la misma manera que una cámara digital tiene una tarjeta de memoria, una cámara convencional utiliza la película la cual debe ser revelada antes de poder ver alguna imagen.

Calibración de Cámaras. Proceso mediante el cual se calculan los parámetros intrínsecos y extrínsecos de la misma, a partir de un conjunto de puntos de control, conocidas las coordenadas tridimensionales de esos puntos y midiendo las correspondientes coordenadas de imagen, en la imagen obtenida con dicha cámara.

Escala. Término que se utiliza en cartografía para designar la relación matemática que existe entre las dimensiones reales y las del dibujo que representa la realidad.

Fachada. Por extensión, cualquier paramento exterior de un edificio; aunque por defecto, cuando se habla de *fachada*, se hace alusión a la delantera o principal, indicándose más datos en caso contrario (fachada trasera, fachada norte, etc.)

Fotogrametría. Es la ciencia o técnica cuyo objetivo es el conocimiento de las dimensiones y posición de objetos en el espacio, a través de la medida o medidas realizadas a partir de la intersección de dos o más fotografías, o de una fotografía y el modelo digital del terreno correspondiente al lugar representado, el cual ha de ser realizado anteriormente por intersección de dos o más fotografías.

Fotograma. Es una vista fotográfica, se lo llama así si se conoce los elementos de su orientación interior.

Fotogrametría en 3D. Se basa en ofrecer coordenadas tridimensionales a partir de fotografías como medio fundamental para la metrología (o la medida).

GPU. Unidad de procesamiento gráfico o GPU (acrónimo del inglés graphics processing unit) es un coprocesador dedicado al procesamiento de gráficos u operaciones de coma flotante, para aligerar la carga de trabajo del procesador central en aplicaciones como los videojuegos y o aplicaciones 3D interactivas. De esta forma, mientras gran parte de lo relacionado con los gráficos se procesa en la GPU, la unidad central de

procesamiento (CPU) puede dedicarse a otro tipo de cálculos (como la inteligencia artificial o los cálculos mecánicos en el caso de los videojuegos).

Mampara. Estructura divisoria de dos estancias, para dividir una habitación o aislar a la misma

Modelo 3D. Modelo compuesto de triángulos, para cada elemento y las texturas a aplicar a cada objeto.

Ortofoto. Es una imagen fotográfica del terreno, cuya proyección central ha sido transformada en una proyección ortogonal, eliminando así las distorsiones planimétricas causadas por la inclinación de la cámara aérea y al desplazamiento debido al relieve. De este modo se elimina la variación de escala existente en el fotograma no rectificado y se obtiene una escala única y exacta para la superficie de la ortofoto.

Pluing. Es una aplicación que se relaciona con otra para aportarle una función nueva y generalmente muy específica. Esta aplicación adicional es ejecutada por la aplicación principal e interactúan por medio de la API.

Precisión. Capacidad de un instrumento de dar el mismo resultado en mediciones diferentes realizadas en las mismas condiciones. Esta cualidad debe evaluarse a corto plazo.

Puntos de control. Son ubicaciones conocidas y premedidas en un marco de coordenadas en 3D. Son coordenadas espaciales (x,y,z) de puntos sobre el terreno, que sirve para compactar los puntos conocidos, los cuales son obtenidos por medios topográficos

Puntos homólogos. Son puntos que están presenten en pares estereoscópicos

Renderizado. Es un término usado en jerga informática para referirse al proceso de generar una imagen o vídeo mediante el cálculo de iluminación tradicional partiendo de un modelo en 3D

Restauración arquitectónica. Describe el proceso de renovar o reconstruir cualquier elemento de un edificio. Esta fase engloba una amplia gama de actividades, desde la limpieza de la fachada exterior hasta la consolidación de los cimientos.

Restitución Fotogramétrica. Es un procedimiento que se basa en fotografías para obtener datos precisos de un terreno consiste en la formación precisa de pares estereoscópicos en el proceso que denomina orientación de imágenes y en la posterior extracción de los elementos contenidos en ellas, mediante un restituidor. Los instrumentos de restitución pueden ser análogos, analíticos o los más recientes los digitales.

Sensibilidad ISO. En las cámaras digitales, marca la cantidad de luz que necesita la cámara para hacer una fotografía.

Sensor o CCD. Es el chip encargado de la captura de la imagen. Está compuesto por una malla de miles de celdas fotosensibles en las que se recibe la imagen formada por el lente.

Software Photomodeler. Extrae mediciones y modelos 3D a partir de fotografías tomadas con una cámara normal. Una forma muy rentable de hacer precisa la digitalización en 3D, medición y topografía.

Textura gráfica. Se denomina así no sólo a la apariencia externa de la estructura de los materiales, sino al tratamiento que puede darse a una superficie a través de los materiales, para darle una similitud a lo real.

Visualización tridimensional. Observar los datos en tres dimensiones para obtener nuevas perspectivas. La visualización tridimensional puede ofrecer apreciaciones que no son fácilmente visibles en un mapa planimétrico con los mismos datos.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

Un levantamiento fotogramétrico se realiza para establecer el conocimiento métrico y formal de un área determinada y conocer los detalles o entidades topográficas, así como también modela objetos más específicos como: edificios, iglesias, monumentos, piezas escultóricas o arqueológicas, para obtener como productos gráficos manipulables desde un ordenador para reconstrucciones, planificaciones o simplemente visualización 3D.

En arquitectura y arqueología los levantamientos son necesarios para conocer el estado del edificio desde un punto de vista amplio y genérico. La representación de una iglesia en un modelo, a partir de un proceso sistemático de "levantamiento" es un objetivo prioritario en la catalogación de patrimonio arquitectónico, para conocer con el máximo detalle aquellos parámetros que permiten establecer con gran fidelidad las medidas y formas del objeto que se desea catalogar.

Los levantamientos se pueden realizar mediante técnicas y herramientas tradicionales, es decir, a partir de la elaboración de croquis, bocetos o dibujos que con la ayuda de cintas métricas, plomadas, clinómetros, etc, permiten establecer los datos métricos necesarios para

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

definir y conocer el objeto, sin embargo, este proceso requiere de mucho tiempo para generar una documentación gráfica que se pueda utilizar en una catalogación precisa de elementos arquitectónicos, arqueológicos o de escultura.

Los instrumentos utilizados en los trabajos de topografía tal como las estaciones totales, han sido instrumentos que han facilitado la labor de levantamiento de edificios y han permitido una mayor precisión métrica.

Actualmente, se usa equipos que permiten el almacenamiento de las observaciones e incluso incorporar tomas fotográficas y la medida automática de puntos en el área seleccionada por el operador, redundando en el rendimiento y en la eficacia de los trabajos de levantamiento.

La aparición del escáner láser en las tareas de obtención de datos, está cambiando la manera con la que se vienen desarrollando las técnicas de topografía para levantamiento terrestre dirigido al campo del urbanismo y la arquitectura.

La fotogrametría es una de las técnicas para determinar las propiedades geométricas de los objetos y las situaciones espaciales de seres vivos a partir de imágenes fotogramétricas. Básicamente es una técnica de medición de coordenadas 3D, también llamada captura de movimiento, que utiliza fotografías u otros sistemas de percepción remota junto con puntos de referencia topográficos sobre el terreno.

El campo de la topografía cuenta actualmente con herramientas de gran precisión que han permitido agilizar los procesos de recogida de datos, maximizar la información

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

proporcionada por estos y obtener resultados que aportan una representación cada vez más fiel del objeto. Este es el caso del Levantamiento de Alta Definición mediante Láser Escáner 3D para distancia de hasta 120m, logrando tener un barrido de 1.000.000 de puntos por segundo, pero su costo de adquisición es elevado.

Lo que se busca es realizar el mismo trabajo pero con un costo mínimo, se puede optar por otros métodos que cumpla con las mismas características, este es el caso del software de restitución llamado Photomodeler Sanner 6, que es un restituidor digital que permite extraer las medidas y los modelos 3D a las imágenes, usando una cámara como artefacto de entrada, Photomodeler permite capturar muchos detalles exactos en un tiempo corto, organiza el proceso de construcción del modelo permitiendo trazar sobre las imágenes en la pantalla para extraer nubes densas de puntos obteniendo lo mismo que un escáner laser 3D, con la diferencia que los puntos marcados son menores.

El proyecto a desarrollarse se encuentra dentro del centro histórico de Quito, dentro de este se halla la identidad de la ciudad reflejada en sus esculturas, monumentos, iglesias y demás, los mismos que el Distrito metropolitano mediante el Instituto Municipal de Patrimonio (antiguo FONSAL) ha proporcionado fondos para la restauración de varios emblemas de la ciudad, por su importancia histórica y cultural.

Con un fin único que es la preservación de la identidad de Quito, por lo cual han invertido capital humano como económico para poder realizar las debidas restauraciones de varios de sus monumentos, fachadas, o incluso reconstrucciones completas de construcciones emblemáticas.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En los años presentes muchos de los proyecto se han enfocan a la restitución de sitios históricos, con las nuevas tecnologías ha sido posible realizarlos, la adquisición de instrumentación que permitan desarrollar información tridimensional mediante sistemas láser han sido de costos elevados pero de grandes prestaciones, como también permitiendo ganar en tiempo y espacio al ser dispositivos de tamaño reducido, pero los costos de ellos van desde los 3000 USD hasta llegar a sobrepasar los 350000 USD.

Todo dependerá del tamaño del objeto de toma para generar la restitución tridimensional, pero a raíz de la demanda de proyectos de modelamiento tridimensional han partido varias técnicas, tecnologías y software entre los más populares tenemos: photo3D, Photomodeler Scanner , 123D Catch de Autodesk.

Estos software han sido diseñados para restituciones de objetos pequeños como objetos de dimensiones considerables desde el punto de enfoque, cámara y técnica de captura de imágenes.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El Patrimonio Cultural es el conjunto de las creaciones artísticas y arqueológicas realizadas por un pueblo a lo largo de su historia. Esas creaciones lo distinguen de los demás pueblos y le dan su identidad, por ese motivo el valor de los monumentos, edificios, esculturas e iglesias son importantes para el conocimiento histórico del país, son considerados como testimonios necesarios de épocas pasadas.

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

En vista de la necesidad de obtener información actualizada de los monumentos históricos, del requerimiento y esfuerzo para la preservación y construcción de dichos recursos, el Estado invierte recursos económicos para la conservación del patrimonio.

Existen en el mercado tecnológico y experimental, varios mecanismos para la obtención y medición de objetos como es el caso de la fotografía terrestre y con el actual avance tecnológico y electrónico se pueden realizar procesos de restituciones y modelamientos 3D para determinar el cálculo de material, que se emplea para cumplir el objetivo.

La restitución digital de dichos emblemas mediante técnicas fotogramétricas en la actualidad alcanza grandes expectativas al ser comparadas con un sistema de escaneo digital, entre estas técnicas se encuentra la presentada por EOS System mediante PhotoModeler Scanner, el mismo que proporciona el proceso de restitución y modelamiento 3d.

Además, puede ser una herramienta para la divulgación de turismo histórico a través de modelos virtuales.

1.4 DESCRIPCIÓN DE ÁREA DE ESTUDIO

El área estudio descrita se basa en tres atracciones turísticas consideradas como Patrimonio Nacional dentro de la ciudad de Quito que son:

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

Tabla 1.1. Coordenadas UTM WGS 84 17S

SITIOS	ESTE (WGS 84 17S)	NORTE (WGS 84 17S)
LA IGLESIA DE LA COMPAÑÍA DE JESÚS	776724,377	9975578,609
PARTE INFERIOR DEL MONUMENTO A LA LIBERTAD	776927,128	9975595,87
MAMPARA DE LA IGLESIA DEL SAGRARIO	776853,651	9975590,073

Fuente: Datos GPS

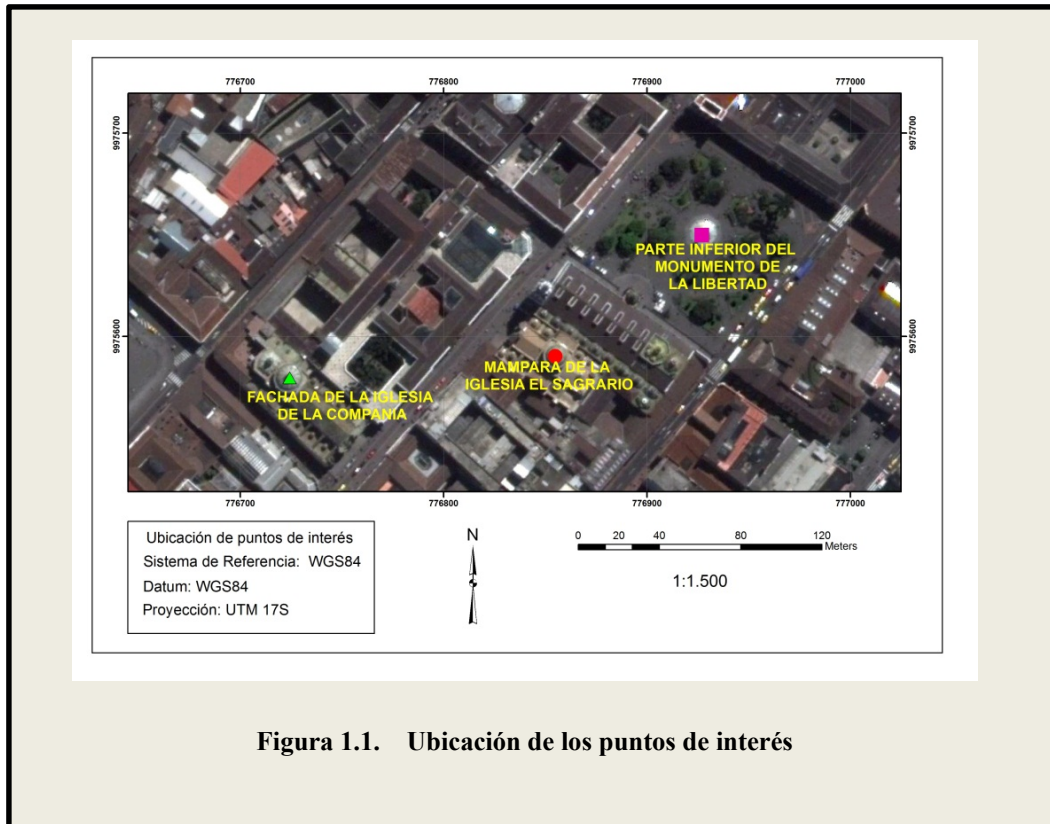


Figura 1.1. Ubicación de los puntos de interés

1.4.1 Iglesia de la compañía de Jesús

1.4.1.1 Historia

La iglesia y convento de La Compañía de Jesús de Quito, también conocidos en el acervo popular ecuatoriano simplemente como La Compañía, es un complejo clerical católico ubicado en la esquina formada por las calles García Moreno y Sucre, en el Centro Histórico de la ciudad de Quito DM, capital de Ecuador. La portada de su templo mayor, labrada totalmente en piedra volcánica, está considerada como una de las más importantes expresiones de la arquitectura barroca en el continente americano y del mundo.

El complejo además constituye la sede oficial de los Jesuitas en Ecuador, alberga el Colegio Máximo de Noviciado de la orden, y en el pasado también cobijó entre sus paredes al Colegio San Gabriel (antes San Luis), que hoy se encuentra en modernas instalaciones al norte de la ciudad construidas en la década de 1970, y a la Universidad San Gregorio, hoy Universidad Central del Ecuador.

La iglesia, y su rica ornamentación interna, totalmente cubierta con láminas de oro, es una de las mayores atracciones turísticas de la ciudad y un patrimonio invaluable, tanto artístico como económico, para el país.

1.4.1.2 Arquitectura

El templo, por haber sido construido durante 160 años y con diferentes arquitectos, maneja cuatro estilos en su arquitectura, aunque predomina el arte barroco. Este es de fácil apreciación debido a la simetría que hay al interior de la iglesia, puesto que en cada lado de ella constan la misma cantidad de elementos; otra de las particularidades de este estilo es el movimiento, producto de la forma como están diseñadas las columnas principales del templo y el retablo mayor, lo cual produce la impresión de que se mueve mientras se

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

camina dentro de la iglesia. La luminosidad es otra de las particularidades del barroco; las ventanas superiores de la nave principal están colocadas con tal precisión que iluminan toda la iglesia con la luz del sol.

Otro de los estilos que tiene la iglesia es el mudéjar o morisco, que se caracteriza por las figuras geométricas que se observan en los pilares. Este es un estilo completamente árabe que trajeron los españoles debido a la influencia que tuvieron al ser dominados 800 años por los moros y árabes.

El tercer estilo que podemos encontrar en La Compañía de Quito es el churrigueresco, de marcada decoración recargada, y que está presente sobre todo en las mamparas de la iglesia. Finalmente encontramos el estilo neoclásico, que adorna la capilla de Santa Mariana de Jesús, y que en los primeros años fue una bodega.

1.4.1.3. Portada Exterior

La característica portada exterior de La Compañía de Quito está tallada íntegramente en piedra andesita ecuatoriana.

Las columnas, esculturas y las grandes decoraciones fueron ejecutadas en la cantera que los jesuitas tenían en la Hacienda de Yurac, en la cercana parroquia de Píntag; el resto del material se trajo de una cantera en la falda occidental de la colina de El Panecillo, junto a la ciudad. La fachada, tal como ha llegado hasta nosotros, tiene más del barroco italiano que del plateresco español y, en las pilastras altas, con cierto acento del barroco francés.

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

Flanquean la puerta principal de entrada seis columnas salomónicas de cinco metros de altura, estriadas en su tercio intermedio, derivadas de las del Berninien el altar de la Confesión de la Basílica de San Pedro. De la misma manera, las puertas laterales están flanqueadas por dos pilares de estilo romano corintio, todas ellas colocadas sobre un estilóbato a paneles con decoración renacentista. Sobre el arquitrabe corre un friso decorado con flores, estrellas, follaje, y sobre este la cornisa adornada con hojas de acanto, que sigue los resaltos de la fachada estirándose en arco semicircular para proteger un nicho formado sobre un frontón interrumpido que, soportado por cuatro querubines. En la parte superior del nicho, otro frontón más pequeño contiene al Espíritu Santo en su símbolo de paloma.

El segundo cuerpo, ubicado en la parte alta del anterior, está compuesto de una enorme ventana central adornada de un frontón entrecortado para recibir una gran cartela de conchas y de frondas con una leyenda dedicada a San Ignacio, patrón de la orden jesuítica: «*DIVO PARENTI IGNATIO SACRUM*».

El frontón está apeado sobre modillones de hojas de acanto, y entre ellos una tarjeta ornamental de gusto plateresco concluye la composición de la ventana. Flanquean a ésta riquísimas pilastras cuyo capitel tiene una sola fila de hojas de acanto (la superior), decoradas y compuestas a la manera como componían y decoraban los muebles y objetos preciosos los orfebres y ebanistas franceses del siglo XVIII; es decir con estrías horizontales y grandes espejos decorados en su centro. Corre sobre ellas un entablamento que recuerda el del primer cuerpo, y remata el conjunto en un tímpano semicircular entrecortado para encajar un gran modillón en el centro, sobre el cual se destaca la cruz jesuítica de bronce brillante, sobre característico espigón de la crestería. Defiende la portada total una techumbre forrada de azulejos de medio mogote.

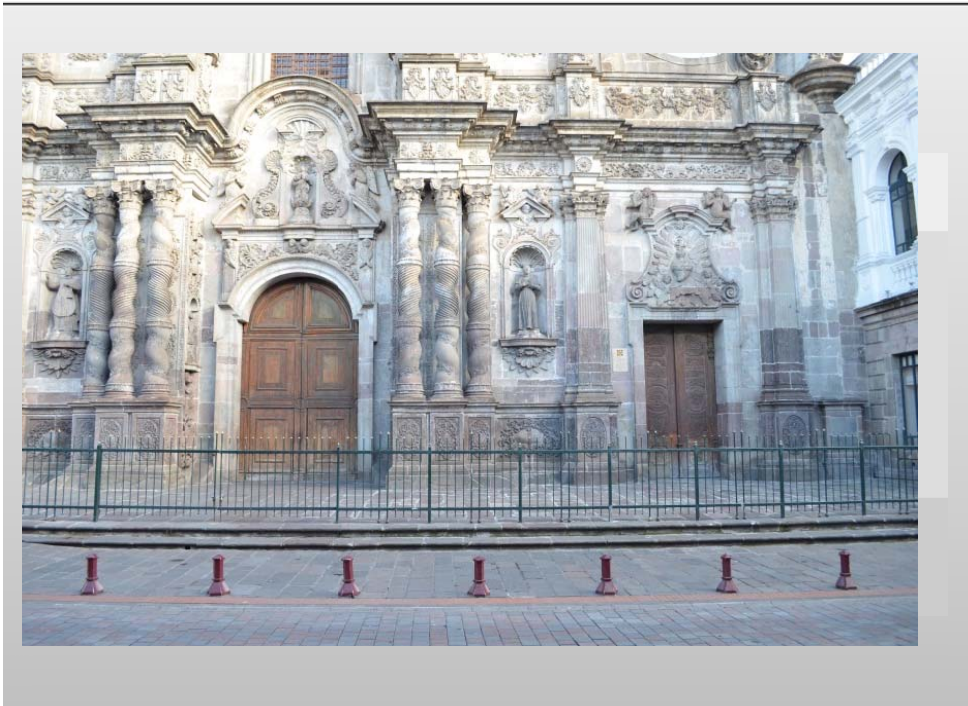


Figura 1.2. Fachada frontal

El frontispicio enmarca, entre sus pilastras y columnas, los nichos en que se exhiben de cuerpo entero las estatuas de San Ignacio de Loyola, San Francisco Javier, San Estanislao de Kostka y San Luis de Gonzaga. En las paredes del flanco, junto a la ventana, se hallan las de San Francisco de Borja y San Francisco Regis. También se aprecian los bustos de los apóstoles Pedro y Pablo junto a la puerta principal; y sobre el dintel de las puertas laterales, los Corazones de Jesús y María, que atestiguan la antigüedad de la fe y culto del pueblo quiteño a los Sagrados Corazones.

1.4.2 Parte inferior del Monumento a La Libertad (León)

1.4.2.1 Monumento a la Independencia

Conocido también como Monumento a los Héroes del 10 de agosto de 1809, es una escultura ubicada en la ciudad de Quito D.M. que se encuentra emplazada en el centro de

la Plaza Grande, como su elemento más importante. Fue inaugurado en 1906 para conmemorar el llamado Primer grito de independencia hispanoamericana por el entonces presidente, Gral. Eloy Alfaro Delgado. Constituye uno de los íconos más importantes del Centro Histórico de la ciudad y del país; además de un importante sitio de concentración política por encontrarse frente al Palacio de Carondelet.

1.4.2.2 Descripción del monumento

Inspirada en las columnas honorarias de los romanos como la Columna de Trajano, es muy similar a otros monumentos modernos como la Columna de la Victoria de Berlín, o su contemporáneo Ángel de la Independencia de Ciudad de México. La altura del monumento está dada en metros (1,30 de altura y 1,90 de ancho) y está orientado hacia el nororiente.

- a) **Base**, está conformado por las dos plataformas base, y dos conjuntos escultóricos.
- b) **Plataforma**, todo el monumento está ubicado sobre una plataforma base de piedra con una forma octogonal, con 3 escalones por cada lado y rodeada por ocho esferas que representan al mundo, unidas entre sí por pesadas cadenas de hierro. Sobre esta primera plataforma se ubica otra, también octogonal y con tres escalones más. Sobre los escalones de la segunda plataforma, y con orientación hacia el nororiente, se encuentran dos esculturas conocidas como El león y Conjunto ibérico. El pedestal y la columna del monumento se levantan sobre esta segunda plataforma.
- c) **El león**, las culturas de la antigüedad mediterránea relacionaron a este animal con el poder y la realeza. Esta escultura de un león herido representa la vencida corona española, que se aleja para dar paso a la libertad de la nueva nación.
- d) **Conjunto ibérico**, está conformado por dos estandartes y un cañón, tres rifles y una cruz, que representan los valores y el poder derrotado de la monarquía española; también significa las guerras independentistas. La cruz es el signo del catolicismo impuesto por España.

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

- e) **Pedestal**, hecho de piedra tallada en estilo neoclásico, el pedestal tiene cuatro lados rectos ubicados en el sentido de los puntos cardinales, mientras que en sus esquinas tienen una forma cóncava en las que se ubican cuatro placas conmemorativas, separadas entre sí por tallados de hojas de alicanto. Sobre este pedestal se ubica además la escultura de un cóndor.
- f) **Hojas de alicanto**, la combinación de sus bellas hojas con espinas fue interpretada como símbolo de los logros importantes, alcanzados con esfuerzo y penalidades. Se ubican a los lados de cada placa.
- g) **Placas**, en un número de cuatro, estas son:
- **Principal:** reza la leyenda "A los héroes del diez de agosto de 1809" en letras mayúsculas. Fue colocada el día de la inauguración del monumento, por el presidente Alfaro.
 - **Sala capitular:** este relieve se representa la escena de la firma del acta de independencia de Quito, hecho que sucedió el 16 de agosto de 1809 en la Sala Capitular del convento de San Agustín.
 - **El acta:** en esta placa se encuentra el texto del acta de independencia, firmada en 1809 por la Junta Soberana de Quito.
 - **Dos de agosto:** este relieve representa la escena del asesinato de los próceres el 2 de agosto de 1810, en el Cuartel Real de Lima por órdenes del conde Ruíz de Castilla.

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

- h) **Cóndor**, esta es un ave propia de la región de los Andes y también el símbolo que corona el escudo de armas del país. El cóndor, que rompe las cadenas con su pico, representa a Quito que se libera de España.

- i) **Columna**, de estilo neoclásico, está conformado por cuatro columnas corintias por ser considerado como elegante y ornamentado de los órdenes arquitectónicos clásicos de piedra entre las que se encuentran tallados de palmas. La columna remata en una pequeña base con forma de cruz sobre la que se encuentra la escultura de la dama de la independencia.

- j) **Palmas**, son otro símbolo de victoria. En la antigüedad se daba la bienvenida a los triunfadores batiendo estas grandes hojas sobre sus cabezas.

- k) **Dama de la independencia**, es la escultura principal del conjunto, que remata todo el monumento y se convierte en el punto focal de la vista que se tiene desde todos los balcones y terrazas de los históricos edificios circundantes. Representa a Libertas, la diosa romana de la libertad personal. Guerrera que simboliza la idea de que la libertad se conquista con las armas.

- l) **El Orbe**, representación heráldica del poder imperial. Es una esfera que representa al mundo, en ocasiones coronada por una cruz y a menudo rodeada por un anillo en su centro. La Dama de la independencia descansa sobre esta esfera.

- m) **Las armas**, durante la época republicana fueron el símbolo para representar la fuerza en la unidad. En la Roma antigua simbolizaban la autoridad de un cónsul para castigar y ejecutar. Este haz de varas está amarrado con una correa que forma un cilindro alrededor de un hacha y es sostenido por la mano izquierda de la Dama. Se denomina en italiano fascio, que significa atado.

- n) **Corona de laureles**, en las antiguas Grecia y Roma una corona de laurel era entregada como recompensa a poetas, deportistas y guerreros por las victorias alcanzadas. En este conjunto se ubica sobre la cabeza de la Dama de la independencia.

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

- o) **La tea**, es la luz del conocimiento y la lógica, es decir de la razón que ilumina al mundo. Fue la imagen escogida para simbolizar el fin del oscurantismo en Ecuador. Es reconocida también como la antorcha de Quito, Luz de América.

La aérea de estudio se enfoca a la restitución de León ubicada en la parte inferior del monumento.



Figura 1.3. Fachada posterior



Figura 1.4. Fachada frontal

1.4.3 Mampara de la Iglesia El Sagrario

Se encuentra ubicada en la calle García Moreno 881 y Espejo. La iglesia parroquial de El Sagrario, conectada a la Catedral, está incluido en el Primer Libro de Catastro distribuida entre los Fundadores de la Villa de Quito. Sin embargo, su construcción final, que fue llevada a cabo gracias al ánimo y contribución financiera de la fraternidad del Sagrado Sacramento en 1617.

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

En los límites de la catedral de Quito y siguiendo los usos religiosos de la más arraigada tradición española se construyó la iglesia de El Sagrario. Todo en ella conserva la impronta de lo tradicional y más profundamente español. Por otro lado, la devoción a la que fue dedicada, el sacramento de la Comunión, expresa el fundamento de fe en el seno de la religión católica.

La construcción lateral de la Catedral en relación con la plaza de la Independencia se debió a la presencia de una quebrada que impedía la disposición adecuada del edificio. En el siglo XVII, el arquitecto jesuita Marcos Guerra cubrió con arcos la quebrada. El arquitecto español José Jaime Ortiz levantó en ese espacio el templo de El Sagrario.

La nave central remata con bóveda de cañón y las dos laterales se cierran con cúpulas pequeñas. En el crucero y sobre las pechinas se observa un tambor y sobre éste una media naranja con su linterna. Los interiores de estas estructuras presentan pinturas de ángeles y santos del pincel de Francisco Albán. La fachada del templo, de dos cuerpos, alterna el orden jónico en el primero y el corintio en el segundo. A cada lado de la calle central se observan conjuntos de tres altas columnas que dan un total de doce. Adornan el segundo cuerpo cuatro robustas esculturas en piedra.

Sin duda, hay tres elementos que dan importancia a El Sagrario dentro del arte colonial quiteño: la cúpula, las columnas de su fachada, adornadas con delicados relieves, y la mampara, situada delante de la nave principal.

La obra maestra de Legarda es la mampara, una de las manifestaciones más ricas del barroco quiteño. Fastuosa en la decoración exótica de los fustes de las columnas; encaprichada y armoniosa de talla y color. La bóveda central desemboca en soberbia cúpula

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

decorada con pinturas al fresco de escenas de la Biblia protagonizadas por arcángeles, obra de Francisco Albán. El retablo del altar mayor fue dorado por Legarda.

De los otros, tiene más valor el de Nuestra Señora del Sagrado Corazón, de cuerpos superpuestos con columnas entorchadas y nichos

Durante siete años, de finales del siglo XVI a comienzos del XVII, la construcción de la mampara fue todo un alarde escultórico y arquitectónico, en el que se aunaron filigrana, luz y color. No se sabe a ciencia cierta quién la hizo, y aunque está en duda el nombre de su creador, se atribuye a creadores como Diego de Robles y Escorsa Escalante.



Figura 1.5. Mampara del Sagrario

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

- Realizar un análisis comparativo de un sistema de escaneo digital y construcción de objetos 3d de corto alcance, obtenido por fotogrametría digital.

1.5.1 Objetivos Específicos

- Investigar la funcionalidad y operabilidad del software Photomodeler scanner y el scanner laser.
- Utilizar los datos obtenidos con el escáner láser 3D (o estructurado de la luz del escáner), para el modelamiento en 3D.
- Realizar un plan de toma fotogramétrica y de pares estereoscópicos, de la parte inferior del monumento de la Libertad (León), y la fachada de la iglesia “La Compañía de Jesús”.
- Planificar y medir los de puntos de control para los diferentes emblemas.
- Realizar la restitución digital de cada par fotogramétrico.
- Realizar la restitución digital de los diferentes objetos descritos anteriormente.
- Construir los modelo 3d mediante el empleo de PhotoModeler Scanner y el Focus Scanner Laser
- Realizar un análisis comparativo de las precisiones(x,y,z) obtenido en cada modelo.

1.5.2 Metas

- Un plan para la toma fotogramétrica para: de la parte inferior del monumento de la Libertad (león) ubicada en la “Plaza de la Independencia”, la fachada de la iglesia “La Compañía de Jesús”, y la Mampara del Sagrario.
- Tres puntos de control en la fachada de la “La Compañía de Jesús.
- Dos modelo 3d mediante el empleo de PhotoModeler Scanner; el primero la fachada de la iglesia “La Compañía de Jesús”, el segundo Mampara del Sagrario.
- Dos modelo 3d mediante el empleo de Scanner laser ; el primero la fachada de la iglesia “La Compañía de Jesús”, el segundo La Mampara del Sagrario.
- Nueve planos; en la fachada de la iglesia “La Compañía de Jesús” y La Mampara del Sagrario consta de tres vistas (frontal, lateral izquierda, lateral derecha); la parte inferior del monumento de la “Libertad” (león) consta de tres vistas (frontal, lateral y posterior, inferior, superior).
- Matriz de residuales.
- Informe de resultados.
- Tabla estadística de un análisis comparativo entre el uso de los dos sistemas.

1.6 METODOLOGÍA:

1.6.1 Método Inductivo

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

El método inductivo o inductivismo, es un método científico que obtiene conclusiones generales a partir de premisas particulares. Se trata del método científico más usual que se caracteriza por cuatro etapas básicas:

1. Debe llevarse a cabo una etapa de observación y registro de los hechos.

En el proyecto se basa explícitamente en la facilidad o dificultad de la toma de fotografías de los diferentes objetos

2. A continuación se procederá al análisis de lo observado, estableciéndose como consecuencia definiciones claras de cada uno de los conceptos analizados.

La complejidad de cada objeto al momento de restituir.

3. Con posterioridad, se realizará la clasificación de los elementos anteriores.

Las fotografías tomadas se deben seleccionar las que más claras y nítidas se encuentren para la restitución de los objetos.

4. La última etapa de este método está dedicada a la formulación de proposiciones científicas o enunciados universales, inferidos del proceso de investigación que se ha llevado a cabo.

La comparación entre los dos sistemas de escaneo digital.

1.6.2 Método Comparativo

Aquel método basado en la comparación entre los diversos elementos sometidos a estudio, al objeto de establecer las características de cada uno en relación con los demás, y formular posteriormente las categorías y clasificaciones oportunas.

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

Es natural para establecer una metodología se debe entablar comparaciones entre el PhotoModeler Scanner y un escáner láser 3D (o estructurado de la luz del escáner), ya que ambos producen nubes de puntos 3D. Ellos tienen sus respectivos puntos fuertes y poder una tecnología basada en el otro en su aplicación y presupuesto.

Estas listas muestran las ventajas respectivas de las tecnologías.

Fortalezas PhotoModeler Scanner:

- Bajos costos de operación.
- Equipo de campo es fácil de transportar, se mueven alrededor del sitio, y es pequeño (una cámara).
- Menos tiempo en el campo, de vuelta comparables tiempo del operador en la oficina.
- Trabajo desde una plataforma de instrumentos inestables.
- Escanear objetos en movimiento e inestables o escenas.
- Escanear con precisión objetos muy pequeños.
- Escanear objetos a grandes distancias (siempre y cuando no hay una textura visible en las fotografías)
- Es seguro para la vista
- Producción superior con texturas fotográficas modelo 3D

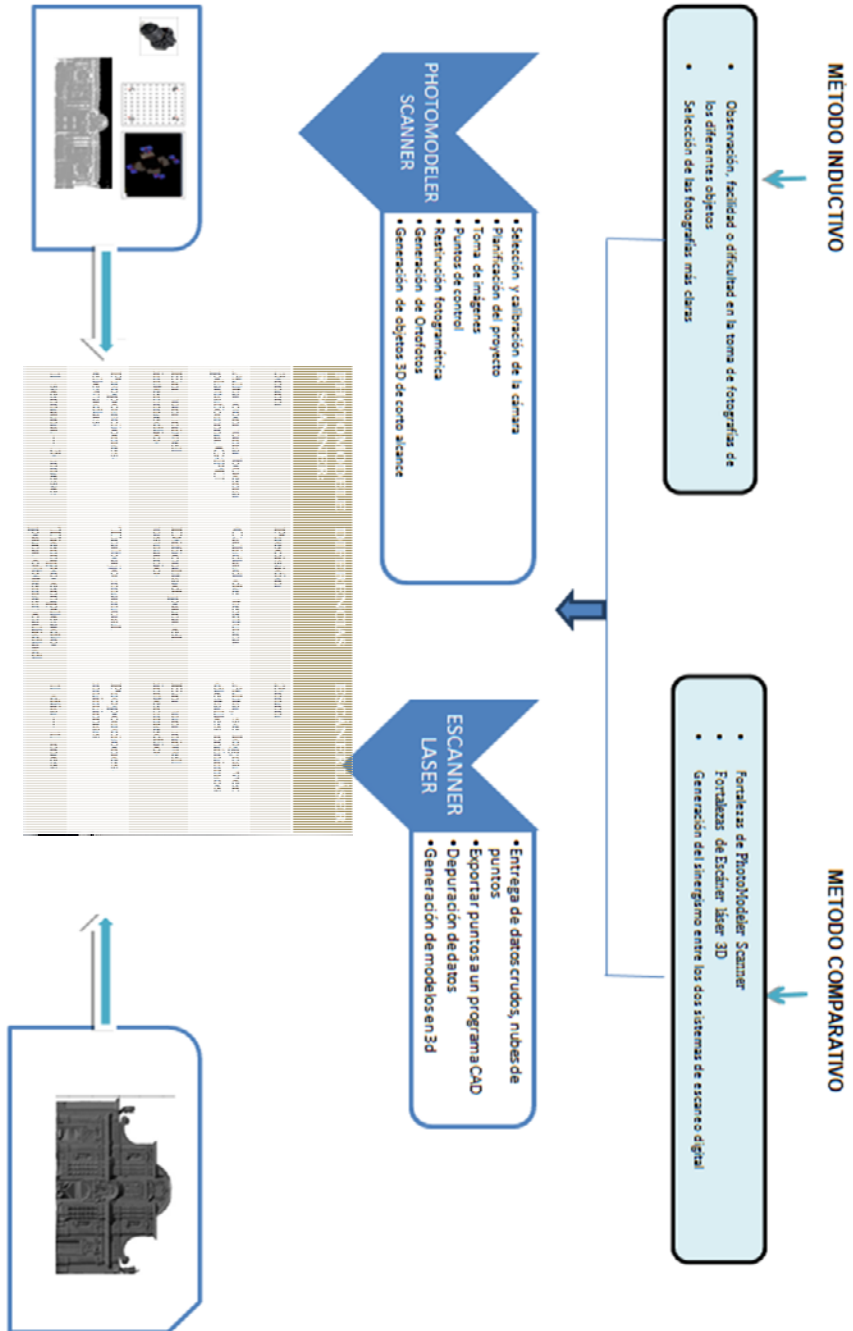
Escáner láser 3D Fortalezas:

- Puede escanear superficies sin textura.
- No necesita un conocimiento a priori sobre el rango de profundidad aproximada

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

- No necesita de objetivos u otros elementos cortantes que se identifiquen en las fotos (utilizados en el PhotoModeler Scanner para la orientación de las fotos antes de la exploración).
- Escanear en la noche y en lugares oscuros (PhotoModeler Scanner se necesita iluminación adicional).

METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE RESULTADOS ENTRE ESCÁNER LÁSER VS PHOTOMODELER SCANNER



CAPÍTULO 2

ESCÁNER LÁSER 3D.

2.1 GENERALIDADES

La aparición del escáner láser en las tareas de obtención de datos, está cambiando la manera con la que se vienen desarrollando las técnicas de topografía para levantamiento terrestre dirigido al campo del urbanismo y el de la arquitectura. Las características más importantes que aportan los sistemas de láser escáner son:

La adquisición masiva de datos tridimensionales en poco tiempo; se capturan miles de puntos por segundo.

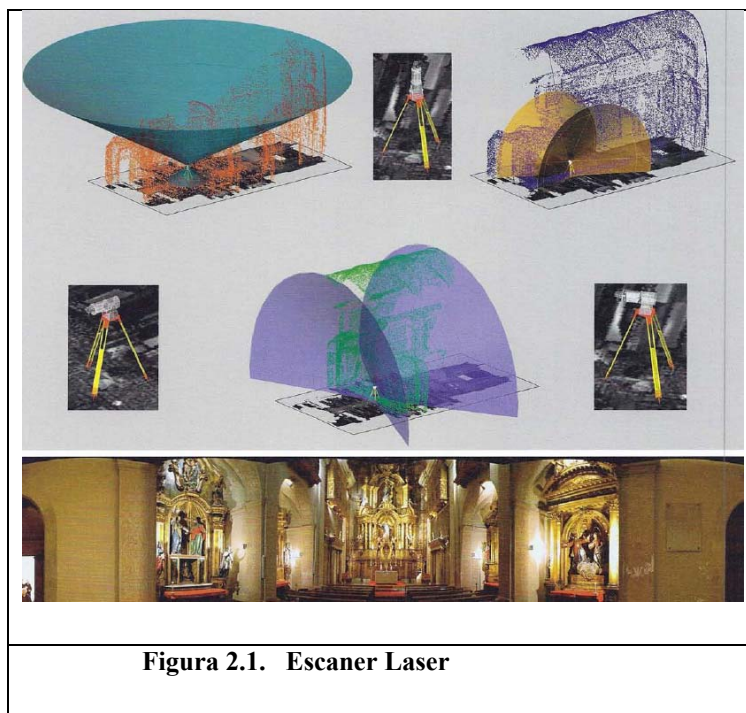
Realizan mediciones tridimensionales de alta precisión de largo y corto alcance. Los escáneres terrestres de largo alcance (uso urbano o arquitectónico), permiten realizar mediciones a 400m de distancia con una fiabilidad métrica de desviaciones máximas entre 1 y 2cm.

En el caso de escáneres terrestres de corto alcance que emplean el método de triangulación óptica, utilizados en la medición de esculturas u objetos pequeños, las

precisiones de medida pueden llegar a centésimas de milímetro para una sola toma y décimas de milímetro al unir varias.

La captura de datos lo selecciona el operador, el paso de malla horizontal y vertical. Todas las medidas están referidas a un sistema relativo propio del instrumento para cada estación.

Para cada punto además de su posición tridimensional (x, y, z) se registra la reflectividad, lo que facilita la clasificación de materiales, y en el caso de disponer cámara digital su color.



Fuente: Internet página: <http://www.topcompositioning.es>

2.2 METODOLOGÍA DE UTILIZACIÓN DEL ESCÁNER LASER

Este tipo de aparato de medición utiliza la emisión de un rayo láser para poder determinar la posición de los puntos de un objeto en el espacio. El tiempo de respuesta entre el momento de la emisión y la reflexión del rayo láser sobre el objeto al origen del instrumento, permite establecer la distancia y posición del punto escaneado.

Como en el caso topográfico y fotogramétrico se producen obstrucciones que impiden la captura total del modelo. Como consecuencia es necesario realizar la toma de datos, desde diferentes posiciones para poder tener el modelo. A este problema, se le suman las limitaciones del campo visual que es capaz de barrer el escáner con el rayo láser. Esta limitación depende del diseño del modelo de escáner que se utilice.

La necesidad de realizar la toma de datos desde diferentes posiciones, con un escáner láser, obliga a tener en cuenta que, para relacionar las nubes de puntos de cada una de las tomas, es necesario establecer unos puntos de referencia en el espacio que puedan ser reconocidos por el instrumento en cada una de las distintas capturas. Estos puntos se consiguen, ubicando unos cilindros o discos reflectantes, (dianas), sobre el espacio que se va a barrer con el láser. Estas posiciones deben ser comunes para todas las nubes de puntos realizadas, permiten unir diferentes capturas en el post proceso de gestión de datos. La finalidad es obtener un único modelo con toda la información recogida en un solo conjunto de posiciones 3D.

2.3 APLICACIONES DEL ESCANER LÁSER

- **Registro de volúmenes en 3D:** desde edificios, terrenos, objetos muebles, murales, espacios urbanos, hasta el registro de datos en excavaciones arqueológicas, tanto volúmenes positivos (por ejemplo, muros, corazas de túmulos, hogueras, deposiciones de materiales, enterramientos, etc.) como negativos (fosas, agujeros de poste, etc.).

- **Dibujo de líneas en 2D y en 3D, Modelado y Animación:** se obtiene el registro del volumen en 3D, y por medio de diferentes programas de tratamiento de los datos de origen,

se procesa y edita la nube de puntos para obtener mallas, superficies y modelos 3D de todo tipo de objetos, edificios, estructuras, además de imágenes en perspectiva, ortoimágenes y vídeos. Estos procesos, que se pueden aplicar genéricamente a cualquier nube de puntos independientemente del sistema con el que haya sido capturada, sirve de base para elaborar dibujos en formatos más clásicos y simples, como las plantas, secciones o alzados representados mediante líneas, tanto en 2D como en 3D.

- **Microtopografías y Modelos digitales del terreno o de superficies de alta precisión:** A partir de la nube de puntos, se obtienen modelos digitales del terreno de alta precisión. Los datos pueden ser georreferenciados y vinculados con otros datos adquiridos mediante otros procedimientos topográficos (como Estación Total o GPS). El modelo del terreno puede ser importado a otras herramientas, como los SIG, e integrado con el resto de información cartográfica, documental, etc.

- **Documentación y Archivo digital:** la información se registra con gran precisión y detalle y archivo posibilita la preservación digital del elemento registrado. Este archivo digital es especialmente útil en sitios sensibles o con riesgo de deformación, alteración, etc. ya que garantiza la documentación de detalle de un momento concreto tanto de sitios arqueológicos, edificios, terrenos e incluso mobiliario, tiene la posibilidad de ser manipulado para obtener diverso material gráfico, mediciones e incluso la comparación con mediciones posteriores.

- **Registro en 3D:** los datos son registrados de todo tipo de volúmenes, positivos y negativos: edificios, muros, fosas, agujeros, rocas con arte rupestre, etc, con la posibilidad de ser georeferenciado.

- **Evaluación de problemas estructurales:** los elementos arquitectónicos o arqueológicos en base un registro de alta densidad y precisión.

- **Representación:** es precisa de volúmenes en planos técnicos en 2D y 3D, creación de superficies y modelados.

- **Reconstrucciones:** especialmente de sitios, terrenos, elementos arqueológicos o arquitectónicos.

- **Creación de infografías:** se pueden emplear las nubes de puntos como base para la recreación o reconstrucción de ambientes o sitios arqueológicos y arquitectónicos, reproducciones de piezas o simulación de escenas, para obtener imágenes, vídeos, paseos virtuales, etc. en la que representar cómo ha sido un edificio, un paisaje, cómo puede ser con la incorporación futura de elementos, por ejemplo, en un proceso de restauración, etc.

2.4 LASER SCANNER FOCUS

Es un escáner 3D de alta velocidad para la medición y documentación detallada. El Focus^{3D} utiliza tecnología láser para generar imágenes tridimensionales de geometrías y entornos complejos en tan solo unos minutos con gran nivel de detalle, cuenta con una pantalla táctil para controlar las funciones y los parámetros del escaneo. La imagen resultante es una combinación de millones de puntos de medición 3D en color, que proporciona una reproducción digital exacta de las condiciones existentes.

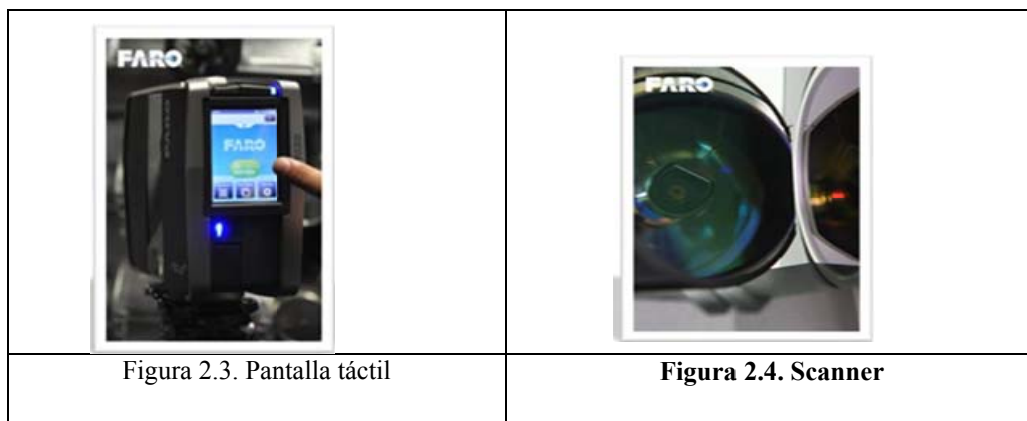
2.4.1 Faro Laser Scanner Focus 3DMS

De última tecnología ultra liviano (peso de 5kg), con microcomputadora incorporada para la administración del escaneo, cámara digital exacta del terreno gracias al escaneo de 1'000.000 de puntos por segundo, incluye sensores de orientación y altura para enlaces rápidos y seguros de más de un escaneo.

El Focus^{3D} ofrece el método más eficiente para la documentación 3D de edificios, la deformación de sus fachada y estructuras, zanjas, lugar de los hechos, particularidades de accidentes, geometría de productos, fábricas máquinas y mucho más.



Fuente: Internet página: <http://www.topconpositioning.es>



Fuente: Internet página: <http://www.topconpositioning.es>

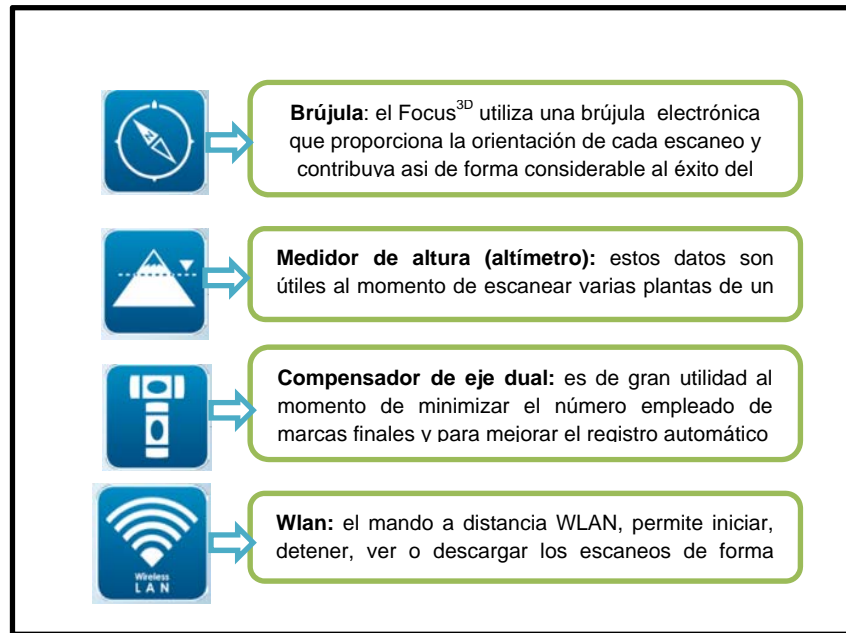


Figura 2.5. Características del Escáner Láser

Sencillo y eficiente: Gracias al intuitivo concepto de control con pantalla táctil, el Focus^{3D} es tan sencillo de manejar como una cámara digital, tiene un alcance de hasta 120 m, sensor de nivel, forma compacta, facilidad de uso y registro automático sin coste adicional, se traducen en hasta un 50% de ahorro en tiempo de escaneado y procesamiento, en comparación con escáneres láser convencionales.

Rápido y preciso: El Focus^{3D} crea una copia virtual y precisa de la realidad con una exactitud milimétrica, a una increíble velocidad de hasta 1.000.000 puntos de medición por segundo.

Pantalla táctil intuitiva: Las funciones de control y escaneado mediante la interfaz táctil proporcionan una facilidad de uso y control sin precedentes.

Solución autónoma: Su diseño ultra portátil permite un funcionamiento sin dispositivos externos.

Cámara a color integrada: Escaneo 3D con realismo fotográfico gracias a la cámara a color integrada con superposición de color sin paralelaje de 70 megapíxeles y automática.

Batería de alta capacidad: La batería integrada de iones de litio proporciona hasta cinco horas de funcionamiento y puede cargarse durante el servicio.

Gestión de datos: Todos los datos se almacenan en una tarjeta SD que permite su transferencia fácil y segura a un PC. Con SCENE Web Share es posible compartir las imágenes en Internet.

2.4.2 Especificaciones Técnicas

Tabla 2.1. Especificaciones técnicas Escáner Laser

Clase de protección a la vista	Laser Clase 3R
Alcance de medición máximo	120m
Precisión	2mm
Intervalo de ambigüedad	153,49m

Rango Focus ^{3D} 120'	0,6m – 120m en interiores o al aire libre con baja luz e incidencia normal en superficies reflectantes con incidencia normal en superficies reflectantes de un 90%			
Rango Focus ^{3D} 20	0,6m – 20m > 10% de la superficie mate reflectante con incidencia normal			
Frecuencia de medición	1.000.000 por segundo			
Potencia láser (CW)	20Mw (Laser Clase 3R)			
Longitud de onda	905nm			
Divergencia del haz	0,16 mrad (0,009°)			
Diámetro del haz	3,8mm, circular			
Rendimiento del escáner en vertical	Campo de visión vertical: 305°			
Rendimiento del escáner en horizontal	Escaneo 3D con realismo fotográfico gracias a la cámara a color integrada con superposición sin color sin paralaje de 70 MP, ángulo de medida 360°			
Error sistemático de distancia	+/- 2mm en 25m, reflectividad a 90% y 10%			
Rango de ruido	@10m	@10m – ruido reducido ⁴	@25m	@25m – ruido reducido ⁴
@ 90% refl.	0,6mm	0,3mm	0,95mm	0,5mm
@ 10% refl.	1,2mm	0,6mm	2,2mm	1,1mm

2.4.3 Software De Procesamiento Faro Scene

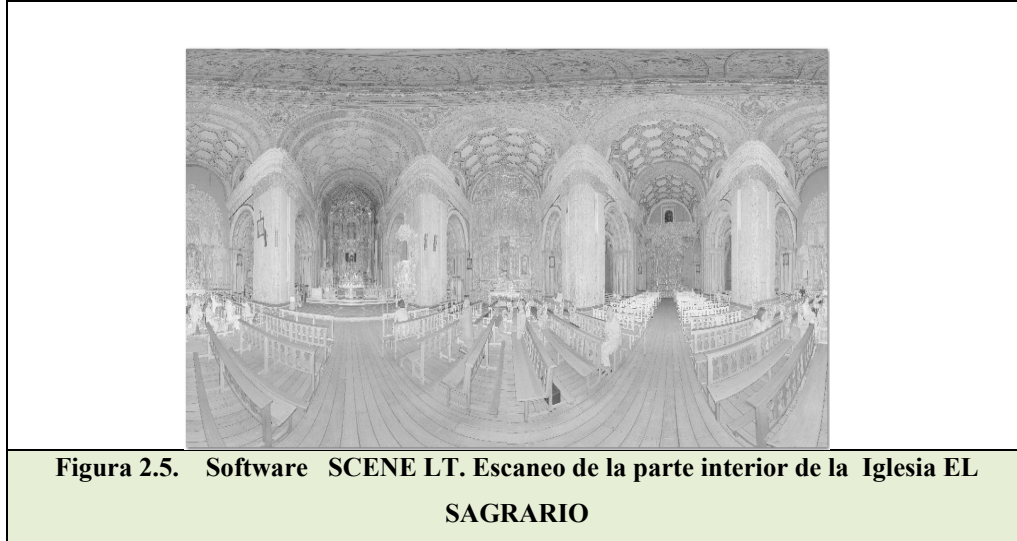
SCENE es un software diseñado especialmente para el FARO Laser Scanner. SCENE procesa y gestiona los datos de escaneo de manera eficaz y sencilla mediante el reconocimiento de objetos, registro y posicionamiento de escaneos, también puede colorear los escaneos. El software es extremadamente fácil de usar y genera datos de alta calidad rápidamente, lo que hace es comprobar los resultados finales. Una vez que SCENE haya

preparado los datos de escaneo, el usuario los puede analizar y tratar de forma inmediata. Los proyectos de escaneo pueden publicarse en un servidor web con sólo pulsar un botón.

Características:

- WebShare para proporcionar escaneos a través de Internet
- Proceso de trabajo eficaz, desde la captura de los datos hasta la finalización del proyecto
- Mínimo trabajo manual posterior gracias al procesamiento automático de los escaneos
- Identificación de referencias automática y alineamiento de escaneos
- Herramientas para medición, ajuste de objetos así como visualización 2D y 3D
- La documentación de objetos permite añadir a la nube de puntos información adicional usando la tecnología hipervínculo
- Draw-To-CAD junto con FARO Cloud para AutoCAD proporciona un enlace en tiempo real con aplicaciones basadas en AutoCAD
- Interfaz con numerosos softwares específicos de la industria
- Soporte de Windows XP, Windows Vista y Windows 7. Ambos en 32-Bit y 64-Bit

2.4.4. SOFTWARE ADICIONAL PARA LASER SCANNER**2.4.4.1. SCENE LT**



Fuente: Instrumental y Óptica

SCENE LT es un visor gratuito que permite a los usuarios profesionales visualizar los escaneos y áreas de trabajo FARO. Es capaz de importar modelos CAD en formato VRML con el fin de compararlos con los puntos de escaneo. Este programa es fácil de aprender y uso sencillo con ventanas y pestañas, la nueva vista de estructura proporciona más eficiencia al mismo tiempo gracias a menús y barras de herramientas bien estructuradas para medición, ajuste de objetos así como visualización 2D y 3



Fuente: Instrumental y Óptica

2.4.4.2. FARO CLOUD

Este plugin para AutoCAD permite procesar datos de escaneo láser 3D utilizando la funcionalidad estándar en 2D y 3D disponible en AutoCAD 2004-2011. En caso de trabajar con instalaciones de AutoCAD 2010 o anterior, FARO Cloud ofrece el excepcional motor de PTC para el manejo de nube de puntos.

Proporciona un método sencillo de navegación en 3D gracias a las herramientas órbita, zoom, así como la capacidad de ocultar y mostrar partes de la nube de puntos.

Se puede registrar documentación as-built de las estructuras industriales, edificios históricos, esculturas y muchas más aplicaciones. También es posible aumentar la nube de puntos resultante o combinarla con otra información, como dibujos de CAD, fotografías y planos de planta.

Características

- Visualización de nubes de puntos en AutoCAD
- Herramientas de recorte y secciones
- Utiliza todos los estándares de funcionalidad CAD, junto con los datos de escáner láser 3D
- Draw-To-CAD ofrece un enlace en tiempo real a SCENE o SCENE LT

- Reconoce objetos CAD en nubes de puntos (líneas, planos y cilindros - Sólo en la versión PRO)



Figura 2.6. Software FARO CLOUD.

Fuente: Instrumental y Óptica

2.5 PROCESAMIENTO DE DATOS

Características

- Adquisición de datos y ajustes de multi estaciones de escaneo
- Edición y filtración de nubes de puntos
- Creación de dibujos de vistas 3D
- Creación de Ortofotos
- Función Web Share, para compartir escaneos en la web
- Navegación y visualización de escaneos en modo vuelo 3D

- Importación y exportación formatos Puntos de control de geo-referencia (.Cor.Csv)
- Puntos de escaneo (FARO Scan, FARO Cloud,.dxf, VRML, .igs, .txt, .xyz, .xyb, .pts, .ptx, .ptc, .ptz (importación), .pod(exports))
- Objetos CAD (.WRL(importación y exportación), .igs y .dxf(exports))
- Importación de imágenes digitales (.jpg, .png, .bmp)
- Exportación de imágenes panorámicas (.jpg)
- Transferencia directa de datos a: AutoCAD, Microstation, Geomagic, Polyworks, Pointools, Reconstructor, AVEVE, Intergraph, Carison y otros

a) Proyecto de nube de puntos

Esta opción ayuda a fusionar perfectamente múltiples escaneos y así formar una única nube de puntos completa que brinda una visualización y una navegación sencillas con un tiempo de carga mínimo.

b) Registro fino automático

El nuevo registro fino automático es una nueva mejora de nube a nube que reduce o elimina la necesidad de colocar objetivos artificiales en muchas aplicaciones de escaneo, y reduce en gran medida el tiempo de procesamiento posterior.

c) Base de datos de proyectos integrada

Esta nueva incorporación almacena perfectamente la información del proyecto y un historial detallado de cada proyecto de escaneo. Los usuarios pueden ahora regresar a

cualquier paso de una base de datos de escaneo de forma rápida y sencilla, y con independencia de dónde estén en el proceso.

d) Visualización estéreo 3D

La visualización estereoscópica permite a los usuarios ver sus escaneos en monitores compatibles con la tecnología 3D. El resultado es un mayor nivel de detalles, y una mayor sensación de realismo en la mayoría de imágenes en movimiento.

e) Norma del sector ASTM E57

- Con este formato de intercambio de datos binarios independiente de los fabricantes, los usuarios pueden importar y exportar datos de escaneos sin importar el producto específico usado para capturarlos.
- Soporte de sistemas de 64 bits tiene un flujo de trabajo eficiente desde la adquisición de los datos originales hasta el proyecto acabado
- Permiten un procesamiento manual posterior mínimo necesario, gracias al procesamiento automático de escaneos
- Es sencillo y fácil de aprender
- La nueva base de datos de proyectos aumenta el nivel de trabajo en red entre los usuarios, interfaces con numerosos productos de software específicos del sector

VENTAJAS

- Ahorro en tiempo de trabajo y personal de campo
- Disminución de tareas de verificación
- Levantamiento remoto de lugares inaccesibles o de difícil acceso

- Obtención de un nivel de información cuantitativa y cualitativa mucho mayor que con métodos convencionales.
- Funciona en condiciones de intensa luminosidad u oscuridad total (ideal para horario nocturno)

DESVENTAJAS

- El costo al momento de la adquisición
- Para un trabajo pequeño cuya inversión sería mayor
- El cambio de estación para cada lugar a escanear, ya que cada posición diferente representa un valor económico.

2.6 MODELAMIENTO EN 3D

2.6.1 Definición de 3d

Tres dimensiones en computación, las tres dimensiones son el largo, el ancho y la profundidad de una imagen. La computadora sólo simula gráficos en 3D, pues, en definitiva toda imagen de computadora sólo tiene dos dimensiones, alto y ancho (resolución).

2.6.1.1 Creación de gráficos en 3D

El proceso de la creación de gráficos tridimensionales comienza con un grupo de fórmulas matemáticas y se convierte en un gráfico en 3D. Las fórmulas matemáticas (junto con el uso de objetos externos, como imágenes para las texturas) describen objetos poligonales, tonalidades, texturas, sombras, reflejos, transparencias, translucidez, refracciones, iluminación (directa, indirecta y global), profundidad de campo, desenfoques por movimiento, ambiente, punto de vista. Toda esa información constituye un modelo en 3D.

El proceso de transformación de un modelo en 3D hacia una imagen 3d es llamado renderización.

Renderización o interpretación es el proceso de generar una imagen (imagen en 3D o una animación en 3D) a partir de un modelo, usando una aplicación de computadora.

El modelo es una descripción en tres dimensiones de objetos en un lenguaje o estructura de datos estrictamente definidos. El modelo debería contener geometría, punto de vista, textura e información de iluminación. La imagen resultado de la renderización es una imagen digital (raster).

2.6.1.2 Definición de Imagen en 3D

Resultado final del proceso de renderizado de un modelo en 3D, en definitiva, es una imagen en dos dimensiones que simula las tres dimensiones, pero proviene de un "mundo conceptual en 3D". Ese "mundo en 3d" permite que puedan generarse múltiples imágenes en 3D desde diferentes perspectivas.

Una imagen en 3D puede almacenarse en cualquier formato gráfico ráster. Múltiples imágenes en 3D constituyen una animación 3d.

2.6.1.3 Definición de Modelo en 3D

Un modelo 3D puede observarse de dos formas distintas. Desde un punto de vista técnico, es un grupo de fórmulas matemáticas que describen un "mundo" en tres dimensiones. Desde un punto de vista visual, un modelo en 3D es un representación

esquemática visible a través de un conjunto de objetos, elementos y propiedades que, una vez procesados (renderización), se convertirán en una imagen en 3D o una animación 3d.

Por lo general, el modelo visual suele ser el modelo 3d que las diseñadores manejan, dejando las fórmulas a procesos computacionales. Esto es así, porque lo que el modelo en 3d visual representa se acerca más a la imagen en 3D final que se mostrará al renderizarse.

Existen aplicaciones de modelado en 3D, que permiten una fácil creación y modificación de objetos en tres dimensiones; estas herramientas suelen tener objetos básicos poligonales (esferas, triángulos, cuadrados, etc.) para ir armando el modelo, además de herramientas para la generación de efectos de iluminación, texturizado, animación, transparencias, etc

2.6.1.4 Tecnología para Modelos 2D Vrs Modelos 3D

La tecnología de diseño tridimensional es una herramienta de diseño. Las investigaciones muestran que el diseño y la ingeniería 3D son cada vez más.

El cambio de condiciones de mercado y avances tecnológicos indican que la tecnología de diseño 3D puede vigorizar la productividad, aumentar la ventaja competitiva, obtener aún más rendimiento en diseño de productos y beneficiar a muchos otros aspectos de la fabricación.

La principal diferencia entre las tecnologías de diseño 2D y 3D está en la cantidad de tiempo que los diseñadores dedican a estas tareas cuando usan las herramientas respectivas.

A diferencia de las herramientas de dibujo 2D, la tecnología de modelado 3D deja desarrollar una representación realista de un diseño - desde la composición estructural y el modo en que las piezas encajan y se mueven juntas, hasta el impacto sobre el rendimiento de características como el tamaño, grosor y peso.

Cuando los ingenieros pueden ver la suma de las piezas en 3D, identifican problemas y oportunidades sin necesidad de dedicar tiempo a crear la documentación.

2.6.1.5 Modelos 3D con FARO Laser Scanner Focus3D

Cada vez más sectores y usuarios trabajan con planos bidimensionales y representaciones esquemáticas, descubriendo las ventajas de las herramientas tridimensionales de documentación y planificación. Ya sea en arquitectura y construcción, control de calidad e ingeniería inversa, o protección de monumentos y análisis forense, la documentación 3D mediante escáner láser de FARO ofrece beneficios frente a todos los métodos de medición convencionales.

El Focus^{3D} con tecnología de desplazamiento de fase utiliza un sofisticado método para la captura de datos: Un rayo láser es proyectado sobre una superficie y reflejado al escáner portátil, que traduce este eco del láser en imágenes 3D y datos de medición a través de un avanzado software. Los objetos en 3D pueden representarse como nubes de puntos que pueden utilizarse para construir modelos CAD.

El FARO Laser Scanner Focus^{3D} y el software SCENE son compatibles con casi todas las aplicaciones de software de CAD habituales. Con el software SCENE, los datos de

escaneado se pueden exportar a más de 50 soluciones de software convencionales, ejemplo: AutoCAD, Microstation, Rhino, Geomagic.



Figura 2.7. FARO Laser Scanner Focus 3D

Fuente: Internet página <http://guia-de-medicion.faro.com/home>

CAPÍTULO 3

CONCEPTOS BÁSICOS

3.1 CONCEPTO CÁMARA DIGITAL

Es un dispositivo electrónico que capta las imágenes y la guarda en formato digital (archivos para computadora), con una alta resolución, utilizado con el mismo fin que una cámara fotográfica o filmadora pero con tratamiento y almacenamiento digital de la imagen que captura.

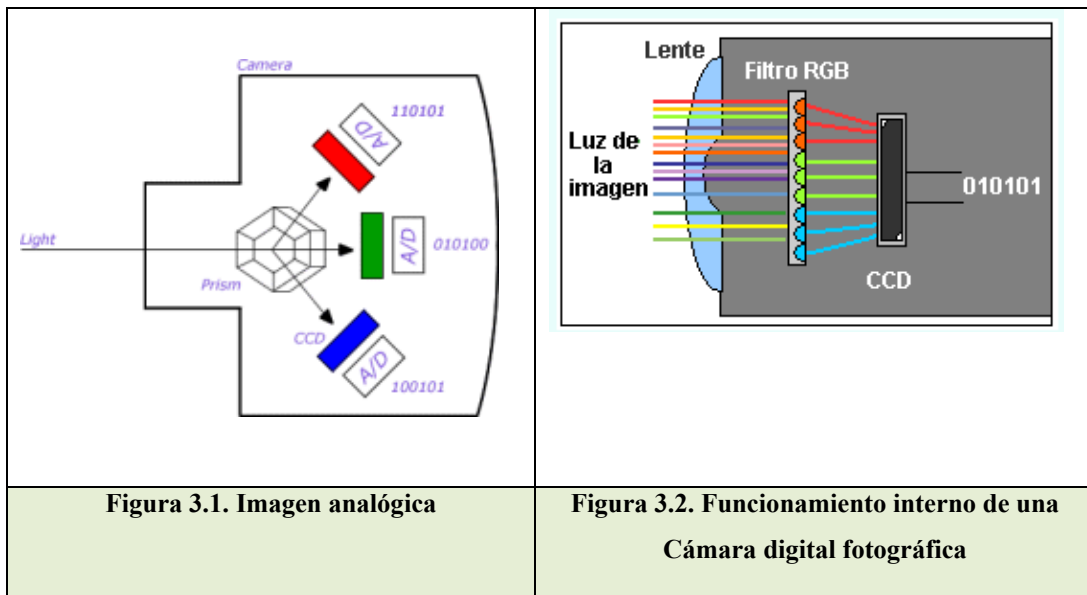
Miden la resolución de imagen en mega píxeles, una de las medidas utilizada para valorar una cámara digital. A diferencia de las tradicionales cámaras analógicas que convierte las intensidades de luz en señales infinitivamente variables, las cámaras digitales convierten las intensidades de luz en números discretos.

La cámara digital descompone la imagen de la figura en un número fijo de píxeles (puntos), verifica la intensidad de luz de cada píxel y la convierte en un número. En una cámara digital de color, se crean tres números, que representan la cantidad de rojo, verde y azul en cada píxel.

Las cámaras digitales fotográficas tienen el mismo uso que se les daba a las cámaras basadas en rollo, pero tienen la ventaja de que en su gran mayoría es posible visualizar la foto en una pequeña pantalla LCD que integran y por medio de botones integrados, borrar, copiar, acercar la imagen ("Zoom"), etc. entre otras funciones.

3.2 FUNCIONAMIENTO DE LA CÁMARA DIGITAL

La luz de la imagen que pasa por la lente, se refleja en un filtro RGB (Red – Green-Blue), el cual descompone la luz en tres colores básicos: rojo, verde, azul. Esta división de rayos se encuentra en un chip sensible a la luz denominado CCD ("Charged Coupled Device"), el cual asigna valores binarios a cada pixel y envía los datos digitales para su codificación en imagen y su posterior almacenamiento.



Fuente: Internet cámara digital

3.2.1 Características generales de la cámara digital fotográfica

Tiene una resolución por lo general alta, llegando a resoluciones sobre los 60 MP. Un Mega pixel es exactamente igual a 1.048.576 puntos, pero su valor se redondeó a un millón en el lenguaje normal. Con esos puntos se formara la imagen que si la ampliamos se verá que está formada por distintos punto de color e intensidad diferente.

Cada punto con los que se forma la imagen (píxel) lleva asociado 3 bytes (8 bits son un byte: 11001101, por ejemplo) en ellos se almacena la información.

Se utiliza un byte para cada color uno para el rojo, otro para el verde y otro para el azul. De la combinación RGB se obtiene la tonalidad del color.

La información recogida en 1 Mega pixel de un CCD requiere por lo tanto 3 Mb (1x3), de la tarjeta de memoria para almacenarse. En realidad utilizan menos porque se utilizan técnicas de compresión, como se explica más adelante, aunque con ellas se pierden algo de calidad.

La máxima calidad de resolución del CCD se da en pixeles es una buena resolución hoy en día es de unos 5 mega pixel (5 millones de pixel), una alta resolución encarece el precio de la cámara, tener una foto descompuesta en tantos puntos de información permite ampliar el tamaño de la foto al reproducirla sobre una pantalla o sobre papel pero esa foto ocupa mucha memoria.

3.2.2 Partes de la cámara digital fotográfica

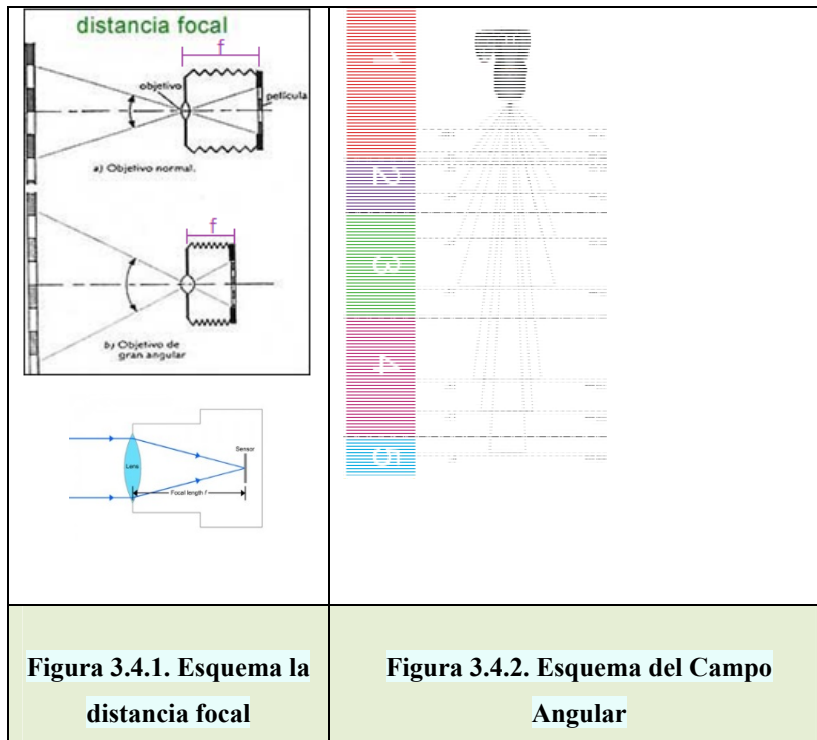
Internamente cuenta con los circuitos adecuados para el sensor de imágenes y la transmisión hacia la computadora. Externamente cuenta con las siguientes partes:

- **1 Disparador:** permite al usuario determinar el momento propicio de captar la fotografía.
- **2 Flash:** ilumina de manera momentánea el lugar en el que se toma la foto.
- **3 Visor manual (opcional):** es para visualizar con un solo ojo el objetivo a fotografiar.
- **4 Cubierta:** protegen los circuitos internos y da estética al producto.
- **5 Visor digital:** es el juego de lentes encargados de enfocar el objetivo.
- **6 Puerto:** permite descargar las fotografías y videos hacia la computadora
- **7 Porta baterías:** almacena las baterías que suministran energía a la cámara.
- **8. Pantalla LCD:** permite prescindir del visor manual y da comodidad al momento de enfocar el objetivo.
- **9 Controles digitales:** tienen las funciones de acercamiento, borrado, colocar textos, cambiar tonalidad, etc.
- **A Puerto:** permite insertar una tarjeta de memoria digital y aumentar la capacidad de almacenamiento de la cámara.



Figura 3.3. Esquema externo de una cámara digital fotográfica

Fuente: Internet cámara digital



Fuente: Internet características de una cámara digital

3.2.3 Distancia Focal y Campo Angular

3.2.3.1 Distancia focal

Es la distancia medida en milímetros desde el centro óptico del lente hasta el sensor (o película en el caso de fotografía análoga) cuando el lente está enfocado al infinito. Los objetivos de distancia focal larga, acercan el objeto por su ángulo de campo más estrecho.

La distancia focal de un lente se ve afectada por el factor de conversión que tenga la cámara digital.

El factor de conversión es un número que indica la relación de proporción entre el tamaño del sensor de imagen de una cámara específica y el tamaño de un sensor de imagen tipo Full Frame (equivalente al tamaño de un negativo de película de 35mm)

3.2.3.2 Campo Angular

Es la cantidad de la escena que el lente puede capturar, medida en grados. Mientras menor sea la distancia focal mayor será el campo angular, y mientras mayor sea esta distancia se irá reduciendo. Los objetivos con focales más largas acercan el fondo al primer plano mientras que los cortos lo separan.

El plano de la imagen es la superficie del interior de la cámara donde se concentra los rayos de luz para lograr una imagen enfocada. Se trata del plano donde encontramos o bien el sensor electrónico o bien la película.



Figura 3.5. Esquema del plano de una cámara digital

Fuente: Cámara Nikon

3.3.3 Profundidad De Campo

La profundidad de campo es un término utilizado en fotografía para expresar el rango de distancias reproducidas con una nitidez aceptable en una foto. Explicado en lenguaje sencillo, cuando se mira una fotografía y en ella hay zonas nítidas y otras más borrosas

La profundidad del campo, siempre aumenta cerrando el diafragma. Según algunos manuales de fotografía, se precisa que, con una abertura media del diafragma (normalmente de 8 y 11 en las cámaras analógicas), se obtienen las fotos más nítidas.

Teniendo en cuenta la profundidad del campo, antes de realizar una fotografía, se debe centrar donde se indica la zona de nitidez del objeto.

La profundidad de campo varía con el tamaño de la abertura del lente, la distancia entre la cámara - sujeto y la distancia focal del lente. La profundidad de campo es mayor a medida que:

- 1- El tamaño de la abertura del lente decrece.
- 2- La distancia al objeto aumenta.
- 3- La distancia focal del lente decrece.

3.3.4 Diafragma

Está compuesto por unas pequeñas laminillas metálicas, imbricadas entre sí en el interior del objetivo. Estas, forman un orificio regular que determina el diámetro del haz luminoso y por tanto la intensidad de luz que tendrá el plano focal.

El diafragma, es el que controla la cantidad de luz que atraviesa el objetivo y también determina la extensión de la profundidad del campo

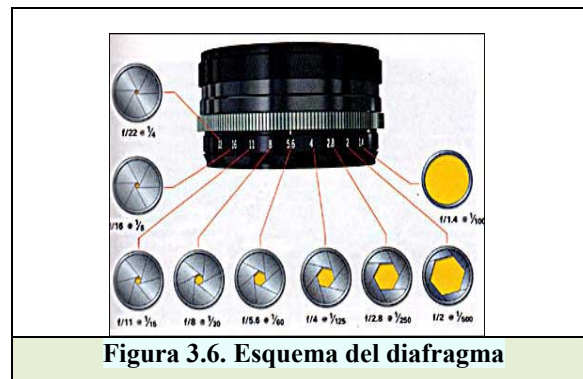


Figura 3.6. Esquema del diafragma

Fuente: Internet Diafragma

3.3.5 Abertura del diafragma

Existe una escala universal de aberturas, que se basa en unas unidades denominadas "pasos" o "números f". Los valores de la escala son los siguientes: f/1, f/1.4, f/2, f/2.8, f/4, f/5.6, f/8, f/11, f/16, f/22, f/32, f/45 y f/64. Los números crecen a medida que la abertura se hace menor, por tanto f/5.6 es más pequeña que f/4 pero más grande que f/8.

Por ejemplo con una abertura de f/16 la película recibe el doble de luz que con una de f/22 pero la mitad que con f/11.

Un número (f) más bajo, indica una abertura mayor, y un número (f) más alto, indica una abertura menor.

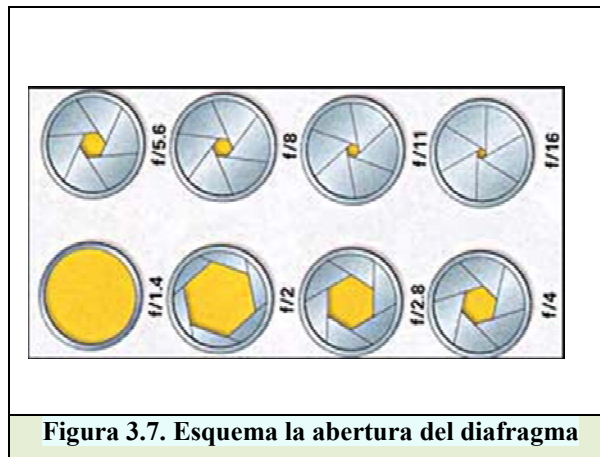


Figura 3.7. Esquema la abertura del diafragma

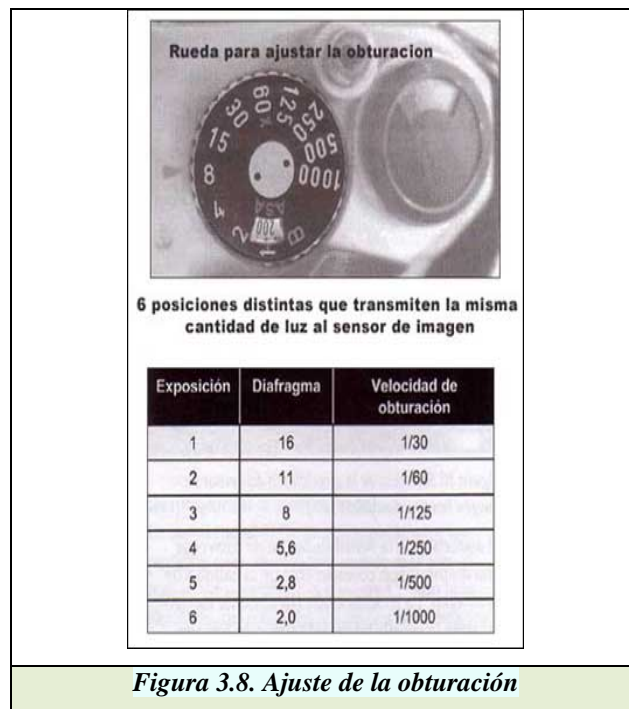
Fuente: Internet Diafragma

3.3.6 Velocidad de obturación

Cuando pulsamos el disparador de la cámara, en realidad lo que hacemos es accionar el obturador este suele ser unas cortinillas situadas delante del negativo, las cuales, al abrirse, dejan pasar la luz que impresionará la película.

Cuando el tiempo de obturación aumenta o disminuye, el tiempo de exposición de la película de imagen aumenta o disminuye de forma similar al ajuste del diafragma, que deja penetrar dos veces más o menos luz con cada graduación.

Para captar con nitidez objetivos en movimiento hay que recurrir a una velocidad alta de obturación, que dependerá de factores como la velocidad del objeto y la distancia a la que se encuentre.



Fuente: Internet página velocidad de obturación

3.3.7 Objetivos fotográficos



Fuente: Internet objetivos fotográficos

Los objetivos fotográficos se componen de una combinación de lentes convergentes y divergentes recubiertos todos con una capa antirreflejos de color azulado. Esa combinación mejora significativamente el enfoque de las fotos evitando aberraciones y deformaciones de la imagen. De hecho la calidad de los mismos es una de las principales cuestiones a tener en cuenta a la hora de adquirir una cámara, ya sea analógica o digital, incluso por encima de los megapíxeles que posea el sensor.

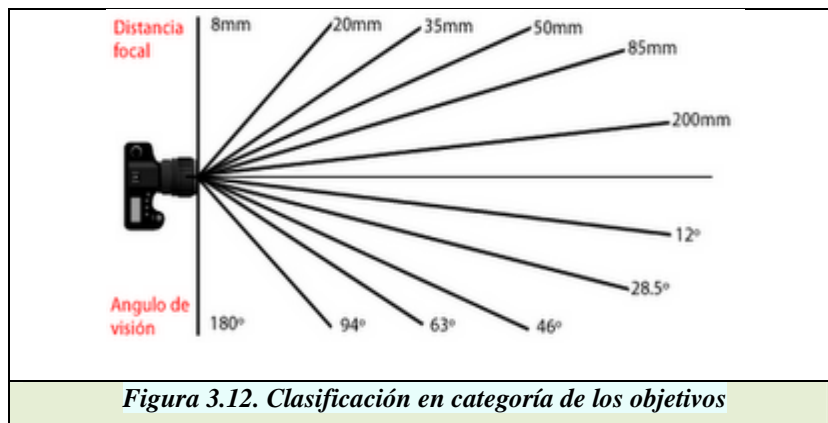
Por ejemplo, si al zoom óptico de tres aumentos (3x) le superponemos también cuatro aumentos (4x) más que permite el zoom digital en la mayoría de las cámaras de gama media, tendremos: $3x$ multiplicadas por $4x = 12x$, o sea, que al final contaremos con un acercamiento total de 12 aumentos.



Fuente: Internet objetivos fotográficos

3.3.8 Tipos de objetivos fotográficos

En general los objetivos fotográficos fijos de las cámaras analógicas que empleaban carretes de película fotográfica de 35 mm se clasificaban en cuatro grandes categorías según fuera la distancia focal en milímetros que le correspondía a cada uno, o en su defecto el ángulo visual en grados que permitían abarcar de la imagen a fotografiar. Esta clasificación se mantiene todavía para diferenciar los objetivos que emplean las cámaras digitales reflex y para clasificar también las distancias focales que posee los objetivos de las cámaras digitales compactas, estableciendo una similitud de acuerdo con el ángulo visual que abarca cada objetivo en particular. Realmente las medidas en milímetros correspondientes a las distancias focales de los objetivos que emplean las cámaras compactas no coinciden exactamente con los que corresponden a una cámara analógica de carrete de películas fotográficas de 35 mm, debido a que el área que ocupa el fotograma de una de esas películas es mucho mayor que el correspondiente a los sensores de cualquier cámara compacta digital. La clasificación en categorías de los objetivos intercambiables es la siguiente:



Fuente: Internet objetivos fotográficos

1. **Ojo de pez.** Pueden llegar a abarcar hasta un ángulo de 180 grados aproximadamente. Se fabrican con distancias focales fijas que se sitúan entre 5 y 18 mm.
2. **Ángulo ancho o gran angular.** Abarcan más de 60 grados, con distancias focales entre 18 y 37 mm.
3. **Ángulo normal.** Abarcan entre 45 y 55 grados, con distancia focales entre 40 y 58 mm.
4. **Teleobjetivos o telefotos.** Abarcan menos de 30 grados de ángulo visual, con distancias focales superiores a 80 mm

El objetivo denominado zoom óptico constituye una combinación de dos o tres tipos de objetivos agrupados en un solo cuerpo, cuyas lentes se mueven por medio de un mecanismo eléctrico que permite variar la distancia focal comenzando por el ángulo ancho, pasando por el normal y finalizando con el telefoto, o viceversa. Su juego de lentes se desplaza hacia delante o hacia atrás, permitiendo así acercar o alejar la imagen que se desea capturar en la foto.

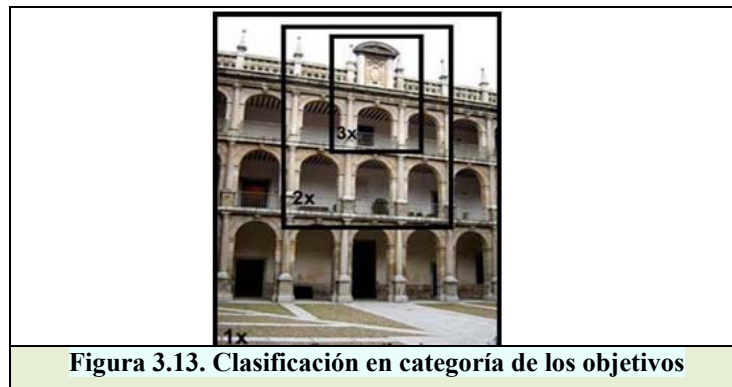


Figura 3.13. Clasificación en categoría de los objetivos

Fuente: Internet objetivos fotográficos



Fig.3.14. Clasificación en categoría de los objetivos

Fuente: Internet objetivos fotográficos

3.4 FORMATOS DIGITALES

Los archivos digitales se almacenan en el computador en diferentes formatos y con diferentes codificaciones. Un formato de archivo digital es un contenedor que permite el almacenamiento de información de diferentes tipos de archivos de manera digital en el computador. La forma de diferenciar los tipos de formatos digitales es mediante la extensión del archivo, que generalmente va después del nombre del archivo y precedida de un punto. La extensión permite al sistema operativo identificar claramente el tipo de formato del archivo y procesarlo adecuadamente.

Windows ha sido el sistema operativo más usado desde su aparición y, por tanto, ha determinado algunos de los formatos de imagen digital más difundidos.

Los dos formatos que soporta el Paint de Windows son bmp y pcx, con mejor utilización del primero con el paso del tiempo ha ido perdiendo fuerza, y se da uso y búsqueda de formatos menos robustos.

Estos nuevos requerimientos de la publicación en línea provocaron que se desarrollaran formatos pequeños que mantuvieran una aceptable calidad al ser presentados en pantalla. Los formatos más adecuados a estos parámetros prontamente se han ido extendiendo, sobre todo porque cada día es más común el uso de los navegadores, tanto para tareas académicas y comerciales como para consultas en general. Debe mencionarse que el uso de diferentes sistemas operativos, ha propiciado que muchos de los formatos de imagen sean normalizados, esto es, que si uno crea un archivo en Windows puede ser leído por otro sistema operativo.

PCX

Este formato fue desarrollado por Zsoft para integrarlo a su programa Paintbrush, por lo mismo la utilización de pcx está vinculada con la introducción de este programa. Su difusión no ha sido muy grande, aunque si fue de los primeros formatos de imagen digital en la década de los ochenta, hoy en día es raro utilizarlo en proyectos de publicación o conservación electrónica de acervos.

BMP

El formato bmp (Bit Map) es el formato de las imágenes de mapa de bits de Windows, su uso fue muy extendido, pero los archivos son muy grandes dado la escasa compresión que alcanzan.

Tabla 3.1 Características BMP

Formato	Profundidad de color	Modos de color	Canales alfa	Compresión
BMP (.bmp)	1 bit: blanco y negro 4-8 bits: Escala de grises 8 bits: Color Indexado 24 bits: color RGB	.RGB .Color Indexado .Escala de grises .Mapa de Bits	No	Si: RLE en 4 y 8 bits

Fuente: Internet Formatos digitales

PSD

Este es el formato de Adobe Photoshop y, es el único que admite todas las funciones que este programa contiene, sin embargo, su uso se centra en la manipulación de la imagen y no tanto para ser empleado en publicaciones digitales, presenta grandes ventajas para la edición, ya que al guardar con este formato se mantiene las capas (en estas se puede manipular los diferentes elementos de una imagen por separado) que se haya utilizado en la manipulación de la imagen.

EPS

Este formato llamado PostScript Encapsulado (Encapsulate PostScrip) es admitido prácticamente por todos los programas de edición y tratamiento de imágenes, puede integrar tanto gráficos vectoriales como de mapa de bits, para imprimir este tipo de archivos se tiene que utilizar una impresora PostScript. Tiene dos versiones avanzadas: el DCS con el que se puede guardar separaciones de color en imágenes CMYK de 32 bits y el DCS 2.0 que permite exportar imágenes que contienen canales de tinta plana.

TIF

El formato TIF (Tag Image File Format) se utiliza para imágenes de mapa de bits y es admitido prácticamente por todas las aplicaciones de autoedición y tratamiento de imágenes. Este formato fue desarrollado por Aldus Corporation. Lo reconocen casi todos los programas. Además, es compatible con PC y Mac. Su uso es de los más extendidos en la industria gráfica por la calidad de imagen y de impresión que presenta.

Tabla 3.2 Características TIF

Formato	Profundidad de color	Modos de color	Canales alfa	Compresión
TIF (.tif)	32 bits	.Mapa de Bits .Color Indexado .Escala de grises .RGB	Si	Si: (LZW)

Fuente: Internet Formatos digitales

GIF

El formato GIF corresponde a las siglas de Graphics Interchange Format propiedad de CompuServe. El formato GIF es preferible para las imágenes de tonos no continuos o cuando hay grandes áreas de un mismo color ya que utiliza una paleta de color indexado que puede tener un máximo de 256 colores. Una de sus mayores ventajas es que se puede elegir uno o varios colores de la paleta para que sean transparentes y se puedan ver los elementos que se encuentren por debajo de estos. También es uno de los pocos formatos de imagen con el que se pueda mostrar animaciones porque hace que distintos trames se ejecuten secuencialmente. Además, es un formato de compresión diseñado para disminuir el tiempo de transferencia de datos por las líneas telefónicas.

Tabla 3.3 Características GIF

Formato	Profundidad de color	Modos de color	Canales alfa	Compresión
GIF (.gif)	8 bits (256 colores)	.Mapa de Bits .Color Indexado .RGB	No	Si: (LZW)

Fuente: Internet Formatos digitales

JPG o JPEG

Este formato toma su nombre de Joint Photographic Experts Group, asociación que lo desarrolló, se utiliza usualmente para almacenar fotografías y otras imágenes de tono continuo. Gracias a que utiliza un sistema de compresión que de forma eficiente reduce el tamaño de los archivos. En contraste con GIF, JPEG guarda toda la información referente al color con millones de colores (RGB) sin obtener archivos excesivamente grandes. Además, los navegadores actuales reconocen y muestran con fidelidad este formato.

Tabla 3.4 Características JPEG

Formato	Profundidad de color	Modos de color	Canales alfa	Compresión
JPEG (.jpg; .jpe)	24 bits	.Escala de grises .RGB .CMYK (cian, ,magenta, yellow, black)	No	Si: Con pérdidas

Fuente: Internet Formatos digitales

RAW

RAW (en inglés *crudo*) es un formato de archivo digital de imágenes que contiene la totalidad de los datos de la imagen tal como ha sido captada por el sensor digital de la cámara fotográfica. El formato RAW no suele llevar aplicada compresión (sea con o sin pérdidas) como ocurre con el popular JPEG, aunque en algunos casos sí se emplea.

Debido a que RAW contiene la totalidad de los datos de la imagen captada por la cámara y una mayor profundidad de color (por lo general 36 a 46 bits/píxel), sus ficheros tienen un tamaño de archivo muy grande, salvo cuando incorporan compresión, en cuyo caso no aumenta tanto.

Las cámaras profesionales y semiprofesionales ofrecen por lo general la opción de grabar imágenes en el formato *RAW*, además del formato *JPEG* y eventualmente otros. También algunas cámaras compactas de nivel alto ofrecen esta posibilidad.

El formato *RAW* se usa en aquellos casos en los que interesa archivar una fotografía tal como ha sido captada por el sensor digital, sin ningún tipo de manipulación por la cámara, para poder procesarla posteriormente en el ordenador mediante un programa de tratamiento de imágenes.

El gran inconveniente de los formatos raw es la falta de estandarización, cada fabricante usa su formato, lo que puede producir incompatibilidades o que el formato no se pueda usar en el futuro, por ello se pide que exista un formato RAW abierto; es lo que hacen en openraw.org. Una alternativa abierta podría ser el Digital Negative Format o DNG de Adobe.

PNG

PNG son las siglas del grupo que lo desarrollo Portable Networks Graphics pensando en un formato ideal para su distribución en Internet. PNG posee ventajas respecto a los otros formatos más comunes en este medio: JPG y GIF. Ya que fue desarrollado especialmente para su distribución en red posee gran parte de las ventajas de un GIF y de un JPG. Por ejemplo, permite altos niveles de compresión, además, permite utilizar la técnica de la indexación para crear colores transparentes, semitransparencias o transparencias degradadas. Finalmente, no está limitado a una paleta de 256 colores, sino que puede utilizar millones de colores. Su única limitación es que no podemos crear ficheros animados.

Tabla 3.4 Características PNG

Formato	Profundidad de color	Modos de color	Canales alfa	Compresión
PNG (.png)	24 bits	.RGB .Color Indexado .Escala de grises .Mapa de Bits	Si	Si: Sin pérdidas

Fuente: Internet Formatos digitales

Progressive JPG

Los archivos ProJEG son JPEG que están diseñados para su uso en línea, por lo que se visualizan por etapas en los navegadores. La imagen se visualiza toda y, mientras se carga, va mejorando su definición. De esta manera no se tiene que esperar la carga completa de la imagen para poder ver su contenido. Sin embargo, todavía son pocos los navegadores que reconocen este formato, afectando que su uso se extienda.

3.5 IMAGEN DIGITAL.

3.5.3 Concepto

Una imagen digital consiste en una colección ordenada de valores, estos valores se representan en filas de valores dispuestas ordenadamente.

Consta de millones de celdas llamadas píxeles ordenadas en líneas y columnas. El color de cada píxel se obtiene mediante tres elementos separados: los luminóforos, uno para el rojo, otro para el verde y un tercero para el azul. Este esquema de colores se conoce como RGB (Red/Green/Blue). Las cantidades relativas de estos tres colores pueden reproducir casi cualquier color del espectro visible (más de 16 millones de colores).



Figura 3.15. Cada píxel de una pantalla consta de tres elementos de color

La imagen digital es un arreglo de números enteros (denominados comúnmente como píxeles) cuya posición dentro del arreglo está asociada a una posición geométrica del escenario representado, ordenados en forma matricial. El origen de coordenadas (filas, y columnas) se encuentran en la parte superior izquierda. A cada valor del arreglo, es decir a cada píxel, se le asocia un tono blanco y negro correspondientemente al nivel de intensidad promedio reflejada por el escenario original. Este valor está dado por valores binarios, cuya forma es 2^n .

$p(1,1)$	$p(1,2)$	$p(1,3)$	$p(1,n)$
$p(2,1)$	$p(2,2)$	$p(2,3)$	$p(2,n)$
$p(3,1)$	$p(3,2)$	$p(3,3)$	$p(3,n)$
$p(m,1)$	$p(m,2)$	$p(m,3)$	$p(m,n)$

Figura 3.16. Composición de una imagen digital

Fuente Apuntes Clase

La imagen digital se define a través de dos características de los píxeles que la forman; La primera de ellas es la resolución espacial, que es, el número de píxeles que conforman ese mosaico y el tamaño de cada uno de ellos, por tanto, cuando se habla de la resolución de una imagen se refiere única y exclusivamente a sus dimensiones expresadas en píxeles de anchura por píxeles de altura, o bien a la superficie total. El segundo de los campos que

definen un píxel es su profundidad de brillo, más conocido como profundidad de color, que determina el número de cifras que podrá tener este código de 1 y 0 y, por tanto, la cantidad de valores (colores) que tendrá la imagen.

3.5.4 Tipos de imágenes

Por la forma de manejar los datos en un archivo de imagen, se puede hablar de dos modos principales para manipular la información que integra una imagen digital, estos son las imágenes de mapa de bits y las imágenes vectoriales. Dado que cada uno se adapta mejor a un tipo de imagen, antes de conocer los diferentes formatos, debe conocerse el funcionamiento tanto de imágenes vectoriales como de imágenes de mapa de bits.

3.5.4.1 Imágenes de mapa de bits o bitmap

Se construyen describiendo cada uno de los puntos que compone la imagen y llevan, por tanto, información acerca de la posición absoluta y el color de cada uno de ellos.

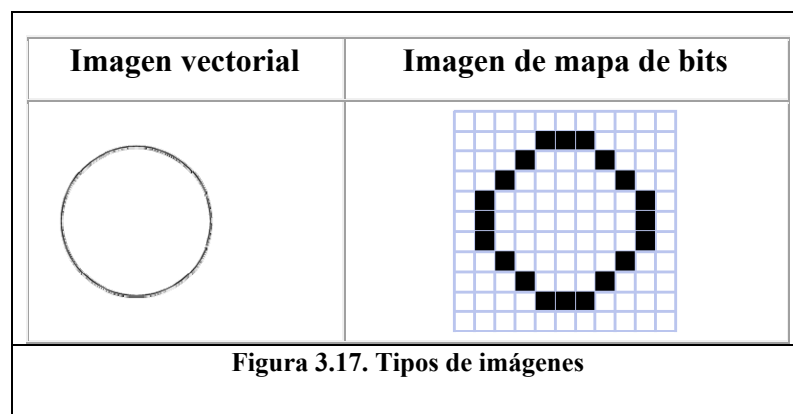
Las imágenes de mapa de bits (bitmaps o imágenes raster) están formadas por una rejilla de celdas, a cada una de estas celdas, que se denominan píxeles, se le asigna un valor de color y luminancia propios. Por esto, cuando se ve todo el conjunto de celdas, se tiene la ilusión de una imagen de tono continuo.

Se podría decir que cada punto sería la tesela de un mosaico con sus propias características, la ventaja que presenta este formato es la posibilidad de recoger una amplia gama tonal, por lo que es el tipo adecuado para representar imágenes captadas de la realidad. A cambio, la variación de tamaño supondrá modificaciones en la calidad, ya que

el número de celdas que forman la imagen permanece invariable, por lo que un aumento del tamaño hace que el único recurso posible sea ampliar el tamaño de cada una de ellas. Se puede deducir por lo dicho anteriormente que su tamaño es muy grande, ya que aquí esta la información de cada uno de los puntos que forman la imagen. Dentro de este tipo se encuentran muchos formatos, algunos de los cuales son soportados directamente por los navegadores, siendo pues el tipo de imágenes con las que va a trabajar en el proyecto.

3.5.4.2 Imágenes vectoriales

La información de cada uno de los puntos se recoge en forma de ecuación matemática que lo relaciona con el resto de los puntos que forman la imagen. Ofrece una gran ventaja, la calidad de la imagen no varía al modificar el tamaño, ya que la información de cada punto no es absoluta sino relativa al resto de la imagen. Además, debido a su definición matemática apenas ocupa espacio, ya que una fórmula que represente su forma es suficiente para representar todos los puntos que la componen.



Diana Collaguazo., 2012.

3.6 PROPIEDADES DE UNA IMAGEN DIGITAL.

3.6.3 Resolución espacial

Es el número de píxeles que integran un sensor de satélite o de cámara digital, definen su poder de resolución, es decir la capacidad de discernir objetos o detalles de un determinado tamaño en las imágenes captadas. A mayor número de píxeles por unidad de superficie, mayor resolución de la foto sensor, pero también mayor es el volumen del archivo informático generado.

La resolución espacial indica el número de píxeles que contiene la imagen, así una cámara que tenga una resolución de 1024 x 768 quiere decir que tiene 1024 píxeles de ancho por 768 de altura. Evidentemente cuanto mayor resolución tenga una imagen más información contendrá y será mucho más detallada, sin embargo no hay que olvidar que la calidad de las lentes determinará la capacidad del equipo para hacer distinciones entre diferencias sutiles de color y determinará el contraste de la imagen tomada. Se puede calcular fácilmente el tamaño máximo imprimible con calidad dividiendo la resolución por 100.

Las resoluciones habituales en las cámaras fotográficas digitales son 320x400 píxeles, 640x480 píxeles (VGA), 1024 x 768 píxeles (XGA), 2048x2048 píxeles, 1600 x 1200 píxeles (UXGA).

Profundidad de color, es la cantidad de bits utilizados para almacenar la información sobre el color de un punto pixel de la imagen, es la cantidad de información que se puede guardar en cada píxel.

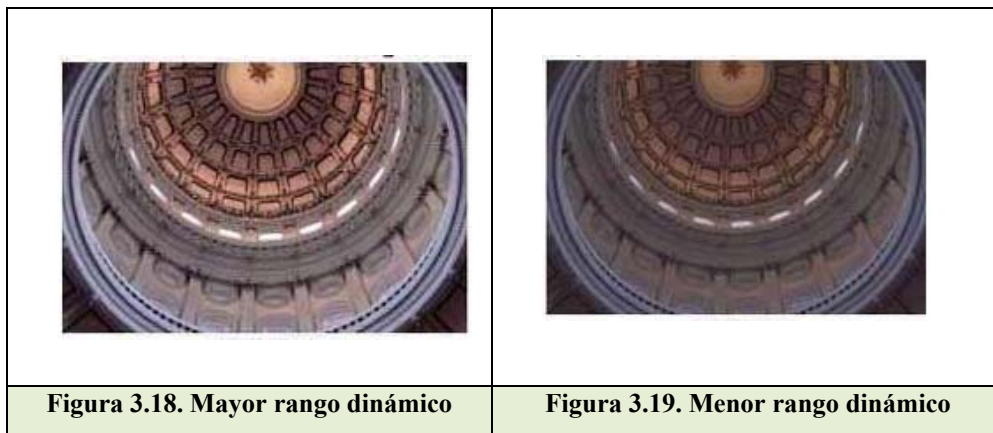
3.6.4 Rango Dinámico

El rango dinámico del sensor de una cámara digital es la capacidad de este para registrar detalles en objetos claros y oscuros en una misma fotografía.

Para una cámara digital es muy difícil registrar una fotografía en donde un objeto de blanco este bajo la luz directa del sol y otro objeto de negro este en la sombra.

Normalmente el rango dinámico de una cámara digital es de 5 pasos f, esto significa para la cámara será imposible captar una escena con más de 5 pasos f de diferencia entre luz y sombra y hay que escoger si se quiere conservar detalle en las sombras o en las altas luces.

Para poder captar una escena de alto rango dinámico, se debe utilizar un flash para iluminar la zona oscura de una fotografía y equilibrar el contraste.



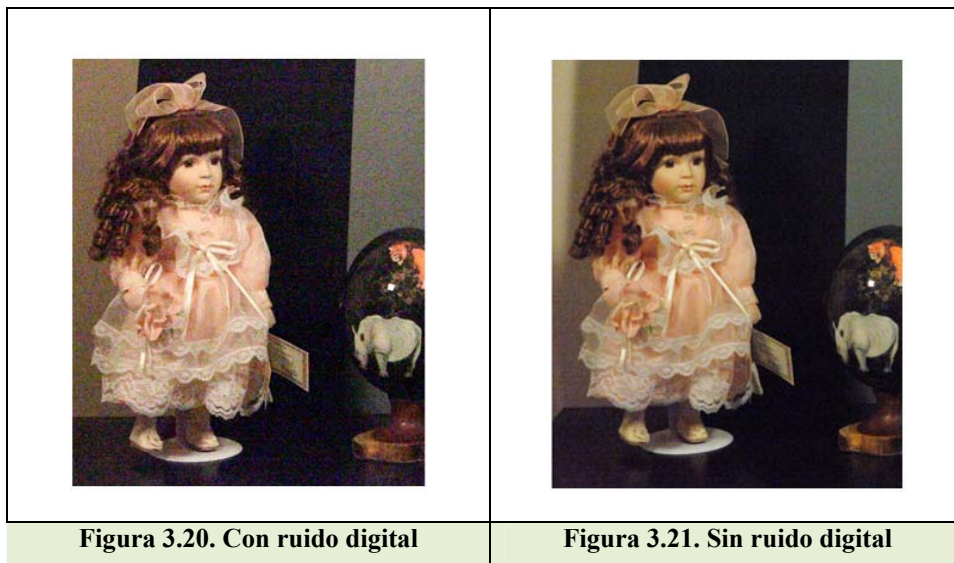
Fuente: Internet Características de una imagen digital

3.6.5 Ruido Digital

Cuando se toma fotografías utilizando un *ISO* elevado existe el riesgo de que las imágenes se vean afectadas por ruido digital, si la cámara está en modo automático y se una foto con poca luz ambiente, lo más seguro es que la cámara seleccione un *ISO* elevado automáticamente y por ende hay problemas con el ruido digital.

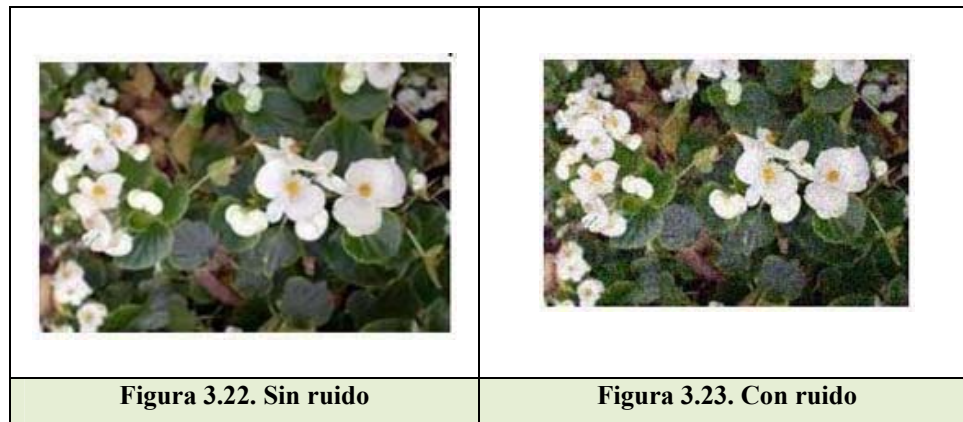
Entre más fino y de mayor calidad sea el sensor de una cámara digital, es menor el ruido digital y la foto tiene *ISO* elevado.

Para evitar el ruido digital en una fotografía es recomendable utilizar siempre un *ISO* 100 o menor si es que nuestra cámara lo permite.



Fuente: Internet Características de una imagen digital

El ruido son pequeñas variaciones aleatorias en la luminosidad del color captadas por los fotosensores del CCD, que degradan la calidad de la imagen capturada. La cantidad de ruido captada va a depender de la relación entre señal y ruido de los fotosensores (cuanto más baja sea, más ruido captarán y peor será la calidad de la imagen resultante).



Fuente: Internet Características de una imagen digital

3.6.6 . Interpolación

En el campo de la fotografía y de la imagen digital, la interpolación aplica este mismo método para conseguir un tamaño mayor de la imagen inicial, rellenando la información que falta con datos (inventados) a partir de un algoritmo específico.

La interpolación es el proceso mediante el cual al redimensionar una imagen se genera nuevos pixels a partir de los de la imagen original, su misión es sobre todo suavizar el pixelado que se produce al ensanchar imágenes y obtener ampliaciones que den buenos resultados al imprimir.

Técnicamente la interpolación se refiere al proceso de creación de nueva información a partir de la imagen original, produce un suavizado en las imágenes y un aumento del ruido, si se abusa de ella puede deteriorar la calidad de la imagen.

3.6.7 . Compresión de las imágenes capturadas

La compresión es una técnica aplicada sobre una señal o información fuente que mediante el uso de algoritmos matemáticos tiene por objetivo reducir el tamaño de la información.

La mayoría de las técnicas de compresión se basan en la comparación entre imágenes consecutivas y aprovechan el hecho de que el ojo humano no es capaz de distinguir pequeñas variaciones entre imágenes correlativas, de tal manera que un compresor podrá descartar los elementos (puntos o píxeles) repetidos y trabajar únicamente con aquellos que hayan variado entre una imagen y la siguiente (incluso podrá descartar aquellos puntos con mínimo cambio –los imperceptibles para el ojo humano).

Además de estos factores, afectan a la calidad de la imagen obtenida otros también habituales en la fotografía clásica, como enfoque, abertura del diafragma, ajuste de la exposición, etc.

Generalmente, el detalle mínimo que puede ser resuelto por los objetivos que se suministran con las cámaras de 35 mm se encuentra entre 20 y 30 micras. Este límite está determinado por el diámetro de los círculos de indiscriminación producidos por los errores de los objetivos (aberraciones). El objetivo idóneo para una cámara digital debería producir círculos de indiscriminación cuyo diámetro no supere el de separación de los elementos foto sensores del CCD, que actualmente varía entre 7 y 25 micras.

3.7 CALIBRACIÓN DE LA CÁMARA DIGITAL.

3.7.1 Concepto

Calibrar una cámara significa encontrar sus parámetros internos, externos y posibles distorsiones que está tenga, también se define como un paso necesario para extraer información de las medidas en imágenes 2D, distancias en estas imágenes.

La ecuación 1 sirve para realizar algún algoritmo q permita computacionalmente obtener dichos parámetros. Existen diferentes maneras de implementar algoritmos que lo logren en función de la necesidad de la persona que este creándolo. Se hacen diferentes manipulaciones a la ecuación y se encuentran diferentes maneras de resolver un problema en específico.

La siguiente es la relación que existe entre un punto p en 3D y su proyección p' en la imagen.

$$s \begin{pmatrix} p' \\ 1 \end{pmatrix} = A \begin{pmatrix} R & t \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} p \\ 1 \end{pmatrix} \text{ con } A = \begin{Bmatrix} f_x & 0 & x_0 \\ 0 & f_y & y_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{Bmatrix} \quad \text{Ecuación 3.1}$$

Donde A indica los parámetros internos de la cámara con el puntos principal en (x_0, y_0) . R y t , son los parámetros externos de la cámara. R es una matriz de rotación 3 x 3 y t es un vector de traslación de la cámara en el sistema coordenado exterior, o el mundo.

La calibración de una imagen consiste, a partir de métodos indirectos, en conocer o reconstruir las condiciones en las que se ha llevado a cabo la digitalización de la misma, para poder equiparar las mediciones realizadas en la imagen a las realizadas sobre el objeto real.

El paso de una imagen real a una imagen digital se realiza por muestreo en el espacio X,Y de la función continua $f(x,y)$ y por escalado, en un determinado número de intervalos o niveles de gris, entre un valor mínimo (negro) y un valor máximo (blanco) de los valores continuos de la función, entre dos umbrales determinados (umbrales de saturación del sensor, o valor de corte). Este proceso es casi totalmente idéntico al de la producción de una imagen en el ojo humano.

3.7.2. Calibración de una cámara no convencional

Este proceso se realiza una sola vez con cada cámara utilizada, es decir, con cada combinación de cámara – objetivo utilizado. Si se trabaja con cámaras convencionales, también se calibrará el escáner utilizado para digitalizar las fotografías (en realidad, cada combinación cámara – objetivo – escáner utilizados).

En las cámaras digitales, que normalmente disponen de zoom óptico y zoom digital, se desactivará siempre el zoom digital, y se calibrará únicamente las dos posiciones extremas del zoom óptico (zoom abierto y cerrado). Esto significa que en cualquier trabajo de restitución únicamente se podrán tomar fotografías en las posiciones de zoom calibradas.

El motivo de este proceso previo es la necesidad de determinar las siguientes características físicas de la cámara:

- Distancia focal
- Dimensiones H.V de la imagen (en mm y en pixeles)
- Posición del punto principal (proyección eje óptico en la imagen)

- Factores de aberración de la o las lentes (distorsión de la imagen respecto de una perspectiva).
- Parámetros de calibración de la cámara

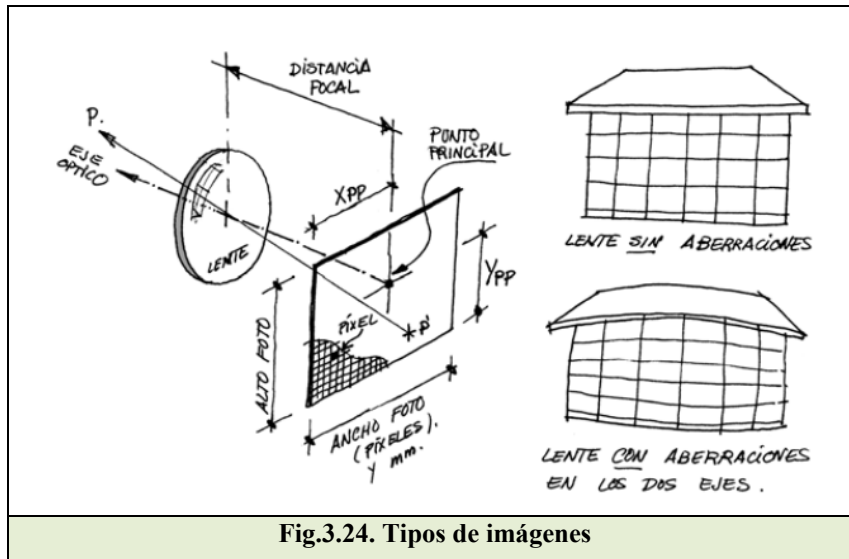
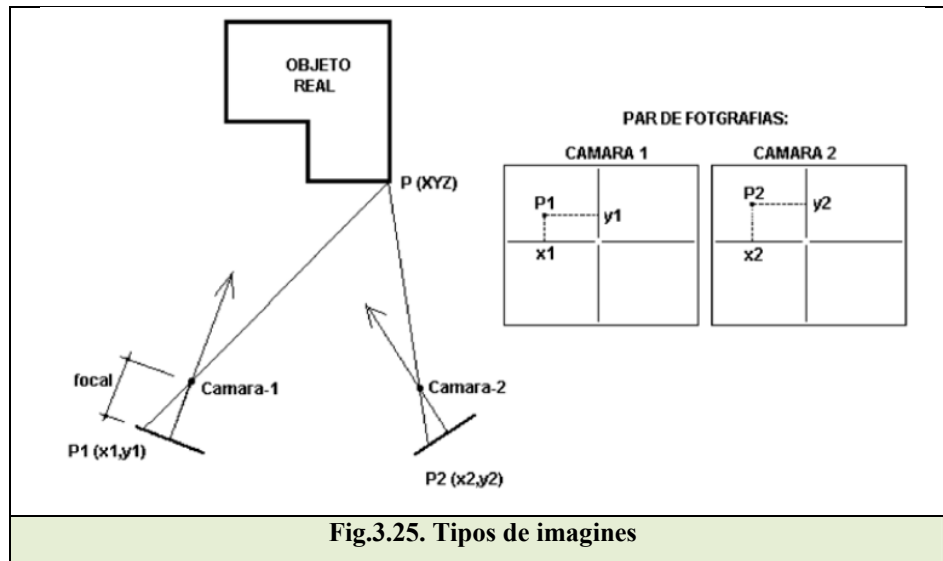


Fig.3.24. Tipos de imágenes

Fuente Internet Arquitectura Técnica Universidad Politécnica Madrid

Con estos parámetros intrínsecos de cada cámara (dos cámaras idénticas varían seguramente en su calibración), el programa será capaz de formular el modelo matemático que servirá para realizar la intersección directa para el cálculo de las coordenadas del punto marcado.



Fuente Internet Arquitectura Técnica Universidad Politécnica Madrid

Para calibrar una cámara convencional o digital, el proceso se realiza con ordenador (en algunas aplicaciones) de forma análoga a la restitución de puntos, y no representan ninguna dificultad al ser éste casi automático

Una vez calibrada la cámara, se archivan los datos obtenidos en un fichero, que se utilizará con cada fotografía que se pretenda restituir.

3.8 CÁMARA NIKON D5100.

En este proyecto, más que la resolución espacial es la estabilidad de la cámara en el momento de la toma, por experiencia se recomienda el uso de la cámara Nikon D5100, no solamente por la estabilidad de su sensor CCD sino también al manejo de varios formatos para el ajuste y tratamiento digital de imágenes, tiempo de exposición, velocidad de toma, y la apertura de su diafragma para espacios con poca iluminación.

3.8.3 Características claves de la cámara Nikon D5100

- Tipo de cámara: Réflex digital de un solo lente
- Montura de lente: Nikon F
- Píxeles efectivos: 16.2 millones
- Sensor de imagen: 2.36 x 1.56 cm
- Almacenamiento: tarjetas de memoria SD, SDHX, SDXC
- Tasa de avance de cuadro: hasta 4 cuadros por segundo
- Video: 1,920 X 1,080, 30 fps, 25 fps, 24 fps – 1,280 X 720, 30 fps, 25 fps, 24 fps – 640 X 424, 30 fps, 25 fps
- Formato de video: MOV, H.264/MPEG-4 Advanced Video Coding
- Micrófono monoaural incorporado, opcional micrófono externo
- Monitor LCD TFT de 3 pulgadas con tecnología Vari-Angle, 921,000 puntos (VGA), ángulo de visión de 170 grados, con ajuste de brillo
- Batería recargable Li-ion EN-EL14
- Dimensiones: 12.8 X 9.7 X 7.9 cm
- Peso: 560 g con batería y tarjeta de memoria

Sensibilidad ISO

- ISO 100 – 6400
- Hi-0,3Hi-0,7Hi-1 (ISO 12.800)
- Hi-2 (ISO 25.600)

Formato de Archivo

- Compresión NEF (RAW) de 14 bits.
- JPEG (conforme a la línea base)
- MOV

Área de imagen (píxeles)

- Formato DX
- (grande) 4928 x 3264
- (mediana) 3696 x 2448
- (pequeña) 2464 x 1632

La Cámara Nikon D5100 brinda rendimiento de video de calidad excepcionalmente alta gracias a su función de FULL HD (1080p), lo último en enfoque automático que aprovecha al máximo el seguimiento de objetos mientras están en movimiento.

Además en situaciones extremas de alto contraste de luz, la nueva configuración HDR garantiza que obtenga una buena fotografía al crear una imagen compuesta que proporciona mayores detalles con menos ruido y con una graduación de colores más intensa.



Fuente Nikon

CAPITULO 4

METODOLOGÍA

4.1 FOTOGRAMETRÍA

La fotogrametría es una disciplina que crea modelos en 3D a partir de imágenes 2D, para de esta manera obtener características geométricas de los objetos que representan, mediante el uso de relaciones matemáticas establecidas en la geometría proyectiva, y de la visión estereoscópica que posee en forma natural el ser humano. Ya que las imágenes de los objetos son obtenidas por medios fotográficos, la medición se realiza a distancia, sin que exista contacto físico con el objeto.

La utilización de fotografías para crear un modelo 3D con la ayuda del software Photomodeler Scanner 6, como método óptimo entre resultados y costes. Con el fin de hacer una comparación entre dos sistemas de restitución fotogramétrica digital, de los tres sitios establecidos en el área de estudio

De esta manera se obtendrá la realización entre dos metodologías distintas con similares resultados, la fotogrametría y el escaneado láser. Ambos permiten reconstruir la realidad

mediante nubes densas de puntos con color de foto, generando un modelo 3D que reproduce el objeto analizado de forma indiscutible.

La diferencia entre un sistema y otro consisten en la precisión y el tratamiento de los modelos. Si bien el escáner laser es más rápido y detallado, la fotogrametría permite llegar a precisiones cercanas al primero.

Fotogrametría en 3D

La fotogrametría, como su nombre indica, se basa en ofrecer coordenadas tridimensionales a partir de fotografías como medio fundamental para la metrología (o la medida).

El principio fundamental usado por la fotogrametría es la triangulación, se considera la toma de fotografías de al menos dos posiciones diferentes sobre un mismo objeto de estudio, " las líneas de vista " han ser desarrolladas desde cada cámara a puntos sobre el objeto. Estas líneas de vista (a veces llamados rayos, debido a su naturaleza óptica) son cruzadas matemáticamente para producir las coordenadas tridimensionales de los puntos de interés. La triangulación es también el principio usado por los teodolitos para la medida de una coordenada.

La adquisición de Imagen describe los principios fotográficos implicados en la fotogrametría, mientras que la Metrología describe las técnicas para producir coordenadas en tres dimensiones a partir de imágenes bidimensionales.

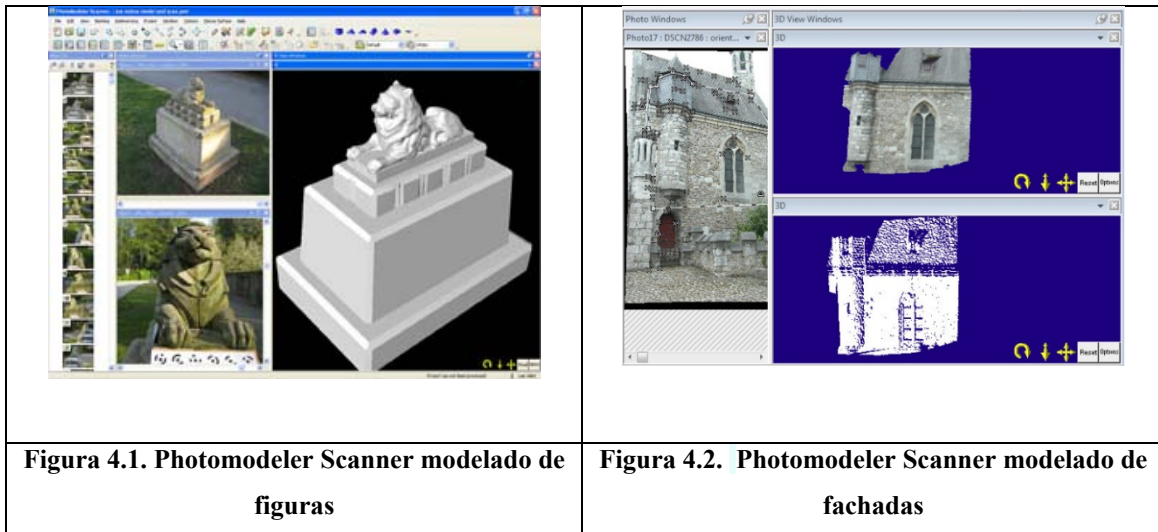
4.1.1 Software implicados en la restitución fotogramétrica

Photomodeler Scanner 6: es un software revolucionario que permite crear modelos 3D a partir de fotografías.

Una vez creados los modelos en el espacio virtual, es posible generar animaciones de movimiento, esto se puede construir piezas a partir del uso de dos fotografías tomadas desde diferente ángulo, para modelar caras, figuras, estructuras, y caracteres para cine y televisión, como también para la aplicación en la medicina forense gracias a la precisión que dispone con el sistema de medidas y de superficies del programa.

Este software es el producto de EOS SYSTEM INC, que es una empresa de desarrollo de software con sede en Vancouver. La compañía es un líder mundial en técnicas avanzadas de medición 3D y tecnología de la imagen, para ayudar a modelar la industria y medir objetos y escenas con aplicación práctica.

PhotoModeler funciona con cualquier cámara digital y con imágenes de la cámara de cine o de vídeo. Su característica orientación de la cámara automáticamente determina la posición de la cámara cuando se tomó la imagen, y su calibrador cámara le permite medir la longitud focal de la cámara, el punto principal, relación de aspecto de la digitalización y la distorsión de la lente. Puede almacenar los datos de las cámaras calibradas en una base de datos central para su uso posterior, y PhotoModeler se ajustará automáticamente a los datos EXIF de una imagen con una cámara en la base de datos, lo que elimina la necesidad de volver a cargar explícitamente datos de la cámara de calibración.



Fuente: PhotoModeler

4. 2. PRODUCTOS DEL PROCESO PHOTHOMODELER SCANNER

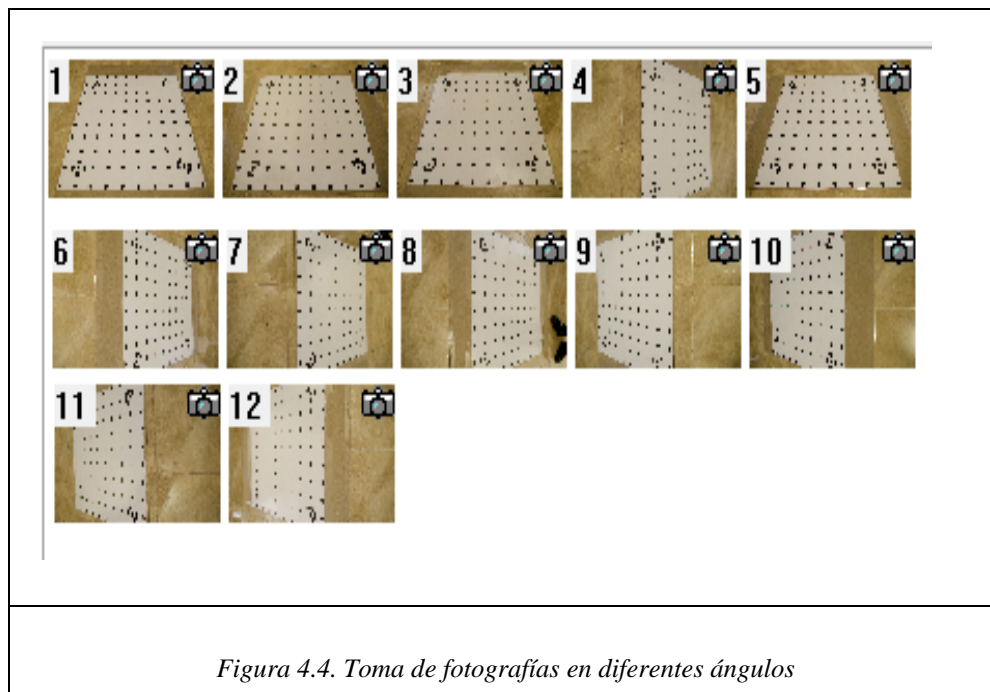
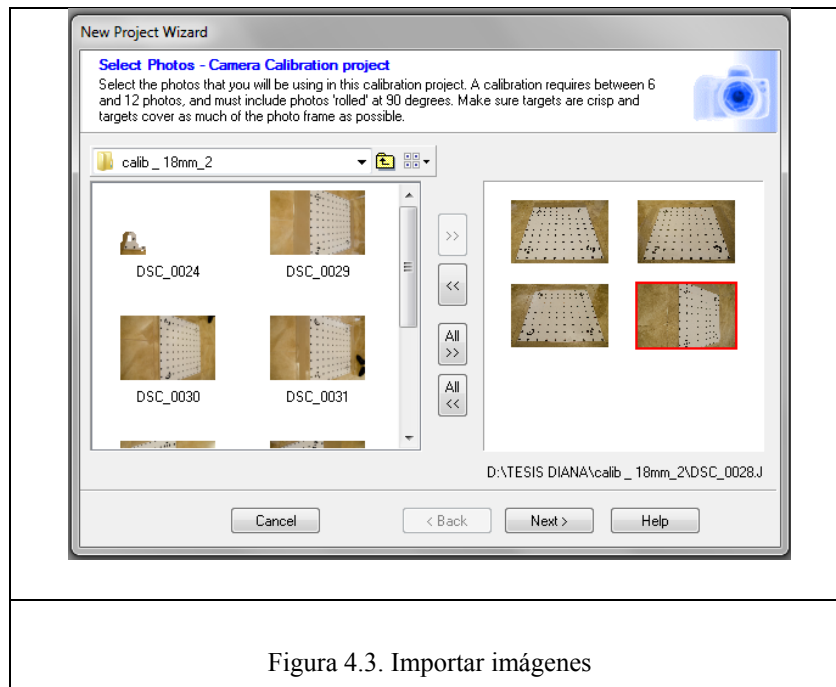
4.2.1 Fichero de calibración de la Cámara

Nota: La calibración se basó en la tesis *“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOGRAFÍCO DE CORTO ALCANCE 3D”*

La calibración de la cámara se realizó para una distancia focal de 18mm y 35 mm con su respectivo reporte de calibración. (Ver ANEXO I)

Toma de fotografías para la calibración con la plantilla.

CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA



CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA

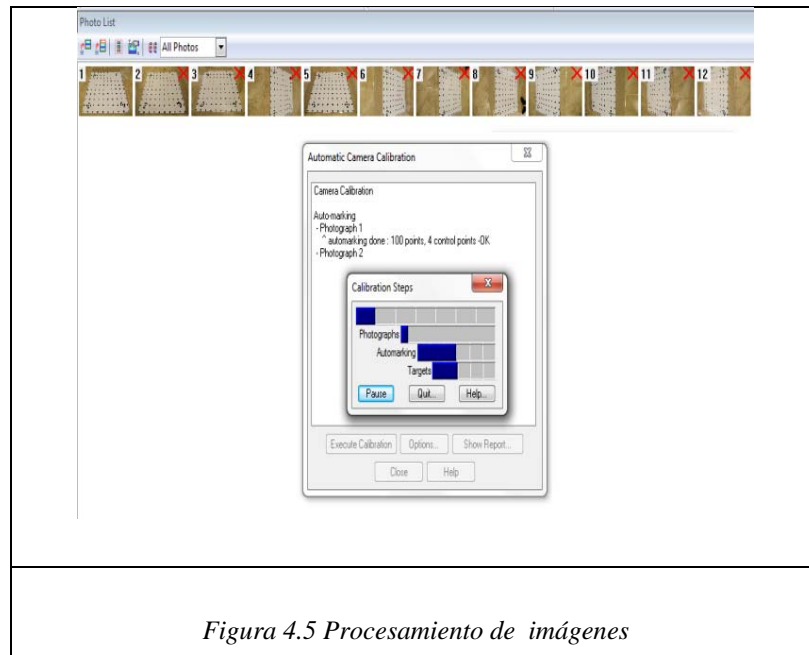


Figura 4.5 Procesamiento de imágenes

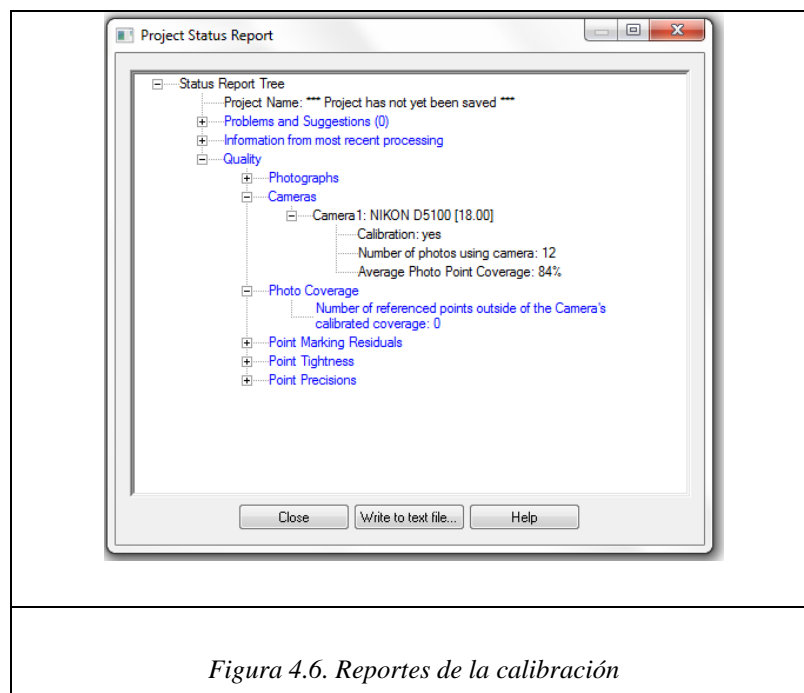


Figura 4.6. Reportes de la calibración

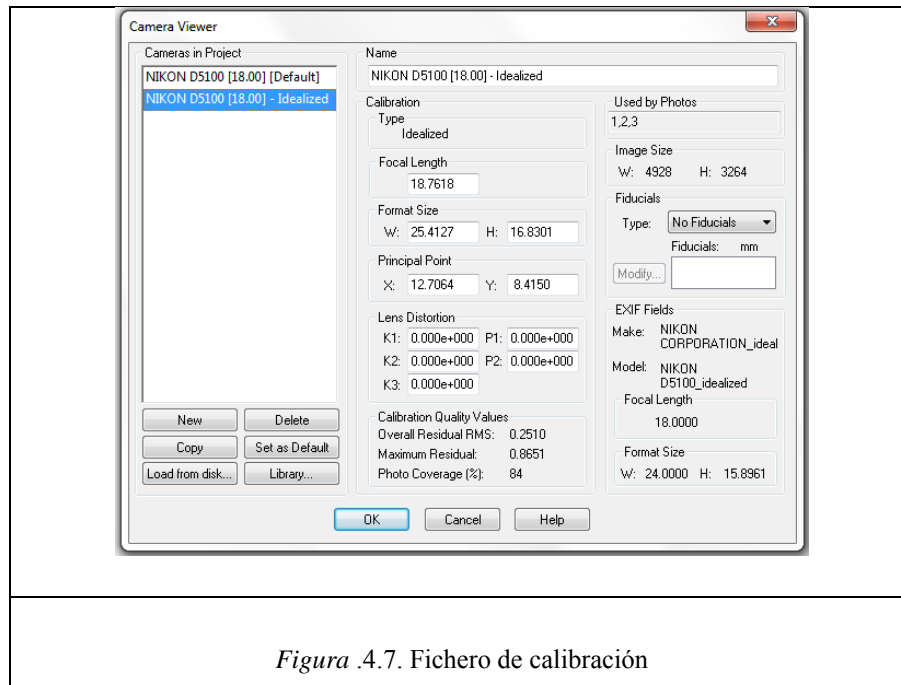


Figura .4.7. Fichero de calibración

Fuente Collaguazo Diana ., 2012

4.2.1 Plan de toma fotogramétrica.

Este es el paso más complejo de todo el proceso y en que normalmente se produce la mayor parte los errores e inconvenientes (que pueden ser irreversibles si no se puede repetir la toma fotogramétrica). La precisión final (potencial) de un trabajo de restitución, queda totalmente definida en la toma de fotografías. Por ello, una buena estrategia es fundamental para no tener problemas posteriores.

Se va a especificar dos métodos que se pueden usar para la toma de la fachada de la Iglesia de la Compañía de Jesús, el león y de la Mampara del Sagrario con el objeto de restituirlo:

4.2.1 Método 1

Por una parte, y sin necesidad de planificar el recorrido, se trata de tomar el mayor número fotografías posibles del mismo con el objetivo de asegurar dos cosas:

1. De que entre todas las fotografías se va poder seleccionar posteriormente aquellas que sean realmente necesarias para las restituciones de los dos objetos
2. En las fases posteriores del trabajo se podrá estudiar las partes de los dos objetos con más detalle, incorporando fotografías no utilizadas

Para llevar a cabo este método, lo más sencillo es realizar un recorrido de las fachadas, de Iglesia de la Compañía de Jesús, del león incrustado en la parte inferior del monumento de la Libertad y de la Mampara del Sagrario, tomando múltiples fotografías en diferente ángulo, distancia y altura.

Las fotos tomadas deben abarcar la mayor parte posible es decir fotografías generales enmarcando todo o parte de la fachada.

Se tomara una serie de fotografías estudiando el detalle de las zonas más singulares o de mayor complejidad (por ser fachadas de complejidad)

4.2.2 Método 2

Este método se basa en una planificación rigurosa de cada fotografía, para ello es necesario contar con fotografías previas para saber la posición exacta donde se debe tomar la foto así como su distancia y altura respectiva, para que el número de fotos no sean innecesarias y poder trabajar con un menor número de fotografías. Se optimiza el tiempo de toma fotográfica por ser zonas turísticas muy visitadas ya que son parte de un patrimonio cultural.

Influyen otras condiciones que se refieren a la calidad de la imagen tanto en su aspecto geométrico, como fotográfico.

a) Aspectos geométricos de la imagen:

- Certificado de calibración de la cámara: da los parámetros de orientación interna distancia principal, punto principal, distorsiones).
- Escala de la fotografía.
- Recubrimientos longitudinales y laterales.
- Seguridad de un recubrimiento total.

b) Condiciones fotográficas.

- Contraste de la imagen.
- La calidad de la imagen.
- La homogeneidad de tonalidad.
- Longitud e intensidad de las sombras.

4.2.2.1 Consideraciones para la Toma de una imagen

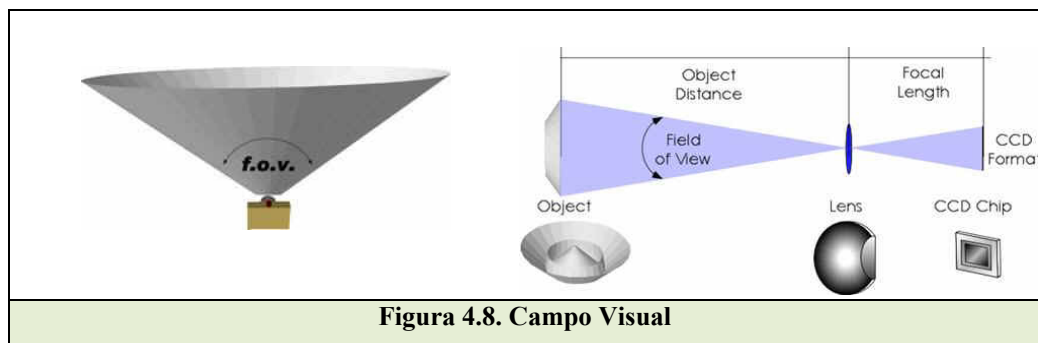
Se debe tener en cuenta tres consideraciones principales para la obtención de una buena imagen son:

- El campo visual
- Enfoque
- Exposición

a) El campo visual

El campo visual de la cámara define cuánto ve ésta, es una función de la distancia focal de la lente que se utilice y el tamaño, en este caso la cámara Nikon D5100 cuenta con un campo visual de 100%, dependiendo de la distancia focal que se encuentre el objeto.

Para una lente dada, un sensor de formato más grande tiene un campo visual más grande. Asimismo para un sensor de tamaño dado, una lente de longitud focal más corta tiene un campo visual más amplio.



Fuente Internet Formas de tomar una imagen

A mayor amplitud del campo visual, mejor se ve una posición en el espacio. Para una lente de ángulo medio, una regla básica conveniente es ubicarse tan lejos del objeto como el propio tamaño del objeto.

b) El enfoque

A mayor enfoque de la lente resultará una imagen más nítida, con bordes mejor definidos y por lo tanto de mayor calidad.

La profundidad de foco de una lente es una función de varios factores, como:

- la distancia focal de la lente,
- el formato de sensor,
- la distancia de la cámara al objeto,
- el tamaño del objeto,
- el número F de la lente.

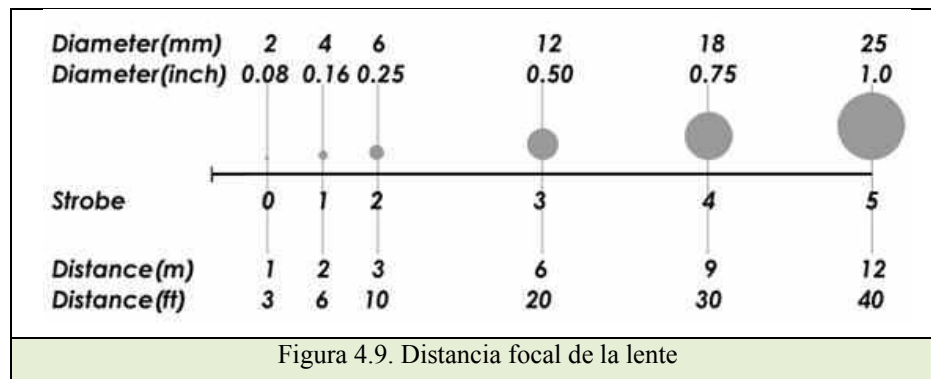
La cámara Nikon D5100 cuenta con 11 puntos de enfoque los mismos que incluyen un sensor de tipo cruz e iluminador auxiliar que tiene un rango de 0,5 a 3m

c) Exposición

Para trabajos de fotogrametría, es deseable que el contraste entre las marcas de referencia y el fondo u objeto sea lo más alto. El tiempo de exposición idóneo para la adquisición de las marcas se determina por la potencia de destello de estos, mientras que el tiempo de exposición del objeto está determinado por la iluminación ambiental.

CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA

La potencia de destello que se pone para la *exposición del objeto* depende de la distancia de la cámara a estos, y el tamaño objetivo. El diagrama siguiente indica ajustes de potencia de destello recomendados en la variación de distancias. Si los objetivos son más pequeños, se puede aumentar el poder de destello para ayudar a compensar el resultado final.



Fuente Internet Formas de tomar una imagen

4.2.3 Toma de fotografías

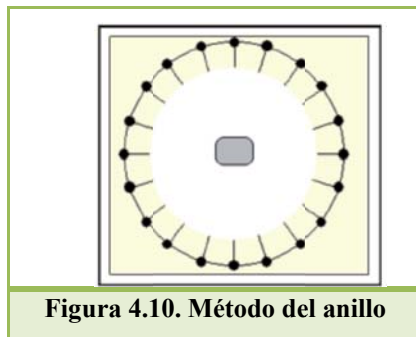
Se realiza una vez que se obtenga la mayor visibilidad del objetivo en la cámara tratando de aprovechar la totalidad de la imagen, pero considerando proporcionalidad.

El número de imágenes van de acuerdo a los detalles que se desean recubrir, entre mayor sea la dificultad del detalle mayor será el número de imágenes.

4.2.3.1 Métodos de toma.

A continuación se presenta varios métodos para la toma de imágenes:

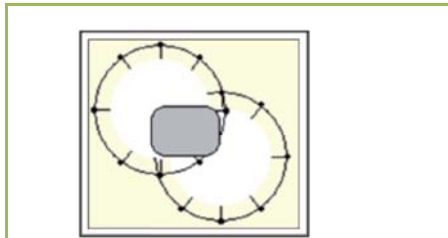
a) Método del anillo



Es un buen método para la toma de imágenes y debe cumplir con todas las guías en el concepto de “anillo”.

Se coloca de tal manera que todos los objetos a ser medidos puedan ser vistos en el visor de su cámara y que llene el visor en su mayor parte. Se toma una imagen. Luego da un paso alrededor del objeto como si una cuerda atara a la cámara al centro del objeto y la cuerda siempre permanece apretada, tome muchas imágenes cada vez que da un paso alrededor.



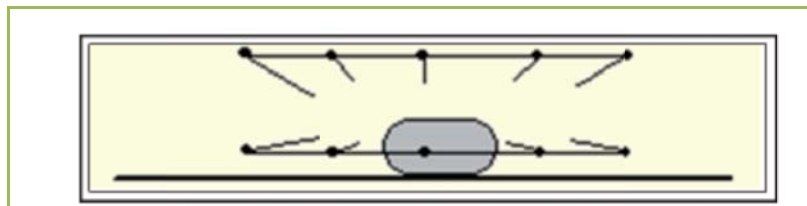
b) Método del doble anillo**Figura 4.12. Método del doble anillo**

Al ubicarse más cerca al objeto aparece solo una parte del mismo, entonces hay que concentrar en una parte importante del objeto y tomar las imágenes.

Fuente: Manual del Photomodeler Pro

c) Método del doble anillo con altura.

Levante la cámara que apunte hacia abajo en el objeto y repite el establecimiento previo de anillos. También baje la cámara para que apunte hacia arriba en el objeto y repita el anillo. Tome las imágenes.

**Fig.4.13. Método del doble anillo con altura**

Fuente: Manual del Photomodeler Pro

d) Estableciendo panorama de un anillo completo

Se coloca aún más lejos del objeto para cubrir el mismo y alguna área circundante. De paso en paso se va alrededor de este anillo más grande y se toma las imágenes



CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA



Figura 4.14. Vista frontal inferior de la Iglesia Compañía de Jesus, aplicado panorama de un anillo completo

Fuente Collaguazo Diana ., 2012





Figura 4.15. Vista frontal superior de la Iglesia Compañía de Jesús, aplicado panorama de un anillo completo

Fuente Collaguazo Diana ., 2012



Fuente Collaguazo Diana ., 2012

4.2.4 Toma de puntos de control

Dado que el proceso de restitución se basa en marcar cada punto en al menos dos fotografías consecutivas, previamente orientadas, para así poder calcular su posición x, y, z , la precisión final obtenida dependerá no sólo de la precisión en marcar los puntos en las fotos, sino de la precisión del proceso de orientación de cada fotografía.

En el proceso de restitución orientar una fotografía significa las coordenadas X_c, Y_c, Z_c desde las cuales se tomó la fotografía, y los ángulos vertical + horizontal de la dirección de la cámara.

CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA



Fig.4.17. TRIMBLE M3

Los puntos de control fueron tomados con estación total TRIMBLE M3

Trimble M3 características:

Una plomada óptica interna agiliza la instalación y asegura una puesta en estación de alta precisión.

Precisión: 5".

Nikon tiene una puntería clara, precisa y de calidad.

La MED de 2 mm + 2 ppm EDM permite mediciones rápidas, precisas y fiables.

Los datos fueron los siguientes: (Ver Anexo II). El sistema de referencia es WGS84 Z 17 S.

Tabla 4.1. Puntos de control escritos en el software para la Compañía de Jesús

Punto	Norte (X)	Este (Y)	Altura (Z)
PC1	500018,069	9000007,898	2854,67
PC2	500015,814	8999999,627	2852,442
PC3	500016,22	8999990,326	2853,452

El programa PhotoModeler Scanner 6 solo necesita de tres puntos mínimos que abarque la mayor parte de la fotografía, por eso no fue necesario subir más datos al programa.

CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA

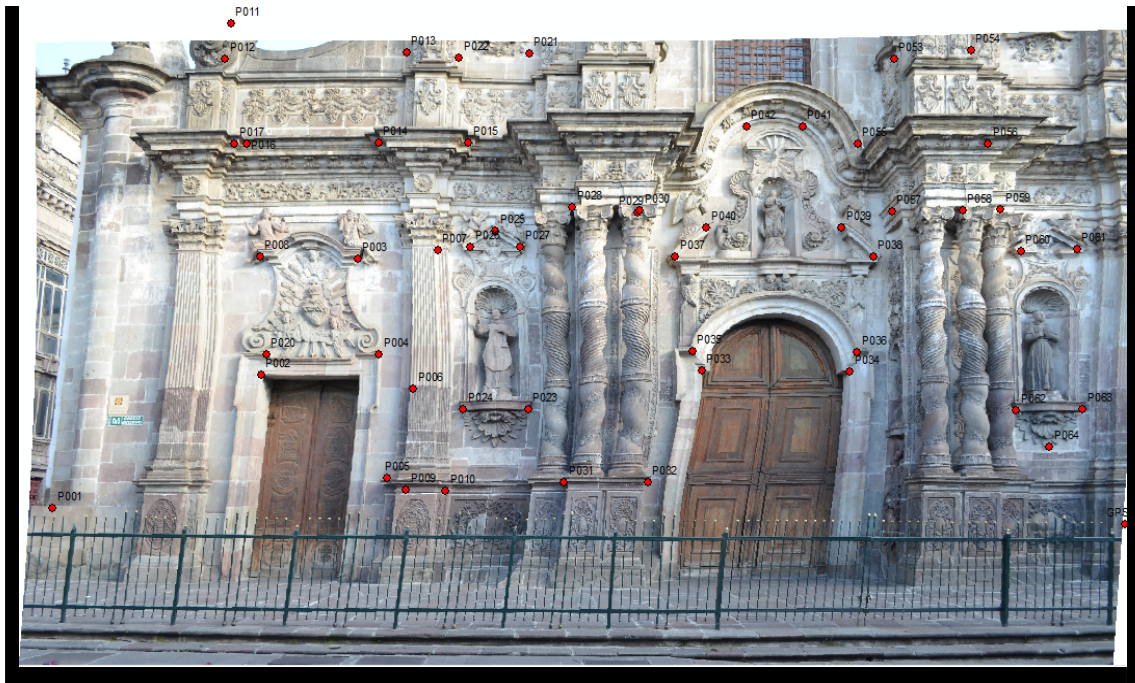


Figura 4.18. Puntos de Control

Fuente Collaguazo Diana ., 2012

En el caso de la mampara de la Iglesia El Sagrario se tomaron distancias reales medidas en campo con la ayuda del flexómetro, para poder dar una orientación real en el modelo.

La distancia que es introducida debe ser la de mayor para poder escalar el modelo, caso contrario si se coloca una medida pequeña, un pequeño error en la medida se multiplicara tantas veces como contenga esa mediada la mayor, es por ello que la mejor forma de escalar un modelo es utilizar la mayor distancia de la que tengamos constancia.

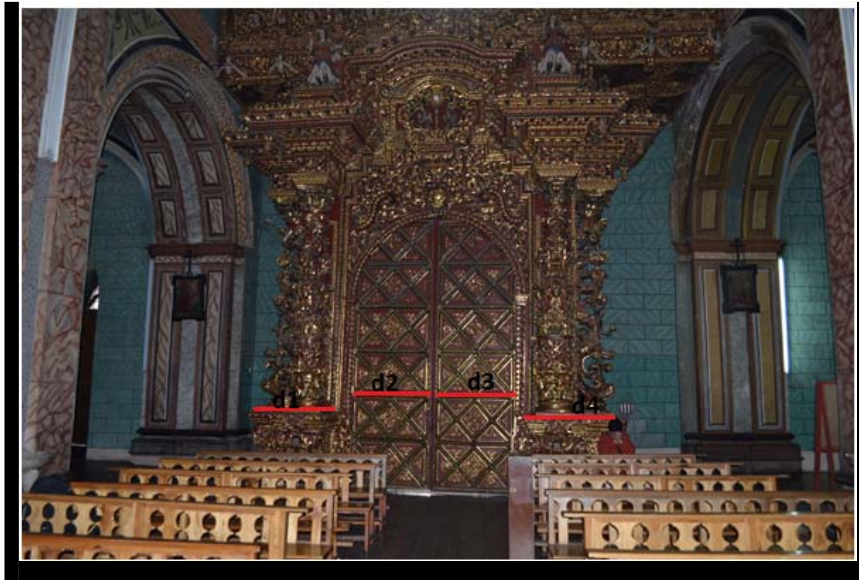


Figura 4.18. Distancias Iglesia El Sagrario

Fuente Collaguazo Diana ., 2012

Tabla 4.2. Distancias escritas en el Software

D1	103,6cm
D2	133cm
D3	133cm
D4	104,6cm

En el caso de León, ubicado en la parte inferior del monumento de La Libertad, se consideró también distancias reales.

$$D1 = 3,348m$$



Figura 4.19. Distancia a considerar

Fuente Collaguazo Diana ., 2012

Para la medición de distancias se debe tomar distancias que sean de fácil acceso en vista que es dentro de la iglesia para ello se debió hacer un plan de toma determinado para saber qué día se podía ir con el fin de encontrar la menor cantidad posible de personas.

Otro de los factores que inciden en el resultado final es la posición, orientación y escala del modelo; el software de restitución trabaja con un modelo tridimensional inicialmente sin orientación en el espacio ni dimensión real. Por ello, y para obtener resultados (planos, medidas, coordenadas) es necesario orientar y escalar el modelo 3D, para esto es importante colocar los puntos de control o distancias medidas reales, con eso se asegura una correcta orientación y escala final del modelo 3D generado.

Para determinar la escala real de la forma más exacta posible, es necesario medir con precisión la distancia entre varios puntos de control, una de las medidas, es necesaria para dar escala al modelo, el resto sirve para realizar comprobaciones dimensionales.

Es fundamental que dichas medidas se realicen entre puntos lo más distantes posibles, para que el error introducido en la medida y luego en la restitución, afecte en menor medida a las dimensiones de la fachada.

4.3 Restitución Digital Photomodeler Scanner

Un restituidor digital es fundamental al momento de procesar las imágenes y crear modelos digitales fotogramétricos en 3D, un poyo que permite realizar este proceso es Photomodeler Scanner 6 en el cual es fundamental tener el registro de calibración de la cámara con la que se realizó la toma.

El proceso, independientemente del sistema elegido, es siempre el mismo: primero “orientamos” las fotografías, y en consecuencia definimos el modelo matemático de transformación de coordenadas-fotografía a coordenadas X,Y,Z del modelo 3D

a. Ingreso del registro de calibración

- La calibración de la cámara es para una focal de 18mm y 35mm respectivamente.
- La de 18mm se utilizó para la fachada de la Iglesia de La Compañía de Jesús
- La de 35mm para la Mampara de la Iglesia del Sagrario y el León

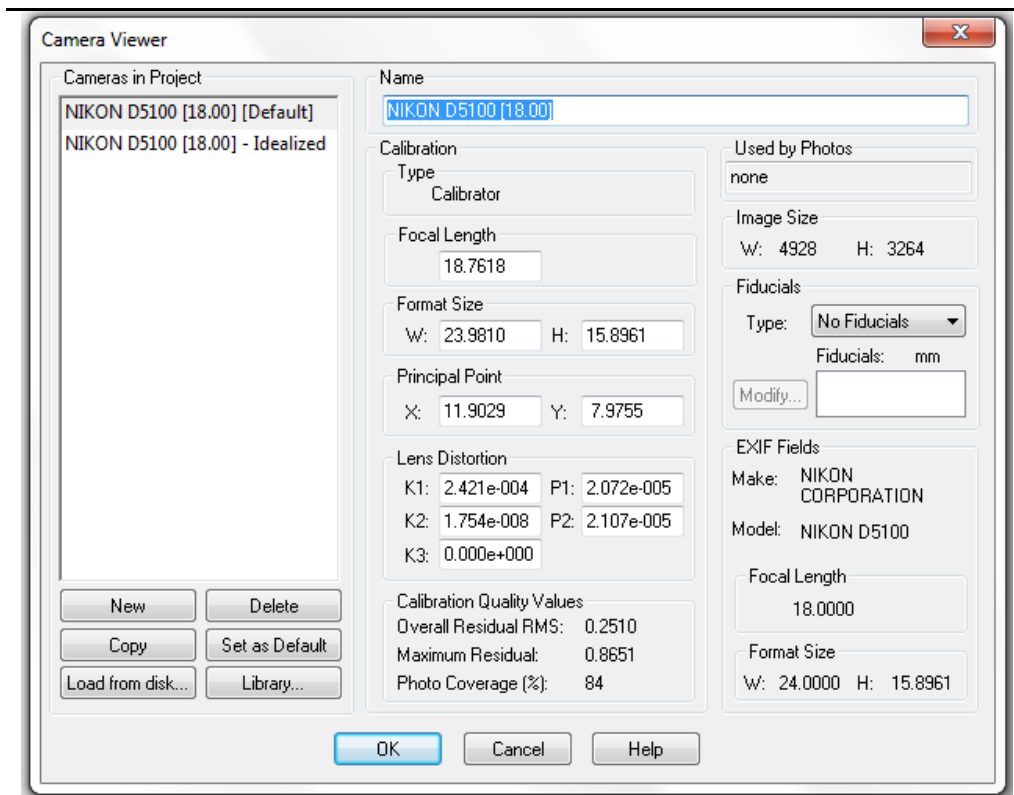


Fig.4.20. Registro de Calibración

Fuente Collaguazo Diana ., 2012

b. Lectura de imágenes

Las imágenes deben tener el mismo formato, resolución y deben tener buenos ángulos de toma entre estaciones es decir deben ser homogéneos entre sí.

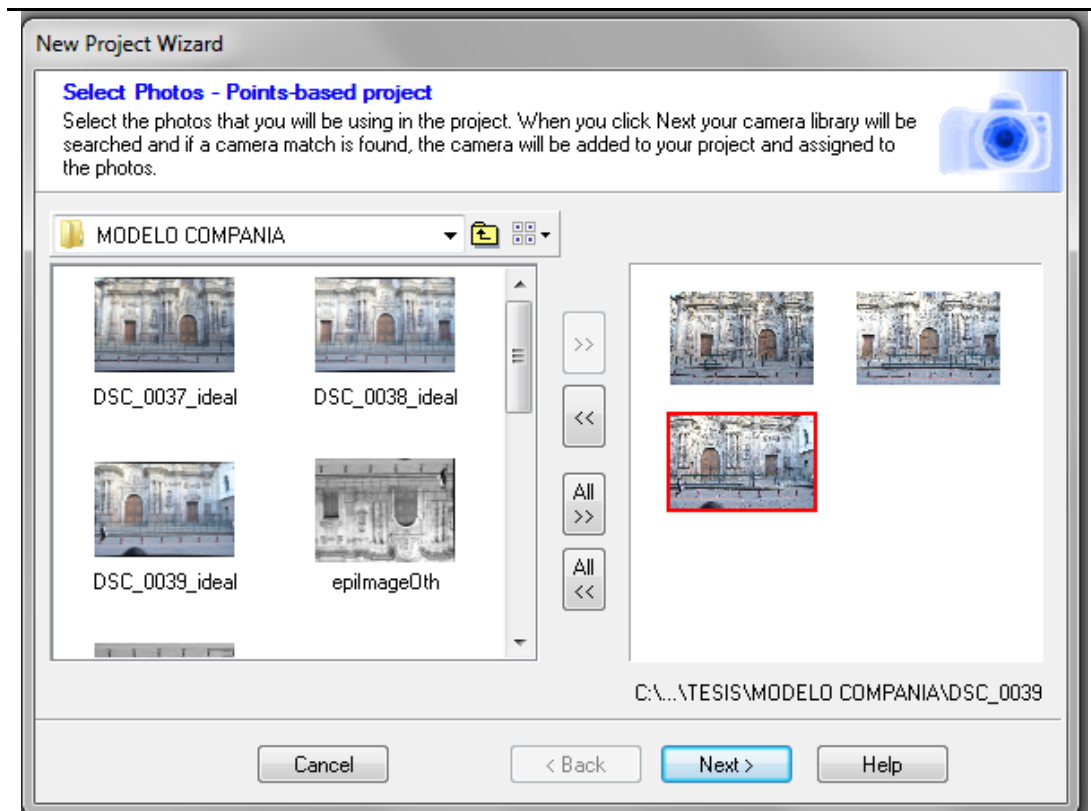


Figura 4.21. Importar imágenes

Fuente Collaguazo Diana ., 2012

c. Ubicación de los puntos homólogos

Para orientar un conjunto de fotografías se debe marcar una serie de puntos comunes en cada una de ellas, la precisión a su vez depende de:

- La calibración de la cámara
- El número de fotografías a orientar mínimo tienen que ser tres

CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA

- La precisión y el número de puntos de homólogos

La distribución de estos puntos deberá ser tal que abarquen la mayor parte de los encuadres intentando concentrarlos en zonas pequeñas que tengan mayor detalle.

En este caso los puntos homólogos a considerar son de 1000 puntos en adelante por ser un área de estudio de mucho detalle y para que la precisión sea buena.

El mayor inconveniente viene dado por la gran cantidad de tiempo que requiere la restitución de la totalidad de la fachada de cada objeto del área de estudio.

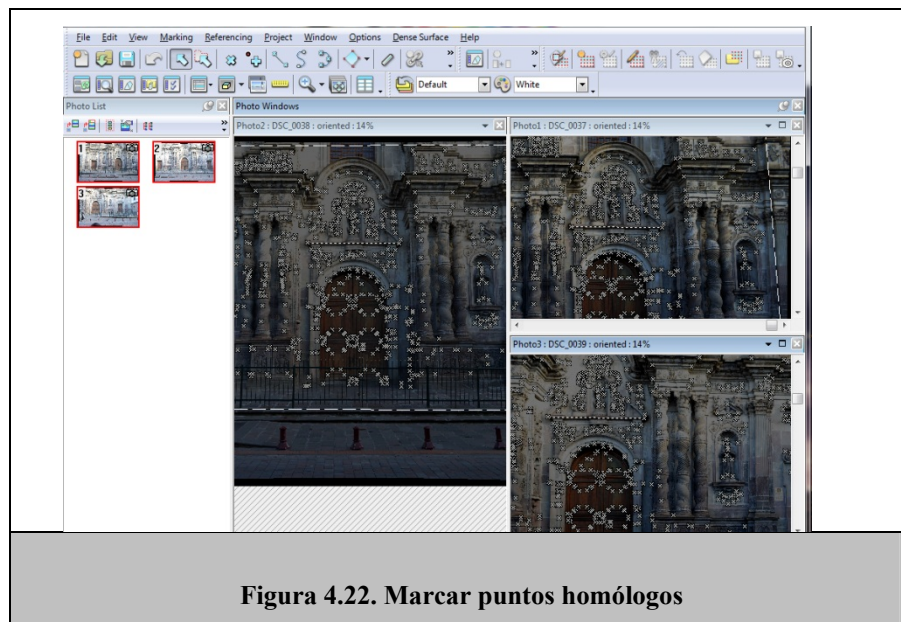


Figura 4.22. Marcar puntos homólogos

Fuente Collaguazo Diana ., 2012

d. Ingreso de puntos georeferenciados

Para obtener datos reales en un tiempo real, cuando se da coordenadas X,Y,Z ya se obtiene coordenadas reales de todos los puntos homólogos marcados.

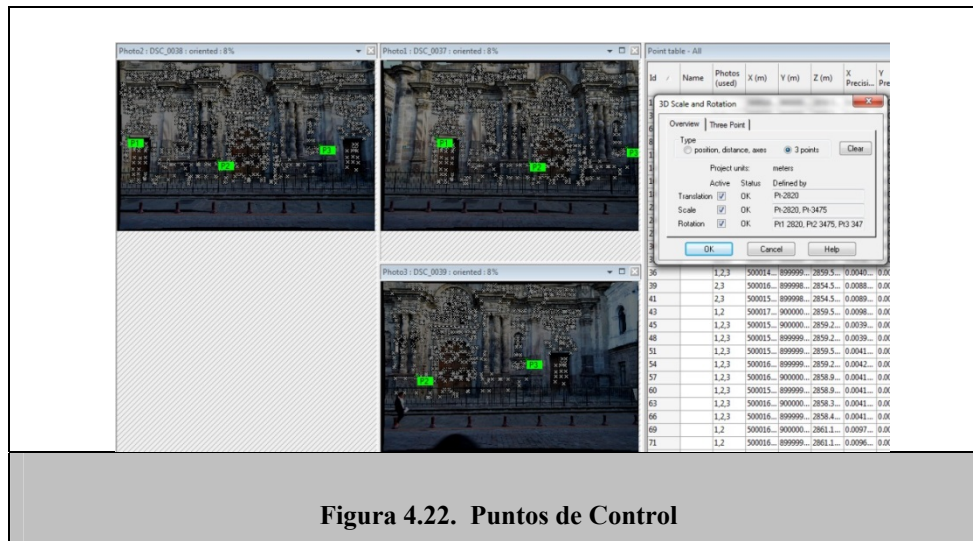


Figura 4.22. Puntos de Control

Fuente Collaguazo Diana ., 2012

e. Procesamiento y ajuste de puntos levantados

El mejor indicador de calidad es la orientación de los residuos, marca de punto.

Las Orientaciones son buenos resultados de la calibración de la cámara, identificación exacta, y las referencias correctas de los puntos es el objetivo de al menos 10 puntos en y / o alrededor del objeto que aparece en cada par de fotos.

CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA

Una vez que las fotos están orientadas, se puede ver, cada punto no está en la posición exacta y que resulta no ser punto de destino del sub-píxel y que tiene un alto residual y ajustar la posición de la marca en 2D. Por lo general, ampliar y reducir con las teclas de flecha del teclado es una manera conveniente de poner a punto dentro del rango establecido por el sub píxel del punto marcado, con la finalidad que tengan un valor residual parecido. Después de volver a procesar y ajustar las ubicaciones de los puntos, normalmente se puede obtener las orientaciones para resolver muy bien, donde todos los residuos están por debajo de alrededor de 1,0 píxeles.

No se debe ajustar los puntos de modo que se convierten incorrectamente marcado en orden de lanzar la residual (es decir, reducir artificialmente el residual), se debe ajustar los puntos por lo que son más marcados precisamente esto asegura la orientación de la cámara.

ID	Name	Photo (name)	X (m)	Y (m)	Z (m)	X Precise	Y Precise	Z Precise	RMS Residual (pixels)	Precision (pixels)	Tightness (pixels)	Tightlyne (pixels)	Angle (deg)	Control Name	Largest Residual (pixels)	Photo Residual (pixels)	Material
1	1.2	500018..900000..2858.5..	0.0002	0.0024	0.0042	0.0024	0.0042	0.0074	0.0204	0.0229	0.0034	11.393..			0.3099..	1	White
3	1.2	500015..900000..2858.5..	0.0001	0.0011	0.0041	0.0002	0.0007	0.0122	0.0032	0.0032	0.0032	12.756..			0.3051..	1	White
6	2.3	500015..899999..2858.5..	0.0072	0.0014	0.0056	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	13.825..		0.3472..	2	White
8	1.2	500018..900000..2858.1..	0.0008	0.0010	0.0034	0.0010	0.0010	0.0005	0.0001	0.0023	0.0031	12.851..			0.2432..	1	White
11	1.2,3	500018..899999..2858.1..	0.0041	0.0000	0.0017	0.0127	0.0045	0.0118	0.0031	0.0031	0.0031	26.515..			0.4371..	2	White
14	2,3	500018..899999..2858.1..	0.0004	0.0010	0.0011	0.0020	0.0002	0.0011	0.0001	0.0001	0.0001	11.290..			0.2326..	2	White
16	2,3	500017..899999..2858.1..	0.0006	0.0018	0.0034	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	11.571..			0.1609..	2	White
18	1,2,3	500017..899999..2857.1..	0.0047	0.0000	0.0018	0.4284	0.0051	0.0009	0.0026	0.0026	0.0026	25.347..			0.3181..	2	White
21	1,2,3	500018..899999..2857.1..	0.0047	0.0015	0.0018	0.1788	0.0053	0.0032	0.0008	0.0008	0.0008	25.078..			0.2321..	2	White
24	1,2,3	500017..899999..2854.7..	0.0049	0.0000	0.0012	0.4078	0.0051	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	25.579..			0.2784..	2	White
27	1,2,3	500017..899999..2854.7..	0.0049	0.0011	0.0011	0.3811	0.0053	0.0159	0.0042	0.0042	0.0042	25.396..			0.4788..	2	White
30	1,2,3	500014..899999..2858.5..	0.0038	0.0011	0.0021	0.4289	0.0045	0.0007	0.0026	0.0026	0.0026	26.632..			0.6042..	2	White
33	1,2,3	500014..899999..2858.5..	0.0038	0.0018	0.0021	0.2242	0.0048	0.0059	0.0015	0.0004	0.0004	25.004..			0.2369..	3	White
36	1,2,3	500014..899999..2858.5..	0.0040	0.0021	0.0021	0.1406	0.0050	0.0136	0.0036	0.0036	0.0036	21.690..			0.4424..	1	White
39	2,3	500018..899999..2854.5..	0.0008	0.0049	0.0017	0.2048	0.0032	0.0075	0.0020	0.0020	0.0020	12.145..			0.2051..	3	White
41	2,3	500015..899999..2854.5..	0.0009	0.0061	0.0018	0.1879	0.0110	0.0062	0.0018	0.0018	0.0018	11.035..			0.1887..	3	White
43	1,2	500017..900000..2858.5..	0.0006	0.0040	0.0042	0.1242	0.0114	0.0042	0.0011	0.0003	0.0003	10.003..			0.2251..	1	White
45	1,2,3	500015..900000..2859.2..	0.0019	0.0018	0.0018	0.4029	0.0045	0.0111	0.0011	0.0011	0.0011	29.729..			0.5206..	3	White
48	1,2,3	500015..899999..2859.2..	0.0039	0.0000	0.0020	0.1861	0.0045	0.0067	0.0018	0.0018	0.0018	26.541..			0.2301..	3	White
51	1,2,3	500015..899999..2858.5..	0.0041	0.0000	0.0021	0.1263	0.0047	0.0035	0.0009	0.0009	0.0009	25.923..			0.1409..	3	White
54	1,2,3	500018..899999..2858.2..	0.0042	0.0000	0.0020	0.1862	0.0047	0.0047	0.0012	0.0012	0.0012	25.540..			0.2110..	2	White
57	1,2,3	500018..900000..2858.9..	0.0041	0.0010	0.0018	0.1038	0.0046	0.0052	0.0014	0.0014	0.0014	25.534..			0.4127..	2	White
60	1,2,3	500015..899999..2858.9..	0.0041	0.0000	0.0018	0.2583	0.0046	0.0084	0.0022	0.0022	0.0022	26.204..			0.3192..	1	White
63	1,2,3	500018..900000..2858.3..	0.0041	0.0010	0.0018	0.2071	0.0046	0.0080	0.0021	0.0021	0.0021	25.713..			0.2796..	2	White
66	1,2,3	500018..899999..2858.4..	0.0041	0.0000	0.0018	0.1845	0.0046	0.0065	0.0001	0.0001	0.0001	28.414..			0.1772..	2	White
69	1,2	500018..900000..2861.1..	0.0007	0.0011	0.0055	0.1543	0.0111	0.0111	0.0032	0.0032	0.0032	11.658..			0.1906..	1	White
71	1,2	500018..899999..2861.1..	0.0006	0.0014	0.0052	0.3036	0.0110	0.0103	0.0027	0.0027	0.0027	11.783..			0.3055..	1	White

Figura 4.23. Residuales de los puntos homólogos

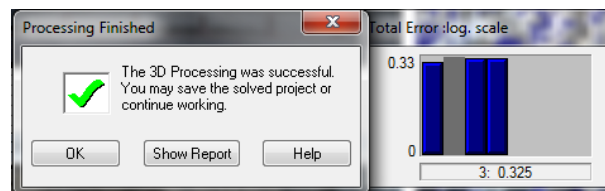


Figura 4.24. Puntos de Control

Fuente Collaguazo Diana ., 2012

f. Creación de superficie y modelamiento 3d

Una vez generado el modelo tridimensional del objeto restituído, y cerrado el mismo con superficies, podemos visualizarlo desde cualquier ángulo en tiempo real y con los efectos de iluminación que desee.

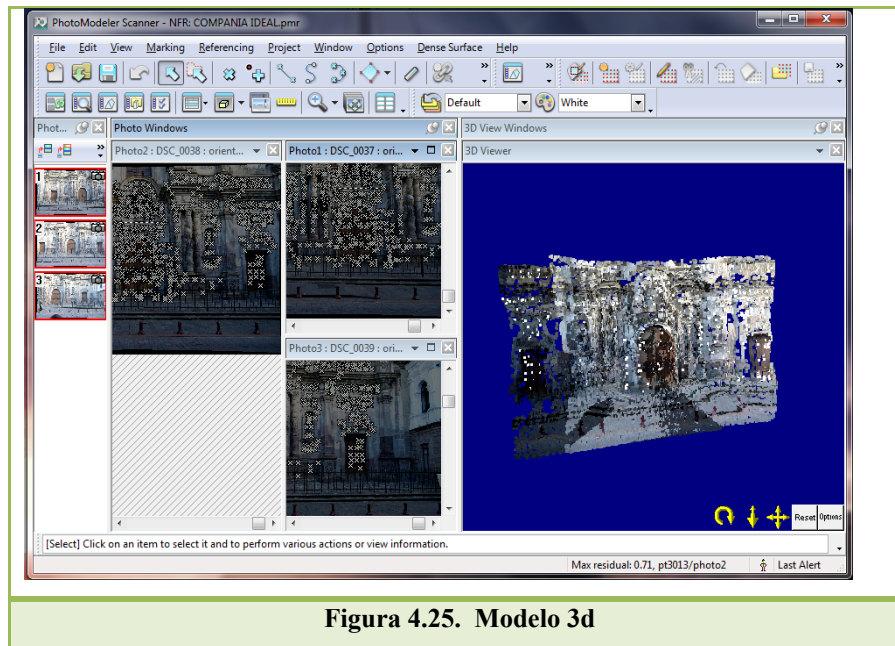
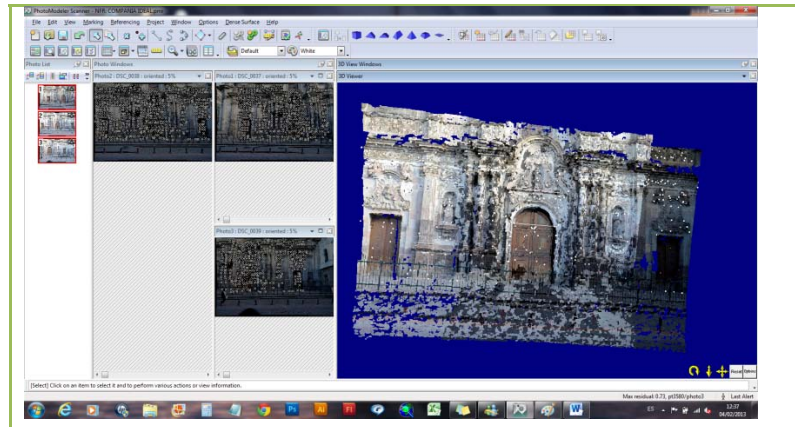


Figura 4.25. Modelo 3d

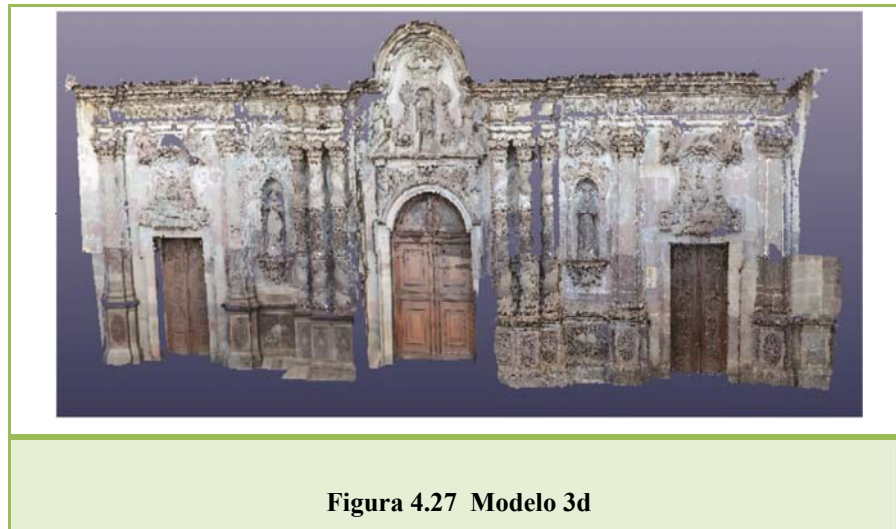
Fuente Collaguazo Diana ., 2012

4.4 Modelamiento 3D con Photodeler Scanner

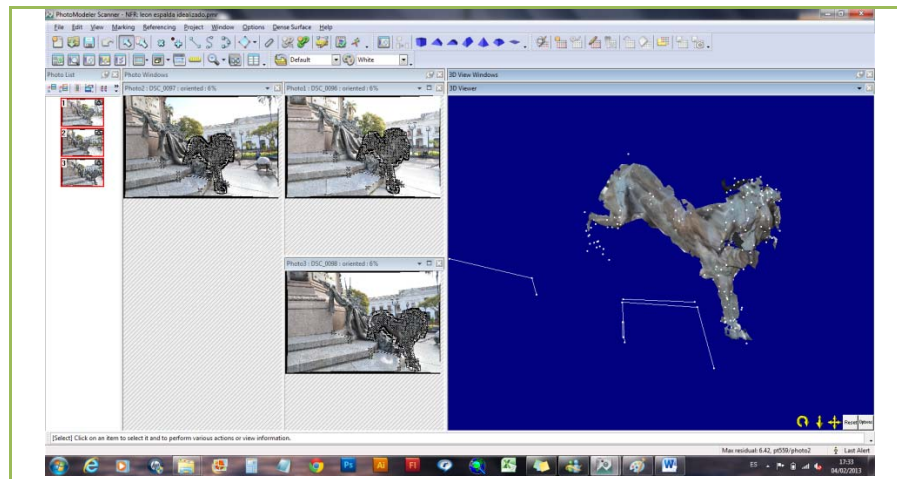
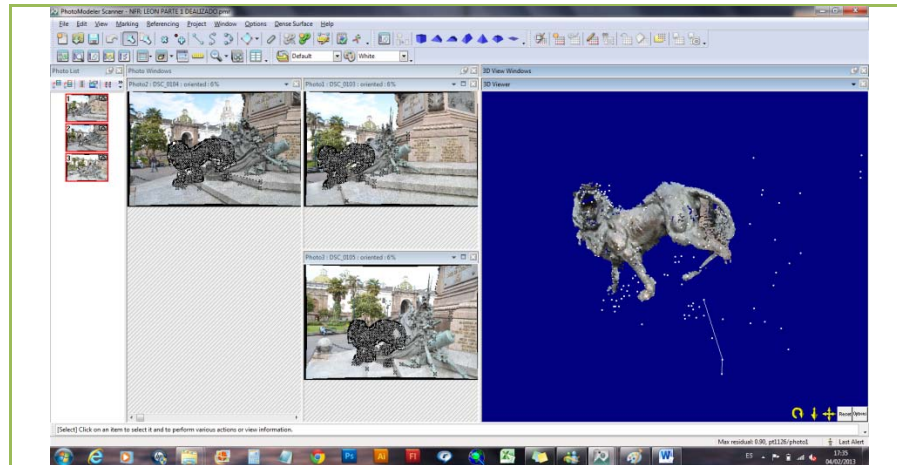
Para el modelamiento 3D se generó planos en formato A3 (Ver ANEXO III).

a. Fachada de la iglesia La Compañía de Jesús**Figura 4.26. Modelo 3d**

Fuente Collaguazo Diana ., 2012

**Figura 4.27 Modelo 3d**

Fuente Collaguazo Diana ., 2012

b. Parte inferior del Monumento a La Libertad (León)**Figura 4.28 Modelo 3d****Fuente Collaguazo Diana ., 2012****Figura 4.29 Modelo 3d****Fuente Collaguazo Diana .,**

CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA

c. Mampara de la Iglesia del Sagrario

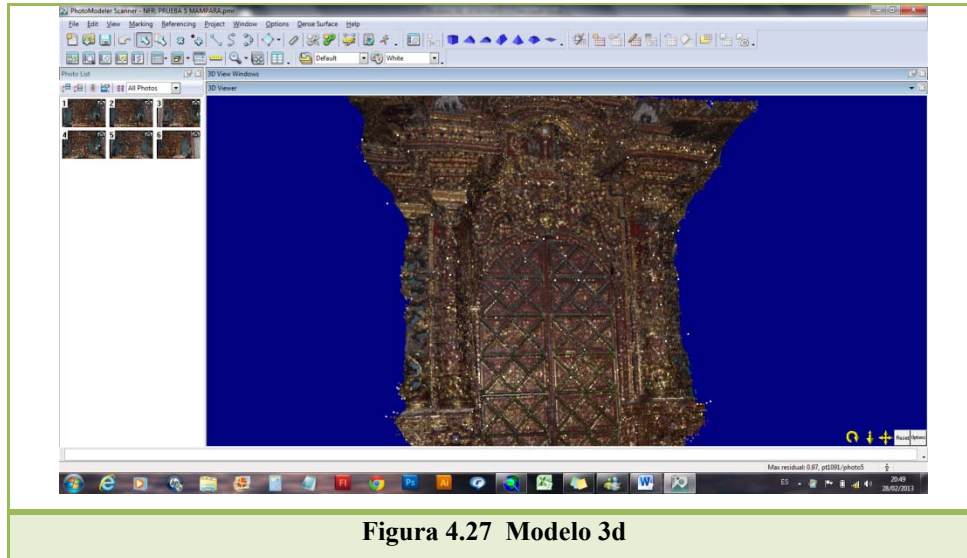


Figura 4.27 Modelo 3d

Fuente Collaguazo Diana ., 2012

CAPITULO 5

PRODUCTOS DEL PROCESO ESCÁNER LASER

5.1 ADQUISICIÓN DE LA NUBE DE PUNTOS

5.1.1 Toma de datos

Los datos son tomados con escáner laser **FARO LASER SCANNER FOCUS 3DMS**

Este instrumento entrega los siguientes datos:

1. Posición y rotación del instrumento
2. Coordenadas espaciales: valor XYZ
3. Intensidad: valor de reflectancia de los materiales
4. Color: valor RGB

La utilización del software **SCENE LT** para exportar los datos a extensión **DXF** para poder trabajar en el **AUTO CAD**.

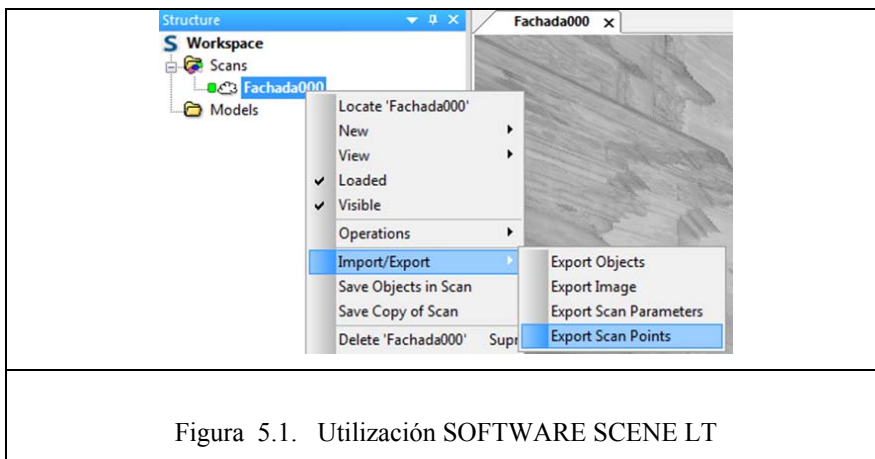


Figura 5.1. Utilización SOFTWARE SCENE LT

Fuente Collaguazo Diana ., 2012

Los archivos DXF transmiten únicamente la geometría de cada punto, para hacer más fácil su lectura, por la cantidad de puntos.

Tabla 5.1. Cantidad de puntos escaneados

LUGAR	NÚMERO DE PUNTOS ESCANEADOS	RANGO CUBIERTO
MAMPARA	1650806	90% del total
FACHADA COMPAÑÍA	1557338	90% del total

Fuente Collaguazo Diana ., 2012

El 10% restante corresponde a que no existen puntos en áreas determinadas de los objetos. Como por ejemplo en zonas muertas que el escáner laser a ser colocado en una sola forma de barrido no alcanza a medir, como las puertas debido a la reflectancia de la luz en las partes lisas, y los obstáculos que se encuentran como personas, vehículos, bancas.

CAPÍTULO 5: PRODUCTOS DEL PROCESO ESCÁNER LÁSER

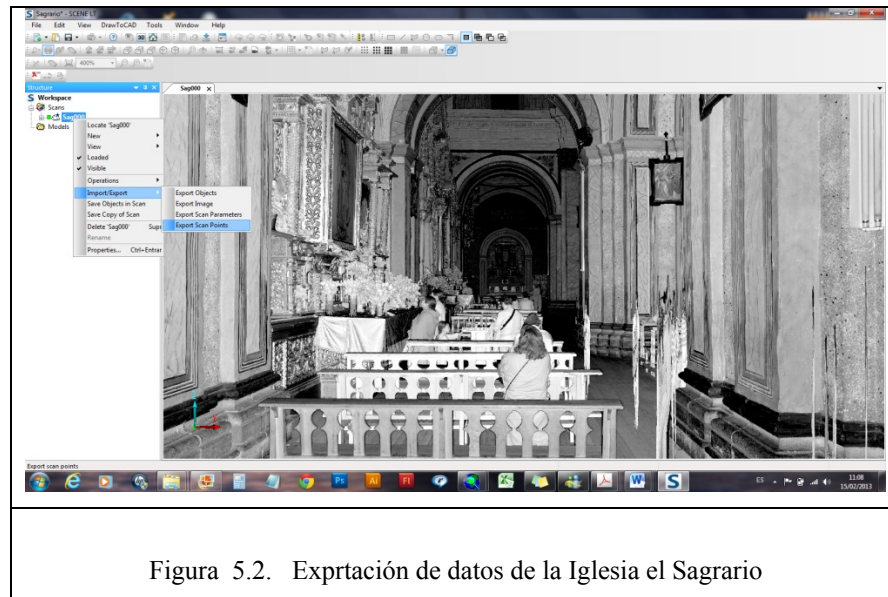


Figura 5.2. Exprtación de datos de la Iglesia el Sagrario

Fuente Instrumental y Óptica



Figura 5.3. Exprtación de datos de la Iglesia La Compañía de Jesus

Fuente Instrumental y Óptica

5.2. AJUSTE DE LA NUBE DE PUNTOS

5.2.1. Post Proceso

En esta etapa la información recogida en campo pasa una serie de procesos para filtrar y unir la información en un único modelo.

5.2.1.1. Limpieza

Eliminar toda aquella información que no se desea, ya sea de forma manual o de forma automática. En ambos casos se requiere de tiempo para valorizar la información que no pertenece al objeto de estudio.

Manual

Al tener la información en 3D es relativamente sencillo eliminar aquellos objetos no deseados en el modelo, la manera de seleccionar o deseleccionar puntos de la nube de puntos es rápido como personas, andamios, automóviles, elementos que no pertenecen al objeto de estudio. Este proceso es el que se utilizó en el proyecto.

Automática

Esta eliminación se refiere al filtrado del ruido del escáner, se logra mediante el algoritmo que permite eliminar aquellos puntos según una distancia mínima y determinado número de puntos. Este proceso automático es bastante útil para minimizar el número de puntos válido por barrido. Este tipo de limpieza lo realiza el programa FARO.

CAPÍTULO 5: PRODUCTOS DEL PROCESO ESCÁNER LÁSER

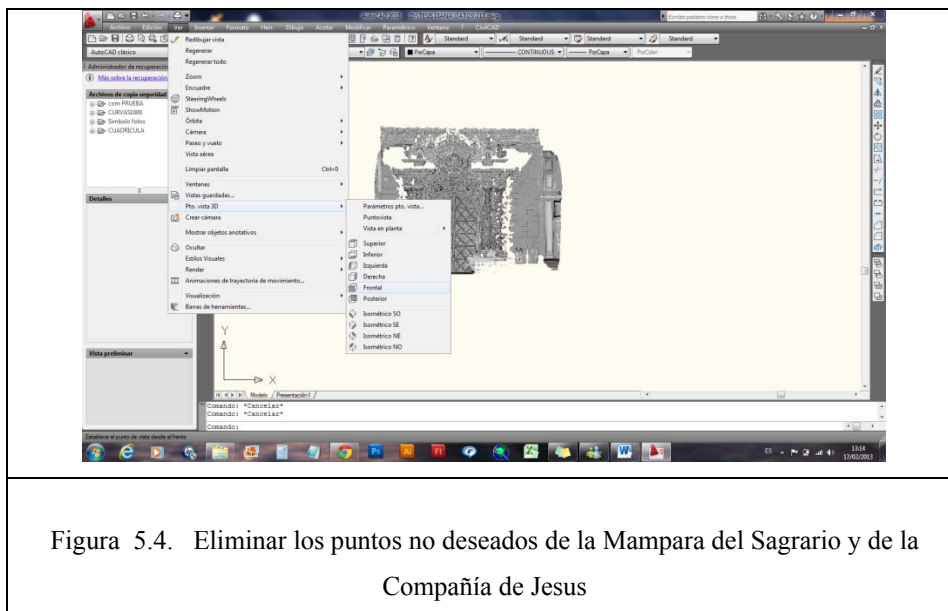


Figura 5.4. Eliminar los puntos no deseados de la Mampara del Sagrario y de la Compañía de Jesús

Fuente: Faro Scene

El AUTO CAD, es el programa a utilizar para la eliminación de puntos no deseados, y para visualizarlo de frente de tal manera que al momento de exportar los datos al ArcMap la nube de puntos quede tal cual para poder modelarlo.

5.2.1.2. Georeferenciación

Una vez eliminado los datos innecesarios para el modelamiento 3D, los datos pulidos son exportados ARC MAP, para georeferenciarlos con el fin de que tenga posicionamiento absoluto que define la localización de un objeto espacial a una posición en la superficie de la Tierra, con un sistema de coordenadas y datum determinado.

Sistema de coordenadas

Se establecieron dos sistemas de coordenadas; el que utiliza a nivel nacional por el Instituto Geográfico Militar SIRGAS GRS80 proyección UTM Z 17S, y uno propio en el eje del acceso principal para facilitar la lectura y generación de planos en el ARCMAP

5.3. CREACION DE MODELOS 3D

5.3.1. Exportación 2D Y 3D del modelo de nube de puntos

Extraer información 2D y 3D del modelo de nube de puntos generado es un proceso indispensable para visualizar y gestionar un mayor número de puntos en tiempo real. Los visualizadores permiten explorar el modelo y generar las vistas necesarias para una mejor comprensión del objeto de estudio.

Las principales ventajas de utilizar esta metodología en la creación de un modelo de nube de puntos son:

- El levantamiento no se limita el uso de un solo instrumento gracias a la incorporación en el registro de programas de ingeniería inversa que permite capturar información de todo tipo de objetos, selecciona los parámetros de escaneado de forma rápida y fácil, los archivos resultantes del escaneado pueden ser exportados a distintos programas y capturados desde otras aplicaciones de diseño 3D. Todo ello permite estudiar los resultados cómodamente y modificar los datos obtenidos para crear los modelos físicos en otras escalas.
- Se consiguen resultados válidos alternativos si se aprovecha la gran densidad de puntos que genera el escáner láser y evita el complejo proceso de triangulación de la nube de puntos.

- La eficiencia del escáner láser en la captura de información 3D en poco tiempo y un post proceso continuo, plantean nuevas formas de documentar el Patrimonio Arquitectónico.

5.3.2 Reconstrucción y Modelado

La nube de puntos producida por el escáner Focus 3D es utilizada directamente para la medición y la visualización aplicado en la arquitectura y la construcción, la mayoría de las aplicaciones, utilizan modelos 3D poligonales, modelos de superficies NURBS, o modelos CAD basados en las características (modelos sólidos)

5.3.3.1. Modelos de malla de polígonos

En una representación poligonal de una forma, una superficie curva es modelada como muchas pequeñas superficies planas, el proceso de convertir una nube de puntos en un modelo poligonal 3D se llama reconstrucción. La reconstrucción de modelos poligonales implica encontrar y conectar los puntos adyacentes mediante líneas rectas con el fin de crear una superficie continúa.

Los modelos poligonales, también llamados modelos de malla, son útiles para la visualización o para algunas aplicaciones CAM, pero son, en general, "pesados" (archivos de datos muy grandes), y son relativamente difíciles de editar en este formato.

Existen muchas aplicaciones, tanto libres como comerciales, destinadas a este fin: MeshLab, cyclone, kubit PointCloud para AutoCAD, JRC 3D

Reconstructor, PhotoModeler, ImageModel, PolyWorks, Rapidform, Geomagic, Image Ware, Rhino, etc.

5.3.3.2. Modelos de superficies

El siguiente nivel de sofisticación en la modelización implica el uso de un conjunto de pequeñas superficies curvas que unidas entre sí modelan la forma deseada, estas superficies pueden ser NURBS, T-Splines u otras representaciones de curvas.

Estas superficies tienen la ventaja de ser más ligeras y más fácilmente manipulables cuando se exportan a CAD. Los modelos de superficie son algo más modificables, pero sólo en un sentido escultórico de empujar y tirar para deformar la superficie.

5.3.3.3. Modelos sólidos CAD

Desde el punto de vista de la ingeniería es la representación fundamental de una forma digitalizada es el modelo CAD, totalmente editable, ya que tiene un "lenguaje común" de la industria para describir, editar y producir.

Estos modelos CAD describen el envoltorio o la forma del objeto, incorporan la "intención del diseño" (es decir, las características fundamentales y su relación con otras funciones).

5.4. MODELAMIENTO EN ARCMAP


















El modelado en tres dimensiones ayuda a ver la información desde varios puntos de vista de la información, en el proyecto este es el software a utilizar para el modelamiento de los objetos de estudio.

La extensión 3D Analyst de ArcGIS proporciona herramientas para la creación, visualización, y análisis de un contexto tridimensional (3D), para conocer y modelar el objeto con el fin de prepararlo para previos estudios.

5.4.1. Creación de texturas

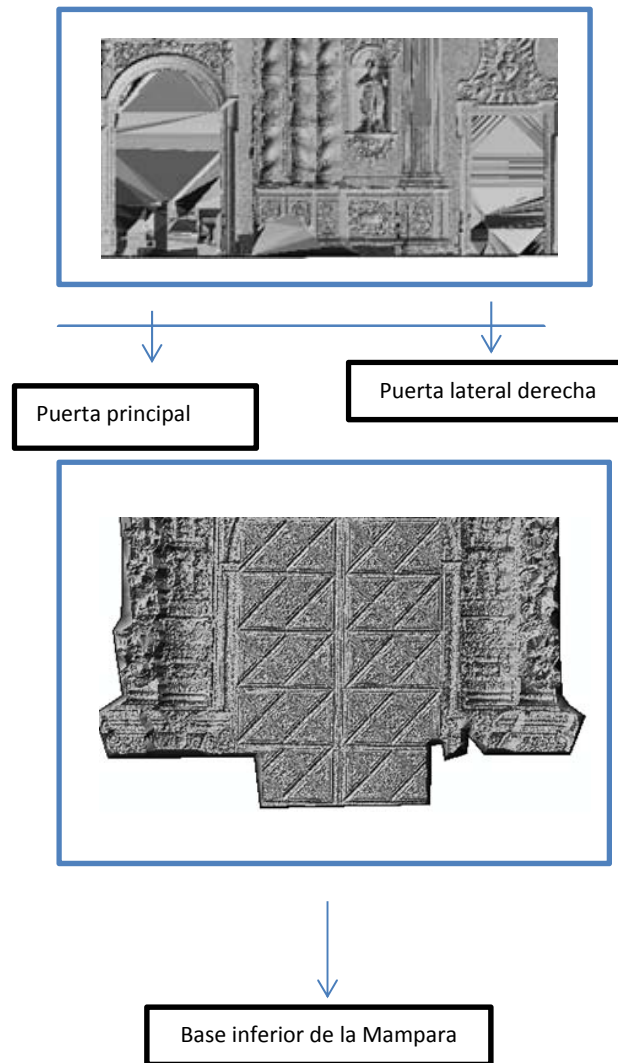
Para la creación de texturas se incorpora en el Arc Map, por medio de la categorización por rangos, clasificados por su altura de la siguiente manera:

Iglesia La compañía de Jesus

Symbol	Range	Label
	18,4304684 - 19,0249996	18,43 - 19,025
	17,8359371 - 18,4304684	17,836 - 18,43
	17,2414059 - 17,8359371	17,241 - 17,836
	16,6468747 - 17,2414059	16,647 - 17,241
	16,0523434 - 16,6468747	16,052 - 16,647
	15,4578122 - 16,0523434	15,458 - 16,052
	14,863281 - 15,4578122	14,863 - 15,458
	14,2687497 - 14,863281	14,269 - 14,863
	13,6742185 - 14,2687497	13,674 - 14,269
	13,0796872 - 13,6742185	13,08 - 13,674
	12,485156 - 13,0796872	12,485 - 13,08
	11,8906248 - 12,485156	11,891 - 12,485
	11,2960935 - 11,8906248	11,296 - 11,891
	10,7015623 - 11,2960935	10,702 - 11,296
	10,107031 - 10,7015623	10,107 - 10,702
	9,51249981 - 10,107031	9,512 - 10,107
	8,91796857 - 9,51249981	8,918 - 9,512

CAPÍTULO 5: PRODUCTOS DEL PROCESO ESCÁNER LÁSER

Estos inconvenientes vienen dados por la única posición del láser escáner al momento de tomar los datos, el barrido establecido solo fue de manera vertical.



Fuente Collaguazo Diana ., 2012

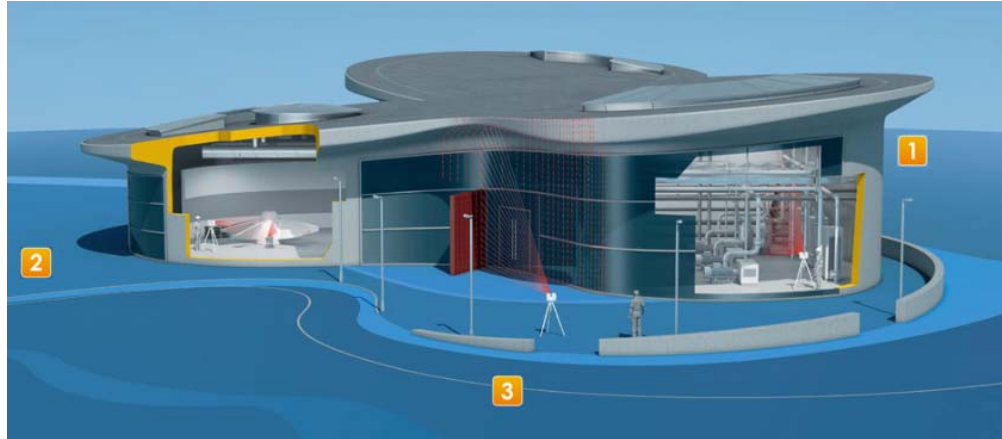


Figura 5.5. Esquema del barrido vertical del escaner laser

Se crea un MDT (Modelo Digital del Terreno). A partir del cual se pueden extraer variables, por lo que cada forma se materializa con un algoritmo espacial de la combinación de las variables.

El principal procedimiento para generar un MDT se basa en la triangulación entre vértices de las curvas de nivel adyacentes. Este método se conoce con el nombre de Red Irregular de Triángulos o Triangle Irregular Network (TIN). Los TIN se sustentan en la condición de Delaunay, la cual dice que la circunferencia circunscrita de cada triángulo de la red no debe contener ningún vértice de otro triángulo. Esta triangulación está relacionada con los polígonos de Thiessen o Diagramas de Voronoi. Estos polígonos delimitan áreas de proximidad a los diferentes puntos.

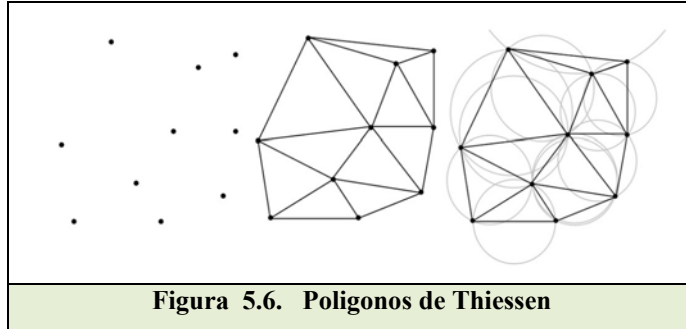


Figura 5.6. Poligonos de Thiessen

Fuente Internet Análisis territoriales

La crecion del MDT para ambos casos

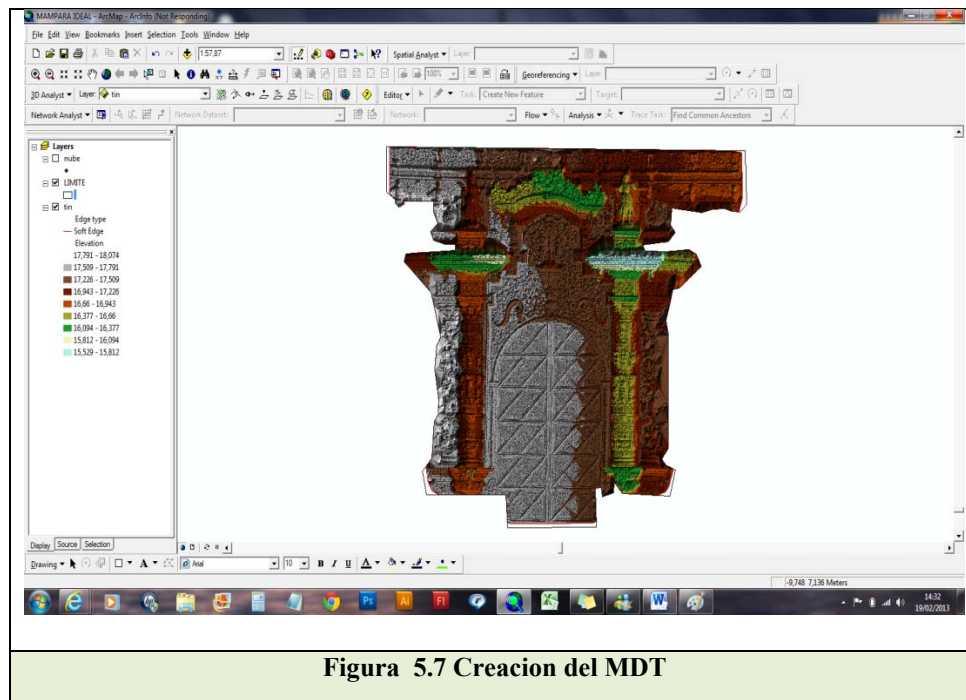


Figura 5.7 Creacion del MDT

Fuente Collaguazo Diana ., 2012

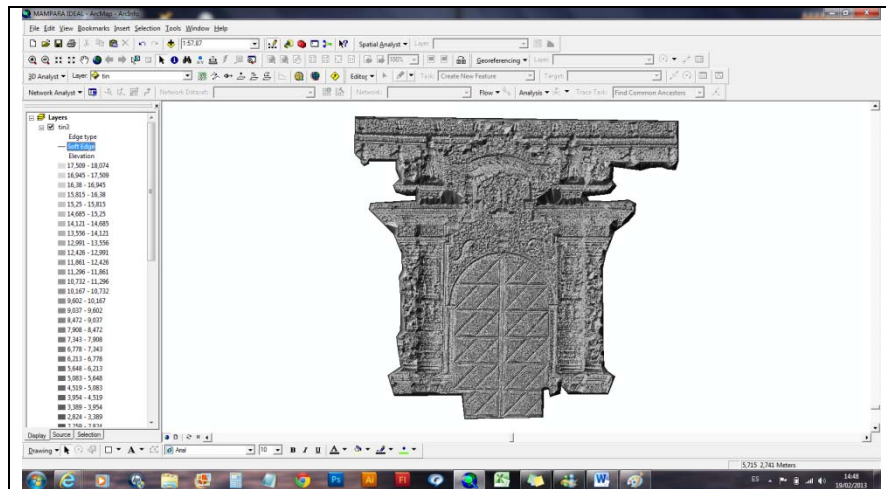
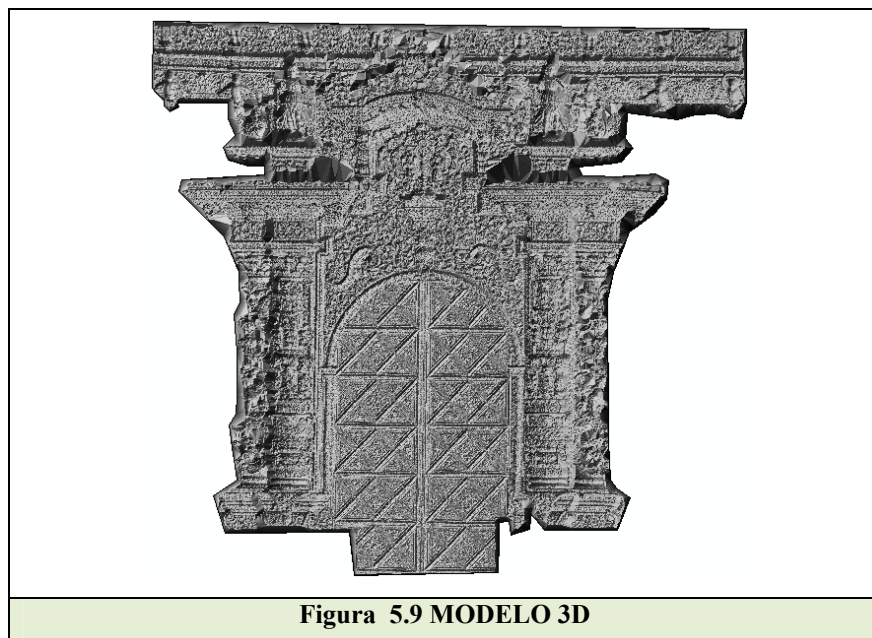
CAPÍTULO 5: PRODUCTOS DEL PROCESO ESCÁNER LÁSER**Figura 5.8. Reclasificación por categoría****Fuente Collaguazo Diana ., 2012****Figura 5.9 MODELO 3D****Fuente Collaguazo Diana ., 2012**



Figura 5.10. Creacion del MDT

Fuente Collaguazo Diana ., 2012

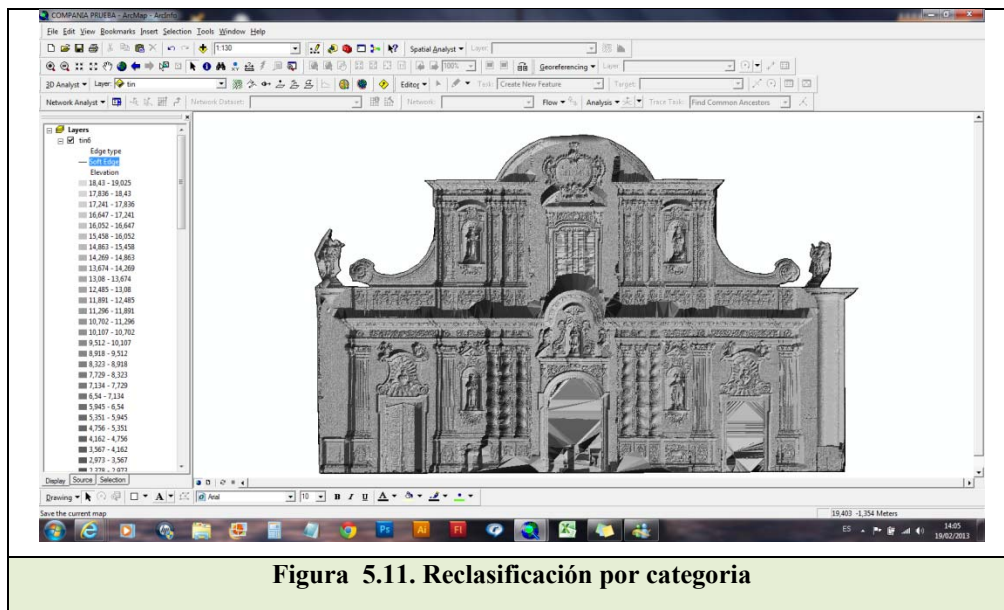
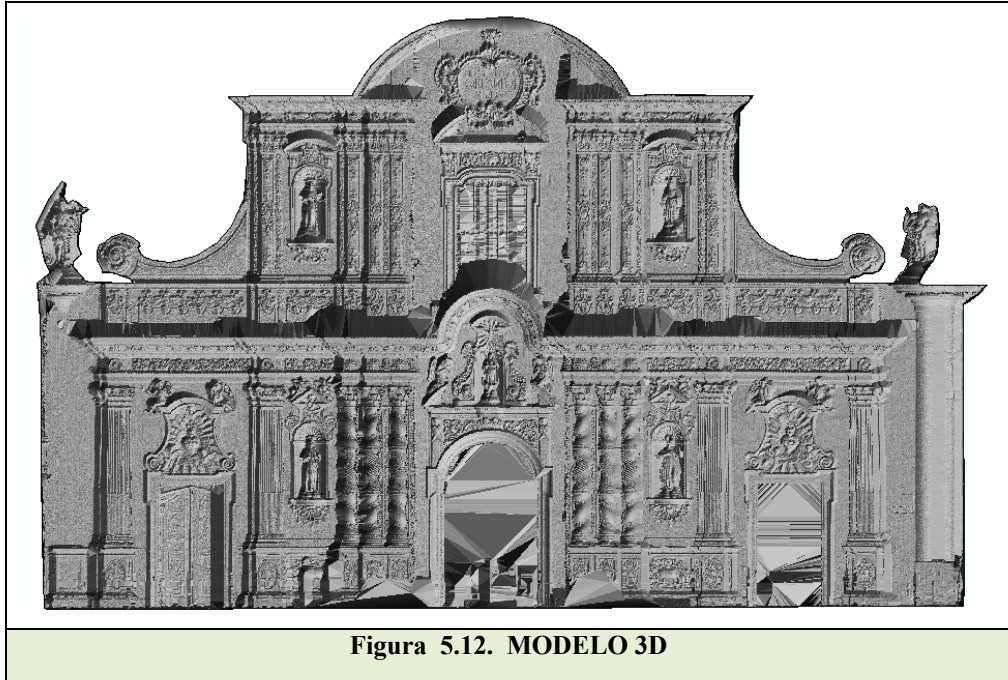
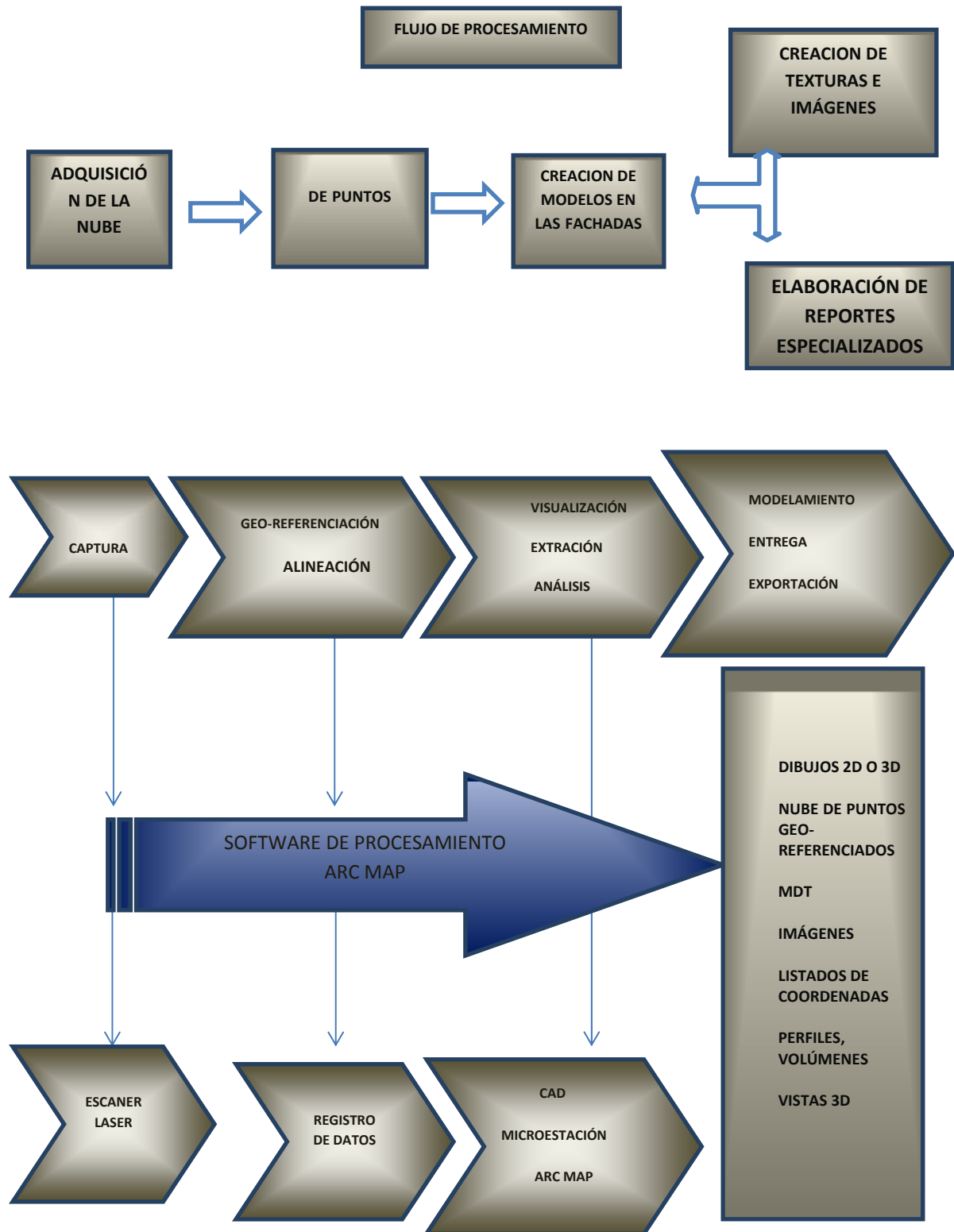


Figura 5.11. Reclasificación por categoría

Fuente Collaguazo Diana ., 2012



La generacion de modelos estan en formatos A3 (Ver Anexo IV)



CAPÍTULO 6

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS GENERADOS

El objetivo del proyecto es realizar la comparación y análisis a partir de la nube de puntos generada de un escaneo digital para la construcción de objetos de corto alcance; para ello se emplea la fotogrametría y topografía con la finalidad de obtener una mayor precisión en la restitución de los objetos. Una vez aplicada la metodología permite que el usuario emplee técnicas con implementaciones de nuevos software que cumplan con las mismas especificaciones que tiene un Escáner Laser 3D.

6.1. PRUEBAS ESTADÍSTICAS

Cuando se analizan datos medidos por una variable cuantitativa continua, las pruebas estadísticas de estimación y contraste frecuentemente empleadas se basan en suponer que se ha obtenido una muestra aleatoria de una distribución de probabilidad de tipo normal o de Gauss.

6.1.1. Distribución Normal o de Gauss

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS GENERADOS

Sin duda la distribución continua de probabilidad más importante, por la frecuencia con que se encuentra y por sus aplicaciones teóricas, es la distribución normal, gaussiana o de Laplace Gauss.

Esta distribución es frecuentemente utilizada en las aplicaciones estadísticas. Su propio nombre indica su extendida utilización, justificada por la frecuencia o normalidad con la que ciertos fenómenos tienden a parecerse en su comportamiento a esta distribución.

Muchas variables aleatorias continuas presentan una función de densidad cuya gráfica tiene forma de campana. En otras ocasiones, al considerar distribuciones binomiales, tipo $B(n,p)$, para un mismo valor de p y valores de n cada vez mayores, se ve que sus polígonos de frecuencias se aproximan a una curva en "forma de campana".

6.1.1.1. Características de una distribución probabilística normal

La curva normal tiene un perfil de campana (campaniforme), y presenta un solo pico en el centro exacto de la distribución. La media (aritmética), la mediana y la moda de la distribución son iguales y están en el punto central. De esta forma, la mitad del área bajo la curva se halla a un lado (o encima del valor central) de ese punto, y la otra mitad, al otro lado (o por debajo).

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS GENERADOS

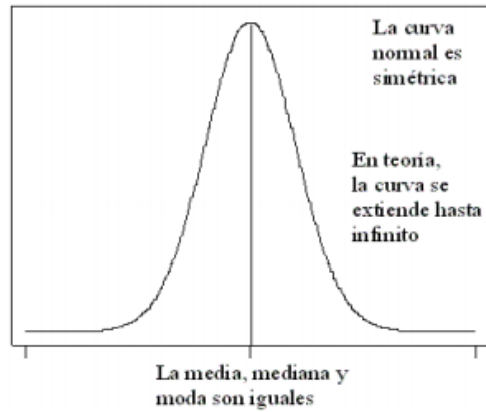


Figura 6.1. Media, Moda y Mediana simétricas

<p>Figura 6.2. Areas bajo la curva</p>	<p>Figura 6.3. Curva normal</p>	<p>Figura 6.4. Decrecimiento de la curva uniforme</p>

Fuente Internet Pruebas Estadísticas

La distribución probabilística normal es simétrica con respecto a su media. Si se corta la curva normal verticalmente por este valor central las dos mitades serán como imágenes reflejadas en un espejo.

La curva normal decrece uniformemente en ambas direcciones a partir del valor central. Es asintótica, lo cual significa que la curva se acerca cada vez más al eje x pero en realidad

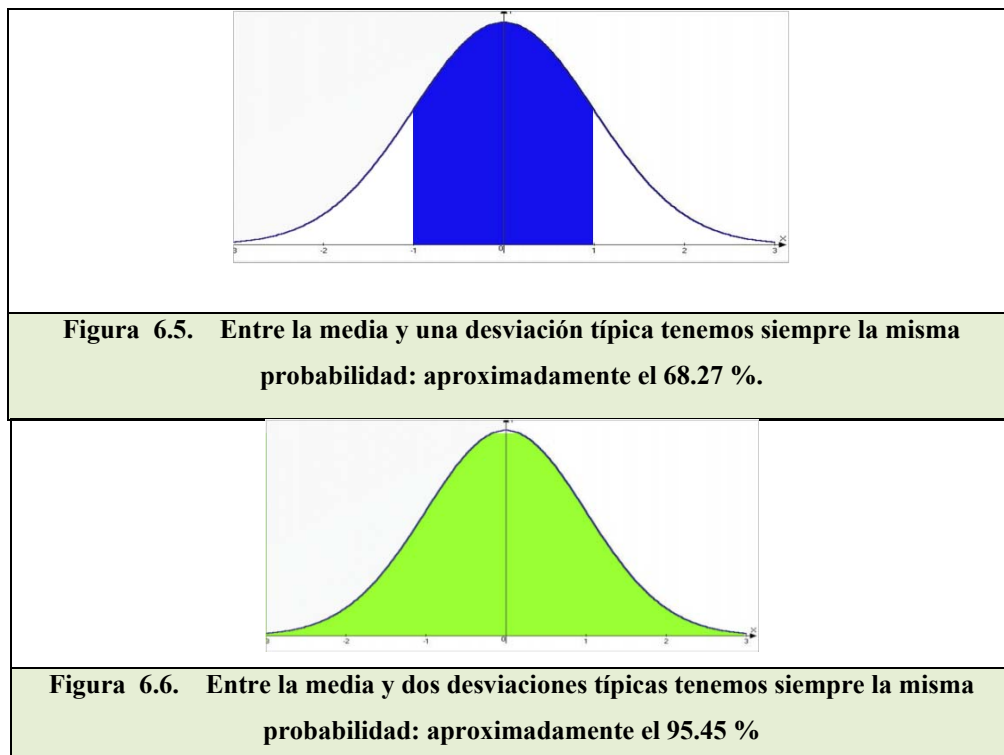
CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS GENERADOS

nunca llega a tocarlo. Esto es, las colas o extremidades se extienden indefinidamente en ambas direcciones.

6.1.1.2 Interpretación Probabilística De La Curva Normal

El área total de la curva es igual a 1. El área debajo de la curva comprendida entre $\mu - \sigma$ y $\mu + \sigma$ es aproximadamente igual a 0,68 del área total; entre $\mu - 2\sigma$ y $\mu + 2\sigma$ es aproximadamente igual a 0,95 del área total.

Es importante ver que los únicos parámetros necesarios para dibujar el gráfico de la distribución normal son la media y desviación estándar de la población. Con estos dos parámetros sabemos dónde situar la campana de Gauss (En el punto correspondiente a la media) y cuál es su dispersión (Determinado por la desviación standard).





Fuente Internet Pruebas Estadísticas

6.1.1.3 Medidas De Tendencia Central

Permiten identificar los valores más representativos de los datos, de acuerdo a la manera como se tienden a concentrar. La **Media** nos indica el promedio de los datos; es decir, nos informa el valor que obtendría cada uno de los individuos si se distribuyeran los valores en partes iguales. La **Mediana** por el contrario nos informa el valor que separa los datos en dos partes iguales, cada una de las cuales cuenta con el cincuenta por ciento de los datos. Por último la **Moda** nos indica el valor que más se repite dentro de los datos.

6.3. MEDIDAS DE DISPERSIÓN

Permiten reconocer que tanto se dispersan los datos alrededor del punto central; es decir, nos indican cuanto se desvían las observaciones alrededor de su promedio aritmético (Media). Este tipo de medidas son parámetros informativos que nos permiten conocer como los valores de los datos se reparten a través de eje X, mediante un valor numérico que representa el promedio de dispersión de los datos. Las medidas de dispersión más importantes y las más utilizadas son la **Varianza** y la **Desviación estándar** (o Típica).

6.3.1. Varianza

Esta medida nos permite identificar la diferencia promedio que hay entre cada uno de los valores respecto a su punto central (**Media** \bar{X}). Este promedio es calculado, elevando cada una de las diferencias al cuadrado (Con el fin de eliminar los signos negativos), y calculando su promedio o media; es decir, sumado todos los cuadrados de las diferencias de cada valor respecto a la media y dividiendo este resultado por el número de observaciones que se tengan. Si la varianza es calculada a una población (Total de componentes de un conjunto), la ecuación sería:

$$\sigma^2 = \frac{(X_1 - \bar{\mu})^2 + (X_2 - \bar{\mu})^2 + (X_3 - \bar{\mu})^2 + \dots + (X_n - \bar{\mu})^2}{N} = \frac{\sum (X_i - \bar{\mu})^2}{N} \quad \text{Ecuación 6.1}$$

Donde (σ^2) representa la varianza, (Xi) representa cada uno de los valores, ($\bar{\mu}$) representa la media poblacional y (N) es el número de observaciones ó tamaño de la población. En el caso que estemos trabajando con una muestra la ecuación que se debe emplear es:

$$s^2 = \frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + (X_3 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{(n - 1)} = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{(n - 1)} \quad \text{Ecuación 6.2}$$

Donde (S2) representa la varianza, (Xi) representa cada uno de los valores, (\bar{X}) representa la media de la muestra y (n) es el número de observaciones o tamaño de la muestra. Es necesario resaltar que la varianza nos da como resultado el promedio de la desviación, pero este valor se encuentra elevado al cuadrado.

6.3.2. Desviación estándar o Típica

Esta medida nos permite determinar el promedio aritmético de fluctuación de los datos respecto a su punto central o media. La desviación estándar nos da como resultado un valor numérico que representa el promedio de diferencia que hay entre los datos y la media. Para calcular la desviación estándar basta con hallar la raíz cuadrada de la varianza, por lo tanto su ecuación sería:

$$S = \sqrt{S^2}$$

Ecuación 6.3

6.3.4 Intervalos de confianza y pruebas de hipótesis

6.3.4.1 Intervalo de confianza

Los intervalos de confianza (I.C.) y las pruebas de hipótesis (P.H.) son dos herramientas estadísticas íntimamente relacionadas.

La probabilidad de que el verdadero valor del parámetro se encuentre en el intervalo construido se denomina **nivel de confianza**, y se denota $1 - \alpha$. La probabilidad de equivocarnos se llama **nivel de significancia** y se simboliza α . Generalmente se construyen intervalos con confianza $1 - \alpha = 95\%$ (o significancia $\alpha = 5\%$). Menos frecuentes son los intervalos con $\alpha = 10\%$ o $\alpha = 1\%$.

Para construir un intervalo de confianza, se puede comprobar que la distribución Normal Estándar cumple 1: $P(-1.96 < z < 1.96) = 0.95$

6.3.4.2 Prueba de hipótesis

Una hipótesis estadística es una afirmación sobre alguna característica de la población.

El contraste o prueba de hipótesis proporciona una regla para decidir si dicha afirmación es verdadera o, por el contrario, debe ser rechazada. Para ello, los contrastes de hipótesis basan la toma de decisiones en los datos obtenidos a partir de una muestra aleatoria de la población de interés.

La relación existente entre los intervalos de confianza y las pruebas de hipótesis es la siguiente: si $[l; u]$ es el I.C. a un nivel de confianza de $100(1 - \alpha) \%$ para el parámetro μ , entonces para el contraste

$$\begin{cases} H_0 : \theta = \theta_0 \\ H_1 : \theta \neq \theta_0 \end{cases}$$

La hipótesis nula es una afirmación que será aceptada si los datos de la muestra no nos proveen de evidencia convincente de que es falsa, es decir, si se acepta la hipótesis nula decimos que la evidencia no es suficiente para rechazarla pero no podemos afirmar que es verdadera.

La hipótesis alterna es la afirmación que se acepta si se rechaza la hipótesis nula. Esta hipótesis, también llamada hipótesis de investigación, se simboliza con ***H_a***. La hipótesis alterna es aceptada si la evidencia proporcionada por la muestra es suficiente para afirmar que la ***H₀*** es falsa.

6.4. CONTROL DE CALIDAD DE LOS MODELOS GENERADOS

La calidad del producto no solo depende de lo minucioso de un proceso, sino más bien de la capacidad que tenga de ser útil al usuario.

De manera experimental se realiza pruebas de hipótesis con una tolerancia de 1,5cm y de 1cm de precisión en distancias absolutas, teniendo en cuenta que la máxima unidad cartográfica a ser representada es de 0.3mm. Para este caso la elaboración de información se da para un modelo de restitución representado a una escala 1: 100 en el caso de la Fachada de la Compañía de Jesús; escala 1: 50 en La Mampara del Sagrario; 1:10 Pate inferior del Monumento a la Libertad (León)

La prueba de hipótesis para Fachada de la Compañía de Jesús, con un intervalo de confianza del 95% es:

$$H_0 = \varepsilon_L \leq \pm 1.5cm$$

$$H_1 = \varepsilon_L > \pm 1.5cm$$

El error lineal (ε_L) debe estar dentro de la elipse de error. Cumple que $0.0003m \sqrt{D}$, para escala 1:100, el error lineal será de $\pm 3cm$, para que cumpla el intervalo de confianza al 95% debe ser $\pm 1.5cm$, aplicando 2 sigmas.

La Mampara de La Iglesia del Sagrario el análisis estadístico parte mediante las siguientes pruebas de hipótesis.

$$H_0 = \varepsilon_L \leq \pm 1.5 \text{ cm}$$

$$H_1 = \varepsilon_L > \pm 1.5 \text{ cm}$$

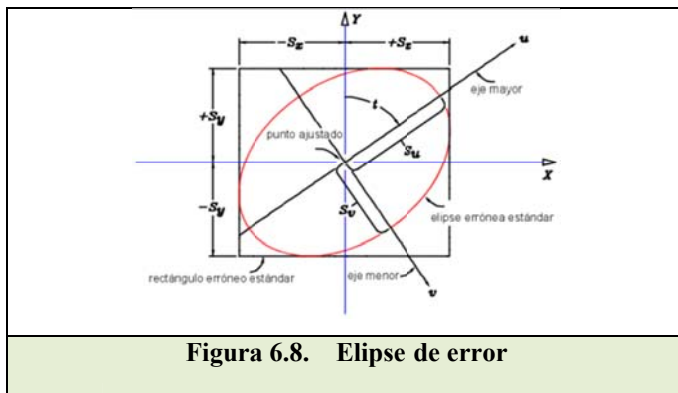
El error lineal (ε_L) debe estar dentro de la elipse de error. Cumple que $0.0003m \sqrt{D}$, para escala 1:50, el error lineal será de $\pm 1.5 \text{ cm}$, para que cumpla el intervalo de confianza al 68.5% debe ser $\pm 1.5 \text{ cm}$, aplicando una sigma.

Por último el León, la escala representativa es de 1:10, para lo cual se trabaja con un nivel de confianza del 68,5% con un error lineal de $\pm 1 \text{ cm}$. Para este caso la prueba de hipótesis sería la siguiente:

$$H_0 = \varepsilon_L \leq \pm 1 \text{ cm}$$

$$H_1 = \varepsilon_L > \pm 1 \text{ cm}$$

La elipse de error señala aspectos de la precisión y de la posición de un punto después de haber ajustado el modelo mediante ajuste de mínimos cuadrados. Su semieje mayor significa en módulo y orientación del máximo error estándar y el semieje menor el mínimo.



Fuente AUTOCAD

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS GENERADOS

6.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS MODELOS GENERADOS CON EL PHOTOMODELER SCANNER

El Software a utilizar en todo el estudio de la generación de los modelos y de la diferencia de distancias de cada uno que fueron generados con PhotoModeler Scanner y ArcMap se realizaran con el MINITAB 15.

Minitab 15 es un programa de computadora diseñado para ejecutar funciones estadísticas básicas y avanzadas. Combina lo amigable del uso de Microsoft Excel con la capacidad de ejecución de análisis estadísticos.

En cada modelo se empleó el flexometro como instrumento de medida debido a que se necesita tomar distancias cortas pero que su precisión sea la adecuada ya que vamos a trabajar con una estimación del centímetro.

La precisión de un instrumento de medida es la cantidad más pequeña que puede medirse y, evidentemente, depende del instrumento de medida que se emplea en la medición, de forma que cuanto mayor precisión usemos en la medida, más difícil será efectuarla.

6.5.1. Iglesia Compañía de Jesús

Las distancias fueron medidas con el programa Photomodeler con una estimación de lectura buena, de la misma forma con el flexómetro, se obtuvo en la tabla 6.1 con su respectivo margen de error que es la diferencia de ambas distancias $D2 - D1$.

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS GENERADOS

Tabla 6.1. Distancias medidas entre Photomodeler Scanner y Flexómetro

DISTANCIAS DE LA FACHADA DE LA COMPAÑÍA			
DISTANCIAS	PHOTODELER SCANNER (D1)cm	FLEXÓMETRO (D2)cm	D2-D1 (cm)
L01	211	211,5	0,5
L02	97	97	0
L03	178	179	1
L04	56	56,5	0,5
L05	56	56,3	0,3
L06	180	180,5	0,5
L07	56	56,3	0,3
L08	209	209,5	0,5
L09	95	95,5	0,5
L10	94	94,3	0,3

Collaguazo Diana., 2013

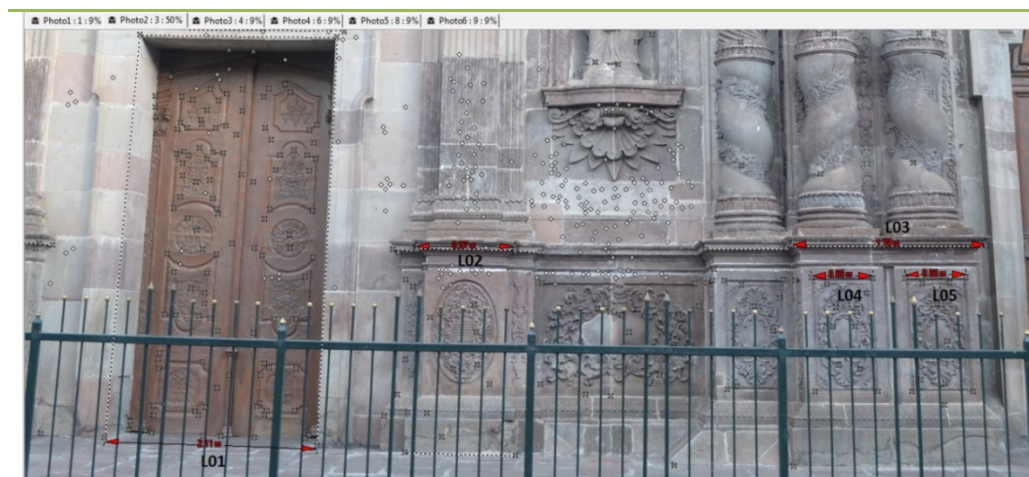


Figura 6.9. Distancias medidas con el Photomodeler Lado Izquierdo de la Fachada de la Compañía

Collaguazo Diana., 2013

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS GENERADOS



Figura 6.10. Distancias medidas con el Photometer Lado Derecho de la Fachada de la Compañía

Collaguazo Diana., 2013

6.5.1.2. Análisis Estadístico Descriptivo del Photometer vs Flexómetro

6.5.1.2.1. Tablas Estadísticas descriptivas: D2-D1 (cm)

Tabla 6.2. Estadística descriptiva generada con MINITAB 15

Variable	Media	Media del Error estándar	Desv.Est.	varianza	Suma de Cuadrados	Mínimos	Mediana	N
D2-D1 (cm)	0,44	0,0806	0,2547	0,0649	2,5200	0,0000	0,500	10
Variable	Máximo	Rango	Moda	N para moda	Sesgo	Coef.Var	Z	P
D2-D1 (cm)	1,000	1,000	0,5	5	0,70	57,89	-31,78	0,000
Variable	IC DE 95%							
D2-D1 (cm)	0,2821	0,5979						

Collaguazo Diana., 2013

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS GENERADOS

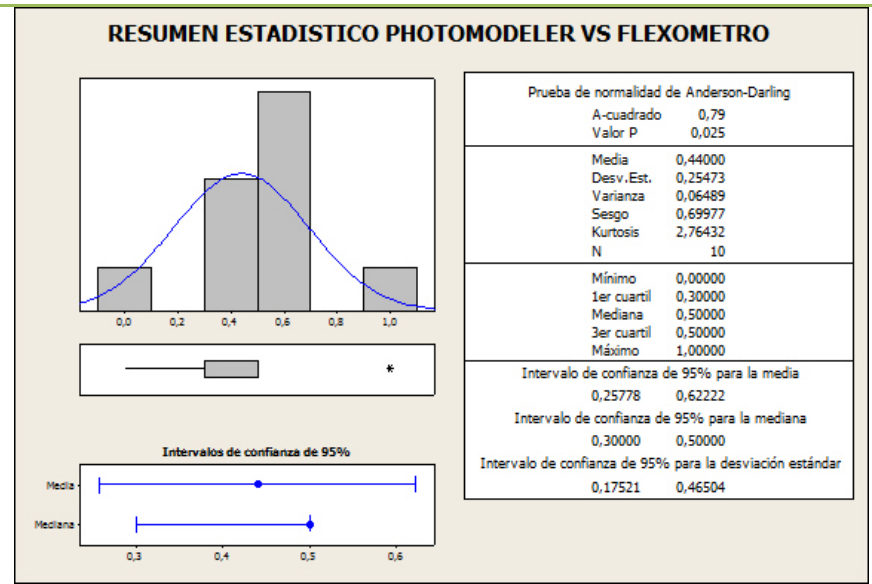


Figura 6.11. Resumen Estadístico Photometer vs Flexómetro con Software MINITAB 15

Collaguazo Diana., 2013

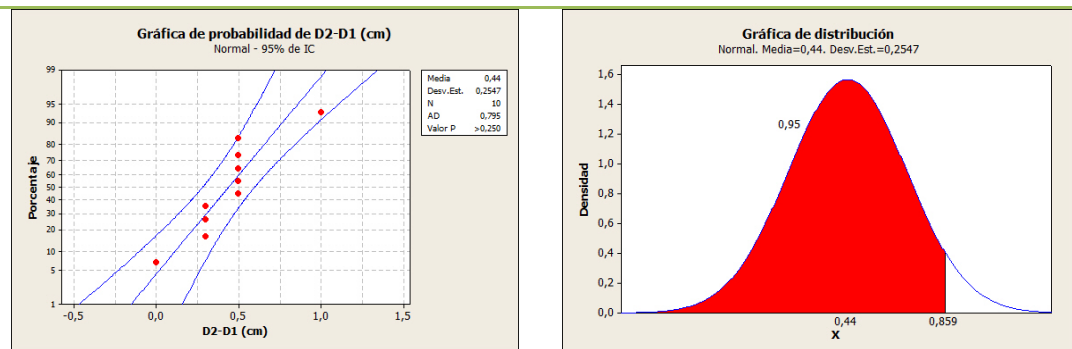


Figura 6.12. Intervalo de Confianza dentro del rango establecido con Software MINITAB 15

Collaguazo Diana., 2013

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS GENERADOS

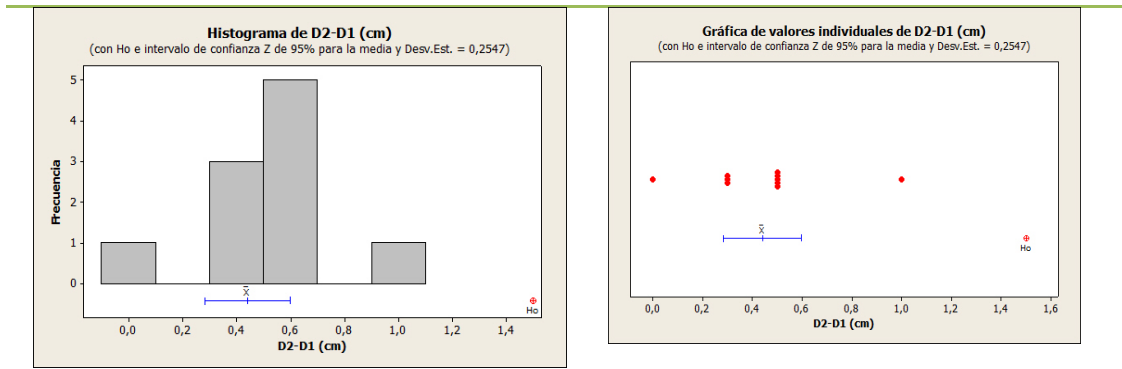


Figura 6.13. Prueba de Hipótesis Nula aprobada con Software MINITAB 15

Collaguazo Diana., 2013

En el análisis estadístico los datos están relacionados en un 95% del intervalo de confianza, entre las muestras del modelo generado y la distancia medida en campo, tomando como error los +/- 1,5cm según lo establecido anteriormente, por lo tanto se observa que los valores del sistema han logrado superar la prueba de hipótesis nula.

La Matriz varianza covarianza del modelo compañía sería la siguiente:

$$\begin{aligned}
 \text{MVC} = \Sigma_X &= \begin{vmatrix} \sigma_{dx}^2 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_{dy}^2 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_{dz}^2 \end{vmatrix} \\
 \text{MVC} = \Sigma_X &= \begin{vmatrix} 0,00764^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0,0147^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0,00705^2 \end{vmatrix}
 \end{aligned}$$

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS GENERADOS

La prueba de hipótesis plantada:

$$H_0 = \varepsilon_L \leq \pm 1.5 \text{ cm}$$

$$H_1 = \varepsilon_L > \pm 1.5 \text{ cm}$$

Los resultados dados por el programa es el máximo residual medido de manera horizontal es el error lineal el mismo que es de 0.0103 metros. Ver ANEXO V (reporte de los ajustes de los modelos).

La matriz varianza covarianza los resultados de los puntos están dentro del mismo rango establecido, lo cual quiere decir que se encuentra dentro de lo establecido haciendo que se cumpla la prueba de hipótesis nula y se acepte.

6.5.2. Mampara de la Iglesia El Sagrario

Las distancias tomadas en campo como las estimadas en el software Photomodeler fueron de la parte baja de la Mampara dando como resultado lo siguiente:

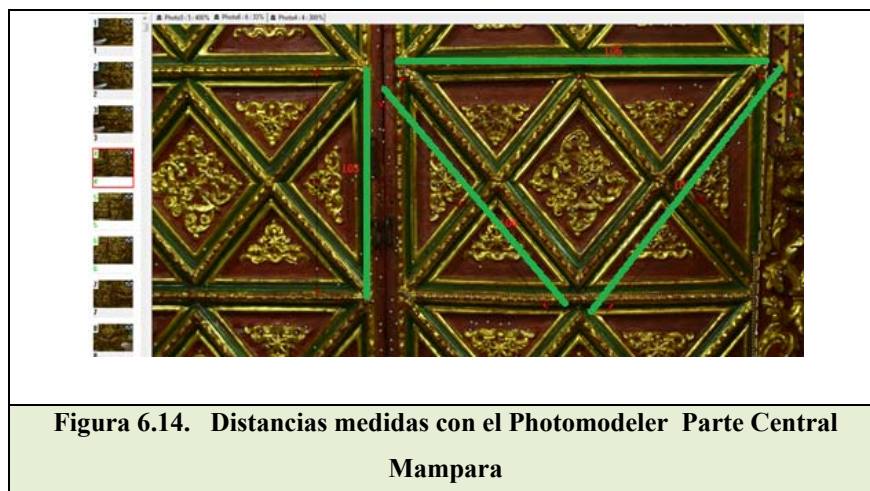
Tabla 6.3 Comparación de distancias entre Photomodeler Scanner y Flexómetro

DISTANCIAS FACHADA DE LA MAMPARA DEL SAGRARIO			
DISTANCIAS	PHOTOMODELER SCANNER (D1)mts	FLEXÓMETRO (D2) mts	D2-D1 (mts)
L01	1,02	1,025	0,005
L02	0,62	0,63	0,01
L03	0,75	0,76	0,01
L04	0,93	0,935	0,005

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS GENERADOS

L05	0,98	0,985	0,005
L06	1,33	1,33	0
L07	0,24	0,248	0,008
L08	1,03	1,04	0,01

Collaguazo Diana., 2013



CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS GENERADOS

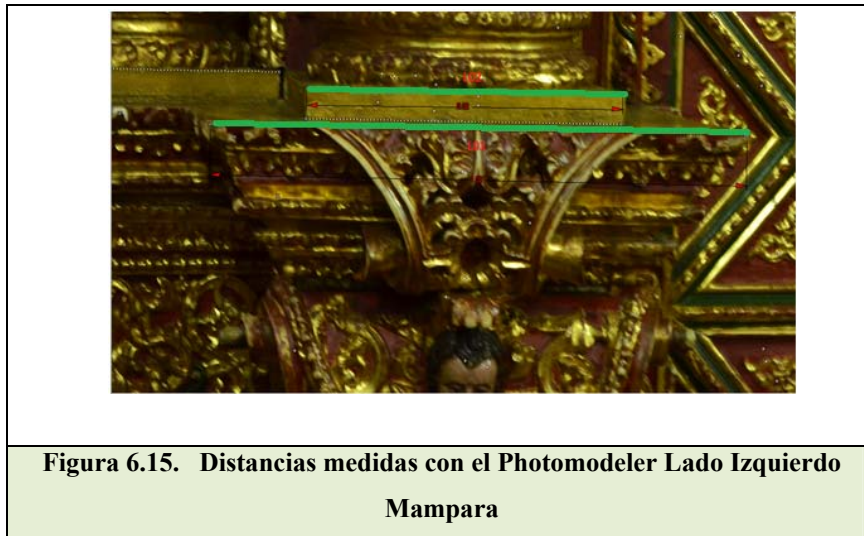


Figura 6.15. Distancias medidas con el Photomodeler Lado Izquierdo Mampara

Collaguazo Diana., 2013

6.5.2.1. Análisis descriptivo del Photomodeler vs Flexómetro

6.5.2.1.1. Tablas Estadísticas D2-D1 (cm)

Tabla 6.4. Estadística descriptiva generada con MINITAB 15

Variable	Media	Media del Error estándar	Desv.Est.	varianza	Suma de Cuadrados	Mínimos	Mediana	N
D2-D1 (cm)	0,663	0,125	0,354	0,126	2,52	0,0000	0,5	10
Variable	Máximo	Rango	Moda	N para moda	Sesgo	Coef.Var	Z	P
D2-D1 (cm)	1,0000	1,0000	0,5 . 1	3	-0,80	53,48	-6.69	0,000
Variable	IC DE 68%							
D2-D1 (cm)	0,,538	0,787						

Collaguazo Diana., 2013

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS GENERADOS

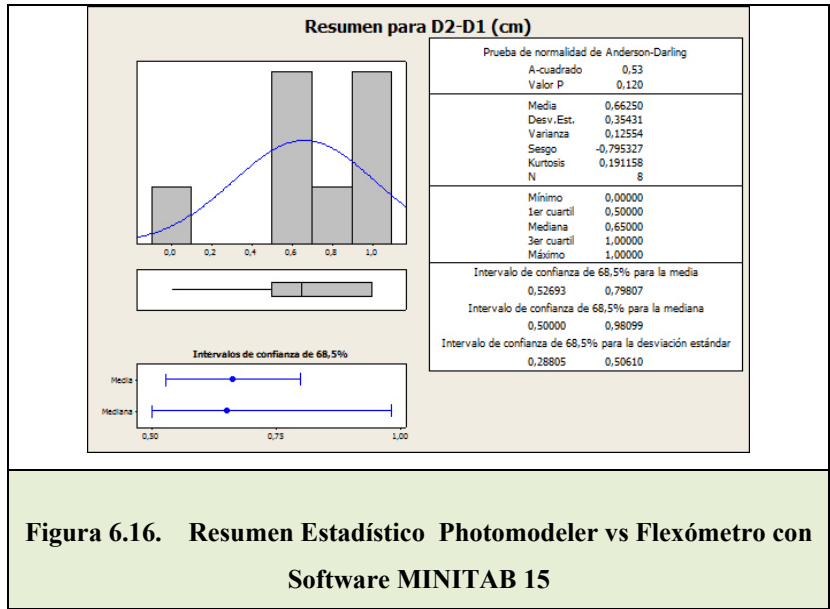


Figura 6.16. Resumen Estadístico Photomodeler vs Flexómetro con Software MINITAB 15

Collaguazo Diana., 2013

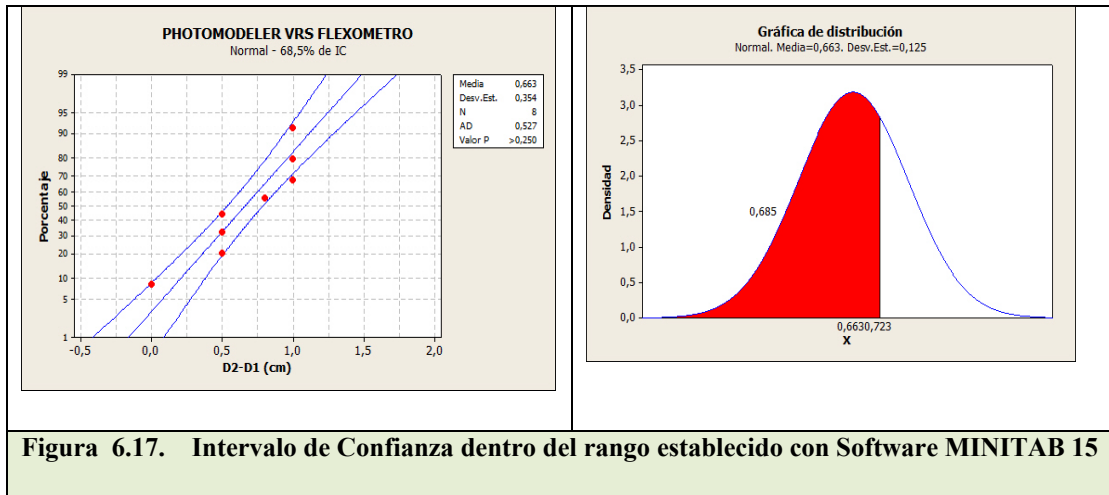
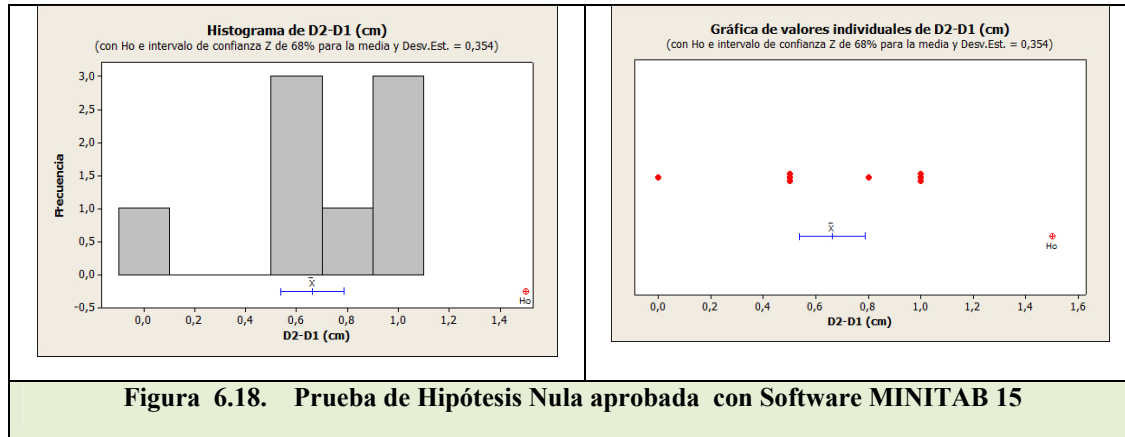


Figura 6.17. Intervalo de Confianza dentro del rango establecido con Software MINITAB 15

Collaguazo Diana., 2013

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS GENERADOS



Collaguazo Diana., 2013

Las medidas tomadas en el modelo están dentro de una de las hipótesis establecidas.

$$H_0 = \varepsilon_L \leq \pm 1.5cm$$

$$H_1 = \varepsilon_L > \pm 1.5cm$$

El error lineal máximo calculado por Photomodeler Scanner (maximum vector length) es de 0.00670 metros, como se indica en el ANEXO 5(reporte de ajustes de los modelos).

Si se toma como muestra la primera hipótesis esta va a cumplir por estar dentro del rango de tolerancia permitido a una sigma, por lo tanto la hipótesis nula se acepta y la hipótesis uno se rechaza.

Para formar la matriz varianza covarianza se toma los valores máximos de aquel punto que tiene más error lineal. La Matriz varianza covarianza del modelo la Mampara de la Iglesia Sagrario, es decir los errores de X_c , Y_c , Z_c , sería la siguiente:

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS GENERADOS

$$\text{MVC} = \Sigma_X = \begin{vmatrix} \sigma_{dx}^2 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_{dy}^2 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_{dz}^2 \end{vmatrix}$$

$$\text{MVC} = \Sigma_X = \begin{vmatrix} 0,00669^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0,00235^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0,00673^2 \end{vmatrix}$$

Los valores generados tanto para x , y , z están dentro de los 1,5cm como se plantió en:

$$H_0 = \varepsilon_L \leq \pm 1.5 \text{ cm}$$

6.5.3. Parte baja del Monumento a La Libertad (León)

Para este objeto se realizó tres proyectos que abarcan la parte frontal, parte posterior, y vista lateral. Las medidas fueron estimadas con el software PhotoModeler y el flexómetro. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 6.5 Comparación de distancias entre Photomodeler Scanner y Flexómetro

DISTANCIAS	DISTANCIAS DEL MONUMENTO DEL LEÓN		
	PHOTOMODELER SCANNER (D1)cm	FLEXÓMETRO (D2)cm	D2-D1 (cm)
L01	119	120	1
L02	15	15,5	0,5
L03	27	28	1

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS GENERADOS

L04	51	50,3	-0,7
L06	12	12	0
L07	13	14	1
L08	24	25	1
L09	6	6	0
L10	32	31,5	-0,5
L11	37	38	1

Collaguazo Diana., 2013

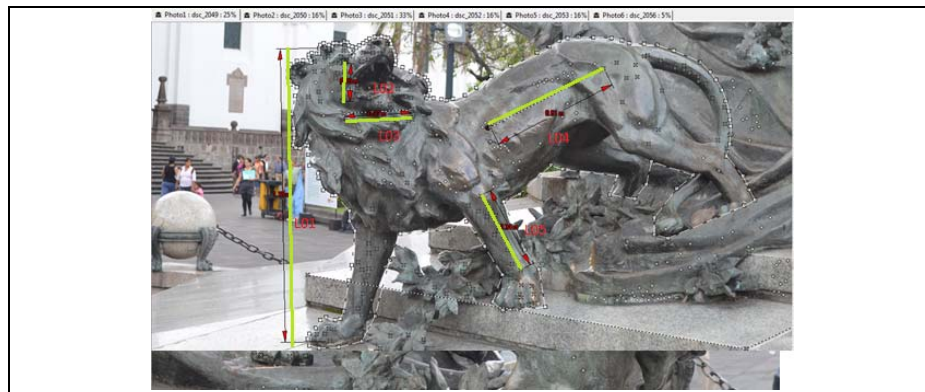


Figura. 6.19. Distancias medidas con el Photodeler Vista Frontal

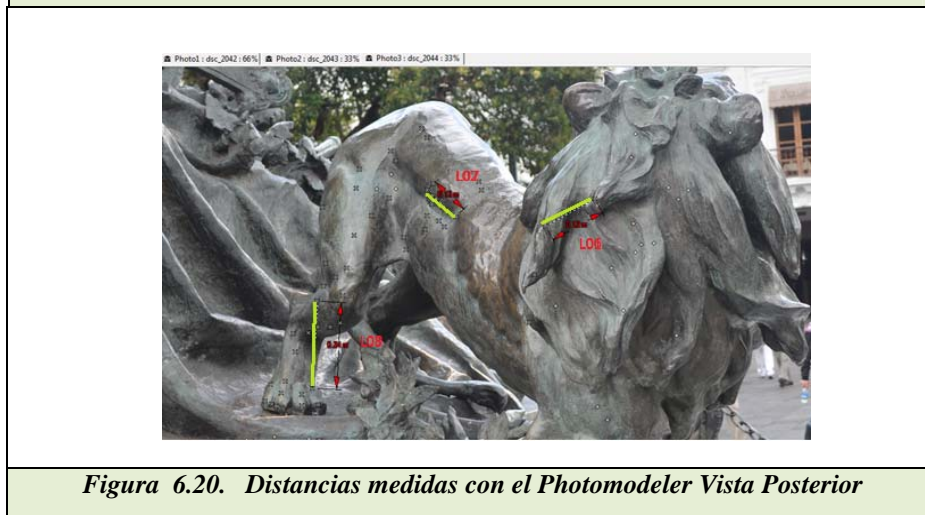


Figura 6.20. Distancias medidas con el Photodeler Vista Posterior

Collaguazo Diana., 2013

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS GENERADOS



Figura 6.21. Distancias medidas con el Photomodeler Vista Lateral

Collaguazo Diana., 2013

6.5.3.1. Análisis descriptivo del Photomodeler vs Flexómetro

6.5.3.1.1. Tablas Estadísticas medidas D2-D1 (cm)

Tabla 6.6. Estadística descriptiva generada con MINITAB 15

Variable	Media	Media del Error estándar	Desv.Est.	varianza	Suma de Cuadrados	Mínimos	Mediana	N
D2-D1 (cm)	0,430	0,215	0,678	0,460	5,990	-0,7000	0,750	10

Variable	Máximo	Rango	Moda	N para moda	Sesgo	Coef.Var	Z	P
D2-D1 (cm)	1,000	3,700	1	3	-0,66	157,75	-2,66	0,008

Variable	IC DE 68,5%	
D2-D1 (cm)	0,215	0,645

Collaguazo Diana., 2012

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS GENERADOS

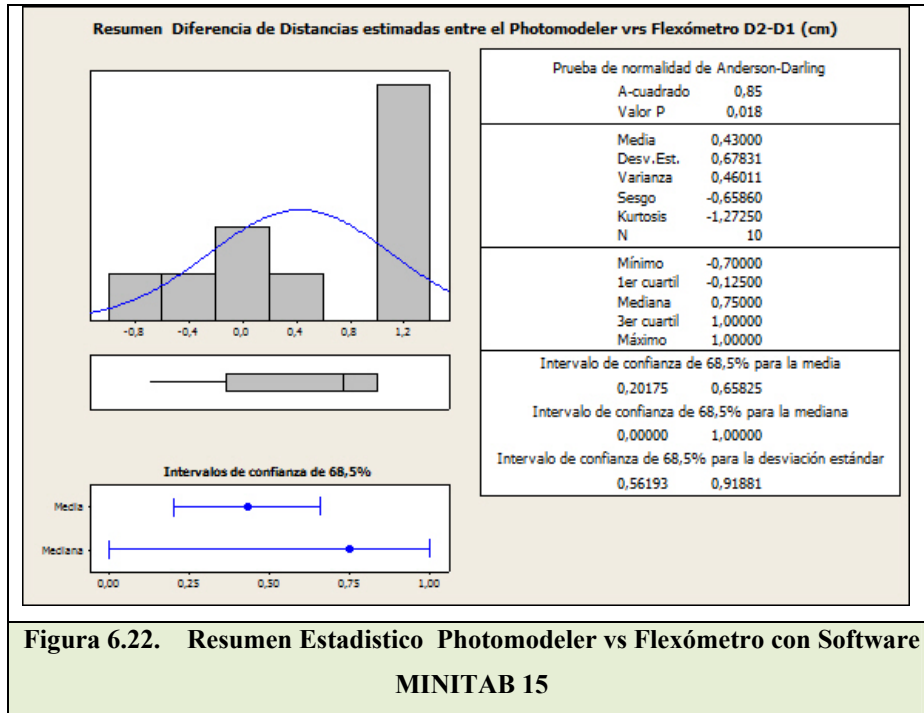


Figura 6.22. Resumen Estadístico Photomodeler vs Flexómetro con Software MINITAB 15

Collaguazo Diana., 2013

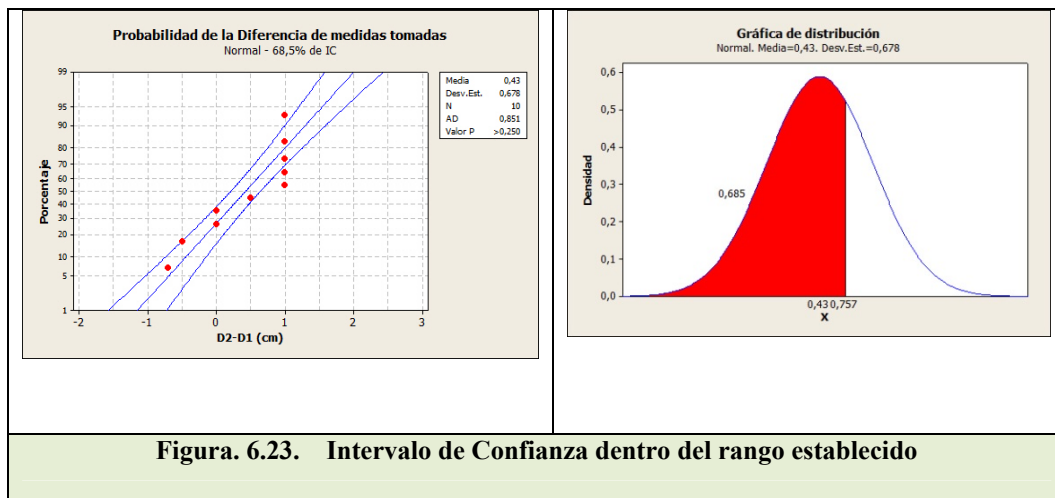
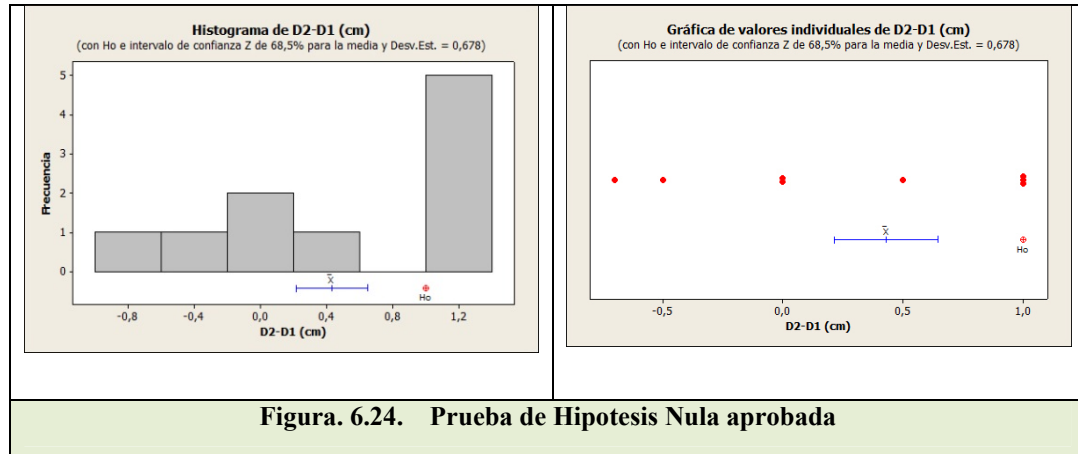


Figura. 6.23. Intervalo de Confianza dentro del rango establecido

Collaguazo Diana., 2013

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS GENERADOS



Collaguazo Diana., 2013

En el caso del León la relación que existe con el modelo generado en 3D es más notorio, porque las fotos fueron tomadas con una focal de 35mm. Ver ANEXO I (Calibración de cámara). Pero de igual manera genera un vector máximo de error lineal 1.014 centímetros, a diferencia de los dos modelos anteriores este error es menor, consecuentemente cumple con la hipótesis nula que es:

$$H_0 = \varepsilon_L \leq \pm 1cm$$

Por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa. El nivel de confianza que se tiene es del 68,5% trabajado con una sigma, el mismo indica que se encuentra dentro del rango establecido.

La Matriz varianza covarianza del modelo del León sería la siguiente:

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS GENERADOS

$$\text{MVC} = \Sigma_X = \begin{vmatrix} \sigma_{dx}^2 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_{dy}^2 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_{dz}^2 \end{vmatrix}$$

$$\text{MVC} = \Sigma_X = \begin{vmatrix} 1,01^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0,0833^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0,518^2 \end{vmatrix}$$

6.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS MODELOS GENERADOS CON EL ESCÁNER LASER

Se aplica la misma prueba de hipótesis para la Fachada de la Compañía y la Mampara del Sagrario.

$$H_0 = \varepsilon_L \leq \pm 1.5 \text{ cm}$$

$$H_1 = \varepsilon_L > \pm 1.5 \text{ cm}$$

Con la finalidad de saber si ambos modelos son capaces de cumplir con el rango establecido; +/- 1,5cm para el caso de la Compañía y de la Mampara con sus respectivos intervalos de confianza del 95% y del 68,5% para la restitución. Los dos modelos generados aplican la misma prueba de hipótesis para fines prácticos de estudio.

Los modelos son generados en ArcMap y sus respectivas medidas son tomadas dentro de este software, para saber cuál es la diferencia que existe entre este y las medidas tomadas en campo con el flexómetro. Tal y cual se lo realizo para calcular la diferencia de

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS GENERADOS

distancias generadas entre el Photomodeler Scanner y la apreciación de lectura del flexómetro.

Tabla 6.7. Comparación de distancias entre Scanner Laser y Flexómetro

DISTANCIAS DE LA FACHADA DE LA COMPAÑÍA			
DISTANCIAS	SCANNER LASER (D1)cm	FLEXÓMETRO (D2)cm	D2-D1 (cm)
L01	211	211,5	0,5
L02	96	97	1
L03	178	179	1
L04	57	56,5	-0,5
L05	57	56,3	-0,7
L06	179	180,5	1,5
L07	55	56,3	1,3
L08	210	209,5	-0,5
L09	95	95,5	0,5
L10	95	94,3	-0,7

Collaguazo Diana., 2013

6.6.1. Iglesia Compañía de Jesús

La siguiente tabla muestra las distancias medidas con el resultado de los puntos procesados de la base de datos del Escáner Laser con la estimada medida en campo con la ayuda del flexómetro.

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS GENERADOS

Estas distancias son apreciadas, depende de la lectura de medida que se dé a conocer de punto a punto, para la medición y de la perspectiva que se tenga.

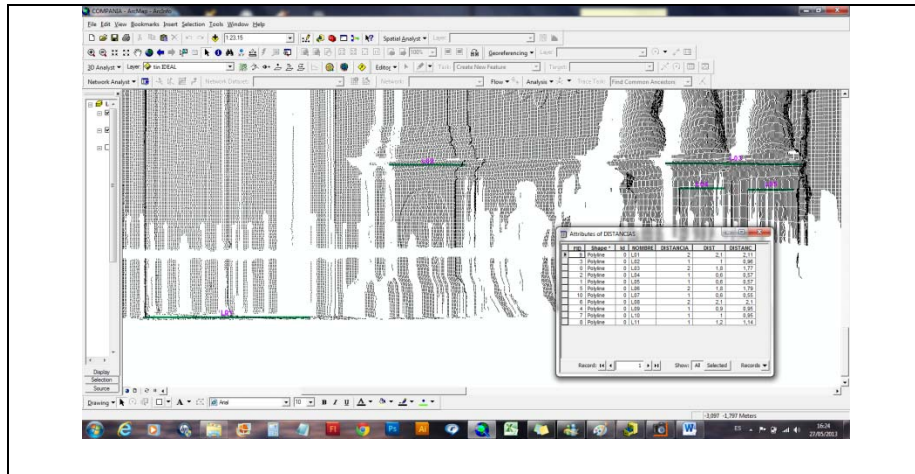


Figura. 6.25. Distancias medidas con el ArcMap Lado Izquierdo de la Compañía

Collaguazo Diana., 2013

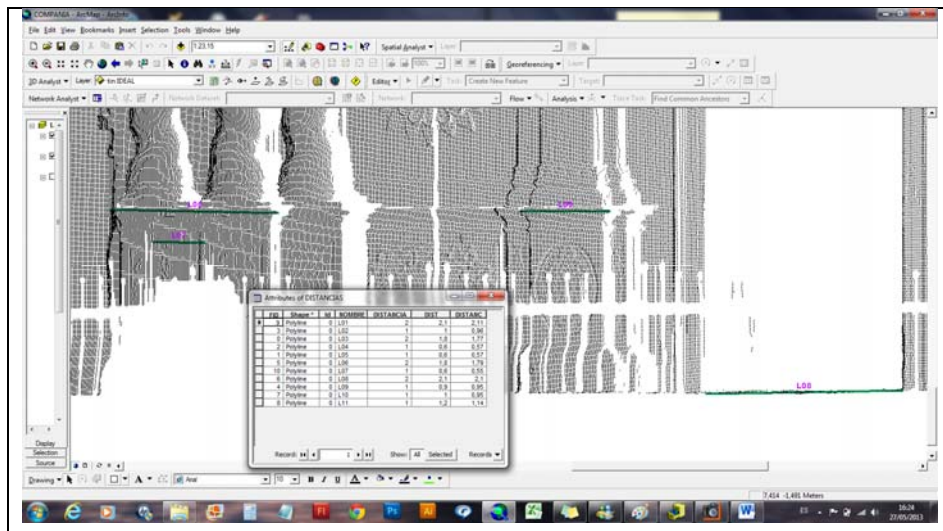


Figura. 6.26. Distancias medidas con el ArcMap Lado Central de la Compañía

Collaguazo Diana., 2013

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS GENERADOS

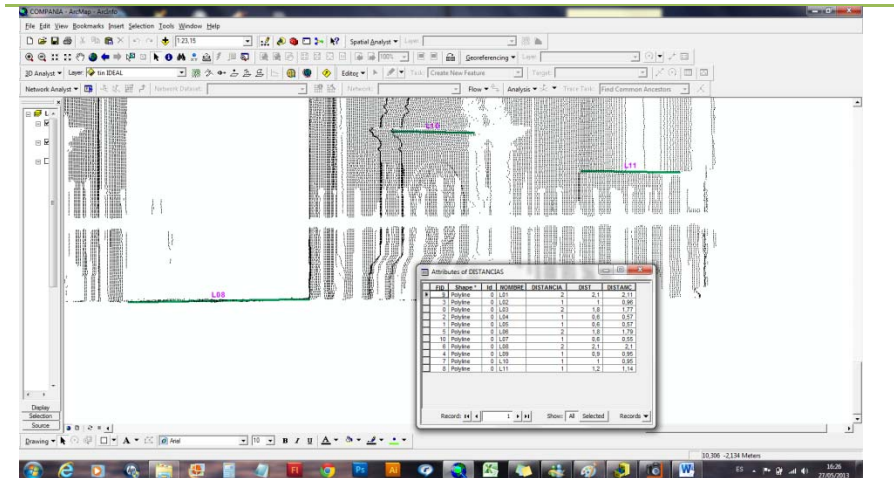


Fig. 6.27. Distancias medidas con el ArcMap Lado Derecho de la Compañía

Collaguazo Diana., 2013

6.6.1.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL SCANNER LASER VS FLEXÓMETRO

6.6.1.1.1. Tablas Estadísticas diferencia de medidas D2-D1 (cm)

Tabla 6.8. Estadística descriptiva generada con MINITAB 15 Fachada Compañía

Variable	Media	Media del Error estándar	Desv.Est.	varianza	Suma de Cuadrados	Mínimos	Mediana	N
D2-D1 (cm)	0,340	0,316	0,274	0,752	7,920	-0,7000	0,500	10

Variable	Máximo	Rango	Moda	N para moda	Sesgo	Coef.Var	Z	P
D2-D1 (cm)	1,500	2,200	0.5/1	2	-0,09	254,98	-4.23	0,000

Variable	IC DE 95%		Moda	
D2-D1 (cm)	-0,197	0,877	0,5	1

Collaguazo Diana., 2013

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS GENERADOS

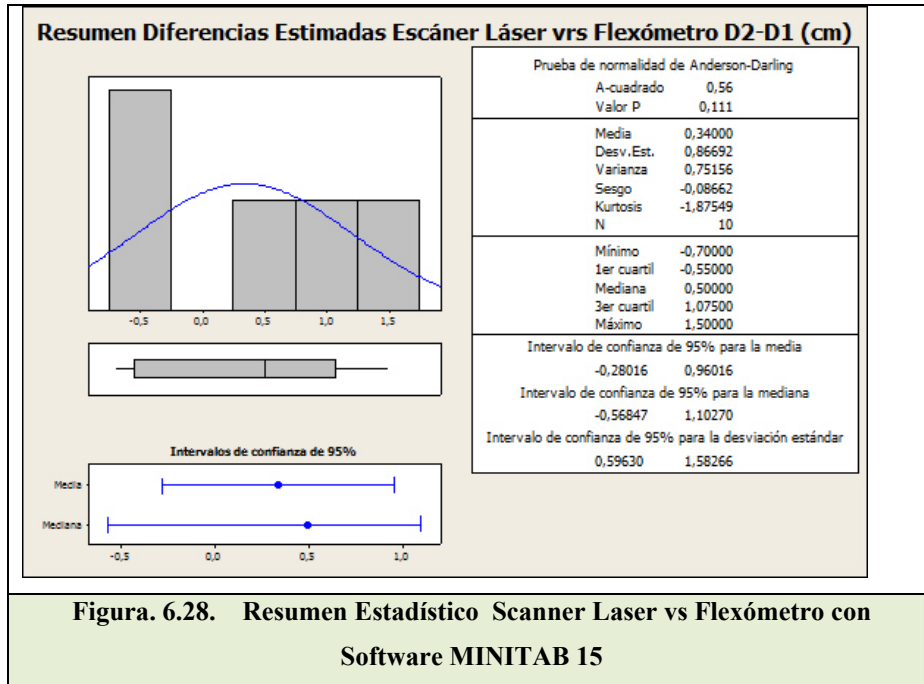


Figura. 6.28. Resumen Estadístico Scanner Laser vs Flexómetro con Software MINITAB 15

Collaguazo Diana., 2013

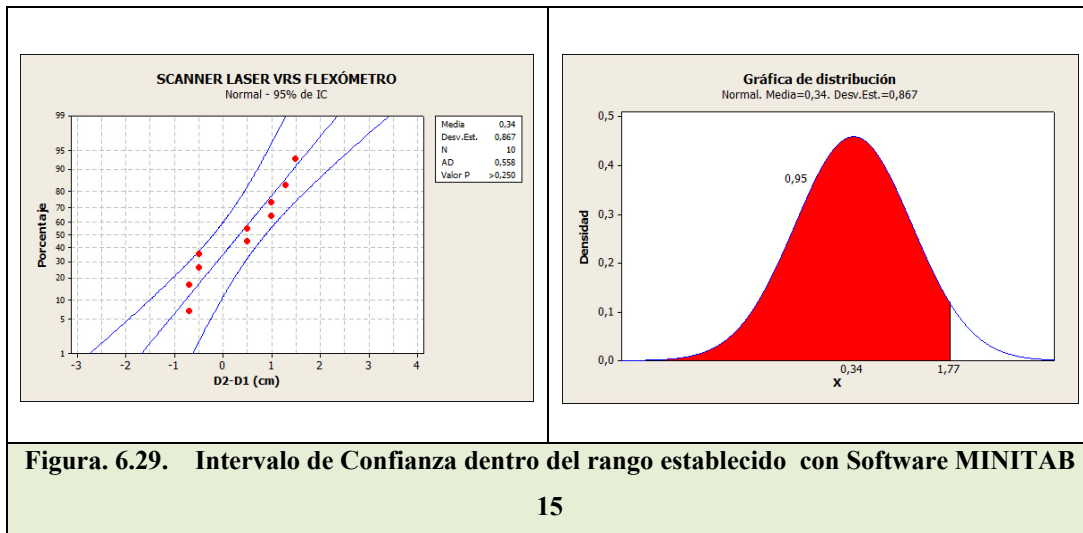
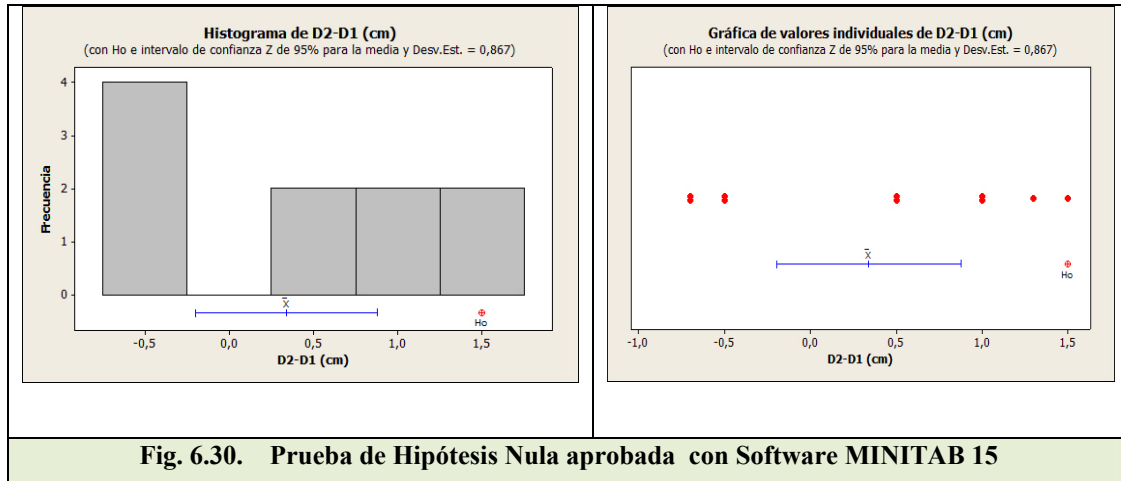


Figura. 6.29. Intervalo de Confianza dentro del rango establecido con Software MINITAB

15

Collaguazo Diana., 2013

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS GENERADOS



Collaguazo Diana., 2013

Para el modelo de la Compañía generado en ArcMap depende más del operario al momento de apreciar la medida e interpretar los puntos que deben ser la misma que se generó con el Photomodeler Scanner para dicha comprobación. Si se analiza la tabla de diferencia de distancia, tabla 6.1 y tabla 6.7, los valores estimados son parecidos en algunas medidas, pero sigue cumpliendo que se encuentre dentro de los 1,5 cm dados en la Hipótesis nula.

6.6.2. Mampara de la Iglesia El Sagrario

Los puntos de igual manera fueron medidos con la ayuda del ArcMap para obtener las distancias respectivas y poder sacar la diferencia que existe entre los dos métodos mencionados en capítulos anteriores. La tabla muestra los valores medidos en campo con la ayuda del flexómetro y la medida con el software.

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS GENERADOS

Tabla 6.9. Comparación de distancias entre Scanner Laser y Flexómetro

DISTANCIAS FACHADA DE LA MAMPARA DEL SAGRARIO			
DISTANCIAS	SCANNER LASER (D1)cm	FLEXÓMETRO (D2)cm	D2-D1 (cm)
L01	102	102,5	0,5
L02	62	63	1
L03	75	76	1
L04	93	93,5	0,5
L05	98	98,5	0,5
L06	133	133	0
L07	24	24,8	0,8
L08	103	104	1

Collaguazo Diana., 2013

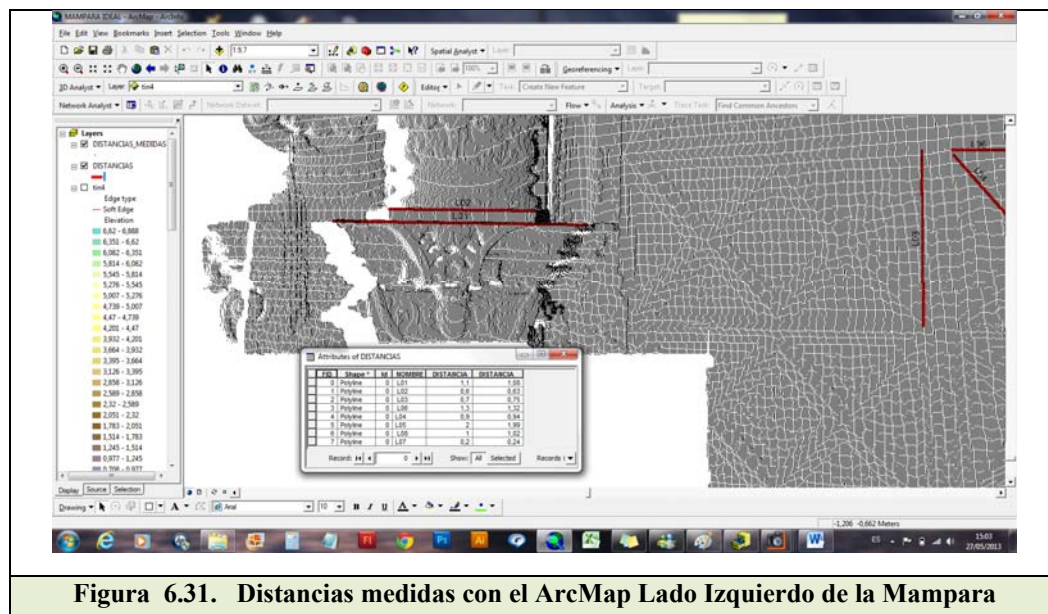


Figura 6.31. Distancias medidas con el ArcMap Lado Izquierdo de la Mampara

Collaguazo Diana., 2013

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS GENERADOS

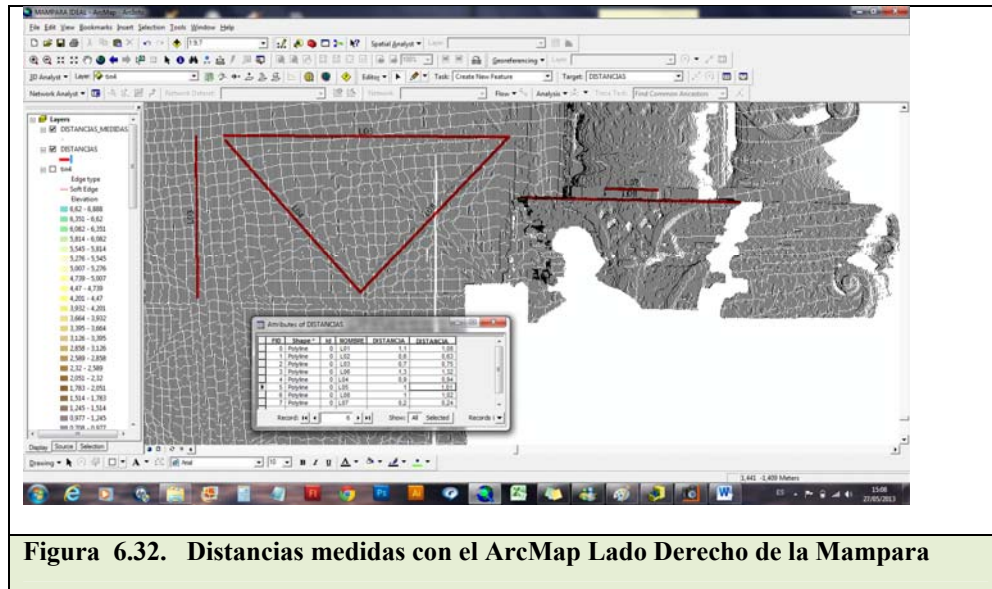


Figura 6.32. Distancias medidas con el ArcMap Lado Derecho de la Mampara

Collaguazo Diana., 2013

6.6.2.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL SCANNER LASER VS FLEXÓMETRO

6.6.2.2. Estadísticas descriptivas de la diferencia de distancias D2-D1 (cm)

Tabla 6.10. Estadística descriptiva generada con MINITAB 15 Mampara del Sagrario

Variable	Media	Media del Error estándar	Desv.Est.	varianza	Suma de Cuadrados	Mínimos	Mediana	N
D2-D1 (cm)	0,663	0,125	0,354	0,126	4,39	0,0000	0,65	8

Variable	Máximo	Rango	Moda	N para moda	Sesgo	Coef.Var	Z	P
D2-D1 (cm)	1,0000	1,0000	0,5 . 1	3	-0,80	53,48	-6,69	0,000

Variable	IC DE 68,5%	
D2-D1 (cm)	0,537	0,788

Collaguazo Diana., 2013

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS GENERADOS

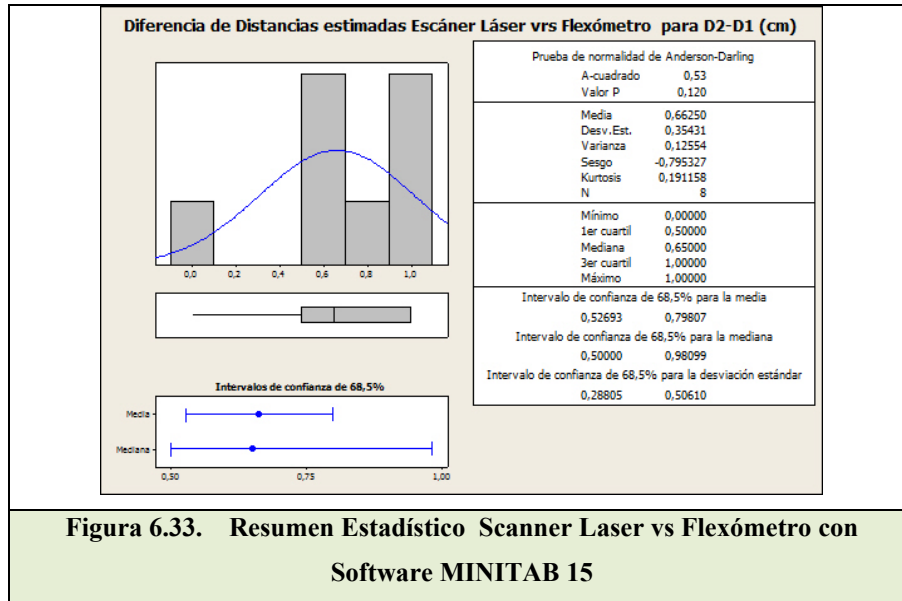


Figura 6.33. Resumen Estadístico Scanner Laser vs Flexómetro con Software MINITAB 15

Collaguazo Diana., 2013

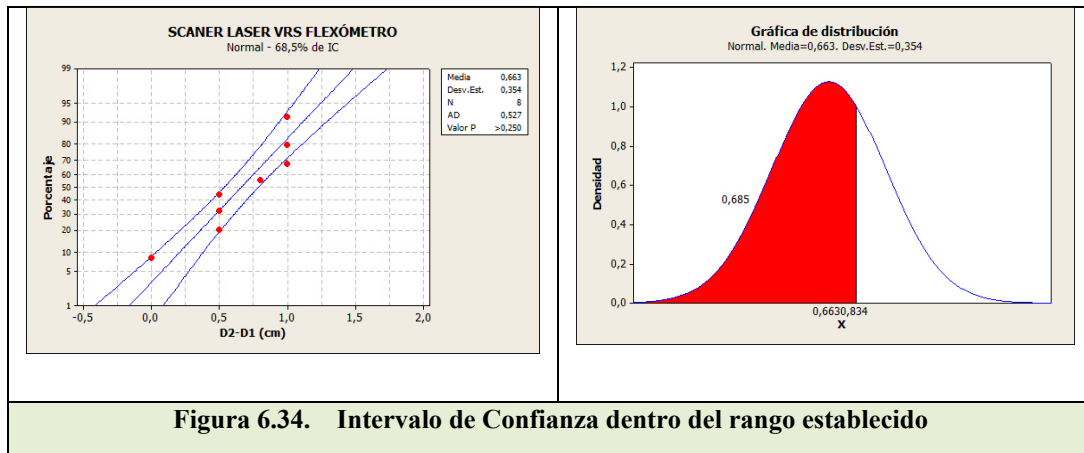
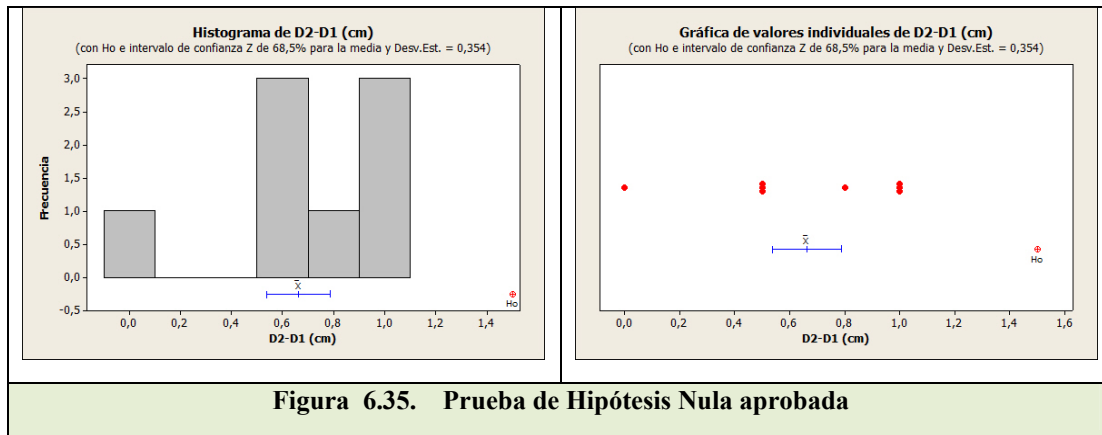


Figura 6.34. Intervalo de Confianza dentro del rango establecido

Collaguazo Diana., 2013

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS GENERADOS



Collaguazo Diana., 2013

El modelo generado en el ArcMap está dentro de los 1,5cm como base para que se cumpla la prueba de hipótesis nula y se rechace la alternativa. La escala del producto es de 1:50, por lo tanto cumple con lo establecido.

Si se compara las tablas 6.7 y 6.9 de las medidas estimadas tanto en campo como los obtenidos con el software se puede observar que sus lecturas son parecidas o se acercan, pero sin salirse del límite de tolerancia y del nivel de confianza del 95 % para la Compañía y del 68,5% para la Mampara.

6.7. RESULTADOS

En las tablas comparativas Tabla 10, de ambos sistemas medidos son similares tanto para el Photomodeler como para el Scanner Laser, se llega a demostrar que ambas cumplen con lo establecido dentro de la elipse de error si se compara, se observa que tienen analogías a pesar de no ser iguales y que se mantiene dentro del rango de

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS GENERADOS

tolerancia de +/-1,5cm de precisión, para fines de restauraciones arquitectónicas y escultóricas.

En el caso de la Compañía de Jesús el máximo error medido es de 1cm, esto se debe a la cantidad de fotos que y el área a ser restituida, a comparación de la Mampara, el error que da en este casos es de cero, porque el área es menor, cabe recalcar que el proceso de restitución depende 100% de la experiencia de quien lo realice.

Estos valores analizados anteriormente de los dos modelos mencionados son la diferencia que existe entre los dos métodos utilizados para la generación de los modelo en 3D en ambos casos.

Para los modelos fotogramétricos se utiliza pruebas estadísticas en el caso de posicionamiento de muestras independientes considerando que el rango de precisión es de 1,5 cm en una escala 1:100 al 95% de confianza; de 1,5cm a una escala 1:50 con un intervalo de confianza de 68,5%. Lo cual se llegó a cumplir la prueba de hipótesis establecida con anterioridad.

$$**H_0 = \varepsilon_L \leq \pm 1.5cm**$$

$$**H_1 = \varepsilon_L > \pm 1.5cm**$$

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS GENERADOS

Tabla 11. Comparación de distancias entre Scanner Laser y PhotoModeler Scanner

DISTANCIAS DE LA FACHADA DE LA COMPAÑÍA				DISTANCIAS DE LA FACHADA DE LA MAMPARA DEL SAGRARIO			
DISTANCIAS	SCANNER LASER (D1)cm	PHOTOMODELER SCANNER (D1)cm	D2-D1 (cm)	DISTANCIA	SCANNER LASER (D1)cm	PHOTOMODELER SCANNER (D1)cm	D2-D1 (cm)
L01	211	211	0	L01	102	102	0
L02	96	97	1	L02	62	62	0
L03	177	178	1	L03	75	75	0
L04	57	56	-1	L04	93	93	0
L05	57	56	-1	L05	98	98	0
L06	179	180	1	L06	133	133	0
L07	55	56	1	L07	24	24	0
L08	210	209	-1	L08	103	103	0
L09	95	95	0				
L10	95	94	-1				

El análisis estadístico esta dado de la siguiente manera para el modelo de la Compañía de Jesús.

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS GENERADOS

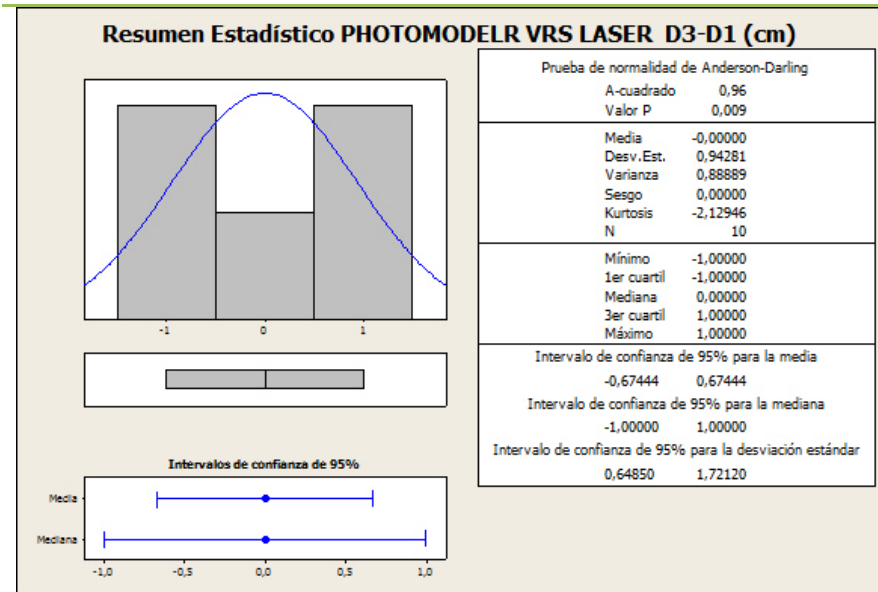


Figura. 6.35. Resumen Estadístico PhotoModeler vrs Scanner Laser

Collaguazo Diana., 2013

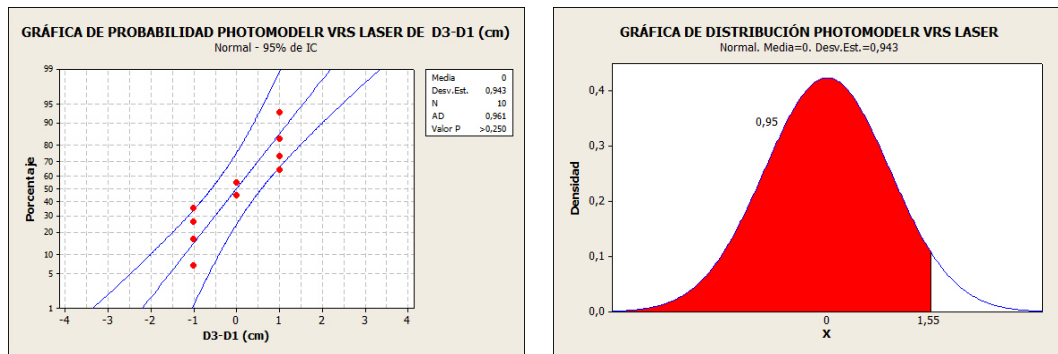
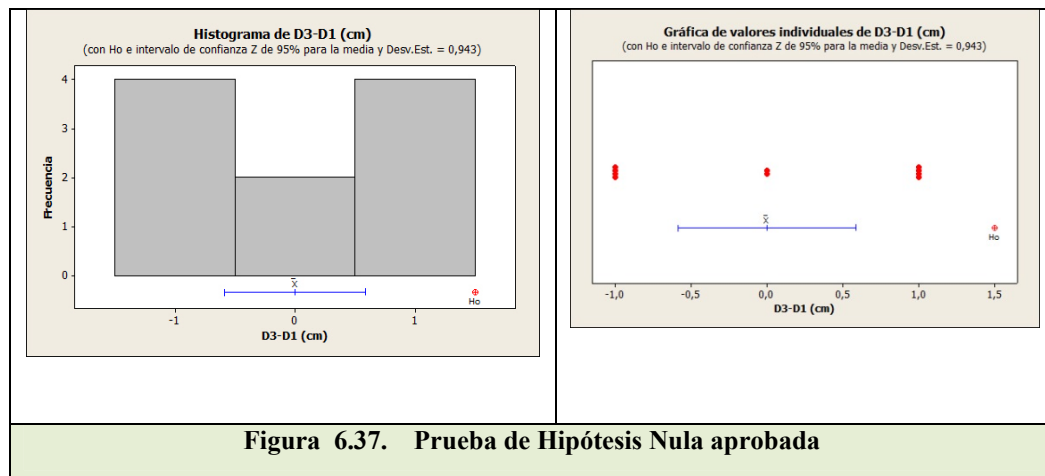


Figura 6.36. Intervalo de Confianza dentro del rango establecido

Collaguazo Diana., 2013

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS GENERADOS



Collaguazo Diana., 2013

Ahora si analizamos las tres mediadas establecidas siendo; la primera con el Escáner Laser, la segunda con el instrumento de medida el flexómetro y por último la del PhotoModeler Scanner se obtiene la siguiente tabla (tabla 11), la que muestra la diferencia de distancias de las medidas estimadas.

Tabla 12. Comparación de distancias entre Scanner Laser y PhotoModeler Scanner

DISTANCIAS DE LA FACHADA DE LA COMPAÑÍA				DIFERENCIA DE DISTANCIAS DE LOS MODELOS			
DISTANCIAS	SCANNER LASER (D1)cm	FLEXÓMETRO (D2)cm	PHOTODELER SCANNER (D3)cm	DISTANCIAS	D2-D1 (cm)	D2-D3 (cm)	D3-D1 (cm)
L01	211	211,5	211	L01	0,5	0,5	0
L02	96	97	97	L02	1	0	1
L03	178	179	178	L03	1	1	0
L04	57	56,5	56	L04	-0,5	0,5	-1
L05	57	56,3	56	L05	-0,7	0,3	-1
L06	179	180,5	180	L06	1,5	0,5	1
L07	55	56,3	56	L07	1,3	0,3	1
L08	210	209,5	209	L08	-0,5	0,5	-1
L09	95	95,5	95	L09	0,5	0,5	0
L10	95	94,3	94	L10	-0,7	0,3	-1

Collaguazo Diana., 2013

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS GENERADOS

El modelo generado en la Mampara de la Iglesia El Sagrario, dada en la tabla (tabla 12), si se compara los datos obtenidos entre los dos programas se observa que el valor es cero, lo cual quiere decir que la estimación de lectura dada es buena y por tanto entra dentro de la precisión establecida para el proyecto.

El proyecto generado no tiene fines catastrales su aplicación está ligada a restauraciones de tipo arquitectónico y escultórico, para tener una base de datos de aquellos lugares que de alguna forma son y serán Patrimonios de una ciudad.

De esta manera se cumple que el error mínimo establecido tiene que ser menor e igual a 3cm.

Tabla 13. Comparación de distancias entre Scanner Laser y PhotoModeler Scanner

DISTANCIA DE LA FACHADA DE LA MAMPARA DEL SAGRARIO				DIFERENCIA DE DISTANCIAS DE LOS MODELOS			
DISTAN CIA	SCANNER LASER (D1)cm	FLEXÓ METRO (D2)cm	PHOTOMODELER SCANNER (D1)cm	DISTANCIAS	D2-D1 (cm)	D2-D3 (cm)	D3-D1 (cm)
L01	102	102,5	102	L01	0,5	0,5	0
L02	62	63	62	L02	1	1	0
L03	75	76	75	L03	1	1	0
L04	93	93,5	93	L04	0,5	0,5	0
L05	98	98,5	98	L05	0,5	0,5	0
L06	133	133	133	L06	0	0	0
L07	24	24,8	24	L07	0,8	0,8	0
L08	103	104	103	L08	1	1	0

Collaguazo Diana., 2013

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS GENERADOS

La finalidad del proyecto es el análisis comparativo de ambos sistemas, en lo cual se demuestra que para fines de carácter de restauraciones es aplicable porque no entra mayor precisión

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

- El promedio del máximo residual de las estructuras restituidas con PhotoModeler fueron: en la Fachada de la Compañía de 0.335 píxel; de la Mampara de la Iglesia del Sagrario de 0.675 píxel; y del León de 0.401 píxel, lo que demuestra que el pinchado de puntos está dentro de los parámetros sugeridos por el software, menor a 1 píxel.
- La nube de puntos generados a partir de los modelos restituidos con PhotoModeler Scanner son similares a los producidos con el Escáner Laser, en cantidad y en precisión.
- Los ajustes de los modelos generados con el PhotoModelr Scanner están dentro del error permisible del software expresado en la matriz de residuales bajo los 3cm. Empleando puntos de control en el Modelo de la Compañía de Jesús se logró tener un mejor cierre para la geometría y georeferenciación de la misma.

- Para la presentación del modelo correspondiente al León el plano a escala 1:10, se utilizó el restituidor PhotoModeler y se exportó la textura a una plataforma GIS con soporte en 3D que es el ArcScene para su respectiva visualización.

- El plan de toma fotogramétrica de los tres modelos establecidos fueron de quince pares estereoscópicos para la Fachada de la Compañía de Jesús; seis pares para la Mampara del Sagrario, y de tres pares para el monumento del león, utilizando el método de panorama del anillo completo, para ello se establece que las fotos deben tener una secuencia que permita visualizar el traslapo para realizar la restitución digital de cada par fotogramétrico.

- Los modelos generados con el Photomodeler Scanner se forja con la nube de puntos que produce el programa al momento de mandar a texturar las respectivas perspectivas de cada modelo.

- El análisis comparativo de las precisiones de los tres modelos en la matriz varianza covarianza está dentro del rango de lo establecido en la prueba de hipótesis presentada.

- La selección de la cámara es de mucha importancia, si el modelo es demasiado complicado la resolución de la cámara debe ser buena y aconsejable con una focal de 15mm en adelante lo que permitirá que las fotos sean de mejor calidad.

- La nitidez con la que son tomadas las fotos es un factor a considerar porque de ello depende la triangulación que genera el PhotoModeler ya que dentro de este software existe un parámetro que controla la nitidez y el detalle de la malla resultante, una menor nitidez arroja como resultado una superficie aislada que captura detalles más grandes, pero descuida los detalles finos. Este ajuste genera un pequeño número de triángulos y se realiza de manera rápida. La nitidez alta resulta una superficie fuerte que captura detalles tanto gruesos como finos.

- Es de vital importancia colocar puntos de control para que el programa sepa dónde está establecido su eje principal es decir x, y, z, PhotoModeler trabaja con tres como mínimo, o se re escala con una distancia tomada que debe ser precisa y debe estar presente en todas las fotos posibles de lo que vaya a restituir.

- La nube de puntos generados por el Escáner Laser deben ser depurados correctamente quitando aquellos puntos que se encuentran fuera del área del objeto establecido, la triangulación resultante cumple el criterio de triángulo de Delaunay, que afirma que la circunferencia circunscrita de cada triángulo de la red no debe contener ningún vértice de otro triángulo. Si se cumple el criterio de Delaunay en todo el TIN, se maximizará el ángulo interior mínimo de todos los triángulos. El resultado es que los triángulos finos y largos se evitan en lo posible. Las aristas de los TIN forman facetas triangulares contiguas y no superpuestas que se pueden utilizar para capturar la posición de entidades lineales que juegan un papel importante en una superficie, como cadenas montañosas o arroyos dentro de los puntos generados y depurados.

- Las TIN se suelen utilizar para el modelado de alta precisión de áreas más pequeñas, como en aplicaciones de ingeniería, donde resultan útiles porque permiten realizar cálculos de área planimétrica, área de superficie y volumen.

- La precisión, entre otros factores, viene dado por la cámara fotográfica utilizada. A mayor resolución, mayor precisión.

- Se puede concluir que para obtener mayor cantidad de nube de puntos, de partes donde existen puntos ciegos o difíciles de acceder, la combinación de estrategias y de software para poder realizar un sinergismo de los sistemas como es la que brinda FARO, SCENE LT y el mismo PhotoModeler.

7.2. RECOMENDACIONES

- La forma de conseguir restituciones adecuadas es que el arco entre las posiciones extremas de la cámara sea de 90° o algo más. Si a este arco se baja, por ejemplo a 60° o 70° , en la nube de puntos se produce más errores los cuales se torna un poco complicado eliminarlos, y el proceso de nube de puntos es más lento, esto hace que se produzca cierto ruido, que aparece como una superficie abultadas, en lo que deberían ser superficies aproximadamente planas.
- Para la toma de fotografías se recomienda hacerlo con un trípode de tal manera que la cámara quede estática sin que produzca movimiento, para lo cual se debe utilizar un control remoto.
- Las fotografías deben ser consecutivas es decir que los puntos que se dese restituir deben estar en por lo menos dos fotografías, esto se debe a que las coordenadas x,y,z se calculan a partir de la intersección de los rayos de luz de dichos puntos hasta la película, de hecho para tener una mayor precisión es recomendable restituir los puntos en tres o más fotografías
- En lugares que son oscuros para el momento de tomar las fotografías es recomendable subir el ISO de la cámara a más de 400, esto garantizara que no se utilice el flash y por ende dañe las figuras que tienen pan de oro en especial las que se encuentran el iglesias o museos
- La toma y ajuste de puntos de control se recomienda realizarlos mediante procesos topográficos convencionales.

- Es de vital importancia que la calibración de la cámara tenga por lo menos más del 80% de convergencia para lo cual se recomienda tener una malla de calibración, acoplada a una superficie sin rugosidades e impresa en un material mate, ya que la incidencia de la luz sobre una superficie brillante, produce imágenes con luminosidades que dificultan la visualización de los puntos de control, disminuyendo la calidad del proceso.

- Es recomendable en el PhotoModeler al momento de pinchar los puntos que el residual RMS sea menor a 1 pixel, para que se pueda generar la nube de puntos, en áreas donde no se genera los puntos es necesario colocar más puntos homólogos para que se dé la triangulación adecuada.

- Es recomendable utilizar una computadora que tenga la unidad de procesamiento gráfico o GPU que es un coprocesador dedicado al procesamiento de gráficos e implementa ciertas operaciones gráficas llamadas primitivas optimizadas para el procesamiento gráfico 3D. Para evitar la pérdida de información al momento de darles texturas reales a los modelos.

- La falta de memoria gráfica y de un buen procesador no permite cargar el mayor número de fotografías que se necesitan para la restitución de los modelos en especial si estos modelos cuentan con detalles muy definidos y que necesitan cubrirlos por lo menos con 30 pares de fotos. Como es el caso de la Compañía de Jesús.

- Existen obstáculos al momento de la toma de fotografías en especial si se trata de fachadas o monumentos donde son prohibidas las fotos tal es el Caso de la

Mampara del Sagrario, que por ser una Iglesia muy visitada resulta difícil realizar la toma adecuada para tratar de cubrir toda la fachada.

- Al momento de la toma es recomendable hacer de dos alturas aplicando el método del anillo con altura. Siempre y cuando exista la forma de hacerlo. Esto va ser que se cubra el mayor detalle, no quede zonas muertas y se obtenga un mejor modelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ArcGIS Resource Center. (s.f.). Creación y análisis de superficies . Recuperado el 12 de Junio de 2013, de <http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html>

Autodesk. (s.f.). Tipos de software en restitucion 3D. Recuperado el 10 de Abril de 2013, de <http://docs.autodesk.com/CIV3D/2013/ESP/index.html?url=filesCUG/GUID-2FCAB455-B487-47AFFD3CAE28A233.htm,topicNumber=CUGd30e76496>.

Buchón, M., & J.L. (2005). La iglesia de la Compañía de Jesús. Recuperado el 2 de Febrero de 2013, de <http://clubdefotografia.net/la-dis/>

DMQ. (2000). Lugares históricos del Distrito Metropolitano de Quito. Recuperado el 2 de Febrero de 2012, de http://cvc.cervantes.es/artes/ciudades_patrimonio/quito/paseo/igl_sagrario.htm.

Dominguez.M & Collaguazo. E. (2011). Diseño e implementación de un Siatema Fotogramétrico Digital de Corto Alcance 3D. Sangolqui: Escuela Politécnica del Ejército.

Eos System Inc. (2008). Help File PhotoMdeler Pro 6. Recuperado el 10 de Nviembre de 2012, de <http://info.photomodeler.com>

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FARO. (2011). Aplicaciones y productos. Recuperado el 10 de Diciembre de 2012, de <http://www.faro.com/es-es/productos/topografia-3d/laser-scanner-faro-focus-3d/informacion-general>

Faro Scene. (2010). Manual de usuario. Recuperado el 20 de Enero de 2013, de http://www.faroscene_it_manual_en.pdf

Geodesyc. (2008). Institute of Geodesy and Photogrammetry. Recuperado el 18 de Enero de 2013, de <http://www.igp.ethz.ch>

Grupo de Investigación en Restauración Arquitectónica. (2010). Fotogrametría y Nube de Puntos Aplicados en la Documentación del Patrimonio Contruido. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Guano.F & Espín. M. (2012). Diseño de un Ambiente Virtual mediante Empleo De Procesos Fotogramétricos Terrestres De Corto Alcance, del Conjunto Arquitectónico de la ciudad de Conocoto. (Tesis de Pregrado). Sangolqui: Escuela Politécnica del Ejército.

Iglesia de la Compañía de Jesús. (2008). Recuperado el 5 de Enero de 2013, de <http://www.quito.com.ec/index.php/explora-y-disfruta/centro-historico/iglesias-y-conventos/iglesia-de-la-compania-en-quito-ecuador>.

Método para la toma de fotografías . (2010). Recuperado el 16 de Diciembre de 2012, de <http://clubdefotografia.net/la-dis/>.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Patrimonio, L. d. (2009). Grupo de Investigación en Patrimonio Construido-GPAC. Quito: UPV- EHU. Recuperado el 18 de Febrero de 2013

PhotoModeler . (2010). Nitidez e Interfaz de las fotos. Recuperado el 20 de Mayo de 2013, de <http://info.photomodeler.com>

PhotoModeler. (2010). Foro Abierto. Recuperado el 30 de Mayo de 2013, de <http://worldphotogrammetry.foroactivo.com/t41-estudio-fotogrametria-aerea-con-photomodeler-scanner>.

Photomodeler. (2013). Formas de Restituir Monumentos . Recuperado el 22 de Mayo de 2013, de http://www.info_photomodeler.com/index.html.

PhotoModeler. (s.f.). Aplicado a la Restitución Fotogramétrica. Recuperado el 29 de Diciembre de 2012, de <http://www.photomodeler.com/index.html>.

Pruebas estadísticas . (s.f.). Recuperado el 30 de Mayo de 2013, de <http://scientific-european-federation-osteopaths.org/es/prueba-estadisticas>.

Sociedades e Institutos de Fotogrametría. (s.f.). ISPRS (International Society of Photogrammetry and Remote Sensing. Recuperado el 20 de Febrero de 2013, de <http://www.isprs.org>.

University of Bonn . (s.f.). Institute of Photogrammetry. Recuperado el 18 de Enero de 2013, de <http://www.igp.ethz.ch>