

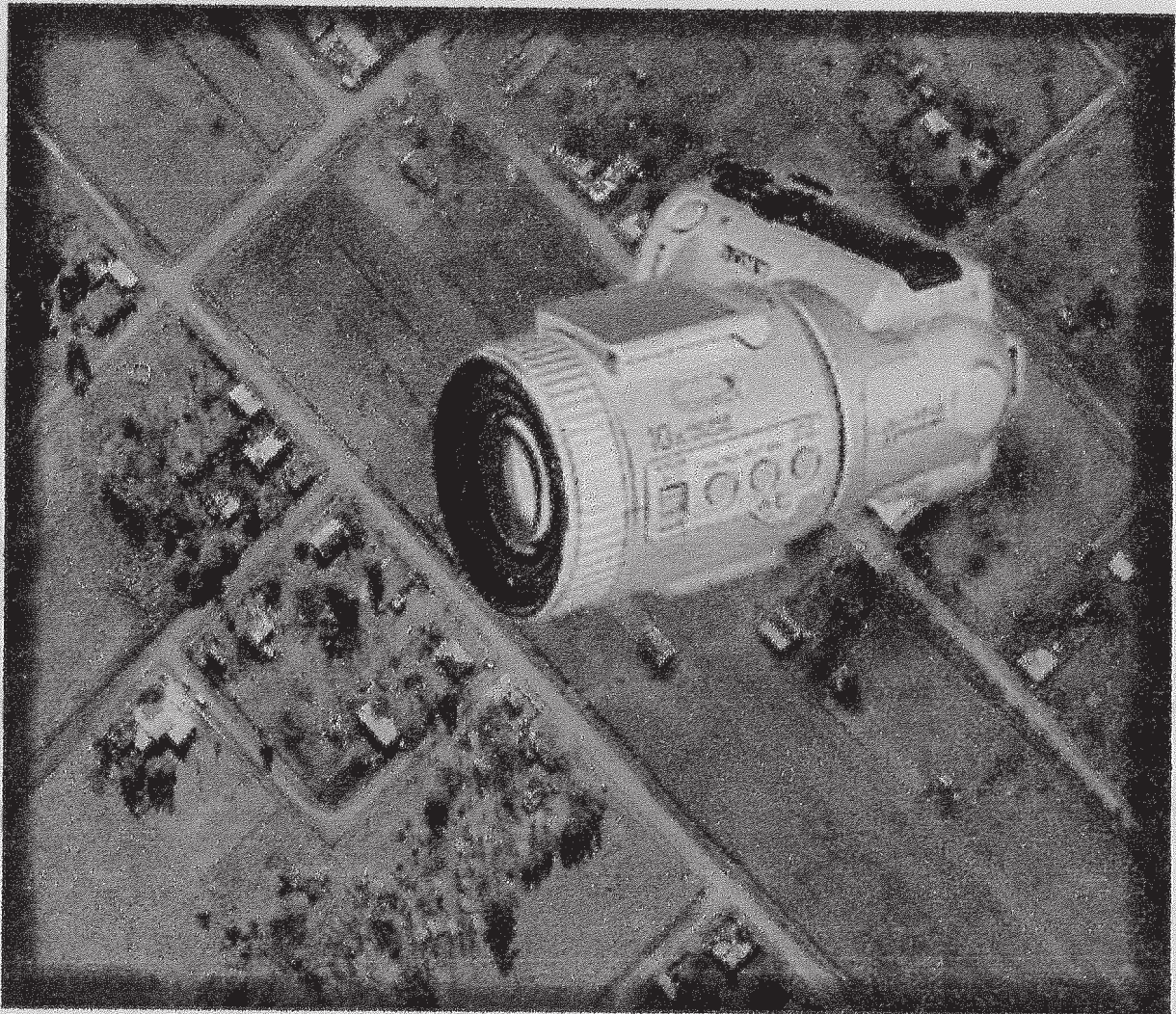
[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

Trabajo Final

[Handwritten signature]

**“ CONFECCION EXPERIMENTAL
DE UN MOSAICO REALIZADO A PARTIR
DE FOTOGRAFIAS AEREAS OBTENIDAS
MEDIANTE UNA CAMARA DIGITAL ”**



[Handwritten signature]

Septiembre de 2001

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

Trabajo Final

“ CONFECCION EXPERIMENTAL DE UN MOSAICO REALIZADO A PARTIR DE FOTOGRAFIAS AEREAS OBTENIDAS MEDIANTE UNA CAMARA DIGITAL”

ALUMNOS:

- Irene SOLTE WILDE, N° 45954.
- Leandro V. SOTO, N° 46301.
- Marcelo O. LOTO, N° 42679.

DIRECTOR:

- Agrimensor Antonio E. CHELI.

CODIRECTOR:

- Agrimensor Juan Carlos LAMBERT.

TF: 51

Indice

Notas de Presentación	11
Agradecimientos	18
Prólogo	19
Introducción	20
Capítulo 1: LA FOTOGRAFIA AEREA	22
1.1-Breve descripción de la fotografía aérea	23
Capítulo 2: LA CAMARA DIGITAL	25
2.1-Conocimiento sobre procesamiento digital de imágenes.	26
2.2-Recopilación de cámaras digitales existentes en el mercado.	29
2.3-Elección de la cámara a utilizar.	46
Capítulo 3: LA CALIBRACION DE LA CAMARA	48
3.1-Calibración de la Cámara Digital.	49
Capítulo 4: LA PLATAFORMA DE VUELO – LA ZONA A RELEVAR	63
4.1-Elección de la plataforma de vuelo.	64
4.2-Determinación de la zona a relevar.	66
Capítulo 5: EL MONTAJE DE LA CAMARA	69
5.1-Confección del montaje de la cámara y su sistema de nivelación .	70
5.2-Disparo automático.	73
Capítulo 6: LA PLANIFICACION DEL VUELO	77
6.1-Determinación de la distancia focal.	78
6.2-Planificación del vuelo fotogramétrico.	81
Capítulo 7: LA LEGISLACION	89
7.1-Legislación vigente acerca de los permisos de vuelo.	90
Capítulo 8: EL VUELO	97
8.1-Vuelo fotogramétrico.	98
Capítulo 9: LOS PUNTOS DE APOYO- LA GEORREFERENCIACION DE LAS IMÁGENES	99
9.1-Elección y medición post-vuelo de los puntos de apoyo.	100
9.2-Georreferenciación de las imágenes obtenidas con el ER-Mapper.	107
Capítulo 10: EL MOSAICO	110
10.1-Confección del Mosaico con el ER-Mapper.	112
Capítulo 11: LAS CONCLUSIONES	117
11.1-Determinación de la exactitud obtenida en el producto final.	118
11.2-Conclusiones finales.	122
Anexo 1: LINEA DE TIEMPO EN LA EVOLUCION DE LAS CAMARAS DIGITALES	124
Anexo 2: DESCRIPCION DE LOS SOFTWARE UTILIZADOS	136
Bibliografía	142

Reglamento para la ejecución del (347) TRABAJO FINAL de la carrera de GRIMENSURA, correspondiente al Plan de Estudios aprobado en 1988.

Universidad Nacional de La Plata

Facultad de Ingeniería

Departamento de Agrimensura

Carrera: 004 Agrimensura

(347) TRABAJO FINAL, Aprobado por Resolución N° de fecha / /2000.

Capítulo 1. DEFINICIONES

Artículo 1º. Objetivo del Trabajo Final

Se trata de un trabajo que tendrá el sentido de síntesis profesional, de investigación y/o desarrollo de un tema, encuadrado dentro del contenido curricular de las asignaturas que conforman el Plan de Estudios de la Carrera, debiendo referirse, en lo posible, a problemas originales dentro del ejercicio profesional. Es recomendable buscar la tendencia a desarrollarlo, aplicando innovaciones orientadas a optimizar los métodos e incorporar modalidades creativas, que faciliten la implementación de nuevos enfoques ampliatorios de las posibilidades eficientes, para la solución de los nuevos problemas que a diario se presentan.

No se podrá utilizar en su totalidad, un trabajo realizado con anterioridad por un profesional. La utilización parcial deberá ser consignada citando su origen.

Podrá utilizarse parcialmente un trabajo profesional en el que el alumno o grupo de alumnos tenga(n) participación activa, siempre y cuando el profesional resulte el Director o Codirector del mismo. En este caso, se consignarán detalladamente las tareas que el alumno o grupo de alumnos realiza en el desarrollo del trabajo profesional, así como el alcance de las mismas.

Igual temperamento se seguirá cuando se trate de un trabajo realizado en el marco de becas o pasantías, siempre que las mismas se hayan otorgado con fines de capacitación, formación y/o investigación y desarrollo.

Ante la posibilidad de utilizar el Trabajo Final como totalidad o parte de un trabajo profesional, el responsable de la Dirección del mismo, conjuntamente con el/los alumno(s) afectado(s) a su realización, deberán solicitar la correspondiente autorización a la Autoridad Departamental, quien iniciará los pasos administrativos para establecer, por las Autoridades de la Facultad, las condiciones necesarias para su autorización y el resarcimiento económico, si correspondiere, y la forma y modo de publicación del mismo.

Si el tema es desarrollado por un grupo de alumnos y su índole lo permite, podrá ser dividido en segmentos o áreas, de manera que cada integrante tendrá la función de ser quien se encarga funda

mentalmente de una de estas fases, desempeñándose como responsable principal de la misma. Esto no excluye que deba recibir la colaboración y orientación del resto del grupo. Además cada miembro del equipo deberá conocer obligatoriamente el trabajo en su totalidad, aunque

se haya especializado más en su área parcial, conociéndola con mayor profundidad que el resto, lo cual podrá evidenciarse en la exposición final.

Esta subdivisión, deberá especificarse en el inicio del proyecto, en el momento que se presenta el Plan de Trabajo para su aprobación.

Artículo 2º. Duración Prevista

La duración mínima prevista para la ejecución del trabajo será la siguiente:

Realización del trabajo:	Doscientas cuarenta (240) horas.
Conducción y revisión:	Sesenta (60) horas.
Carga horaria mínima total:	Trescientas (300) horas.

Las excepciones, a solicitud del(los) alumno(s) y avaladas por el Director, serán analizadas oportunamente por la cátedra de Trabajo Final.

Artículo 3º. Condiciones para la realización e inscripción.

Podrá(n) iniciar el Trabajo Final de la carrera de Agrimensura el(los) alumno(s) que, habiendo aprobado todas las asignaturas del Plan de Estudios hasta las del séptimo cuatrimestre inclusive, estén cursando asignaturas del octavo cuatrimestre. Podrán efectuarse excepciones a esta situación, en casos especiales, cuando medie un informe fundado de la Cátedra Trabajo Final y el mismo sea convalidado por las Autoridades Departamental y de la Facultad.

El(los) Alumno(s) podrá(n) realizar su inscripción en la materia Trabajo Final una vez aprobadas todas las asignaturas de su plan de estudios y dentro de los períodos de inscripción establecidos por las autoridades de la Facultad.

Artículo 4º. Director del Trabajo

El Director del Trabajo Final será propuesto por el(los) alumno(s), y será Profesor o Ex Profesor de alguna de las asignaturas de la carrera o de otras materias de carreras afines, quien en caso de aceptar, dará su conformidad por escrito.

También podrá proponerse como Director del Trabajo Final, a un profesional universitario que, aunque no siendo Profesor de la Facultad, haya tenido una destacada actuación en su especialidad o en el campo docente o de investigación o en otros ámbitos, especialmente en temas relacionados con el Trabajo a realizar por el(los) alumno(s) que lo proponga(n). En este caso, el Director propuesto deberá presentar, conjuntamente con su nota de aceptación, sus antecedentes en forma detallada e indicando los trabajos destacados que haya realizado.

Con acuerdo del Director, podrá ser propuesto un Codirector, quien deberá cumplir con los requisitos indicados en este artículo.

Artículo 5º. Plan de Trabajo

Junto con la propuesta del nombre del Director (y Codirector), y su(s) aceptación(es) de conformidad, el(los) alumno(s) deberá(n) presentar el PLAN DE TRABAJO, detallado y bien fundamentado, que contenga por lo menos:

5. 0. Título.
5. 1. Objetivos.
5. 2. Alcances.
5. 3. Fuente de datos iniciales.
5. 4. Ambito de realización.
5. 5. Metodología(s) a utilizar.
5. 6. Cronograma de ejecución, diferenciando las tareas de campaña y gabinete.
5. 7. Estimación de resultados finales y conclusiones a las que se pretende arribar.
5. 8. Especificar qué etapas serían de ejecución técnica y / o de investigación, si hubiere lugar a ello.
5. 9. Bibliografía estimada de consulta.
- 5.10. Información especializada que se prevé obtener de otras fuentes, especialistas, Internet, etc.
- 5.11. Instrumental y medios disponibles por parte del(los) alumno(s), y / o instituciones que los proporcionarían.
- 5.12. Instrumental y medios que solicitará, en préstamo, al Departamento de Agrimensura.

En todos los casos se deberá tratar el encuadramiento legal de la tarea a realizar, incluyendo, si correspondiere, los aspectos contractuales, la aplicación del arancel profesional y la determinación de los gastos que deberían acordarse con el comitente.

Cuando se trate de un grupo de alumnos, deberán detallarse las tareas que tendrán principalmente a su cargo cada uno de ellos, con la colaboración de los alumnos restantes y cuales serán ejecutadas en conjunto.

El Plan de Trabajo deberá presentarse avalado por el Director(y Codirector), quién(es) detallará(n), si correspondiera, las materias del 8º cuatrimestre que deberá(n) el(los) alumno(s) tener aprobadas o cursar simultáneamente con la realización del Trabajo Final; asimismo, aconsejará acerca de la cantidad de alumnos que, a su juicio, es conveniente que integre el grupo de trabajo.

Es aconsejable que la cantidad de alumnos, que forman dicho grupo, no supere el número de cuatro (4).

Capitulo 2. ACCIONES

Artículo 6º. Entrevistas previas

Para considerar el posible tema de trabajo y orientarse en la elección del Director (y Codirector, si fuera necesaria su designación), el(los) alumno(s) podrá(n) mantener entrevistas con el Profesor Titular de Trabajo Final, quien dará la orientación pertinente. Si fuera necesario, los mismos, podrán consultar al Jefe del Departamento de Agrimensura, solicitándole se analice la propuesta con el apoyo del Consejo Asesor Departamental, con el cual discernirá acerca de las ideas y justificaciones, relacionados a los temas que se podrían desarrollar.

También hará (n) lo propio con el Director (y Codirector), para definir el tema y formular el Plan de Trabajo, según los Artículos 1°, 2° y 5°.

Artículo 7°. Presentaciones

7. 1. El (los) alumno(s) presentará(n) ante el Profesor de Trabajo Final, su solicitud de iniciación del Trabajo Final de su carrera, la que deberá contener:

7.1.1. Título del Trabajo.

7.1.2. Cantidad de alumnos que lo ejecutarán.

7.1.3. Datos personales de cada uno (Apellido y nombres, número de alumno).

7.2. Constancia(s) de haber aprobado todas las asignaturas del Plan de Estudios hasta las del séptimo cuatrimestre inclusive, mediante certificado analítico otorgado por la Dirección de Enseñanza de la Facultad.

7.3. Plan de Trabajo, desarrollado según lo prescrito en el Artículo 5°, adicionando todos los datos especificados en este.

7.4. Nota firmada por el Director propuesto(y Codirector, si correspondiera), conteniendo:

7.4.1. Aceptación de la Dirección(y Codirección) del Trabajo Final y aval del Plan de Trabajo propuesto.

7.4.2. Cuando lo considere(n) necesario, el Director(y Codirector) efectuará(n) la recomendación sobre las asignaturas del 8° cuatrimestre que cada alumno deberá tener aprobadas o estar cursando simultáneamente con la ejecución del trabajo.

7.4.3. Opinión sobre la cantidad de alumnos que integran el grupo de trabajo, incluyendo su evaluación sobre la factibilidad del cumplimiento del Plan de Trabajo por parte de los mismos.

7.5. Copia del presente reglamento firmada por el(los) alumno(s) y el Director (y Codirector).

Artículo 8°. Tramitación General

Nota: Los plazos indicados en este reglamento se contarán en días corridos.

8.1. En los casos en que por su singularidad (excepciones, etc), según su criterio existieren circunstancias que lo requieran el Profesor de la Cátedra de Trabajo Final, enviará la solicitud presentada, al Jefe del Departamento de Agrimensura para su evaluación en el Consejo Asesor Departamental.

8.2. Cuando el (los) alumno (s) haya (n) previsto utilizar instrumental del Departamento de Agrimensura, el Jefe del mismo, estudiará la forma de facilitar dicho préstamo, sin afectar el normal desarrollo de las demás tareas docentes que requieran de su utilización. En esta instancia se evaluará también el costo de los seguros correspondientes al instrumental solicitado al Departamento, por el período que sea necesario para la realización del Trabajo Final y la forma de solventar los mismos.

8.3. El Jefe del Departamento de Agrimensura deberá expedirse acerca de la excepción elevada por el Profesor de Trabajo Final, y del préstamo de instrumental u otra petición especial, dentro de los siete (7) días, contados desde el día siguiente a su tratamiento en el Consejo Asesor Departamental.

8.4. En caso de rechazos, el Jefe de Departamento, y el Consejo Asesor Departamental, deberán fundamentar sus razones.

8.5. En el caso que la propuesta sobre el tema del Trabajo, resultara rechazada, el(los) alumno(s) deberá(n) presentar una nueva Propuesta que satisfaga las condiciones establecidas en este reglamento.

8.6. Cuando la propuesta sobre el tema del Trabajo Final, resulte Aprobada, el Profesor Titular de la Cátedra Trabajo Final comunicará al Sr Jefe de Departamento y por su intermedio al Consejo Asesor Departamental de tal circunstancia, indicando la fecha cierta del inicio de la tarea. El(los) alumnos(s), el Director(y Codirector) serán notificados por la Secretaría del Departamento de Agrimensura dentro de los siete (7) días, contados desde el día siguiente a su tratamiento en el Consejo Asesor Departamental.

Artículo 9º. Ejecución

9.1. Derechos y Obligaciones del(los) alumno(s).

9.1.1. La realización del Trabajo Final no implica la asistencia obligatoria del(los) alumno(s) a clase ni a reuniones de consulta, quedando bajo la responsabilidad de cada uno de los ellos, del Profesor Titular de Trabajo Final y del Director(y Codirector) el desarrollo del mismo. Para ello coordinarán, de común acuerdo, la forma de realizar las consultas o reuniones de trabajo que fueren necesarias.

9.1.2. Antes de retirar el instrumental solicitado en préstamo al Departamento de Agrimensura, el(los) alumno(s) deberá(n) presentar el recibo de pago de los seguros previstos en 8.2. (en el

caso de que se considerara necesaria, esta erogación por parte de ellos), los que deberán mantener su vigencia hasta la devolución del instrumental, a satisfacción del Jefe del Departamento.

9.1.3. El Trabajo Final estará compuesto por una monografía y los planos correspondientes. La monografía deberá estar escrita a máquina, en formato A4. Los planos y dibujos se efectuarán en tinta, en formato y escala normalizados y sobre el material que el(los) alumno(s) convenga(n) con el Profesor Titular de Trabajo Final y el Director(y Codirector).

9.1.4. Los originales de las láminas serán presentados por separado, en tubos o carpetas adecuadas para su conservación, o también con el plegado correcto e incluidos en la carpeta principal.

9.1.5. Cuando el Director (y Codirector) del Trabajo considere(n) que se han cumplido los objetivos propuestos y así lo avale(n) por escrito, el(los) alumno(s) presentará(n), en la Cátedra de Trabajo Final, tres(3) ejemplares de su Trabajo, incluyendo: monografía, copia de láminas, planillas, memorias de cálculo, fotogramas, documentación utilizada como antecedente, bibliografía que se haya utilizado, adicional a la presentada en el Plan de Tareas y toda otra documentación que forme parte del Trabajo. Los ejemplares deberán estar

encuadernados, foliados y firmados en todas sus hojas, por el (los) alumno (s). Se agregará un (1) ejemplar por cada alumno, el(los) que le(s) será(n) devuelto(s) luego de su aprobación.

9.1.6. Junto con la presentación indicada en 9.1.5., el o los alumnos integrantes del grupo de trabajo, podrá(n) solicitar, al Profesor de Trabajo Final, la constitución de la Comisión Examinadora, con una antelación mínima de treinta (30) días a la fecha de examen, quedando condicionada esta solicitud, a la inscripción en la materia Trabajo Final.

9.2. Derechos y Obligaciones del Director(y Codirector) del Trabajo

9.2.1. El Director (y Codirector) del Trabajo, a partir de notificarse de su designación en tal carácter, asume(n) la obligación de atender las consultas del(los) alumno(s), en las oportunidades que se convengan (9.1.1.) y durante los tiempos mínimos establecidos en el Artículo 2°.

9.2.2. El Director(y/o Codirector) podrá(n) renunciar a su tarea cuando el(los) alumno (s) que actúan bajo su dirección incurra(n) en reiterados incumplimientos de sus responsabilidades, informando de su decisión, al Profesor de Trabajo Final, situación que deberá(n) poner de manifiesto por escrito con los debidos fundamentos.

9.2.3. Cuando el(los) alumno(s) prolongare(n) la ejecución del Trabajo Final más allá del tiempo establecido, el Director (y/o Codirector) podrá(n) continuar o desistir de tal responsabilidad, informando de su decisión, por escrito, al Profesor de Trabajo Final.

9.2.4. El Director (y/o Codirector) podrá(n) renunciar a su tarea por razones no especificadas en 9.2.1. o 9.2.2. o por razones particulares, informando de su decisión por escrito, al Profesor de Trabajo Final, fundamentando los motivos de la misma. Esta renuncia será evaluada por la Cátedra de Trabajo Final, conjuntamente con el Jefe del Departamento y el Consejo Asesor Departamental.

9.2.5. El(los) alumno(s) podrá(n) solicitar al Profesor de Trabajo Final la destitución del Director(y/o Codirector), cuando incurra(n) en reiterados incumplimientos de sus responsabilidades; situación que deberá(n) poner de manifiesto por escrito con los debidos fundamentos. A su vez, esta solicitud será evaluada por la Cátedra de Trabajo Final, conjuntamente con el Jefe del Departamento y el Consejo Asesor Departamental.

9.2.6. En el caso que el Director (y/o Codirector) no continúe(n) en la Dirección del Trabajo Final, el(los) alumno(s) deberá(n) presentar un(los) reemplazante(s), quien(es) deberá(n) satisfacer las condiciones establecidas en este reglamento. Si esto sucediera, el nuevo Director(y/o Codirector) podrá(n) convalidar el Plan de Trabajo propuesto anteriormente o introducirle las modificaciones que considere(n) pertinentes, de común acuerdo con la Cátedra de Trabajo Final y con el(los) alumno(s). El Plan de Trabajo que resulte propuesto en esta nueva instancia, será evaluado bajo las mismas condiciones que fija este Reglamento.

9.2.7. Cumplido lo indicado en 9.2.6., el Profesor de Trabajo Final, conjuntamente con el Jefe del Departamento y el Consejo Asesor Departamental, deberá expedirse acerca de la nueva propuesta presentada por el(los) alumno(s), dentro de los plazos ya establecidos. Notificando a el(los) alumno(s), al Director(y/o Codirector) de la correspondiente aprobación.

9.2.8. A partir de la notificación indicada en 9.2.7., comenzará a transcurrir el eventual nuevo plazo de ejecución aprobado, si este se hubiera modificado.

Artículo 10°. Tramitación Final

10.1. Dentro de los siete (7) días de la presentación de 9.1.5 y 9.1.6 y completado el Trabajo Final, habiéndose cumplido con los objetivos y plazos propuestos, el Profesor de Trabajo Final, previa verificación de que los alumnos han aprobado todas las asignaturas del octavo cuatrimestre, informará al Jefe de Departamento y al Consejo Asesor Departamental el cumplimiento de todas las condiciones para constituir la Mesa Examinadora; para ello, sugerirá los nombres de los integrantes de la Comisión Examinadora, orientada a la evaluación de los alumnos, en relación con el tema del trabajo. El Jefe del Departamento, conjuntamente con el Consejo Asesor Departamental designarán dicha comisión examinadora, la que estará compuesta por el Profesor a cargo de la cátedra de Trabajo Final y por dos (2) Profesores de asignaturas de la Carrera que tengan afinidad con el tema del Trabajo a examinar. En caso de que el Profesor a cargo de la cátedra de Trabajo Final sea el director del trabajo, la mesa examinadora se integrará por tres (3) Profesores de asignaturas afines.

10.2. El Jefe de Departamento notificará a los Profesores integrantes de la Mesa Examinadora y al Director(y Codirector) del Trabajo Final la fecha, hora y lugar de su constitución. La fecha deberá ser coincidente con una de las fechas oficiales de examen fijados por la Facultad, salvo que se presenten impedimentos académicos o de fuerza mayor debidamente justificados, para fijarse otra distinta.

10.3. La cátedra de Trabajo Final entregará, con una antelación no menor a quince (15) días a la fecha del examen, un ejemplar del Trabajo, a cada uno de los Profesores designados para integrar la

Mesa Examinadora, adjuntando copia del Plan de Trabajos aprobado oportunamente y la nota del Director(y Codirector) avalando la terminación del Trabajo Final en tiempo y forma. En dicha nota deberá constar la opinión sobre el grado efectivo de participación de cada uno de los alumnos.

10.4. Constituida la Mesa Examinadora, el(los) alumno(s) deberá(n) efectuar, ante la misma, la exposición completa del Trabajo Final en su totalidad, defendiendo la tarea realizada y el cumplimiento de los objetivos propuestos. Si fueran varios los alumnos durante el desarrollo de la misma deberán indicar que tema parcial coordinó cada uno.

10.5. En todos los casos, el Director del Trabajo (y Codirector, si lo hubiere) deberá(n) estar presentes durante la exposición del(los) alumno(s), con voz pero sin voto. Solo se podrá contemplar su ausencia en casos de excepción debidamente justificados.

La Comisión Examinadora calificará a cada alumno como en un examen final, sujeta a las disposiciones vigentes al respecto en esta Facultad.

10.7. De existir observaciones al Trabajo Final por parte de los Profesores que integran la Comisión Examinadora, el(los) alumno(s) deberá(n) corregir, aclarar o ampliar las partes observadas, en todos los ejemplares, como requisito previo al traslado al Acta de Examen de la(s) calificación(es) obtenidas.

10.8. Si alguno de los alumnos resultara desaprobado, ausente o postergada su presentación, se procederá a dejar constancia en el Acta de Examen.

10.9. El original del Trabajo Final aprobado quedará incorporado a la Biblioteca del Departamento de Agrimensura, con la firma aclarada de los integrantes de la Comisión Examinadora. Una copia del Trabajo Final, en iguales condiciones que el original, será enviada a la Biblioteca Central de la Facultad. La otra copia, será entregada al Director del Trabajo Final (adicionando una mas para el codirector si lo hubiere).

10. 10. En caso de tres (3) aplazos, el(los) alumno(s) deberá(n) presentar un nuevo Plan de Trabajo, pudiendo proponer al mismo Director del Trabajo (y Codirector) o a un nuevo Director (y Codirector, si correspondiera), debiendo cumplirse obligatoriamente todas las prescripciones del presente Reglamento.

El presente Reglamento de (347) Trabajo Final, fue presentado por el Profesor Titular de la asignatura Trabajo Final y cuenta con dictamen favorable del Jefe de Departamento y del Consejo Asesor Departamental del Departamento de Agrimensura en su sesión del 16-12-00.

La Plata, 5 de marzo de 2001.-

Sr. Profesor
de la Cátedra 347-Trabajo Final
Ing. Oscar SCHVARZER
S _____ / _____ D

De nuestra mayor consideración:

Los abajo firmantes: Leandro Vicente SOTO (N° de alumno:46301), Irene SOLTE WILDE (N° de alumna:45954), Marcelo Osvaldo LOTO (N° de alumno:42679); tenemos el agrado de dirigirnos a Usted, a fin de solicitarle, la inscripción a la cátedra Trabajo Final.

El motivo de la presente es poder dar comienzo a nuestro trabajo, que lleva por nombre: “ Confección Experimental de un Mosaico realizado a partir de fotos aéreas obtenidas mediante una cámara digital”.

Cabe agregar que proponemos como Director al Agrimensor Antonio Ezio CHELI, y como Co-Director al Agrimensor Juan Carlos LAMBERT, ambos docentes de esta Facultad.

Sin otro particular, saludamos a Usted atentamente.

Leandro Vicente SOTO
N°46310

Irene SOLTE WILDE
N°45954

Marcelo Osvaldo LOTO
N°42679

La Plata, 5 de marzo de 2001.-

Sr. Profesor
de la Cátedra 347-Trabajo Final
Ing. Oscar SCHVARZER
S / D

De mi mayor consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a Usted con el fin de informarle mi aceptación como Director del Trabajo Final “ Confección Experimental de un Mosaico realizado a partir de fotos aéreas obtenidas mediante una cámara digital”, de los alumnos: Leandro Vicente SOTO, Irene SOLTE WILDE y Marcelo Osvaldo LOTO.

Leído y analizado el Plan de Trabajo presentado por los alumnos, estimo que el número de integrantes es satisfactorio para llevarlo a cabo, y les será posible concluir en tiempo y forma con el total de su propuesta.

Sin otro particular, saludo a Usted muy atentamente.

Agrimensor Antonio E. CHELI
Profesor Titular de las Cátedras
Fotogrametría I y II.

La Plata, 5 de marzo de 2001.-

Sr. Profesor
de la Cátedra 347-Trabajo Final
Ing. Oscar SCHVARZER
S / D

De mi mayor consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a Usted con el fin de informarle mi aceptación como Co-Director del Trabajo Final “ Confección Experimental de un Mosaico realizado a partir de fotos aéreas obtenidas mediante una cámara digital ”, de los alumnos: Leandro Vicente SOTO, Irene SOLTE WILDE y Marcelo Osvaldo LOTO.

Leído y analizado el Plan de Trabajo presentado por los alumnos, estimo que el número de integrantes es satisfactorio para llevarlo a cabo, y les será posible concluir en tiempo y forma con el total de su propuesta.

Sin otro particular, saludo a Usted muy atentamente.

Agrimensor Juan Carlos LAMBERT
Ayudante de las Cátedras Topografía I y II.

Planilla de datos para la inscripción o regularización en Trabajo Final

N°	Tipo de Datos	Descripción e Información	Obs.
1	Título:	“Confección experimental de un mosaico realizado a partir de fotografías aéreas obtenidas mediante una cámara digital”	
2	Alumnos Integrantes del Grupo:	3 (tres).	
3	Datos Personales de cada Miembro: (N y A, N° de Alumno)	-Marcelo Osvaldo LOTO (N°42679) -Irene SOLTE WILDE (N°45954) -Leandro Vicente SOTO (N°46301)	
4	Objetivos:	Evaluación de la eficiencia y exactitud de una cámara digital en la obtención de fotogramas. Determinación de la exactitud obtenida en el producto final. Comparación entre los resultados obtenidos y los esperados de métodos fotogramétricos tradicionales.	
5	Alcances:	Escala de trabajo: 1:2500. Construcción del mosaico a través de softwares existentes en el mercado. Zona de relevamiento: Oliden, partido de Coronel Brandsen (aprox. 110 ha.) Análisis de la confiabilidad del trabajo.	
6	Fuente de Datos Iniciales:	Fotografías obtenidas con cámaras digitales. Puntos visibles en el terreno, con coordenadas asignadas, que servirán de control para el mosaico. Características constructivas de la cámara. Datos técnicos de la plataforma aérea.	
7	Ambito de Realización:	Oliden, Partido de Coronel Brandsen.	
8	Metodología a Utilizar:	Planificación del vuelo para la obtención de resultados apropiados a través de las tomas fotográficas. Confección de un documento de prueba para determinar si la posición de algunos puntos se encuentra dentro de los límites de precisión esperados. Utilización del programa elegido para la obtención del documento final a efectos de determinar precisiones definitivas y un desvío estándar general que califique todo el procedimiento.	
9	Plan del Trabajo:	Conocimiento sobre procesamiento digital de imágenes. Recopilación de cámaras digitales existentes en el mercado. Elección de la cámara a utilizar. Determinación de la zona a relevar.	

		<p>Estudio de los softwares a utilizar. Planificación del vuelo fotogramétrico. Vuelo fotogramétrico. Elección y medición post-vuelo de los puntos de apoyo. Georreferenciación de las imágenes obtenidas y confección del Mosaico. Determinación de la exactitud obtenida en el producto final. Informe final.</p>	
10	Cronograma de Ejecución:	<p>Investigación sobre teoría de la imagen digital. Recopilación y elección de la cámara digital. (40 horas)</p> <p>Estudio de los software a utilizar. (65 horas)</p> <p>Estudio de la zona a relevar y planificación del vuelo. (30 horas)</p> <p>Vuelo fotogramétrico. (20 horas)</p> <p>Elección y medición de puntos de apoyo fotogramétricos. (60 horas)</p> <p>Confección del Mosaico. (50 horas)</p> <p>Determinación de la precisión obtenida en el producto final. (30 horas)</p> <p>Confección del Informe Final. (45 horas)</p> <p>Conducción y revisión. (60 horas)</p> <p>TOTAL: <u>400 horas</u></p>	
11	Clasificación de las Tareas: (Campana/Gabinete/Adicionales)	<p><u>Campana:</u> Estudio de la zona a relevar. Vuelo fotogramétrico. Apoyo fotogramétrico.</p> <p><u>Gabinete:</u> Conocimiento sobre procesamiento digital de imágenes. Recopilación de cámaras digitales existentes en el mercado. Elección de la cámara a utilizar. Estudio de los softwares a utilizar. Planificación del vuelo fotogramétrico. Elección y medición post-vuelo de los puntos de apoyo. Georreferenciación de las imágenes obtenidas y confección del Mosaico. Determinación de la exactitud obtenida en el producto</p>	

		final. Informe final.	
12	Estimación de los resultados a Obtener:	Se pretende determinar la exactitud de una cámara digital en la obtención de fotogramas.	
13	Conclusiones a Obtener:	Se obtendrá como conclusión la exactitud del método y sus posibles aplicaciones practicas.	
14	Clasificación de las Etapas: (ejecución técnica, investigación, recopilación de datos)	<u>Ejecución Técnica:</u> Elección de la cámara a utilizar. Determinación de la zona a relevar. Planificación del vuelo fotogramétrico. Vuelo fotogramétrico. Elección y medición post-vuelo de los puntos de apoyo. Georreferenciación de las imágenes obtenidas y confección del Mosaico. Determinación de la exactitud obtenida en el producto final. Informe final. <u>Investigación:</u> Conocimiento sobre procesamiento digital de imágenes. Recopilación de cámaras digitales existentes en el mercado. Estudio de los software a utilizar.	
15	Bibliografía de Consultas:	Small Format Aerial Photography. Photogrametric Engineering (A.S.P.) Manuales de los diferentes software. Publicaciones de Congresos realizados por la I.S.P.R.S.	
16	Información Especializada: (Especialistas, Internet, Mail)	Direcciones de Internet donde se obtuvieron información sobre cámaras digitales y programas existentes en el mercado. Datos técnicos solicitados al fabricante de la cámara.	
17	Instrumental y Medios: (Disponibles por parte de alumnos y/o Instituciones)	Cámara Digital . Software ERMapper, ENVI, Delta Station, Oziexplorer, Archis, V.S.D., Thiphon, etc. Computadora Portátil. Circuitos de control de servos. Ultraliviano. Navegador GPS.	
18	Instrumental y Medios: (a solicitar al Dto. de Agrim.)	Estación Total. G.P.S.	
19	Encuadramiento Legal: (si lo hubiere)	No corresponde.	
20	Aspectos Contractuales: (si los hubiere)	No corresponde.	
21	Aplicación del	A determinar una vez finalizado el trabajo.	

	Arancel Profesional: (si corresponde)		
22	Determinación de Gastos: (si corresponde)	A determinar una vez finalizado el trabajo.	
23	Aval del Director:	<u>Antonio Ezio CHELI</u>	
24	Aval del Codirector: (si lo hubiere)	<u>Juan Carlos LAMBERT</u>	
25	Observaciones del Director y/o Codirector:		
26	Tareas en las que se especializa C/Alumno:	Se determinaran en el transcurso del Trabajo.	
27	Trabajo de Alumnos o Incorporación a Tarea en Ejecución	No corresponde.	
28	Si Hubiera Incorporación a Tarea en Ejecución; Características: (autorización, modo de publicación, etc.)	No corresponde.	

FECHA DE INICIO: 05/03/01.

Prof. Ing. *Oscar N. Schvarzer*

Agradecimientos:

- Por la colaboración en el proceso de realización de nuestro Trabajo Final queremos agradecerle a los Agrimensores Antonio E. CHELI y Juan Carlos LAMBERT.
- Al señor Matías LANUSSE por su apoyo desinteresado en la realización del vuelo.
- Por poner a nuestra disposición equipos para las tareas de campo y gabinete, nuestros agradecimientos al Agrimensor Diego ZACCARDI, al Agrimensor Arturo CABRAL, y al Señor Elvio PEREZ.

Prólogo

El presente trabajo tiene por objeto acercar nuevas tecnologías a la vida cotidiana del Agrimensor, a partir de la aplicación de un proceso totalmente automatizado y mediante la utilización de nuevos instrumentos, no convencionales, en aplicaciones de incumbencia propia de la agrimensura.

La importancia del rápido avance tecnológico hace necesario estar al día con las nuevas innovaciones provistas por el mercado, que en materia digital presenta una aceptación considerable por su confiabilidad y rapidez en su manejo. Este motivo nos llevo a interesarnos en las **Cámaras Digitales**.

Una de las aplicaciones que nosotros buscamos como factible, es la posibilidad de relevar fotogramétricamente una extensión determinada de terreno y con ella realizar un Mosaico de características similares a los convencionales.

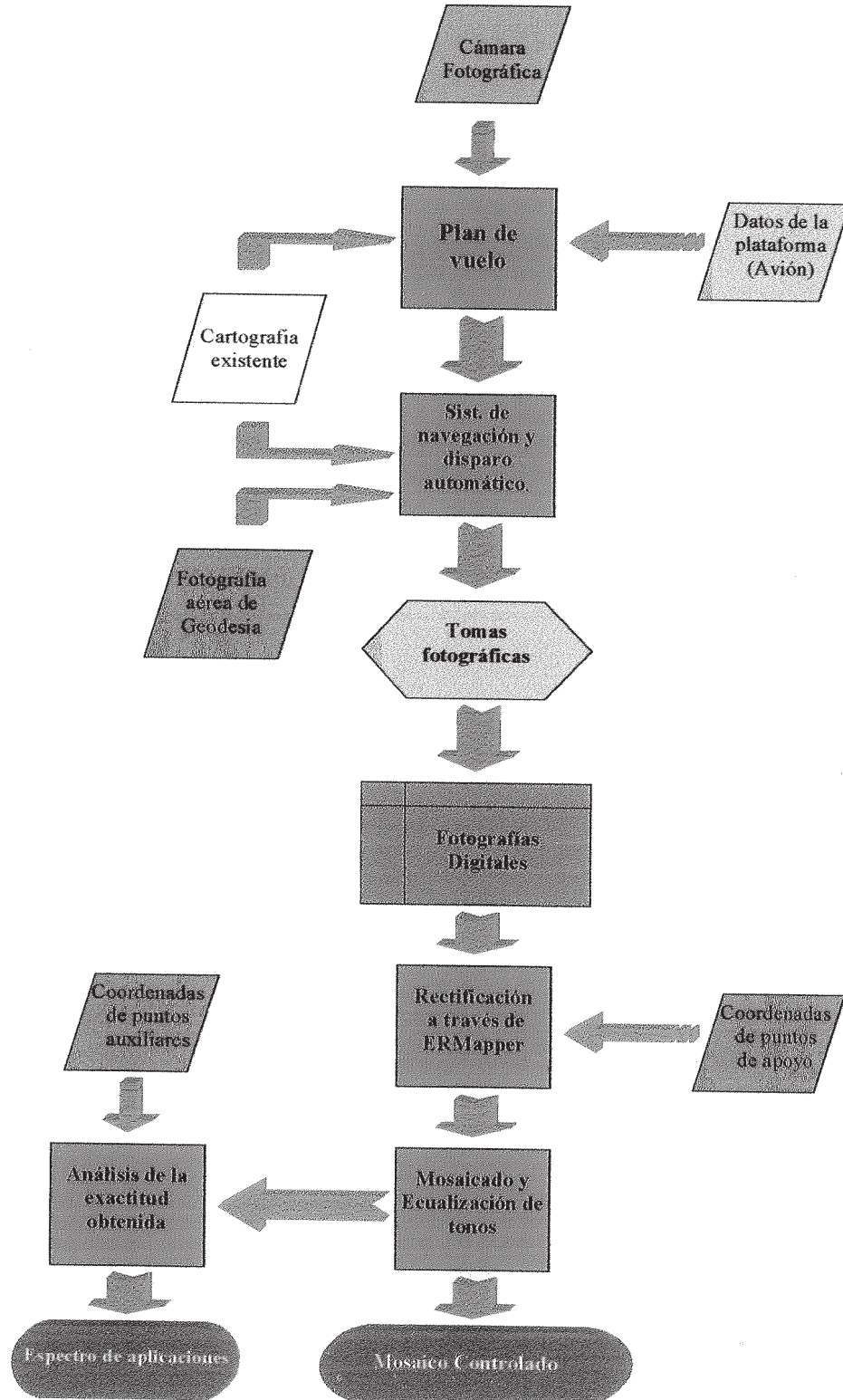
Todo lo antedicho, intenta hacer de este trabajo un aporte al avance de la Agrimensura de la mano de las nuevas tecnologías.

A continuación se desarrollara el trabajo elaborado y que lleva como nombre:
“ CONFECCION EXPERIMENTAL DE UN MOSAICO REALIZADO A PARTIR DE FOTOGRAFIAS AEREAS OBTENIDAS MEDIANTE UNA CAMARA DIGITAL”.

Introducción

El presente trabajo desarrolla la confección experimental de un mosaico realizado a partir de fotografías aéreas obtenidas mediante una cámara digital.

Esquemáticamente podemos visualizar el flujo de los datos y las distintas etapas de proceso en el siguiente gráfico:



Los primeros pasos en la confección de nuestro seminario se abocaron a la tarea de encontrar la cámara adecuada, sobre la base de los objetivos por nosotros planteados. Para ello se realizó una minuciosa búsqueda en páginas de Internet y comercios especializados, de los modelos existentes y se descartaron aquellos que no cumplieran con nuestros requisitos. La elegida fue la Sony DSC- F505V.

Una vez escogida la cámara, se seleccionó la plataforma de vuelo, dentro de las posibilidades a nuestro alcance; que finalmente se trató de un Ultraliviano monomotor biplaza, que pertenece al Aeródromo de Poblet. Esto conllevó la elección de un lugar de trabajo que fuera lo suficientemente cercano y poblado, condiciones que cumplía la localidad de Oriden.

El paso siguiente fue la confección del soporte que cargaría la cámara, compuesto de una caja de aleación de aluminio sujeto a un brazo de hierro, y todo ello, unido al avión por medio de una plancha de madera aferrada por abrazaderas. Además se construyeron los circuitos de disparo necesarios para activar la cámara.

A continuación se procedió a elaborar el plan de vuelo a utilizar, teniendo en cuenta la superficie a cubrir, la altura de vuelo, las características de la cámara y la velocidad del avión. Se exportaron estos datos a un programa de navegación, el Ozi-explorer, para lograr así orientar al piloto en la traza a seguir. Además esto sirvió para accionar automáticamente la cámara cada vez que pasase por los puntos obtenidos en la planificación del vuelo.

Cabe destacar que se estudió la reglamentación vigente referente a este tipo de vuelos, que arrojó como resultado incoherencias debido a la desactualización en lo que respecta a los equipos utilizados en el presente trabajo.

Para seguir con el trabajo, nos trasladamos al Aeródromo de Poblet para poner en marcha el vuelo fotogramétrico. Para realizar dicha tarea se montó la caja confeccionada por nosotros para llevar la cámara, al avión; se cargó el programa de navegación a la computadora portátil y se conectó el G.P.S., necesario para poder poner en marcha el programa de vuelo y poder accionar la cámara automáticamente. Cargados todos los implementos, se ubicaron el piloto y el copiloto, y se levantó vuelo. Se realizaron las tomas correspondientes y se regresó al aeródromo.

Ya en tierra, se bajaron todos los datos a la computadora portátil para comprobar si la toma fotográfica había sido completa. Solucionados los inconvenientes que se presentaron se retiraron todos los implementos colocados en el avión y se culminó la tarea del vuelo.

Una vez en gabinete se procedió a seleccionar los puntos de apoyo para poder georreferenciar las fotografías obtenidas. Con estos datos, se partió de nuevo a campo para realizar la medición de los puntos de apoyo, que fue llevada a cabo con una Estación Total.

De regreso al gabinete, se georreferenciaron las imágenes con uno de los métodos que posee el programa ER-Mapper y se pasó a la confección de Mosaico con el mismo programa.

Con todos los datos extraídos de los pasos anteriores, se elaboraron las conclusiones acerca de las precisiones obtenidas y se plantearon las posibles soluciones a los problemas que se suscitaron en las diferentes etapas de este Trabajo.

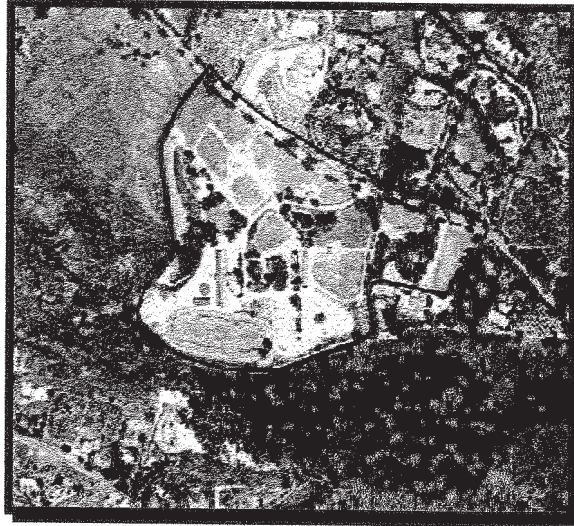
A continuación, se detallará paso a paso y de manera más extensa, todo lo antedicho en la presente introducción.

Capítulo 1

LA FOTOGRAFIA AEREA

Fotografía Aérea

Al tratarse nuestro trabajo de un mosaico confeccionado a partir de fotografías aéreas, consideramos necesario explicar brevemente las características y la forma de obtención de tales imágenes.



Definición

Podemos definir la fotografía aérea vertical como un tipo de documento gráfico de gran capacidad informativa, en el cual se capta de manera visual el levantamiento instantáneo de millones de datos territoriales, útiles para múltiples finalidades, congelándolos en el tiempo para su inmediato o posterior estudio y aprovechamiento.

Características

Características determinantes para ésta modalidad de fotografía son las siguientes:

- Su toma vertical.
- La distancia focal fija, siempre enfocada al infinito.
- La geometría estable y referencias que permiten determinar el centro óptico de la fotografía, para su aplicación como una perspectiva de proyección central.
- La toma de las fotografías a una altura uniforme y predeterminada con la finalidad de producirlas a una escala constante para todo el vuelo
- El traslape sucesivo de 60 % entre fotos, del cual se obtiene la estereoscopia necesaria para su interpretación y/o restitución.
- El traslape entre líneas, de 30 % para asegurar el cubrimiento total del área de interés.

Obtención

Los aviones que se utilizan, generalmente son de gran estabilidad de vuelo, y dotados de motores que transmitan escasas vibraciones a la cámara, pero con suficiente poder para lograr alcanzar y sostener alturas que permitan las escalas de trabajo necesarias. Aunque ocasionalmente y de acuerdo a posibilidades, o circunstancias se pueden ver desempeñando éstas funciones aparatos de muy diferentes tipos: satélites, helicópteros, jets, ultralivianos, y hasta globos.

Siguiendo un previo plan de vuelo, el piloto cubre el área a fotografiar por franjas, (llamadas líneas o bandas), en las que cada fotografía se traslapa en un 60 % con la siguiente, por especificación. Entre línea y línea, también por especificación, se prevé un 30 % del traslape.

Al terminar, se procesan las imágenes adecuadamente, y se obtienen los productos correspondientes: fotos de contacto, diapositivas para restitución, foto índices, orto fotos, foto mosaicos y ampliaciones de áreas particularmente interesantes, de acuerdo al fin último del proyecto.

Parecen infinitas las aplicaciones que pueden darse a la fotografía aérea, casi cualquier proyecto de índole territorial debe considerar entre sus herramientas mas útiles, la fotografía aérea, ya que su económico, veloz y práctico acopio de información no tienen comparación.

La obtención de cartografía, los análisis de posibilidades, los inventarios de recursos, los proyectos de desarrollo, la geología, la ecología, la arqueología, los catastros urbanos y rurales, son algunos de los campos de aprovechamiento posibles, mas no los únicos.

Complementos y Apoyos

La ciencia ha venido a producir excelentes complementos y apoyos para la fotografía aérea que han ampliado el campo de aprovechamiento de la misma, citamos dos ejemplos:

- La moderna geodesia, toda una ciencia en sí, al combinarse con la fotografía aérea, produce imágenes georreferenciadas, de precisiones asombrosas aprovechando la tecnología satelital y con ello la posibilidad de obtener mapas y foto mapas más exactos que cualquiera antes producido.
- La geomática, (geografía a través de la informática) permite una más veloz y práctica obtención, guardado, extracción y aplicación de la información mediante diferentes medios, entre los que conviene mencionar: la restitución digital y la orto foto restitución. Aparte de poder conservar toda la información en archivos digitales, al alcance de la punta de los dedos.

Aplicaciones de la fotografía aérea

- La Fotointerpretación.
- Geología.
- La Cartografía y el Planeamiento Urbano y Rural.
- Arqueología.
- Ecología, etc.
- Integración de Sistemas de Información Geográfica.

Capítulo 2

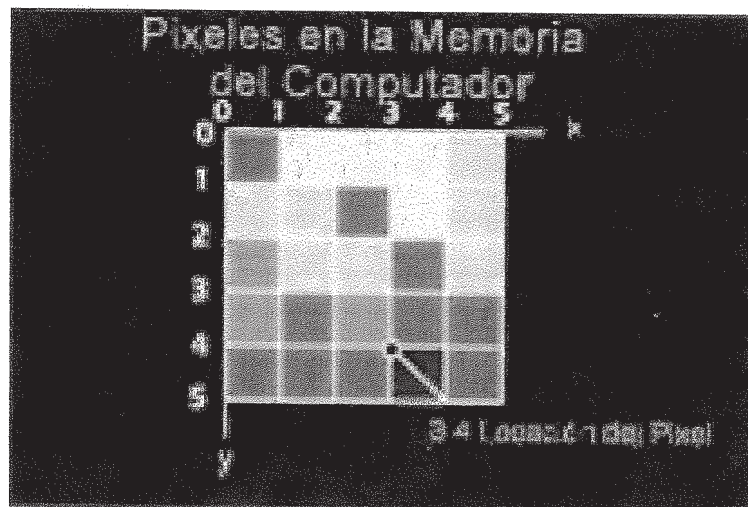
LA CAMARA DIGITAL

Conocimiento sobre procesamiento digital de imágenes

Desde el año 1831 se realizaron las primeras tomas fotográficas. Esto quiere decir que se fijo y reprodujo por medio de reacciones químicas, en superficies convenientemente preparadas, las imágenes recogidas en el fondo de una cámara oscura. Con el avance de la tecnología se fueron introduciendo mejoras sobre las cámaras, como ser la reproducción de la imagen en películas o, como se vera en este trabajo, la incorporación de la tecnología digital a la obtención de imágenes. Esas mejoras realizadas en el campo de la fotografía influyeron, también, a la fotogrametría e hizo de esta una ciencia que avanza día a día.

Para introducirnos en el conocimiento de la imagen digital, se necesita saber con anterioridad lo que significa “ **Resolución Espacial** ”. Este termino designa al mínimo objeto que puede ser distinguido sobre la imagen. En un sistema fotográfico convencional, suele medirse como la mínima separación a la cual los objetos aparecen distintos y separados en la fotografía. Se mide en milímetros sobre la foto, o metros sobre el terreno, y depende de la longitud focal de la cámara y de su altura sobre la superficie.

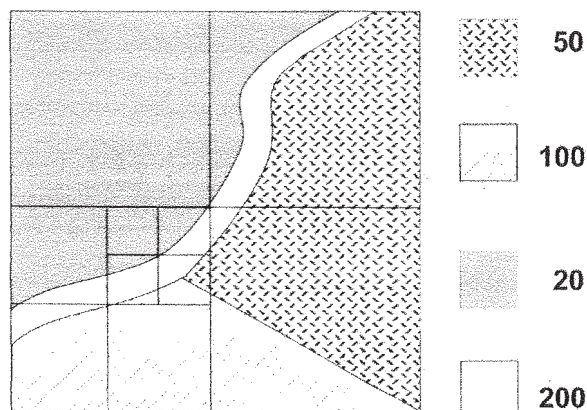
Por su parte, en los sensores óptico-fotográficos que poseen las cámaras digitales, se prefiere utilizar el concepto de campo de visión instantáneo (IFOV). El IFOV se define como la sección angular, medida en radianes, observada en un momento determinado por el sensor. En lugar de esta definición, habitualmente se suele utilizar la distancia sobre el terreno que corresponde a ese ángulo, que puede calcularse a partir de él, conociendo la distancia del suelo al sensor. Esa distancia se corresponde al tamaño de la mínima unidad de información incluida en la imagen, que se denomina **Pixel** (abreviación derivada de las palabras Picture element o unidad elemental de una imagen).



Pixel

La resolución espacial tiene un papel protagonista en la interpretación de la imagen, por cuanto marca de alguna forma, el nivel de detalle que esta ofrece. Con la salvedad antes referida, parece obvio decir que solo serán discriminables sobre la imagen elemento de tamaño superior al del pixel. En consecuencia la resolución espacial esta en estrecha relación con la escala de trabajo y con la fiabilidad finalmente obtenida en la interpretación. Cuanto menor sea el tamaño del pixel, menor también la probabilidad de que este sea un compuesto de dos o más cubiertas fronterizas. Un pixel mixto estará definido por una señal intermedia de las distintas cubiertas que lo componen. En consecuencia, puede no asemejarse a ninguna de

ella, lo que dificulta notablemente su correcta identificación. En lo que se refiere a un análisis visual, queda fuera de toda duda el interés de mejorar la resolución espacial para facilitar una interpretación más certera de la imagen.



50	80
100	70

50	80
45	108
150	100
	70

50	80
45	20110 160140
150	100
	70

Al aumentar la resolución espacial, la imagen recogida por la cámara resulta más cercana a la realidad.

El proceso de adquisición de una imagen digital difiere, sustancialmente, del empleado en la fotografía convencional. Como es sabido, en cualquier sistema fotográfico, la energía procedente de los objetos se registra sobre una superficie sensible a la luz. Esta puede componerse de una o varias capas, formando respectivamente una película pancromática o en color.

En el caso de los equipos óptico-electrónicos, no existe una superficie sólida de grabación. El sensor explora secuencialmente la superficie terrestre, adquiriendo la radiación que proviene de los objetos sobre ellas situados. La radiancia recibida estará en función de las características de la parcela del terreno que observa el sensor en cada instante, y el tamaño de ésta, será una función de la resolución espacial del sensor (píxel). El color con que aparece cada píxel en el monitor se define por un valor numérico, que codifica digitalmente la radiancia detectada por el sensor para esa parcela del terreno y esa banda espectral. Este valor numérico se denominará, a partir de aquí, **Nivel Digital (ND)**. El nombre se justifica por tratarse de un valor numérico, no visual, que puede fácilmente traducirse a una intensidad visual. Cuando se visualiza un píxel, habitualmente la intensidad de color con la que aparece en el monitor depende de su ND almacenado en el disco, aunque no tiene por que ser iguales. En ese sentido, conviene distinguir el ND de cada píxel y su nivel visual (NV) que corresponde a la intensidad de color con que se visualiza ese píxel en el monitor. Normalmente los NV son efímeros, ya que solo se utilizan para operaciones de realce e interpretación visual de la imagen, mientras los ND forman la base para las operaciones de

interpretación digital, especialmente cuando se intenta relacionar la información adquirida por el sensor por algún parámetro físico.

En resumen, la unidad mínima de información de una imagen digital se denomina Píxel, definido por un numero entero, ND, que puede convertirse en una intensidad luminosa o nivel de gris.

Teniendo presente estas ideas, la organización de los datos de una imagen digital puede esquematizarse como una matriz numérica de tres dimensiones, dos de las cuales corresponden a las coordenadas geográficas de la imagen.

La resolución radiométrica hace mención a la sensibilidad del sensor, esto es, a su capacidad para detectar variaciones en la radiancia espectral que recibe. En el caso de los sistemas fotográficos convencionales, la resolución radiométrica del sensor se indica por el número de niveles de gris recogidos en la película. Para los ópticos-electrónicos, la imagen habitualmente se presenta en formato digital, por lo que la resolución radiométría suele identificarse con el rango de valores que codifica el sensor. Por cuanto se trata de codificación digital, habitualmente se expresa esa resolución en el número de bits que precisa cada elemento de imagen para ser almacenado.

Al igual que en los otros tipos de resolución, cuanto mayor sea la precisión radiométrica, tanto mejor podrá interpretarse la imagen. El número de niveles mas adecuado depende del método que se siga en la interpretación. Si esta es visual, conviene considerar que el ojo humano dificilmente percibe mas de 64 niveles de gris y no más de 200.000 tonalidades. Si se opta por la clasificación digital la sensibilidad radiométrica puede ser mejor aprovechada, ya que el ordenador sí es capaz de distinguir una escala numérica amplia.

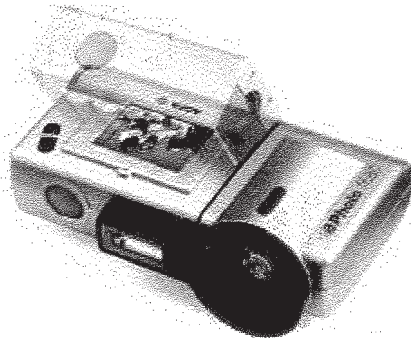
Cámaras digitales: variedad y características

En lo que sigue, haremos una abstracción a nuestro interés particular por las cámaras y daremos un pantallazo general sobre los productos actuales, resultado de una minuciosa búsqueda en libros, publicaciones y revistas especializadas.

Por un lado las marcas clásicas de cámaras fotográficas están luchando por adecuar sus productos a la tecnología digital, los productores de película tampoco pueden quedarse quietos ante esta evidente reconversión del mercado y están buscando colaboraciones con fabricantes de máquinas para desarrollar nuevos productos y, por supuesto, la mayoría de las marcas de componentes electrónicos están haciendo incursiones en este campo.

Tanta variedad de fabricantes y de productos están provocando una situación particular que tiene aspectos negativos y positivos. La gran cantidad de artículos que se están comercializando es tan variada que produce cierta confusión en lo referente a características, manejo de los equipos, sistemas de almacenamiento y transferencia de las imágenes. Tal diversidad de sistemas diferentes pueden hacer dudar al usuario a la hora de elegir.

Por el contrario los aspectos positivos vienen precisamente de la afluencia a este mercado de fabricantes de sectores diferentes (fotografía y computadoras) que hoy convergen en la imagen digital. Ello y la falta de sistemas estándar está generando una serie de productos y soluciones realmente imaginativas y abiertas. Poseer una cámara que produjese imágenes panorámicas suponía en la fotográfica tradicional una serie de problemas que ahora no se dan en la foto digital, opciones macro muy indicadas para reproducir documentos, intervenir en la imagen desde el mismo momento de la toma etc. suponen innovaciones realmente interesantes.



Al contrario que las cámaras convencionales, que requieren película para grabar las imágenes, la superficie de captura de la imagen en una cámara digital está hecha de filas de diminutos sensores individuales que recogen la información de la luz y el color de los objetos, la cual se convierte en datos digitales.

CCD Coupled charge device (Dispositivo de Carga Acoplada)

- *¿Que es el CCD?*

El CCD se inventó a finales de los 60 por investigadores de Bell Laboratories. Originalmente se concibió como un nuevo tipo de memoria de ordenador pero pronto se observó que tenía muchas más aplicaciones potenciales tales como el proceso de señales y sobretodo la captación de imagen, esto último debido a la sensibilidad a la luz que presenta el silicio.

El sensor CCD de una cámara digital es como el motor de un automóvil, es la pieza principal. En su forma más elemental, el CCD es como un ojo electrónico que recoge la luz y la convierte en una señal eléctrica. Tienen dos diferencias básicas con los fotomultiplicadores:

Los sensores CCD son de menor tamaño y están contruidos de semiconductores lo que permite la integración de millones de dispositivos sensibles en un solo chip.

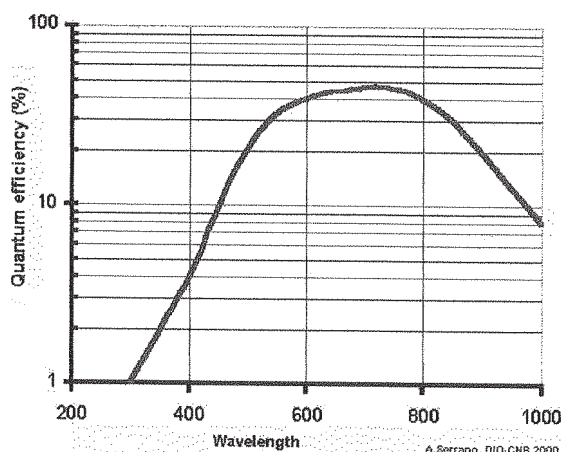
La eficiencia cuántica de los CCD (sensibilidad) es mayor para los rojos. Los fotomultiplicadores son más sensibles a los azules.

¿Cómo funciona un CCD?

Físicamente, un CCD es una malla muy empaquetada de electrodos de polisilicio colocados sobre la superficie de un chip. Al impactar los fotones sobre el silicio se generan electrones que pueden guardarse temporalmente. Periódicamente se lee el contenido de cada pixel haciendo que los electrones se desplacen físicamente desde la posición donde se originaron (en la superficie del chip), hacia el amplificador de señal con lo que se genera una corriente eléctrica que será proporcional al número de fotones que llegaron al pixel. Para coordinar los periodos de almacenamiento (tiempo de exposición) y vaciado del pixel (lectura del pixel) debe existir una fuente eléctrica externa que marque el ritmo de almacenamiento-lectura: el reloj del sistema. La forma y amplitud de reloj son críticas en la operación de lectura del contenido de los pixeles.

Al tratarse el CCD de un dispositivo semiconductor, técnicamente es posible implementar en él todas las funciones electrónicas de un sistema de captación de imagen, pero esto no es rentable económicamente y por tanto se implementa en otros chips externos al CCD: la mayoría de CCD de cámaras tienen varios chips (de tres a ocho).

La necesidad de usar chips distintos implica dos desventajas importantes; la necesidad de voltajes múltiples de abastecimiento de los chips y un gran consumo de potencia de todo el sistema electrónico.



Eficiencia cuántica de los sensores en función de la longitud de onda

Los chips de una cámara CCD pueden requerir 5 o 6 tipos de voltajes diferentes. Si el equipo dispone de una sola fuente (batería de voltaje único) se precisaran varios reguladores que generen dichos voltajes internamente.

Tipos de ccd

Existen varios métodos de captura de imágenes con CCD:

Arrays lineales:

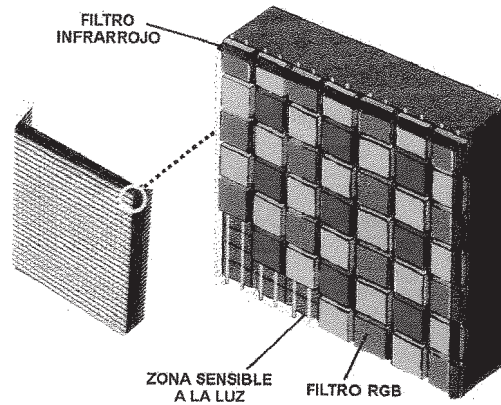
- **Sensor lineal:** Los conjuntos lineales usan una fila única de píxeles que escanea linealmente la imagen. Los de un solo CCD hacen tres exposiciones por separado: rojo/verde/azul (RGB) y se empezaron a usar en los primeros escaners. Todavía son usados para capturar imágenes de objetos que no se mueven.
- **Sensor Trilineal:** Se trata de tres CCD lineales unidos que se agrupan para capturar cada uno de los canales RGB en un solo barrido, son los que dan la resolución más alta y la gama espectral más rica. Se emplean en los escáners de sobremesa y diapositivas.

Array de superficie

- Son los más empleados actualmente en cámaras digitales, consisten en una superficie donde existen miles de píxeles sensibles a la luz organizados en filas y columnas (una matriz). El CCD es sensible a los fotones de cualquier longitud de onda en mayor o menor grado (en general es más sensible a los rojos e infrarrojos y menos a los azules). Todos los CCD son, por tanto, monocromáticos, y no tendremos ningún problema para capturar imágenes monocromas. Para obtener fotografías en color con dispositivos CCD se han desarrollado distintas tecnologías, las más empleadas son:

Mosaico de ccd

- El CCD único con máscara de color (CCD en mosaico), es el que se emplea en la mayor parte de las cámaras de video digital o analógico y en las cámaras fotográficas digitales de color.
Antes de llegar al píxel, la luz pasa por un filtro que solo deja pasar los fotones de la longitud de onda deseada. Cada píxel solo puede tener un filtro y por tanto solo es sensible a un color, el CCD se convierte en un mosaico de píxeles sensibles respectivamente al rojo, verde y azul. Como es lógico en el píxel en el que se recoge información de un color, rojo por ejemplo, no se puede captar la información del resto de los colores. La información de un color en los píxeles que no son sensibles al mismo se deduce por interpolación a partir de los píxeles vecinos de ese color. Debido a la interpolación que por óptima que sea nunca es real, las imágenes captadas con CCD en mosaico dan un cierto grado de borrosidad lo que las hace ser de baja calidad.
Una solución a éste problema, que se emplea en las cámaras domésticas de video y fotografía digital, es aumentar porcentualmente los píxeles sensibles al verde (el ojo humano es mucho más sensible a éste color) de modo que los tonos verdes tienen mucha menos borrosidad que los rojos o azules y el conjunto de la imagen gana en definición.



Detalle de un mosaico ccd

CCD triple (tri-CCD)

- La luz es descompuesta por prismas ópticos y desviada a tres sensores CCD, uno para cada color básico. Los sensores para el verde y rojo suelen ser idénticos pero el sensor azul suele estar optimizado para este color. Las cámaras construidas con esta tecnología son mucho más caras que el resto no solo porque tienen que triplicarse los componentes sino porque los CCD deben estar perfectamente ajustados para que la luz de un mismo punto del objeto incida exactamente en las mismas coordenadas de píxel de cada uno de los CCD. Las cámaras tri-CCD son la mejor opción: permiten capturar imágenes en movimiento con una gran resolución y calidad cromática, el gran inconveniente es su precio por lo que esta tecnología solo se emplea en cámaras profesionales.

CCD único con exposición triple

- Consiste en un único CCD que es expuesto sucesivamente a los tres colores. El modo de conseguir imágenes de los tres colores es a través de un filtro que se coloca delante del CCD, luego se superponen las tres para obtener la imagen de color. Los filtros pueden ser de cristal (implica que la cámara debe disponer de un dispositivo mecánico que vaya cambiando cada filtro de modo secuencial), o de cuarzo líquido, este último permite cambiar de color al aplicarle distintos voltajes lo que abarata y simplifica el funcionamiento del sistema.
El método de exposición triple permite obtener imágenes de una calidad equivalente al tri-CCD pero solo de objetos estáticos ya que se necesita un tiempo para captar las tres imágenes.

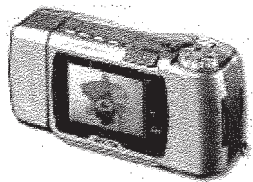
Cámaras digitales

El primer aspecto que debemos tener en cuenta a la hora de elegir una cámara fotográfica debe ser la resolución que ofrece la misma. Un gran número de cámaras permiten elegir entre varios niveles de resolución pudiendo elegir según las necesidades del momento. Pero lo que quizás no sea claro es la resolución que se necesita para cada caso en concreto.

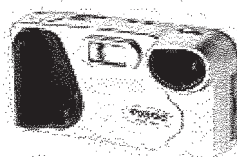
Las imágenes que conseguimos mediante una cámara digital o mediante un escáner, están formadas por multitud de puntos, son imágenes que se denominan de bitmaps. Dependiendo del escáner o de la cámara que utilice podré captar la imagen con una cantidad mayor o menor de puntos. Es decir una imagen tendrá más resolución si está formada por

mayor número de estos puntos, la medida de estas resoluciones se dan en dpi (dot per inch) o en castellano ppp (puntos por pulgada). La resolución está íntimamente ligada al modo de observar la imagen es decir al dispositivo de salida que se desee usar.

Las pantallas de los ordenadores actuales tienen una resoluciones de unos 72 d.p.i. con esta resolución podemos observar con gran detalle y definición una imagen que mida 640 X 480 pixeles siempre y cuando realice esta observación en el monitor, Las cámaras digitales que producen imágenes, de este tamaño son ideales para trabajar en pantalla, por supuesto se podrán imprimir estas imágenes pero a tamaños de impresión superiores a 8 x 13 centímetros el resultado empieza a no ser demasiado bueno y por supuesto no comparable a una fotografía tradicional. Debemos tener en cuenta que en la calidad de la imagen final entran también en juego factores como la óptica de la cámara o la calidad del dispositivo de captura de la imagen (ccd o cmos), en consecuencia las diferencias entre imágenes de la misma resolución pero obtenidas con diferentes cámaras pueden ser notables.



Casio QV-700
640x480(320x240)
pixels



Polaroid PDC-300
320x240 pixels

Se comercializan cámaras digitales de gama baja con resoluciones inferiores a 480 X 640, por ejemplo la Nikon Coolpix 100 produce imágenes de 512 X 384 pixeles, los modelos de Kodak DC20 y DC25 producen imágenes de 493 X 373 pixeles en su posición de alta resolución y de 320 X 240 en su posición de calidad standard, Polaroid comercializa la PDC 300 con una resolución de 320 X 240 pixeles.

Los modelos cuya resolución es 640x480 son hoy por hoy bastante accesibles y se están generalizando, por lo que cada vez tiene menos sentido las cámaras de menor resolución, estas resoluciones son idóneas para fotografía de aficionado y son muy apropiadas para un uso en empresas que no necesiten un gran compromiso de calidad, por ejemplo inmobiliarias o compañías de seguros.

La tendencia es aumentar la resolución de las cámaras sin incrementar el precio de las mismas, casi todas las maquinas modernas superan las imágenes formadas por más de un millón de puntos es decir resoluciones de más de 1280 X 960 pixeles, este tipo de resolución permite la impresión de una fotografía digital a un tamaño de A4 con una calidad más que aceptable. Actualmente podemos disponer de cámaras con esta resolución por los mismos precios que hace dos años máquinas de 640x480.

Las cámaras que producen imágenes de 1280X960 son idóneas para un uso semi-profesional. Cada vez más las marcas permiten al usuario intervenir en la toma con lo que el mercado se está acercando a un tipo de consumidor conocedor de la fotografía pero que no necesita un equipo complejo y caro. El modelo de Agfa la ePhoto 1680 con una calidad de imagen profesional y de fácil manejo, la Kodak DC210 o los modelos de Olympus C- 840L y C-1000L son solo unos ejemplos de estos tipos de cámara.

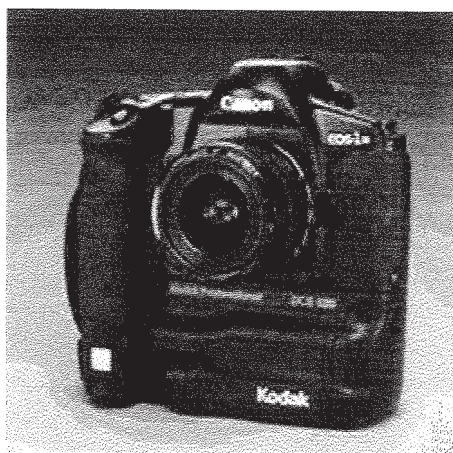
Existe un tipo de cámaras digitales pensadas para uso profesional no solo por la resolución que pueden obtener sino también por las prestaciones y diseño de las mismas. Están orientadas a fotógrafos profesionales que se pasan al ámbito digital, este tipo de cámaras que se consideran profesionales tiene una resolución nunca inferior al megapixel.

Son modelos que generalmente se basan en cuerpos de cámara Reflex tradicionales, usan objetivos de series no digitales con la comodidad que supone poder combinar los objetivos en las series analógicas y digitales.

Los productos más conocidos en esta gama son los producidos por Fuji en colaboración con Nikon o Canon, también existe una colaboración entre Minolta y Agfa para desarrollar productos conjuntos.

Estas cámaras tienen grandes ventajas: la mayoría de ellas tienen la posibilidad de elección de sensibilidad, pueden usar objetivos variados que pertenecen a series no digitales, combinan visor Reflex óptico con pantallas LCD, su uso es similar a las cámaras de 35mm más avanzadas con todas las prestaciones que estas tienen, además el tiempo de recuperación entre foto y foto es extremadamente corto, pudiendo en algunos modelos incluso disparar ráfagas.

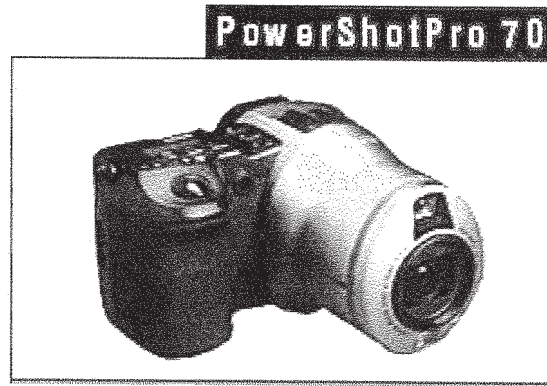
Como ejemplo de este segmento de cámaras digitales podríamos nombrar la Kodak 520, basada en el cuerpo de la CANON EOS 1 N, que permite la captura de 3,5 imágenes por segundo lo que supone una velocidad realmente alta.



Kodak 520, basada en el cuerpo
de la CANON EOS 1 N

Podemos establecer el primer escalón profesional con modelos que superen el megapixel y con prestaciones propias de un aficionado avanzado. Dentro de este espectro podemos encontrar máquinas cuyo precio mínimo parte fácilmente de los 500 pesos y puede superar con facilidad los 1000 pesos.

En esta gama de productos se encuentran modelos con estupendas prestaciones e ideales para nuestro fin. Hasta hace poco la más importante de este sector era la Olympus Ca-Media 1400, esta cámara tuvo gran aceptación y tiene unas prestaciones muy interesantes. Comenzando por su aspecto muy similar al de una cámara reflex convencional que hace que el usuario avanzado se familiarice con ella desde el principio. Permite unas velocidades de obturación muy buenas que van desde $\frac{1}{4}$ hasta $\frac{1}{1000}$ de segundo, con flash incorporado y doble visor, por un lado óptico como si de una cámara convencional se tratase, y por otro viene equipada con una pantalla LCD de 1,8", un zoom óptico equivalente a un 36-110 mm de 35mm. Este modelo tiene ciertos inconvenientes quizá debidos a que el modelo lleva ya un tiempo en el mercado, consume demasiada energía, por otro lado no viene equipada con Zoom digital y el equivalente de sensibilidad es único y está en 100 ISO, cuando los modelos de la competencia comienzan a ofrecer varias sensibilidades, además no tiene la posibilidad de adaptar un flash cosa que puede limitarnos en determinadas situaciones.



Algo más cara pero realmente moderna y con buenas prestaciones es la Canon Power Shot Pro 70. Su aspecto es muy similar a los últimos modelos de canon EOS lo que le confiere un carisma particular sobre todo para los usuarios del sistema EOS de Canon.

Posee unas velocidades de obturación que van desde 1/2 a 1/8000 de segundo, tiene la posibilidad de elegir entre distintas sensibilidades siendo el equivalente a 100 ISO la sensibilidad más baja y 400 ISO la más alta, lo que hace que esta cámara tenga un estupendo comportamiento en condiciones de iluminación baja. No viene con flash incorporado pero si con zapata adaptadora de flash. Es una gran cámara que consigue una resolución de 1.680.000 pixeles, quizá su principal inconveniente es su precio algo elevado.

Nikon cuenta en esta categoría con la COOLPIX 950, cámara que roza los dos millones de pixeles, y con una excelente óptica por descontado en una cámara NIKON, a su Zoom equivalente a un 38-115 hay que añadir que posee un zoom digital 2,5 X. Se trata de una cámara extraordinaria si bien su diseño dista mucho de lo que podría ser una cámara reflex convencional, esto hace de ella una característica que a algunos usuarios podría resultar ligeramente engorroso en su manejo. Es una cámara con un aspecto robusto al ser su carcasa de metal y no de plástico como en la mayoría de los modelos de la competencia, además debido a la experiencia de la marca en el ámbito de la fotografía tradicional, esta cámara cumple todos los requisitos de un conocedor de la fotografía.



Nikon Coolpix 950

Otro modelo interesante es lo nuevo de Sony, la Cámara Digital DSC-F505V que presenta como elementos más característicos su lente Vario-Sonnar, que pertenece a la casa Carl Zeiss y posee 5X en su zoom óptico y 10X de precisión digital y Auto Focus manual o automático.

El objetivo es móvil, pudiendo rotar 90° hacia arriba y 50° hacia abajo. Presenta una pantalla híbrida de 2" y su super HAD CCD posee 3.34 megapixeles. Su medio de grabación es el Memory Stick (trae una memoria de 8 MB), posee 5 formas de grabación: normal, e-mail, voz, memo y MPEG(se utiliza para películas).

Los modos de grabación pueden ser: JPG, TIFF, GIFF, MPEG. Tiene 4 modos de balance de blancos y presenta un programa AE para realizar diferentes modos de exposición. Trabaja en 24 bit RGB. El tamaño de las imágenes puede ser: 320x240(modos e-mail), 640x480, 1280x960, 1856x1392, y 2240x1680. No posee memoria interna. Su focal va desde los 38 mm hasta los 190 mm realizando un equivalente a las cámaras 35 mm. La apertura puede ser f2.8-3.3. La velocidad de obturación varía entre: 1/8-1/1000 seg. (19 pasos). El tiempo entre disparos no supera los 5 segundos. Presenta 3 modos de flash inteligente y su distancia efectiva es de 2.5'- 9.5'. Tiene un modo película y su tamaño es de 320x240 pixeles. Posee temporizador con una sola opción: 10 segundos y trabaja con baterías creadas por Sony para sus productos: InfoLithium y también trae su propio cargador.

Como accesorios posee: cable de interfaces USB, cable de conexión para la televisión(NTSC/PAL) y sus dimensiones son: 107x62x136 mm y su peso total es de 475 gramos.

Esto son algunos ejemplos de cámaras de calidad y orientadas a un aficionado avanzado o un nivel profesional que pretenda introducirse en el ámbito digital. Existen por supuesto modelos de parecidas características de otras marcas de conocido prestigio como KODAK, AGFA, MINOLTA etc.,

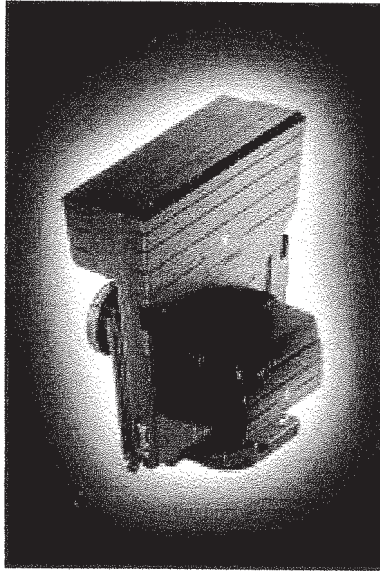
En una categoría superior podemos encontrar unas cámaras digitales que se basan directamente en cuerpos convencionales de las grandes marcas de cámaras y de fabricantes de emulsión estas cámaras tienen todas las prestaciones de sus equivalentes analógicos, nos estamos refiriendo a cámaras como la CANON EOS 1 N DCS 520, basada en la CANON EOS 1N y con todas las prestaciones de esta, o la novísima NIKON D 1 con una resolución que se acerca a los tres millones de pixeles, con una velocidad de disparo de 4,5 fotogramas por segundo, y que alcanza velocidades de obturación de 1/16.000.

Este tipo de cámara de grandes prestaciones tiene como inconveniente su elevado precio.

Respaldos digitales

Con sensores de línea

Otros dispositivos de captura de imagen son los respaldos digitales. Los respaldos digitales son una opción profesional para fotógrafos de estudio especialmente indicado para fotografía de productos. La principal ventaja de estos respaldos es que son adaptables a la mayoría de los modelos de cámaras del mercado tanto de medio como de gran formato. Esta característica implica que el modo de trabajo del fotógrafo no se ve alterado ya que se está usando el equipo "de toda la vida" pero obteniendo imágenes digitales de alta calidad.



Sinarcam 2

Este tipo de respaldo puede variar en el modo de capturar la imagen así existen respaldos de barrido es decir que funcionan de una manera muy similar a como lo hace un escáner plano, y existen respaldos con CCD de área lo que implica un solo disparo, por lo general si el respaldo es de formato Medio el CCD suele ser de un solo disparo, en el caso de respaldos de gran formato podemos encontrar los dos tipos de CCD lineal y de Área.

En el caso de un respaldo de formato medio tiene resoluciones realmente elevadas, por ejemplo el respaldo MEGAVISION 2 al igual que el respaldo SINAR back, nos permite imágenes de más de cuatro millones de pixeles, este tipo de respaldo permite velocidades de obturación que van desde 1/500 a 1 segundo lo que nos permite realizar no sólo trabajos de estudio sino también trabajar con modelo. Los tamaños de estas imágenes permiten imprimir sin ningún problema a un tamaño DIN A2. Por supuesto estos respaldos vienen acompañados de un Software de retoque. El principal inconveniente es, como casi siempre el elevado precio de estos respaldos que bien pueden superar los 10500 pesos.

Respecto a los respaldos de gran formato, casi todas las marcas de cámaras de gran formato están comenzando a comercializar este tipo de accesorios, así podemos encontrar accesorios de este tipo de marcas como SINAR, CAMBO etc. la Cámara digital SINARCAM 2 totalmente compatible con el sistema modular de las cámaras SINAR, o los respaldos BETTERLIGHT que son compatibles con la mayoría de las cámaras del mercado, este respaldo obtiene una resolución de 48 millones de pixel esta cifra disipa toda duda sobre la calidad de este respaldo, si bien tiene el inconveniente de tratarse de un respaldo de barrido por lo que la captura se alarga casi un minuto limitando esta herramienta.

Tanto el S2 como el S3 son respaldos digitales dotados de captador CCD de área, concebidos fundamentalmente para adaptarse a casi todos los sistemas de cámara de formato medio, así como a cámaras de gran formato. En cambio, el BETTERLIGHT es un respaldo digital dotado de CCD de línea, adaptable exclusivamente a cámaras de gran formato.

Los captadores CCD de línea obtienen la imagen electrónica de una única línea. El captador se va desplazando con la ayuda de un pequeño motor, y línea a línea, va generando la imagen global. No obstante la captación de la imagen no es instantánea, pues se necesita que el captador realice el barrido de toda la superficie.

La principal ventaja de los respaldos digitales que utilizan CCD de línea o barrido es la obtención de imágenes de gran calidad, pues crean archivos de gran capacidad. El inconveniente más importante es que la imagen electrónica no se genera de forma instantánea, y, por tanto, no puede utilizarse iluminación de luz de flash, ni fotografiar objetos con movimiento. Otra desventaja es que las imágenes obtenidas son archivos de tan alta capacidad

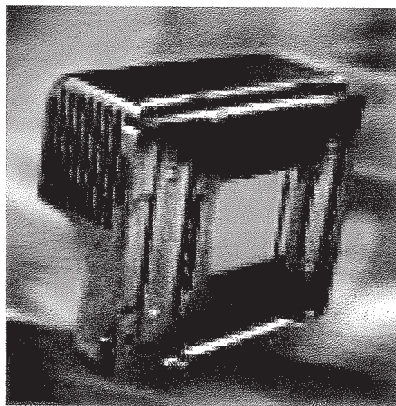
(hasta 244 MB) y que para trabajar con ellas en la computadora debemos disponer de un equipo muy potente con mucha memoria.

El BetterLight es un respaldo digital con CCD de línea, diseñado para ser utilizado en cámaras de gran formato. Al captarse la imagen mediante barrido, y no de forma instantánea, no se puede utilizar iluminación de flash, y tampoco pueden fotografiarse sujetos con movimiento. El tiempo necesario para obtener una imagen es de 2 a 3 minutos (dependiendo del modelo de respaldo), aunque se consiguen tiempos menores para tomas de baja resolución. La profundidad de color de las imágenes obtenidas con el respaldo es de 14 Bits por color y se procesan más de 120 millones de píxeles por minuto. Existen tres modelos: el BetterLight 4000 (genera imágenes de 53 MB), el BetterLight 6000 (imágenes de 137 MB) y el BetterLight 8000 (imágenes de 244 MB). Eso sí, las imágenes obtenidas son de la más alta calidad. El uso de estos respaldos sólo se justifica en producciones fotográficas de objetos estáticos donde realmente sean necesarias imágenes de tanta resolución. Hay que comentar que con cada respaldo Betterlight se suministra un disco duro externo de 2 Gigas.

Con sensores de área

Por otro lado, los captadores CCD de área obtienen una imagen electrónica de forma inmediata, pues la superficie del captador se corresponde con la de la imagen. De esta forma pueden fotografiarse sujetos con movimiento, utilizar cualquier tipo de iluminación, tanto continua como de flash, y al obtenerse imágenes de hasta 18 MB, su manipulación no requiere tanta memoria ni tiempo en cada operación como las imágenes obtenidas mediante CCD de línea (hasta 244 MB).

El respaldo S3 es la última novedad de MegaVision en el campo digital. Se trata de un respaldo para cámaras de formato medio, aunque también puede adaptarse a las de gran formato.



Su tamaño es ligeramente inferior al de un respaldo para película convencional, y puede utilizarse mediante un adaptador vertical/horizontal con las series 500 de Hasselblad (y con adaptador en las series 200, de obturador planofocal), las Mamiya 645 (6x4,5), RB y RZ (6x7), las Bronica ETR-Si (6x4,5) y SQB (6x6), Fuji GX680 (6x8), y la nueva Contax 645 (6x4,5). Uno puede preguntarse como se adapta un mismo respaldo digital a los distintos modelos de cámara, tanto con obturación central como plano focal. La respuesta, es que el respaldo lleva incorporado un pequeño micrófono capaz de reconocer el tipo de obturación y modelo de cámara al que está acoplado, y de esta manera adaptarse para captar la imagen.

El S3 cuenta con un captador CCD de área de 36x24 mm, con 3072x2048 píxeles, y un tamaño de pixel de 12 micras. Para evitar deterioros, el CCD está protegido y sellado tras

un cristal. Al ser el CCD del respaldo digital de menor tamaño que el formato de cualquiera de las cámaras sobre las que va a adaptarse, hay que tener en cuenta que la imagen obtenida por el respaldo S3 será la parte central de las imágenes conseguidas por los objetivos, es decir, la equivalente a objetivos de mayor distancia focal (más tele) que el que estemos utilizando en cada momento. Si bien, tiene la ventaja de obtener imágenes equivalentes a teleobjetivos más potentes sin pérdida de luminosidad. Para tomas angulares nos obliga a invertir en ópticas que no nos plantearíamos usando exclusivamente película fotográfica, por esta razón, los fabricantes de objetivos para cámaras de gran formato, desde hace unos años vienen ofreciendo en sus catálogos angulares de distancias focales menores, con la intención de ser usados con respaldos digitales.

Creemos interesante comentar también que los usuarios del sistema Hasselblad cuentan con un accesorio, el Flexbody, que permite realizar descentramientos prácticamente con cualquier objetivo. Si bien, esos movimientos son muy limitados con chasis de película fotográfica (por problemas de viñeteado en la imagen); con los respaldos digitales S2 y S3 aumenta enormemente la versatilidad de este accesorio. La sensibilidad equivalente del CCD es de 50 ISO, permitiendo exposiciones desde 1/500 a 8 segundos. Este respaldo permite trabajar con cualquier tipo de fuente de luz: flash, luz día, tungsteno, HMI, fluorescente, etc.

Se ha aumentado el rango dinámico (12 bits por color, 36 bits RGB), incrementándose la latitud de exposición, aumentando el detalle en las sombras y reduciéndose el nivel de ruido del canal azul.

El tamaño del archivo obtenido en modo RGB es de 18 MB (24 MB en modo CMYK), tamaño más que suficiente para la mayoría de aplicaciones profesionales, con resultados de altísima calidad. La velocidad de captura es de una imagen cada 1,2 segundos y, con el respaldo MegaVision S3, es posible obtener 9 imágenes consecutivas antes de que se llene el buffer (lo que hará las delicias de los fotógrafos de moda y retrato, al poder realizar tomas a motor con este soporte digital).

El respaldo S3 va directamente conectado a una placa PCI en el ordenador mediante un cable de 6,5 m. Como prácticamente toda la electrónica (excepto el CCD) se aloja en la placa PCI en el ordenador, se evitan todos los problemas de calentamiento, siendo innecesario ningún sistema de refrigeración.

Para uso en exteriores, o cuando se requiera más movilidad de la que permite el cable de 6,5 m., se ha presentado el MegaVision BatPac de cuyas características nos ocuparemos más adelante.

El MegaVision S2, al igual que el S3, es un respaldo digital para cámaras de formato medio, adaptable también a cámaras de gran formato. El respaldo S2 puede usarse sobre las mismas cámaras que el S3. Las características del respaldo S2 son similares a las del S3, así que tan sólo comentaremos aquellas que los diferencian. El S2 incorpora un captador CCD de área cuadrado de 31x31 mm., con 2048x2048 píxeles, obteniéndose imágenes con un tamaño de archivo de 12 MB en modo RGB (16 MB en CMYK), suficiente para muchos de los trabajos profesionales digitales de alta resolución. La sensibilidad equivalente del CCD es de 80 ISO, permitiendo exposiciones en este caso desde 1/500 a 1 segundo. La velocidad de captura es ahora de una imagen cada 0,8 segundos. Tanto el respaldo digital S2 como el S3 se suministran con cable sincro, cable de cámara de 6,5 m., placa controladora PCI y el software correspondiente.

El Megavision Batpac es un accesorio muy interesante que permite la captura digital con los respaldos MegaVision S2 y S3 en exteriores, conectado con un solo cable. El BatPac alimenta el respaldo y permite capturar una imagen cada 0,8 seg., transfiriendo las imágenes a la tarjeta durante las pausas. Cada tarjeta PcCard tiene una memoria de 520 MB, y almacena hasta 77 imágenes. El BatPac se alimenta con una batería de hidruros de metal, con autonomía para 4.000 disparos (una sesión de unas cinco horas).

PRECIOS ORIENTATIVOS

- Respaldo MegaVision S2 con adaptador: 14200 pesos + IVA
- Batpac S2: 4300 pesos + IVA
- Respaldo MegaVision S3 con adaptador: 19200 pesos + IVA
- Batpac S3(disponible a finales de 1999): No facilitado.
- Respaldo MegaVision Betterlight 4000: 12000 pesos + IVA Respaldo MegaVision Betterlight 6000: 16000 pesos + IVA Respaldo MegaVision Betterlight 8000: 24000 pesos + IVA

Capacidad de imágenes

Una vez establecidas las diferentes resoluciones de las cámaras digitales, cada usuario podrá elegir la resolución que más se aproxime a sus necesidades, pero ha de tener en cuenta la capacidad de la cámara para almacenar imágenes y la posibilidad de usar sistemas de almacenamiento auxiliares.

Existen varias posibilidades, la más sencilla y básica es que el almacenamiento de las imágenes se produzca la memoria interna de la cámara. Normalmente dependiendo de si la cámara está fotografiando en modo normal o en modo calidad cabrán un número mayor o menor de imágenes, y esta cantidad depende de las cámaras en concreto. El gran inconveniente de la memoria interna es que una vez llena se debe vaciar esta memoria en el ordenador si se quiere seguir tomando fotografías.

Otra posibilidad es el almacenamiento de imágenes en tarjetas de memoria extraíble las más usadas son las Compact Flash, las PC Card flash o Smart Media y finalmente la por nosotros adoptada Memory Stick. Tienen gran capacidad y no dan problemas, su principal ventaja es que se las puede cambiar cuando estén llenas de información como haría si de un rollo se tratase.

Una opción imaginativa es la solución de Sony que comienza en el año 1981 y continua hasta hace muy poco, esta marca en sus modelos Mávica FD5 y FD7 usa como sistema de almacenamiento disquetes de 3,5", pudiendo almacenar 20 imágenes de calidad con resolución 640X480 pixeles.

Debemos tener en cuenta que al almacenar las imágenes estas se comprimen para aumentar la capacidad de las memorias, por eso al introducir las imágenes en nuestra computadora deberemos descomprimirlas para observarlas. El formato más usado es el JPEG, aunque los modelos Casio usan el formato CAM, y algunos modelos de Kodak usan el formato KDC exclusivo de esta marca.

Las ópticas

Una buena óptica es tan importante en fotografía digital como en fotografía convencional, por lo que debemos aclarar algunos aspectos sobre este tema. En primer lugar se debe elegir la cámara que tenga las prestaciones ópticas que necesite.

Es evidente que si lo que se pretende es realizar fotografías de pequeños objetos, por ejemplo aplicaciones para archivo, filatelia, etc., se debe elegir un equipo con posibilidad macro.

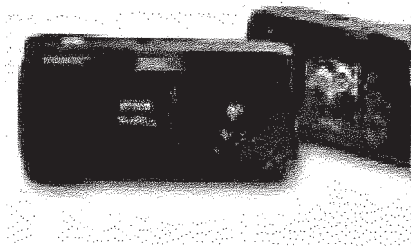
Si se pretende un uso general debe observarse la posibilidad de un objetivo zoom medio. Por último, si se necesita un tele se deben analizar las posibilidades de optar por una cámara con objetivo de este tipo.

También existen máquinas con ópticas desarrolladas especialmente para reproducir documentos y curiosamente gran número de cámaras de gama media tienen objetivos móviles que permiten giros de hasta 180°, incluso el modelo de Minolta Dimage V permite la extracción del objetivo del cuerpo de cámara gracias a un cable con el beneficio que esto puede suponer, para fotografiar zonas poco accesibles por ejemplo en fotografía médica, peritajes etc.

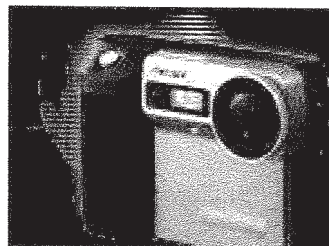
En la gama profesional, de las cámaras digitales, casi todos los modelos al estar basados en cámaras convencionales admiten los objetivos de serie de las cámaras de las cuales derivan. Solo se debe tener en cuenta que el tamaño de los CCD, es decir de la unidad receptora de la imagen es menor que 24x35mm que es lo que mide una imagen del formato de 35mm, por lo que se debe observar que la distancia focal de los objetivos para 35mm no es equivalente en lo que a ángulo visual se refiere.

En lo que respecta a las cámaras de gama media y cuyos objetivos no son desmontables, se debe prestar especial atención al modo del zoom. Las cámaras digitales ofrecen zoom ópticos y digitales e incluso ambos combinados. Siempre será mejor que el zoom sea óptico pues el zoom digital aumenta la imagen a base de perder definición, en cambio el zoom óptico no va en detrimento de la calidad de la imagen.

En cuanto a la los objetivos de acercamiento, casi todos los modelos de gama intermedia tienen opción Macro, estos varían según el modelo y permiten desde acercamientos de 2,5 cm hasta, 5 cm, 8 cm, etc. La Canon Power Shot 350 permite realizar una fotografía a una distancia de 2,5 cm. al igual que los modelos de Ricoh RDC-300 y RDC-2E. Modelos que permitan acercamientos de unos 5 centímetros son más comunes como la Epson PC 700, la HP PhotoSmart.



Epson PC-700



Sony MAVICA MVC-
FD81

Otras características a tener en cuenta

- Compresión y tamaño de los archivos

Por supuesto, cuanto mayor es la resolución, mayor es el tamaño del archivo. Incluso aunque la mayoría de las imágenes se comprimen después de ser tomadas, utilizando la codificación JPEG (Joint Photographic Expert Group). Los tamaños de tus archivos dependerán de cada imagen específica y su grado de compresión.

La mayoría de las cámaras te permiten elegir diferentes grados de compresión con cada una de las resoluciones dependiendo de la calidad final que desees. En muchas cámaras los ratios de compresión son, por ejemplo, de 1:4 (Fina) 1:8 (Normal) y 1:16 (básica), siendo

una compresión menor mejor que una mayor. Disparando en el modo de mayor resolución de la cámara normalmente tendrás para elegir tres niveles de compresión. En el modo de menor resolución deberías tener tres más. Si se quiere imprimir copias grandes se debe elegir siempre la mayor resolución conjuntamente con la menor compresión. De esta manera no se obtendrán defectos indeseados como bloques de pixeles u otras aberraciones.

Algunas de las más recientes cámaras se pueden ajustar para disparar en modo sin compresión por si se quisiera obtener la mayor calidad de imagen. Pero solo se podrán guardar unas pocas imágenes en la tarjeta de memoria de la cámara y, en la mayoría de los casos, no será notoria la diferencia en calidad por lo que apenas se querrá utilizar esta opción.

Cuando una imagen comprimida se descomprime aumentará de 5 a 20 veces el tamaño de compresión. Una imagen de 640x480 pixeles comprimida en 50Kb aumentará hasta los 900Kb cuando se abra en un programa de edición de imagen. Una imagen de 1024x768 pixeles comprimida en 200Kb se expande hasta los 2,25Mb. A 1280x1024, un fichero JPG de 600Kb crece hasta 3,75 Mb. Cuando llegas a los 2 Megapixel, los ficheros de 5,5 Mb por imagen son habituales (una buena razón para comprar un disco extraíble con un montón de cartuchos)

- Pilas y baterías

A no ser que la cámara incluya pilas AA recargables o de Ion Litio, se necesitara comprar dos juegos de pilas NiMH y un cargador. Todas las cámaras digitales consumen las pilas rápidamente, especialmente desde que deben actuar el flash y la pantalla de LCD para previsualizar y comprobar las tomas. Las dos mejores marcas de NiMH son Quest (verde), que tienen un precio razonable (13 US\$ por 4 pilas) y las Kodak, que son algo más caras (20 US\$ por 4 pilas). Precios orientativos validos en EE.UU.

Las pilas NiMH mantienen un voltaje más o menos constante y duran dos o tres veces más que el resto de las recargables. También se necesitará un buen cargador, como por ejemplo el Maha C204F (por 26 US\$). El Maha recargará un juego de cuatro pilas NiMH en unas tres horas y prolongará su vida al no sobrecargarlas. Una vez cargadas las mantendrá a niveles altos con un controlador de carga, por lo que están siempre listas para usar.

Para periodos más largos hay baterías en el mercado que se conectan a la entrada externa de energía, pero las pilas de NiMH serán normalmente suficientes. Sin embargo, si se necesitara mas duración, la Unity ProPower 2.45 (de 70 US\$) es una batería capaz de proveer energía controlada durante periodos de tiempo muy largos. Por contra, requiere tiempos de recarga más largos, de unas 16 horas. Sin embargo, una vez cargada, los tiempos de recarga siguientes son menores, a no ser que se descargue totalmente.

Otra opción de batería es la que presenta Sony, cuyo nombre es "Infolithium" y está compuesto por lithium e ion. Su tiempo de vida útil es de 110 minutos con su carga máxima. Además la marca proporciona el cargador correspondiente.

La sensibilidad.

Normalmente las cámaras digitales, y sobre todo las de segmento medio y bajo, tienen una sensibilidad equivalente a la escala ISO, pero no suele ser variable. Es importante antes de elegir un modelo saber la sensibilidad que este tiene, aunque por lo general ronda los 100 ISO. Las cámaras profesionales permiten variar la sensibilidad, pero no permiten un abanico tan grande de sensibilidades como en fotografía convencional.

El hecho de que la cámara incorpore flash debe también ser tenido en cuenta, sobre todo en el caso de que el uso en interior sea habitual.

Sistemas de visor.

Existen dos sistemas de visor en las cámaras digitales, por un lado el visor óptico similar al de las cámaras convencionales y por otro el visor de pantalla LCD, en ocasiones incluso vienen combinados. La ventaja del visor óptico es que no repercute en el consumo de energía de la cámara, pero se debe tener en cuenta que en la mayoría de los casos el visor tiene errores de cobertura o de paralaje, que por supuesto con visores tipo Reflex se minimizan.

La gran ventaja de los visores de pantalla LCD consiste en que desde el momento de la toma se puede observar la fotografía que se obtiene pudiendo repetirla si es preciso, manipularla en algunos modelos o borrarla si no interesa dejando libre ese espacio de la memoria. El gran inconveniente es el elevado consumo de estas pantallas. La solución es la combinación de ambos sistemas.

La toma.

Otro factor a tener en cuenta es la rapidez del disparo así como el tiempo de recuperación entre foto y foto. Las cámaras digitales necesitan un tiempo de recuperación entre toma y toma, este tiempo tiende a acortarse en los modelos de alta gama que permiten incluso tres disparos por segundo, pero en los modelos medios y bajos puede convertirse en un problema ya que los tiempos no suelen bajar de un segundo en las cámaras más rápidas.

Existe un pequeño lapsus de tiempo entre el momento justo de apretar el disparador y el momento en que la cámara recoge la imagen que se debe tener en cuenta sobre todo en fotografías de objetos en movimiento.

Posibilidades de conexión.

Según modelos las cámaras digitales pueden conectarse directamente a monitores de televisión o a impresoras, o tienen salida de vídeo, puertos SCSI, o incluso entrada digital.

Las salidas de vídeo son aconsejables si se pretende observar las fotos en una televisión sin necesidad de usar una computadora, también sirve para hacer presentaciones de un modo sencillo y cómodo.

Las salidas directas para impresora permiten tener copias de las fotos de forma sencilla y casi instantánea, ahora bien las cámaras que tienen esta opción por lo general usan impresoras diseñadas para ello que suelen ser de la misma marca que la cámara.

Opciones especiales.

Existen gran variedad de opciones extra-fotográficas, pero no por ello menos útiles, en los modelos de cámaras digitales. La posibilidad de grabación de voz se está generalizando. Los modelos de gama media y alta incluyen por lo general esta opción, otros modelos más asequibles también incorporan archivos de voz, ya sean asociados a cada toma o no. Las anotaciones escritas son otra opción que está ganando adeptos, conviene destacar la Nikon Cool Pix 300, que permite no solo la grabación de voz sino además viene equipada con una pantalla táctil en la que se puede escribir con la ayuda de un lápiz electrónico, pudiendo hacer anotaciones encima de las imágenes.

La posibilidad de realizar tomas panorámicas de hasta 360° ayudados de los programas que los distribuidores incluyen junto con las cámaras, se puede considerar una opción realmente útil para uso en foto de arquitectura o paisaje. El modelo Agfa ePhoto 1680, permite este tipo de tomas gracias al Software PhotoVista que incluye. También Kodak

comercializa accesorios para la realización de tomas panorámicas para la cámara DC200. Las Casio 200 y 700 asociadas al Software Picture Works permiten también producir imágenes de 360°. El modelo de EpsonPC 600 produce falsas panorámicas cortando la imagen, opción nada desdeñable.

Las cámaras Ricoh RDC 300 y la RDC-2E, junto con la Canon Power Shot 350, tienen la particularidad de poder copiar documentos gracias a su gran macro y la posibilidad de fotografiar en blanco y negro, siendo equiparables a un pequeño escáner portátil.

Se están desarrollando cámaras mixtas de vídeo y foto digital, Canon está desarrollando productos en esta dirección de diferentes calidades y resoluciones con el inconveniente que las cámaras de gama alta son todavía bastante caras y las más asequibles no tienen una resolución demasiado elevadas. Por otro lado ciertas cámaras digitales pueden ser usadas como cámaras de vídeo conferencia.

Para terminar con la presente descripción, y a modo de resumen de las cámaras antes mencionadas, se detalla en el siguiente cuadro una lista de las mismas con las características más importantes.

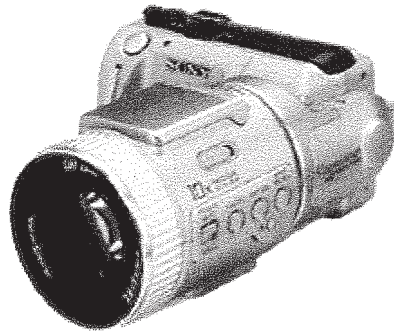
Fabricante	Modelo	Cantidad de pixeles (en megapixeles)	Tamaño máximo de imagen (pixeles x pixeles)	Optica	Almacenamiento
Agfa	ePhoto 1680	1,3	1600 x 1200	propia	Tarjeta SSFDC Smart Media
Canon	Powershot Pro 70	1,68	1536 x 1024	propia	Tarjeta Compac Flash
Canon	Powershot 350	0,35	640 x 480	propia	Tarjeta Compac Flash
Epson	PC-800	2,14	1984 x 1488	propia	Tarjeta Compac Flash
Kodak	DC 210	0,9	1152 x 864	propia	Tarjeta
Kodak	520	2	1728 x 1152	propia	PCMCIA (tipo II y III)
Nikon	Coolpix 100	0,25	512 x 480	propia	Tarjeta PC
Nikon	Coolpix 950	2,11	1600 x 1200	propia	Tarjeta Compac Flash
Nikon	D1	2,74	2012 x 1324	propia	Tarjeta Compac Flash
Olympus	C-840L	1,3	1280 x 960	propia	Tarjeta Smart Media
Olympus	C-1000L	0,85	1024 x 768	propia	Tarjeta Smart Media
Olympus	Ca-Media 1400L	1,4	1280 x 1024	propia	Tarjeta Smart Media
Sony	DSC-F505V	3,34	2240 x 1680	Carl Zeiss	Memory Stick
Sony	MVC FD81	0,7	1024 x 768	propia	Floppy Disk

Elección de la Cámara a utilizar

Luego de realizar un estudio exhaustivo de las características de la mayoría de las cámaras digitales existentes en el mercado, pasaremos a indicar los parámetros tenidos en cuenta por nosotros, que nos llevaron a la elección de la Cámara Digital Sony Cybershot DSC-F505V:

- Cantidad de pixeles: este fue el primer elemento a tener en cuenta para la elección de la cámara digital que se utilizó en nuestro proyecto. Partimos sabiendo que, como se dijo páginas atrás, la mayor cantidad de pixeles resulta en una mejor resolución espacial, pues al aumentar el número de pixeles su tamaño disminuye. Por tal motivo se tomó como conveniente disponer de una cámara que superara los 2 megapíxeles. Esto llevó a descartar cualquiera que no presentara esa característica y por tal motivo se decidió eliminar de nuestra lista al grupo de cámaras de menor resolución y que coinciden con las de costo más bajo (300 a 1000 pesos).
- Almacenamiento: dado que se debía contar con una cámara que nos permitiera almacenar más de 20 imágenes en su memoria, este parámetro tomó una importante relevancia a la hora de elegir. Por ello se descartó las cámaras que poseen memoria interna pues no cumplían con nuestro objetivo y presentaban un segundo inconveniente pues no permitían trabajar con la cámara conectada a la computadora a la vez que se pretendía obtener una fotografía. Por un motivo similar al anterior se descartaron las cámaras que almacenaban sus imágenes en Floppy Disk.
El modelo adoptado por nosotros se denomina Memory Stick y es un invento de Sony que intenta solucionar los problemas antes mencionados. Permite almacenar un máximo de 34 imágenes de 2249 x 1680 en 64 MB (memoria adquirida por nosotros para incorporar a la cámara pues de fábrica trae una tarjeta de 8 MB), en un tamaño 7 veces menor que el Floppy Disk.
- Optica: como la óptica influía bastante en la imagen tomada, se optó por inclinarse hacia cámaras que incorporaban ópticas de marca conocida pues sus características y comportamiento eran previsibles.
- Autonomía de la batería: resultó un parámetro importante para la elección pues debíamos trabajar con la cámara encendida por un período prolongado. La carga máxima que admite nuestra batería fue para 110 minutos de operación.
- Forma de disparo: este elemento nos condicionaba a la hora de confeccionar el sistema de disparo, pues la posición del botón de disparo influiría en el servo a utilizar.
- Precio: este parámetro fue el elegido para tomar la decisión final. Se dividió en tres grupos la lista de cámaras que cumplieron todos los parámetros antes citados: las que oscilaban entre 300 y 1000 pesos (ya descartadas anteriormente por la cantidad de pixeles); las que van de 1001 a 5000 pesos (rango al que pertenece nuestra cámara digital); y las que van desde los 5001 hasta valores superiores (cámaras a las cuales se las denominan profesionales).

Por todos los motivos antes citados se tomo la determinación de adquirir la Cámara Digital Sony Cybershot DSC-F505V.



Cámara Digital Sony Cybershot DSC-F505V

Capítulo 3

LA CALIBRACION DE LA CAMARA

Análisis de las distorsiones provocadas por la cámara.

Para realizar un análisis metodológico y preciso de las deformaciones que puedan llegar a sufrir las imágenes en su etapa de adquisición, debemos realizar un modelado del sistema (cámara), que describa las diferentes variables en juego, y la forma en que influyen, para poder cuantificar su efecto y obtener conclusiones acerca de su importancia.

Dependiendo de la complejidad del modelo utilizado, se deriva su precisión. El más sencillo, modela la cámara fotográfica como una transformación rígida, compuesta por una proyección geométrica y una discretización espacial, (modelo de Pin-Hole). Un modelo más complejo comienza a considerar los efectos de distorsión, analizando la óptica gaussiana y denotando la existencia de los fenómenos de aberración y distorsión óptica.

Las aberraciones hacen que un punto objeto no se transforme en un punto imagen, sino en un conjunto de puntos. La razón física de esto es que los rayos provenientes del punto objeto convergen en distintos puntos del plano imagen. De esto resulta que cada punto de la imagen depende de un punto objeto y sus puntos objeto vecinos.

Si las aberraciones ópticas se corrigieran tendríamos una correspondencia punto a punto, en el que el correspondiente de cada punto se desviaría de su imagen gaussiana (proyección) en una magnitud proporcional a su distancia al eje óptico, denominándose a este efecto distorsión óptica (que puede ser corregida ópticamente). El centro de distorsión, que presenta simetría radial, es el eje de la lente.

Una distorsión como la que se mencionó anteriormente, se denomina radial, y su deducción, junto con las aberraciones ópticas, se basa en que la lente tenga simetría perfecta. En el caso más general una lente no posee esa simetría, por lo que tendremos además distorsiones no radiales que pueden ser modeladas matemáticamente por deformaciones locales, así podríamos considerar un modelo más completo que contempla las distorsiones locales.

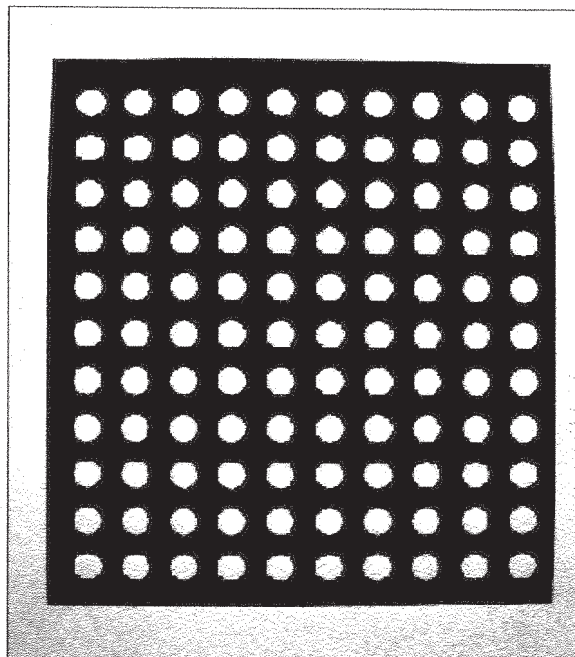
Podemos aclarar que los modelos antes mencionados poseen parámetros intrínsecos, que no dependen de la posición de la cámara, o sea que dependen únicamente de las características de la cámara.

Para la puesta en práctica del análisis antes mencionado, nos apoyamos en el trabajo realizado por los Ingenieros Electrónicos Andrés Azar y Pablo Musé, pertenecientes a la Universidad de la República (Uruguay). El mismo fue objeto de su tesis final, y consistió en la investigación y desarrollo de un software de calibración, que permite a partir de imágenes de patrones preestablecidos, obtenidas con la cámara en análisis y en ciertas condiciones preestablecidas, obtener los parámetros de los diferentes modelos, y por medio de una transformación inversa poder llegar a corregir las deformaciones de las imágenes.

Luego de ponernos en contacto con las personas antes mencionadas vía e-mail, intentamos adaptar nuestra situación a los requerimientos del software diseñado, para ello debimos interiorizarnos en sus principios de funcionamiento y cuales serían los pasos prácticos a seguir en la calibración.

Así podemos describir el proceso en etapas de la siguiente manera:

- Elaboración de un patrón de referencia que consistió en una plancha rígida color blanca, sobre la que se fijó uniformemente una hoja impresa con un fondo negro y un arreglo simétrico de 110 círculos blancos distribuidos uniformemente como se observa en el gráfico, y cuya separación constante se determinó con precisión a partir de su diseño en un programa CAD, para luego ser impreso con una impresora a inyección de tinta.



- Obtención de tres fotografías de la placa de calibración, ubicada ortogonal al eje de toma y a tres distancias conocidas de la cámara. Como condición adicional se tuvo la precaución de que la iluminación fuese uniforme sobre todo el patrón para evitar errores por diferencias de tono en el análisis del software.
- Ingreso de las imágenes y los datos de toma y patrón al software de análisis.

Debido a incompatibilidades entre el software y nuestras imágenes, por ser este diseñado para cámaras de vídeo de baja resolución (nos permite trabajar con imágenes de tamaño menor al utilizado por nosotros y en blanco y negro), no nos fue posible la obtención de resultados satisfactorios, a pesar de que enviamos las tomas de calibración a los autores del programa, quienes nos enviaron los parámetros de los modelos matemáticos, información que nos resulto de escasa utilidad practica para la utilización del programa.

Todo lo antedicho nos condujo a la necesidad de recurrir a algún método alternativo para el análisis de las deformaciones en la cámara digital.

Análisis de distorsiones mediante un modelo digital de deformaciones

La búsqueda de un método sencillo, expeditivo, practico y con precisiones razonables nos llevo a la realización de un nuevo análisis que consistió en:

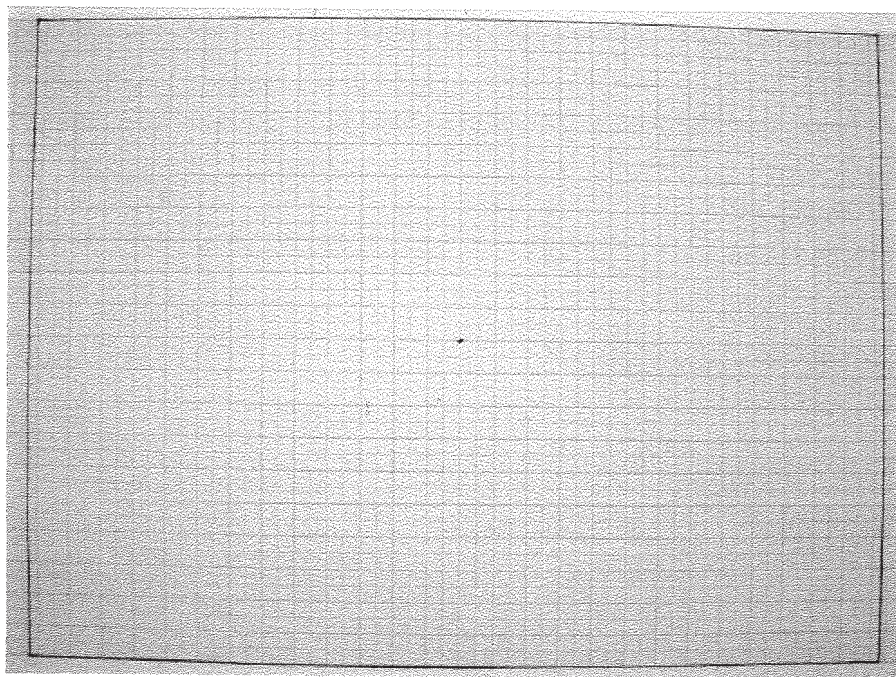
- Elección de un nuevo patrón de calibración de características geométricas estables y precisas.
- Toma de una fotografía ortogonal al patrón y que lo enmarcara en su totalidad. Además se tuvo la precaución de que el eje de toma coincidiera con el centro geométrico del patrón.
- Análisis de la imagen obtenida con un programa CAD.
- Modelado de los errores con un software que posibilito la creación de modelos digitales.

Seguidamente haremos un análisis mas detallado de los puntos antes mencionados.

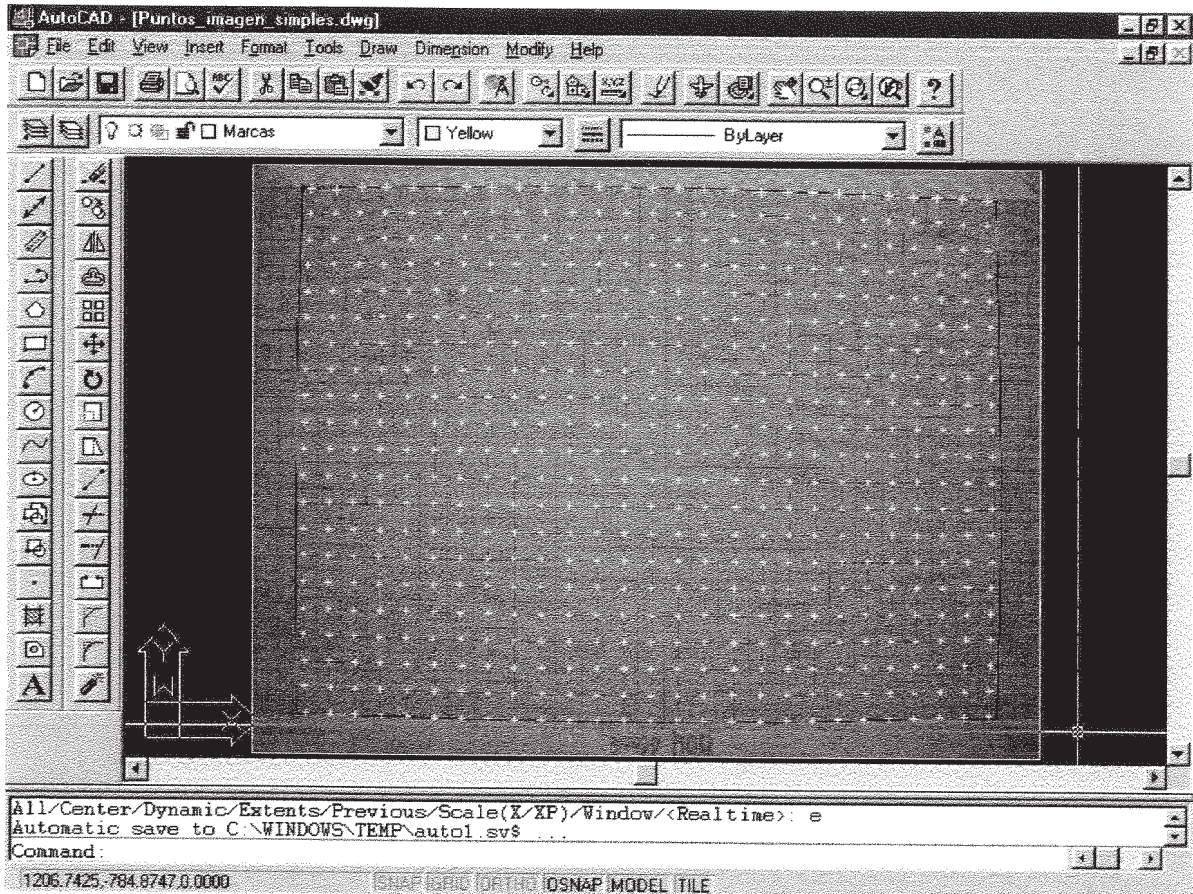
- El patrón utilizado fue una hoja de papel milimetrado, lineal, que pose un cuadrículado principal de 10 mm de separación, líneas secundarias cada 5 mm y finalmente cada 1 mm

líneas mas claras y delgadas. Esta hoja es de color blanco y las líneas color anaranjado, lo que le da un contraste aceptable para nuestros fines.

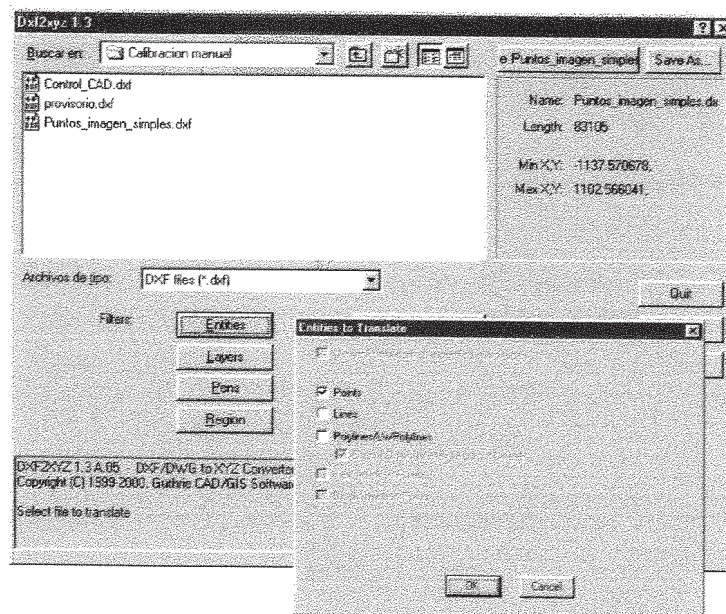
- Se marco sobre el mencionado patrón un rectángulo que tuviera la proporción 4/3 entre ancho y alto, de forma que fuese proporcional al tamaño de la imagen y se identifico mediante una pequeña marca el centro de la hoja.



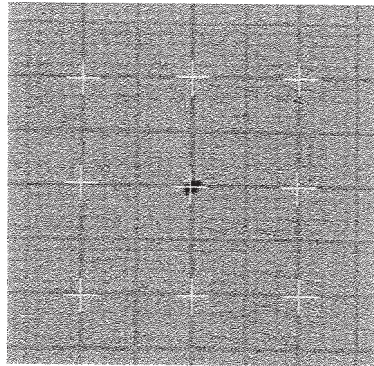
- Luego se tomo una fotografia del patrón de calibración de forma que este estuviera correctamente centrado y ubicado , además de coincidir el centro de toma y centro de la placa. Para lograr este objetivo se fijo la hoja en una superficie liza vertical. A una distancia tentativa se monto la cámara, horizontalizada mediante el uso de niveles tubulares del trípode que la sostenía. Seguidamente se utilizó una función de la cámara que mide puntualmente la luminosidad de la imagen y muestra una pequeña cruz en el centro de la imagen, la cual se hizo coincidir con el centro geométrico del patrón. Luego resto variar la distancia cámara-plantilla hasta encuadrar la misma completamente en el visor.
- Seguidamente se importo en AutoCad la imagen antes obtenida y se la escalo de forma tal que a cada unidad de dibujo CAD correspondiera un pixel de la imagen. Esto se realizo teniendo en cuenta que el tamaño de las imágenes era de 2240 x 1680 pixeles, y que al ser importada como imagen raster en AutoCad adquiere una escala y sistema de referencia arbitrario. Luego utilizando como punto de referencia una de las esquinas de la imagen se aplico un escalado utilizando un factor que resulto del calculo del cociente entre 2240 y la distancia que se obtuvo de medir la longitud de la imagen sobre AutoCad. Finalmente se traslado la imagen para que el centro del patrón (marca), coincidiera con el origen (0,0) del sistema CAD.
- En cada una de las intersecciones de las líneas principales (separación de 10 mm), se dibujo un punto, de esta forma se individualizo la posición de la intersección en la imagen bajo análisis y con supuesta deformación.



- Estos puntos se grabaron en formato DXF, vectorial de intercambio entre distintos software CAD.
- Luego usando un programa denominado DXF2XYZ Versión 1.3 se convirtió esa nube de puntos en una planilla de coordenadas que se importo en Excel para su manipulación. En resumen, hasta aquí se obtuvieron las coordenadas de los puntos sobre la imagen con error para compararse con los valores que deberían tener idealmente.



- Para obtener los valores ideales, analizamos en AutoCAD el entorno central de la imagen, donde en teoría las deformaciones son menores, y determinamos el tamaño de la cuadrícula en pixeles por promedio de medidas a los cuatro puntos mas próximos, resultando 77.482 pixeles, separación de líneas principales. Así, partiendo del mismo origen, se calcularon las coordenadas reales de cada intersección, también mediante el uso de una planilla Excel.



- Se compararon las coordenadas obtenidas por ambos métodos y se calculó el modulo del error, también en la planilla de calculo, siendo los resultados los siguientes:

Coord. Imagen	Coord. Teóricas	Error	Coord. Imagen	Coord. Teóricas	Error
-967.10	745.16	-1007.27	774.82	49.93	
-895.20	742.72	-929.79	774.82	47.18	
-822.08	748.81	-852.30	774.82	39.87	
-748.96	751.24	-774.82	774.82	34.99	
-675.84	751.24	-697.34	774.82	31.91	
-601.51	751.24	-619.86	774.82	29.88	
-525.95	752.46	-542.38	774.82	27.75	
-452.83	754.90	-464.89	774.82	23.29	
-376.05	753.68	-387.41	774.82	24.00	
-301.72	753.68	-309.93	774.82	22.68	
-225.19	754.90	-232.45	774.82	21.21	
-149.63	756.11	-154.96	774.82	19.45	
-74.07	754.90	-77.48	774.82	20.21	
0.27	752.46	0.00	774.82	22.36	
75.82	752.46	77.48	774.82	22.42	
151.38	751.24	154.96	774.82	23.85	
226.94	750.03	232.45	774.82	25.40	
302.49	746.37	309.93	774.82	29.40	
376.83	746.37	387.41	774.82	30.35	
449.95	743.94	464.89	774.82	34.31	
522.82	741.51	542.38	774.82	38.63	
597.16	737.85	619.86	774.82	43.38	
669.06	736.64	697.34	774.82	47.52	
738.53	731.77	774.82	774.82	56.31	
807.99	730.55	852.30	774.82	62.64	
879.89	726.90	929.79	774.82	69.18	
949.35	725.68	1007.27	774.82	75.95	
-970.46	672.61	-1007.27	697.34	44.35	
-897.97	674.60	-929.79	697.34	39.11	
-989.92	-73.27	-1007.27	-77.48	17.85	
-917.38	-73.27	-929.79	-77.48	13.10	
-841.26	-73.27	-852.30	-77.48	11.81	
-767.53	-74.46	-774.82	-77.48	7.89	
-692.61	-74.46	-697.34	-77.48	5.61	
-618.88	-73.27	-619.86	-77.48	4.32	
-542.76	-75.65	-542.38	-77.48	1.87	
-466.65	-74.46	-464.89	-77.48	3.50	
-389.59	-75.65	-387.41	-77.48	2.85	
-312.29	-75.65	-309.93	-77.48	2.99	
-232.61	-76.84	-232.45	-77.48	0.66	
-157.69	-76.84	-154.96	-77.48	2.80	
-79.20	-78.03	-77.48	-77.48	1.80	
0.48	-79.21	0.00	-77.48	1.80	
77.78	-78.03	77.48	-77.48	0.62	
155.08	-76.84	154.96	-77.48	0.65	
232.38	-78.03	232.45	-77.48	0.55	
308.26	-79.21	309.93	-77.48	2.41	
384.37	-79.21	387.41	-77.48	3.50	
459.29	-80.40	464.89	-77.48	6.32	
534.21	-79.21	542.38	-77.48	8.35	
610.32	-79.21	619.86	-77.48	9.69	
681.68	-80.40	697.34	-77.48	15.93	
754.22	-79.21	774.82	-77.48	20.67	
825.58	-80.40	852.30	-77.48	26.89	
895.74	-80.40	929.79	-77.48	34.17	
966.86	-80.40	1007.27	-77.48	40.52	
-989.92	-149.31	-1007.27	-154.96	18.25	
-916.19	-149.31	-929.79	-154.96	14.73	

-825.15	675.93	-852.30	697.34	34.58		-844.83	-149.31	-852.30	-154.96	9.37
-752.39	677.26	-774.82	697.34	30.10		-767.53	-150.49	-774.82	-154.96	8.55
-678.24	677.93	-697.34	697.34	27.23		-691.42	-150.49	-697.34	-154.96	7.42
-603.49	679.25	-619.86	697.34	24.39		-617.69	-150.49	-619.86	-154.96	4.97
-528.67	680.91	-542.38	697.34	21.39		-543.95	-151.68	-542.38	-154.96	3.64
-453.86	681.25	-464.89	697.34	19.51		-466.65	-151.68	-464.89	-154.96	3.72
-378.77	681.58	-387.41	697.34	17.97		-389.59	-154.06	-387.41	-154.96	2.36
-302.73	682.38	-309.93	697.34	16.61		-312.29	-152.87	-309.93	-154.96	3.16
-226.91	682.38	-232.45	697.34	15.96		-233.80	-152.87	-232.45	-154.96	2.49
-151.43	682.38	-154.96	697.34	15.38		-157.69	-152.87	-154.96	-154.96	3.44
-75.32	682.67	-77.48	697.34	14.82		-80.39	-154.06	-77.48	-154.96	3.04
0.83	681.01	0.00	697.34	16.35		-0.71	-154.06	0.00	-154.96	1.15
76.65	680.68	77.48	697.34	16.68		76.59	-156.43	77.48	-154.96	1.72
152.39	680.68	154.96	697.34	16.86		156.27	-155.25	154.96	-154.96	1.34
226.88	678.69	232.45	697.34	19.46		233.57	-155.25	232.45	-154.96	1.16
302.29	677.36	309.93	697.34	21.39		308.26	-154.06	309.93	-154.96	1.90
377.11	675.03	387.41	697.34	24.57		384.37	-154.06	387.41	-154.96	3.18
451.26	672.71	464.89	697.34	28.15		459.29	-156.43	464.89	-154.96	5.79
524.35	670.05	542.38	697.34	32.70		534.21	-156.43	542.38	-154.96	8.29
597.17	667.73	619.86	697.34	37.30		609.13	-154.06	619.86	-154.96	10.76
669.00	664.74	697.34	697.34	43.20		681.68	-154.06	697.34	-154.96	15.69
740.42	661.71	774.82	697.34	49.52		753.03	-155.25	774.82	-154.96	21.79
811.58	659.06	852.30	697.34	55.89		825.58	-155.25	852.30	-154.96	26.73
882.01	656.33	929.79	697.34	62.96		896.93	-156.43	929.79	-154.96	32.89
951.84	653.34	1007.27	697.34	70.77		966.86	-154.06	1007.27	-154.96	40.42
-973.78	599.60	-1007.27	619.86	39.14		-991.11	-224.15	-1007.27	-232.45	18.16
-901.29	601.92	-929.79	619.86	33.67		-917.38	-225.34	-929.79	-232.45	14.30
-827.87	602.92	-852.30	619.86	29.73		-843.64	-226.53	-852.30	-232.45	10.49
-755.05	604.58	-774.82	619.86	24.98		-767.53	-227.71	-774.82	-232.45	8.69
-680.23	605.58	-697.34	619.86	22.28		-696.18	-228.90	-697.34	-232.45	3.73
-605.48	607.24	-619.86	619.86	19.13		-617.69	-230.09	-619.86	-232.45	3.20
-531.33	608.57	-542.38	619.86	15.79		-545.14	-228.90	-542.38	-232.45	4.50
-455.59	608.90	-464.89	619.86	14.38		-466.65	-230.09	-464.89	-232.45	2.94
-380.10	609.56	-387.41	619.86	12.62		-388.40	-231.28	-387.41	-232.45	1.53
-303.96	609.90	-309.93	619.86	11.61		-312.29	-231.28	-309.93	-232.45	2.64
-228.54	610.23	-232.45	619.86	10.39		-232.61	-231.28	-232.45	-232.45	1.18
-152.06	609.56	-154.96	619.86	10.69		-156.50	-231.28	-154.96	-232.45	1.93
-75.98	609.56	-77.48	619.86	10.40		-79.20	-231.28	-77.48	-232.45	2.08
0.50	609.56	0.00	619.86	10.30		-1.90	-232.47	0.00	-232.45	1.90
77.24	607.90	77.48	619.86	11.96		76.59	-232.47	77.48	-232.45	0.89
152.73	607.24	154.96	619.86	12.81		152.70	-232.47	154.96	-232.45	2.26
228.54	606.24	232.45	619.86	14.16		232.38	-232.47	232.45	-232.45	0.07
303.62	604.58	309.93	619.86	16.53		308.26	-232.47	309.93	-232.45	1.67
379.11	602.59	387.41	619.86	19.16		384.37	-232.47	387.41	-232.45	3.04
453.52	600.23	464.89	619.86	22.68		459.29	-232.47	464.89	-232.45	5.60
526.34	597.91	542.38	619.86	27.18		534.21	-234.84	542.38	-232.45	8.51
599.17	595.25	619.86	619.86	32.15		607.94	-231.28	619.86	-232.45	11.97
671.26	592.59	697.34	619.86	37.73		682.87	-231.28	697.34	-232.45	14.52
742.75	589.60	774.82	619.86	44.09		751.84	-231.28	774.82	-232.45	23.01
813.91	587.28	852.30	619.86	50.36		825.58	-231.28	852.30	-232.45	26.75
884.00	584.62	929.79	619.86	57.77		896.93	-230.09	929.79	-232.45	32.94
954.83	582.29	1007.27	619.86	64.50		968.05	-230.09	1007.27	-232.45	39.29

LEANDRO V. SOTO
N° 46301

IRENE SOLTE WILDE
N° 45954

MARCELO O. LOTO
N° 42679

-975.78	526.52	-1007.27	542.38	35.26		-988.73	-298.99	-1007.27	-309.93	21.52
-902.96	528.18	-929.79	542.38	30.35		-917.38	-301.37	-929.79	-309.93	15.07
-830.20	529.18	-852.30	542.38	25.74		-843.64	-302.56	-852.30	-309.93	11.37
-757.05	530.18	-774.82	542.38	21.56		-769.91	-302.56	-774.82	-309.93	8.86
-682.90	532.50	-697.34	542.38	17.50		-693.80	-303.75	-697.34	-309.93	7.12
-608.14	534.16	-619.86	542.38	14.31		-618.88	-303.75	-619.86	-309.93	6.26
-533.33	534.49	-542.38	542.38	12.00		-543.95	-303.75	-542.38	-309.93	6.38
-457.25	535.16	-464.89	542.38	10.51		-465.46	-306.12	-464.89	-309.93	3.85
-381.77	535.82	-387.41	542.38	8.65		-389.59	-306.12	-387.41	-309.93	4.39
-305.29	535.82	-309.93	542.38	8.03		-312.29	-307.31	-309.93	-309.93	3.53
-229.54	536.15	-232.45	542.38	6.87		-233.80	-309.69	-232.45	-309.93	1.38
-152.39	536.15	-154.96	542.38	6.73		-156.50	-309.69	-154.96	-309.93	1.55
-75.65	536.49	-77.48	542.38	6.17		-76.82	-309.69	-77.48	-309.93	0.70
1.16	535.16	0.00	542.38	7.31		-0.71	-308.50	0.00	-309.93	1.60
77.58	534.49	77.48	542.38	7.88		76.59	-308.50	77.48	-309.93	1.69
154.06	533.50	154.96	542.38	8.92		156.27	-309.69	154.96	-309.93	1.33
229.21	532.17	232.45	542.38	10.71		232.38	-309.69	232.45	-309.93	0.25
304.62	531.50	309.93	542.38	12.10		308.26	-310.87	309.93	-309.93	1.92
380.77	528.51	387.41	542.38	15.37		383.18	-309.69	387.41	-309.93	4.24
453.86	526.49	464.89	542.38	19.34		459.29	-308.50	464.89	-309.93	5.78
528.67	524.83	542.38	542.38	22.26		535.40	-307.31	542.38	-309.93	7.45
601.16	522.17	619.86	542.38	27.53		610.32	-307.31	619.86	-309.93	9.89
672.59	519.51	697.34	542.38	33.70		680.49	-307.31	697.34	-309.93	17.05
745.08	517.52	774.82	542.38	38.76		753.03	-306.12	774.82	-309.93	22.12
816.24	514.86	852.30	542.38	45.36		825.58	-304.93	852.30	-309.93	27.19
887.00	512.54	929.79	542.38	52.17		896.93	-304.93	929.79	-309.93	33.23
956.49	509.88	1007.27	542.38	60.28		968.05	-303.75	1007.27	-309.93	39.71
-977.82	451.16	-1007.27	464.89	32.49		-991.11	-375.03	-1007.27	-387.41	20.36
-905.36	453.27	-929.79	464.89	27.05		-918.57	-377.40	-929.79	-387.41	15.04
-831.83	454.33	-852.30	464.89	23.04		-843.64	-376.21	-852.30	-387.41	14.16
-758.83	455.91	-774.82	464.89	18.34		-768.72	-379.78	-774.82	-387.41	9.77
-684.36	456.97	-697.34	464.89	15.21		-692.61	-379.78	-697.34	-387.41	8.98
-609.77	459.08	-619.86	464.89	11.64		-617.69	-382.15	-619.86	-387.41	5.69
-534.66	458.55	-542.38	464.89	9.99		-542.76	-383.34	-542.38	-387.41	4.09
-459.02	459.61	-464.89	464.89	7.90		-465.46	-383.32	-464.89	-387.41	4.13
-382.42	460.14	-387.41	464.89	6.89		-389.59	-384.53	-387.41	-387.41	3.61
-306.78	459.61	-309.93	464.89	6.15		-313.48	-384.53	-309.93	-387.41	4.57
-229.55	461.20	-232.45	464.89	4.69		-234.99	-385.72	-232.45	-387.41	3.06
-152.43	460.14	-154.96	464.89	5.39		-156.50	-385.72	-154.96	-387.41	2.29
-76.26	460.67	-77.48	464.89	4.40		-80.39	-388.09	-77.48	-387.41	2.99
1.50	459.08	0.00	464.89	6.00		-0.71	-385.72	0.00	-387.41	1.84
77.67	459.08	77.48	464.89	5.81		75.40	-385.72	77.48	-387.41	2.68
154.79	458.55	154.96	464.89	6.34		153.89	-385.72	154.96	-387.41	2.00
229.90	456.97	232.45	464.89	8.32		228.82	-385.72	232.45	-387.41	4.01
306.07	455.91	309.93	464.89	9.77		308.26	-385.72	309.93	-387.41	2.38
381.72	454.33	387.41	464.89	12.00		383.18	-384.53	387.41	-387.41	5.12
456.19	452.21	464.89	464.89	15.38		458.10	-384.53	464.89	-387.41	7.38
529.72	450.10	542.38	464.89	19.47		535.40	-383.34	542.38	-387.41	8.07
603.77	447.99	619.86	464.89	23.33		605.57	-383.34	619.86	-387.41	14.86
676.24	445.87	697.34	464.89	28.41		680.49	-382.15	697.34	-387.41	17.65
747.55	443.76	774.82	464.89	34.51		751.84	-382.15	774.82	-387.41	23.57
818.43	441.65	852.30	464.89	41.09		824.39	-379.78	852.30	-387.41	28.94

889.84	439.00	929.79	464.89	47.60	895.74	-378.59	929.79	-387.41	35.17
960.19	436.89	1007.27	464.89	54.78	965.67	-378.59	1007.27	-387.41	42.53
-979.94	378.24	-1007.27	387.41	28.83	-988.73	-452.13	-1007.27	-464.89	22.51
-906.41	378.24	-929.79	387.41	25.11	-917.38	-453.31	-929.79	-464.89	16.97
-833.42	379.29	-852.30	387.41	20.56	-843.64	-455.69	-852.30	-464.89	12.64
-759.89	380.35	-774.82	387.41	16.52	-767.53	-456.88	-774.82	-464.89	10.83
-685.41	381.41	-697.34	387.41	13.35	-693.80	-458.07	-697.34	-464.89	7.69
-610.83	382.46	-619.86	387.41	10.29	-617.69	-459.25	-619.86	-464.89	6.04
-535.72	383.52	-542.38	387.41	7.71	-543.00	-462.82	-542.38	-464.89	2.17
-461.13	385.11	-464.89	387.41	4.41	-463.32	-461.63	-464.89	-464.89	3.62
-383.48	385.11	-387.41	387.41	4.56	-388.40	-464.01	-387.41	-464.89	1.33
-307.84	385.11	-309.93	387.41	3.11	-312.29	-464.01	-309.93	-464.89	2.52
-230.61	384.58	-232.45	387.41	3.38	-234.99	-464.01	-232.45	-464.89	2.69
-153.49	385.11	-154.96	387.41	2.74	-157.69	-464.01	-154.96	-464.89	2.87
-76.26	385.63	-77.48	387.41	2.16	-81.58	-466.38	-77.48	-464.89	4.36
0.97	384.58	0.00	387.41	2.99	-1.90	-464.01	0.00	-464.89	2.10
78.20	384.05	77.48	387.41	3.44	75.40	-465.19	77.48	-464.89	2.10
154.79	382.46	154.96	387.41	4.95	154.84	-463.89	154.96	-464.89	1.01
231.49	381.93	232.45	387.41	5.56	229.77	-463.89	232.45	-464.89	2.86
307.13	380.88	309.93	387.41	7.11	304.69	-463.89	309.93	-464.89	5.34
382.24	378.76	387.41	387.41	10.07	381.99	-462.70	387.41	-464.89	5.85
457.25	377.71	464.89	387.41	12.35	456.91	-462.70	464.89	-464.89	8.28
531.31	375.59	542.38	387.41	16.19	531.83	-460.32	542.38	-464.89	11.49
604.30	373.48	619.86	387.41	20.88	605.57	-459.14	619.86	-464.89	15.41
677.30	372.42	697.34	387.41	25.02	678.11	-459.14	697.34	-464.89	20.07
749.66	370.31	774.82	387.41	30.42	749.46	-456.76	774.82	-464.89	26.63
821.07	368.72	852.30	387.41	36.39	822.96	-456.76	852.30	-464.89	30.45
891.95	366.08	929.79	387.41	43.43	894.31	-455.57	929.79	-464.89	36.68
960.72	363.97	1007.27	387.41	52.12	964.48	-453.20	1007.27	-464.89	44.36
-982.06	304.26	-1007.27	309.93	25.84	-988.73	-525.78	-1007.27	-542.38	24.88
-909.06	304.26	-929.79	309.93	21.49	-913.81	-529.35	-929.79	-542.38	20.62
-835.53	304.79	-852.30	309.93	17.54	-841.26	-530.53	-852.30	-542.38	16.19
-762.01	305.32	-774.82	309.93	13.62	-768.72	-532.91	-774.82	-542.38	11.26
-687.53	306.90	-697.34	309.93	10.27	-693.80	-532.91	-697.34	-542.38	10.11
-612.42	308.49	-619.86	309.93	7.58	-620.07	-536.47	-619.86	-542.38	5.91
-537.30	308.49	-542.38	309.93	5.27	-540.63	-536.47	-542.38	-542.38	6.16
-461.13	308.49	-464.89	309.93	4.03	-465.70	-537.66	-464.89	-542.38	4.78
-385.07	309.01	-387.41	309.93	2.51	-389.59	-538.85	-387.41	-542.38	4.15
-307.84	309.54	-309.93	309.93	2.12	-311.10	-540.04	-309.93	-542.38	2.62
-230.61	309.54	-232.45	309.93	1.88	-234.99	-541.23	-232.45	-542.38	2.79
-154.02	308.49	-154.96	309.93	1.73	-156.50	-541.23	-154.96	-542.38	1.92
-77.32	310.07	-77.48	309.93	0.22	-80.39	-541.23	-77.48	-542.38	3.13
0.97	308.49	0.00	309.93	1.74	-0.71	-541.23	0.00	-542.38	1.35
78.73	307.96	77.48	309.93	2.33	73.02	-541.23	77.48	-542.38	4.60
154.79	307.43	154.96	309.93	2.51	153.65	-538.73	154.96	-542.38	3.87
231.49	306.90	232.45	309.93	3.18	228.58	-541.11	232.45	-542.38	4.07
308.19	305.84	309.93	309.93	4.44	304.69	-539.92	309.93	-542.38	5.79
382.77	305.32	387.41	309.93	6.54	380.80	-538.73	387.41	-542.38	7.55
458.31	302.67	464.89	309.93	9.80	456.91	-538.73	464.89	-542.38	8.77
532.36	301.09	542.38	309.93	13.36	530.64	-536.36	542.38	-542.38	13.19
605.89	300.03	619.86	309.93	17.12	604.38	-535.17	619.86	-542.38	17.08
677.83	298.45	697.34	309.93	22.64	678.11	-533.98	697.34	-542.38	20.98

LEANDRO V. SOTO
N° 46301

IRENE SOLTE WILDE
N° 45954

MARCELO O. LOTO
N° 42679

751.78	296.33	774.82	309.93	26.76		749.46	-531.60	774.82	-542.38	27.55
822.13	294.75	852.30	309.93	33.78		821.77	-530.42	852.30	-542.38	32.79
893.01	292.63	929.79	309.93	40.64		893.12	-528.04	929.79	-542.38	39.36
962.31	291.05	1007.27	309.93	48.77		963.29	-526.85	1007.27	-542.38	46.64
-984.08	228.30	-1007.27	232.45	23.55		-985.16	-600.63	-1007.27	-619.86	29.30
-910.65	229.07	-929.79	232.45	19.43		-915.00	-603.00	-929.79	-619.86	22.42
-836.45	229.07	-852.30	232.45	16.21		-840.08	-605.38	-852.30	-619.86	18.95
-763.01	229.83	-774.82	232.45	12.10		-766.34	-606.57	-774.82	-619.86	15.77
-690.34	229.83	-697.34	232.45	7.47		-691.42	-608.94	-697.34	-619.86	12.42
-613.92	231.11	-619.86	232.45	6.09		-616.50	-610.13	-619.86	-619.86	10.29
-538.37	231.68	-542.38	232.45	4.07		-539.44	-612.51	-542.38	-619.86	7.92
-462.26	232.83	-464.89	232.45	2.66		-464.51	-613.69	-464.89	-619.86	6.18
-386.26	232.26	-387.41	232.45	1.17		-388.40	-617.26	-387.41	-619.86	2.78
-308.42	232.26	-309.93	232.45	1.52		-311.10	-616.07	-309.93	-619.86	3.97
-232.31	232.26	-232.45	232.45	0.24		-233.80	-617.26	-232.45	-619.86	2.93
-154.47	232.26	-154.96	232.45	0.53		-156.50	-617.26	-154.96	-619.86	3.02
-76.76	232.26	-77.48	232.45	0.75		-79.20	-618.45	-77.48	-619.86	2.22
1.65	231.11	0.00	232.45	2.12		-1.90	-617.26	0.00	-619.86	3.22
77.19	231.11	77.48	232.45	1.37		74.21	-616.07	77.48	-619.86	5.00
153.88	229.97	154.96	232.45	2.70		152.46	-617.14	154.96	-619.86	3.69
231.60	229.40	232.45	232.45	3.16		228.58	-615.95	232.45	-619.86	5.50
308.29	228.83	309.93	232.45	3.98		303.50	-614.76	309.93	-619.86	8.20
383.83	228.83	387.41	232.45	5.09		380.80	-613.58	387.41	-619.86	9.12
458.80	227.68	464.89	232.45	7.73		453.34	-612.39	464.89	-619.86	13.75
533.77	225.97	542.38	232.45	10.77		529.45	-612.39	542.38	-619.86	14.92
607.49	224.25	619.86	232.45	14.84		603.19	-610.01	619.86	-619.86	19.36
680.74	221.96	697.34	232.45	19.63		676.92	-608.82	697.34	-619.86	23.21
751.13	220.82	774.82	232.45	26.39		748.28	-605.26	774.82	-619.86	30.29
823.82	219.11	852.30	232.45	31.46		820.58	-604.07	852.30	-619.86	35.43
894.67	218.53	929.79	232.45	37.77		889.56	-601.70	929.79	-619.86	44.14
964.49	216.82	1007.27	232.45	45.54		962.10	-600.51	1007.27	-619.86	49.14
-985.61	153.41	-1007.27	154.96	21.71		-985.16	-674.28	-1007.27	-697.34	31.94
-912.54	154.50	-929.79	154.96	17.25		-911.43	-676.66	-929.79	-697.34	27.65
-838.72	154.50	-852.30	154.96	13.59		-838.89	-680.22	-852.30	-697.34	21.75
-764.89	154.50	-774.82	154.96	9.94		-765.15	-681.41	-774.82	-697.34	18.63
-689.46	154.50	-697.34	154.96	7.89		-691.42	-682.60	-697.34	-697.34	15.89
-615.06	155.08	-619.86	154.96	4.80		-615.31	-684.97	-619.86	-697.34	13.18
-538.95	155.65	-542.38	154.96	3.50		-539.44	-686.16	-542.38	-697.34	11.56
-463.40	156.22	-464.89	154.96	1.95		-464.51	-688.54	-464.89	-697.34	8.81
-386.26	156.22	-387.41	154.96	1.70		-389.59	-689.73	-387.41	-697.34	7.92
-310.14	155.65	-309.93	154.96	0.72		-308.72	-690.91	-309.93	-697.34	6.54
-231.73	156.22	-232.45	154.96	1.44		-232.61	-692.10	-232.45	-697.34	5.24
-155.62	155.08	-154.96	154.96	0.66		-157.69	-692.10	-154.96	-697.34	5.90
-77.33	154.50	-77.48	154.96	0.49		-80.39	-692.10	-77.48	-697.34	5.99
1.08	155.08	0.00	154.96	1.08		-3.09	-692.10	0.00	-697.34	6.08
77.19	154.50	77.48	154.96	0.54		74.21	-692.10	77.48	-697.34	6.17
155.03	153.36	154.96	154.96	1.60		152.46	-693.17	154.96	-697.34	4.86
231.60	152.79	232.45	154.96	2.33		226.20	-689.61	232.45	-697.34	9.94
308.29	152.22	309.93	154.96	3.20		302.31	-689.61	309.93	-697.34	10.86
384.98	151.65	387.41	154.96	4.12		378.42	-688.42	387.41	-697.34	12.66
459.95	151.07	464.89	154.96	6.29		453.34	-686.04	464.89	-697.34	16.16
532.63	149.93	542.38	154.96	10.97		528.27	-686.04	542.38	-697.34	18.07

609.20	148.79	619.86	154.96	12.32		604.38	-682.48	619.86	-697.34	21.46
681.31	147.64	697.34	154.96	17.62		675.73	-681.29	697.34	-697.34	26.92
752.85	147.64	774.82	154.96	23.16		745.90	-680.10	774.82	-697.34	33.67
824.96	145.36	852.30	154.96	28.98		818.20	-676.54	852.30	-697.34	39.94
895.81	143.64	929.79	154.96	35.81		889.56	-675.35	929.79	-697.34	45.85
965.06	142.50	1007.27	154.96	44.01		959.72	-672.98	1007.27	-697.34	53.43
-986.38	78.53	-1007.27	77.48	20.91		-982.78	-749.13	-1007.27	-774.82	35.49
-913.69	78.47	-929.79	77.48	16.13		-911.43	-751.50	-929.79	-774.82	29.68
-839.86	79.04	-852.30	77.48	12.54		-837.70	-752.69	-852.30	-774.82	26.52
-766.61	79.04	-774.82	77.48	8.36		-763.96	-755.07	-774.82	-774.82	22.54
-691.18	77.90	-697.34	77.48	6.18		-689.04	-756.25	-697.34	-774.82	20.34
-616.21	79.04	-619.86	77.48	3.97		-614.12	-759.82	-619.86	-774.82	16.06
-540.66	79.04	-542.38	77.48	2.31		-538.25	-762.19	-542.38	-774.82	13.29
-465.12	79.04	-464.89	77.48	1.57		-463.32	-763.38	-464.89	-774.82	11.55
-387.40	78.47	-387.41	77.48	0.99		-387.21	-764.57	-387.41	-774.82	10.25
-310.71	78.47	-309.93	77.48	1.26		-309.91	-764.57	-309.93	-774.82	10.25
-232.88	79.61	-232.45	77.48	2.17		-233.80	-766.95	-232.45	-774.82	7.99
-154.47	78.47	-154.96	77.48	1.10		-156.50	-766.95	-154.96	-774.82	8.02
-76.76	76.75	-77.48	77.48	1.03		-80.39	-765.76	-77.48	-774.82	9.52
-0.07	77.32	0.00	77.48	0.17		-4.28	-766.95	0.00	-774.82	8.96
77.77	76.18	77.48	77.48	1.33		74.21	-763.38	77.48	-774.82	11.90
155.03	77.32	154.96	77.48	0.17		151.28	-764.45	154.96	-774.82	11.01
231.60	76.18	232.45	77.48	1.55		225.01	-764.45	232.45	-774.82	12.76
308.29	76.18	309.93	77.48	2.09		301.12	-764.45	309.93	-774.82	13.61
384.40	75.61	387.41	77.48	3.54		377.23	-762.08	387.41	-774.82	16.31
460.52	73.89	464.89	77.48	5.66		450.96	-760.89	464.89	-774.82	19.70
533.77	74.47	542.38	77.48	9.11		524.70	-758.51	542.38	-774.82	24.05
609.20	73.32	619.86	77.48	11.44		599.62	-757.32	619.86	-774.82	26.75
680.74	72.75	697.34	77.48	17.26		672.16	-754.95	697.34	-774.82	32.07
754.57	71.04	774.82	77.48	21.25		744.71	-751.38	774.82	-774.82	38.16
825.53	71.04	852.30	77.48	27.54		815.82	-747.82	852.30	-774.82	45.39
895.81	70.46	929.79	77.48	34.69		887.18	-749.01	929.79	-774.82	49.82
966.20	68.75	1007.27	77.48	41.98		958.53	-745.44	1007.27	-774.82	56.91
-988.73	2.76	-1007.27	0.00	18.74						
-912.62	2.76	-929.79	0.00	17.39						
-841.26	2.76	-852.30	0.00	11.38						
-767.53	1.57	-774.82	0.00	7.46						
-692.61	1.57	-697.34	0.00	4.98						
-617.69	2.76	-619.86	0.00	3.51						
-543.95	1.57	-542.38	0.00	2.23						
-465.46	1.57	-464.89	0.00	1.67						
-387.21	0.38	-387.41	0.00	0.43						
-312.29	1.57	-309.93	0.00	2.84						
-233.80	1.57	-232.45	0.00	2.07						
-155.31	0.38	-154.96	0.00	0.52						
-79.20	1.57	-77.48	0.00	2.33						
-0.71	-0.81	0.00	0.00	1.07						
76.59	-0.81	77.48	0.00	1.20						
155.08	-0.81	154.96	0.00	0.81						
232.38	-0.81	232.45	0.00	0.81						
309.44	-1.99	309.93	0.00	2.05						
384.37	-1.99	387.41	0.00	3.64						

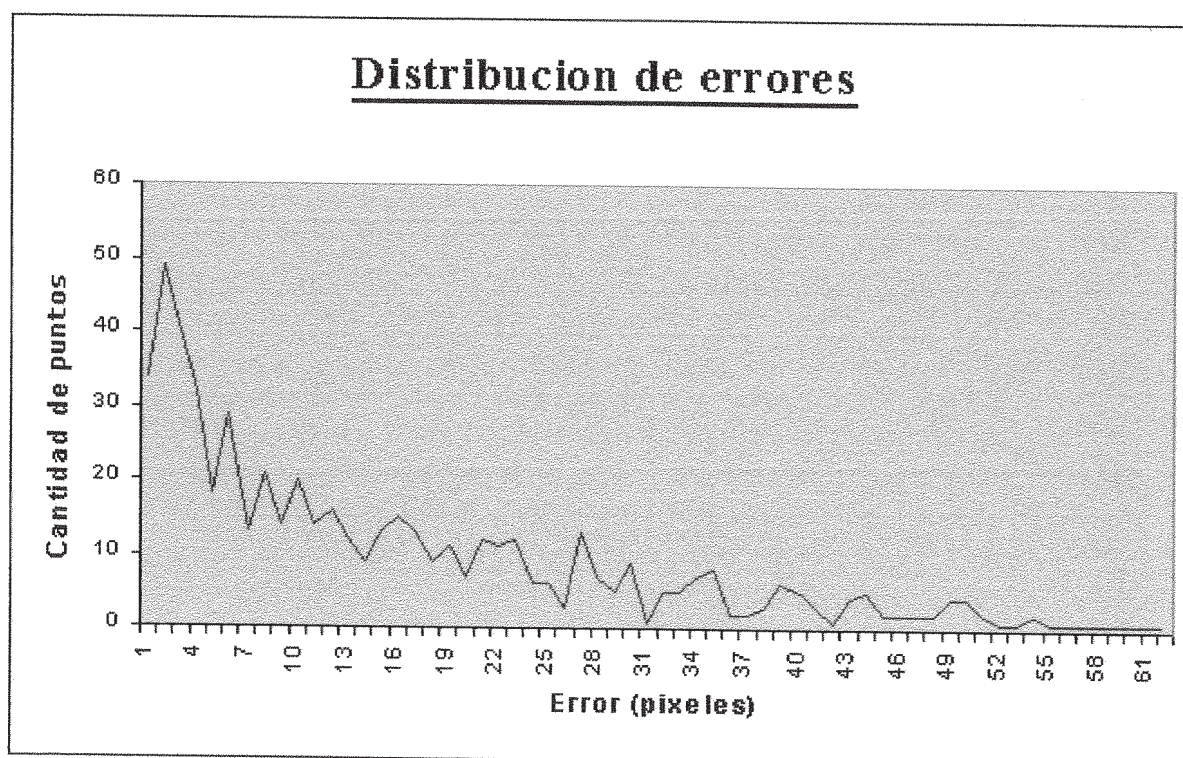
LEANDRO V. SOTO
N° 46301

IRENE SOLTE WILDE
N° 45954

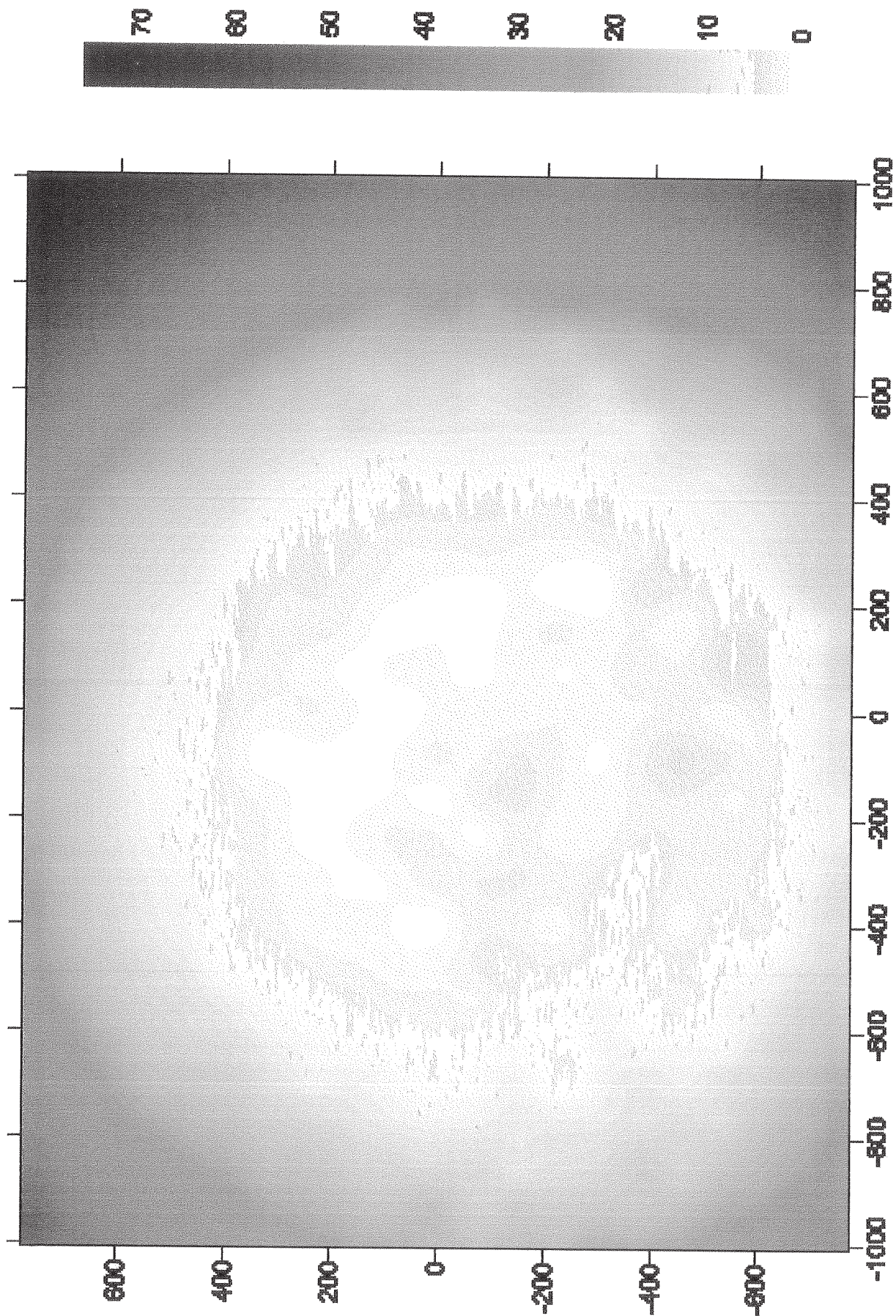
MARCELO O. LOTO
N° 42679

459.29	-1.99	464.89	0.00	5.95						
534.21	-3.18	542.38	0.00	8.76						
609.13	-4.37	619.86	0.00	11.58						
681.68	-4.37	697.34	0.00	16.26						
751.84	-4.37	774.82	0.00	23.39						
825.58	-4.37	852.30	0.00	27.08						
895.74	-4.37	929.79	0.00	34.32						
968.05	-6.75	1007.27	0.00	39.80						

- Un análisis numérico de los resultados indica que el error promedio en la ubicación de un punto en la fotografía es de 15.56 píxeles y presentan una distribución que se puede observar seguidamente:



- Con el dato de cada coordenada y su correspondiente modulo de error, se realizo un modelo digital de deformaciones, exportando los datos a un formato .DAT, ASCII delimitado por comas, compatible con el Software SURFER 7.0 que nos permitió obtener un gráfico en tres dimensiones (coordenadas (x,y) y modulo de error en gradación de color), con el cual se pueden apreciar claramente y en forma global las deformaciones que afectan la imagen y su localización.

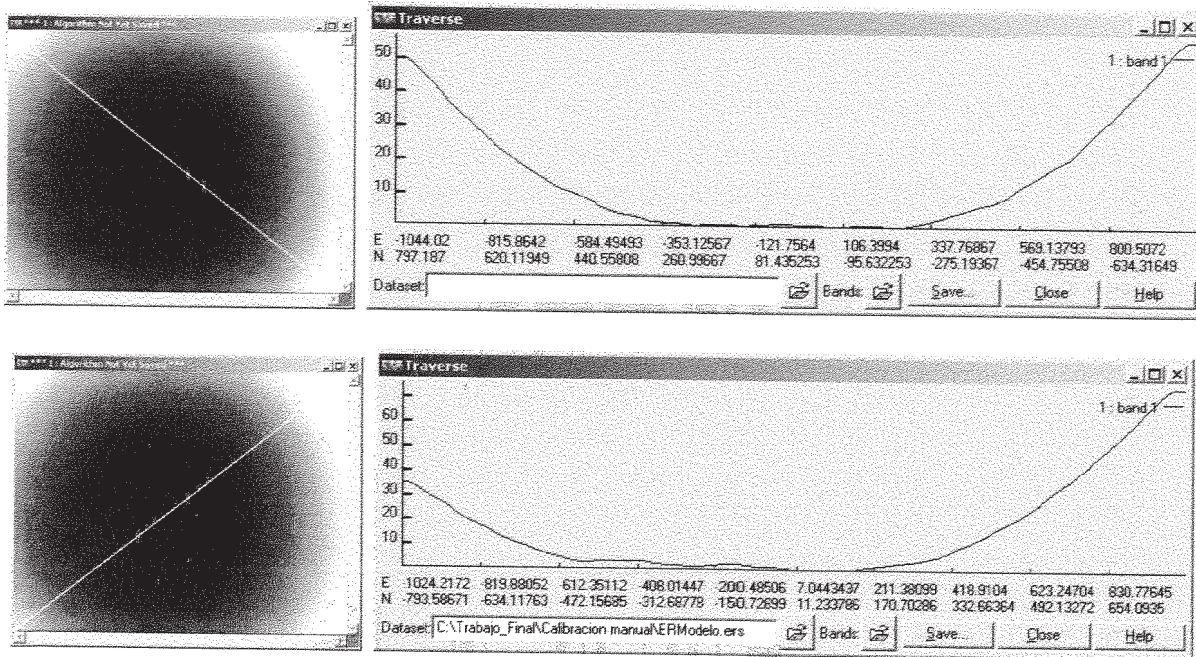


LEANDRO V. SOTO
N° 46301

IRENE SOLTE WILDE
N° 45954

MARCELO O. LOTO
N° 42679

A partir de el modelo anterior se realizaron dos perfiles sobre las diagonales de la imagen con el fin de obtener una visión global del gradiente de deformación y su efecto pronunciado en los bordes de la imagen.



Este análisis nos permite concluir que las regiones mas criticas son los bordes de la imagen, afectadas por la distorsión radial, en el centro, aunque en una escala mucho menor presento pequeñas deformaciones locales.

Debido a esto, podemos decir que un promedio de 15.56 pixeles de error en la imagen trasladados al terreno significan un error planimétrico de aproximadamente 1.76 metros, se verificara al fin del trabajo que estas deformaciones se diluyen en gran medida utilizando puntos de control terrestre y métodos efectivos de rectificación, además de la precaución de utilizar lo menos posible los bordes de las imágenes.

Capítulo 4

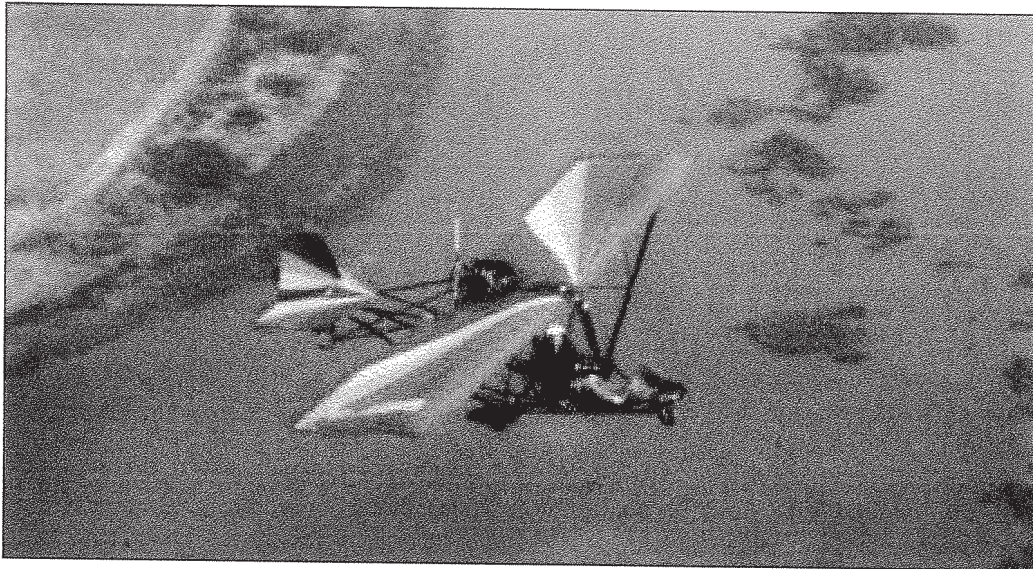
LA PLATAFORMA DE VUELO LA ZONA A RELEVAR

Elección de la Plataforma de vuelo

Como primer paso para la elección de la plataforma de vuelo se elaboró una lista de los aviones disponibles para ser utilizados en este proyecto.

Para realizar la selección se tuvo en cuenta, en primer lugar, la necesidad de contar con el avión o plataforma a utilizar en reiteradas oportunidades, para efectuar las medidas necesarias en la confección del soporte de la cámara. Los modelos que se confeccionaron debieron adaptarse de la mejor manera posible a la estructura del avión.

Todas estas cuestiones llevaron a la elección del Ultraliviano biplaza monomotor perteneciente al Aeródromo de Poblet y que es utilizado como avión escuela.



Ultraliviano FLYER GT.

El mismo es de la línea de los **FLYER GT** y sus características son las siguientes:

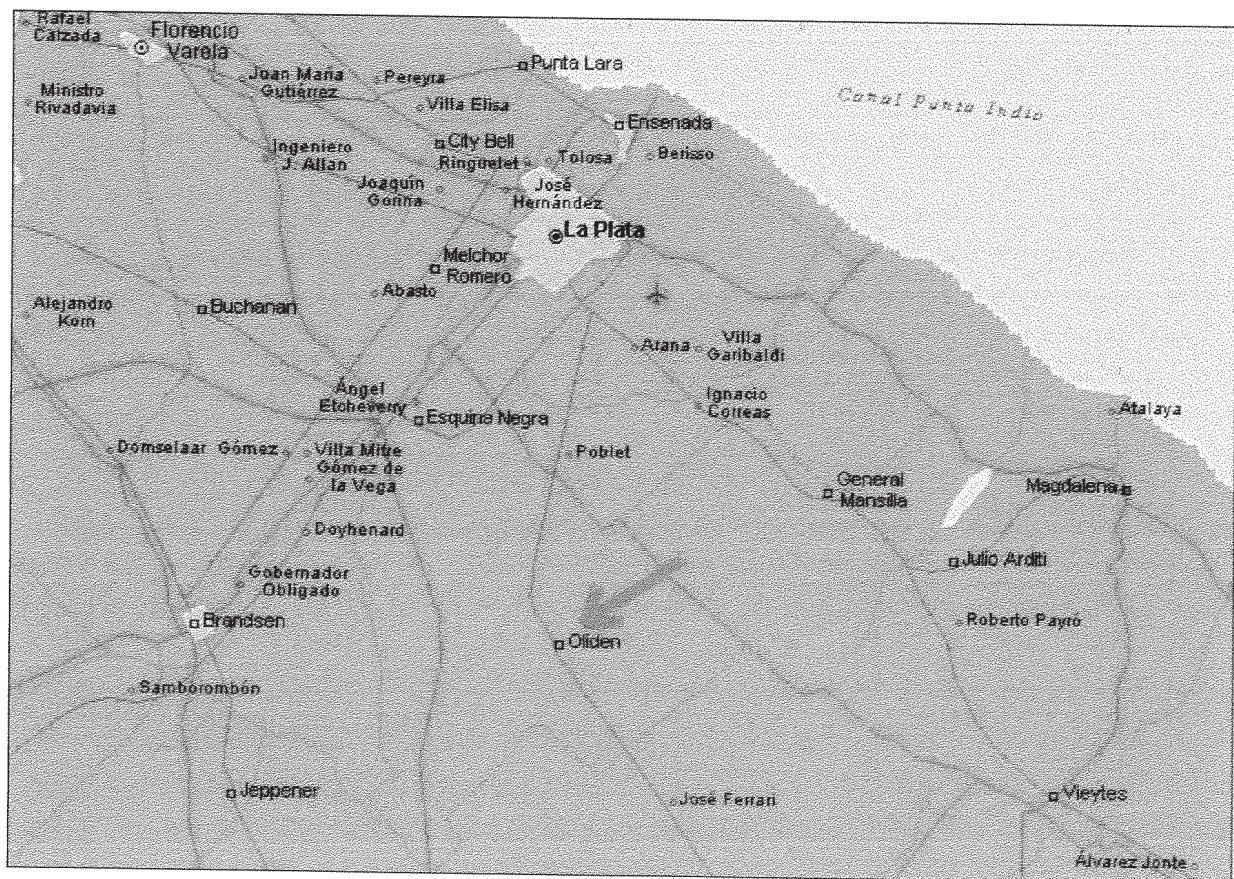
- Su peso vacío es de 210 Kg
- Su peso total es de 460 Kg
- Su carga útil es de 250 Kg
- El área de sus alas es de 17,02 m².
- Su envergadura es de 10,52.
- Su motor es un Rotax 582 de 65 HP.
- Su carga máxima de combustible es de 60 litros.
- Posee 2 asientos lado a lado.

En cuanto a su performance permite una distancia de despegue de 50 metros y necesita, como mínimo, 60 metros para aterrizar. Además, su relación de subida es de 600 pies por minuto y su techo de vuelo es de 10000 pies(un pie = 0,30 metros). Posee una velocidad de crucero de 55 mph, siendo su velocidad máxima de 85 mph y su relación de planeo de 7:1.

El ultraliviano antes descrito completó nuestras expectativas, pero sin embargo se puede agregar que existen otros aviones usados para estos fines y que en general presentan mayor estabilidad que el utilizado por nosotros. No fueron empleados en esta oportunidad por que no se contaba con este tipo de plataformas y además presentaban el inconveniente de ser

Determinación de la zona a relevar

La zona utilizada en este trabajo abarcó la localidad de OLIDEN, perteneciente al partido de Coronel Brandsen, que cuenta con una superficie aproximada de 50 Ha. y que presenta como característica más sobresaliente que se formó a partir de las vías del tren, alrededor de su Estación. Su fecha de fundación se remonta al 14 de diciembre del año 1914 y cuenta con una población aproximada de 2000 habitantes. Su forma es de damero y se extiende alrededor de la estación a lo largo de tres cuadras hacia sus cuatro costados. Esta distribución se la debe a su creador, el Ing. Luis F. Edo. Las vías, la estación ferroviaria y el pequeño caserío están enclavados en los campos de la primitiva Estancia "El Peligro" que en el siglo pasado perteneció al señor Carlos Cos. En esos lejanos años la estancia lindaba con los campos del señor C. Piñeiro, con los campos de doña Rosa M. de Rodríguez (en el partido de Magdalena); y con los campos de don Antonio Chaves que pertenecían al partido de La Plata. El fundador del pueblo fue el señor Mariano José Fauvety, quien puso a la venta el primer loteo del pueblo el 2 de mayo de 1915. El último tren paso por allí un 20 de marzo de 1977.



Ubicación de la Localidad de Oliden dentro de la provincia de Buenos Aires



Entrada del pueblo de Oliden



Estación de Oliden

La elección de este lugar dependió en primera instancia de su cercanía con el Aeródromo de Poblet. Al mismo tiempo, el amplio conocimiento que el piloto poseía del lugar en cuestión (por ser oriundo de ese sitio), resulto ser un dato de importantísima relevancia, dado que no poseíamos mucha información acerca del mismo.

Otra de las circunstancias que llevaron a la elección de la zona antes mencionada fue su cercanía a la ciudad de La Plata, pues también nos ofrecieron la utilización de un Ultraliviano de la zona Pehuajo, pero era imposible la concordancia entre el piloto y nosotros en cuanto a las fechas y la cantidad de viajes necesarios para completar el total del trabajo.

Además, a los fines del presente trabajo era indistinto elegir cualquier lugar pues lo importante era realizar el Mosaico sobre una extensión de terreno determinada, sin importar si se trataba de un pueblo, una ciudad o una zona rural.

Capítulo 5

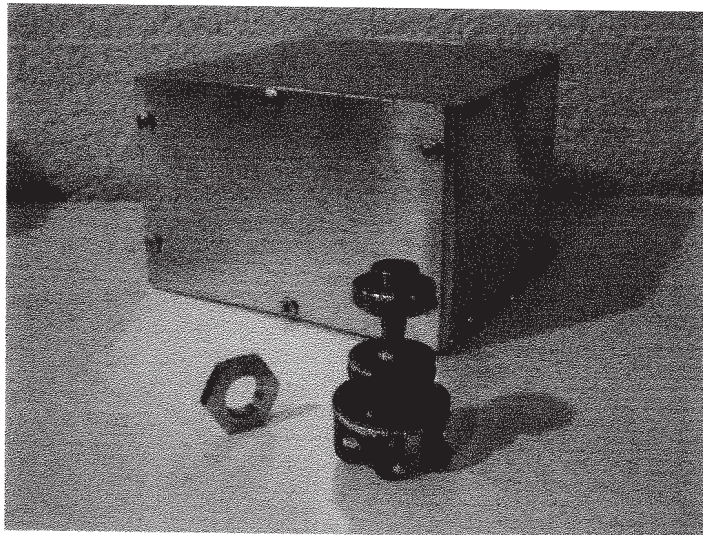
EL MONTAJE DE LA CAMARA

Montaje de la cámara y su sistema de nivelación

Debido a las características experimentales del proyecto, la forma en que se realizaría el montaje de la cámara estaba supeditado a la plataforma de vuelo con que contásemos. Al disponer de un Ultraliviano Biplaza modelo Flyer GT, su constitución estructural nos permitió instalar cómodamente la cámara y los dispositivos de disparo en los laterales del mismo.

La cámara digital posee electrónica compleja y dispositivos electro-ópticos sumamente delicados y esto sumado a las condiciones críticas de operación a las que fue sometida, (vibraciones, temperatura relativamente baja, viento, posibilidad de barro en el despegue, humedad ambiente elevada y colisión con objetos extraños, entre otras), derivó en la necesidad de protegerla y es por eso que se decidió montarla dentro de una caja cerrada de aleación de aluminio de 1mm de espesor diseñada por nosotros especialmente a medida para tal fin.

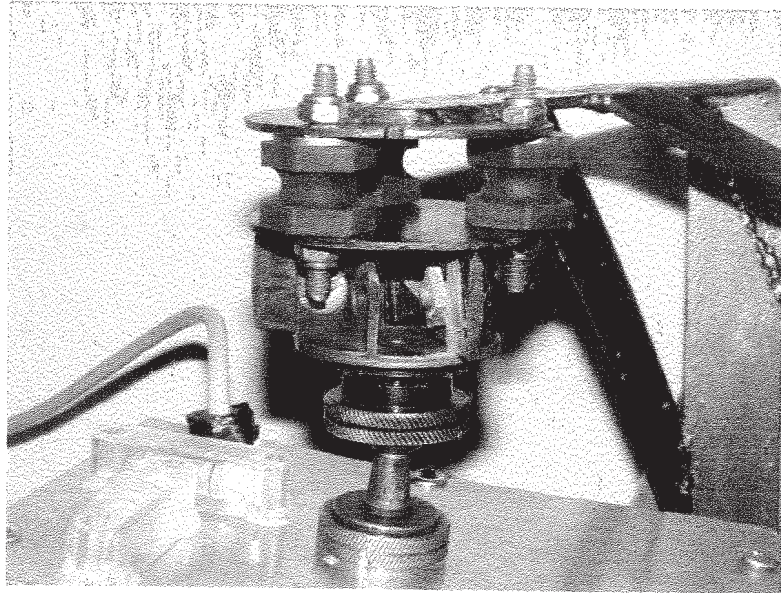
Su construcción se hizo mediante el corte y plegado del material antedicho, y debido a su diseño desmontable, permitió un cómodo acceso a todos los dispositivos instalados en su interior.



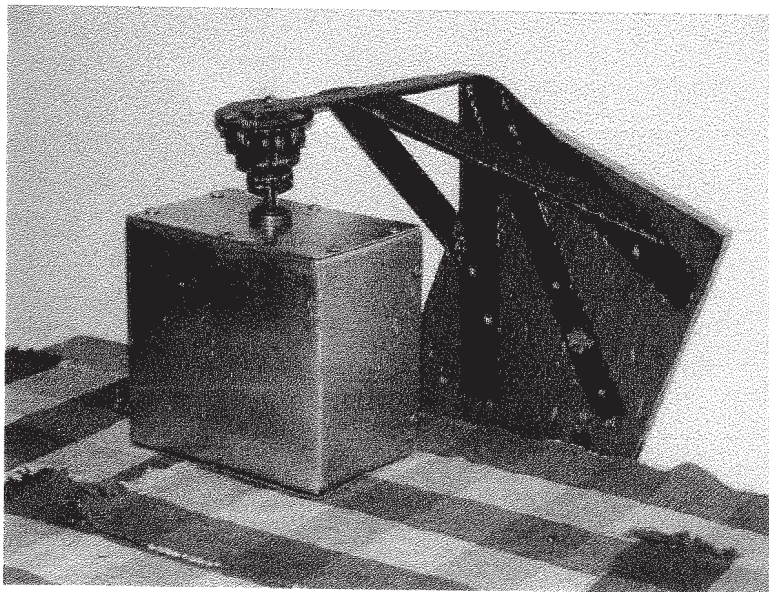
Dicho mecanismo debió sujetarse a la estructura del avión mediante un sistema de soporte que fue el resultado de varios ensayos previos en los cuales se analizaron las vibraciones del conjunto, dándole distintos grados de libertad en el ajuste de la posición para provocar la verticalización del eje de toma.

Para minimizar las vibraciones, se fijó a los montantes del avión, mediante abrazaderas roscadas y bujes de goma gruesa que protegían los caños de aleación de aluminio anodizado del ultraliviano (tanto de deformaciones como de marcas accidentales), una plancha de madera terciada. Luego unida mediante tacos de goma, normalmente utilizados para amortiguar vibraciones en automóviles, fijamos una ménsula construida con planchas de hierro soldadas de forma que se adaptasen correctamente a la forma del avión.

Finalmente en el extremo de dicha estructura se fijó una rotula de bronce que podía ajustarse para permitir la nivelación de la caja, y que se unía a esta mediante una tuerca plana también de bronce y una arandela con traba.



Instalados todos los elementos antes descriptos, realizamos una prueba con el avión en marcha, notando que el sistema resultaba muy flexible, lo que nos llevo a ensayar con una fijación directa entre la placa de madera y la ménsula, comprobando que resultaba mas firme y estable.



Luego creímos conveniente realizar un pequeño vuelo de prueba, con el cual comprobamos que en esas condiciones las vibraciones eran mínimas y no repercutían en la calidad de las imágenes.

Como mencionamos anteriormente, el soporte nos permitía corregir la verticalidad de la cámara, que podría variar en distintas condiciones de vuelo, así, completamos el conjunto con dos niveles tubulares fijados sobre la parte superior de la caja que contenía la cámara. Estos se dispusieron en forma ortogonal uno de otro, de forma tal que con ellos se pudiera definir un plano horizontal, perpendicular al eje de toma fotográfica.

Finalmente concluimos con todos los análisis y experimentos anteriores, que asegurando correctamente la rotula de verticalización, el gabinete con los dispositivos no era desviado por efecto del viento y no era necesario proporcionarle una forma mas aerodinámica.

Para completar la fijación, unimos el gabinete con el avión mediante un cable delgado de acero y como no contábamos con tuercas autofrenantes, recurrimos a un sellador epoxi para lograr el mismo resultado y proporcionar mayor seguridad al conjunto.

Disparo automático

Planteo del problema e introducción a la solución adoptada

Con el objetivo de optimizar la navegación aérea y la forma de disparo de la cámara, nos propusimos desarrollar un sistema capaz de resolver estos puntos y compatibilizar el conjunto con la metodología de cálculo y el diseño del plan de vuelo.

Además, se debía trabajar en el diseño de un sistema flexible a distintos tipos de misiones de relevamiento y con posibilidad de adaptarse a distintas plataformas, a la vez de ser sencillo y de costo accesible.

Esencialmente consistió en la combinación de software específico para aplicación en la navegación GPS, (en nuestro caso resuelto con programas Shareware, es decir versiones de evaluación), y herramientas de hardware (circuitos electrónicos y mecanismos). Con ellos logramos resolver la mayoría de los aspectos de un relevamiento fotogramétrico moderno: Planificación, Navegación, Adquisición de las imágenes, Archivado y Reporte de la ruta real recorrida por el avión.

El conjunto total constó de los siguientes componentes de hardware (dispositivos):

- *Navegador GPS.*
- *Laptop PC (Computadora personal portátil).*
- *Circuito Interfaces PC – Servomecanismos – Cámara.*
- *Cámara Digital.*

La combinación de todos estos elementos permitía la obtención teórica de imágenes aéreas con una precisión en el centro de toma del orden de los 15 metros y el registro de la trayectoria del avión con una precisión similar, ubicándose siempre en un sistema de referencia conocido y práctico para nuestro fin como por ejemplo Gauss-Kruger.

El sistema fue diseñado específicamente para operar con una cámara Sony CyberShot DSC-F505V, pero no quita la posibilidad de que pueda ser modificado fácilmente para adaptarlo a otro tipo de cámara, digital o convencional, de pequeño formato.

El receptor GPS utilizado fue un navegador Magellan 315 de 12 canales que permitía transmitir la posición de la cámara a la PC, por medio de un puerto serie y mediante un protocolo de comunicaciones denominado NMEA, el cual es absolutamente compatible con el software de navegación OziExplorer.

Otro punto importante es que el software permite simular la misión, lo que posibilita que el operador y piloto se familiaricen rápidamente con el sistema.

Finalmente, lo que se logró es un sistema bastante confiable que requiere un mínimo de intervención por parte del operador, mientras que el piloto solo debe limitarse a navegar observando la pantalla de la PC si le es posible, o siguiendo las indicaciones del operador.

- *El receptor GPS*

Para nuestro trabajo utilizamos un Navegador GPS Magellan 315 equipado con receptor de 12 canales paralelos y pantalla LCD retroiluminada de 54x38 mm. Dispone de 500 memorias y puede almacenar hasta 20 rutas reversibles de 30 puntos cada una. Información en Lat/Lon, UTM y otras. Su memoria interna almacena hasta 20.000 pueblos y ciudades de todo el planeta como «way points», que pueden ser actualizables mediante un CD-ROM Datasend opcional desde una PC. Tiene 9 pantallas gráficas con ploteo, compás,

información de navegación como rumbo, distancia, demora, velocidad, tiempo de llegada, control de fuera de rumbo, calle, odómetro, posición del sol y de la luna, etc. Incorpora pila interna de litio para mantener los datos almacenados aun sin pilas. Robusta construcción estanca con antena incorporada. Preparado para alimentación externa (12 V), salida de datos y entrada de sistema diferencial. Duración de las 2 pilas AA hasta 15 h. Tamaño 157,5x50x33 mm. Peso 199 gr.



- ***Control del servomecanismo***

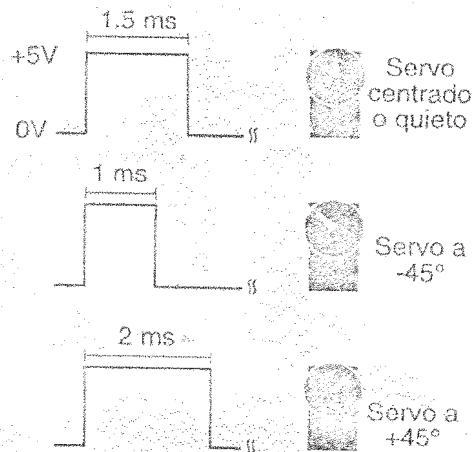
Para el disparo de la cámara, se utilizó un sistema de palancas accionadas por servomotores. Estos últimos son un tipo especial de motores que solo giran una porción de la circunferencia, generalmente entre 90 y 180 grados.

Existen servomotores pequeños como los utilizados en aeromodelos o aviones a pequeña escala y en autos de juguete a control remoto y los profesionales empleados en maquinaria y robots industriales, etc.

Los del primer tipo, tienen la característica de ser fáciles de controlar y de ser de bajo costo.

Un servomotor contiene en su interior un motor de corriente continua, una caja de engranajes de reducción, un potenciómetro de control y un circuito electrónico para manejar el giro del motor. A su salida tiene solo tres cables de conexión, dos de alimentación y uno de control.

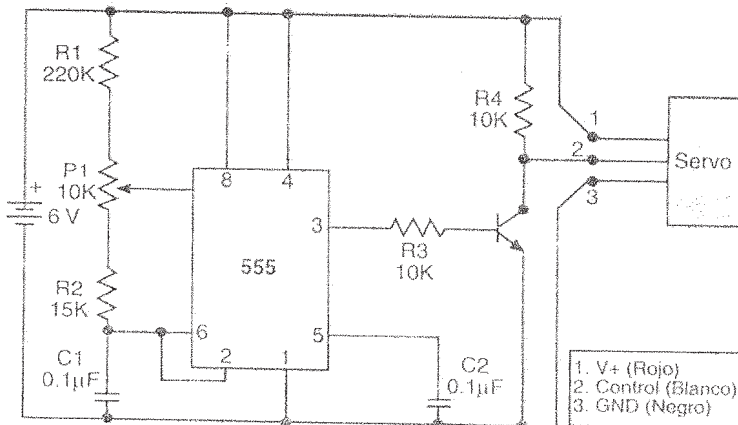
Su funcionamiento se basa en el principio de bucle cerrado o circuito realimentado, y se vale para esto de un potenciómetro (resistencia variable), que detecta la posición del eje del motor y envía esa información al circuito que corrige la posición. La cantidad de energía que se suministra al servomotor depende del ángulo de giro que se le quiera dar, esto se hace por medio de pulsos de ancho variable entre 1 y 2 mS de duración, y con una frecuencia entre 10 y 30 mS.



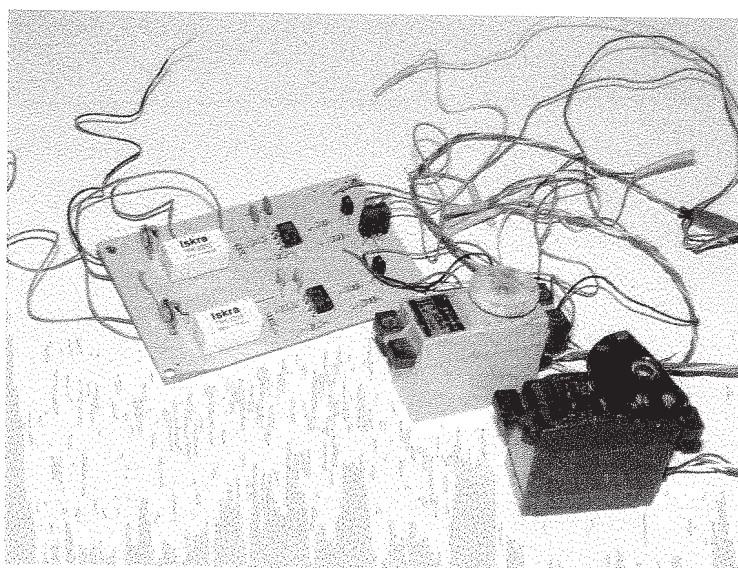
Posición del servo en función del ancho del pulso

El modelo de servomotor que utilizamos en nuestro proyecto es un FUTABA modelo FP-S28, muy común en aeromodelismo, de tamaño estándar de 1,5 pulgadas de largo, que posee un torque de 42 in/Oz y una velocidad de respuesta de 0,26 segundos par 90° de giro.

El circuito de control se baso en un circuito integrado NE555 encargado de generar los pulsos de control necesarios.



Circuito experimental para control de servo

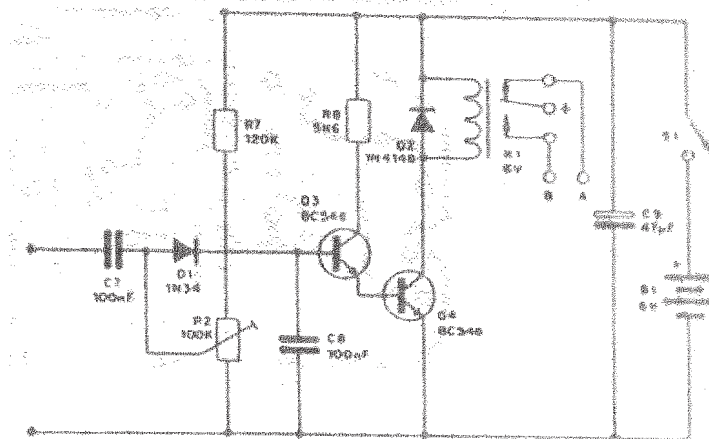


Servomotores y circuito de control

• **Interfaces PC- Servomecanismo**

El software OziExplorer es una aplicación que no fue diseñada para controlar dispositivos externos, es decir que cuando se cumple un evento programado (llegada a un way point por ejemplo), no es posible disparar la cámara directamente, pues el programa solo muestra un mensaje de advertencia en pantalla y reproduce a través de la placa de sonido una señal que puede ser modificada a gusto o necesidad del usuario. Así, fue necesario diseñar un dispositivo capaz de convertir una señal sonora en la apertura o cierre de un circuito eléctrico que luego a través del servomecanismo dispararía la cámara.

Luego de analizar las características de la PC portátil (impedancia de la salida de audio, potencia de salida , etc.), recopilando bibliografía específica se completo el diseño del circuito que cumpliría la función antes comentada y cuyo esquema eléctrico es el siguiente:



Su principio de funcionamiento se puede describir en pocas palabras de la siguiente manera: la señal de la PC, luego de pasar por un capacitor que cumple la función de filtro a la corriente continua, es rectificado por un diodo para luego ser aplicado a un par de transistores conectados en configuración Darlington, que proporciona al circuito una alta ganancia para poder alimentar un relé de uso general con dos juegos de contactos inversores que harán la veces de llave electrónica.

Capítulo 6

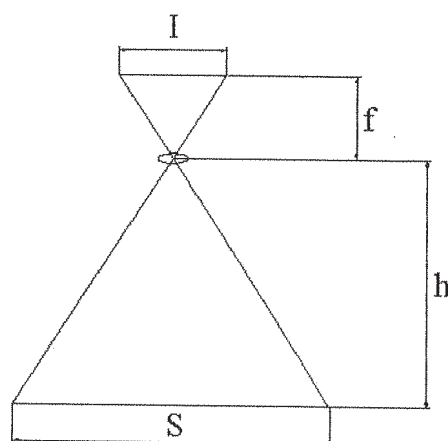
LA PLANIFICACION DEL VUELO

Determinación de la distancia focal

Para el diseño y calculo del plan de vuelo nos fue necesario la obtención de parámetros intrínsecos (internos) de la cámara fotográfica, entre los cuales se encontraba la distancia focal, dato que no es provisto por el fabricante y que además no es fijo, pues la óptica de la cámara es un dispositivo complejo, provisto de zoom, con control totalmente electrónico. Esto provoca una distancia focal variable e indeterminada para el usuario, además, debido a la forma en que se acciona este zoom resulta difícil lograr manualmente provocar dos veces la misma posición o punto de zoom pues una pequeña variación de esta es apenas perceptible a simple vista. Es por esta razón que se debió solucionar esto utilizando la cámara en los puntos extremos del zoom (focal máxima o mínima).

En las especificaciones técnicas se puede tener una noción de estas distancias haciendo una comparación con una cámara 35 mm, y el dato es que la Sony Cybershot posee una focal equivalente a 38-190 mm por lo cual decidimos utilizar la mas corta ya que poseía un ángulo acorde con la cobertura que nos planteábamos obtener a una altura de vuelo determinada.

Para la determinación de este parámetro partimos del análisis geométrico del sistema objeto a fotografiar- objetivo- sensor, como se muestra a continuación:



donde:

- S: distancia objeto.
- h: altura (separación objetivo- objeto).
- f: distancia focal.
- I: distancia imagen.

Considerando que tenemos dos triángulos opuestos por el vértice podemos expresar la relación entre los elementos geométricos de la siguiente forma:

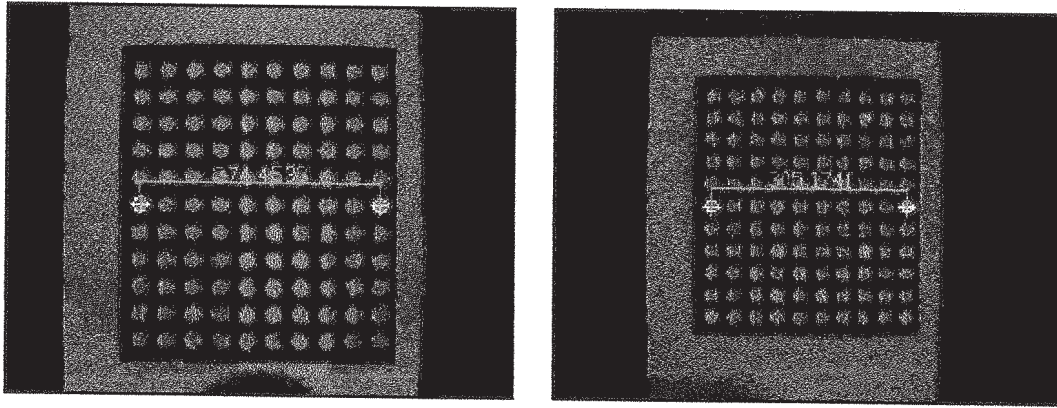
$$\frac{f}{I} = \frac{h}{S}$$

Nuestro objetivo es determinar la distancia focal f , pero suponiendo que para la determinación tomamos una fotografía a una patrón bien definido (S conocida) y determinamos con precisión su imagen con un programa CAD (I conocida), aun nos es ambiguo el parámetro h , ya que esta distancia es muy difícil de determinar en la practica, pues

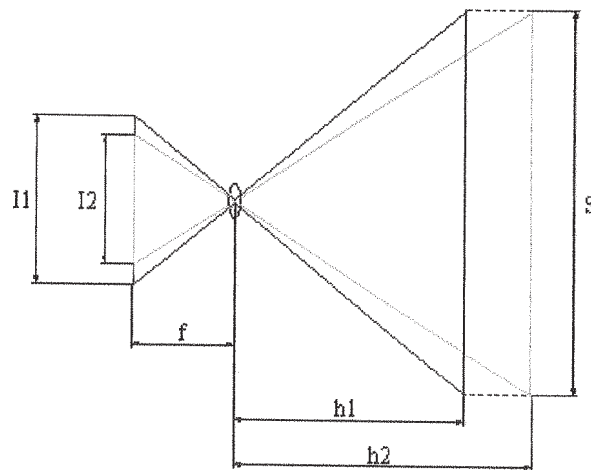
el objetivo es un dispositivo de dimensiones considerables (10 cm.) y la posición del centro óptico es indeterminada. Es así que en nuestra ecuación poseemos dos incógnitas.

La solución a esta situación es obtener otra ecuación independiente, con la cual se forma un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas, es decir compatible determinado y con solución única.

Para ello tomamos dos fotografías del mismo objeto, ubicado a distancia diferente pero con el mismo eje, siendo conocida esa diferencia de distancia con precisión:



Imágenes obtenidas



Geometría de las tomas

$$\begin{cases} \frac{I1}{f} = \frac{S}{h1} \\ \frac{I2}{f} = \frac{S}{h2} \end{cases}$$

como $h2 - h1 = \Delta h \Rightarrow h2 = \Delta h + h1$

tenemos: $h1 = \frac{fS}{I1}$

$$\Delta h + h1 = \frac{fS}{I2} \Rightarrow h1 = \frac{fS}{I2} - \Delta h$$

$$\text{así } \frac{fS}{I1} = \frac{fS}{I2} - \Delta h$$

$$fS \left(\frac{1}{I1} - \frac{1}{I2} \right) = -\Delta h$$

quedando

$$f = \frac{\Delta h I2 I1}{S(I1 - I2)} \quad (1)$$

Para la determinación practica de f utilizamos las imágenes de calibración tomadas al patrón de círculos diseñado para el análisis con el software descrito en el capítulo tres, sobre el cual se realizo el siguiente procedimiento:

- Importación a AutoCad de las imágenes y escalado de forma tal que a cada unidad de dibujo cad corresponde un pixel de imagen.
- Determinación de los centros geométricos de dos círculos extremos en ambas fotografías.
- Medición de ambas distancias con las herramientas del programa Cad.

Con los datos de toma (Δh) y los resultados de los pasos anteriores se calcula f a partir de la expresión (1), que es la distancia focal expresada en pixeles.

$$f = \frac{80mm.374,4533 \text{ pixel}.305,1741 \text{ pixel}}{139,65mm.(374,4533 \text{ pixel} - 305,1741 \text{ pixel})} = 944,87314 \text{ pixel}$$

Para nuestra aplicación practica, es necesario realizar la conversión a su equivalente en milímetro, con el fin de realizar los cálculos como si se tratase de una cámara 35 mm. Entonces, conociendo las dimensiones de la imagen en pixeles, su equivalente en 35 mm y la focal en pixeles podemos calcular:

$$800 \text{ pixel} \rightarrow 35 \text{ mm}$$

$$944,87314 \text{ pixel} \rightarrow Xf \text{ mm}$$

O sea que la distancia focal equivalente es 41,3382mm.

Planificación del vuelo fotogramétrico

Una de las tareas más importantes en la elaboración de un documento fotogramétrico como el realizado por nosotros, lo constituye la planificación del vuelo fotográfico, en el cual se debe proponer un proyecto exitoso, en donde de existir algún inconveniente, pueda ser solucionado antes de efectivizar el vuelo o contar con diferentes alternativas en caso de que suceda algún desperfecto.

La condición fundamental de toda planificación de vuelo es la obtención de una adecuada cobertura fotográfica, de la manera más rápida y económica posible, tal que cada parte del terreno que se pretende estudiar aparezca registrada.

Para partir con la planificación se empleo la distancia focal determinada en el paso anterior y se confeccionó una planilla Excel para determinar los parámetros necesarios en el vuelo. Los datos con los que contábamos eran los siguientes:

◆ Distancia focal de la cámara (metros)	C = 0.041
◆ Tiempo de exposición (segundos)	te = 0.004
◆ Velocidad del avión (kilómetros/hora)	GS = 60
◆ Recubrimiento longitudinal (porcentaje)	u = 60
◆ Recubrimiento lateral (porcentaje)	v = 30
◆ Longitud lineal de vuelo (metros)	LLV = 1000
◆ Ancho del terreno a fotografiar (metros)	ATF = 500

Además establecimos el siguiente parámetro:

◆ Altura de vuelo (metros)	Z=300
------------------------------	-------

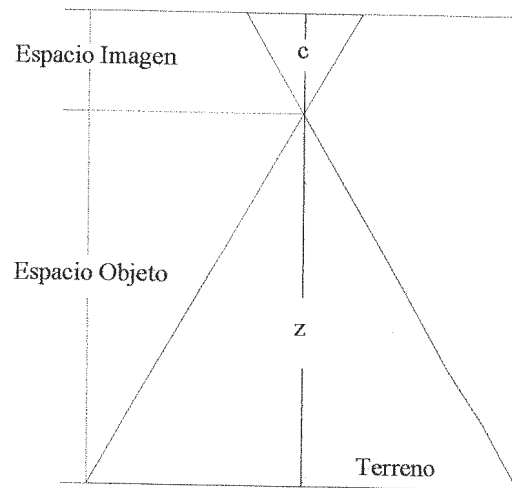
Determinación de los parámetros básicos de vuelo

A los efectos de planificar el anteproyecto de vuelo, se debió evaluar cuidadosamente cada una de las variables involucradas en los factores citados precedentemente.

Una vez realizado esto, se establecen las condiciones óptimas del espaciamiento entre fotografías consecutivas de un mismo recorrido, como también el espaciamiento y cantidad de recorridos sobre el área, a efectos de alcanzar una cobertura aceptable y de este modo calcular la cantidad de fotografías totales necesarias para cumplir nuestro objetivo.

Diseño geométrico del vuelo

El proyecto del vuelo puede establecerse basándose en la simple relación de triángulos semejantes, que existe entre el espacio imagen y el espacio objeto



- ◆ Escala del fotograma.

$$E = \frac{Z}{C}$$

$$E = 7317.073$$

- ◆ Lado de foto en el terreno longitud (metros)

$$Sil = sl \times E$$

$$Sil = 256.098$$

- ◆ Lado de foto en el terreno ancho (metros)

$$Sia = sa \times E$$

$$Sia = 190.244$$

- ◆ Area de la foto en el terreno (m²)

$$Si = Sil \times Sia$$

$$Si = 48720.997$$

- ◆ Separación entre líneas de vuelo (metros)

$$Ai = Sa \times E \times \left(1 - \frac{v}{100}\right)$$

$$Ai = 133.17$$

- ◆ Base en el aire (metros)

$$Bi = sl \times E \times \left(1 - \frac{u}{100}\right)$$

$$Bi = 102.439$$

- ◆ Movimiento de la imagen en la foto (milímetros)

$$MIF = GS \times te \times \frac{1}{E}$$

$$MIF = 0.009$$

- ◆ Intervalo de exposición (segundos)

$$I = \frac{Bi}{GS} \quad I = 6.1$$

- ◆ Numero de fotografías por línea de vuelo

$$NFLV = \frac{LLV}{Bi} + 1 \quad NFLV = 11$$

- ◆ Numero de líneas de vuelo

$$NLV = \frac{ATF - Sia}{Ai} + 1 \quad NLV = 4$$

- ◆ Numero total de fotografías

$$NTF = NLV \times NFLV \quad NTF = 44$$

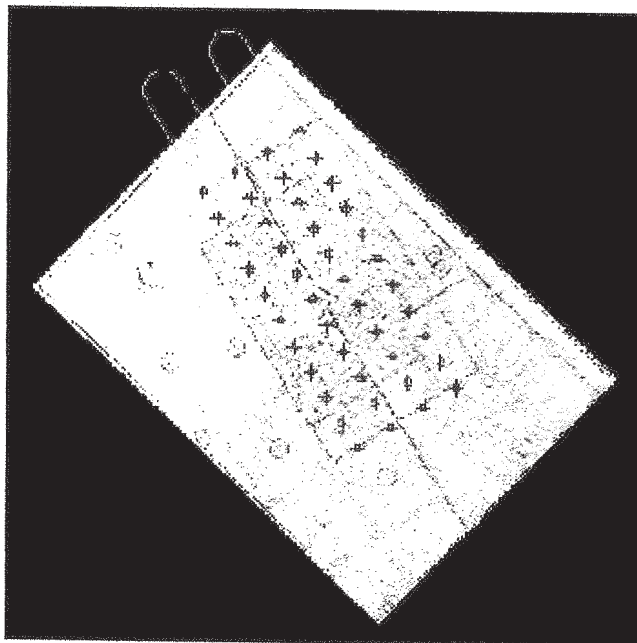
Detalle de la planilla confeccionada en Excel

Planilla para el diseño de un Plan de Vuelo		
Distancia focal de la Cámara	C [m]	0,041
Lado de foto en largo	sl [m]	0,035
Lado de foto en ancho	sa [m]	0,026
Tiempo de Exposición	te [Seg.]	0,004
Altura de vuelo	Z [m]	300
Velocidad del Avión	GS [Km/h]	60
Recubrimiento Longitudinal (%)	u	60
Recubrimiento Lateral (%)	v	30
Longitud lineal de vuelo	LLV [m]	1000
Ancho del terreno a fotografiar	ATF [m]	500
Escala de fotograma	Ei	7817,073
Lado foto [l] (terreno)	sil [m]	266,098
Lado foto [a] (terreno)	sia [m]	197,244
Area de foto en terreno	Si [m ²]	4820,327
Separación entre líneas de vuelo	Ai [m]	123,171
Base en el aire	Bi [m]	102,339
Movimiento de la imagen en la foto	MIF [mm]	0,009
Intervalo de exposición	I [Seg.]	6,1
Num. De fotografías por línea de vuelo	NFLV	11
Numero de líneas de vuelo	NLV	4
Numero total de fotografías	NTF	44

Una vez que se realizaron todos los cálculos para la determinación del numero de fotografías necesarias para cubrir la extensión que abarca la zona de estudio, y con el empleo del software AutoCad, procedimos a graficar las cuatro corridas.

El primer paso para completar esta sección de la planificación, fue la georreferenciación del plano catastral; hoja Brandsen, circunscripción IX, sección A; que abarca la Zona de Oliden. En esta ocasión se utilizaron puntos tomados con un navegador GPS y se procesaron con el programa ER-Mapper. Esta imagen se trasladó al programa AutoCad y se comenzó determinando un punto de arranque para vuelo.

A partir de allí se utilizaron todas las herramientas que el programa nos provee para dibujar, de acuerdo a los datos que se calcularon en el programa Excel (distancia entre puntos, separación entre corridas, etc.), la totalidad de los puntos (cada uno de ellos corresponden al centro de cada fotografía a tomar en el vuelo).



Corridas graficadas en el AutoCad

Este gráfico se utilizó luego para la navegación con el programa Ozi-Explorer, pues allí mismo se visualiza la ubicación del avión y el desvío que este hace de la línea de vuelo ya predeterminada.

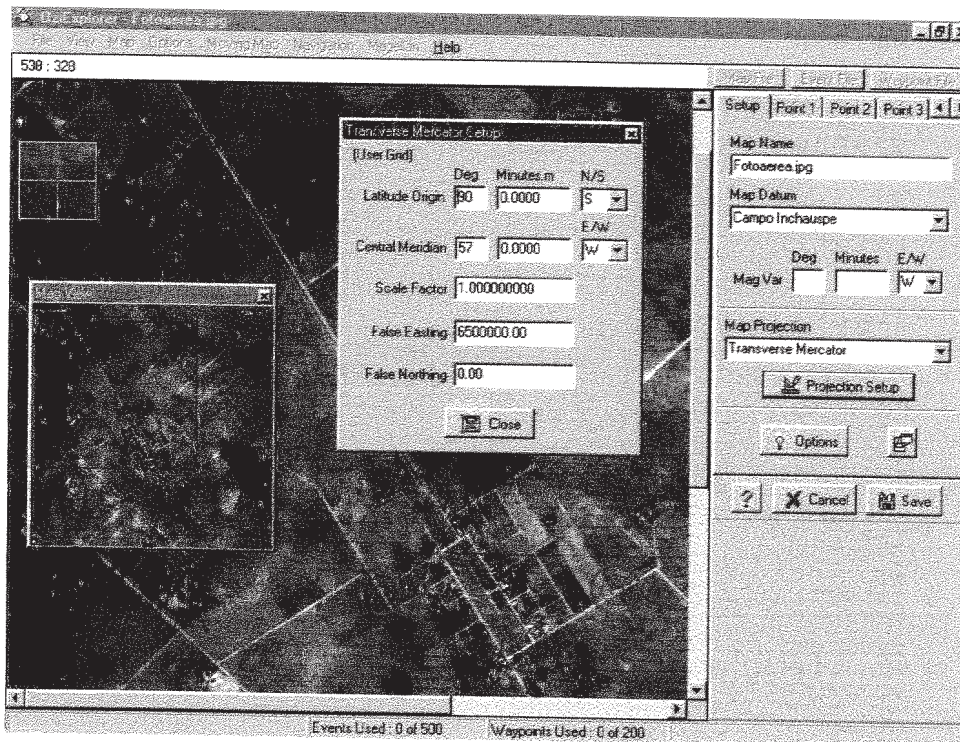
- ***Análisis del software OziExplorer***

Inicialmente debimos seleccionar la imagen que nos serviría de base y que para convertir en mapa deberíamos georreferenciar, es decir ubicar en un sistema de referencia terrestre. El software permite seleccionar el mapa que se necesita de una amplia lista, en la cual podemos definir sistema de proyección, datum, etc.

La proyección en que trabajemos puede ser cartográfica o un sistema de coordenadas en forma de cuadrícula, como el que utilizamos nosotros y que personalizamos para obtener coordenadas gauss Krügger en faja 6, que nos resultaba cómodo por ser consistente con la cartografía nacional.

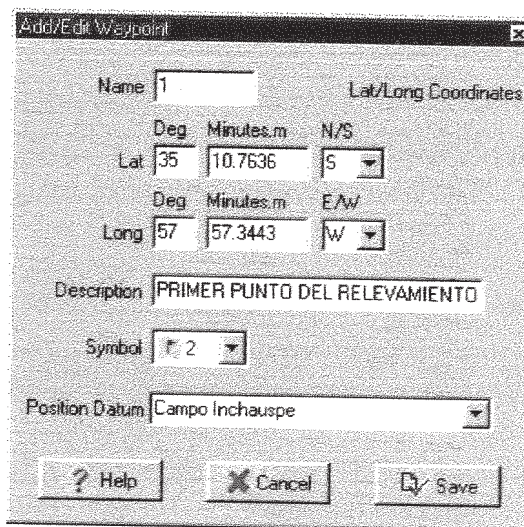
Así cargamos el archivo de la imagen que fue obtenida a partir de una fotografía aérea a escala 1:20000, adquirida en el Departamento de Fotogrametría dependiente de la Dirección de Geodesia del Ministerio de Obras Públicas de la Provincia de Buenos Aires, y que digitalizamos mediante un escáner de formato A3, en blanco y negro, con una resolución de 400 dpi y almacenado en formato TIFF, compatible con Ozi-Explorer. Una vez cargada la

imagen nos ofrece la ventana de calibración del mapa, donde definimos todos los parámetros de la proyección como se puede observar en el siguiente gráfico:



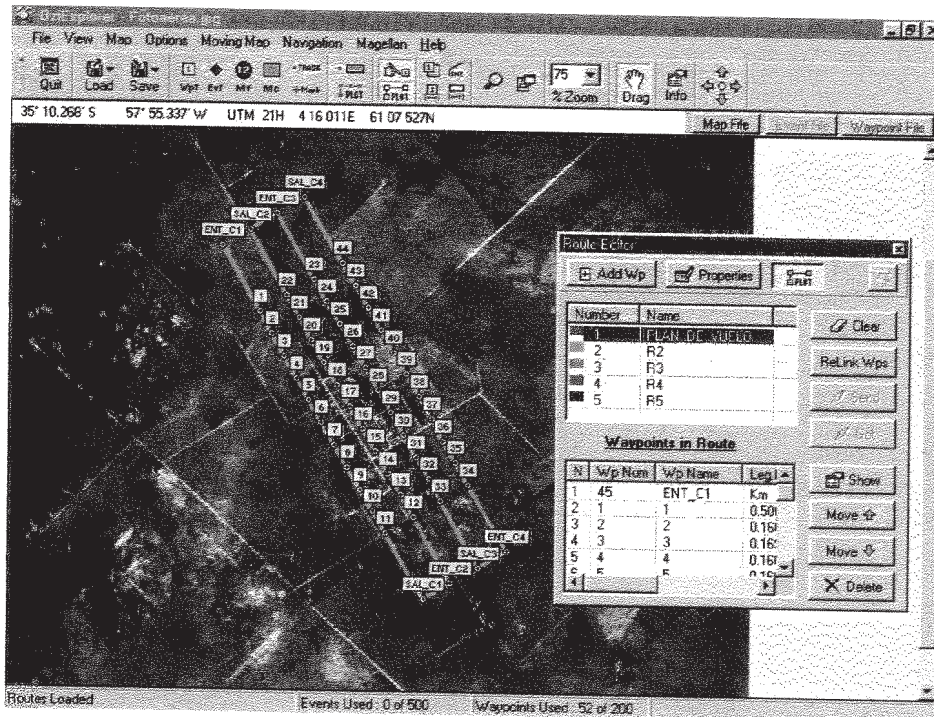
Luego observamos varias pestañas en el lado superior derecho de la pantalla, donde podemos seleccionar los distintos puntos de control, cada uno de ellos definirá que coordenadas de terreno posee cada punto de la imagen, las coordenadas para esta operación fueron relevadas en campo mediante el uso de un navegador satelital. Así, mediante el uso de cuatro puntos de control, efectuamos la operación antes descrita y guardamos el mapa asignándole un nombre para su identificación.

La segunda etapa consistió en cargar los puntos que serian centro de toma en el plan de vuelo y que fueron calculados como se indico anteriormente, por medio de un programa CAD. Estos puntos son denominados en Ozi-Explorer como Way Points. Se los cargo uno a uno y se les asigno además de su numero de identificación, una etiqueta que se desplegaría sobre el mapa como referencia para el operador y el piloto.



Este conjunto de puntos es guardado también en un archivo de la forma WPT; para luego ser utilizados en la confección de la ruta (en el software Track), que determinan las corridas del plan de vuelo.

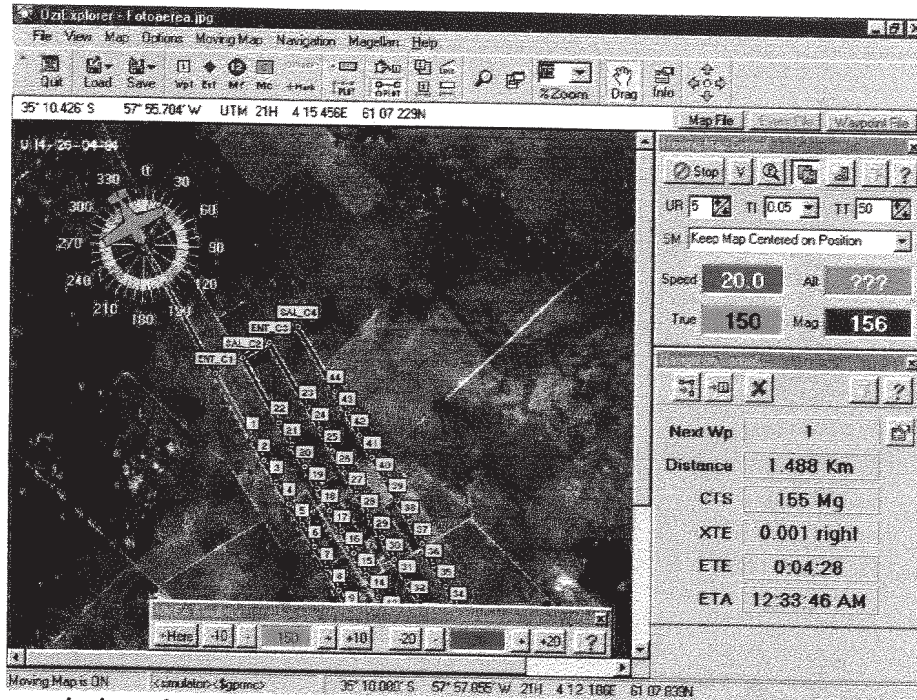
Number	On Map	Name	Latitude	Longitude	Symbol	Description
1	Yes	1	-35 10.764	-57 57.344	2	PRIMER PUNTO DEL REL
2	Yes	2	-35 10.840	-57 57.288	2	
3	Yes	3	-35 10.918	-57 57.230	2	
4	Yes	4	-35 10.995	-57 57.173	2	
5	Yes	5	-35 11.072	-57 57.115	2	
6	Yes	6	-35 11.149	-57 57.058	2	
7	Yes	7	-35 11.227	-57 57.000	2	
8	Yes	8	-35 11.303	-57 56.942	2	
9	Yes	9	-35 11.380	-57 56.886	2	
10	Yes	10	-35 11.457	-57 56.829	2	
11	Yes	11	-35 11.534	-57 56.770	2	
12	Yes	12	-35 11.473	-57 56.649	2	
13	Yes	13	-35 11.396	-57 56.707	2	
14	Yes	14	-35 11.319	-57 56.764	2	



Estos últimos se guardan también en un archivo y se cargan en el momento de realizar el vuelo, desplegándose en pantalla, el programa permite también mostrar las distancias entre los puntos de control consecutivos.

Una vez diseñado el plan sobre el Ozi-Explorer, se deben setear los parámetros del protocolo de comunicaciones con el navegador GPS, en nuestro caso utilizamos NMEA, un protocolo que posibilita la transferencia en tiempo real de la posición de un navegador a la computadora; esto se hace mediante la transmisión de las coordenadas WGS 84 por el puerto serie de la notebook (COM 2) y a una velocidad de 9600 baudios.

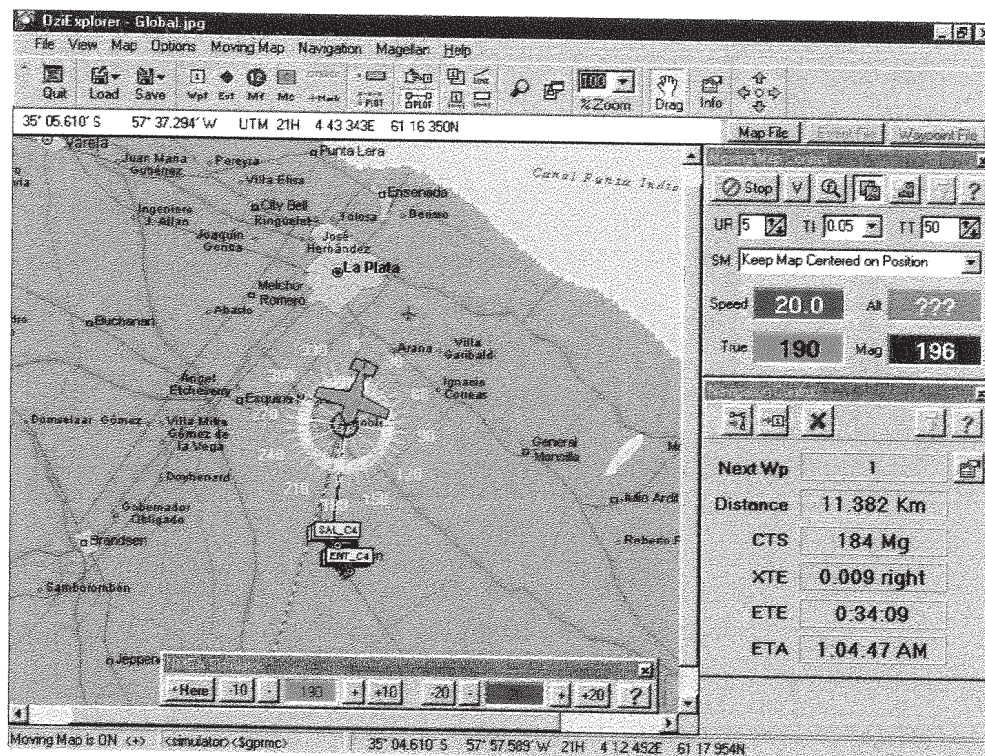
Finalmente seteamos la forma en que se visualizara nuestra posición en pantalla y el vector que indica la dirección y distancia hasta el punto objetivo.



Para optimizar las operaciones en vuelo, el software permite la simulación de la misión mediante el uso de una utilidad denominada NMEA SIMULATOR, que cumple la función de generar la información de GPS, con este desconectado, pudiendo el operador realizar virtualmente el vuelo, utilizando controles de velocidad y dirección, con lo que se logran evaluar tiempos de respuesta, señales de advertencia de llegada y familiarizar así al operador o piloto con el sistema.

Además, se presenta visible para el operador, a la derecha de la pantalla, toda la información necesaria sobre el estado de la misión, velocidad, curso actual y ángulo a virar para encontrar el siguiente punto de la ruta, tiempo estimado para llegar a este, etc...

Una vez listos todos los procedimientos anteriores se esta en condición de corregir con el vuelo, como nosotros partimos de un aeródromo algo alejado de la zona a relevar (Poblet), utilizamos un mapa a escala menor para corregir con el vuelo y al llegar a las proximidades de Oliden, el programa automáticamente detecto que existía un mapa a escala mayor actualizando la pantalla con este.



Con el plan ya corregido, se comenzó a efectuar los recorridos, así cuando se sobrevolaba el punto previamente definido, el software generaba una señal sonora que era procesada por un circuito electrónico diseñado para disparar la cámara fotográfica.

Realizada la misión por completo, se cerraba la ruta y se guarda el archivo que contiene el conjunto de puntos que define el recorrido real realizado por el avión, documento que si bien no contiene información de donde se dispararía la cámara, nos dice que tanto se desvió la ruta de la proyectada; aportando un dato mas a las conclusiones en la evaluación del vuelo.

Capítulo 7

LA LEGISLACION

Legislación vigente acerca de los permisos de vuelo

Las normas para el funcionamiento y control de las actividades Aerofotográficas se contemplan en la resolución 1214 del año 1962 de la Central de Control Aerofotogramétrico dependiente de la Fuerza Aérea Argentina.

Por tratarse de un trabajo experimental creímos innecesario regirnos dentro de la norma antes citada y que adjuntamos a continuación :

Normas para el funcionamiento y control de las actividades aerofotográficas (Resolución 1214/1962).

— CAPITULO 1 —

GENERALIDADES

1.—Los organismos y/o entidades autárquicas que no fueren militares, del Estado Nacional. Provincial y Municipal, las personas y empresas privadas podrán desarrollar actividades aerofotográficas siempre que se encuentren inscriptos en el registro que a tal efecto llevará la Central de Control Aerofotográfico.

2.—Se entiende por actividades aerofotográficas, el empleo de equipos fotográficos, cinematográficos, de detección, magnetómetros, scintillométricos y de medición, en trabajos realizados desde aeronaves y todo otro posterior, que permita la utilización total o parcial de resultados obtenidos de los equipos mencionados.

3.—Las normas previstas en la presente reglamentación se fijan sin perjuicio de las medidas que por razones de seguridad nacional establezcan las autoridades militares dentro de su respectiva competencia.

4.—Las empresas y/o personas privadas se constituirán y funcionarán de acuerdo con los requisitos que se establecen en el Decreto 2836/71 y en la presente reglamentación para desarrollar actividades aerofotográficas de carácter comercial, Las empresas estatales o mixtas, de cualquier tipo o naturaleza no comprendidas en el Decreto N° 2836/71 quedarán sujetas a las normas que se establecen en la presente, en cuanto las mismas les sean aplicables.

5.—La inscripción en el Registro de la Central de Control Aerofotográfico y el otorgamiento del Certificado Habilitante, su mantenimiento o caducidad, será en todos los casos facultad de ésta, la que podrá denegarlo o cancelarlo en cualquier momento formulando las comunicaciones que correspondan.

— CAPITULO II —

EMPRESAS O PERSONAS AUTORIZADAS

6.—Las empresas o empresarios comprendidos en el Decreto N° 2836/71, que

desean actuar como explotadores comerciales del trabajo aéreo en la rama de aerofotografía y relevamiento deberán presentar su solicitud al Comando de Regiones Aéreas - Dirección de Fomento y Habilitación, acompañando la siguiente documentación:

1º)Certificados que acrediten la capacidad económica y técnica del empresario o empresa.

2º)Copia de certificados de matriculación y aeronave a utilizar, con especificación de las habilitaciones técnicas autorizadas, de las aeronaves a utilizar.

3º)Copia de certificado de propiedad o locación de la aeronave a utilizar, emitido a favor de la empresa explotadora.

4º)Detalle de las instalaciones que posea el interesado, como asimismo del material fotográfico o de relevamiento que utilizará.

5º)Certificado que acredite su domicilio real en la República.

6º)Si se trata de una sociedad, copia del contrato social.

7º)Copia auténtica de las pólizas de seguro que cubran los riesgos a tripulantes y daños a terceros en la superficie.

8º)Copia fotográfica de las licencias habilitantes del personal que deba actuar a bordo de las aeronaves y de su certificado psicofisiológico.

9º)Copia del certificado habilitante otorgado por la Central de Control Aerofotográfico a cada uno de los integrantes de la empresa o sociedad y del personal que actúe a bordo de las aeronaves.

7.—Las personas privadas, entidades u organismos que no fueren militares, del Estado Nacional, Provincial o Municipal inclusive los autárquicos que actúen con fines no comerciales y excluidos de régimen del Decreto N° 2836/71 deberán inscribirse en el Registro dependiente de la Central de Control Aerofotográfico sin perjuicio de los recaudos técnicos a cumplir en virtud de las disposiciones vigentes.

8.—Todas las empresas, entidades y/o personas, mencionadas en los párrafos anteriores, para desarrollar trabajos aerofotográficos, deberán presentar y mantener actualizado ante la Central de Control Aerofotográfico, lo siguiente:

1º)Domicilio Legal.

2º)Nómina actualizada del personal a sus órdenes con su especialidad, número de licencia aérea o certificado de competencia, domicilio particular y matrícula individual.

3º)Lista de cámaras, materiales de precisión y todos aquellos elementos relacionados con los trabajos aerofotográficos, aviones con sus características correspondientes, lugar de hangaraje, mantenimiento y reparación.

4º) Índice de los trabajos realizados, indicando si tienen o no los correspondientes negativos en su poder.

5º) Detalle de los trabajos efectuados con anterioridad a la vigencia del Decreto 1717/62, comprendidos en los términos del párrafo 2 de la presente reglamentación para entidades y/o personas residentes en el extranjero especificando fecha de su realización, nombre y domicilio del adquirente o por cuenta de quien se ejecutaron, precisando la zona en que se efectuaron y clase de los mismos.

6º) Cualquier otro recaudo o informe que la Central de Control Aerofotográfico, considere necesario a los efectos de otorgar o mantener la inscripción correspondiente.

9.—En todos los casos las empresas, entidades y/o personas mencionadas en los párrafos anteriores, deberán entregar un índice y copia reproducción de los trabajos aerofotográficos realizados a la Central de Control Aerofotográfico, para su control y archivo dentro los sesenta días de haberlo efectuado.

— CAPITULO III —

PERSONAL

10.—Todo el personal que se desempeña a bordo durante tareas aerofotográficas, deberá ser argentino. En los comienzos de la explotación y por razones técnicas, la Central de Control Aerofotográfico, podrá autorizar un porcentaje de extranjeros como instructores del personal argentino por el término no mayor de un (1) año a partir de la fecha, estableciendo un procedimiento que permita el reemplazo progresivo del personal extranjero por el argentino.

11.—El personal deberá poseer y mantener actualizadas las habilitaciones reglamentarias de la especialidad, para desarrollar actividades aerofotográficas.

12.—Las personas que deban obtener el documento que los habilite a los fines de la seguridad del Estado, para desempeñarse en actividades aerofotográficas, tendrán que cumplir con los siguientes requisitos:

1º) Ser argentino.

2º) Edad mínima 18 años (en caso de menor, debe tener autorización del padre o tutor).

3º) Presentar documentos de identidad.

4º) Efectuar el examen psicofisiológico reglamentario de aptitud (Anual Reglamentario).

5º) Presentar los certificados de competencia de acuerdo a su especialidad.

relevar con las coordenadas correspondientes.

18.—La parte inferior al formulario será llenada por la Central de Control Aerofotográfico y devuelta al solicitante con la conformidad correspondiente. La misma obrará como constancia de la autorización concedida ante la Jefatura del Aeródromo desde donde se efectuarán los trabajos aéreos, quien hará las anotaciones que correspondan para información de la Central de Control Aerofotográfico.

19.—Dicha autorización conformada por la Jefatura del Aeródromo deberá ser entregada a la Central de Control Aerofotográfico, una vez finalizado el trabajo y dentro del término de 72 horas.

20.—Las aeronaves dedicadas a esta tarea deberán operar en todos los casos, desde aeródromos que dispongan de los servicios de comunicaciones de la red de tránsito aéreo dependiente del Comando de Regiones Aéreas, o bien desde los que determinará la Central de Control Aerofotográficos, en casos excepcionales, a efectos de facilitar la supervisión y control de sus movimientos.

21.—Las empresas y/o personas para realizar una operación fotográfica, deberán presentar a la Jefatura de Aeródromo el permiso correspondiente como así también el plano visado con la zona a relevar, otorgado por la Central de Control Aerofotográfico.

22.—La Jefatura de Aeródromo una vez comprobada la autorización para realizar la operación aerofotográfica tomará los siguientes recaudos:

1º) Presenciará la instalación e inspeccionará en cualquier momento a bordo de la aeronave el instrumental fotográfico a utilizar y sellará antes de iniciar cada vuelo los "chasis" que contengan película virgen.

2º) La película impresionada será empaquetada y precintada en la Jefatura de Aeródromo para ser remitida al lugar de su procesamiento.

3º) La operación de revelado sólo podrá realizarse en presencia de un inspector de la Central de Control Aerofotográfico, según las circunstancias de cada caso. Dicho Inspector queda facultado para retener los negativos que considere de inconveniente divulgación, como así para obtener las copias que puedan ser de interés para la Defensa Nacional, sin abonar por ello ningún derecho al propietario, a cuyo efecto se dará conocimiento al Estado Mayor General de la Fuerza Aérea para que se encargue de su remisión a los Departamentos de Estados interesados.

4º) La Jefatura del Aeródromo toda vez que se realice una operación aerofotográfica, remitirá por mensaje a la Central de Control Aerofotográfico, la siguiente información:

— Al arribo de una comisión fotográfica: Fecha de arribo de la aeronave. Nómina de la tripulación.

— Al remitir los rollos para su procesamiento: Cantidad de rollos remitidos. Zona sobrevolada (con coordenadas geográficas) Dirección a la cual se remiten los rollos.

— Al término de la operación: Fecha de terminación. Total de rollos remitidos.

Total de horas de vuelo. Fecha y hora de despegue y destino de la aeronave.

23.—En las aeronaves siempre que las características operativas lo permitan viajará en los vuelos fotográficos un Inspector de la Central de Control Aerofotográfico.

24.—Las empresas y/o personas autorizadas para realizar trabajos, aerofotográficos deberán facilitar a los inspectores de la Central de Control Aerofotográfico, las tareas de control a: instalaciones, Registros de Trabajos. Fototecas. Laboratorios y a todos los elementos técnicos afines a la toma de aerofotográficas y sus consecuencias.

25.—Las empresas y/o personas autorizadas para realizar trabajos aerofotográficos cuando contraten servicios de terceros para realización de los trabajos especificados en el párrafo anterior, deberán acompañar a la solicitud correspondiente la conformidad de estos a efectos de facilitar el control que estipula el párrafo precedente.

26.—La cesación de las actividades aerofotográficas de quienes estén autorizados para realizarlas, deberá ser comunicada a la Central de Control Aerofotográfico.

27.—Los negativos, positivos e informes que de actividades aerofotográficas obtengan las reparticiones u organismos oficiales, nacionales, provinciales o municipales, excluidos los pertenecientes a los Estados Mayores Generales, deberán ser utilizados únicamente por la repartición que lo realice, salvo autorización expresa de la Central de Control Aerofotográfico.

28.—Cuando dichos trabajos sean por cuenta o para entidades privadas en general, toda autorización que otorgue la Central de Control Aerofotográfico, para la realización de los mismos, será bajo condición expresa e ineludible de que los negativos u otros elementos que se determine deberán ser entregados a la Central de Control Aerofotográfico dentro del plazo que se le fije y luego de su aprovechamiento por el usuario. En el caso de que los trabajos aerofotográficos sean realizados por cuenta o por entidades estatales, nacionales, provinciales o municipales aún autárquicas, la autorización se otorgará bajo condición de que la entidad respectiva podrá retener como depositario de los negativos u otros elementos que se determine, pero con la obligación de comunicar a la Central de Control Aerofotográficos el lugar donde se encuentran y medidas de seguridad tomadas, y sin perjuicio de que cuando le fueren recabados deberán entregarlos dentro del plazo que se les fije.

29.—Todos aquellos elementos y resultados que se obtengan por intermedio o como consecuencia de actividades aerofotográficas deberán permanecer en el país no pudiendo remitirse al exterior en forma total o parcial bajo ningún concepto, sin la autorización expresa del Poder Ejecutivo en la forma que éste lo determine, la salida de las de carácter publicitario-periodístico, serán autorizadas por la Jefatura II - Inteligencia.

30.—Las empresas y/o personas que realicen actividades aerofotográficas, deberán comprometerse a mantener el "SECRETO DE LOS TRABAJOS" que le fueran confiados, cuando así lo determine la Central de Control Aerofotográficas.

—CAPITULO V —

INFRACCIONES

31.—Los Jefes de Aeródromos, cuando comprueben que se ha transportado en aeronaves equipos aerofotográficos, cinematográficos, de detección, magnetométricos y de medición en general, sin la autorización correspondiente otorgada por la Central de Control Aerofotográfico, o que no conserven intactos los sellos colocados por la autoridad del aeródromo o aeropuerto, procederán a secuestrar los elementos utilizados poniéndolos a disposición de la Central de Control Aerofotográfico, quien adoptará las medidas que correspondan de acuerdo a la naturaleza de la infracción cometida, dando intervención a las autoridades administrativas o Judiciales competentes.

32.—Las infracciones a las normas de la presente reglamentación sin perjuicios de las sanciones previstas en el Decreto N° 2352/83, serán puestas en conocimiento de la justicia competente cuando configuren hechos delictivos.

NOTA: Publicación del Estado Mayor General de la Fuerza Aérea Central de Control Aerofotográfico - Edificio CONDOR Comodoro Pedro Zanni 250 -

Capítulo 8

EL VUELO

Vuelo Fotogramétrico

Habiendo finalizado con la construcción de los dispositivos de sujeción y disparo de la cámara y la planificación del vuelo, se espero el día que presentara las condiciones climáticas aceptables y nos dirigimos hacia el Aeródromo de Poblet.

Una vez allí, se procedió a cargar la batería de la computadora portátil, asegurar la cámara dentro de la caja y a conectar todos los dispositivos antes mencionados, posteriormente, montamos la caja en el ultraliviano de la siguiente manera, colocamos con abrazaderas una plancha de madera para amortiguar las vibraciones producidas por el motor del avión. Mediante tornillos se sujetó el armazón de hierro cuyo extremo cargaría la caja de aleación de aluminio. Una vez colocado todo el soporte, se conecto éste a la computadora y al navegador G.P.S.

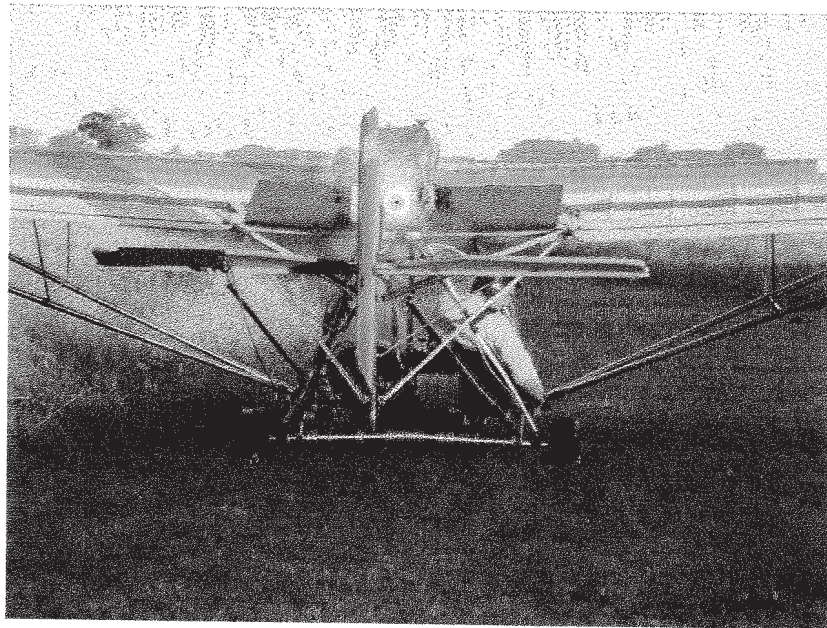


Imagen del Ultraliviano listo para volar

Una vez que se llego a las proximidades del pueblo de Oliden, el programa Ozi-Explorer accionó automáticamente la cámara cada vez que el ultraliviano pasaba por el punto programado en el plan de vuelo para tomar la fotografía.

Luego de realizar el segundo tramo de la corrida, cuando el piloto se preparaba para virar el ultraliviano, la computadora indico una falta de energía, como consecuencia de que fue necesario bajar las fotografías ya tomadas para vaciar la memoria de la cámara digital y seguir con el relevamiento.

Presentado ese inconveniente a bordo, se decidió usar un cronometro y el disparador manual preparado para ocasiones como estas, pudiéndose completar así satisfactoriamente el resto del vuelo.

Ya en tierra se comprobó la existencia del total de fotografías necesarias para cubrir el pueblo. Luego se retiro toda la plataforma confeccionada por nosotros del ultraliviano y se partió de regreso a La Plata para continuar con las tareas de gabinete.

Capítulo 9

LOS PUNTOS DE APOYO LA GEORREFERENCIACION DE LAS IMAGENES

Determinación planimétrica de los Puntos de Control

Para corregir las deformaciones geométricas de las fotografías aéreas, es necesario determinar puntos de control con coordenadas planas conocidas, identificables en ellas.

Estos puntos pueden ser determinados por ejemplo mediante **Métodos de triangulación**, en los que conociendo las coordenadas en el terreno de algunos puntos es posible determinar las coordenadas de los demás puntos de control en las fotografías.

METODOS DE AEROTRIANGULACION

Los métodos de triangulación básicamente se pueden clasificar en:

✓ **Triangulación radial:** Estos métodos se basan en una propiedad de las fotografías aéreas verticales, que dice los ángulos medidos con centro en el punto nadir sobre las fotografías, pueden determinarse de la misma manera que si tales mediciones hubieran sido realizadas desde el punto y hacia las direcciones correspondientes en el terreno. Basándose en este principio es posible determinar las coordenadas planas de puntos para cada fotografía por métodos gráficos, mecánicos o analíticos, partiendo de unos pocos puntos de control de coordenadas de campo conocidas.

Dentro de los métodos de triangulación radial se destacan los siguientes: analíticos, gráficos o método de Arundel, mecánicos o de las plantillas ranuradas.

✓ **Triangulación espacial:** Estos métodos se fundamentan en la reconstrucción de modelos para el cálculo de las coordenadas espaciales de puntos de control, partiendo de un reducido número de puntos de control, cuyas coordenadas de campo sean conocidas.

NUESTRO METODO DE APOYO

Como la cantidad de imágenes que abarcaba nuestro vuelo era reducida, y por ello, el número de puntos de apoyo no iba a superar los 50, se decidió tomar las coordenadas de todos los puntos con una estación total directamente en campo, y mediante el método de radiación desde varias estaciones que conformaban una poligonal.

Elección de los Puntos de Apoyo (post-vuelo)

Obtenidas las fotos se debió realizar el apoyo terrestre, con el que obtendríamos un conjunto de puntos con sus respectivas coordenadas, para de este modo poder corregir, vincular las fotos y confeccionar el mosaico final.

La elección de dichos puntos se realizó de manera que algunos de ellos fueran comunes a dos o más fotos con el fin de minimizar el trabajo de campo. Además se debieron tener en cuenta tres aspectos más para su selección: su número, localización y su distribución.

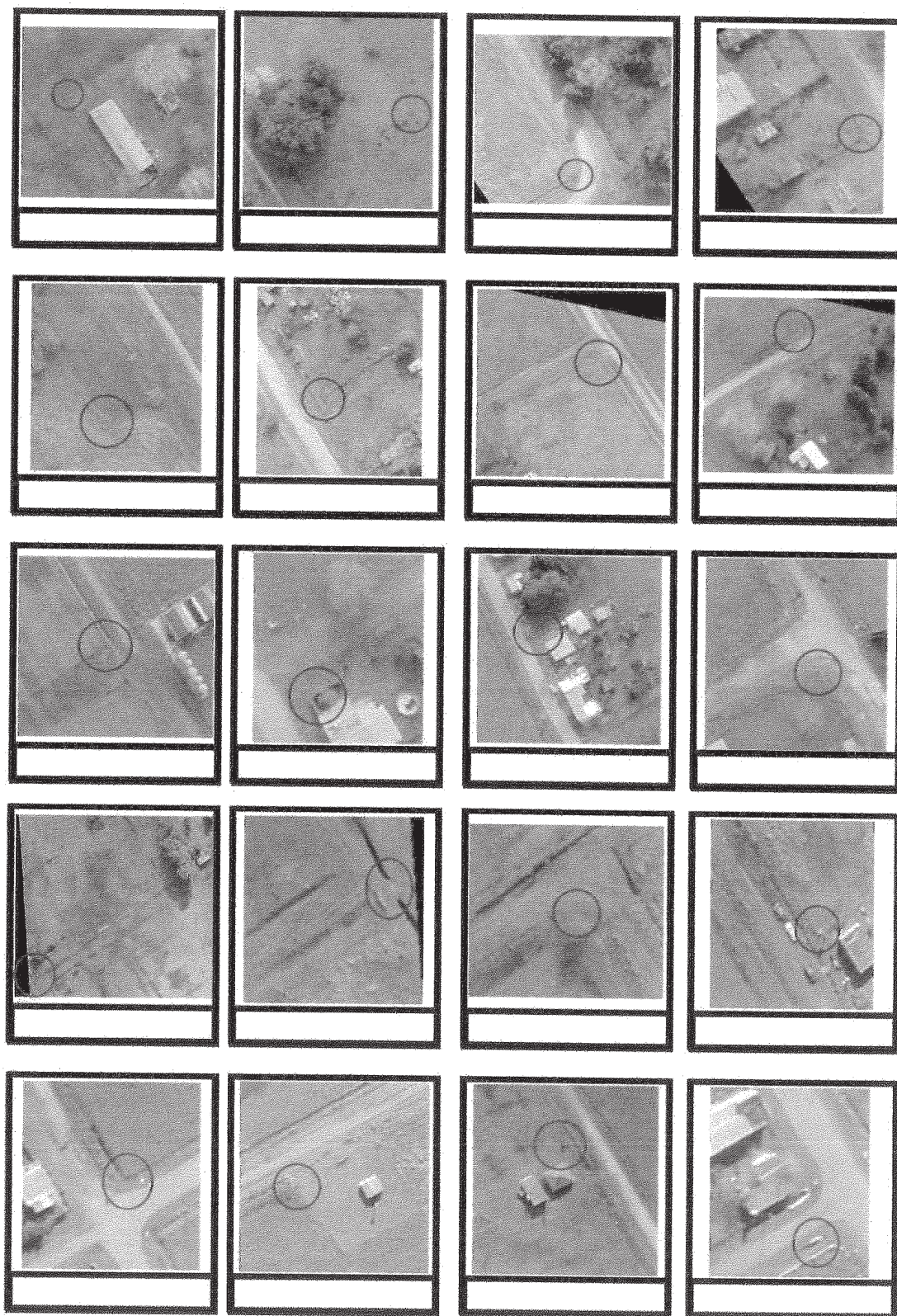
La cantidad de puntos necesarios depende del tamaño de la imagen y del método con que se realizara la corrección, en nuestro caso esta fue polinómica y se adoptó la cantidad de seis puntos por fotografía, identificables claramente en ella y en el terreno. Su distribución se concibió de manera tal que fuese uniforme sobre la superficie abarcada por la imagen, de forma que el software trabajase luego por interpolación y no extrapolando en áreas no apoyadas.

Así, se eligieron preferentemente intersecciones o vértices de alambrados que además presentaban facilidad de acceso en campo.

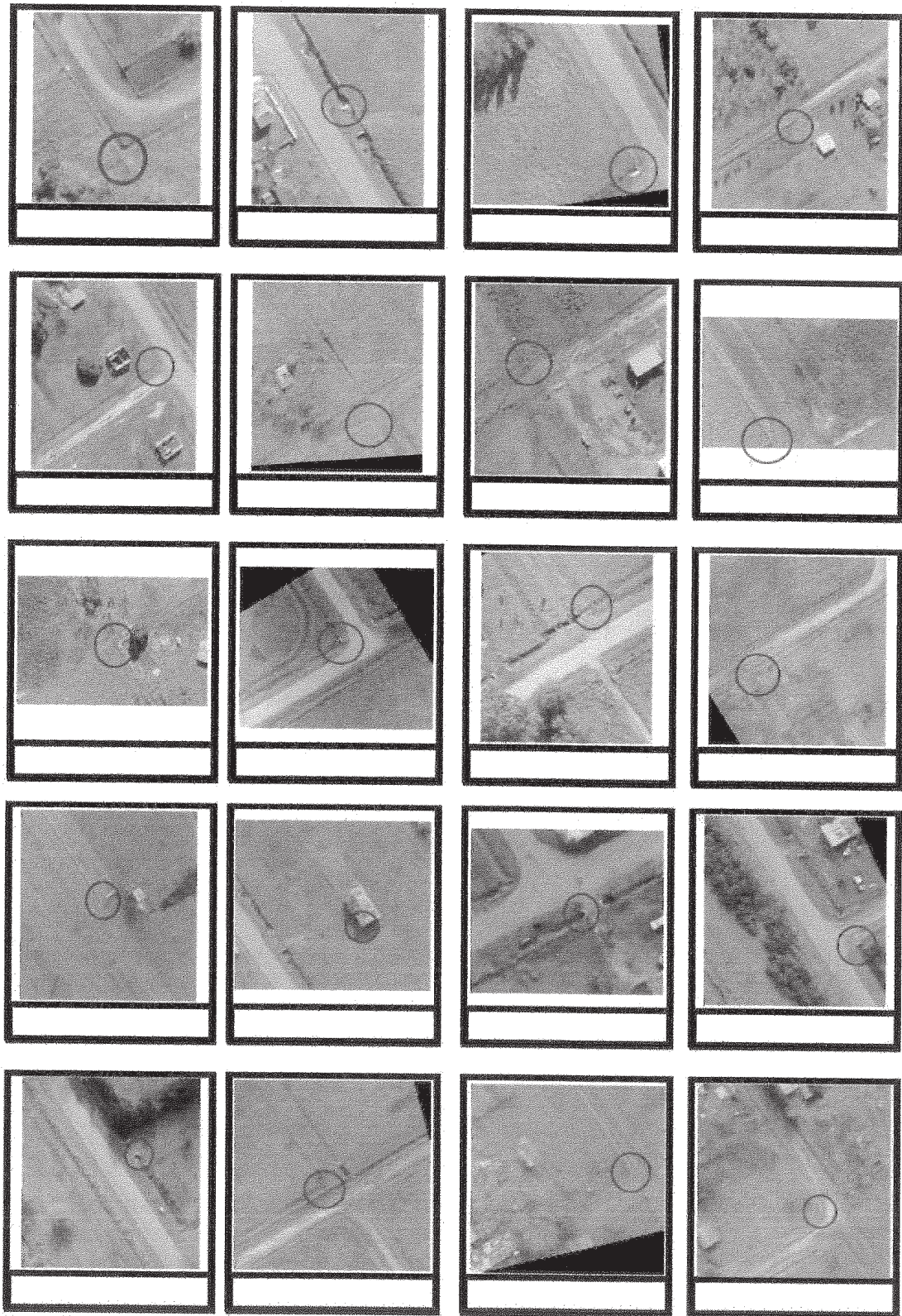
Para darle apoyo a los puntos antes mencionados, se realizó una poligonal, cuyos vértices tendrían coordenadas conocidas y a partir de estos y en forma radial se le dio coordenadas a los puntos necesarios. Los vértices de la poligonal antedicha debieron cumplir la condición de intervisibilidad entre sus pares contiguos y entre estos y los demás puntos. Otra condición fue que las longitudes sean razonables con respecto al alcance del instrumento utilizado, premisa que se cumplió ampliamente debido a las dimensiones de la zona a relevar.

Una vez que definimos los puntos para el apoyo planimétrico de todas las fotografías que utilizaríamos en la confección del mosaico, realizamos una ampliación de la zona en donde se ubicaba cada uno de los puntos, de modo que al llegar al lugar se localizaran los puntos con facilidad, es decir, confeccionamos una monografía fotográfica de cada punto de control. También se propuso, estimativamente, la localización de los vértices que conformarían nuestra poligonal de apoyo.

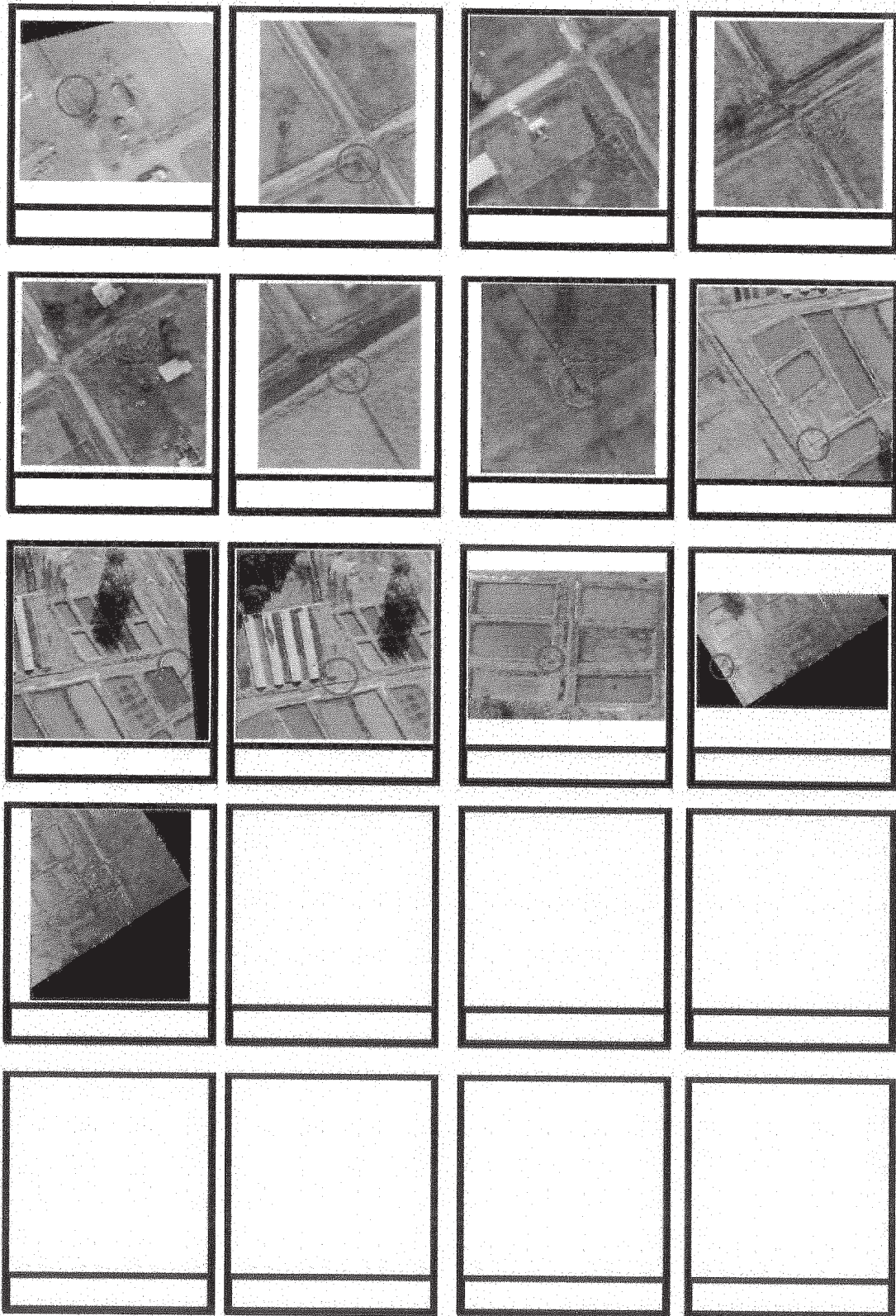
Monografías fotográficas de los puntos de control



Hoja 1



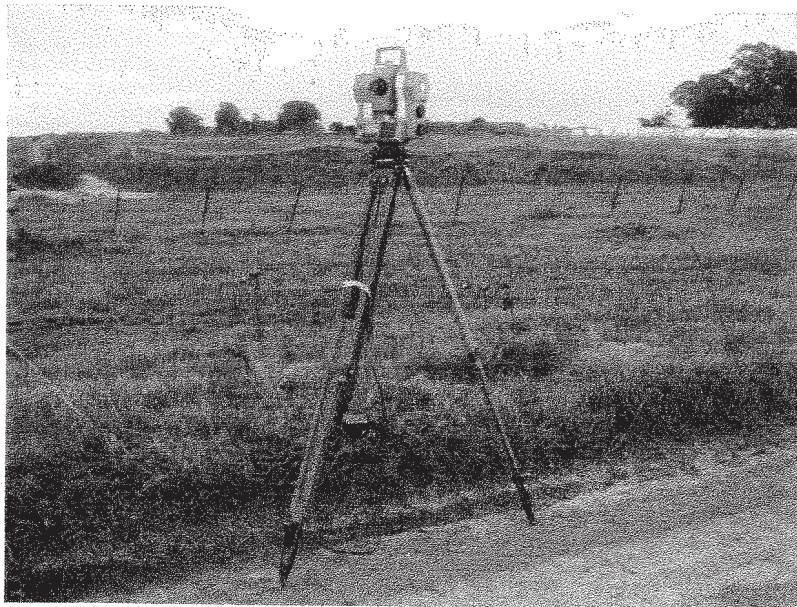
Hoja 2



Hoja 3

Medición Post-Vuelo de los Puntos de Apoyo

Nos dirigimos hasta el pueblo de Oliden para realizar el trabajo de campo. El equipo que preparamos para esta medición constaba de una estación total modelo Geodimeter 500, cuya precisión nominal angular = 1 segundo; distancia = +/- 3 mm + 3 ppm (modo normal) y +/- 10 mm+ 3 ppm (modo replanteo); aumentos = 30. Además se prepararon un par de radios portátiles, estacas y jalones.



Nuestra manera de proceder en campo se baso en la puesta en estación del instrumento sobre marcas bien definidas y posteriormente su orientación en un sistema de coordenadas local. En cada estación se ubicaba un operador, los restantes identificaban cada punto de control en el terreno con su monografía y ubicaban el prisma para que el operador pudiera realizar la medición.

Una vez en gabinete realizamos la bajada de datos a la computadora e hicimos la conversión del archivo a una planilla excel para una mejor manipulación.

Planilla de Coordenandas			
Punto	Norte	Este	Observación
3	5559,54	9391,48	cruce de alambrado
4	5433,41	9523,77	cruce de alambrado
5	5658,51	9368,89	cruce de alambrado
6	5496,92	9487,30	cruce de alambrado
7	5354,65	10173,83	cruce de alambrado
8	5508,72	10181,44	cruce de alambrado
9	5533,68	9985,50	cruce de alambrado
10	5377,97	9837,38	cruce de paredes
11	5224,86	9997,90	cruce de alambrado
12	5450,27	9905,78	cruce de alambrado
13	4499,22	10027,59	cruce de alambrado
13	4499,22	10027,59	cruce de alambrado
15	4750,84	10243,35	cruce de alambrado
17	4991,66	10018,09	alcantarilla
18	4885,77	9888,61	cruce de alambrado
19	4871,99	10115,79	cruce de alambrado
20	5065,60	9905,32	alcantarilla
21	5067,11	9743,49	cruce de alambrado
22	5176,91	9819,47	alcantarilla
23	5240,86	9726,32	alcantarilla
24	5141,62	9624,63	cruce de alambrado
25	5318,22	9644,69	cruce de alambrado
26	5409,48	9223,29	cruce de alambrado
28	5557,67	9066,92	cruce de alambrado
29	5642,30	9122,57	cruce de alambrado
31	5465,34	9625,94	cruce de alambrado
32	5505,08	9314,39	cruce de alambrado
33	5336,23	9767,35	extremo de vías
34	5217,60	9831,12	borde SO edificio estación
35	5080,31	10078,40	alcantarilla
36	5001,13	10168,26	alcantarilla
37	4920,29	10253,16	alcantarilla
38	5184,48	10356,63	cruce de alambrado
39	5259,87	10106,21	cruce de alambrado
40	5177,19	10193,68	cruce de alambrado
41	5137,80	10060,16	cruce de alambrado
42	5433,75	10090,62	cruce de alambrado
43	5549,56	9802,01	cruce de alambrado
45	5558,51	9851,59	cruce de alambrado
47	5953,93	9142,21	cruce de alambrado
48	5843,53	8948,92	borde pileta
49	5943,58	9083,35	borde pileta
50	5858,03	9065,57	borde pileta
51	5965,89	8982,20	borde pileta
52	5992,50	8914,47	borde pileta
53	6050,19	8967,17	borde pileta

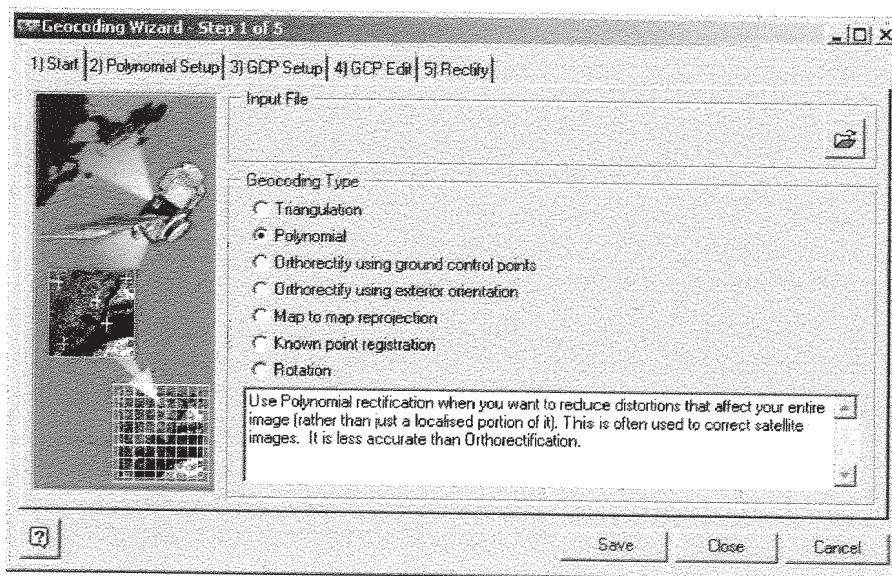
Planilla de coordenadas de los puntos de control

Georreferenciación de las imágenes con el ER-Mapper

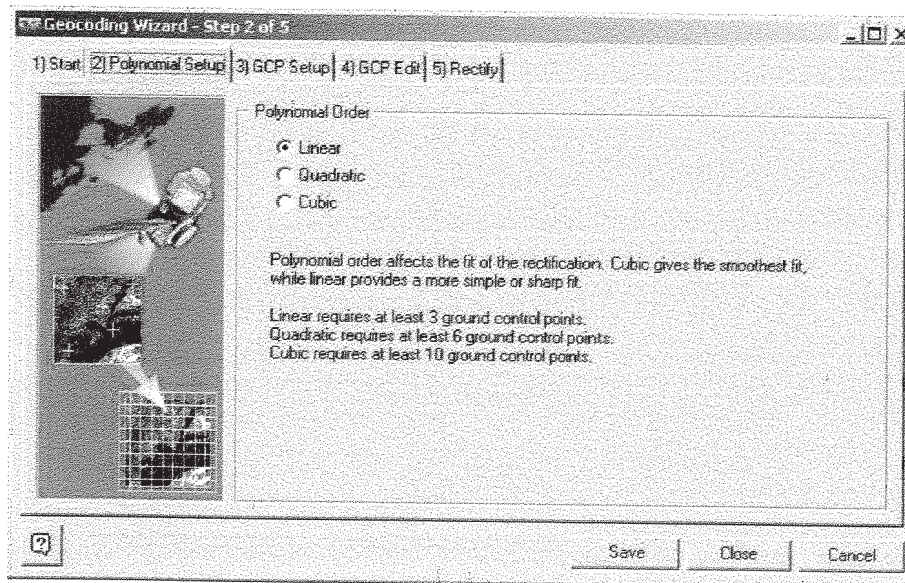
Para georreferenciar nuestras imágenes utilizamos el programa ER-Mapper que nos permitía lograr este objetivo, como confeccionar completamente el mosaico. Nuestra inclinación por tal software se basó en que poseíamos cierta experiencia con el mismo y nos resultaba más fácil que implementar otro, que además deberíamos estudiar primero.

Dentro de la georreferenciación, nosotros utilizamos el método polinomial, donde se debe utilizar 4 o más puntos de apoyo.

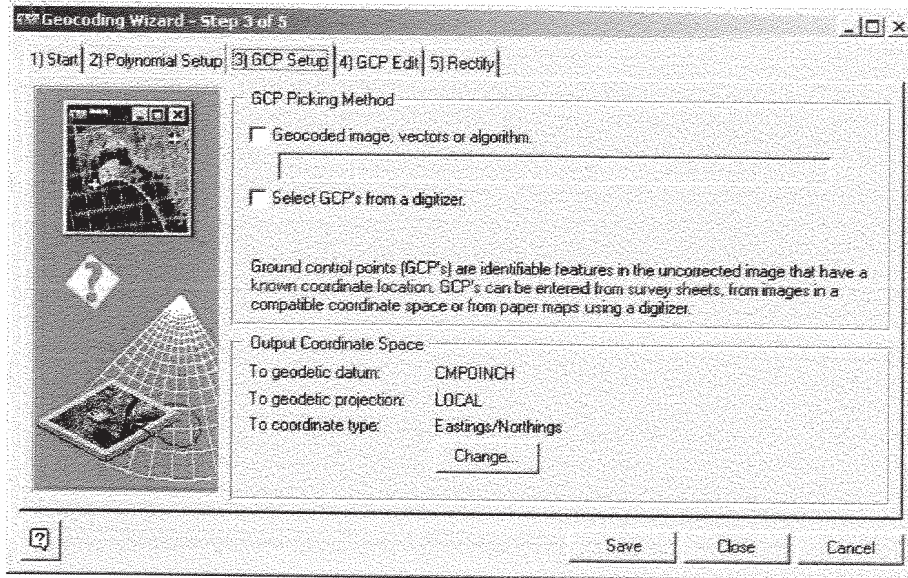
Se comenzó utilizando el wizard que el programa provee para tal efecto ("ortho and geocoding wizard"), y que consta de 5 pasos. La primera ventana (start) nos permitió colocar el nombre de la imagen a emplear y el método de georreferenciación que usamos: "Polynomial".



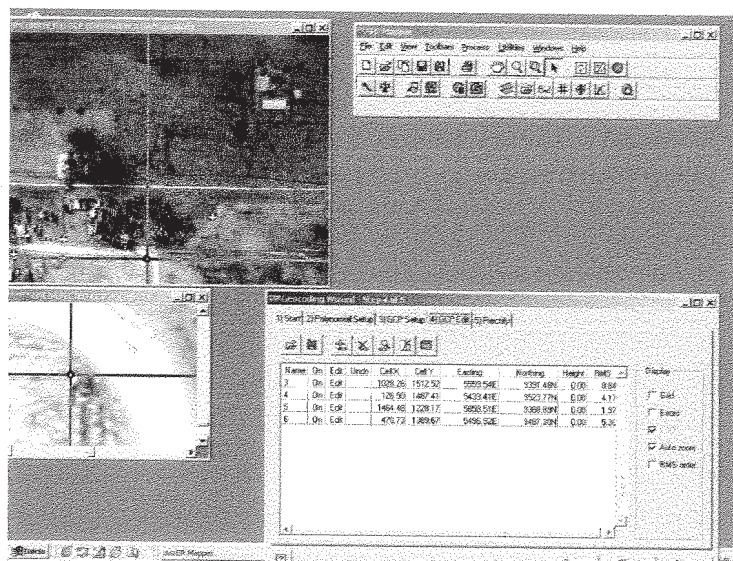
La ventana 2 nos permitió seleccionar el método polinomial que utilizaríamos, pudiéndose elegir entre: lineal, cuadrático o cúbico. En nuestro caso se utilizó el lineal, pues nos permite trabajar con 4 puntos de control y esto disminuía el trabajo de campo.



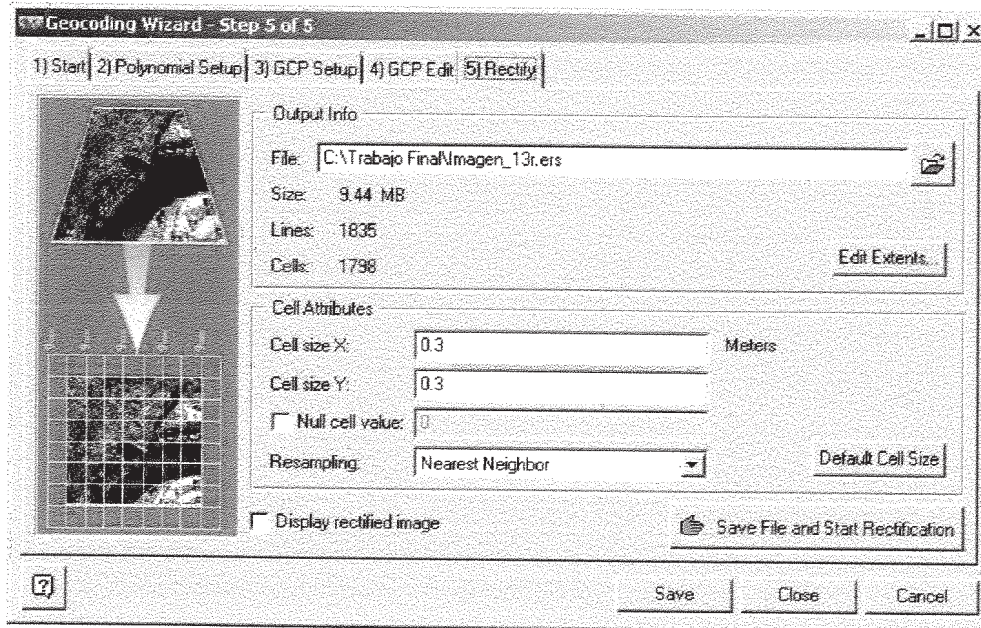
La ventana 3, “ GCP Setup “, nos permitió definir la utilización de una tableta digitalizadora o de una imagen, vector, o algoritmo, para la determinación de las coordenadas de los puntos de control. En nuestro caso no se utilizó ninguna de las opciones anteriores pues las coordenadas fueron tomadas con Estación Total y se volcaron de manera manual en la planilla que el software despliega para tal efecto. Además el programa permitió ingresar el sistema de coordenadas de salida: Datum, proyección, tipo de coordenadas. Para nosotros el Datum elegido fué Campo Inchauspe, la proyección Local y el tipo de coordenadas Este/Norte.



En el paso 4 se colocaron las coordenadas de los puntos de control que nosotros utilizamos. Para ello el software desplegó tres ventanas en las cuales se ubicaron: la imagen en su totalidad, una porción de la imagen aumentada donde se ubica el punto de control y la ventana del wizard que se esta utilizando en ese momento. Se colocaron los puntos sobre la imagen, donde el programa les dio sus propias coordenadas; y además se volcaron las coordenadas que nosotros trajimos de campo en la planilla. El programa calculó los errores medios cuadráticos (RMS). La ubicación de los puntos debió ser realizada con cuidado para no tener elevados valores de RMS pues eso influiría sobre la rectificación de la imagen.



En la ventana 5 el software nos permitió colocar el nombre que se le dio a la imagen georreferenciada y también se colocó allí el tamaño que tiene el pixel sobre la imagen. Se oprimió la tecla “ Save file and Start Rectification” y la imagen se rectificó. El programa permitió seleccionar el poder ver o no la imagen rectificada.



Una vez que se georreferenciaron todas las imágenes se pudo pasar a la etapa de confección del mosaico (para ello el software presenta otro wizard).

Capítulo 10

EL MOSAICO

Ensamble de fotografías consecutivas: Mosaico Fotográfico

Debido a que cada fotografía, si bien representa una imagen muy comprensiva y detallada del sector del terreno, esta limitada por su " formato y escala ", a abarcar solo una porción del objeto fotografiado.

La necesidad de cubrir una superficie mayor en un solo documento fotográfico, obliga a " ensamblar entre sí " todas las fotografías que la abarcan, obteniéndose así un " mosaico fotográfico ".

El Mosaico es un documento fotográfico que permite observar en una sola imagen un sin número de detalles y elementos informativos pertenecientes a la superficie en estudio, que en una cartografía regular no podrían ser representados.

Existen tres tipos de mosaicos a ejecutar:

✓ **Mosaico sin control o sin apoyo:** El empalme se realizara de la mejor manera (dentro de lo practicable); oponiéndose a ello, diferencias de escala, inclinación y desniveles que puedan presentarse en las distintas copias o imágenes fotográficas. Si bien este documento es de más rápida y económica realización, cabe señalar que el mismo no garantizará la medición de distancias o cálculos de superficie sobre él. Tiene gran valor informativo, constituye un valioso auxiliar para la planificación de trabajos y se puede realizar con fotografías de cualquier tipo de terreno (llano, accidentado, montañoso).

✓ **Mosaico semi-controlado:** En este caso además de tener en cuenta los detalles de las fotos para su ensamblaje, se emplean algunos puntos de control de coordenadas conocidas.

✓ **Mosaico controlado o apoyado:** Este se realiza mediante el acoplamiento de fotografías obtenidas por proyección, a las que se corrigieron de su inclinación y se las ha llevado a una misma escala (por medio del proceso de rectificación o enderezamiento), aunque esta variante limita su ejecución a terrenos llanos. En este tipo de mosaicos se pueden medir distancias, rumbos y superficies con exactitud satisfactoria para muchos propósitos.

En nuestro caso se tomo la determinación de realizar un Mosaico Controlado y esto se debió a las características que el mismo presenta y que se enumeran a continuación:

- Posibilidad de producción de una composición fotográfica de una zona, que se aproxime en exactitud a la de un mapa. En otras palabras, podríamos decir que constituye una " planimetría fotográfica ", con abundantes detalles y escala relativamente homogénea, que permite la medición de distancias, rumbos y superficies con exactitud relativas generalmente satisfactorias. De este modo el mosaico controlado puede ser empleado como " mapa básico " de la superficie que abarca, sin que constituya efectivamente un mapa.
- La visión general de la superficie, permite examinar características extensas, no interpretables en cada imagen (formaciones geológicas, vías de tren, canales).
- Las imágenes utilizadas muestran el estado mas reciente y completo de los objetos fotografiados. El tiempo que demanda convertir la información de las fotos en un mapa convencional por trazado estereoscópico o a través de la restitución, trae como consecuencia que el mapa sea anticuado en el momento de su publicación. En cambio los mosaicos pueden ser presentados pocos días o breves semanas después de pedidos. Osea mas rápido y económico en su construcción.

- Para cada obra cartográfica, se procede a una selección de los detalles a representar y cuales deben ser omitidos. El mosaico proporciona datos completos y un “ inventario “ genuino de los detalles.

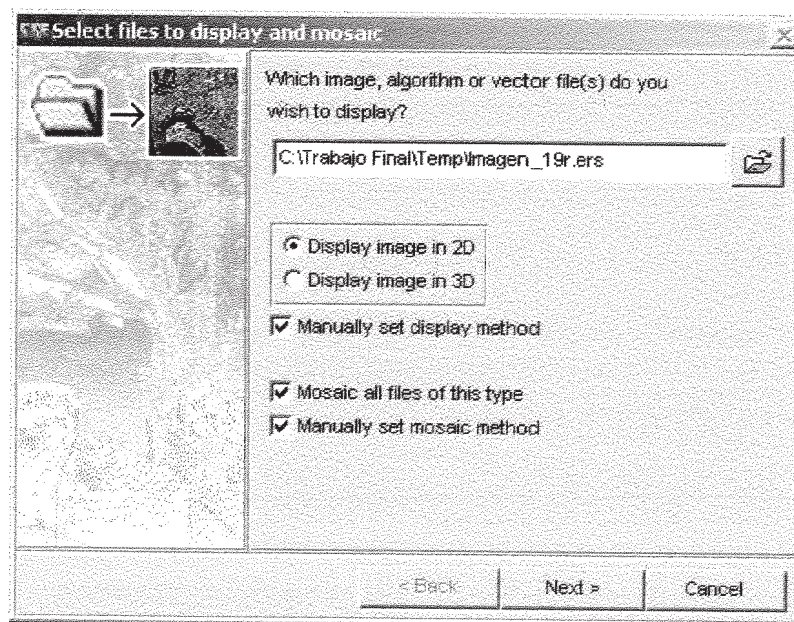
Además, el valor del mosaico controlado puede aumentarse considerablemente si se representan en él, la inscripción de datos en sus márgenes (rotulado, nombre y numero de hoja, croquis de ubicación de la zona, escala), el reticulado puede trazarse sobre toda la hoja o solo señalarse en sus bordes. un mosaico controlado así completo, suele llamarse "Fotoplano".

Confección del mosaico con ER-Mapper

La confección de nuestro mosaico se realizo, al igual que la georreferenciación de las imágenes, con el software ER-Mapper. El mismo presenta herramientas automatizadas (wizards) especialmente diseñados para tal tarea y permite un acabado prolijo de los empalmes de las imágenes mediante el corte digital de las mismas.

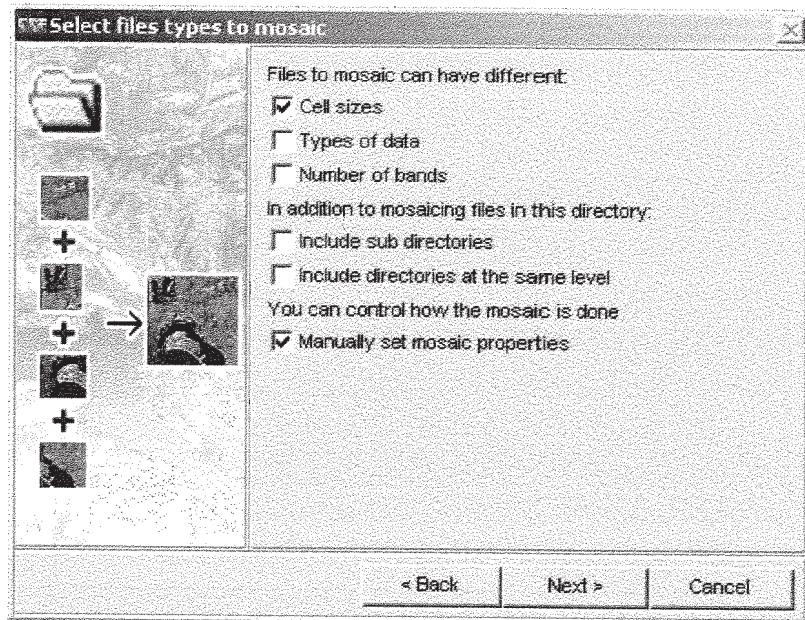
La tarea de mosaicar comenzó activando el wizard representado por una varita mágica y que lleva como nombre: “ Image display and Mosaic Wizard ”.

El software inicio las tareas desplegando una ventana que nos permitió introducir el nombre de la primera imagen a incluir en el mosaico. Además en esta etapa hay un par de opciones que se pudieron utilizar para agilizar la confección del producto final, tales como: incorporar al mosaico el total de las fotografias que se ubican en la carpeta donde se encuentra la imagen que se definió para comenzar, trabajar manualmente con el mosaico, o definir de que manera serian desplegadas las imágenes.

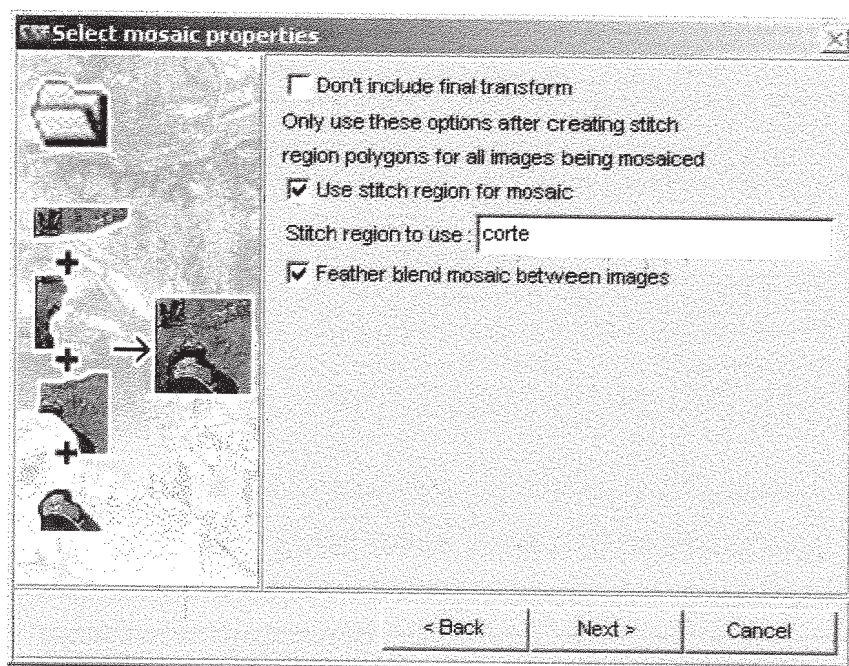


La ventana siguiente nos permitió tildar diferentes opciones acerca de la confección del mosaico:

- Tipos de archivos a utilizar con diferente tamaño de pixel, diferente formato, o distinto número de bandas (RGB, Monocromatica, Multiespectrales, etc.)
- Incorporación de archivos de otra carpeta o subcarpeta.
- Selección manual de las propiedades del mosaico.



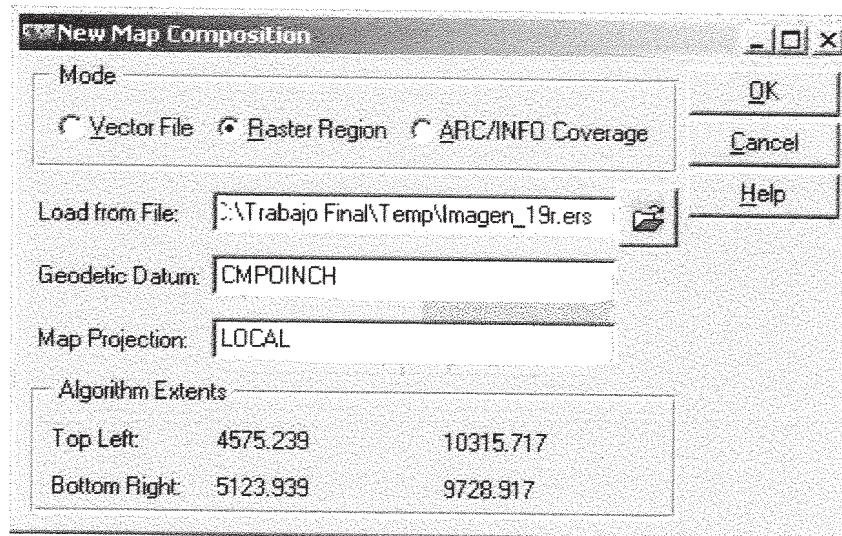
El próximo paso nos consultó sobre la utilización de una determinada región de cada imagen para confeccionar el mosaico. Si se usa este método se debe colocar el nombre que se le dio a esa región cuando se la genero, y que será el mismo para todas las fotografías que lo formarían. También se le pudo pedir al software que unifique la diferencia de colores en las superposiciones de las imágenes contiguas para un mejor acabado.



En nuestro caso se procedió a la utilización del recorte digital de las imágenes mediante las herramientas que el programa nos proporciona. Este recorte de imágenes no se realiza de manera definitiva, pues lo que hace el software en este paso es seleccionar, mediante el trazado de un polígono cerrado, la porción de imagen que utilizara en la realización de mosaico, es decir creara una mascara ocultando regiones que no serán utilizadas. Para ello recurrimos al menú principal y desplegamos cada imagen a recortar.

Luego volviendo al menú y en la tabla de herramienta cliqueando "Edit". Seleccionamos la opción "Edit/Create Region", que permitió crear ese polígono cerrado sobre la imagen para incorporarla luego en el mosaico.

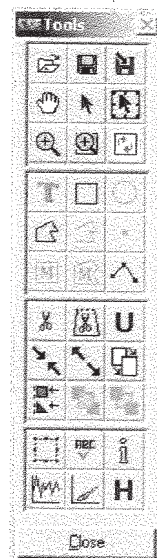
El software desplegó una ventana donde nos permitió seleccionar el tipo de recorte que se iba a realizar: una región raster, un archivo de vector o un fondo de ARC/INFO. Además se debió introducir el nombre del archivo donde se encuentra la imagen a recortar. El programa introduce allí algunas características de la imagen(datum, proyección).



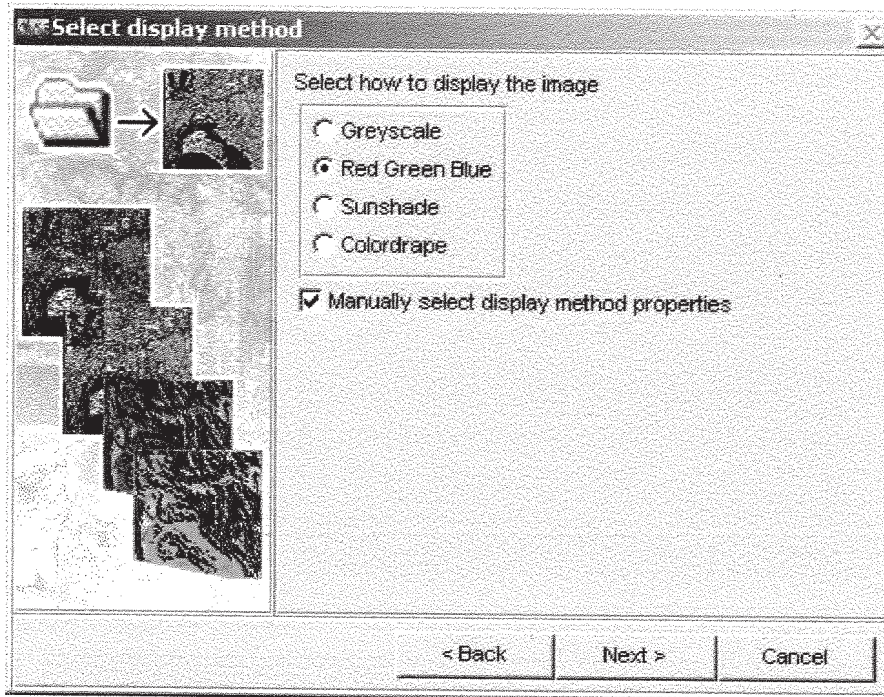
Seguidamente se despliega una barra de herramientas que permite realizar el recorte, colocarle un nombre y guardarlo para posteriormente utilizarlo en el mosaico.

El criterio empleado para seleccionar los lugares donde se efectuaría el recorte de las imágenes fue el siguiente:

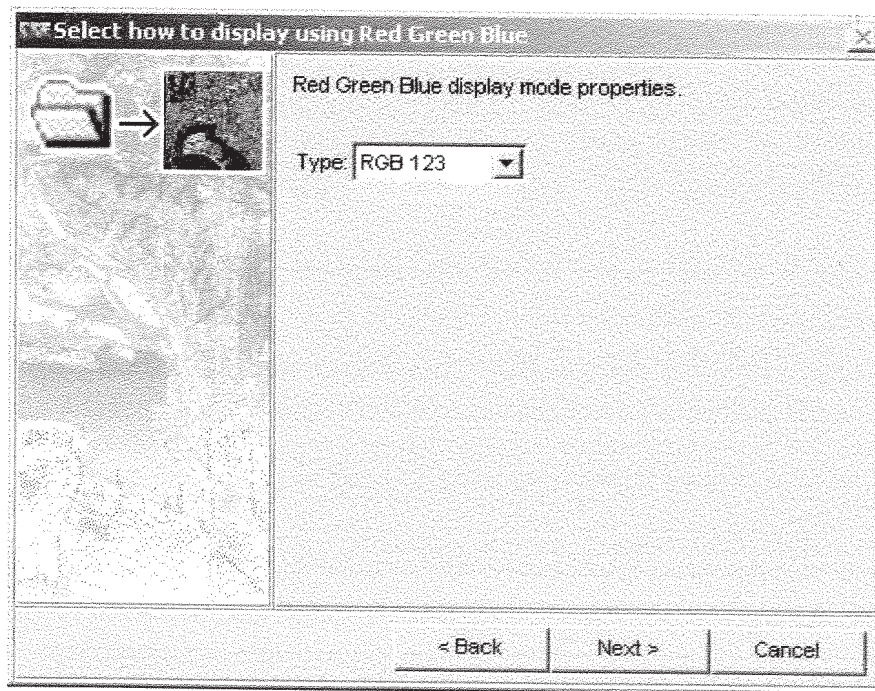
- Se utilizaron lugares donde las imágenes consecutivas presentaban el mismo tono. Si se trataba de un área extensa, se trazaban líneas rectas para realizar el corte, utilizando detalles lineales como divisiones de campos, cultivos, etc.
- De presentarse la posibilidad de realizar el corte por las calles, se tomo esta opción pues el contraste de tonos es menor en ese tipo de cubiertas.
- Se trato de evitar el corte escalonado o ubicar la línea perpendicular a los detalles que eran paralelos a la base de la imagen.



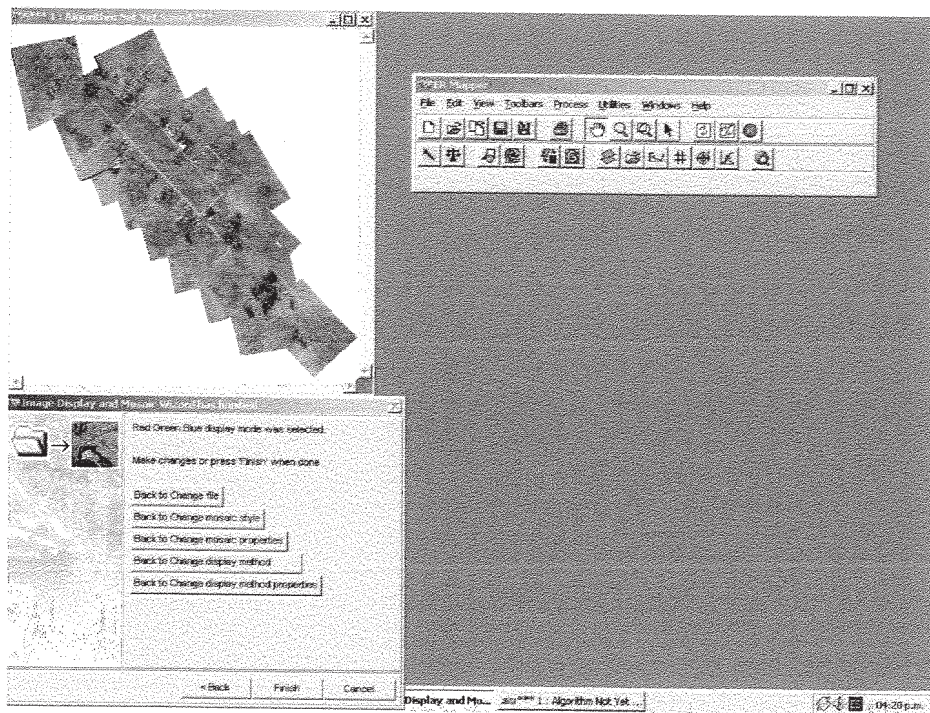
Una vez realizados todos los recortes se continuo con la confección del mosaico, donde se pudo seleccionar como se quería desplegar el producto final: si en escala de grises, en RGB (paleta roja, verde y azul), etc.



Como en nuestro caso se eligió la paleta RGB, el software nos permitió seleccionar que tipo de paleta RGB se utilizaría, que en nuestro caso fue la RGB 123, es decir cada canal con su respectivo color, rojo desplegado en rojo, verde en verde y azul en azul.



El software desplegó el mosaico y nos permitió realizar los cambios que quisiéramos antes de finalizar. Realizamos los cambios que creímos oportunos y finalizamos el mosaico.



Mosaico Fotogramétrico

Localidad de

Oliden

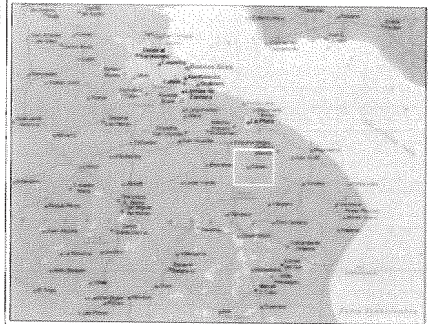
Partido de Cnel. Brandsen
Pcia. de Buenos Aires

50 0 50 100 150 200 M



Sistema de Coordenadas Local
Escala 1 : 2.500

Ámbito de ubicación



Datos Técnicos

Mosaico realizado por composición de imágenes
obtenidas con una cámara digital y vuelo fotográfico
a escala 1 : 7500.

Coordenadas Locales en el borde de la hoja.

Fecha de vuelo : Julio de 2001.

Departamento de Agrimensura
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de La Plata

Cátedra de Trabajo Final

*Confección experimental de un Mosaico
realizado a partir de fotografías aéreas
obtenidas mediante una Cámara Digital.*

Alumnos:

Irene Solte Wilde, N° 45954.

Leandro Soto, N° 46301.

Marcelo Loto, N° 42679.

Fecha : Septiembre de 2001

Capítulo 11

LAS CONCLUSIONES

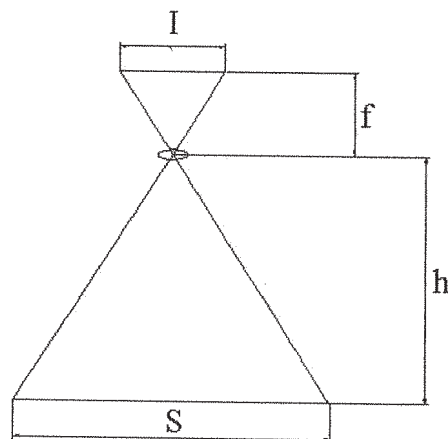
Determinación de la exactitud obtenida en el producto final

Una vez confeccionado el mosaico, luego de un cuidadoso proceso de recorte de las imágenes con el fin de utilizar las porciones mas favorables, se continuo con una análisis la calidad del mismo, a partir de la evaluación de su resolución espacial y la comprobación de las precisiones planimétricas absolutas obtenidas.

- **Análisis de la resolución espacial**

Para llevar a cabo esta tarea comenzamos con un desarrollo teórico de la proyección de la imagen en el sensor de la cámara. Como se menciona en reiteradas oportunidades, este dispositivo esta formado por una matriz de puntos que formaran la imagen y que tienen la capacidad de cuantificar e interpretar la energía luminosa que a ellos llega. En el caso específico de nuestra cámara digital, esta matriz se compone de arreglo rectangular de 2240 por 1680 elementos (pixeles), que capturan la luz proveniente de una porción de la superficie del terreno de determinadas dimensiones que calcularemos utilizando los parámetros de la cámara, considerando sus equivalentes en formato 35 mm.

Así tendremos un sensor de 35 mm por 26 mm, una distancia focal de 41.33 mm y una altura de vuelo promedio (resultado del diseño del plan de vuelo) de 300 metros, calculando la cobertura de la imagen seria de un área rectangular de :



$$\frac{S}{h} = \frac{I}{f} \Rightarrow S = \frac{Ih}{f}$$

$$S_l = \frac{35mm * 300m}{41,33mm} = 254,05 m \quad S_l = \text{lado en largo.}$$

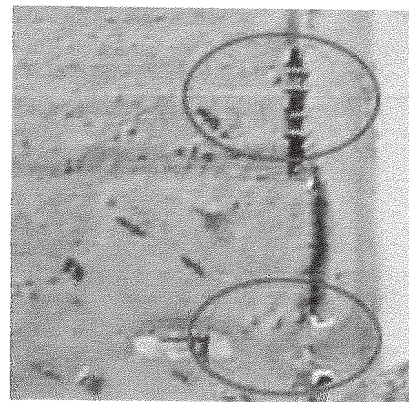
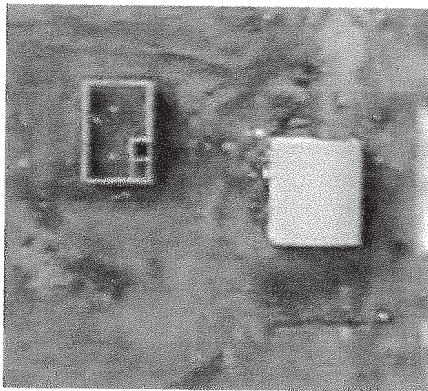
$$S_a = \frac{26mm * 300m}{41,33mm} = 188,72 m \quad S_a = \text{lado en ancho.}$$

Considerando los pixeles cuadrados utilizamos la longitud mayor para calcular la distancia en metros, sobre el terreno, que representara cada pixel:

$$l_p = \frac{254,05m}{2240 \text{ pixeles}} = 0,113m / \text{pixel}$$

Es decir que cada pixel representara un área de $0,113 \text{ m} * 0,113 \text{ m}$ en el terreno.

Debido a la discretización de la información que resulta de representar algo continuo con un número finito de elementos, resulta imposible correlacionar sin error elementos puntuales del terreno con pixeles de la imagen, pues estos pueden afectar a mas de uno si se encuentran en la cercanía de sus bordes, es por eso que para distinguir un objeto necesitamos al menos considerar un conjunto de cuatro pixeles, con lo que concluiríamos que la resolución espacial teórica es de $0,113m * 2 = 0,23m$. Partiendo de esta hipótesis realizamos la comprobación sobre el mosaico mediante la observación de objetos sobre el terreno que presentaran esas dimensiones físicas y que se ilustran a continuación:



Así, encontramos bien definidos muros de construcción, cuyo espesor oscila entre 15 y 20 cm, rieles de vías antiguas de 10 cm, alcantarillas con espesor de 30 a 40 cm, lo que verifica las hipótesis iniciales y en algunos casos, donde el contraste es bueno, por ejemplo en las vías antiguas, son superadas las expectativas.

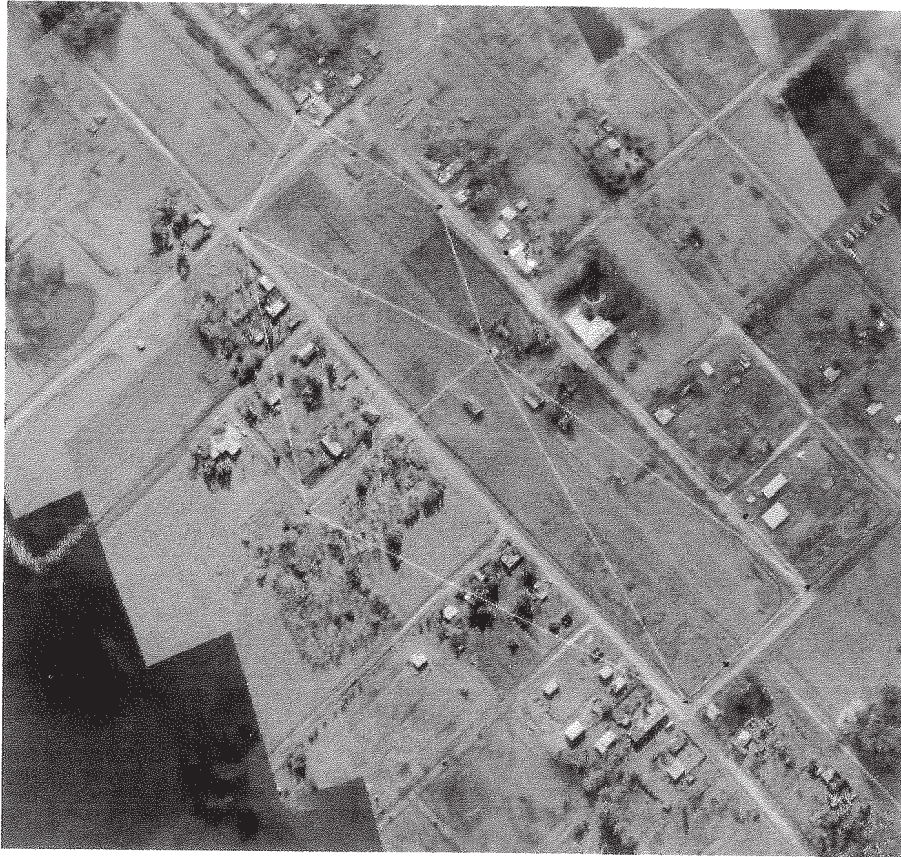
- **Análisis de la exactitud planimétrica absoluta**

Esta determinación requirió de procedimientos mas elaborados que los antes descritos y consistió en la determinación de las coordenadas precisas de un conjunto de puntos que se eligieron distribuidos regularmente en la superficie del mosaico y que presentaban la característica de ser bien definidos. en general se trato de vértices de alcantarillas por ser de buen contraste con el entorno y geometría conocida.

Para su determinación se volvió a campo y con estación total se obtuvieron las coordenadas de los puntos de control mediante una radiación desde una estación orientada en el mismo sistema que los puntos de apoyo, con lo que se trabajo durante todo el proyecto, para poder ser comparables con las coordenadas obtenidas sobre el mosaico.

La segunda etapa consistió en la determinación de las coordenadas de los puntos de control sobre el mosaico, para ello también utilizamos el software de tratamiento de imágenes ER Mapper, que además de la rectificación, referenciación, mosaicado y balanceo de las imágenes, permite agregar una capa(layer0 sobre la cual se pueden crear y manipular gráficos vectoriales.

Creada la misma, se identificaron los puntos elegidos y sobre cada uno de ellos se coloco un vértice de la poligonal de control. Debemos resaltar nuevamente que debido a que no es posible identificar el elemento elegido con un solo pixel sino con un entorno de cuatro como mínimo, ya tendremos un error en esta determinación, que puede oscilar entre los 20 y 40 centímetros y que estará incluido en el error total.



En el siguiente paso se guardo este gráfico vectorial, proceso que ER Mapper realizo utilizando un formato propio, dando como resultado un archivo con extensión .erv. Utilizando conversores propios del programa, exportamos este archivo al formato .dxf, que es conocido por AutoCad, para extraer las coordenadas de los vértices.

Así, con los dos juegos de coordenadas correspondientes a cada punto, confeccionamos una planilla de calculo en la cual se determino el modulo del error en la representación sobre el mosaico de cada punto.

Cálculo del error en la posición de los puntos de control auxiliar sobre el mosaico.

Codigo	X Terreno	Y Terreno	X Mosaico	Y Mosaico	Error
PC1	5.409,661	9.571,744	5.412,107	9.573,885	3,251
PC2	5.185,130	10.017,490	5.185,886	10.021,904	4,478
PC3	5.055,820	10.108,190	5.056,306	10.107,766	0,645
PC4	5.001,160	10.002,840	5.003,099	10.000,130	3,332
PC5	5.524,270	9.680,740	5.524,404	9.679,106	1,639
PC6	5.467,590	9.742,970	5.466,655	9.742,557	1,022
PC7	5.229,760	9.888,590	5.230,570	9.889,990	1,617
PC8	5.067,110	9.743,490	5.067,658	9.743,305	0,578
Promedio de los Errores					2,070

El promedio de los errores obtenidos es 2,070 metros y aunque la cantidad de muestras no es elevada, resulta suficiente como para calificar el producto final y poder confeccionar la tabla con las características técnicas del mosaico.

Resolución Espacial	0,20- 0,30 metros para alturas de vuelo de 300 metros
Resolución Espectral	canales RGB
Exactitud geométrica	de 0,5 a 4,5 metros

Conclusiones Finales

Habiéndose cumplido con los objetivos planteados en el plan de trabajo, se procederá a detallar las conclusiones obtenidas en las diferentes etapas que lo compusieron, para sentar bases en la optimización de desarrollos futuros.

- **La Cámara Digital:** en lo que ha este aspecto se refiere podemos concluir que la Sony DSC-F505V cumplió ampliamente con nuestras expectativas permitiéndonos aprovechar al máximo sus prestaciones. Además permitió almacenar una cantidad suficiente de fotografías permitiendo concluir satisfactoriamente el vuelo.
- **Distorsiones de las imágenes:** se observó que el efecto de las distorsiones provocadas por la óptica de la cámara no repercutieron mayormente en la calidad del producto final, permitiendo así utilizar las imágenes sin realizar su corrección.
- **La Plataforma de vuelo:** sobre esta cuestión se puede agregar que presenta algunos inconvenientes de estabilidad frente a vientos fuertes, pero esta desventaja se contrarresta con la posibilidad de efectuar en el ultraliviano cualquier reforma en su estructura debido a que este aspecto no se encuentra reglamentado.
- **Planificación del vuelo:** podemos remarcar las bondades del sistema de navegación, que permitió trabajar de manera ágil y sencilla permitiendo la simulación en tierra del vuelo, para que el piloto y el operador se familiaricen con el equipo, aunque su grado de intervención se minimiza gracias a la automatización sistema. Debido a que se presentaron inconvenientes durante el vuelo, se estima conveniente cargar en el programa de navegación una alternativa que permita realizar las distintas corridas de manera independiente, logrando así que posibles errores de una, influyan en la siguiente.
- **Vuelo fotográfico:** el inconveniente principal en esta etapa se desprendió de la escasa autonomía de batería de la computadora portátil, por lo que se necesitara desarrollar una batería anexa si se pretende relevar extensiones mayores de terreno.
- **El procesamiento de las imágenes:** en cuanto al manejo de imágenes podemos destacar que los software empleados permitieron lograr un producto de buena calidad acorde con los datos utilizados; aunque se requirió de una importante cantidad de tiempo en la adquisición de los conocimientos necesarios para un manejo óptimo de los programas.

En lo que a conclusiones generales se refiere podemos hacer hincapié en que este tipo de técnica se podrá utilizar en regiones que no cuentan con cartografía precisa y la información existente sobre la zona es escasa y sin la actualización necesaria. En las grandes extensiones (bosques, plantaciones, etc.), los inventarios de campo son inviables y la utilización de otras técnicas de teleobservación esta condicionada por la casi permanente presencia de nubes.

El desarrollo de las aplicaciones de los mosaicos ha venido acompañado de la expansión de los sistemas de bases de datos y los sistemas de información geográfica (S.I.G.). La integración de estos sistemas y los mosaicos como fuente de información geográfica básica ha permitido maximizar los beneficios de cada uno de los componentes. Algunas aplicaciones de los mosaicos son:

- La cartografía básica y temática, como mapas de usos de suelo y vegetación.

- Inventario de los recursos naturales, tanto en la toma directa de información como en la planificación y diseño de los trabajos de campo.
- Manejo y planificación, tanto estratégica como operativa de la silvicultura, las operaciones de campo y las redes de caminos.
- Estudio y monitoreo de cambios, mediante la repetición de los vuelos y creación de mosaicos de diferentes fechas es posible monitorear cambios de usos de suelo, plantaciones y concesiones forestales; incendios forestales y la evolución de programas de reforestación.
- Evaluación urgente de las consecuencias de fenómenos catastróficos (terremotos, inundaciones y huracanes) y planificación de las labores de reconstrucción.
- Manejo de espacios protegidos mediante la identificación de límites, zonificación de las áreas de riesgo y de máxima protección y planificación de las actuaciones.
- Manejo de las zonas costeras.
- Planificación urbana y de infraestructura; y telecomunicaciones.

ANEXO 1

Línea de tiempo en la evolución de las Cámaras Digitales

Mes y Año	Día	Cámara	Pixeles
Agosto 2001			
	23	<u>Nikon Coolpix 885</u>	3.14 mp
		<u>FujiFilm FinePix 2600Z</u>	2.11 mp
		<u>FujiFilm FinePix A201</u>	1.92 mp
		<u>FujiFilm FinePix A101</u>	1.20 mp
	21	<u>Sony DSC-P5</u>	3.14 mp
		<u>Sony DSC-P3</u>	2.76 mp
		<u>Sony DSC-F707</u>	4.92 mp
	17	<u>Canon PowerShot G2</u>	3.90 mp
	14	<u>Kodak DX3700</u>	3.10 mp
		<u>Kodak DX3215</u>	1.20 mp
		<u>Kodak DX3900</u>	3.10 mp
Julio 2001			
Junio 2001			
	22	<u>Casio QV-4000</u>	3.70 mp
	20	<u>Olympus C-4040Z</u>	3.90 mp
	14	<u>Sony DSC-P20</u>	1.10 mp
	7	<u>Sony DSC-S85</u>	3.90 mp
	5	<u>Olympus C-100</u>	1.20 mp
	4	<u>Kodak DCS720x</u>	1.99 mp
Mayo 2001			
	30	<u>Sanyo DSC-MZ1</u>	1.92 mp
		<u>Pentax EI-100</u>	1.20 mp
	29	<u>Konica KD-200Z</u>	1.92 mp
		<u>Konica KD-300Z</u>	3.14 mp
		<u>Pentax Optio 330</u>	3.14 mp
		<u>FujiFilm FinePix 50i</u>	2.40 mp
	28	<u>Toshiba PDR-M81</u>	3.84 mp
	22	<u>Minolta Dimage E201</u>	2.10 mp
	10	<u>Canon Digital IXUS v</u>	1.92 mp

	<u>Casio QV-2900UX</u>	1.92 mp
	<u>Casio QV-2400UX</u>	1.92 mp
	8 <u>Olympus C-200Z</u>	1.92 mp
	<u>Olympus C-1Z</u>	1.20 mp
Abril 2001		
25	<u>Nikon Coolpix 995</u>	3.14 mp
	<u>Nikon Coolpix 775</u>	1.92 mp
23	<u>Kodak DX3600</u>	2.16 mp
	<u>Kodak DX3500</u>	2.16 mp
Marzo 2001		
23	<u>Ricoh RDC-i500</u>	3.14 mp
22	<u>FujiFilm FinePix 6900Z</u>	3.30 mp
	<u>Kodak DCS760</u>	6.10 mp
19	<u>Olympus C-700UZ</u>	1.92 mp
12	<u>Agfa ePhoto CL45</u>	1.92 mp
	<u>Kyocera Finecam S3</u>	3.14 mp
6	<u>Olympus C-1</u>	1.20 mp
1	<u>Epson PhotoPC 3100Z</u>	3.14 mp
Febrero 2001		
28	<u>Sony Mavica CD300</u>	3.14 mp
	<u>Sony Mavica CD200</u>	1.92 mp
12	<u>Kodak mc3</u>	0.30 mp
11	<u>Casio QV-3500EX</u>	3.14 mp
	<u>Minolta Dimage S304</u>	3.14 mp
	<u>Canon PowerShot A10</u>	1.20 mp
	<u>Canon Digital IXUS</u>	1.92 mp
	<u>300</u>	
	<u>Canon PowerShot A20</u>	1.92 mp
	<u>Minolta Dimage 5</u>	3.14 mp
	<u>Minolta Dimage 7</u>	4.92 mp
9	<u>Sony DSC-P30</u>	1.20 mp
	<u>Sony Mavica FD-97</u>	1.92 mp
	<u>Sony Mavica FD-92</u>	1.20 mp
	<u>Sony Mavica FD-87</u>	1.20 mp
	<u>Konica e-mini M</u>	0.30 mp
	<u>Sony DSC-P50</u>	1.92 mp
	<u>Sony DSC-S75</u>	3.14 mp

	<u>Konica e-mini D</u>	0.30 mp
	<u>Konica e-mini</u>	0.30 mp
	<u>Sony Mavica FD-75</u>	0.30 mp
5	<u>Toshiba PDR-M65</u>	3.14 mp
	<u>Toshiba PDR-M61</u>	2.19 mp
	<u>Toshiba PDR-M21</u>	1.92 mp
	<u>Nikon D1X</u>	5.89 mp
	<u>Toshiba PDR-M11</u>	1.20 mp
	<u>Nikon D1H</u>	2.62 mp
1	<u>FujiFilm FinePix 6800Z</u>	3.30 mp
	<u>FujiFilm FinePix 2300</u>	1.90 mp
	<u>FujiFilm FinePix 4800Z</u>	2.40 mp
Enero 2001		
8	<u>JVC GC-QX5HD</u>	3.10 mp
	<u>JVC GC-QX3HD</u>	3.10 mp
6	<u>Canon Pro90 IS</u>	2.60 mp
Diciembre2000		
Noviembre2000		
21	<u>Olympus C-2040Z</u>	1.92 mp
	<u>Olympus C-3040Z</u>	3.14 mp
Octubre 2000		
Setiembre2000		
23	<u>Kodak DC3200</u>	0.90 mp
20	<u>Minolta Dimage 2330</u>	2.10 mp
	<u>HP PhotoSmart C315</u>	1.92 mp
	<u>HP PhotoSmart C215</u>	1.20 mp
19	<u>Pentax Digital SLR</u>	6 mp
18	<u>Canon PowerShot G1</u>	3.14 mp
12	<u>Sony DSC-P1</u>	3.14 mp
6	<u>FujiFilm FinePix 2400Z</u>	2.11 mp
	<u>Ricoh RDC-i700</u>	3.14 mp
	<u>FujiFilm FinePix 1300</u>	1.20 mp
1	<u>Leica Digilux 4.3</u>	2.40 mp
Agosto 2000		
28	<u>Kodak DC3800</u>	2.00 mp

	<u>Nikon Coolpix 880</u>	3.14 mp
22	<u>Olympus E-10</u>	3.70 mp
	<u>Olympus E-100RS</u>	1.30 mp
1	<u>Olympus D-490Z</u>	1.92 mp
	<u>Kodak DC3400</u>	2.00 mp
	<u>FujiFilm FinePix 4900Z</u>	2.40 mp
Julio 2000		
18	<u>Contax N Digital</u>	6 mp
	<u>Kyocera Finecam 3300</u>	3.14 mp
Junio 2000		
29	<u>Ricoh RDC-200G</u>	2.19 mp
24	<u>Minolta Dimage 2300</u>	2.10 mp
22	<u>Casio QV-2300UX</u>	1.92 mp
	<u>Casio QV-2800UX</u>	1.92 mp
15	<u>Olympus C-2100UZ</u>	1.92 mp
13	<u>Sony Mavica CD1000</u>	1.92 mp
6	<u>Kodak DC5000</u>	2.00 mp
	<u>Kodak DC4800</u>	3.10 mp
2	<u>FujiFilm FinePix 40i</u>	2.40 mp
Mayo 2000		
17	<u>Canon EOS-D30</u>	3.11 mp
	<u>Canon Digital IXUS</u>	1.92 mp
15	<u>Kodak DCS620x</u>	1.99 mp
4	<u>Epson PhotoPC 3000Z</u>	3.14 mp
Abril 2000		
26	<u>Sony DSC-F55V</u>	2.60 mp
	<u>Sony DSC-F505V</u>	2.60 mp
24	<u>Olympus C-3000Z</u>	3.14 mp
12	<u>Agfa ePhoto CL18</u>	0.30 mp
Marzo 2000		

Febrero 2000

25	<u>Ricoh RDC-6000</u>	1.92 mp
	<u>Ricoh RDC-7</u>	3.14 mp
24	<u>Casio QV-3EX</u>	3.14 mp
8	<u>Olympus D-460Z</u>	1.20 mp
4	<u>Leica Digilux Zoom</u>	1.30 mp
3	<u>Pentax EI-200</u>	1.92 mp
	<u>Pentax EI-2000</u>	1.92 mp
	<u>Sony Mavica FD-85</u>	1.20 mp
	<u>Toshiba PDR-M60</u>	2.19 mp
	<u>HP PhotoSmart C912</u>	1.92 mp
	<u>HP PhotoSmart C618</u>	1.92 mp
	<u>Sony Mavica FD-90</u>	1.20 mp
2	<u>Olympus D-360L</u>	1.20 mp
	<u>Sony DSC-S30</u>	1.20 mp
	<u>Sony DSC-S50</u>	1.92 mp
	<u>Sony DSC-S70</u>	3.14 mp
	<u>Sony Mavica FD-95</u>	1.92 mp

Enero 2000

31	<u>FujiFilm MX-1400</u>	1.20 mp
	<u>FujiFilm FinePix S1 Pro</u>	3.40 mp
	<u>FujiFilm FinePix 4700Z</u>	2.40 mp
27	<u>Nikon Coolpix 990</u>	3.14 mp
	<u>Olympus C-3030Z</u>	3.14 mp
8	<u>Toshiba PDR-M70</u>	3.14 mp
6	<u>Canon PowerShot S20</u>	3.14 mp
4	<u>Casio QV-3000EX</u>	3.14 mp

Diciembre 1999

Noviembre 1999

Octubre 1999

28	<u>FujiFilm DS-260HD</u>	1.30 mp
19	<u>Olympus C-2020Z</u>	1.92 mp

	11 <u>Ricoh RDC-5300</u>	2.15 mp
	3 <u>HP PhotoSmart C200</u>	1.00 mp
	<u>HP PhotoSmart C500</u>	1.92 mp
Setiembre1999		
	27 <u>Nikon Coolpix 800</u>	1.92 mp
	22 <u>Agfa ePhoto CL30 Klik!</u>	0.90 mp
	21 <u>Minolta RD-3000</u>	2.69 mp
	15 <u>FujiFilm MX-1200</u>	1.20 mp
	6 <u>Toshiba PDR-M5</u>	1.92 mp
Agosto 1999		
	30 <u>Epson PhotoPC 850Z</u>	1.92 mp
	27 <u>Canon PowerShot S10</u>	1.92 mp
	26 <u>FujiFilm MX-1700</u>	1.30 mp
	18 <u>Sony DSC-F505</u>	1.92 mp
	12 <u>Kodak DC290</u>	2.15 mp
	3 <u>Kodak DC215</u>	0.90 mp
Julio 1999		
	31 <u>Olympus D-450Z</u>	1.20 mp
	27 <u>Kodak DCS330</u>	3.00 mp
	20 <u>Casio QV-5500SX</u>	1.20 mp
	<u>Casio QV-2000UX</u>	1.92 mp
	<u>Casio QV-8000SX</u>	1.20 mp
	12 <u>Epson PhotoPC 650</u>	0.90 mp
Junio 1999		
	30 <u>Sony DSC-D770</u>	1.37 mp
	28 <u>Olympus C-21</u>	1.92 mp
	23 <u>Kodak DC280</u>	2.00 mp
	18 <u>Kodak DCS660</u>	6.10 mp
	15 <u>Nikon D1</u>	2.62 mp

Mayo 1999

18	<u>FujiFilm MX-1500</u>	1.30 mp
	<u>FujiFilm MX-2900Z</u>	2.16 mp

Abril 1999

16	<u>Epson PhotoPC 800</u>	1.92 mp
----	--------------------------	---------

Marzo 1999

30	<u>Canon PowerShot A50</u>	1.20 mp
18	<u>Olympus C-2500L</u>	2.34 mp
3	<u>Sony Mavica FD-73</u>	0.30 mp
	<u>Sony Mavica FD-88</u>	1.20 mp
	<u>Sony Mavica FD-83</u>	0.70 mp

Febrero 1999

26	<u>Kodak DC265</u>	1.50 mp
	<u>Kodak DC200 plus</u>	0.90 mp
	<u>Kodak DC240</u>	1.20 mp
	<u>Agfa ePhoto CL30</u>	0.90 mp
	<u>Agfa ePhoto CL50</u>	1.20 mp
25	<u>Sony DSC-F55</u>	1.92 mp
18	<u>Canon PowerShot A5</u>	0.70 mp
	<u>Zoom</u>	
	<u>Toshiba PDR-M4</u>	1.92 mp
	<u>Ricoh RDC-5000</u>	2.15 mp
16	<u>Olympus C-2000Z</u>	1.92 mp
15	<u>Nikon Coolpix 950</u>	1.92 mp
	<u>Nikon Coolpix 700</u>	1.92 mp
4	<u>FujiFilm MX-2700</u>	2.16 mp
	<u>FujiFilm MX-600Z</u>	1.30 mp
3	<u>Kodak DCS620</u>	1.99 mp

Enero 1999

7	<u>Toshiba PDR-M3</u>	1.30 mp
2	<u>Olympus D-340R</u>	1.20 mp

Diciembre1998

Noviembre1998

16	<u>Sony Mavica FD-81</u>	0.70 mp
----	--------------------------	---------

	<u>Sony Mavica FD-91</u>	0.70 mp
12	<u>Kodak DC210 plus</u>	0.90 mp
9	<u>Epson PhotoPC 750Z</u>	1.20 mp
2	<u>Olympus D-400Z</u>	1.20 mp
	<u>Olympus D-620L</u>	1.30 mp
Octubre 1998		
26	<u>HP PhotoSmart C30</u>	1.0 mp
	<u>Nikon Coolpix 900S</u>	1.2 mp
Setiembre 1998		
28	<u>Olympus D-340L</u>	1.20 mp
27	<u>Sony DSC-D700</u>	1.37 mp
25	<u>FujiFilm MX-500</u>	1.30 mp
16	<u>Leica Digilux</u>	1.30 mp
11	<u>Kodak DCS560</u>	6.10 mp
Agosto 1998		
31	<u>Minolta Dimage EX</u>	1.35 mp
	<u>1500 Wide</u>	
	<u>Minolta Dimage EX</u>	1.35 mp
	<u>1500 Zoom</u>	
18	<u>Casio QV-7000SX</u>	1.20 mp
4	<u>Sony Mavica FD-71</u>	0.30 mp
Julio 1998		
13	<u>Kodak DCS315</u>	1.50 mp
5	<u>Epson PhotoPC 700</u>	1.20 mp
Junio 1998		
5	<u>Ricoh RDC-4300</u>	1.20 mp
2	<u>Toshiba PDR-M1</u>	1.30 mp
Mayo 1998		
20	<u>Kodak DC220</u>	0.90 mp
	<u>Kodak DC260</u>	1.50 mp
10	<u>Agfa ePhoto 1680</u>	1.20 mp
Abril 1998		

	20	<u>Casio QV-5000SX</u>	1.20 mp
Marzo 1998			
	27	<u>Canon PowerShot A5</u>	0.70 mp
		<u>Canon Pro 70</u>	1.50 mp
	16	<u>Nikon Coolpix 900</u>	1.20 mp
		<u>Nikon Coolpix 600</u>	0.80 mp
	5	<u>Casio QV-770</u>	0.30 mp
Febrero 1998			
	12	<u>HP PhotoSmart C20</u>	1.00 mp
	3	<u>Kodak DCS520</u>	1.99 mp
		<u>FujiFilm MX-700</u>	1.30 mp
Enero 1998			
	29	<u>Kodak DC200</u>	0.90 mp
Diciembre 1997			
Noviembre 1997			
	26	<u>Epson PhotoPC 550</u>	0.30 mp
Octubre 1997			
	9	<u>Agfa ePhoto 1280</u>	0.70 mp
Setiembre 1997			
	10	<u>Olympus D-600L</u>	1.30 mp
		<u>Olympus D-500L</u>	0.80 mp
	9	<u>Casio QV-700</u>	0.30 mp
Agosto 1997			
	4	<u>Epson PhotoPC 600</u>	0.70 mp
	2	<u>FujiFilm DS-300</u>	1.20 mp
Julio 1997			
	16	<u>Canon PowerShot 350</u>	0.30 mp
Junio 1997			
Mayo 1997			
	1	<u>Epson PhotoPC 500</u>	0.30 mp
Abril 1997			
Marzo 1997			

Febrero 1997

Enero 1997

20 Nikon Coolpix 100 0.25 mp

3 Nikon Coolpix 300 0.30 mp

Diciembre 1996

Noviembre 1996

20 Casio QV-300 0.30 mp

Octubre 1996

Setiembre 1996

5 Olympus D-300L 0.80 mp

Olympus D-200L 0.30 mp

Agosto 1996

Julio 1996

Junio 1996

Mayo 1996

13 Canon PowerShot 600 0.50 mp

Abril 1996

Marzo 1996

Febrero 1996

Enero 1996

Diciembre 1995

Noviembre 1995

Octubre 1995

Setiembre 1995

Agosto 1995

Julio 1995

Junio 1995

Mayo 1995

Abril 1995

Marzo 1995

1 Kodak DCS460 6.20 mp

Febrero 1995

Enero 1995

Diciembre 1994

Noviembre 1994

Octubre 1994

Setiembre 1994

Agosto 1994

Julio 1994

Junio 1994

Mayo 1994

Abril 1994

Marzo 1994

1 Kodak DCS420 1.50 mp

ANEXO 2

Descripción de los software utilizados

A continuación se hará una breve descripción de los diferentes paquetes de software que se utilizaron durante la ejecución del trabajo y a los que se hace mención en reiteradas oportunidades a lo largo del desarrollo del presente informe.

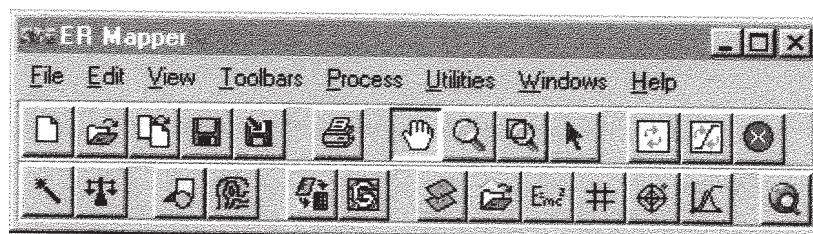


ER Mapper, Software utilizado para la rectificación de las imágenes, composición del mosaico fotogramétrico y para la ecualización y balanceo de color en el producto final.

ER Mapper, software lanzado al mercado por la empresa “Earth Resource Mapping” es un avanzado sistema de proceso digital de imágenes, teledetección y composición cartográfica; creado para ayudar a los que se dedican a las ciencias de la tierra a integrar, realzar, visualizar e interpretar datos geográficos. ER Mapper representa una innovación que permite la integración y proceso de los datos de forma interactiva y en tiempo real. Una sencilla interface gráfica de usuario permite con el Mouse concatenar complejas tareas de proceso de imágenes, lo que proporciona una rápida y flexible herramienta, para todas las áreas de aplicación en las ciencias de la tierra. ER Mapper está diseñado para los entornos Windows 95, 98, NT y 2000.

Comparado a otros productos del mercado para el proceso de imágenes, ER Mapper proporciona varias ventajas:

- La interface gráfica de usuario es relativamente fácil de aprender y utilizar, lo que reduce la curva de aprendizaje y aumenta la productividad.



- El proceso en tiempo real aumenta las velocidades de proceso en 10, y hasta 20, veces. Con ello se consigue una visualización interactiva, y más rápida, de los datos geográficos.
- Toda la funcionalidad está integrada en un único programa o módulo, lo que hace que los usuarios no tengan que saltar de un módulo a otro según el tipo de proceso.
- Los requerimientos de disco se reducen drásticamente, ya que no se necesitan almacenar múltiples copias intermedias de los datos según se procesan.
- Integración dinámica de datos de diferentes tipos (p. ej. enteros y reales) o de diferentes tamaños de celda, sin necesidad de tener que remuestrear los datos originales a un tipo o tamaño de celda común.
- Un sistema abierto y ampliable por el usuario, que puede conectarse a otros productos, y adaptarse a cualquier necesidad de proceso de imágenes.



OziExplorer, Software utilizado para la navegación mediante el uso de GPS y disparo automático de la cámara fotográfica.

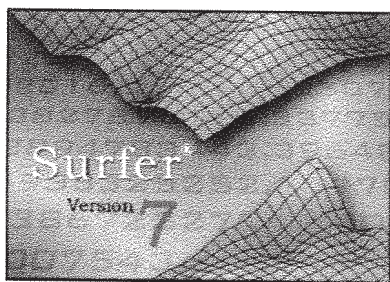
OziExplorer es un programa interactivo que usa mapas de imágenes convencionales y algunos en formatos vectoriales, que permite planificar viajes, realizar funciones de Mapa Móvil, permite al usuario crear y añadir Waypoints, Rutas y Tracks en un Mapa con sólo hacer clics sobre él. Además permite intercambiar este tipo de información con los receptores GPS y un ordenador PC. Esta información puede ser compartida por usuarios que poseen diferentes marcas de receptores.

Características:

- Puede calibrar las imágenes de sus propios mapas obtenidas con un escáner. Puede usar hasta 9 puntos de calibración que permiten corregir pequeños defectos en el mapa.
- Usa mapas en varios formatos comercializados en forma digital.
- Soporte directo y completo para la mayoría de los receptores Lowrance/Eagle, Garmin y Magellan, tanto para la carga como la descarga de Waypoints, Rutas y Tracks.
- Soporta la carga y descarga de Eventos en los receptores GPS Lowrance/Eagle GPS.
- Crea Tracks y Rutas sobre el mapa, y los carga en los modelos más comunes de receptores GPS.
- Permite crear elementos permanentes en el mapa. Sitúa símbolos y comentarios sobre él.
- Más de 100 datums soportados; 10 pueden ser creados por el usuario. Compatible con numerosos tipos de proyecciones.
- Soporta numerosos sistemas de cuadrículas (UTM, BNG, IG, Swiss, Swedish, NZG + otras) que pueden incluso ser dibujadas en el mapa e impresas.
- Imprime Mapas, y Listas de Waypoints, Rutas, etc.
- Crea Perfiles de Altura y Velocidad de tus tracks
- Permite navegar y usar las funciones de un Piloto Automático (aún experimental)

Requerimientos:

- Un PC con Windows 95 / 98 / ME / NT4 / 2000.
- Un receptor Lowrance, Eagle, Garmin o Magellan que sea compatible. La mayor parte de los modelos lo son.
- Cualquier receptor GPS que emita sentencias NMEA 0183 si se pretende usar las funciones de Mapa Móvil (ver en tiempo real su posición sobre un mapa).
- Mapas de las regiones que se desee o bien obtenidas con un escáner.

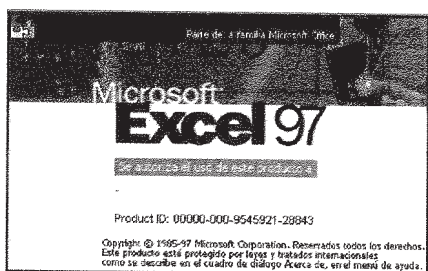


Surfer 7, Software utilizado en la confección del modelo digital de deformaciones, a partir de tabla de errores por puntos de comprobación.

Surfer, producto desarrollado por la empresa Golden Software, es un creador de curvas de nivel y superficies 3D que corre bajo Microsoft Windows y tiene extensas capacidades de modelado. Surfer rápida y fácilmente convierte datos de planillas en curvas de nivel precisas, modelos tridimensionales, mapas vectoriales, imágenes, modelos en escalas de sombreado, y mapas para ploteo. Pueden personalizarse virtualmente en todos sus aspectos para producir la presentación que se desee.

Requerimientos de sistema:

- PC corriendo Win95/98 or Windows NT 4.0, o superior.
- 21 MB de espacio libre en disco.
- 12 MB RAM mínimo, 32 MB o mas recomendado.
- 800 x 600 minima resolusion del monitor.



Microsoft Excel, es el software utilizado para la manipulación de datos numéricos en forma de planilla, tales como las coordenadas de los puntos de apoyo, control, errores de la cámara, etc.

Microsoft Excel, es una Hoja Electrónica de Cálculo, desarrollada por Microsoft y está implementada a la fecha en las microcomputadoras Apple Macintosh e IBM-PC (y compatibles).

Una Hoja Electrónica de Cálculo es un programa de computadora diseñado para realizar, primariamente, modelos aritméticos que ordinariamente se implementan en hojas tabulares. Esta hoja tabular, dividida en renglones y columnas, define la palabra celda como la intersección de un renglón y una columna. En cada una de estas celdas es posible almacenar un dato.

Adicionalmente, es posible definir en una celda, una fórmula, a fin de que el valor de la celda sea el resultado de la evaluación de dicha fórmula.

El aspecto interesante de una hoja electrónica de cálculo es que la fórmula almacenada en una celda puede depender de los valores de otras celdas, de manera que si se altera el valor de alguna celda de la que depende alguna fórmula, el cambio se reflejará casi instantáneamente, tanto en la celda alterada, como en aquéllas que exista una fórmula que haga referencia (que dependa) a la celda alterada.

Lo anterior permite crear, en una hoja de cálculo, un modelo o simulación de algún fenómeno y observar casi instantáneamente los distintos resultados que se obtendrían al variar los parámetros por los que esté regido dicho modelo.

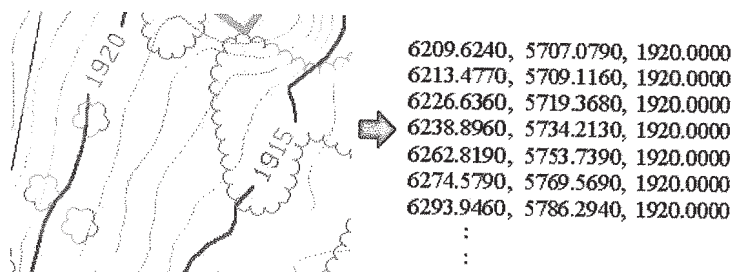
En Excel, es posible:

- Crear modelos tan avanzados como el usuario sea capaz de realizar.
- Crear gráficas en una gran variedad de estilos (líneas, barras, tortas, etc.).
- Crear macros (programas) para aumentar las funciones interconstruidas, o realizar procedimientos no estándares o complicados en una hoja de cálculo.
- Crear una base de datos con búsquedas de criterios complicados.



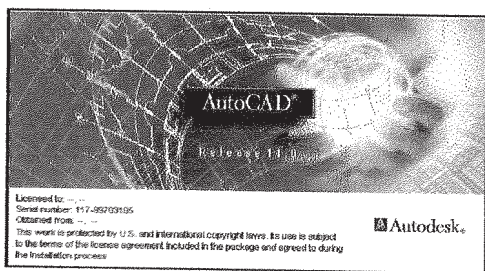
Dxf2xyz, fue el software utilizado para la extracción automática de coordenadas de los archivos vectoriales para el análisis en planillas de calculo y programas de modelado.

DXF2XYZ 1.3 desarrollado por GuthCad Software y convierte un archivo DXF a un archivo ASCII de extensión XYZ, por ejemplo un archivo del texto delimitado por comas, que contiene sólo coordenadas xyz. Puede ser útil para extraer las coordenadas XYZ crudas de un archivo DXF que contenga curvas de nivel u otras entidades de elevación.



Esta utilidad está bajo desarrollo, y las capacidades están bastante limitadas, pero mejorará con el tiempo. La versión actual extraerá las coordenadas de XYZ de los DXF entidad tipos siguientes:

PUNTO, LINEA, VÉRTICE/POLYLINEA.



AutoCAD, fue el software utilizado para la creación y manipulación de los archivos vectoriales como redes de apoyo y control, diseño geométrico del plan de vuelo y para la confección de plantillas de calibración.

AutoCad, software desarrollado por la firma Autodesk, es uno de los mas conocidos programas para el diseño asistido por computadora. Debido a su versatilidad y relativa sencillez de manejo, luego de un proceso de evolución de varios años, puede decirse que se convirtió en el estándar para el manejo de gráficos vectoriales, a los cuales se le puede incorporar múltiples capas, entre las que se permite la importación de imágenes en formato Raster. Estas capas se pueden encender a voluntad, mostrando la información necesaria sin complicar el gráfico.

Posee además una cantidad enorme de herramientas de edición y manipulación de las entidades, lo que permite agilidad en la creación de gráficos complejos sin perder la precisión matemática de su diseño.

Finalmente su potente modulo de ploteo lo hace flexible a la hora de obtener copias en papel en escalas variadas y compatible con la mayoría de los dispositivos de impresión.

Bibliografía

- ❖ Fundamentos de Teledetección. Autor: E. Chuvieco.
- ❖ Manuales de los diferentes softwares.
- ❖ Normas para el funcionamiento y control de las actividades aerofotográficas (Resolución 1214/1962).
- ❖ Optical 3D Measurement techniques II: applications in inspection, quality control and robotics. Autor: Armin Gruen, Heribert Kahmen.
- ❖ Paginas especializadas de Internet.
- ❖ Photogrametric Engineering (A.S.P.).
- ❖ Publicaciones de Congresos de la I.S.P.R.S.
- ❖ Remote Sensing and Image Interpretation. Autores: T. M. Lillesand y R. W. Kiefer.
- ❖ Small Format Aereal Photography. Autores: W. S. Warner, R. S. Graham y R. E. Read.
- ❖ Trabajo Final de los señores Ingenieros Pedro Azar y Pablo Musé.