

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

DIVISION DE CIENCIAS AGRONOMICAS



DISEÑOS GEOMETRICOS PARA TRES VUELOS FOTOGRAMETRICOS
EN EL AREA DEL BOSQUE ESCUELA, EN LA SIERRA
DE LA PRIMAVERA, JALISCO.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

INGENIERO AGRONOMO

F O R E S T A L

P R E S E N T A

ARMANDO ARMENTA LUNA

Las Agujas Mpio. de Zapopan, Jal.
Noviembre de 1995.



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

DIVISION DE CIENCIAS AGRONOMICAS

COMITE DE TITULACION
SOLICITUD Y DICTAMEN

CLAVE: 0B085034/95

SOLICITUD

M.C. SALVADOR MENA MUNGUÍA
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACION
PRESENTE.

Conforme lo indica la Ley Orgánica de la Universidad de Guadalajara y su Reglamento, así como lo establece el Reglamento Interno de la División de Ciencias Agronómicas, he reunido los requisitos necesarios para iniciar los trámites de Titulación, por lo cual solicito su autorización para realizar mi TRABAJO DE TITULACION, con el tema:

DISEÑOS GEOMETRICOS PARA TRES VUELOS FOTOGRAFICOS EN EL AREA DEL BOSQUE ESCUELA EN LA SIERRA DE LA PRIMAVERA, JAL.

ANEXO ORIGINAL Y DOS COPIAS DEL PROYECTO DE TITULACION.
MODALIDAD: Individual.

NOMBRE DEL SOLICITANTE: ARMANDO ARMENTA LUNA CODIGO: 080026765

GRADO: PASANTE: X GENERACION: 80-85 ORIENTACION O CARRERA: BOSQUES

Fecha de Solicitud: 22 DE FEBRERO DE 1995

Armando Armenta Luna
Firma del Solicitante

DICTAMEN

APROBADO (X) NO APROBADO ()

DIRECTOR: ING. JUAN ESPINOZA ARECHIGA

ASESOR: ING. CARLOS ROBERTO GONZALEZ FLORES

ASESOR: M.C. EFREN HERNANDEZ ALVAREZ

M.C. SALVADOR MENA MUNGUÍA
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACION

AUTORIZACION DE IMPRESION

Juan Espinoza Arechiga
ING. JUAN ESPINOZA ARECHIGA
DIRECTOR

Carlos Roberto Gonzalez Flores
ING. CARLOS ROBERTO GONZALEZ FLORES
ASESOR

Efren Hernandez Alvarez
M.C. EFREN HERNANDEZ ALVAREZ
ASESOR

Salvador Mena Munguia
M.C. SALVADOR MENA MUNGUÍA
Vo.Bo. Pdte. del Comité.

FECHA: 11 DE MAYO DE 1995

AGRADECIMIENTOS

A mis padres *Margarito Armenta Ascencio y Ma. Concepción Luna Torres:* por sembrar en mí el espíritu de lucha para la superación profesional y humana. Por sus consejos, cariño y apoyo que me brindan a cada momento.

A mis hermanos: por su constante apoyo y estímulo que me otorgan siempre.

A la *Universidad de Guadalajara:* por mi formación académica.

Al Dr. *Felipe Ramírez Cano* jefe del Departamento de Madera, Celulosa y Papel de la U. de G.: por brindarme su apoyo institucional, así como también el material y copias para este trabajo de tesis. Agradezco sus finas atenciones.

Mi agradecimiento muy especial al *Ing. Juan Espinoza Arechiga:* por su apoyo, orientación y estímulo, para la realización de este trabajo, mismo que no fuera posible sin su valiosa dirección. Agradezco su confianza y amistad que me brinda siempre.

Al M. en C. *Efrén Hernández Álvarez:* por ofrecerme su amistad y apoyo del Departamento Forestal del DMCyP y equipo de cómputo. Por su participación, revisión y asesoría de este trabajo.

Al *Ing. Carlos Roberto González F. :* por su participación y asesoría brindada.

Al *Ing. Tito Javier del Castillo* y al *Lic. Tino Granata Leone:* por ofrecerme su apoyo incondicional y utilización del equipo de cómputo del C.U.C.B.A. para la impresión final de este trabajo. Gracias por su confianza y atención que me otorgan siempre.

Al M.en C. *H. Guillermo Ochoa* y al Dr. *Ezequiel Delgado Fornué:* por su apoyo para la traducción y el equipo de cómputo para impresión a color.

Al *Ing. Gregorio Hernández Luna:* por su participación y equipo de cómputo

Al M.en C. *Bruno Becerra:* por su ayuda para la impresión a color.

Al Dr. *Servando Carvajal:* por sus consejos y amistad.

Al *Ing. José Alvaro Labrador Aceves :* por su apoyo del material heliográfico.

Al *Ing. Maximiliano Huerta C., Maestra Ruth Miranda, Quím. Hilda Palacios, Ing; Carlos Roberto Ramírez B., Al Sr. Crescenciano Palomino,* y a todo el personal del DMCyP, *Ing. Leonel Borja* y a todas aquellas personas que de una u otra manera influyeron en este trabajo.

DEDICATORIAS

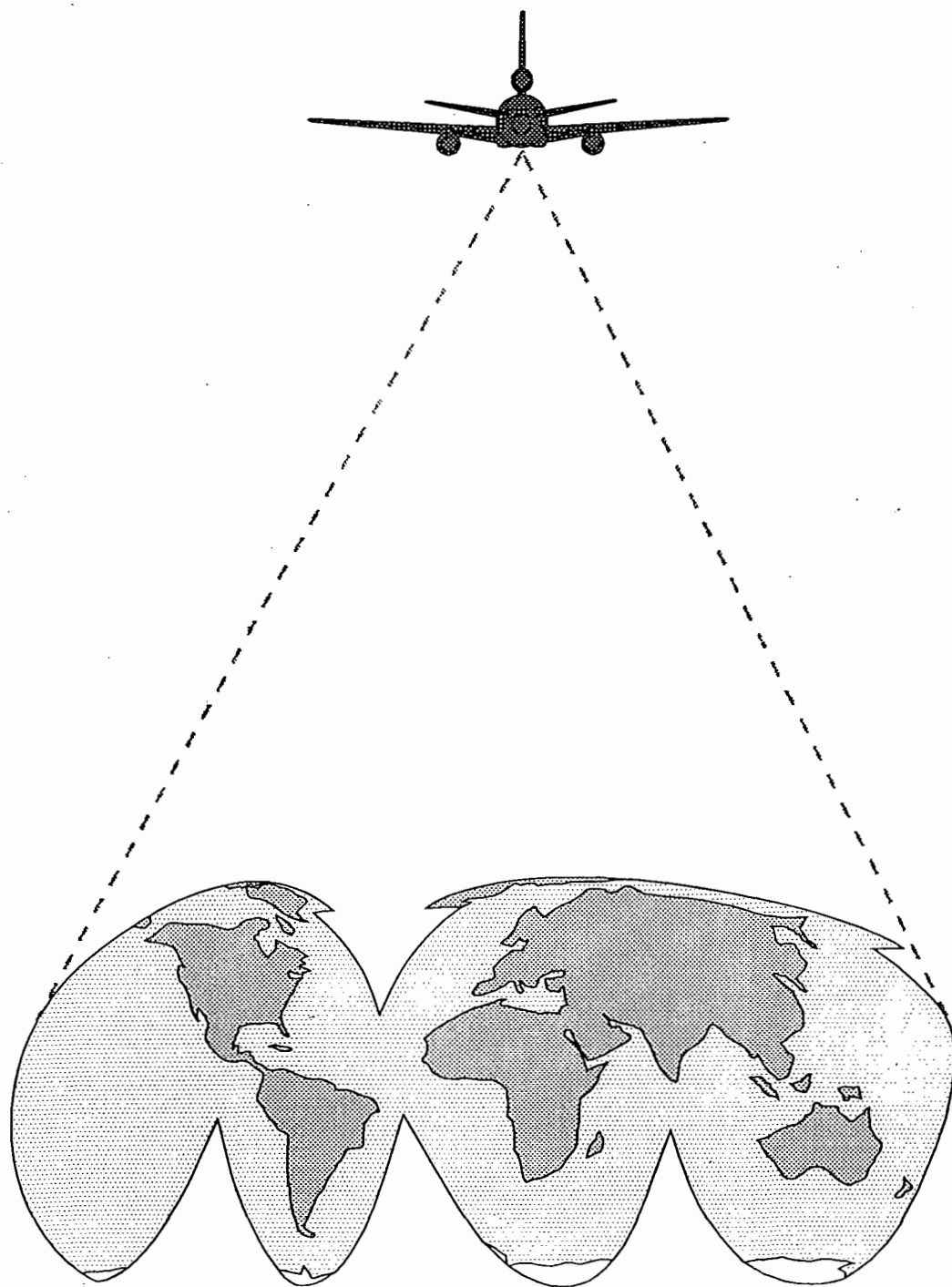
A mi madre Ma. Concepción Luna : por el amor que me brinda siempre en cada momento de mi vida, por el esfuerzo que realiza a cada instante para darnos lo mejor día a día y mostrarnos el camino a seguir en la vida, por su paciencia, estímulo y apoyo. Gracias Madre.

A mi esposa Norma A. Márquez Gómez : por permanecer siempre a mi lado en los momentos difíciles y decisivos. Por impulsarme a la superación día a día. Por su amor, paciencia y apoyo que me brinda a cada momento. Mujer a quien admiro y enorgullece tener como esposa y compañera para siempre.

A mi pequeño hijo Erick Armando: por ser la luz que ilumina nuestro hogar con su presencia llenándolo de alegría.

A mis hermanos: Tere, Ignacio (+), Luis Manuel, Raúl y Mario: por su constante estímulo y apoyo que me otorgan a cada instante y para que permanezcamos siempre unidos y que esa fuerza que nos une, sea cada día mas grande.

DISEÑO GEOMETRICO PARA VUELO FOTOGRAMETRICO



CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS.	I
INDICE DE FIGURAS.	II
SUMMARY.	IV
RESUMEN.	VI
UBICACION DEL BOSQUE ESCUELA.	VIII
1.- INTRODUCCION.	1
1.1.- Importancia y Justificación.	3
1.2.- Objetivos.	4
1.3.- Hipótesis.	4
2.- ANTECEDENTES.	5
2.1.- Características químicas del material aerofotográfico.	9
2.2.- Escala de la fotografía aérea	11
2.3.- Tipos de emulsión.	12
2.4.- Fenómeno de espectrificación de luz por sensores fotográficos desde plataformas aéreas.	14
2.5.- Descripción del Bosque Escuela del DMCyP de la U.de G.	15
3.- METODOLOGIA.	17
3.1.1.- Diseño Geométrico para Vuelo Fotogramétrico para escala 1 : 5 000.	18
3.1.2.- Datos principales para la realización del diseño.	19
3.1.3.- Parámetros que constituyen el diseño geométrico.	22
3.1.4.- Superficie por fotografiar.	23
3.1.5.- Búsqueda de la mejor dirección de líneas de vuelo (α).	25
3.1.6.- Determinación del ancho de las franjas (S).	27
3.1.7.- Cálculo del ancho de las franjas (S).	29
3.1.8.- Determinación de la separación entre líneas de vuelo (A).	30
3.1.9.- Determinación de la base en el aire (B).	33
3.1.10.- Determinación de la altura media de vuelo (Z_M).	35
3.1.11.- Determinación de los valores mínimos y máximos de "Z" dentro de los cuales se cumplen las especificaciones de escala	36
3.1.12.- Determinación de los valores mínimos y máximos de "Z" dentro de los cuales se cumplen las especificaciones de recubrimiento lateral.	37
3.1.13.- Determinación de los valores mínimos y máximos de "Z" dentro de los cuales se cumplen las especificaciones de escala y recubrimiento lateral simultáneamente.	40
3.1.14.- Cálculo de altura mínima y máxima de vuelo.	42
3.1.15.- Determinación de la zonas que admiten independientemente una sola altura absoluta de vuelo, cumpliendo con las especificaciones de escala y recubrimiento lateral.	43
3.1.16.- Determinación del rango de elevación (AH).	44

3.1.17.- Determinación de la altura absoluta de vuelo (Z_0)	45
3.1.18.- Verificación de escala para cada zona.	48
3.1.19.- Verificación del recubrimiento lateral para cada zona.	50
3.1.20.- Verificación del recubrimiento lateral entre fajas con diferente altura absoluta de vuelo.	52
3.1.21.- Cálculo de características fotogramétricas de las imágenes.	58
3.1.22.- Resultados.	61
3.2.1.- Diseño Geométrico para Vuelo Fotogramétrico para escala 1:10 000.	65
3.2.2.- Datos principales para la realización del diseño.	66
3.2.3.- Parámetros que constituyen el diseño geométrico.	69
3.2.4.- Superficie por fotografiar.	70
3.2.5.- Búsqueda de la mejor dirección de las líneas de vuelo (a)	72
3.2.6.- Determinación del ancho de las franjas (S).	74
3.2.7.- Cálculo del ancho de las franjas (S).	76
3.2.8.- Determinación de la separación entre líneas de vuelo (A).	77
3.2.9.- Determinación de la base en el aire (B).	80
3.2.10.- Determinación de la altura media de vuelo (Z_M).	82
3.2.11.- Determinación de los valores mínimos y máximos de "Z" dentro de los cuales se cumplen las especificaciones de escala	83
3.2.12.- Determinación de los valores mínimos y máximos de "Z" dentro de los cuales se cumplen las especificaciones de recubrimiento lateral.	84
3.2.13.- Determinación de los valores mínimos y máximos de "Z" dentro de los cuales se cumplen las especificaciones de escala y recubrimiento lateral simultáneamente.	87
3.2.14.- Cálculo de la altura mínima y máxima de vuelo,	89
3.2.15.- Determinación de las zonas que admiten independientemente una sola altura absoluta de vuelo, cumpliendo las especificaciones de escala y recubrimiento lateral.	90
3.2.16.- Determinación del rango de elevación (AH)	91
3.2.17.- Determinación de la altura absoluta de vuelo (Z_0).	92
3.2.18.- Verificación de escala para cada zona.	95
3.2.19.- Verificación de recubrimiento lateral para cada zona.	96
3.2.20.- Cálculo de características fotogramétricas de las imágenes.	98
3.2.21.- Resultados.	100

3.3.1.- Diseño Geométrico para Vuelo Fotogramétrico para escala 1:20 000.	103
3.3.2.- Datos principales para la realización del diseño.	104
3.3.3.- Parámetros que constituyen el diseño geométrico.	107
3.3.4.- Superficie por fotografiar.	108
3.3.5.- Búsqueda de la mejor dirección de las líneas de vuelo (α).	110
3.3.6.- Determinación del ancho de la franjas (S).	112
3.3.7.- Cálculo del ancho de la franjas (S).	114
3.3.8.- Determinación de la separación entre líneas de vuelo (A).	115
3.3.9.- Determinación de la base en el aire (B).	118
3.3.10.- Determinación de la altura media de vuelo (Z_M).	120
3.3.11.- Determinación de los valores mínimos y máximos de "Z" dentro de los cuales se cumplen las especificaciones de escala.	121
3.3.12.- Determinación de los valores mínimos y máximos de "Z" dentro de los cuales se cumplen las especificaciones de recubrimiento lateral.	122
3.3.13.- Determinación de los valores mínimos y máximos de "Z" dentro de los cuales se cumplen las especificaciones de escala y recubrimiento lateral simultáneamente.	125
3.3.14.- Cálculo de la altura mínima y máxima de vuelo.	127
3.3.15.- Determinación de las zonas que admiten independientemente una sola altura absoluta de vuelo, cumpliendo con las especificaciones de escala y recubrimiento lateral.	128
3.3.16.- Determinación del rango de elevación (AH).	129
3.3.17.- Determinación de la altura absoluta de vuelo (Z_0).	130
3.3.18.- Verificación de escala para cada zona.	133
3.3.19.- Verificación de recubrimiento lateral para cada zona.	134
3.3.20.- Cálculo de características fotogramétricas de las imágenes.	136
3.3.21.- Resultados.	138
4.- CONCLUSIONES.	141
4.1.- Aportación e innovación.	142
5.- RECOMENDACIONES.	143
6.- LITERATURA CITADA.	145
7.- APENDICE.	147
7.1.- Glosario.	147
7.2.- Formulario.	153
7.3.- Distancia del aereopuerto a la toma de la primera aerofotografía.	156

INDICE DE CUADROS

No.		Página
1	Espectro electromagnético.	10
2	División del espectro electromagnético en el área de mayor uso en fotografías aéreas.	13
3	Diferencias de elevación para escala 1: 5 000	28
4	Diferencias de elevación para escala 1: 10 000.	75
5	Diferencias de elevación para escala 1: 20 000.	113

INDICE DE FIGURAS

No	Página
1 Escala de la fotografía aérea.	11
2 Fenómeno de espectrificación de luz por sensores fotográficos desde plataformas aéreas.	14
3 Recubrimiento longitudinal (u%).	20
4 Recubrimiento lateral (v%).	21
5 Mapa, superficie por fotografiar del Bosque Escuela.	24
6 Mapa, análisis de la mejor dirección de las líneas de vuelo (a)	26
7 Mapa, ubicación de las líneas de vuelo	31
7A Separación entre líneas de vuelo (A).	32
8 Base en el aire (B).	34
9 Recubrimiento lateral máximo, mínimo y medio.	39
10 Valores límites de "Z" para cumplir las especificaciones de escala y recubrimiento lateral.	41
11 Altura absoluta de vuelo (Zo).	46
12 Recubrimiento lateral entre fajas con diferente altura absoluta de vuelo.	53
13 Area neta ganada por fotografía.	59
14 Mapa, Diseño Geométrico para Vuelo Fotogramétrico para escala 1 : 5 000.	64
15 Recubrimiento longitudinal (u%):	67
16 Recubrimiento lateral (v%).	68
17 Mapa, superficie por fotografiar del Bosque Escuela.	71

No.	Página
18 Mapa, análisis de la mejor dirección de las líneas de vuelo (a)	73
19 Mapa, ubicación de las líneas de vuelo	78
19A Separación entre líneas de vuelo (A).	79
20 Base en el aire (B):	81
21 Recubrimiento lateral máximo, mínimo y medio.	86
22 Valores de "Z" para cumplir con las especificaciones de escala y recubrimiento lateral.	88
23 Altura absoluta de vuelo (Zo).	93
24 Mapa, Diseño Geométrico para Vuelo Fotogramétrico para escala 1 : 10 000.	102
25 Recubrimiento longitudinal (u%)	105
26 Recubrimiento lateral (v%)	106
27 Mapa, superficie por fotografiar del Bosque Escuela.	109
28 Mapa, análisis de la mejor dirección de las líneas de vuelo (a)	111
29 Mapa, ubicación de las líneas de vuelo.	116
29A Separación entre líneas de vuelo (A).	117
30 Base en el aire (B).	119
31 Recubrimiento lateral máximo, mínimo y medio.	124
32 Valores límites de "Z" para cumplir las especificaciones de escala y recubrimiento lateral.	126
33 Altura absoluta de vuelo (Zo).	131
34 Mapa, Diseño Geométrico para Vuelo Fotogramétrico para escala 1 : 20 000.	140

SUMMARY

Three geometric designs of photogrammetric flights were calculated. These are be utilized in photographic camera with wide angle lens (152 mm.) and with any type of photosensitive emulsion.

The data was collected over an experimental land designed School Forest of the Department of wood, Cellulose and Paper.

The optimum direction for the flight was N - S determined by the analysis of direction agreement with the maximum and minimum heights respect to the sea level.

The top limits for the main variables in each design, e.g. scale and lateral overlapping, were fixed and found to be the following:

Scale 1:5 000 (13%).

Scale 1:10 000 (7%).

Scale 1:20 000 (4%).

Lateral overlapping for the three designs are:

Maximum (v_A) = 15 %.

Middle (v_M) = 25 %.

Minimum (v_M) = 35 %.

In order to meet all of the overlapping and scale specifications of the flight two absolute heights were required.

For both the scale 1:10 000 and 1:20 000 just one absolute height was required.

The number of photographs for each flight was as following:

Scale 1:5 000 43 photographs.

Scale 1:10 000 20 photographs.

Scale 1:20 000 7 photographs.

Furthermore, this is the first study carried out taking care of all necessary specifications and thus could be useful in physical or biological research on forest land.

The results of the present research are of high precision and acceptable tolerance limits, well suited for any Institution or people in the need to arrange for any photogrammetric flight.

RESUMEN

Los diseños geométricos para vuelo fotogramétrico en el área del Bosque Escuela del Departamento de Madera, Celulosa y Papel (DMCyP) de la Universidad de Guadalajara (UdeG), aquí descritos fueron calculados para cámara gran angular (152 mm.) para cualquier tipo de emulsión fotográfica.

La dirección óptima de vuelo (α) para los tres diseños en el área del Bosque Escuela, determinado por el análisis de dirección, basados en los resultados obtenidos de cada una de las direcciones, y sus valores críticos de las alturas máximas y mínimas sobre el nivel del mar, siendo ésta la dirección óptima $N - S$.

Los límites de tolerancia para escala y recubrimiento lateral establecidos para cada uno de los diseños son los siguientes:

Para escala 1:5 000 (13 %), escala 1:10 000 (7 %), y escala 1:20 000 (4 %).

Recubrimiento lateral para los tres diseños:

Máximo (v_A) = 15 %, Medio (v_M) = 25 %, Mínimo (v_B) = 35 %.

Para cumplir con las especificaciones de escala y recubrimiento lateral en escala 1:5 000 se requieren dos alturas absolutas de vuelo. En escala 1:10 000 y 1:20 000 solo se requiere de una sola altura absoluta de vuelo para cumplir con dichas especificaciones.

El número de fotografías por línea de vuelo para cada diseño son de 43 fotografías (1:5 000), 20 fotografías (1:1 000) y 7 fotografías (1:20 000).

El presente trabajo cumple con la finalidad de aportar datos de control de vuelo con alta precisión y márgenes de tolerancia aceptables, útiles para cualquier Institución o persona en la contratación de un Vuelo Fotogramétrico.

Además es el primero en su tipo que se realiza con el control necesario de especificaciones y que puede ser útil para cualquier tipo de estudios Físicos o Biológicos sobre la corteza terrestre de dicha área.

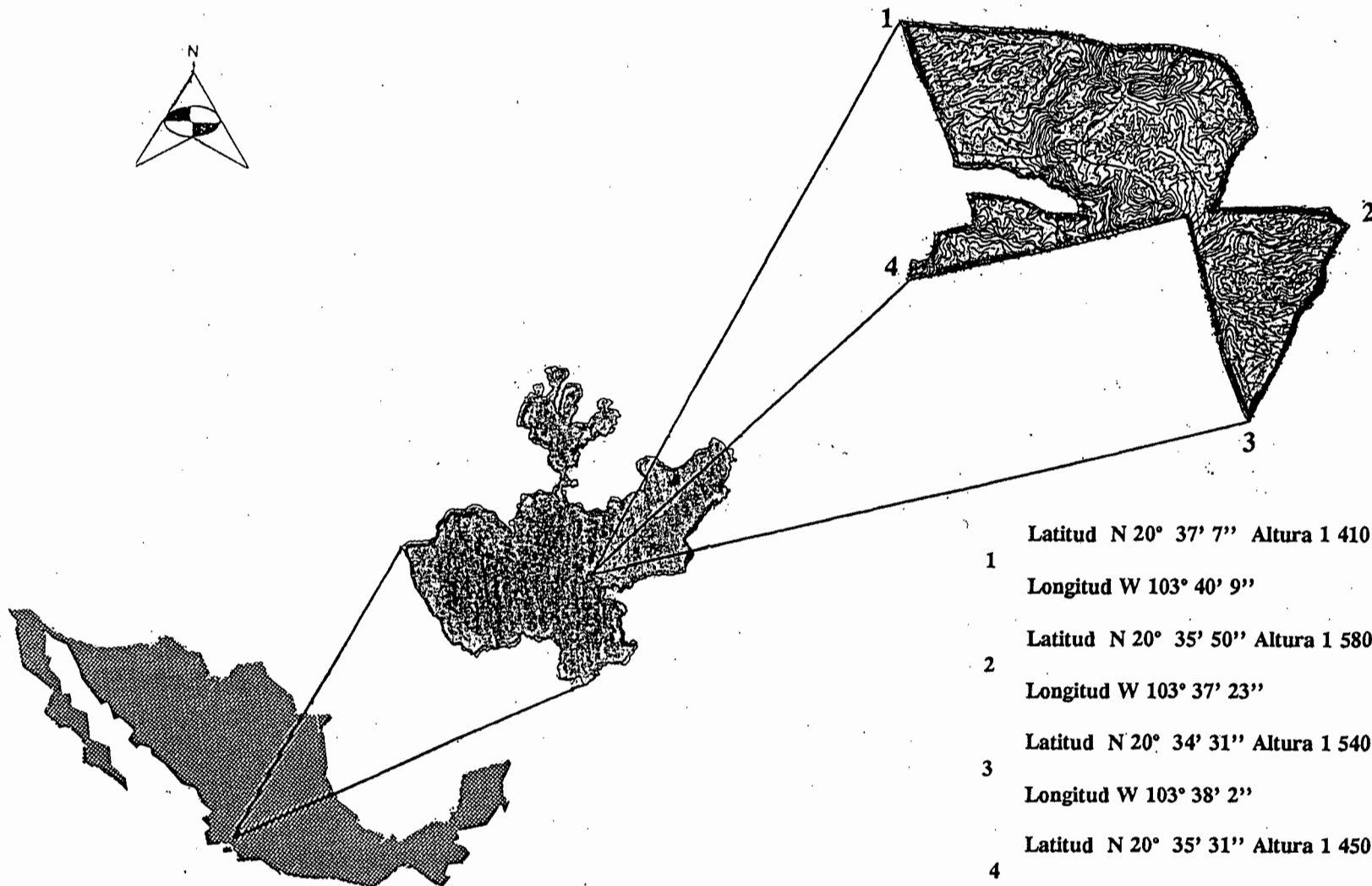
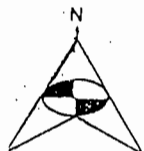
1.- INTRODUCCION

Los diseños geométricos de vuelo fotogramétricos son elementos básicos e indispensables para la obtención de trabajos de fotogrametría, así como también de cartografía y de investigación, ya que estos facilitan la realización de mejores aerofotografías de superficies de cualquier magnitud.

Antes de realizar algún vuelo fotogramétrico, se debe de recurrir a la realización del diseño geométrico ya que éste aportará datos muy importantes del área por fotografiar, como también se obtendrá mayor precisión de las tomas aerofotográficas del terreno.

Esto a su vez, evitarán gastos innecesarios por una toma aerofotográfica que muchas de las veces no llegan a contar con una buena imagen del área (niebla, nubes,) y de sobreposición de las mismas.

UBICACION DEL BOSQUE ESCUELA



- 1 **Latitud N 20° 37' 7'' Altura 1 410 msnm.**
 Longitud W 103° 40' 9''
- 2 **Latitud N 20° 35' 50'' Altura 1 580 msnm.**
 Longitud W 103° 37' 23''
- 3 **Latitud N 20° 34' 31'' Altura 1 540 msnm.**
 Longitud W 103° 38' 2''
- 4 **Latitud N 20° 35' 31'' Altura 1 450 msnm.**
 Longitud W 103° 40' 8''

De acuerdo a los cálculos realizados del diseño geométrico de vuelo fotogramétrico, se obtienen mejores aerofotografías y éstas a su vez contienen datos específicos que se aplican a diferentes actividades tales como:

AGRICULTURA, AGUA SUBTERRANEA, BOSQUES, CATASTRO RURAL, GANADERIA, GEOGRAFIA, GEOLOGIA, MINERIA, PLANEACION, PETROLEO PRESAS, VIAS TERRESTRES, SUELOS.

Estos factores son de primordial importancia para el desarrollo económico de cualquier país del mundo, y por ende se debe de contar con la información precisa y adecuada de cada uno de ellos.

1.1.- IMPORTANCIA Y JUSTIFICACION

En el Bosque Escuela como área de investigación agroforestal, reviste primordial importancia como un laboratorio natural para trabajos de investigación para tesis de grado principalmente, por lo que es necesario contar con un banco de información muy preciso y actualizado, y entre dicha información se debe de contar con imágenes aerofotográficas de alta precisión en particular en su escala y sobreposición, que nos permita estudiar los recursos forestales y fenómenos ocurridos en el Bosque Escuela del Departamento de Madera, Celulosa y Papel (DMCyP) de la Universidad de Guadalajara (UdeG) en forma cualitativa y cuantitativa.

Por lo que para lograr lo anterior es necesario primero contar con un buen Diseño Geométrico de Vuelo Fotogramétrico.

1.2.- OBJETIVOS

- Diseñar tres vuelos fotogramétricos en las escalas 1:5 000, 1:10 000 y 1:20 000, para cualquier tipo de emulsión fotográfica que cumplan con los requerimientos mínimos de tolerancia permitida por diferencia de escala y sobreposiciones lateral y longitudinal.

- Proporcionar información precisa para cuando se requiera por parte de cualquier institución o usuario al contratar un vuelo aerofotográfico, disponer de las especificaciones correctas en cada una de las escalas antes propuestas.

1.3.- HIPOTESIS

Es posible planear con eficacia tres diseños geométricos para vuelos fotogramétricos en el área del Bosque Escuela.

2.- ANTECEDENTES

El área de investigación agroforestal denominado Bosque Escuela, concesionada al Departamento de Madera Celulosa y Papel (DMCyP) de la Universidad de Guadalajara (UdeG), por el Gobierno del Estado de Jalisco, el 14 de Agosto de 1984 a través del decreto No.11599 del Diario Oficial, por 25 años de duración, comprende una extensión de 672 Ha.

Dicha área es de primordial importancia para la realización de trabajos de investigación diversos, pero, particularmente aquellos de visión de conjunto requieren como apoyo indispensable el uso de imágenes de sensores remotos para su calificación y cuantificación de sus recursos y/o fenómenos existentes. Por lo que es importante contar con buenas imágenes, especialmente en el caso de las aerofotografías, éstas deben de cumplir requerimientos mínimos de control fotogramétricos, como sería la escala y la sobreposición.

A Continuación se presenta una relación de títulos de trabajos desarrollados en el área del Bosque Escuela del DMCyP de la UdeG., en los cuales se han utilizado aerofotos en alguna fase del trabajo.

- Plano topográfico del Bosque Escuela (al detalle) del DMCyP de la U. de G. escala aproximada 1:5 000, Febrero de 1984.
- EXPLICACIONES BASICAS RESPECTO A LA PLANEACION E INVESTIGACION SILVICULTURAL Y LA REALIZACION DEL PLAN " PROYECTO BOSQUE ESCUELA " EN LA PRIMAVERA, JALISCO.
H. Pohris, Aviña, González, Huerta, Luna, Medina.
Planeación 1985.
- VUELO FOTOGRAMETRICO REALIZADO POR FOTOINGENIERIA S.A. HECHO PARA EL IMCyP DE LA U.de G., DEL BOSQUE ESCUELA. ESCALA APROXIMADA 1:10 000, Julio de 1986.
- ESTUDIO AGROLOGICO SEMIDETALLADO DE LAS TIERRAS DEL BOSQUE ESCUELA DEL IMCyP DE LA U.de G., MUNICIPIO DE TALA JALISCO.
REPORTE TECNICO. SARH. Delegación Jalisco, Jefatura del programa Hidráulico. 1986.



BIBLIOTECA CENTRAL

- INVESTIGACIONES DEL SUELO PARA EVALUACION DE SITIOS
MEDIANTE FACTORES ABIOTICOS EN EL BOSQUE ESCUELA.
Estrada G., Ma. Guadalupe. 1986.
Tesis de Licenciatura, Facultad de Agronomía de la UdeG.
- PRINCIPIOS DE LA FORESTACION Y EL MANEJO DE LOS RODALES
DE PINO EN EL PROYECTO "BOSQUE ESCUELA, LA PRIMAVERA"
(REGLAS DE MANEJO PRELIMINAR).
H. Pohris. 1987. Reporte Técnico Universidad de Dresden (RDA).
- ESTUDIO PRELIMINAR PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DE
PLANTACION "METODO NELDER" CON *Pinus michoacana* EN EL
BOSQUE ESCUELA DEL IMCyP.
Gallegos R., Agustín. 1988.
Tesis de Licenciatura, Facultad de Agronomía de la UdeG.
- ELABORACION DE UNA TABLA FOTOGRAFICA DE VOLUMENES
PARA *Pinus* sp. EN EL BOSQUE ESCUELA DEL IMCyP DE LA
U.de G. EN LA SIERRA DE LA PRIMAVERA, JAL., MEX.
Fallad CH., Amin. 1989.
Tesis de Licenciatura Facultad de Ciencias Biológicas de la U de G.

- IMPLANTACION DE SITIOS PERMANENTES DE INVESTIGACION,
MEDIO INDISPENSABLE PARA LA ORDENACION BIOLOGICA
FORESTAL DEL BOSQUE ESCUELA, SIERRA DE LA PRIMAVERA.
Villavicencio G., Raymundo F. ENERO de 1992.
Tesis de Licenciatura Facultad de Agricultura de la U.de G..
- ESTUDIO DEL POTENCIAL DE USO MULTIPLE EN EL BOSQUE
ESCUELA DEL IMCyP.
Hernández Z., J. Alejandro. 1992.
Tesis de Licenciatura
- MAPA DE IMPLANTACION DE SITIOS PERMANENTES DE
INVESTIGACION, MEDIO INDISPENSABLE PARA EL ORDENAMIENTO
BIOLOGICO FORESTAL DEL BOSQUE ESCUELA.
Area Inventarios Forestales del IMCyP.
Escala aproximada 1:5 200. ENERO de 1991 -1993.
- VUELO FOTOGRAMETRICO DEL AREA DEL BOSQUE DE LA
PRIMAVERA, JALISCO. REALIZADO POR EL INEGI EN JULIO --
NOVIEMBRE DE 1993. VUELO ALTO ESCALA 1:75 000.

Dada la relación anterior, se observa la utilidad cada vez más creciente de las aerofotos en estudios en el área del Bosque Escuela del DMCyP de la UdeG.

Características Químicas del Material Aerofotográfico

Para la toma de fotografías es muy importante la selección de la película a utilizar, ya que de ella depende la imagen fotográfica.

Las películas Blanco y Negro en ellas se pueden distinguir aproximadamente 200 tonos de grises.

En cuanto a las películas de Color el número de tonalidades es mucho mayor ya que en ésta se pueden distinguir aproximadamente más de 1 000 tonos y a su vez se distinguen mejor los detalles del terreno y de objetos pequeños.

La Sensibilidad se encuentra dentro del rango de espectro electromagnético radiante.

La Película Pancromática esta con un rango de sensibilidad que comprende entre 400 a 800 nanómetros.

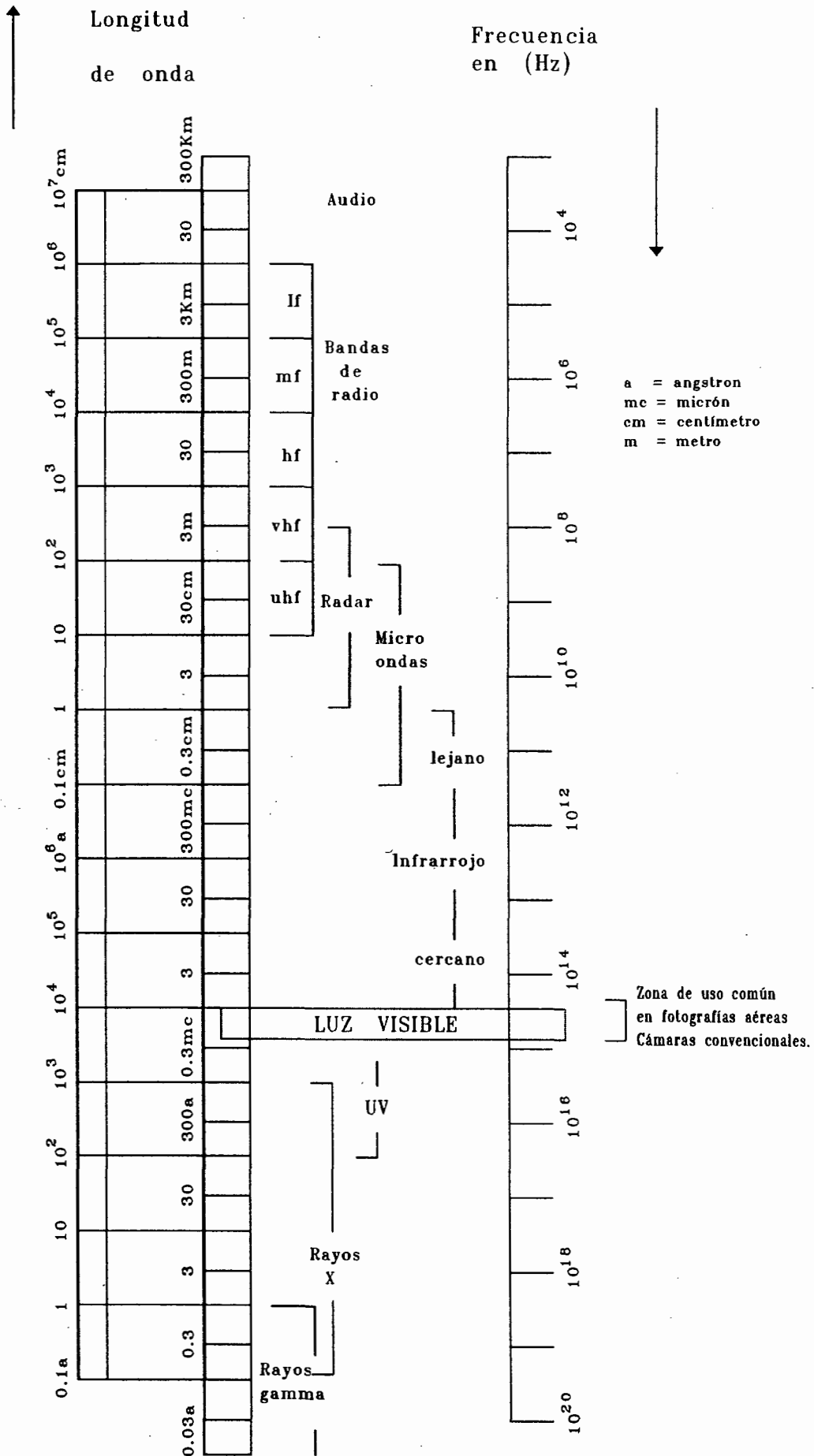
La Película Infrarroja tiene un rango de sensibilidad que comprende de 350 a 900 nanómetros.

Las Fotografías Multiespectrales tienen un rango de sensibilidad pequeño y específico dentro de la totalidad del rango visible e infrarrojo cercano.

Cuadro 1.



Cuadro 1. ESPECTRO ELECTROMAGNETICO.



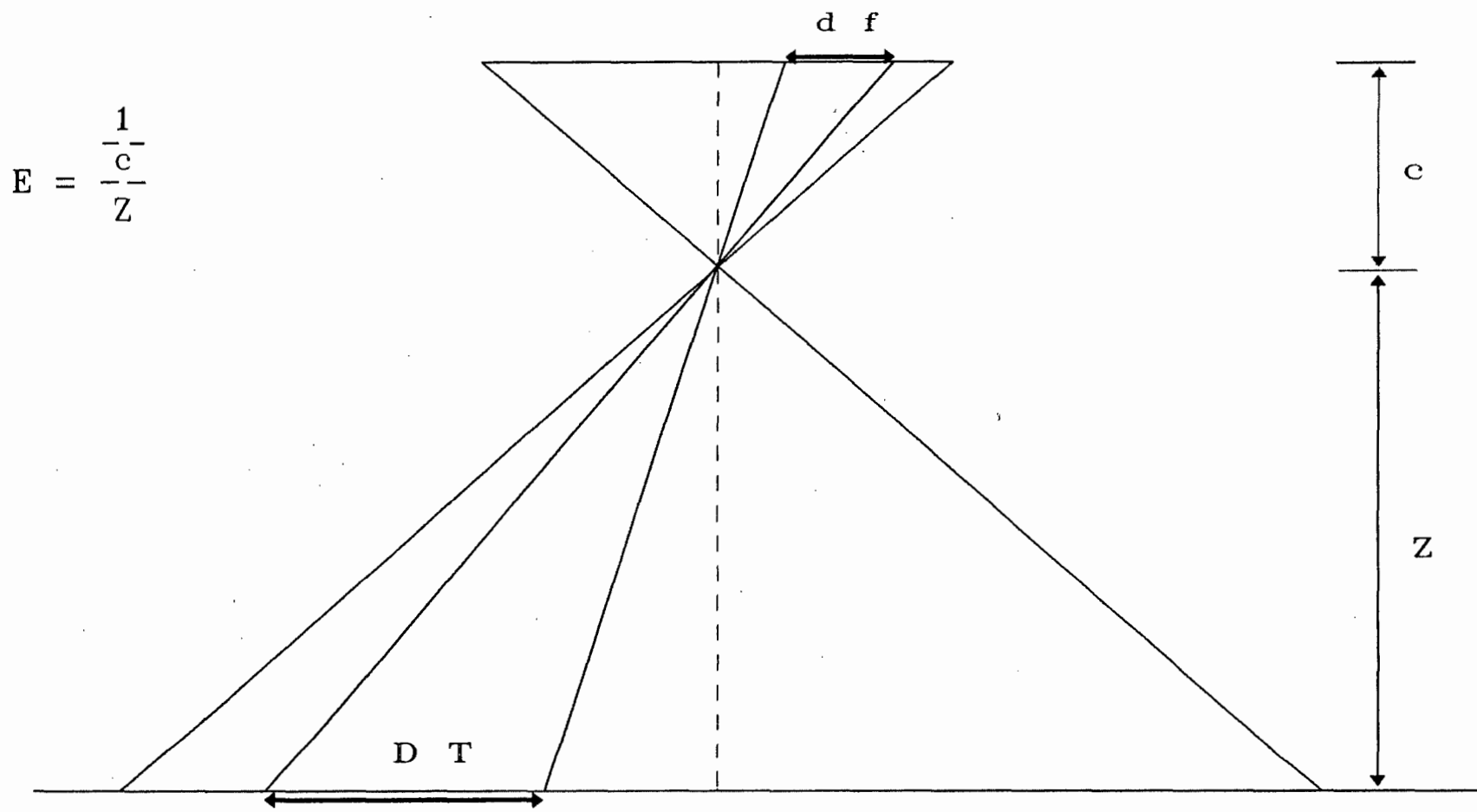


Figura 1.- ESCALA DE LA FOTOGRAFIA AEREA. DT = distancia en el terreno, dt = distancia en la fotografía, c = distancia focal, Z = altura de vuelo.

Tipos de emulsión

Blanco y Negro.- Cuando la emulsión fotográfica cuenta con una sola capa sensible que brinda superar la imagen, en toda la gama de grises desde el Blanco al Negro.

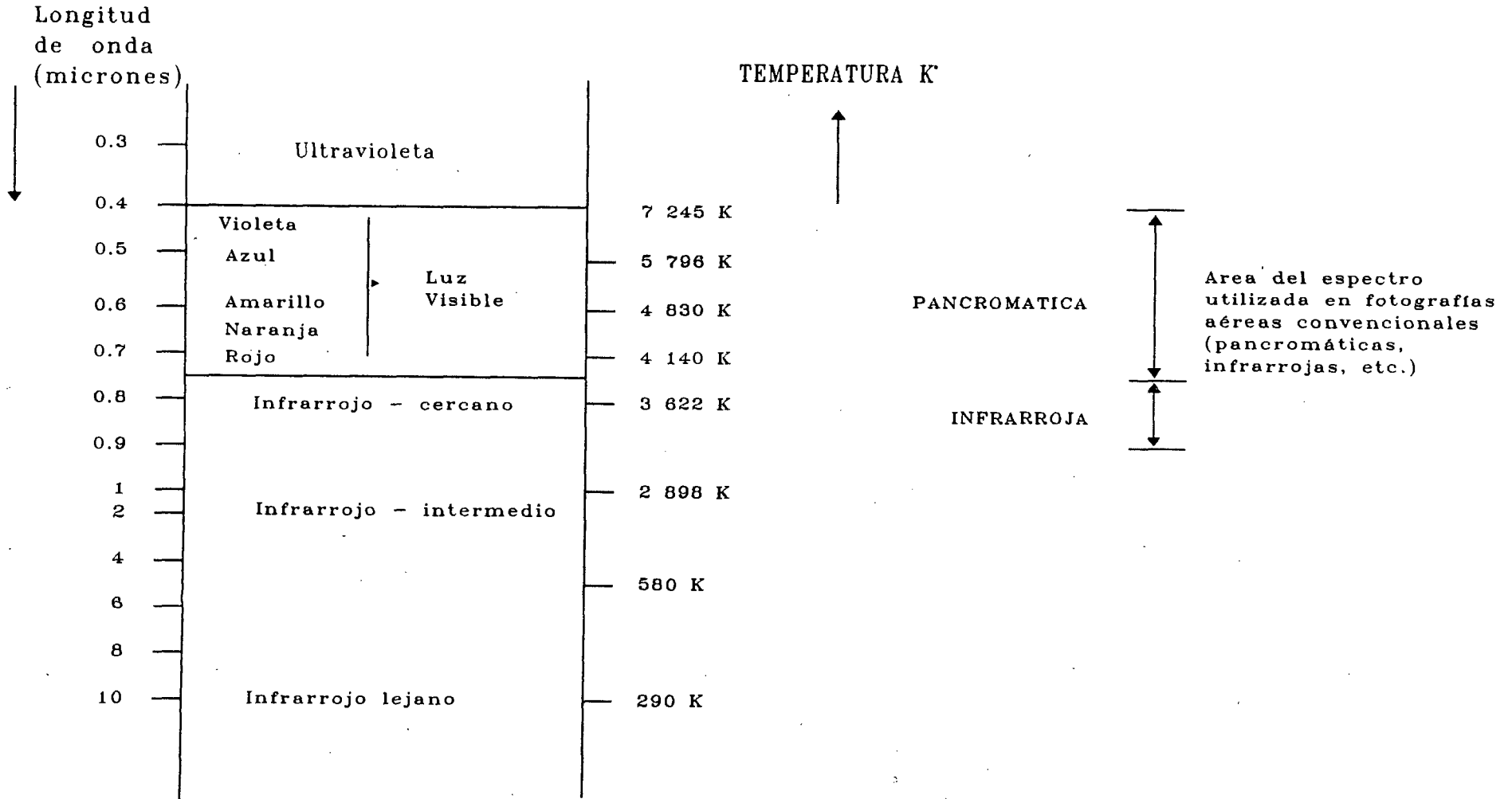
Color.- Cuando la emulsión fotográfica cuenta con tres capas de sensibilidad a distintas coloraciones complementarias, lo cual reporta la imagen en toda la gama y matices de colores.

Cuadro 2.

Distancias principales generales más usadas en los trabajos de fotogramétricos.

Tipo de lente	Campo (aprox) de la lente sobre la dia gonal	Dimensiones de la distancia en la fotografía de 23 x 23cm del formato
Normal	60°	210 mm.
Gran Angular	90°	150 - 152 mm.
Super Gran Ang.	120°	90 mm.

Cuadro 2. División del Espectro Electromagnético en el área de mayor uso en fotografías aéreas.



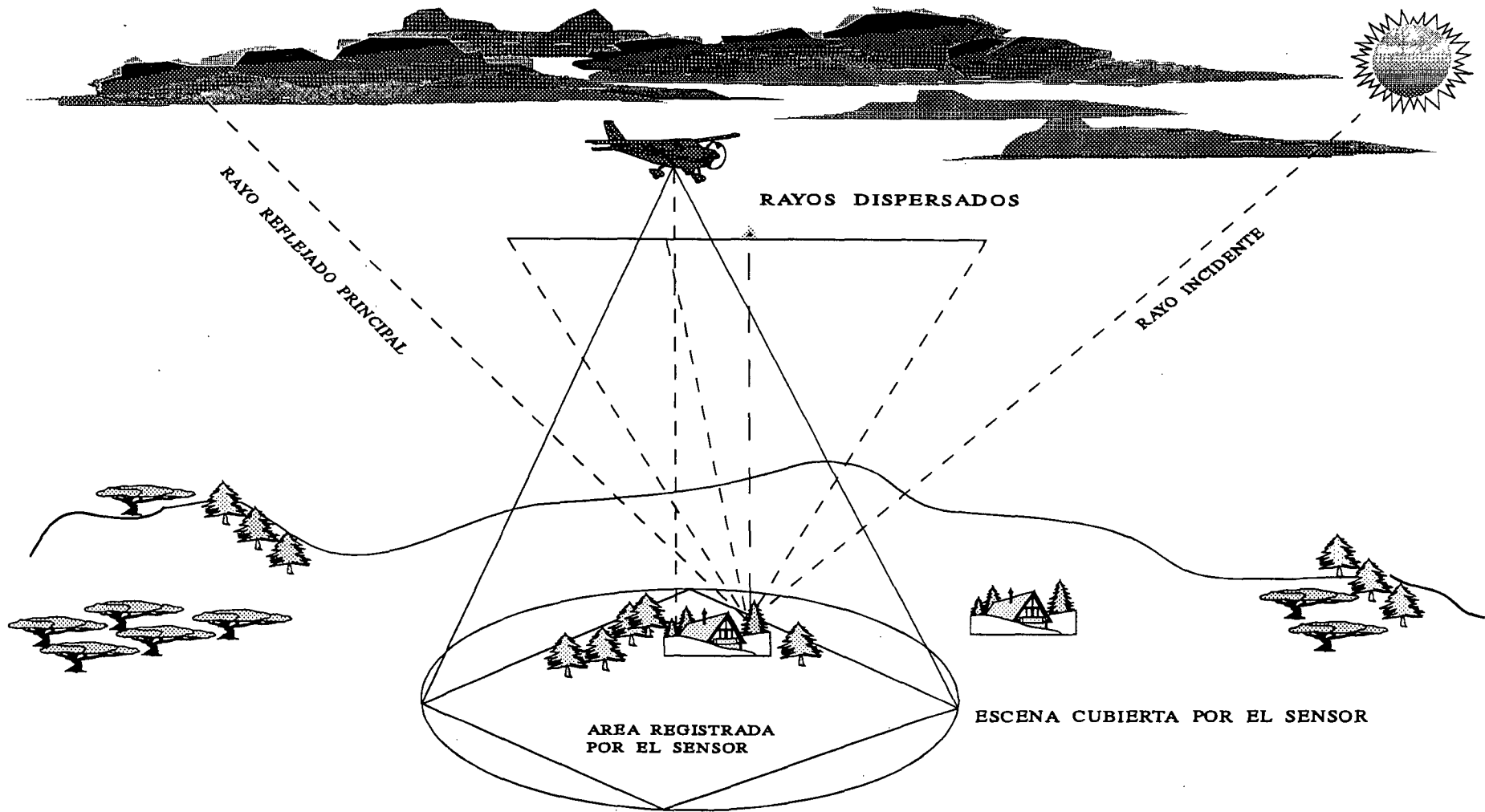


Figura 2. Fenómeno de espectrificación de luz por sensores fotográficos desde plataformas aéreas.

2.5.- Descripción del Bosque Escuela

Clima.- El clima del Bosque Escuela del DMCyP de la UdeG, según la clasificación de Köppen, modificada por E. García 1987, pertenece al Sub-grupo climático (A) C (templado semicálido).

La temperatura del Bosque Escuela, es de 18° C y su temperatura media es de 0.5° C del mes más frío, y de 37° C del mes más cálido.

Tiene una precipitación pluvial anual de 835.7 mm. y un cociente de p/t menor de 43.2 mm. (Abud 1987).

Los días despejados del Bosque Escuela se presentan generalmente con más frecuencia en invierno y primavera de los meses comprendidos de Octubre a Mayo.

Los vientos dominantes son del Suroeste que se presentan en los meses comprendidos de Noviembre a Junio y por lo general del grado 2. (Gallegos 1987).

La importancia del clima (niebla, nubosidad, lluvia, polvo, bruma), para la realización de un vuelo fotogramétrico, es muy importante, ya que en base a éste se logra un mejor aprovechamiento de las tomas aerofotograficas del área del terreno por fotografiar.

Geología.- La Geología del Bosque escuela es de origen volcánico , (30 A 140 mil años de antigüedad) compuesto de rocas "ígneas extrusivas ácidas" que son:

Pómez, Obsidiana, Andesita basáltica, Riolita, Toba.

Suelo.- Los suelos del Bosque Escuela están clasificados en suelos Regosoles y Feozem.

(Crespo, Marcos. 1992).

Vegetación.- La vegetación que existe en el Bosque Escuela se clasifica en cinco tipos de vegetación estos son:

Encino (*Quercus*) y *Pino*.*

Vegetación acuática y subacuática.

Matorral subtropical.

Pastizales.

Vegetación secundaria.

(Huerta C., Maximiliano. 1992).

* *Quercus* arbolado adulto con un 67.87% y con una densidad media de 175.32 árboles/ha.

Pino arbolado adulto con un 14.64%, y con densidad de 37.8 árboles/ha, y el 17.49% lo comprenden otras especies como *Agarista mexicana*, *Cletrha mexicana*, y *Acacia pennatula* entre otras.(Hernández A.,Efrén.1992).

3.- METODOLOGIA

- Revisión de antecedentes sobre el área del Bosque Escuela del DMCyP de la UdeG.
- Delimitación cartográfica del área del Bosque Escuela.
- Ubicación de puntos máximos y mínimos de altura sobre el nivel del mar.
- Cálculo de diferencia de altura entre puntos máximos y mínimos, esto a su vez calculado a cada 15° a partir de la dirección Norte franco.
- Substitución y operaciones por separado para cada una de las escalas propuestas.
- Delimitación de zonas de vuelo para la dirección óptima de vuelo.
- Señalización en una carta topográfica, dentro del área de estudio en los puntos que representan los centros de cada una de las fotografías y su base en el aire.
- Nomenclaturas de líneas de vuelo y número de aerofotos, señaladas en el apartado anterior, para cada una de las escalas propuestas.
- Escritura del protocolo de la memoria final, con formularios, datos, cuadros y figuras.

3.1.1.- DISEÑO GEOMETRICO PARA VUELO FOTOGRAMETRICO

ESCALA 1 : 5 000

El *diseño geométrico para vuelo fotogramétrico* para terreno montañoso la escala (E_M) es variable al igual que el recubrimiento lateral ($v\%$), esto se debe a las diferentes elevaciones existentes en el terreno a fotografiar.

Para ello se deberá establecer una tolerancia tanto para la escala como para el recubrimiento lateral.

Para el caso del recubrimiento longitudinal ($u\%$) no habrá ningún problema ya que éste se podrá controlar durante el vuelo.

Para lograr que el diseño geométrico de vuelo en una forma eficaz, éste deberá estar dentro de las especificaciones de tolerancia de escala y recubrimiento lateral establecidas.

Esto nos conducirá a la obtención de fotografías del área por fotografiar más exactas, de acuerdo a la escala y recubrimiento lateral deseados.

3.1.2.- Los datos principales para la realización del diseño

son los siguientes:

$\frac{1}{E_M}$ = Escala media deseada de las fotografías.

x = Tolerancia (%) de la escala media deseada.

u = Recubrimiento longitudinal medio deseado (%) entre fotografías consecutivas. Figura 3.

v_M = Recubrimiento lateral medio deseado (%) entre fajas adyacentes. Figura 4.

v_A = Recubrimiento lateral mínimo aceptado (%) para el punto más alto "A".

v_B = Recubrimiento lateral máximo aceptado (%) para el punto más bajo "B".

c = Distancia principal de la cámara.

s = Lado de la fotografía.

S = Tamaño del área fotografiada (longitud)

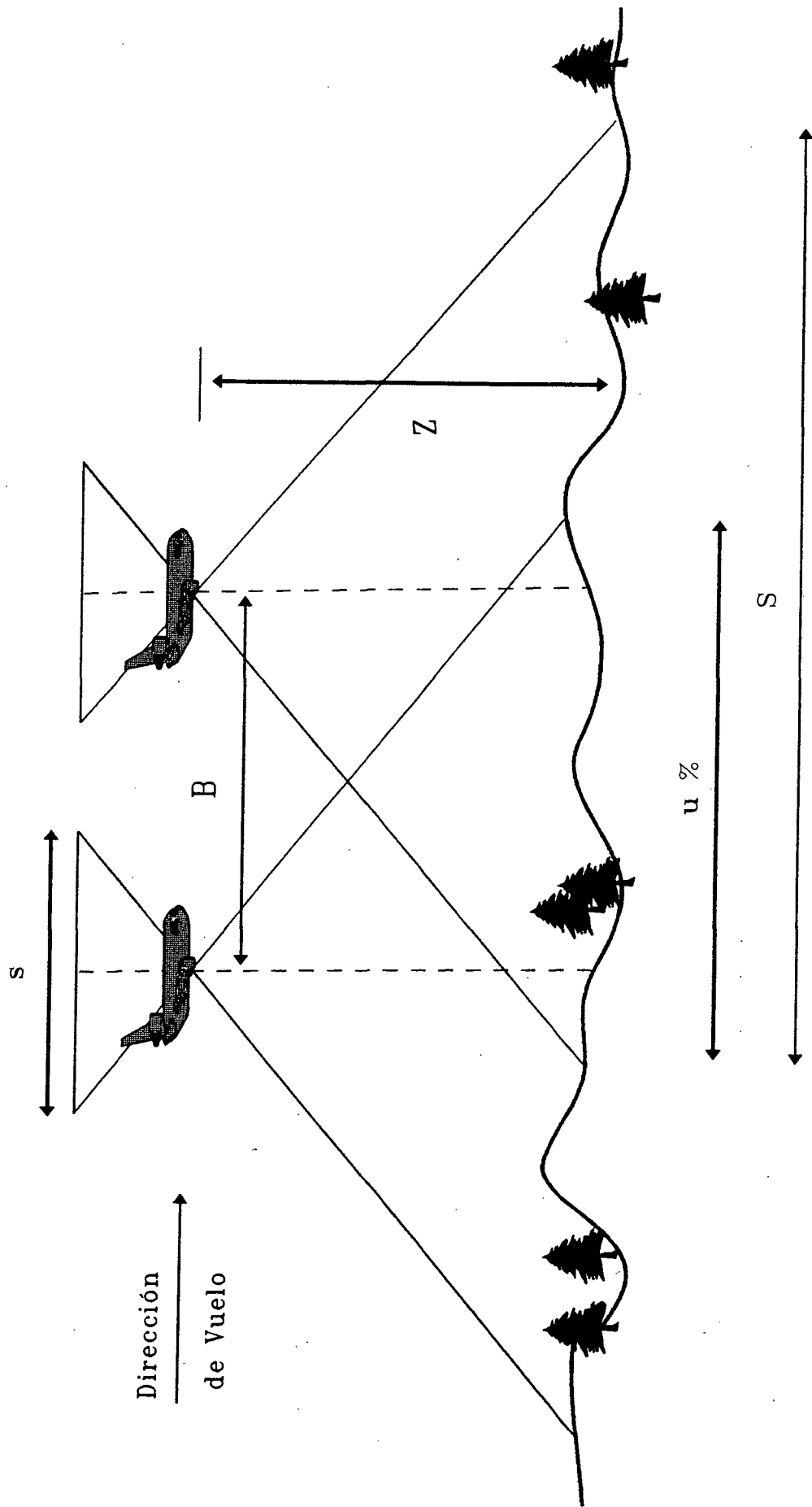


Figura 3. Recubrimiento longitudinal ($u\%$).

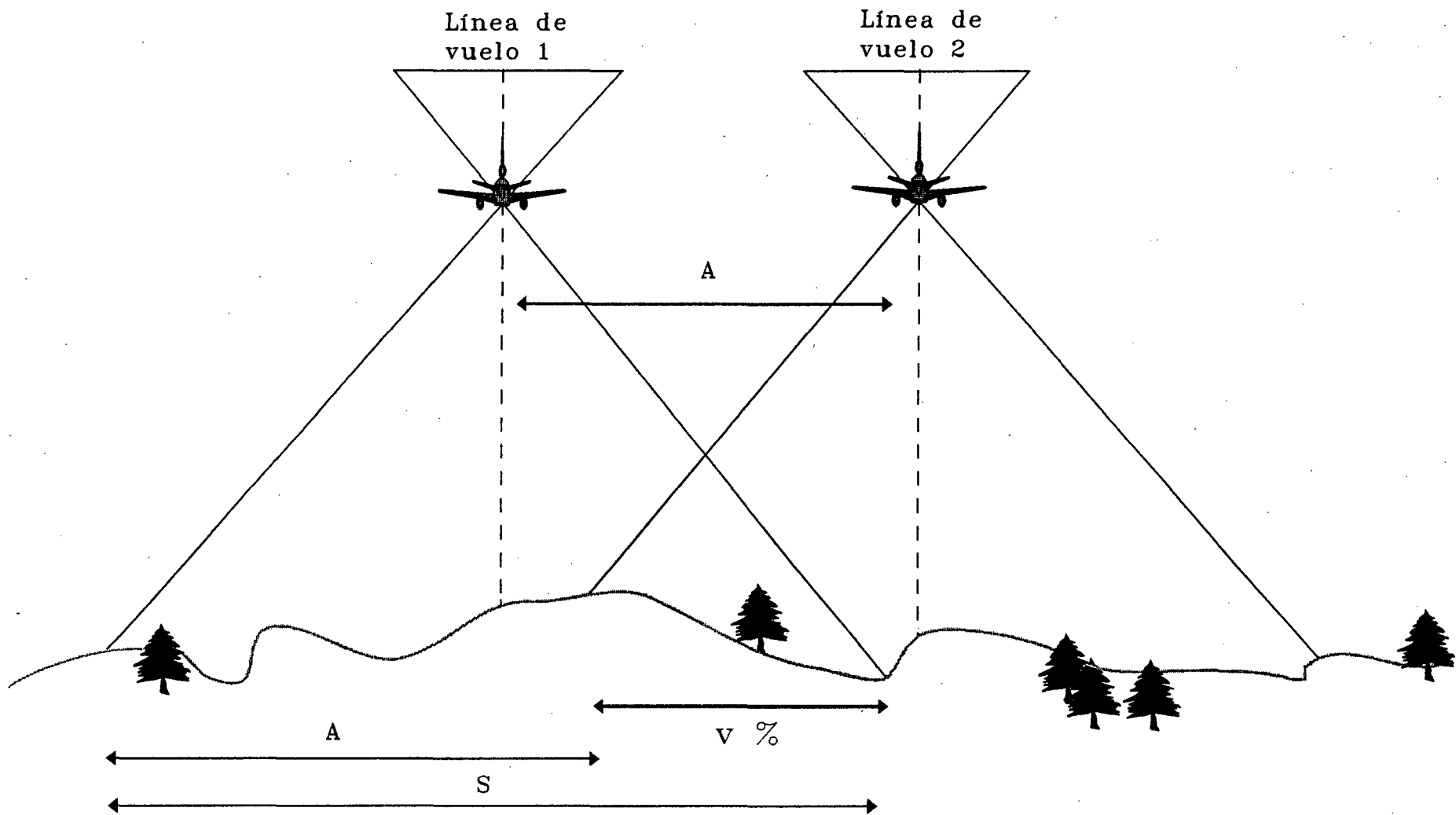


Figura 4. Recubrimiento Lateral (v %).

3.1.3.- En base a los datos anteriores, se deben determinar los parámetros que van a constituir el diseño geométrico del vuelo fotogramétrico y son los siguientes:

a = Dirección de la líneas de vuelo.

A = Separación entre líneas de vuelo.

B = Base en el aire (distancia entre exposiciones consecutivas).

Z_M = Altura de vuelo sobre el nivel medio del terreno (altura media de vuelo).

Z_o = Altura (s) absoluta (s) de vuelo (altura de vuelo sobre nivel del mar).

A continuación se establecen los valores para la iniciación del diseño geométrico de vuelo para escala 1:5 000, los datos son los siguientes:

$$\frac{1}{E_M} = \frac{1}{5\ 000}$$

x = 13 %

u = 60 %

V_M = 25 %

V_A = 15 %

V_B = 35 %

c = 152 mm.

s = 23 cm.

3.1.4.- Superficie por fotografiar

Superficie por fotografiar del Bosque Escuela del Departamento de Madera, Celulosa y Papel (DMCyP) de la Universidad de Guadalajara (UdeG). Figura 5.

Sus coordenadas extremas son:

Latitud N 20° 37' 7'' Altura 1 410 msnm.

Longitud W 103° 40' 9''

Latitud N 20° 35' 50'' Altura 1 580 msnm.

Longitud W 103° 37' 23''

Latitud N 20° 34' 31'' Altura 1 540 msnm.

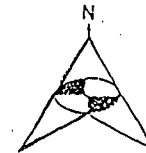
Longitud W 103° 38' 2''

Latitud N 20° 35' 31'' Altura 1 450 msnm.

Longitud W 103° 40' 8''

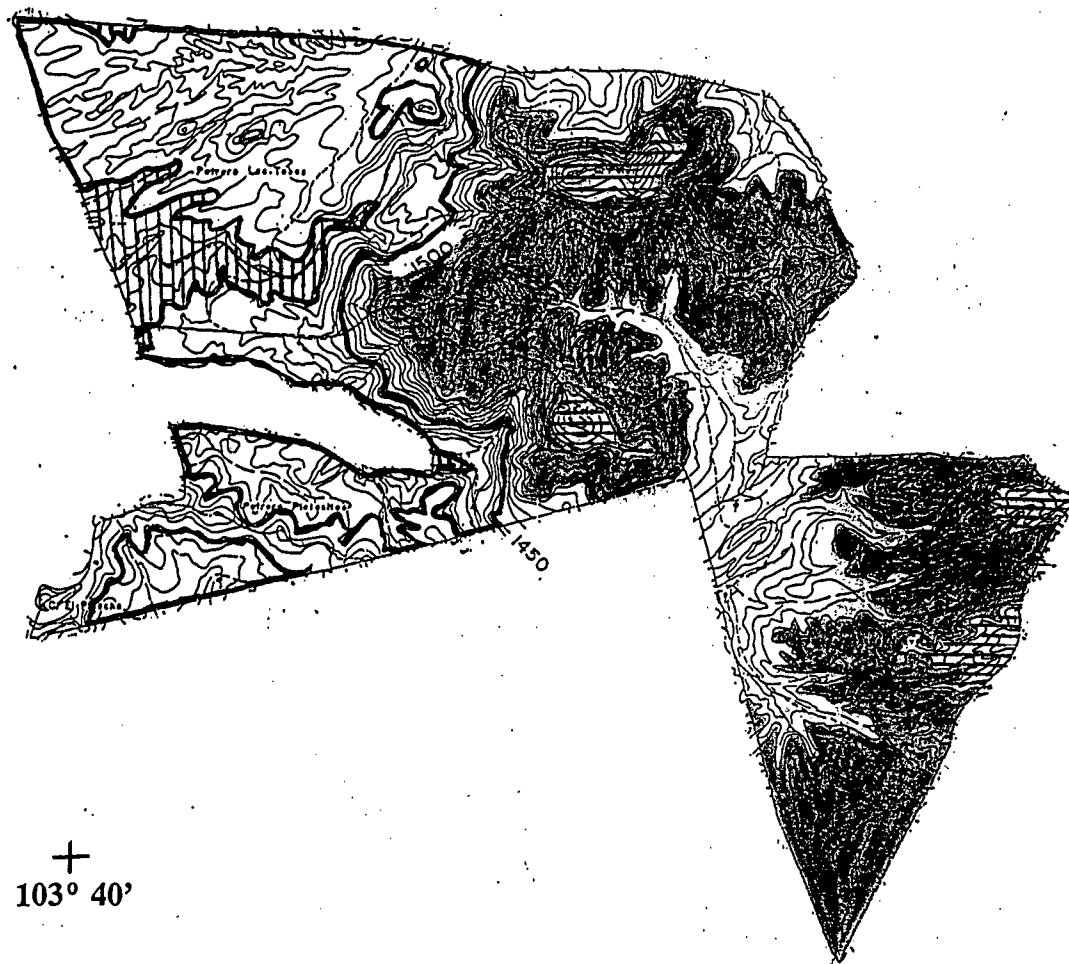
El Bosque Escuela del DMCyP de la UdeG. tiene una altura máxima sobre el nivel del mar de 1 590 m., y una altura mínima sobre el nivel del mar de 1 380 m.

El Bosque Escuela tiene una extensión de 672 Ha.








+
103° 40'

+
20° 37'



ALTURA SOBRE EL
NIVEL DEL MAR

	1 380 - 1 400 m.
	1 400 - 1 450 m.
	1 450 - 1 500 m.
	1 500 - 1 550 m.
	1 550 - 1 590 m.

+
20° 35'

+
103° 40'

SUPERFICIE POR FOTOGRAFIAR

0 1 000 m.

ESCALA 1:35 000

3.1.5.- Búsqueda de la mejor dirección de las líneas de

vuelo (a)

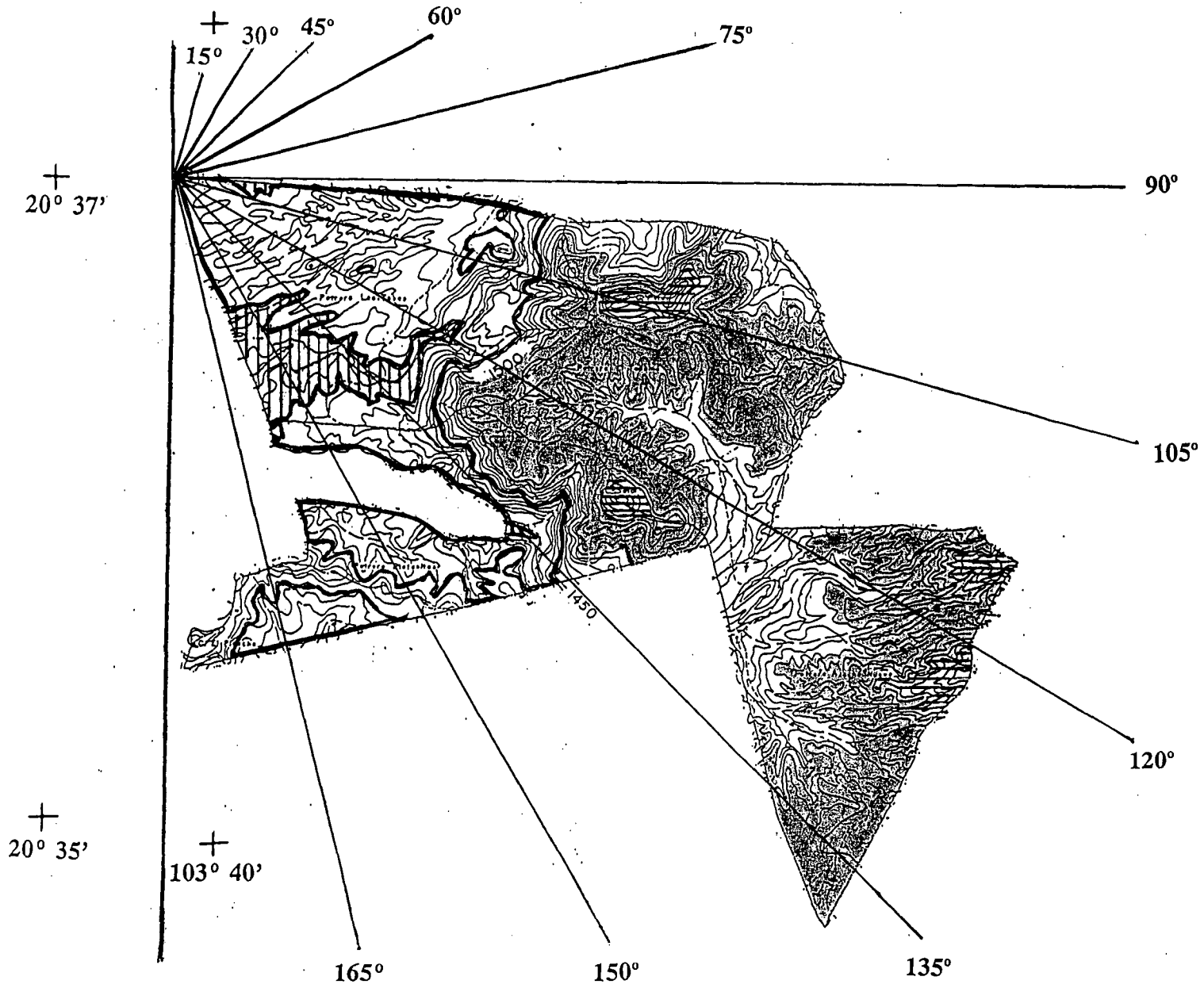
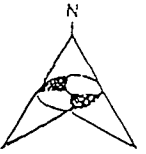
Para la determinación de la mejor dirección de las líneas de vuelo para el área del Bosque Escuela del DMCyP de la UdeG., será aquella en la cual se encuentren los mínimos cambios de elevación del terreno y ésta estará determinada en base a sus curvas de nivel.

Se debe de realizar la demarcación de las principales curvas de nivel, y mediante un examen visual de las mismas el rango angular dentro del cual se hallaría la dirección buscada.

Dentro de éste rango se debe de seleccionar y analizar las diferentes direcciones con un intervalo adecuado ya sea a 5°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, de acuerdo a un criterio razonable y en base a la exactitud que se requiera.

Para el análisis de cada dirección del área en estudio se estimo un intervalo de 15° dentro de un rango total de 165°.

Figura 6.



ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR

	1 380 - 1 400 m.
	1 400 - 1 450 m.
	1 450 - 1 500 m.
	1 500 - 1 550 m.
	1 550 - 1 590 m.

BUSQUEDA DE LA MEJOR DIRECCION DE VUELO

0 1 000 m.
ESCALA 1:35 000

3.1.6.- Determinación del ancho de las franjas (S).

Se deben de estudiar franjas con un ancho igual a "S" (lado fotografiado en el terreno), una tras otra hasta cubrir todo el área en estudio por fotografiar.

En cada franja se debe determinar la máxima y la mínima altura del terreno, en base a éstas nos resultará una diferencia de elevación en cada una de las franjas.

Esta diferencia de elevación será el valor crítico para cada dirección, el menor de ellos nos estará indicando la dirección óptima de vuelo. Cuadro 3.

Cuadro 3. Dirección para escala 1:5 000. MAX = Altura máxima, MIN = Altura mínima, DIF = Diferencia de altura.

DIFERENCIAS DE ELEVACION												
FRANJA	N - S	N 15' E	N 30' E	N 45' E	N 60' E	N 75' E	N 90' E	105'	120'	135'	150'	165'
1	MAX 1 520 MIN 1 380 DIF 140	MAX 1 520 MIN 1 380 DIF 140	MAX 1 440 MIN 1 380 DIF 60	MAX 1 460 MIN 1 390 DIF 60	MAX 1 460 MIN 1 390 DIF 60	MAX 1 530 MIN 1 390 DIF 140	MAX 1 590 MIN 1 380 DIF 210	MAX 1 590 MIN 1 400 DIF 190	MAX 1 520 MIN 1 470 DIF 50	MAX 1 590 MIN 1 430 DIF 160	MAX 1 580 MIN 1 470 DIF 110	MAX 1 580 MIN 1 510 DIF 70
2	MAX 1 560 MIN 1 390 DIF 170	MAX 1 550 MIN 1 390 DIF 160	MAX 1 560 MIN 1 380 DIF 180	MAX 1 560 MIN 1 380 DIF 180	MAX 1 590 MIN 1 380 DIF 210	MAX 1 590 MIN 1 380 DIF 210	MAX 1 590 MIN 1 380 DIF 210	MAX 1 590 MIN 1 380 DIF 210	MAX 1 590 MIN 1 400 DIF 190	MAX 1 590 MIN 1 400 DIF 190	MAX 1 590 MIN 1 410 DIF 180	MAX 1 590 MIN 1 450 DIF 140
3	MAX 1 590 MIN 1 480 DIF 130	MAX 1 590 MIN 1 400 DIF 190	MAX 1 590 MIN 1 390 DIF 200	MAX 1 590 MIN 1 380 DIF 200	MAX 1 590 MIN 1 390 DIF 200	MAX 1 590 MIN 1 390 DIF 200	MAX 1 580 MIN 1 410 DIF 170	MAX 1 590 MIN 1 390 DIF 200	MAX 1 590 MIN 1 380 DIF 210	MAX 1 540 MIN 1 380 DIF 160	MAX 1 560 MIN 1 380 DIF 180	MAX 1 590 MIN 1 400 DIF 190
4	MAX 1 580 MIN 1 480 DIF 100	MAX 1 530 MIN 1 460 DIF 70	MAX 1 550 MIN 1 480 DIF 90	MAX 1 550 MIN 1 460 DIF 90	MAX 1 580 MIN 1 460 DIF 120	MAX 1 580 MIN 1 460 DIF 120	MAX 1 540 MIN 1 490 DIF 50	MAX 1 540 MIN 1 480 DIF 60	MAX 1 540 MIN 1 400 DIF 140	MAX 1 520 MIN 1 410 DIF 110	MAX 1 510 MIN 1 410 DIF 100	MAX 1 490 MIN 1 380 DIF 110
5	MAX 1 560 MIN 1 530 DIF 50	MAX 1 560 MIN 1 500 DIF 80	MAX 1 560 MIN 1 480 DIF 100	MAX 1 580 MIN 1 480 DIF 100	MAX 1 580 MIN 1 480 DIF 100	MAX 1 540 MIN 1 510 DIF 30	MAX 1 540 MIN 1 540 DIF 0	MAX 1 540 MIN 1 540 DIF 0	MAX 1 520 MIN 1 410 DIF 110		MAX 1 520 MIN 1 440 DIF 80	MAX 1 520 MIN 1 410 DIF 110
6				MAX 1 540 MIN 1 530 DIF 10	MAX 1 540 MIN 1 530 DIF 10							
VALOR CRITICO	170 M.	190 M.	200 M.	200 M.	210 M.	210 M.	210 M.	210 M.	210 M.	190 M.	180 M.	190 M.

3.1.7.- Cálculo del ancho de las franjas (S).

Cálculo del ancho de las franjas (S) del Bosque Escuela del DMCyP de la UdeG. Esta se calcula de la forma siguiente:

Para escala 1: 5 000

$$S = s E_M \quad \text{donde} \quad s = 23 \text{ cm.} \quad E_M = 5 000$$

aplicando la fórmula tenemos el ancho de las franjas para su estudio:

$$S = 0.23 \times 5000 = 1 150 \text{ m.}$$

$$S = 1 150 \text{ m.}$$

La dirección óptima de vuelo (a).

En base a la determinación de los valores críticos analizados en cada dirección, se concluye que la dirección óptima de vuelo para el Bosque Escuela del DMCyP de la UdeG., es la

Dirección N - S.

**3.1.8.- Determinación de la separación entre líneas
de vuelo (A)**

La separación entre líneas de vuelo (A), es la distancia que existe entre una y otra línea de vuelo. Figura 7.

Para su determinación se calcula de la manera siguiente:

$$A = s E_M (1 - v_M)$$

donde $v_M = 25 \%$

$$s = 23 \text{ cm.}$$

$$E_M = 1: 5\ 000$$

Aplicando la fórmula

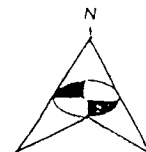
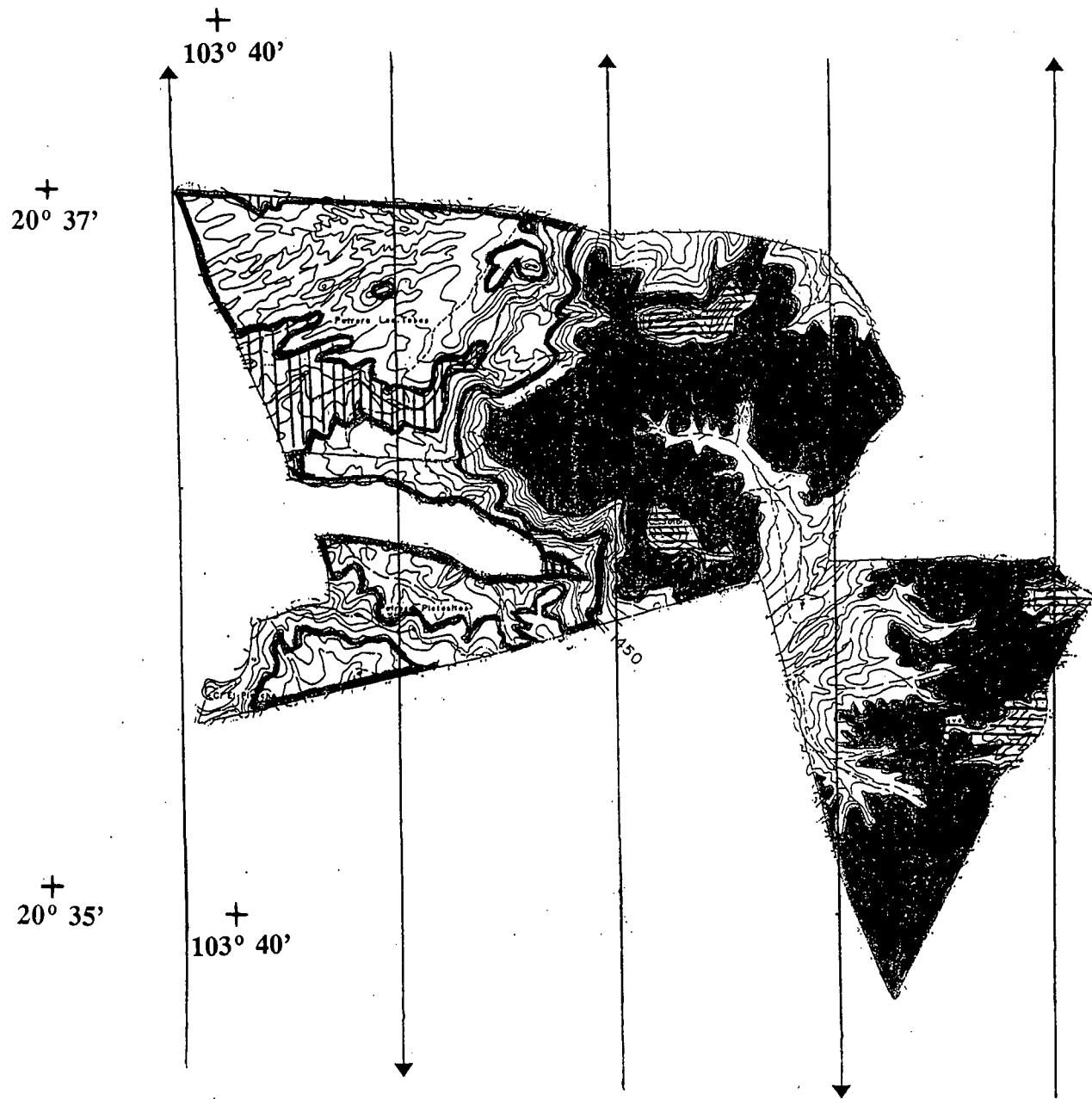
$$A = 0.23 \times 5\ 000 (1 - 0.25)$$

$$A = 1\ 150 (0.75) = 862.5 \text{ m.}$$

$$A = 862.5 \text{ m.*}$$

* de distancia entre cada línea de vuelo.

Figura 7A.

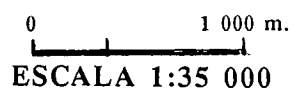


SIMBOLOGIA

—	CURVAS DE NIVEL A 10 m.
---	CAMINOS
↓↑	DIRECCION DE LAS LINEAS DE VUELO
PLANO DE REFERENCIA	
CARTAS TOPOGRAFICAS F 13 - D 64 TALA	
F 15 - D 65 GUADALAJARA OESTE INEGI	

ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR

	1 380 - 1 400 m.
	1 400 - 1 450 m.
	1 450 - 1 500 m.
	1 500 - 1 550 m.
	1 550 - 1 590 m.



UBICACION DE LAS LINEAS DE VUELO

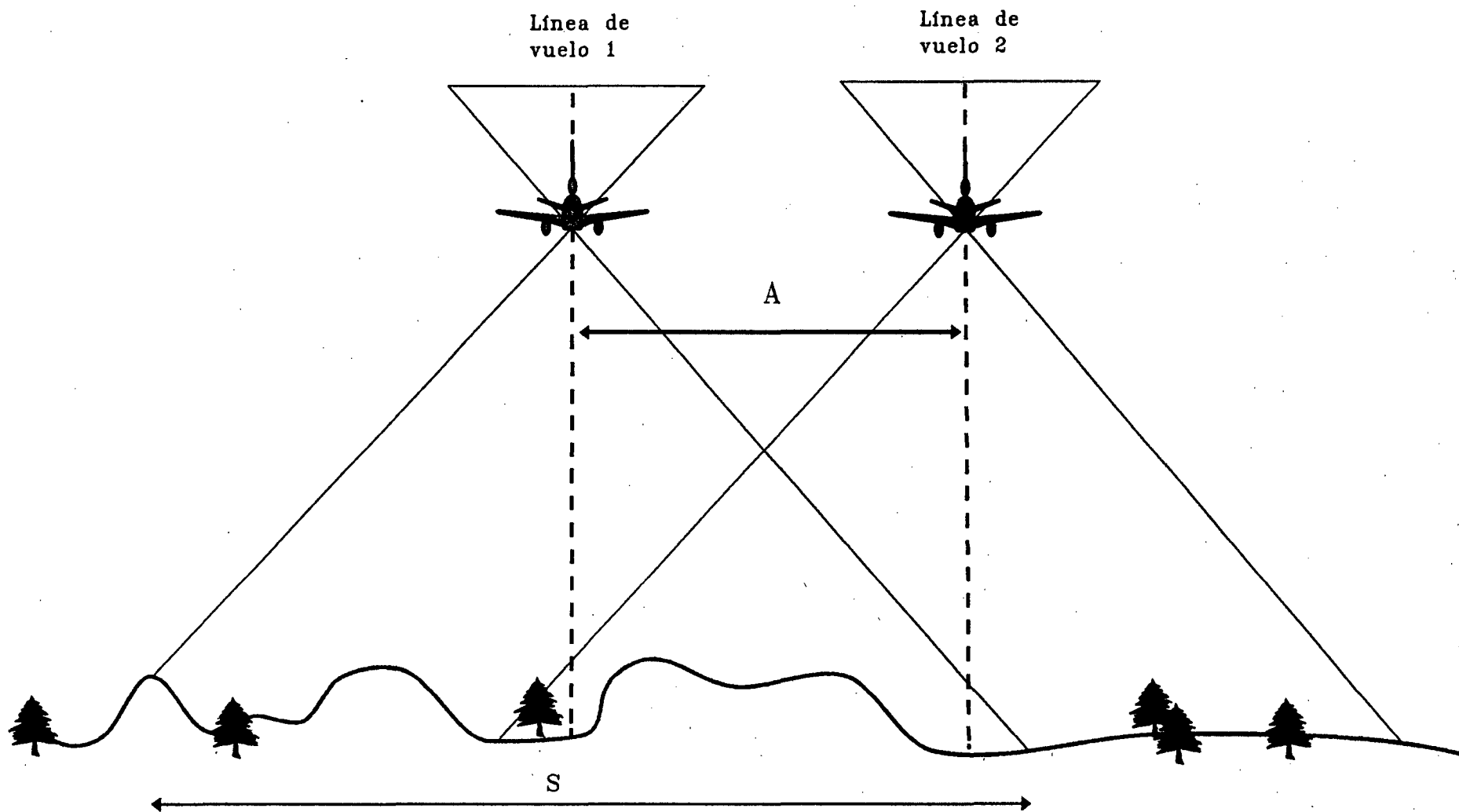


Figura 7A. Separación entre líneas de vuelo (A).

3.1.9.- Determinación de la base en el aire (B)

La base en el aire es la distancia que existe entre cada exposición de una misma línea de vuelo y se calcula de la forma siguiente:

$$B = s E_M (1-u)$$

donde $u = 60 \%$

$$s = 23 \text{ cm.}$$

$$E_M = 1: 5\ 000$$

Aplicando la fórmula

$$B = 0.23 \times 5\ 000 (1 - 0.60)$$

$$B = 1\ 150 (0.40) = 460 \text{ m.}$$

$$B = 460 \text{ m.*}$$

* De distancia entre cada exposición.

Figura 8.

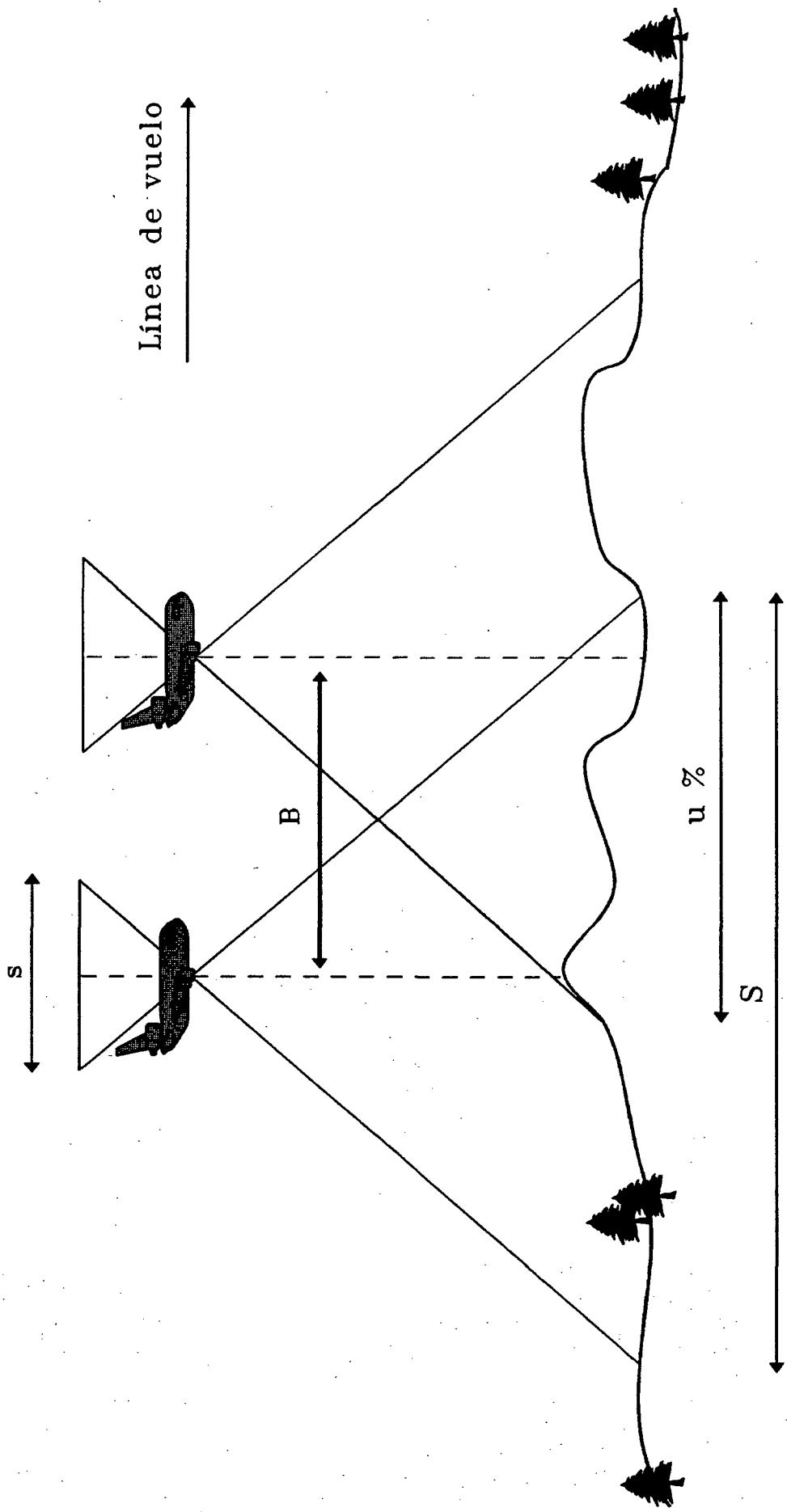


Figura 8. Base en el aire (B).

**3.1.10.- Determinación de la altura media de vuelo
sobre el terreno (Z_M)**

Esta es la distancia que existe entre la distancia principal y el punto medio del terreno.

Se calcula de la siguiente manera:

$$Z_M = c E_M$$

donde $c = 152 \text{ mm.}$

$$E_M = 5\ 000$$

Aplicando la fórmula

$$Z_M = 0.152 \times 5\ 000 = 760 \text{ m.}$$

$$Z_M = 760 \text{ m.*}$$

* Entre el punto medio y la distancia focal.

3.1.11.- Determinación de los valores mínimos y máximos de "Z"

dentro de los cuales se cumplen las especificaciones

de escala.

La tolerancia establecida en la escala define limitaciones en los valores de "Z" que a continuación se estudian:

$$\frac{1}{E_M} = \text{escala media de las fotografías}$$

$$\frac{1}{E_A} = \text{escala máxima aceptada para el punto más alto "A".}$$

$$\frac{1}{E_B} = \text{escala mínima aceptada para el punto más bajo "B".}$$

Se calcula de la siguiente manera:

$$Z_A = Z_M (1 - X) \text{ y } Z_B = Z_M (1 + X).$$

donde $X = 13 \%$

Z_A = valor mínimo de "Z" que cumple la especificación de escala máxima, y elevación máxima.

Z_B = valor máximo de "Z" que cumple la especificación de escala mínima, y elevación mínima.

Aplicando las fórmulas

$$Z_A = 760 (1 - 0.13)$$

$$Z_A = 760 (0.87) = 661.20 \text{ m.}$$

$$Z_A = 661.20 \text{ m.}$$

$$Z_B = 760 (1 + 0.13)$$

$$Z_B = 760 (1.13) = 858.80 \text{ m.}$$

$$Z_B = 858.8 \text{ m.}$$

**3.1.12.- Determinación de los valores mínimo y máximo de "Z"
dentro de los cuales se cumplen las especificaciones de
recubrimiento lateral.**

La tolerancia establecida en el recubrimiento lateral (v) define limitaciones en los valores de "Z".

$$\frac{1}{E_M} = \text{Escala media deseada de las fotografías}$$

$$\frac{1}{E'_A} = \text{Escala máxima correspondiente al plano de
recubrimiento lateral mínimo aceptado.}$$

$$\frac{1}{E'_B} = \text{Escala mínima correspondiente al plano de
recubrimiento lateral máximo aceptado.}$$

Se calcula de la manera siguiente:

$$Z'_A = Z_M \frac{1 - v_M}{1 - v_A} = Z'_B = Z_M \frac{1 - v_M}{1 - v_B}$$

donde Z'_A = Valor mínimo de "Z", escala máxima y altura máxima sobre el terreno que cumple con las especificaciones de recubrimiento lateral mínimo.

y Z'_B = Valor de Máximo de "Z", escala mínima y altura mínima sobre el terreno que cumple con las especificaciones de recubrimiento lateral máximo. Figura 9.

$$\text{donde } v_A = 15 \% \quad v_B = 35 \% \quad v_M = 25 \%$$

Aplicando las fórmulas

$$Z'_A = 760 \frac{(1 - 0.25)}{(1 - 0.15)} = 760 \times 0.8823 = 670.54 \text{ m. } *$$

* Valor que se puede aproximar por exceso a las decenas.

$$Z'_A = 670 \text{ m.}$$

$$Z'_B = 760 \frac{(1 - 0.25)}{(1 - 0.35)} = 760 \times 1.153 = 876.28 \text{ m. } *$$

* Valor que se puede aproximar por defecto a las decenas.

$$Z'_B = 880 \text{ m.}$$

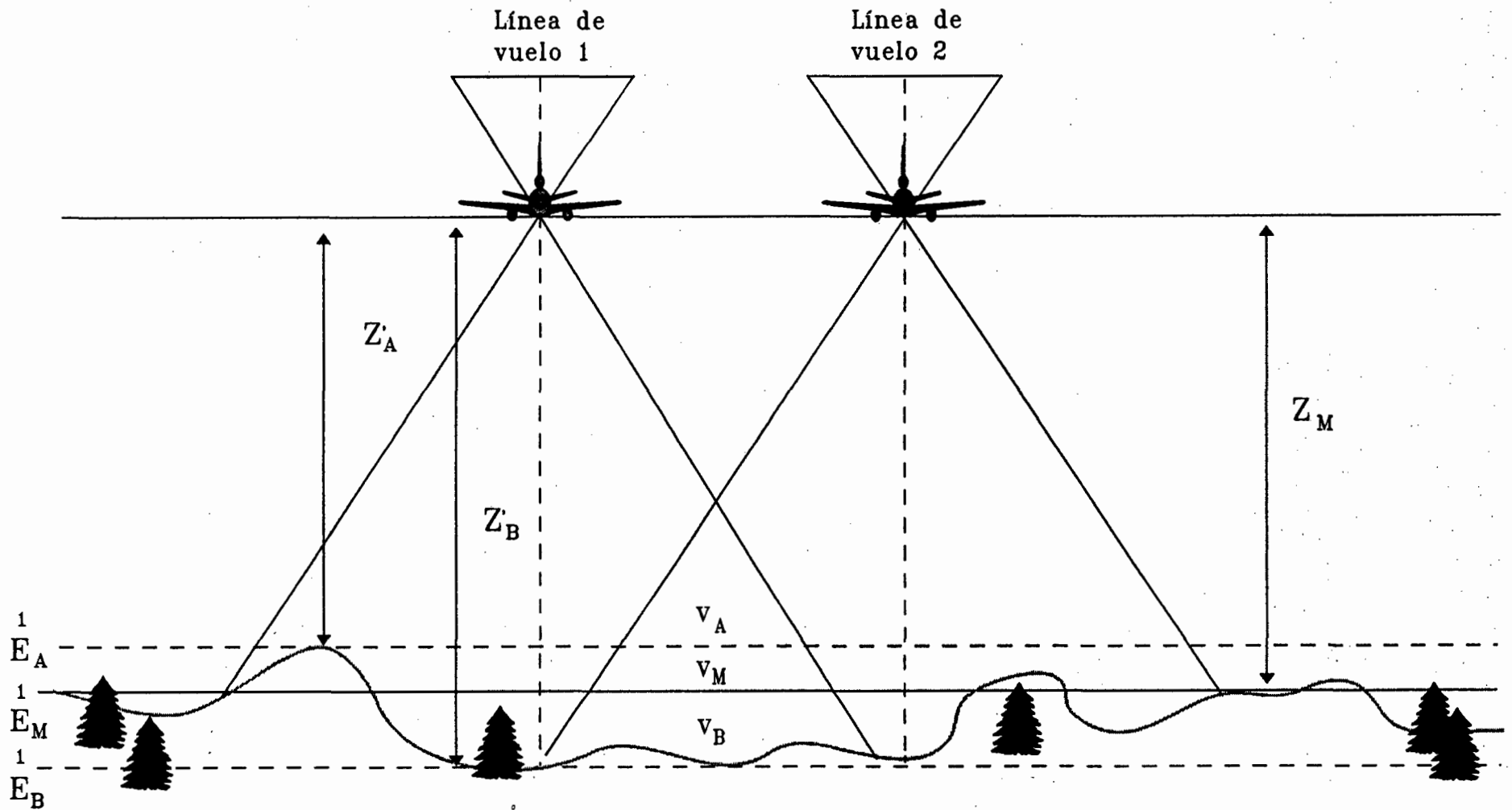


Figura 9. Recubrimiento lateral máximo, mínimo y medio.

3.1.13.- Determinación de los valores mínimos y máximos de "Z" dentro de los cuales se cumplen las especificaciones de escala y recubrimiento lateral simultáneamente.

Hasta el momento se han definido los límites de "Z" dentro de los cuales se conservan las especificaciones de escala y recubrimiento lateral independientemente.

Es necesario determinar finalmente los límites que conserven las dos especificaciones al mismo tiempo.

Lógicamente de los valores de "Z" determinados (Z_A y Z'_A), el mayor de ellos será el que cumpla simultáneamente la especificación de escala máxima y recubrimiento lateral mínimo.

Análogamente los valores máximos de "Z" determinados (Z_B y Z'_B), el menor de ellos será el que cumpla simultáneamente con las especificaciones de escala mínima y recubrimiento lateral máximo. **Figura 10.**

Para determinar el valor de "Zmin" (Altura de vuelo mínima) se analiza cual de los valores de "Z" ésta más cercano a Z_M y éste será el valor mínimo de "Z".

Para la determinación de "Zmax" (Altura de vuelo máxima), se aplica la formula siguiente:

$$Z_{max} = 2 Z_M - Z_{min}$$

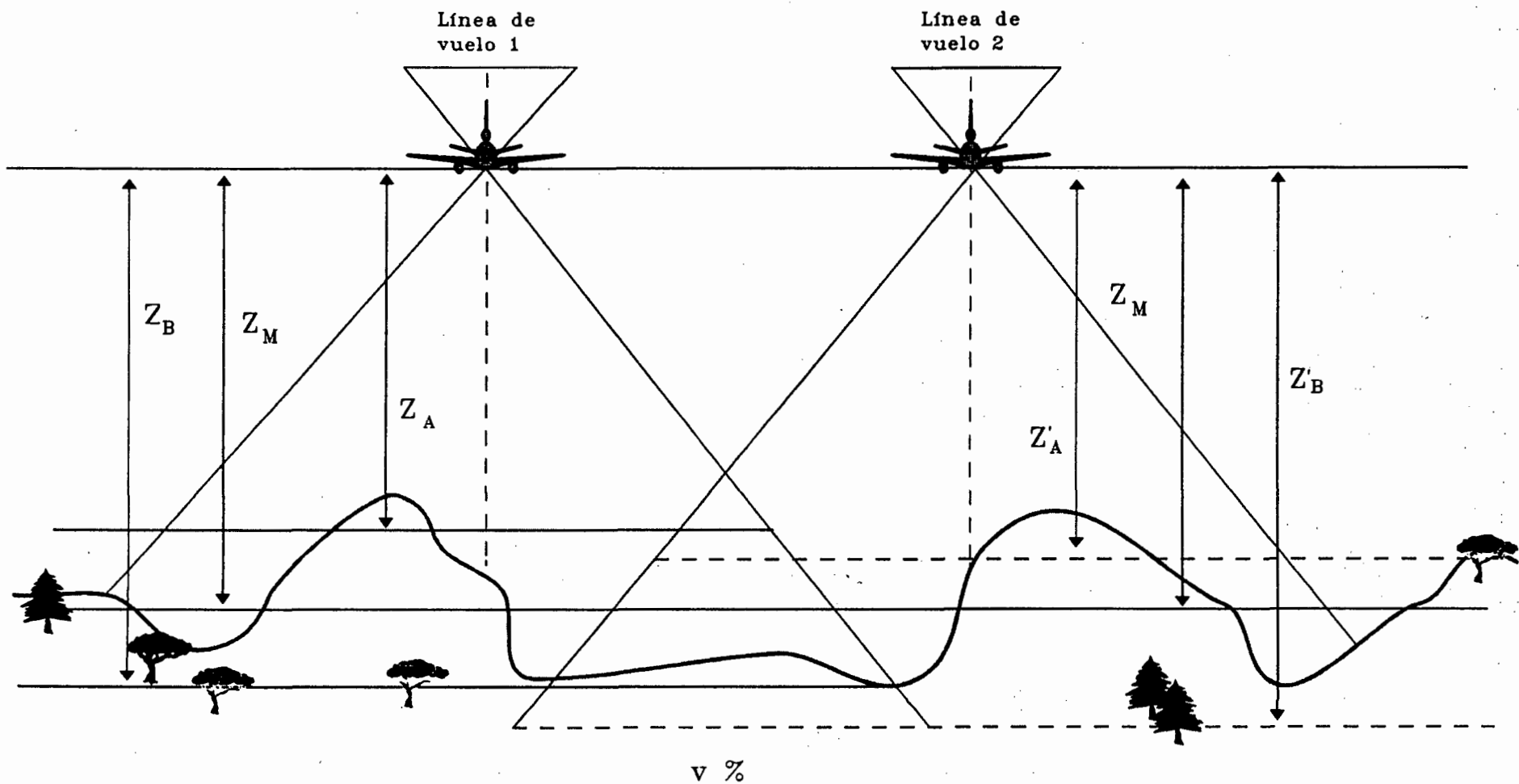


Figura 10. Valores límites de "Z" para cumplir las especificaciones de escala y recubrimiento lateral.

Z_{min} = altura mínima de vuelo sobre el terreno que cumplen simultáneamente la especificación de escala máxima y recubrimiento lateral mínimo.

Z_{max} = altura máxima de vuelo sobre el terreno que cumple simultáneamente la especificación de escala mínima y recubrimiento lateral máximo.

3.1.13.- Cálculo de altura mínima y máxima de vuelo.

$$Z_A = 661.20 \text{ m.} \quad Z_B = 858.8 \text{ m.}$$

$$Z'_A = 670 \text{ m.} \quad Z'_B = 880 \text{ m.}$$

Z_{min} = valor más cercano de Z_M .

$$Z_M - Z_A = Z_{min} \quad Z_B - Z_M = Z_{min}$$

$$Z_{min} = 760 - 661.20 = 98.8 \text{ m.} \quad Z_{min} = 858.8 - 760 = 98.8 \text{ m.}$$

$$Z_{min} = 760 - 670 = 90 \text{ m.} \quad Z_{min} = 880 - 760 = 120 \text{ m.}$$

$Z_{min} = 670 \text{ m.}$ Valor más cercano de Z_M

$$Z_{max} = 2 Z_M - Z_{min}$$

$$Z_{max} = 2 \times 760 - 670 = 850 \text{ m.}$$

$$Z_{max} = 850 \text{ m.}$$

Determinación de las zonas que admiten independientemente una sola altura absoluta de vuelo, cumpliendo las especificaciones de escala y recubrimiento lateral.

Según Murillo (1982), "Tanto la escala como el recubrimiento lateral son funciones de la altura de vuelo sobre el terreno (Z). Estos dos parámetros tienen cierta tolerancia dentro de las especificaciones exigidas, lo que indica que habrá limitaciones de los valores de "Z" para que se puedan cumplir.

Se deben determinar los límites de "Z" para cumplir por una parte las especificaciones de escala y por otra parte las especificaciones de recubrimiento lateral. Con estos resultados se hará un análisis final buscando se cumplan simultáneamente las dos especificaciones.

Los valores así definidos (Z_{min} y Z_{max} .) establecen un rango de diferencia de elevación en el terreno dentro del cual se podrá volar con la misma altura absoluta de vuelo.

Sobre esta base se pueden estudiar los límites de las diferentes zonas".

3.1.15.- Determinación de las zonas que admiten independientemente una sola altura absoluta de vuelo, cumpliendo las especificaciones de escala y recubrimiento lateral.

Se establece el rango máximo de variación de elevación del terreno, el cual determinará las diferentes alturas absolutas de vuelo para cada zona, la cual su diferencia de elevación no debe sobrepasar el rango máximo de variación.

Esto a su vez nos determinará una misma altura absoluta de vuelo (lo ideal sería utilizar una misma altura para todo el área por fotografiar). En muchos casos no será factible admitir una misma altura de vuelo, por lo tanto se debe de buscar el menor número posible de altura absoluta de vuelo.

3.1.16.- Determinación del rango de elevación (AH).

Se calcula de la manera siguiente:

$$AH = Z_{max} - Z_{min}$$

Aplicando la fórmula

$$AH = 850 - 670 = 180 \text{ m.} \quad AH = 180 \text{ m.}$$

Con el valor definido de AH (Rango de elevación), se establecen las alturas absolutas de vuelo para cada zona.

Para la escala 1 : 5 000 el valor del rango de elevación es de 180 m., éste es superior a las franjas 3, 4, y 5 y por lo tanto se determinaron dos alturas absolutas de vuelo, de tal manera que para la zona 1 comprenden las franjas 1 y 2, y para la zona 2 las franjas 3, 4, y 5.

3.1.17.- Determinación de la altura absoluta de vuelo para cada zona (Z_o).

Para su determinación debe de observarse cual es la cota máxima y mínima dentro de la zona, cuyos valores determinará la elevación media del terreno. Con la elevación media del terreno (H_M) y la altura media de vuelo (Z_M) se determina la altura absoluta de vuelo (Z_o).

Figura 11.

$$H_M = \frac{1}{2} (H_A + H_B)$$

H_M = elevación media del terreno.

H_A = elevación del punto más alto "A".

H_B = elevación del punto más bajo "B".

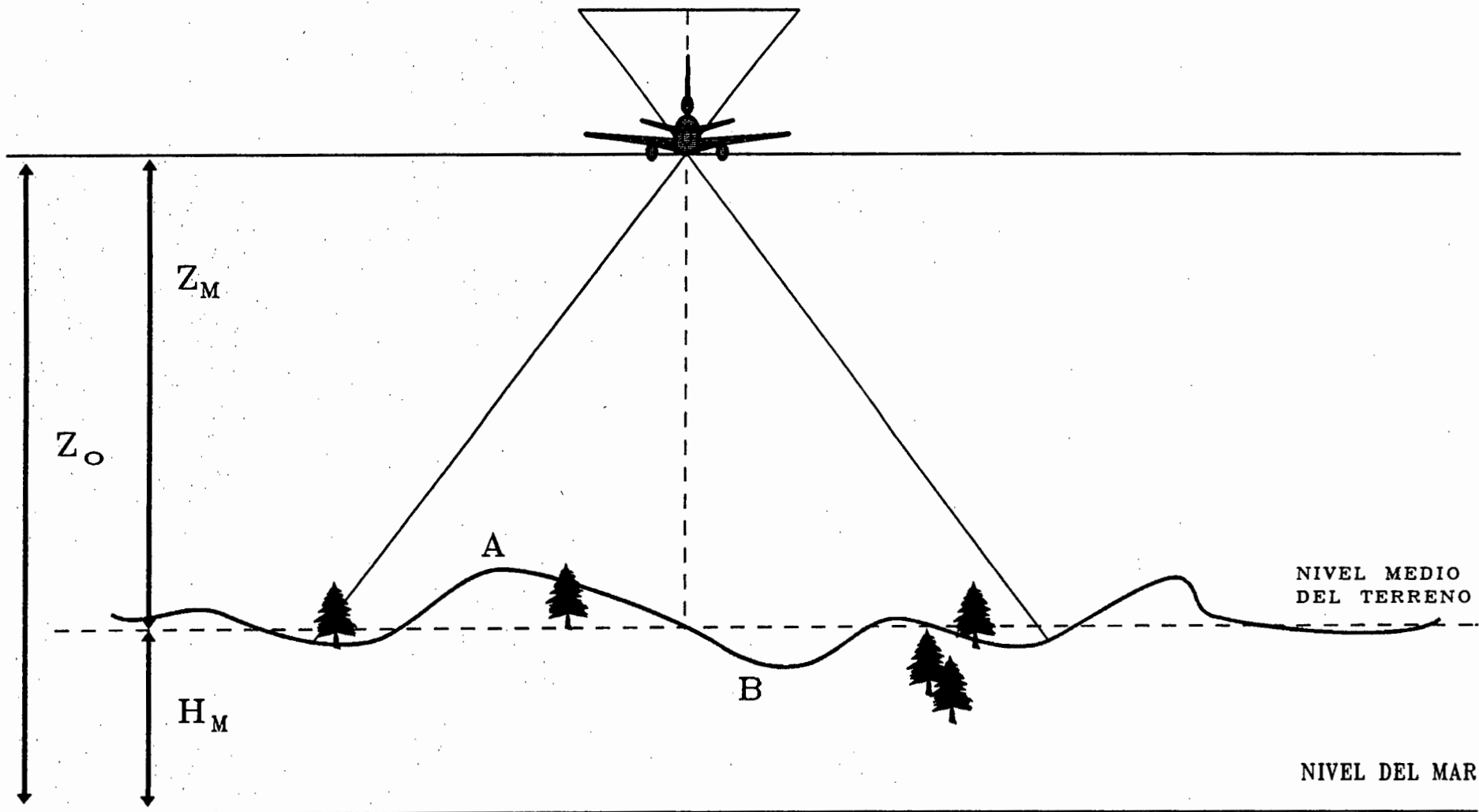


Figura 11. Altura absoluta de vuelo (Z_0).

Aplicando la fórmula para la zona 1

donde $H_A = 1\ 560\ \text{m.}$

$$H_B = 1\ 380\ \text{m.}$$

$$H_M = \frac{1}{2} (1\ 560 + 1\ 380) = 1\ 470\ \text{m.}$$

$$H_M = 1\ 470\ \text{m.}$$

Aplicando la fórmula para la zona 2

donde $H_A = 1\ 590\ \text{m.}$

$$H_B = 1\ 460\ \text{m.}$$

$$H_M = \frac{1}{2} (1\ 590 + 1\ 460) = 1\ 525\ \text{m.}$$

$$H_M = 1\ 525\ \text{m.}$$

Cálculo de la altura absoluta de vuelo

$$Z_o = Z_M + H_M$$

Aplicando la fórmula para la zona 1

donde $H_M = 1\ 470\ \text{m}$ $Z_M = 760\ \text{m.}$

$$Z_o = 760 + 1\ 470 = 2\ 230\ \text{m.}$$

$$Z_o = 2\ 230\ \text{m.}$$

Aplicando la fórmula para la zona 2

donde $H_M = 1\ 525\ \text{m.}$ $Z_M = 760\ \text{m.}$

$$Z_o = 760 + 1\ 525 = 2\ 285\ \text{m.}$$

$$Z_o = 2\ 285\ \text{m.}$$

3.1.18.- Verificación de escala para cada zona

Para la verificación de escala máxima y mínima de cada zona y con una misma altura absoluta de vuelo, se debe comprobar que los valores establecidos estén dentro de las especificaciones mencionadas en un principio, determinando así la escala para el punto más alto "A" y para el más bajo "B".

La verificación de escala máxima y mínima para cada zona se calcula de la siguiente manera:

Zona 1 $Z_o = 2\ 230\ m.$

$c = 152\ mm.$

Punto	H (m)	$Z = Z_o - H$ (m)	$E = \frac{Z}{c}$
A	1 560	670	4 407.89
M	1 470	760	5 000
B	1 380	850	5 592.10

Zona 2

$$Z_0 = 2\,285 \text{ m.}$$

$$c = 152 \text{ mm.}$$

Punto	H (m)	$Z = Z_0 - H$ (m)	$E = \frac{Z}{c}$
A	1 590	695	4 572.36
M	1 525	760	5 000
B	1 460	825	5 427.63

En base a los resultados obtenidos en la zona 1 y 2, se comprueba que la escala máxima y mínima de las fotografías si están dentro de las especificaciones establecidas en un principio de la tolerancia indicada del 13%.

Los límites de tolerancia de escala serían:

Para límite máximo de escala 1 : 5 650

Para límite mínimo de escala 1 : 4 350

3.1.19.- Verificación del recubrimiento lateral para cada zona.

Para la verificación del recubrimiento lateral máximo y mínimo de cada zona con una misma altura absoluta de vuelo, dichos valores deben de estar dentro de las especificaciones establecidas de tolerancia.

Cálculo de verificación del recubrimiento lateral para cada zona.

Se determina de la manera siguiente:

Zona 1 $Z_0 = 2\ 230\ \text{m.}$ $c = 152\ \text{mm.}$ $A = 862.5\ \text{m.}$ $s = 23\ \text{cm.}$

Punto	H	$Z = Z_0 - H$	$E = \frac{Z}{c}$	$S = s E$	$v = 1 - \frac{A}{S}$
	(m)	(m)		(m)	(%)
A	1 560	670	4 407.89	1 013.81	15
M	1 470	760	5 000	1 150	25
B	1 380	850	5 592.10	1 286.18	33

Zona 2 $Z_0 = 2\ 285\ \text{m.}$ $c = 152\ \text{mm.}$ $A = 862.5\ \text{m.}$ $s = 23\ \text{cm.}$

Punto	H	$Z = Z_0 - H$	$E = \frac{Z}{c}$	$S = s E$	$v = 1 - \frac{A}{S}$
	(m)	(m)		(m)	(%)
A	1 590	695	4 572.36	1 051.64	18
M	1 525	760	5 000	1 150	25
B	1 460	825	5 427.63	1 248.35	31

En base a los resultados obtenidos en la zona 1 y 2 se comprueba que el recubrimiento lateral máximo para el punto más bajo "B" y el recubrimiento lateral mínimo para el punto más alto "A", están dentro de las especificaciones establecidas en un principio, las cuales son del 15% y el 35%, siendo estos los límites para cada uno de ellos los siguientes:

Para el punto más alto "A" igual a 14%

Para el punto más bajo "B" igual a 34%

3.1.20.- Verificación de recubrimiento lateral entre fajas con diferente altura de absoluta de vuelo.

La verificación del recubrimiento lateral entre fajas con diferente altura absoluta de vuelo, es necesario realizar el cálculo de ésta, ya que no se ha estimado en el desarrollo en un principio. Figura 12.

A continuación los datos para su realización:

v' = recubrimiento lateral (%) en la faja que se analiza.

v = recubrimiento lateral (%) calculado para las dos fajas como si tuvieran la misma altura absoluta de vuelo (aquella que corresponde a la faja que se analiza).

$AZ_{21} = Z_1 - Z_2$, en donde Z_1 = altura de vuelo de la faja que se analiza y Z_2 = altura de vuelo de la otra faja.

R' = recubrimiento lateral en valor absoluto.

R = recubrimiento lateral en valor absoluto para las dos fajas como si tuvieran la misma altura de absoluta vuelo (aquella que corresponde a la faja que se analiza).

AR = variación del recubrimiento lateral como consecuencia de las dos diferentes alturas de vuelo.

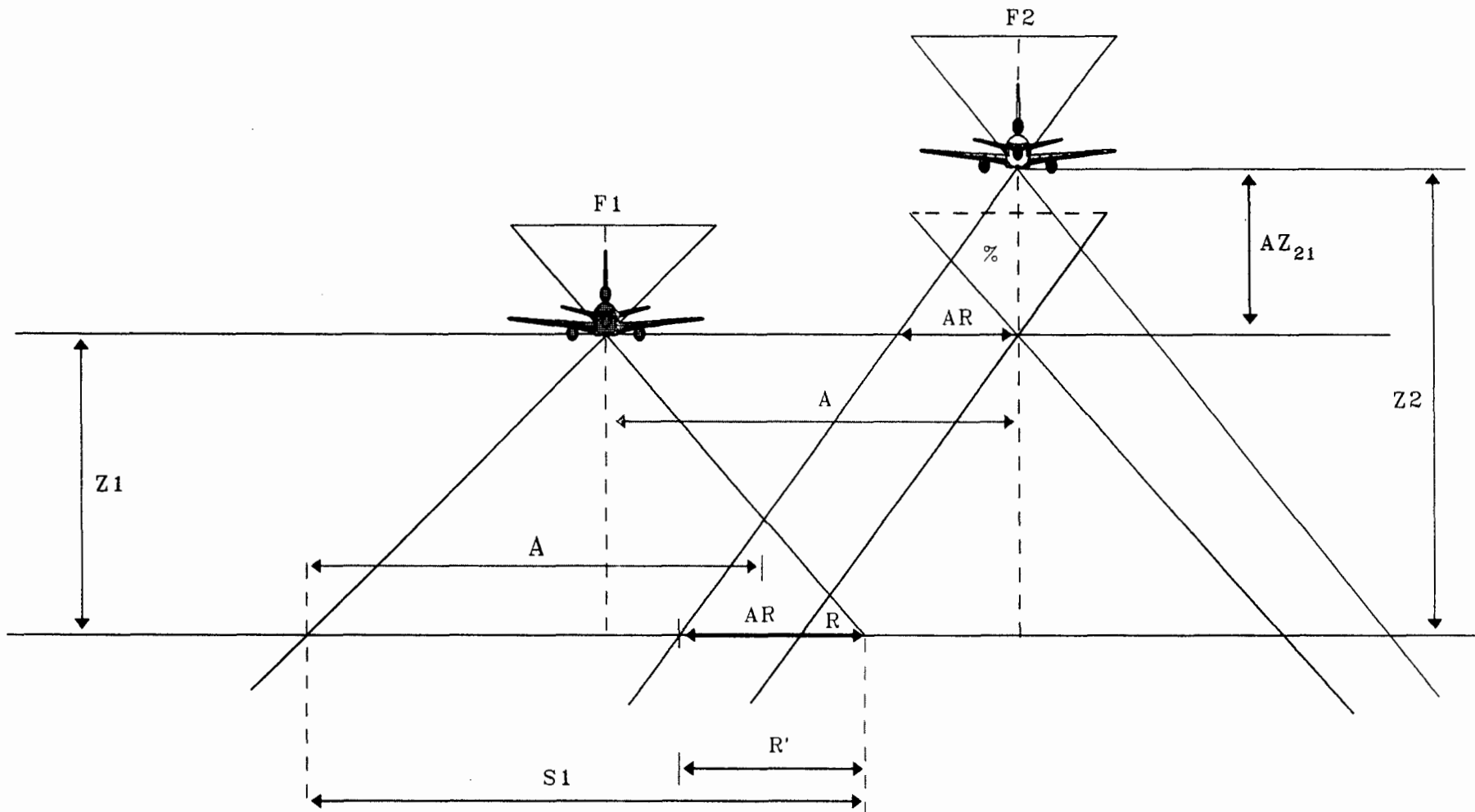


Figura 12. Recubrimiento lateral entre fajas con diferente altura absoluta de vuelo.

Para la determinación se debe de examinar la zona comprendida entre las dos líneas de vuelo determinando el punto más elevado y el más bajo.

El cálculo se realiza con la fórmula ya conocida tratándose de la misma altura de vuelo y aplicándose una corrección por la diferencia de altura.

Este recubrimiento ($v\%$) es diferente a las dos fajas que lo conforman, por ser su valor absoluto igual, pero el ancho fotografiado distinto.

Así se debe de calcular para las dos fajas.

$$v' = v + \frac{AZ_{21}}{2Z_1}$$

Si calculado el recubrimiento lateral se sale de las especificaciones, hay dos formas de proceder para solucionar el problema.

-- Modificar la altura absoluta de una faja (aumentarla, si se trata de aumentar el recubrimiento o viceversa).

En este caso es necesario volver a verificar la escala para la faja que a modificado su altura.

-- variar la separación entre líneas de vuelo (disminuirla, si se trata de aumentar el recubrimiento o viceversa).

En este caso, varía la zona fotografiada y será necesario también volver a verificar la escala.

*Cálculo de la verificación del recubrimiento lateral entre fajas con diferente
altura absoluta de vuelo.*

donde AZ = diferencia de altura absoluta de vuelo.

$$Z_0(1) = 2\,230 \text{ m.} \quad Z_0(2) = 2\,285 \text{ m.}$$

$$AZ_{21} = 2\,285 - 2\,230 = 55 \text{ m.}$$

$$c = 152 \text{ mm.}$$

$$A = 862.5 \text{ m.}$$

$$AZ = 55 \text{ m.}$$

$$Z_0 = 2\,230 \text{ m.}$$

$$Z_0 = 2\,285 \text{ m.}$$

$$s = 23 \text{ cm.}$$

Fajas 2 - 3

(2)

(3)

Faja	Punto	H	$Z=Z_0 - H$	$E = \frac{Z}{c}$	$S = sE$	$V = 1 - \frac{A}{S}$	$Av = \frac{AZ}{2Z}$	$v' = v + Av$
		(m)	(m)		(m)	(%)	(%)	(%)
A	1560	670	4407.89	1013.81	15	+ 4	19	
2	M	1475	755	4967.10	1142.43	24	+ 4	28
B	1390	840	5526.31	1271.05	32	+ 3	35	

$$c = 152 \text{ mm.}$$

$$A = 862.5 \text{ m.}$$

$$s = 23 \text{ cm.}$$

$$Z_0 = 2\,285 \text{ m.}$$

$$Z_0 = 2\,230 \text{ m.}$$

$$AZ = -55 \text{ m.}$$

Fajas 2 - 3

(3)

(2)

Faja	Punto	H	Z=Z ₀ -H	E= $\frac{Z}{c}$	S=sE	v= 1 - $\frac{A}{S}$	Av = $\frac{AZ}{2Z}$	v' = v + Av
		(m)	(m)		(m)	(%)	(%)	(%)
A		1590	695	4572.36	1051.64	18	- 4	14
3	M	1525	760	5000	1150	25	- 4	21
B		1460	825	5427.63	1248.35	31	- 3	28

De acuerdo a los cálculos anteriores se comprueba que el recubrimiento lateral entre fajas con diferente altura absoluta de vuelo, si esta dentro de las especificaciones descritas en un principio con los límites indicados del 15 % para el punto más alto y con el recubrimiento lateral mínimo, y el 35 % para el punto más bajo, con recubrimiento lateral máximo.

Para determinar los límites adecuados de recubrimiento lateral entre fajas con diferente altura absoluta de vuelo se calcula de la manera siguiente:

$$v_A = \frac{v_M - X}{1 - X}$$

$$v_B = \frac{v_M + X}{1 + X}$$

Para los recubrimientos límites adecuados, para la escala cuya tolerancia es del 13 % y para el recubrimiento lateral medio deseado de 25 % su cálculo es el siguiente:

Aplicando la fórmula

$$v_A = \frac{0.25 - 0.13}{1 - 0.13} = \frac{0.12}{0.87} = 14 \% \text{ Para el punto más alto.}$$

$$v_B = \frac{0.25 + 0.13}{1 + 0.13} = \frac{0.38}{1.13} = 34 \% \text{ Para el punto más bajo.}$$

**3.1.21.- Cálculo de características fotogramétricas
de las imágenes**

Para la escala 1 : 5 000 el área cubierta por fotografía (S^2), área neta ganada por fotografía (AN), la relación de Base en el aire y Altura media de vuelo (B/Z), e intervalo entre exposiciones (I) (considerando la velocidad del avión 300 Km/h) se calculan de la manera siguiente:

Área cubierta por fotografía (S^2).

$$S^2 = s^2 E^2$$

Aplicando la fórmula

$$S^2 = 0.23^2 \times 5\,000^2 = 0.0529 \times 25\,000\,000 = 1\,322\,500$$

$$S^2 = 1\,322\,500 \text{ m}^2. \quad S^2 = 1\,322.5 \text{ Km}^2.$$

Área neta ganada por fotografía (AN).

Figura 13.

$$AN = s^2 E^2 (1 - u)(1 - v)$$

Aplicando la fórmula

$$AN = 0.23^2 \times 5\,000^2 (1 - .60)(1 - 0.25)$$

$$AN = 1\,322\,500 (0.40)(0.75)$$

$$AN = 396\,750 \text{ m}^2. \quad AN = 396.75 \text{ Km}^2.$$

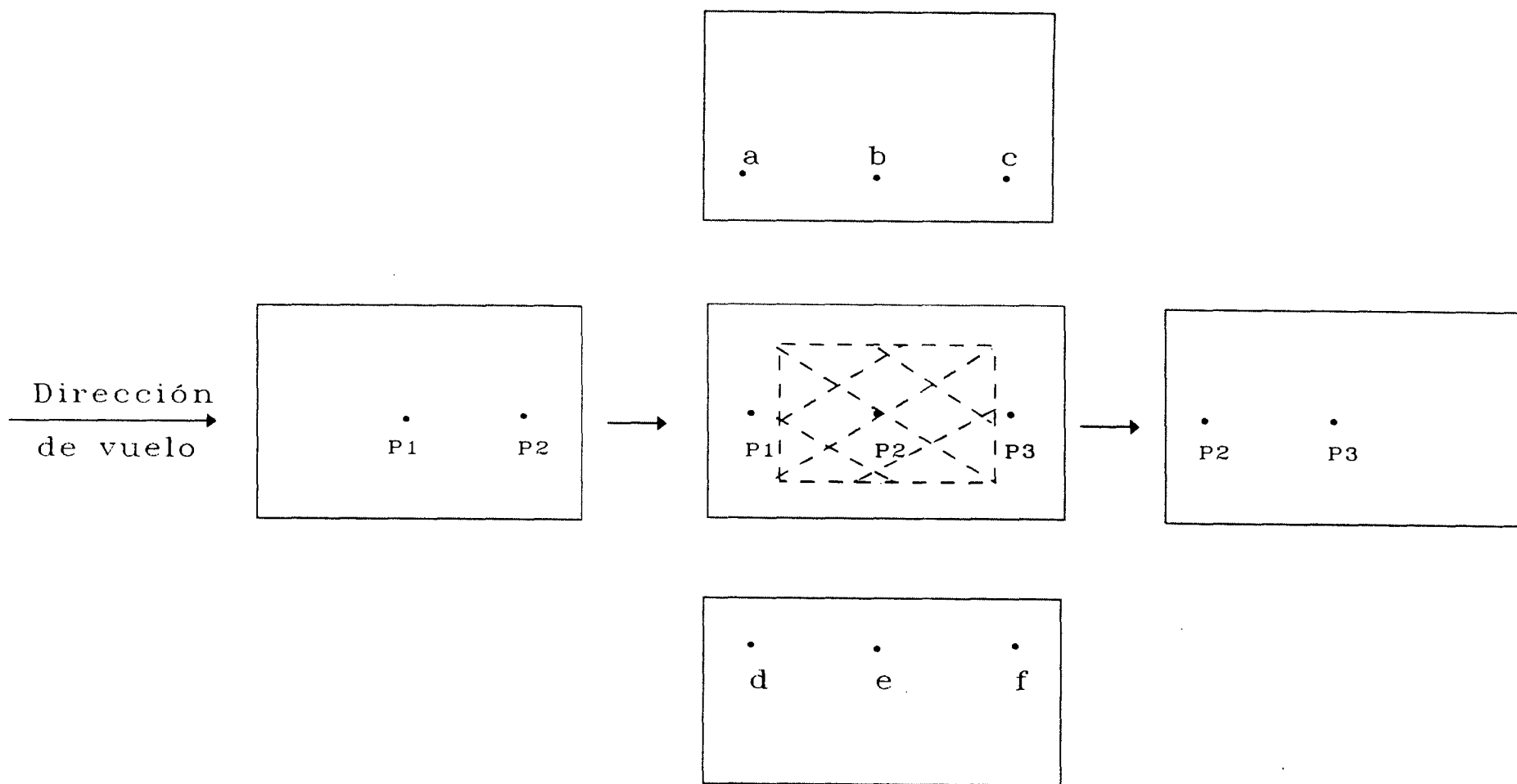


Figura 13. Area neta cubierta por fotografía. P1,P2,P3 = Puntos principales. a,b,c,d,e,f = Puntos de enlace entre fotografías adyacentes de líneas de vuelo.

Relación Base en el aire (B)/Altura media de vuelo (Z_M).

$$\frac{B}{Z_M} = \frac{460}{760} = 0.6 \text{ m.}$$

Intervalo entre exposiciones (I).

Donde GS = velocidad del avión

$$I = \frac{B}{GS \text{ Km/h}} \quad I = \frac{460}{300 \text{ Km /h}}$$

$$I = \frac{460}{300 \text{ 000/3 600}} = \frac{460}{83.3333} = 5.5 \text{ seg}$$

$$I = 5.5 \text{ seg.}$$

Número de fotografías por línea de vuelo (NLV)

Línea de vuelo 1 = 9 fotos

" " 2 = 9 "

" " 3 = 7 "

" " 4 = 11 "

" " 5 = 7 "

Número total de fotografías (NTF)

NTF = suma de las fotografías de las líneas de vuelo

$$NTF = 9 + 9 + 7 + 11 + 7 = 43 \text{ fotografías.}$$

Distancia del aeropuerto de Guadalajara, al punto de toma de la primera aerofotografía (Latitud N 20° 37' 7'', Longitud W 103° 40'9'') al área del Bosque Escuela es de 38.750 Km.

3.1.22.- RESULTADOS

Dirección de las líneas de vuelo (<i>a</i>)	$a = N - S$
Ancho de las franjas (<i>S</i>)	$S = 1\ 150\ m.$
Separación entre líneas de vuelo (<i>A</i>)	$A = 862.5\ m.$
Base en el aire (<i>B</i>)	$B = 460\ m.$
Altura media de vuelo sobre el terreno (Z_M)	$Z_M = 760\ m.$
Valores de "Z" máxima y mínima dentro de las especificaciones de escala	$Z_A = 661.20\ m.$ $Z_B = 858.80\ m.$
Valores de "Z" máxima y mínima dentro de las especificaciones de recubrimiento lateral	$Z'_A = 670\ m.$ $Z'_B = 880\ m.$
Altura de vuelo máxima y mínima	$Z_{min} = 670\ m.$ $Z_{max} = 850\ m.$
Rango de elevación (<i>AH</i>)	$AH = 180\ m.$
Elevación media del terreno para cada zona (H_M)	
Zona I	$H_M = 1\ 470\ m.$
Zona II	$H_M = 1\ 525\ m.$

Altura absoluta para cada zona.

Zona I	$Z_0 = 2\ 230\ \text{m.}$
Zona II	$Z_0 = 2\ 285\ \text{m.}$

Valores de escala para las zonas I y II

Zona I	Punto más alto A	1 : 4 407.89
	" medio M	1 : 5 000
	Punto más bajo B	1 : 5 592.10
Zona II	Punto más alto A	1 : 4 572.36
	" medio M	1 : 5 000
	" más bajo B	1 : 5 427.63

Límites de tolerancia de escala

Límite máximo de escala	1 : 5 650
Límite mínimo de escala	1 : 4 350

Valores del recubrimiento lateral para las zonas I y II

Zona I	Punto más alto A	15 %
	" medio M	25 %
	" más bajo B	33 %
Zona II	Punto más alto A	18 %
	" medio M	25 %
	" más bajo B	31 %

Límites del recubrimiento lateral

Límite para el punto más alto "A"	14 %
Límite para el punto más bajo "B"	34 %

Recubrimiento lateral entre fajas con diferente

altura absoluta de vuelo fajas 2 y 3

	Punto A	$v = 15 \%$,	$v' = 19 \%$
Faja 2	" M	$v = 24 \%$,	$v' = 28 \%$
	" B	$v = 32 \%$,	$v' = 35 \%$
	Punto A	$v = 18 \%$,	$v' = 14 \%$
Faja 3	" M	$v = 25 \%$,	$v' = 21 \%$
	" B	$v = 31 \%$,	$v' = 28 \%$

Area cubierta por fotografía (S^2)

$$S^2 = 1\,327.5 \text{ Km}^2.$$

Area neta ganada por fotografía (AN)

$$AN = 396.75 \text{ Km}^2.$$

Relación Base en el aire/altura de vuelo

$$B/Z = 0.6 \text{ m.}$$

Intervalo entre exposiciones (I)

$$I = 5.5 \text{ seg.}$$

Número de fotografías por línea de vuelo

$$LV1 = 9 \text{ fotos}$$

$$LV2 = 9 \text{ "}$$

$$LV3 = 7 \text{ "}$$

$$LV4 = 11 \text{ "}$$

$$LV5 = 7 \text{ "}$$

Número total de fotografías (NTF)

$$NTF = 43 \text{ fotos}$$

Distancia del aeropuerto de Guadalajara, Jal., (centro de la pista) al punto de la toma de la primera aerofotografía, (Latitud N $20^\circ 37' 7''$, Longitud W $103^\circ 40' 9''$) del Bosque Escuela del DMCyP de la U.de G.

$$\text{Distancia} = 38.750 \text{ Km.}$$

F1 Zo = 2 230 m. F2 Zo = 2 230 m.

F3 Zo = 2 230 m. F4 Zo = 2 285 m.

F5 Zo = 2 285 m.

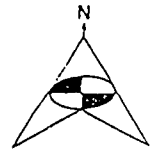
20° 37'

B = 460 m.

A = 862.5 m.

20° 35'

103° 40'



SIMBOLOGIA

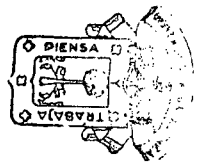
- CURVAS DE NIVEL A 10 m.
- - CAMINOS
- ↑ ↓ DIRECCION DE LINEAS DE VUELO N - S
- F NUMERO DE LINEA DE VUELO
- BASE EN EL AIRE
- A SEPARACION ENTRE LINEAS DE VUELO
- Zo ALTURA ABSOLUTA DE VUELO

PLANO DE REFERENCIA
 CARTAS TOPOGRAFICAS F 13- D 64 TALA.
 F 13 - D 65 GUADALAJARA OESTE. INEGI

ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR

- ▨ 1 380 - 1 400 m.
- ▨ 1 400 - 1 450 m.
- ▨ 1 450 - 1 500 m.
- ▨ 1 500 - 1 550 m.
- ▨ 1 550 - 1 590 m.

BIBLIOTECA CENTRAL



DISEÑO GEOMETRICO PARA VUELO FOTOGRAMETRICO

PARA ESCALA E 1: 5 000



ESCALA 1:35 000

3.2.1.- DISEÑO GEOMETRICO PARA VUELO FOTOGRAMETRICO

ESCALA 1 : 10 000

El *diseño geométrico para vuelo fotogramétrico* para terreno montañoso la escala (E_M) es variable al igual que el recubrimiento lateral ($v\%$), esto se debe a las diferentes elevaciones existentes en el terreno a fotografiar.

Para ello se deberá establecer una tolerancia tanto como para la escala como para el recubrimiento lateral.

Para el caso del recubrimiento longitudinal ($u\%$) no habrá ningún problema ya que éste se podrá controlar durante el vuelo.

Para lograr que el diseño geométrico de vuelo en una forma eficaz, éste deberá estar dentro de las especificaciones de tolerancia de escala y recubrimiento lateral establecidas.

Esto nos conducirá a la obtención de fotografías del área por fotografiar más exactas, de acuerdo a la escala y recubrimiento lateral deseados.

3.2.2.- *Los datos principales para la realización del diseño son los siguientes:*

$\frac{1}{E_M}$ = Escala media deseada de las fotografías.

x = Tolerancia (%) de la escala media deseada.

u = Recubrimiento longitudinal medio deseado (%) entre fotografías consecutivas. Figura 15.

v_M = Recubrimiento lateral medio deseado (%) entre fajas adyacentes. Figura 16.

v_A = Recubrimiento lateral mínimo aceptado (%) para el punto más alto "A".

v_B = Recubrimiento lateral máximo aceptado (%) para el punto más bajo "B".

c = Distancia principal de la cámara.

s = Lado de la fotografía.

S = Tamaño del área fotografiada (longitud).

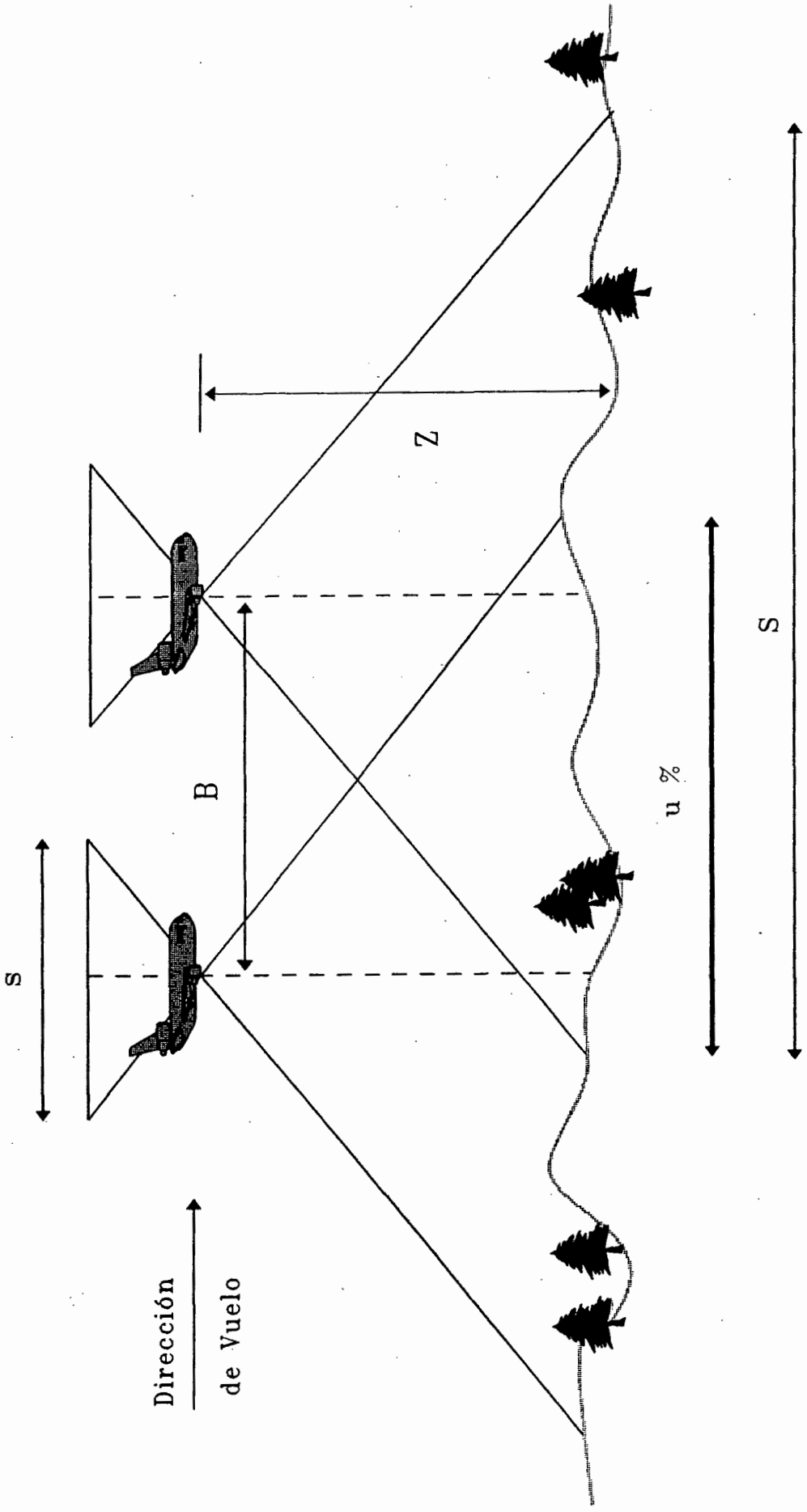


Figura 15. Recubrimiento longitudinal ($u \%$).

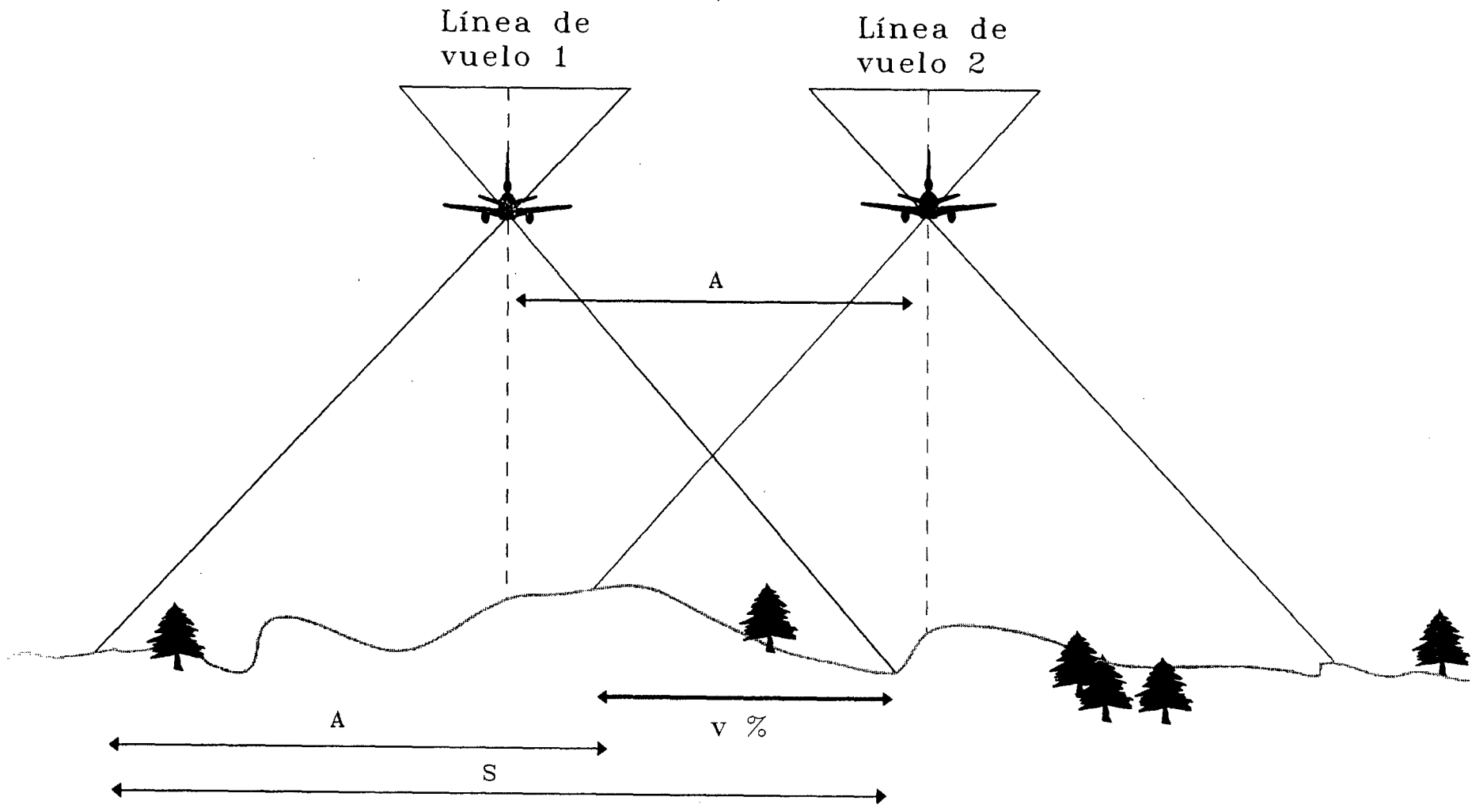


Figura 16. Recubrimiento lateral (v %).

3.2.3.- En base a los datos anteriores, se deben determinar los parámetros que van a constituir el diseño geométrico del vuelo fotogramétrico y son los siguientes:

a = Dirección de la líneas de vuelo.

A = Separación entre líneas de vuelo.

B = Base en el aire (distancia entre exposiciones consecutivas).

Z_M = Altura de vuelo sobre el nivel medio del terreno (altura media de vuelo).

Z_o = Altura (s) absoluta (s) de vuelo (altura de vuelo sobre nivel del mar).

A continuación se establecen los valores para la iniciación del diseño geométrico de vuelo para la escala de las aerofotografías 1:10 000, los datos son los siguiente:

$$\frac{1}{E_M} = \frac{1}{10\ 000}$$

$$x = 7 \%$$

$$u = 60 \%$$

$$V_M = 25 \%$$

$$V_A = 15 \%$$

$$V_B = 35 \%$$

$$c = 152 \text{ mm.}$$

$$s = 23 \text{ cm.}$$

3.2.4.- Superficie por fotografiar

Superficie por fotografiar del Bosque Escuela del Departamento de Madera, Celulosa y Papel (DMCyP) de la Universidad de Guadalajara (UdeG). **Figura 17.**

Sus coordenadas extremas son:

Latitud N 20° 37' 7'' Altura 1 410 msnm.

Longitud W 103° 40' 9''

Latitud N 20° 35' 50'' Altura 1 580 msnm.

Longitud W 103° 37' 23''

Latitud N 20° 34' 31'' Altura 1 540 msnm.

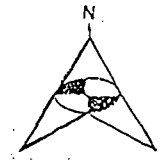
Longitud W 103° 38' 2''

Latitud N 20° 35' 31'' Altura 1 450 msnm.

Longitud W 103° 40' 8''

El Bosque Escuela del DMCyP de la UdeG. tiene una altura máxima sobre el nivel del mar de 1 590 m., y una altura mínima sobre el nivel del mar de 1 380 m.

El Bosque Escuela tiene una extensión de 672 Ha.

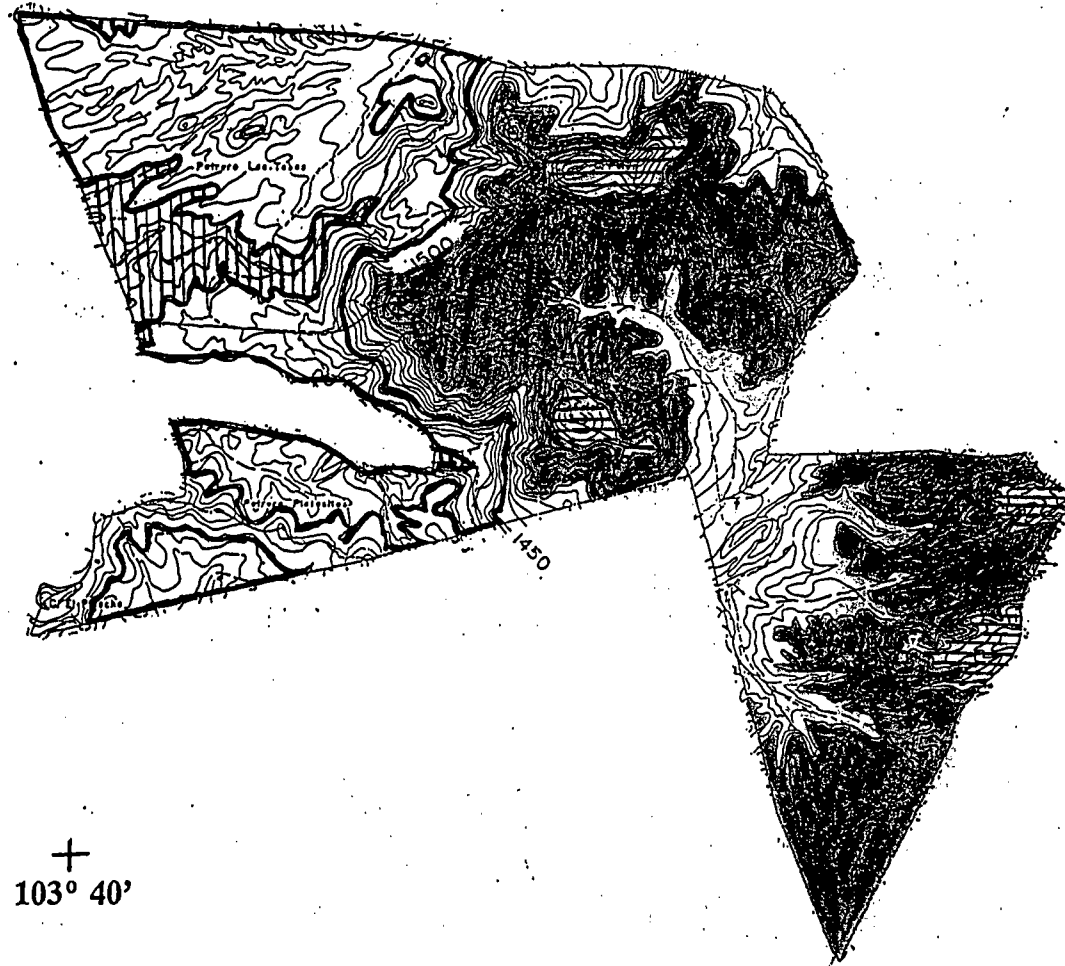


+

103° 40'

+

20° 37'








+

20° 35'

+


103° 40'

ALTURA SOBRE EL
NIVEL DEL MAR

	1 380 - 1 400 m.
	1 400 - 1 450 m.
	1 450 - 1 500 m.
	1 500 - 1 550 m.
	1 550 - 1 590 m.

SUPERFICIE POR FOTOGRAFIAR

0 1 000 m.



ESCALA 1:35 000

3.2.5.- Búsqueda de la mejor dirección de las líneas de vuelo (a)

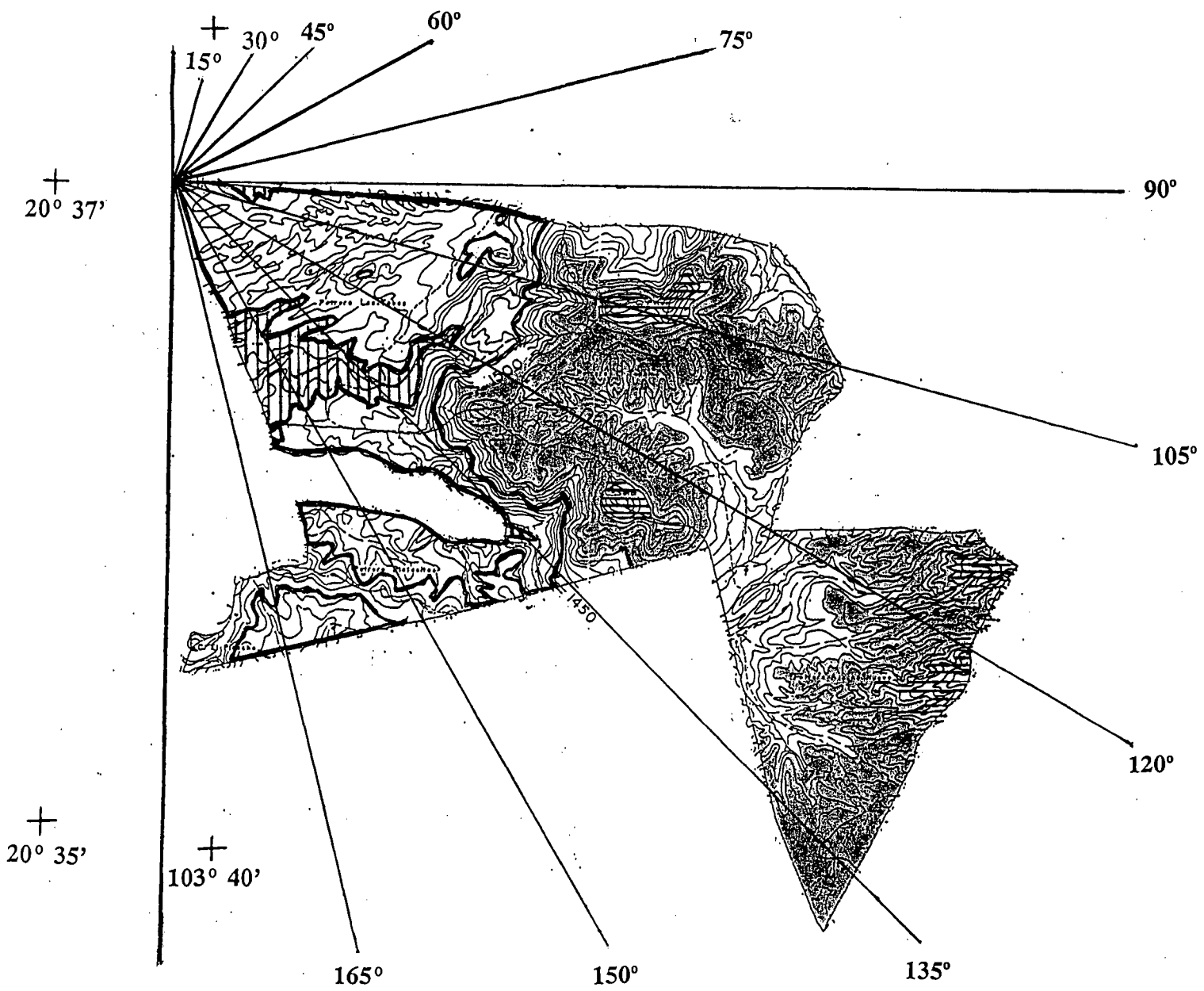
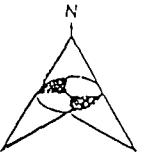
Para la determinación de la mejor dirección de las líneas de vuelo para el área del Bosque Escuela del DMCyP de la UdeG., será aquella en la cual se encuentren los mínimos cambios de elevación del terreno y ésta estará determinada en base a sus curvas de nivel.

Se debe de realizar la demarcación de las principales curvas de nivel, y mediante un examen visual de las mismas el rango angular dentro del cual se hallaría la dirección buscada.

Dentro de éste rango se debe de seleccionar y analizar las diferentes direcciones con un intervalo adecuado ya sea a 5°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, de acuerdo a un criterio razonable y en base a la exactitud que se requiera.

Para el análisis de cada dirección del área en estudio se estimo un intervalo de 15° dentro de un rango total de 165°.

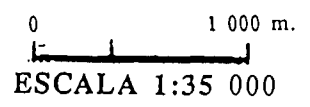
Figura 18.



ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR

	1 380 - 1 400 m.
	1 400 - 1 450 m.
	1 450 - 1 500 m.
	1 500 - 1 550 m.
	1 550 - 1 590 m.

BUSQUEDA DE LA MEJOR DIRECCION DE VUELO



3.2.6.- Determinación del ancho de las franjas (S).

Se deben de estudiar franjas con un ancho igual a "S" (lado fotografiado en el terreno), una tras otra hasta cubrir todo el área en estudio por fotografiar.

En cada franja se debe determinar la máxima y la mínima altura del terreno, en base a éstas nos resultará una diferencia de elevación en cada una de las franjas.

Esta diferencia de elevación será el valor crítico para cada dirección, el menor de ellos nos estará indicando la dirección óptima de vuelo. **Cuadro 4.**

Cuadro 4. Dirección para escala 1:10 000. Max=Altura máxima, Min=Altura mínima, Dif=Diferencia de altura.

DIFERENCIAS DE ELEVACION												
FRANJA	N - S	N 15° E	N 30° E	N 45° E	N 60° E	N 75° E	N 90° E	105°	120°	135°	150°	165°
1	MAX 1 560	MAX 1 550	MAX 1 560	MAX 1 560	MAX 1 590	MAX 1 590	MAX 1 590	MAX 1 590	MAX 1 590	MAX 1 590	MAX 1 590	MAX 1 590
	MIN 1 380	MIN 1 380	MIN 1 380	MIN 1 380	MIN 1 380	MIN 1 380	MIN 1 380	MIN 1 380	MIN 1 400	MIN 1 400	MIN 1 410	MIN 1 450
	DIF 180	DIF 170	DIF 180	DIF 180	DIF 210	DIF 210	DIF 210	DIF 210	DIF 190	DIF 190	DIF 180	DIF 140
2	MAX 1 590	MAX 1 590	MAX 1 590	MAX 1 590	MAX 1 590	MAX 1 590	MAX 1 580	MAX 1 590	MAX 1 590	MAX 1 540	MAX 1 550	MAX 1 590
	MIN 1 460	MIN 1 400	MIN 1 390	MIN 1 390	MIN 1 390	MIN 1 390	MIN 1 410	MIN 1 390	MIN 1 380	MIN 1 380	MIN 1 380	MIN 1 380
	DIF 130	DIF 190	DIF 200	DIF 200	DIF 200	DIF 200	DIF 170	DIF 200	DIF 210	DIF 160	DIF 170	DIF 210
3	MAX 1 580	MAX 1 580	MAX 1 580	MAX 1 580	MAX 1 580	MAX 1 540	MAX 1 540	MAX 1 540	MAX 1 520		MAX 1 520	MAX 1 520
	MIN 1 530	MIN 1 500	MIN 1 480	MIN 1 480	MIN 1 480	MIN 1 510	MIN 1 540	MIN 1 540	MIN 1 410		MIN 1 440	MIN 1 410
	DIF 50	DIF 80	DIF 100	DIF 100	DIF 100	DIF 30	DIF 0	DIF 0	DIF 110		DIF 80	DIF 110
VALOR CRITICO	180 m.	190 m.	200 m.	200 m.	210 m.	210 m.	210 m.	210 m.	210 m.	190 m.	180 m.	210 m.

3.2.7.- Cálculo del ancho de las franjas (S).

Cálculo del ancho de las franjas (S) del Bosque Escuela del DMCyP de la UdeG. Esta se calcula de la forma siguiente:

Para escala 1:10 000

$$S = s E_M$$

donde $s = 23 \text{ cm.}$

$$E_M = 10\ 000$$

aplicando la fórmula tenemos el ancho de las franjas para su estudio:

$$S = 0.23 \times 10\ 000 = 2\ 300 \text{ m.}$$

$$S = 2\ 300 \text{ m.}$$

Dirección óptima de vuelo (a).

En base a la determinación de los valores críticos analizados en cada dirección, se concluye que la dirección óptima de vuelo para el Bosque Escuela del DMCyP de la UdeG., es la **Dirección N - S.**

**3.2.8.- Determinación de la separación entre líneas
de vuelo (A)**

La separación entre líneas de vuelo (A), es la distancia que existe entre una y otra línea de vuelo. **Figura 19.**

Se determina de la siguiente manera:

$$A = s E_M (1 - v_M)$$

donde $v_M = 25 \%$

$$s = 23 \text{ cm.}$$

$$E_M = 1: 10\ 000$$

Aplicando la fórmula

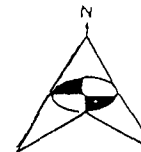
$$A = 0.23 \times 10\ 000 (1 - 0.25)$$

$$A = 2\ 300 (0.75) = 1\ 725 \text{ m.}$$

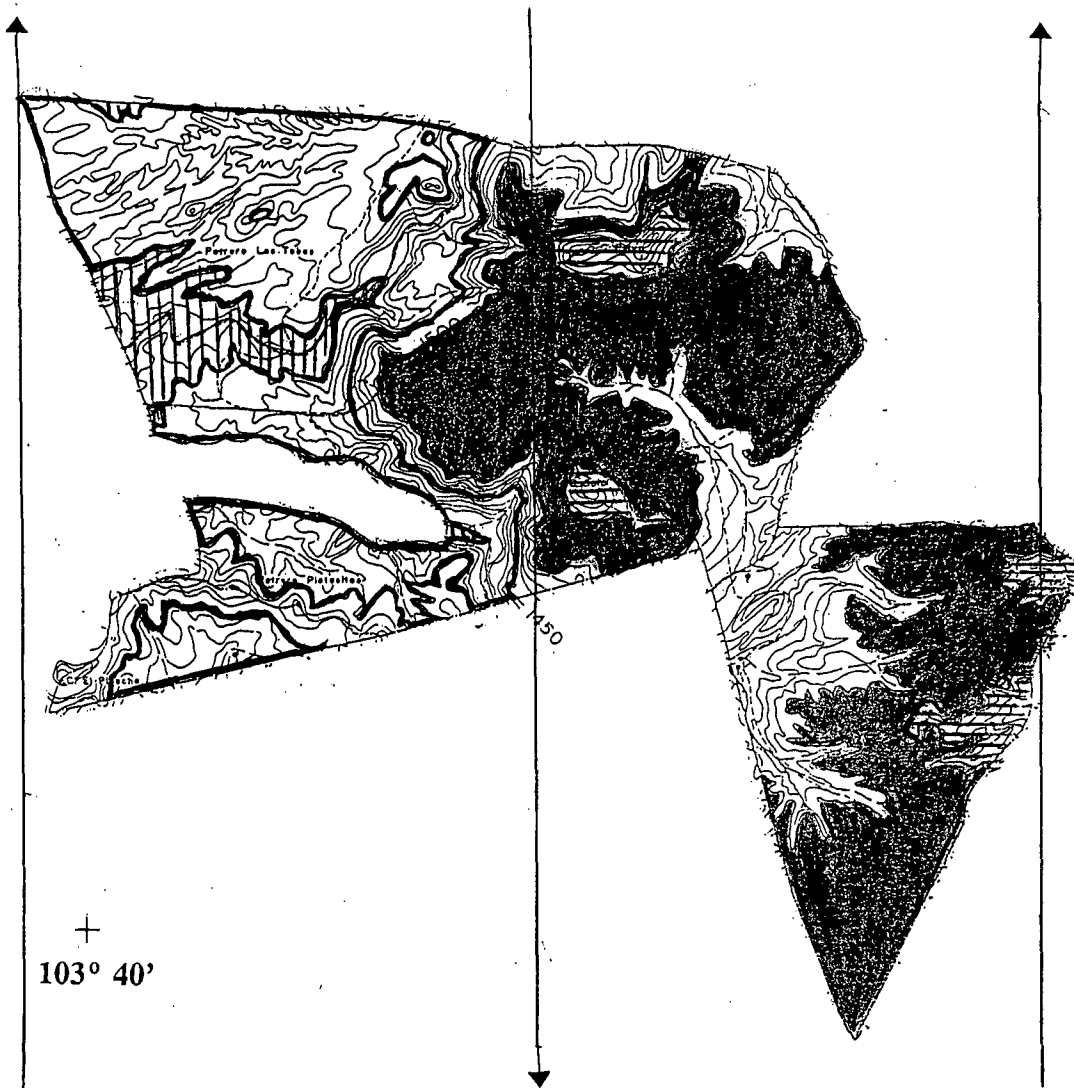
$$A = 1\ 725 \text{ m.*}$$

* Distancia entre cada línea de vuelo.

Figura 19A.



+
20° 37'



SIMBOLOGIA

—	CURVAS DE NIVEL A 10 m.
...	CAMINOS
↓↑	DIRECCION DE LAS LINEAS DE VUELO
PLANO DE REFERENCIA	
CARTAS TOPOGRAFICAS F 13 - D 64 TALA	
F 15 - D 65 GUADALAJARA OESTE INEGI	

ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR

	1 380 - 1 400 m.
	1 400 - 1 450 m.
	1 450 - 1 500 m.
	1 500 - 1 550 m.
	1 550 - 1 590 m.

+
20° 35'

+
103° 40'

UBICACION DE LAS LINEAS DE VUELO

0 1 000 m.

ESCALA 1:35 000

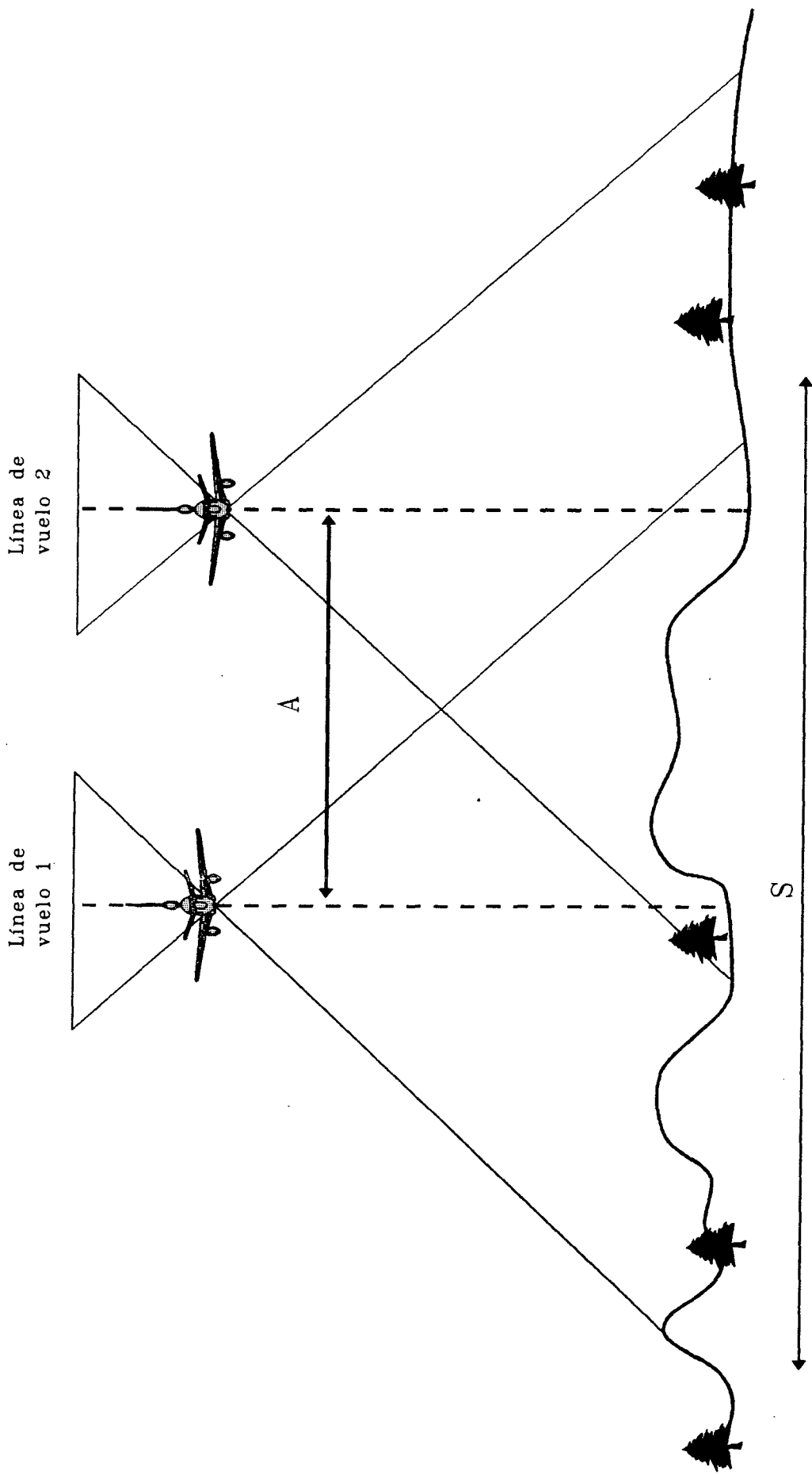


Figura 19A. Separación entre líneas de vuelo (A).

3.2.9.- Determinación de la base en el aire (B).

La base en el aire es la distancia que existe entre cada exposición de una misma línea de vuelo y se calcula de la forma siguiente:

$$B = s E_M (1-u)$$

donde $u = 60 \%$

$$s = 23 \text{ cm.}$$

$$E_M = 1: 10\ 000$$

Aplicando la fórmula

$$B = 0.23 \times 10\ 000 (1 - 0.60)$$

$$B = 2\ 300 (0.40) = 920 \text{ m.}$$

$$B = 920 \text{ m.*}$$

* Distancia entre cada exposición.

Figura 20.

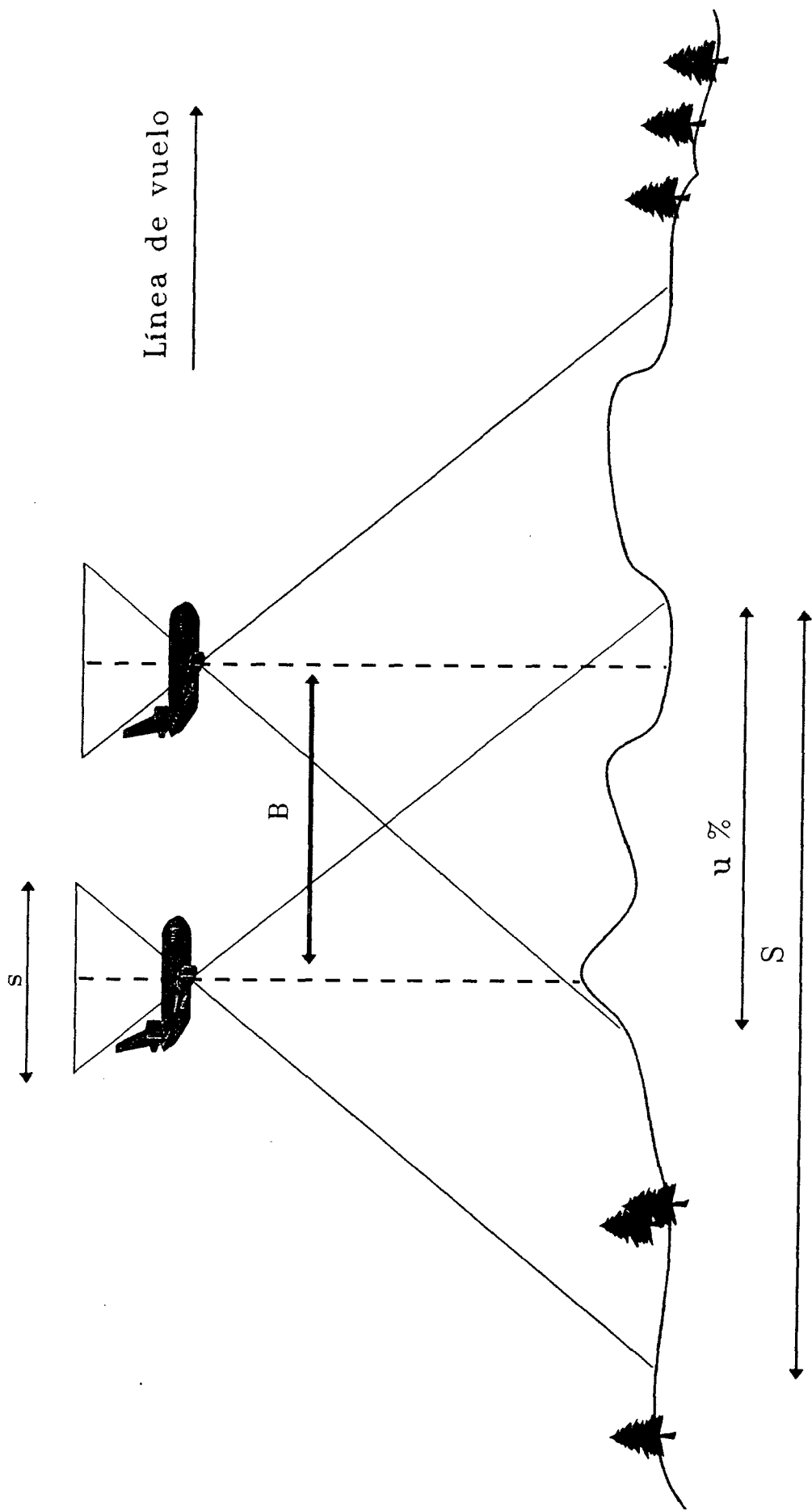


Figura 20. Base en el aire (B).

*3.2.10.- Determinación de la altura media de vuelo sobre
el terreno (Z_M).*

Esta es la distancia que existe entre la distancia principal y el punto medio del terreno.

Se calcula de la siguiente manera:

$$Z_M = c E_M$$

donde $c = 152$ mm.

$$E_M = 10\ 000$$

Aplicando la fórmula

$$Z_M = 0.152 \times 10\ 000 = 1\ 520 \text{ m.}$$

$$Z_M = 1\ 520 \text{ m.}^*$$

* Entre el punto medio y la distancia focal.

3.2.11.- Determinación de los valores mínimos y máximos de "Z"
dentro de los cuales se cumplen las especificaciones de escala.

La tolerancia establecida en la escala define limitaciones en los valores de "Z" que a continuación se estudian:

$$\frac{1}{E_M} = \text{Escala media de las fotografías}$$

$$\frac{1}{E_A} = \text{Escala máxima aceptada para el punto más alto "A".}$$

$$\frac{1}{E_B} = \text{Escala mínima aceptada para el punto más bajo "B".}$$

Se calcula de la siguiente manera:

$$Z_A = Z_M (1 - X) \text{ y } Z_B = Z_M (1 + X).$$

donde $X = 7 \%$

Z_A = valor mínimo de "Z" que cumple la especificación de escala máxima, y elevación máxima.

Z_B = valor máximo de "Z" que cumple la especificación de escala mínima, y elevación mínima.

Aplicando las fórmulas

$$Z_A = 1\,520 (1 - 0.07)$$

$$Z_A = 1\,520 (0.93) = 1\,413.60 \text{ m.}$$

$$Z_A = 1\,413.60 \text{ m.}$$

$$Z_B = 1\,520 (1 + 0.07)$$

$$Z_B = 1\,520 (1.07) = 1\,626.40 \text{ m.}$$

$$Z_B = 1\,626.40 \text{ m.}$$

3.2.12.- Determinación de los valores mínimo y máximo de "Z"

dentro de los cuales se cumplen las especificaciones de

recubrimiento lateral.

La tolerancia establecida en el recubrimiento lateral (v) define limitaciones en los valores de "Z".

$$\frac{1}{E_M} \quad \text{Escala media deseada de las fotografías}$$

$$\frac{1}{E'_A} \quad \text{Escala máxima correspondiente al plano de recubrimiento lateral mínimo aceptado.}$$

$$\frac{1}{E'_B} \quad \text{Escala mínima correspondiente al plano de recubrimiento lateral máximo aceptado.}$$

Se calcula de la manera siguiente:

$$Z'_A = Z_M \frac{(1 - v_M)}{(1 - v_A)} \quad Z'_B = Z_M \frac{(1 - v_M)}{(1 - v_B)}$$

donde Z'_A = Valor mínimo de "Z", escala máxima y altura máxima sobre el terreno que cumple con las especificaciones de recubrimiento lateral mínimo.

y Z'_B = Valor de Máximo de "Z", escala mínima y altura mínima sobre el terreno que cumple con las especificaciones de recubrimiento lateral máximo. **Figura 21.**

$$\text{donde } v_A = 15 \% \quad v_B = 35 \% \quad v_M = 25 \%$$

Aplicando las fórmulas

$$Z'_A = 1\,520 \frac{(1 - 0.25)}{(1 - 0.15)} = 1\,520 \times .8823 = 1\,341.09 \text{ m. } *$$

* Valor que se puede aproximar por exceso a las decenas.

$$Z'_A = 1\,340 \text{ m.}$$

$$Z'_B = 1\,520 \frac{(1 - 0.25)}{(1 - 0.35)} = 1\,520 \times 1.1538 = 1\,753.77 \text{ m. } *$$

* Valor que se puede aproximar por defecto a las decenas.

$$Z'_B = 1\,750 \text{ m.}$$

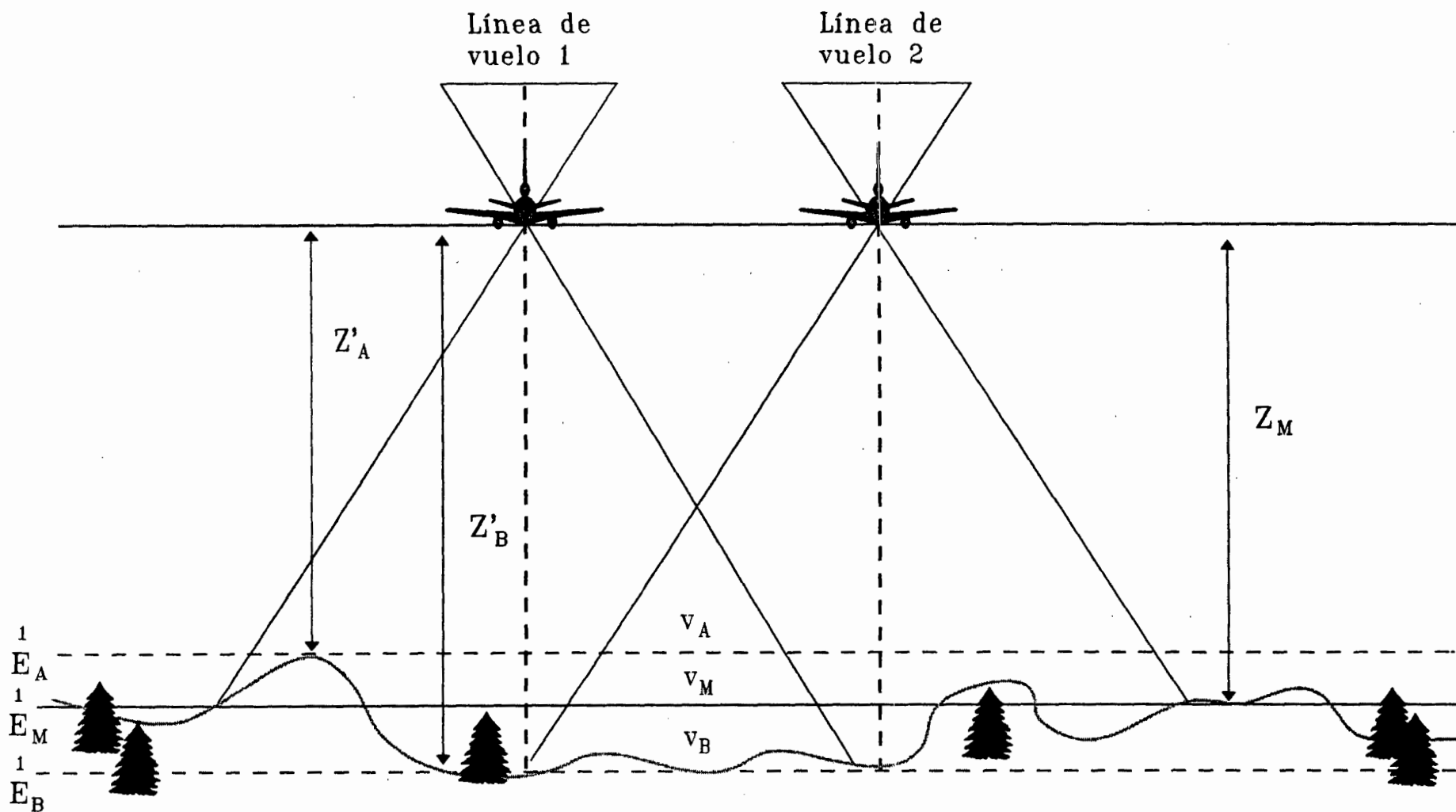


Figura 21. Recubrimiento lateral máximo, mínimo y medio.

3.2.13.- Determinación de los valores mínimos y máximos de "Z"

***dentro de los cuales se cumplen las especificaciones de
escala y recubrimiento lateral simultáneamente.***

Hasta el momento se han definido los límites de "Z" dentro de los cuales se conservan las especificaciones de escala y recubrimiento lateral independientemente.

Es necesario determinar finalmente los límites que conserven las dos especificaciones al mismo tiempo.

Lógicamente de los valores de "Z" determinados (Z_A y Z'_A), el mayor de ellos será el que cumpla simultáneamente la especificación de escala máxima y recubrimiento lateral mínimo.

Análogamente los valores máximos de "Z" determinados (Z_B y Z'_B), el menor de ellos será el que cumpla simultáneamente con las especificaciones de escala mínima y recubrimiento lateral máximo. **Figura 22.**

Para determinar el valor de "Zmin" (Altura de vuelo mínima) se analiza cual de los valores de "Z" ésta más cercano a Z_M y éste será el valor mínimo de "Z"

Para la determinación de "Zmax" (Altura de vuelo máxima), se aplica la fórmula siguiente:

$$Z_{\max} = 2 Z_M - Z_{\min}$$

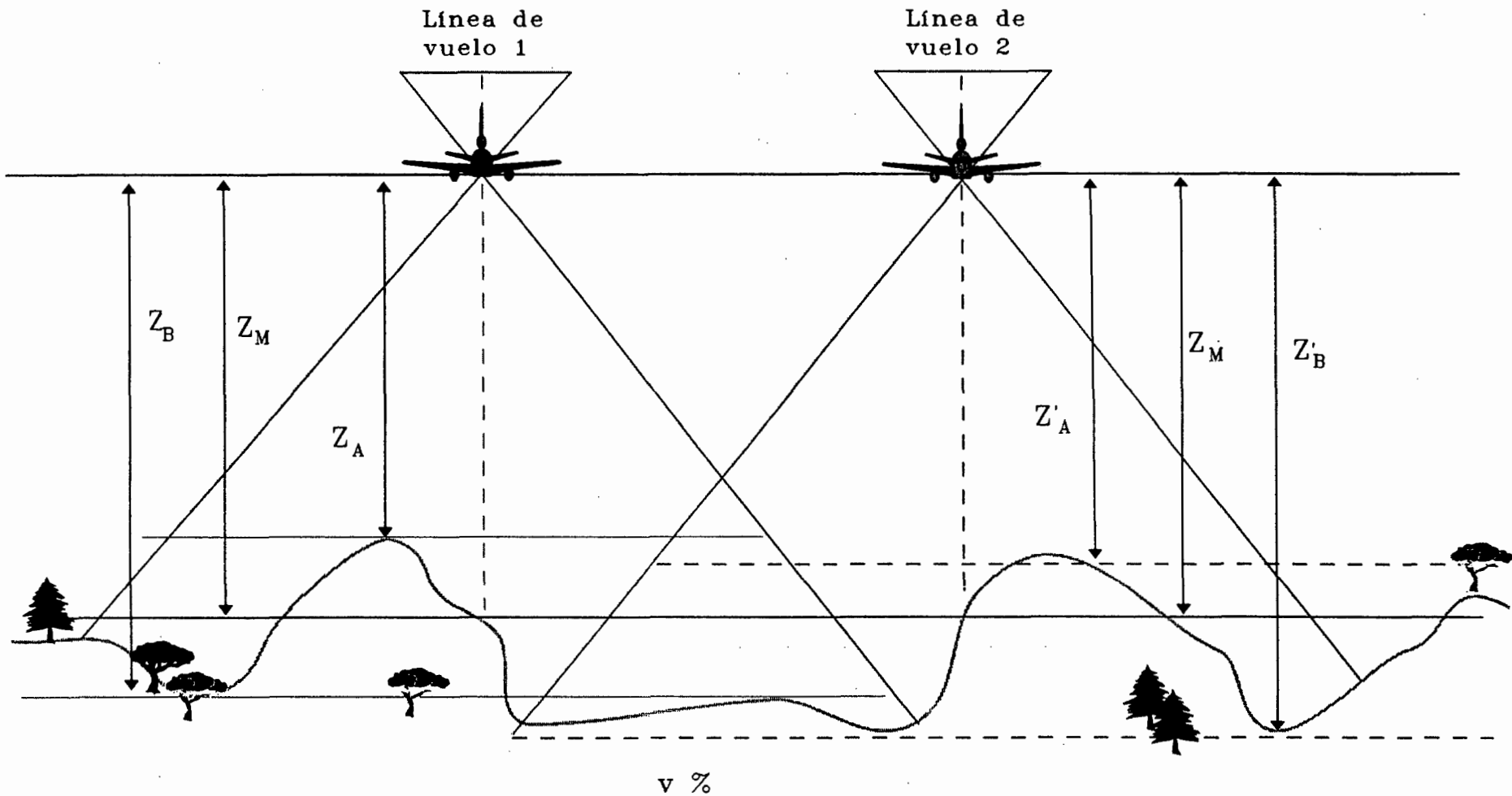


Figura 22. Valores límites de "Z" para cumplir las especificaciones de escala y recubrimiento lateral.

Z_{min} = altura mínima de vuelo sobre el terreno que cumplen simultáneamente la especificación de escala máxima y recubrimiento lateral mínimo.

Z_{max} = altura máxima de vuelo sobre el terreno que cumple simultáneamente la especificación de escala mínima y recubrimiento lateral máximo.

3.2.14.- Cálculo de altura mínima y máxima de vuelo.

$$Z_A = 1\,413.60 \text{ m.} \quad Z_B = 1\,626.40 \text{ m.}$$

$$Z'_A = 1\,340 \text{ m.} \quad Z'_B = 1\,750 \text{ m.}$$

Z_{min} = valor más cercano de Z_M .

$$Z_M - Z_A = Z_{min} \quad Z_B - Z_M = Z_{min}$$

$$Z_{min} = 1\,520 - 1\,413.60 = 106.40 \text{ m.}$$

$$Z_{min} = 1\,626.40 - 1\,520 = 106.40 \text{ m.}$$

$$Z_{min} = 1\,520 - 1\,340 = 180 \text{ m.}$$

$$Z_{min} = 1\,750 - 1\,520 = 230 \text{ m.}$$

$Z_{min} = 1\,413.60 \text{ m.}$ Valor más cercano de Z_M

$$Z_{max} = 2 Z_M - Z_{min}$$

$$Z_{max} = 2 \times 1\,520 - 1\,413.60 = 1\,626.40 \text{ m.}$$

$$Z_{max} = 1\,626.40 \text{ m.}$$

Determinación de las zonas que admiten independientemente una sola altura absoluta de vuelo, cumpliendo las especificaciones de escala y recubrimiento lateral.

Según Murillo (1982), "Tanto la escala como el recubrimiento lateral son funciones de la altura de vuelo sobre el terreno (Z). Estos dos parámetros tienen ciertas tolerancias dentro de las especificaciones exigidas, lo que indica que habrá limitaciones de los valores de " Z " para que se puedan cumplir.

Se deben determinar los límites de " Z " para cumplir por una parte las especificaciones de escala y por otra parte las especificaciones de recubrimiento lateral. Con estos resultados se hará un análisis final buscando se cumplan simultáneamente las dos especificaciones.

Los valores así definidos (Z_{min} y Z_{max} .) establecen un rango de diferencia de elevación en el terreno dentro del cual se podrá volar con la misma altura absoluta de vuelo.

Sobre esta base se pueden estudiar los límites de las diferentes zonas".

3.2.15.- Determinación de las zonas que admiten independientemente una sola altura absoluta de vuelo, cumpliendo las especificaciones de escala y recubrimiento lateral.

Se establece el rango máximo de variación de elevación del terreno, el cual determinará las diferentes alturas absolutas de vuelo para cada zona, la cual su diferencia de elevación no debe sobrepasar el rango máximo de variación.

Esto a su vez nos determinará una misma altura absoluta de vuelo (lo ideal sería utilizar una misma altura para todo el área por fotografiar). En muchos casos no será factible admitir una misma altura de vuelo, por lo tanto se debe de buscar el menor número posible de altura absoluta de vuelo.

3.2.16.- Determinación del rango de elevación (AH).

Se calcula de la manera siguiente:

$$AH = Z_{max} - Z_{min}$$

Aplicando la fórmula

$$AH = 1\ 626.40 - 1\ 413.60 = 212.8\ m.$$

$$AH = 212.8\ m.$$

Con el valor definido de AH (Rango de elevación), se establecen las diferentes alturas absolutas de vuelo para cada zona.

Para la escala 1:1 0 000 el valor del rango de elevación es de 212.8 m., éste es superior a las franjas 1, 2, y 3 y por lo tanto se determina una sola zona absoluta de vuelo, que la comprenden las franjas 1, 2, y 3.

3.2.17.- Determinación de la altura absoluta de vuelo (Z_o).

Para su determinación debe de observarse cual es la cota máxima y mínima dentro de la zona, cuyos valores determinará la elevación media del terreno. Con la elevación media del terreno (H_M) y la altura media de vuelo (Z_M) se determina la altura absoluta de vuelo (Z_o).

Figura 23.

$$H_M = \frac{1}{2} (H_A + H_B)$$

H_M = elevación media del terreno.

H_A = elevación del punto más alto "A".

H_B = elevación del punto más bajo "B".

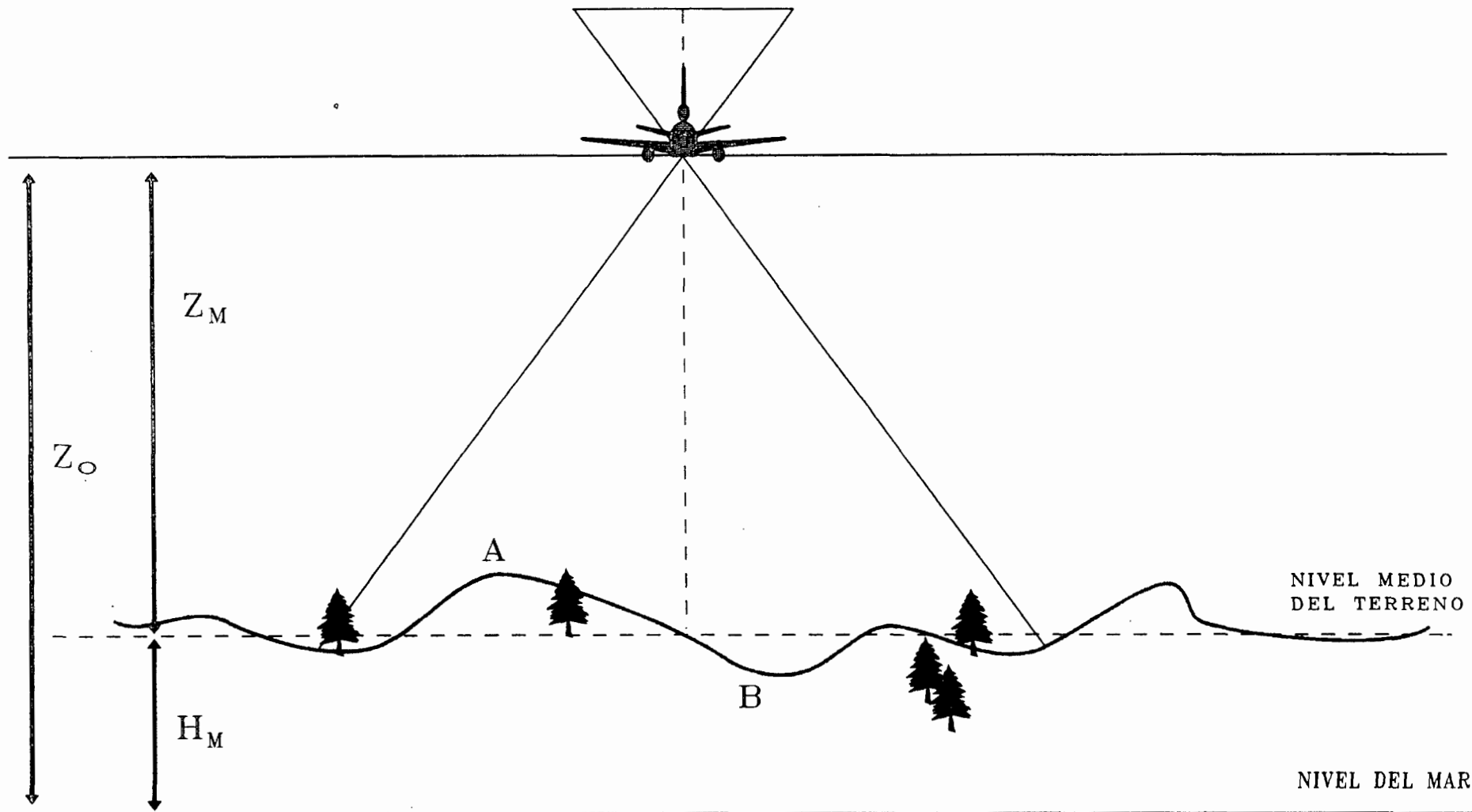


Figura 23. Altura absoluta de vuelo (Z_0).

Aplicando la fórmula para la zona

donde $H_A = 1\,590$ m.

$$H_B = 1\,380$$
 m.

$$H_M = 1/2 (1\,590 + 1\,380) = 1\,485$$
 m.

$$H_M = 1\,485$$
 m.

Cálculo de la altura absoluta de vuelo

$$Z_o = Z_M + H_M$$

Aplicando la fórmula para la zona 1

donde $H_M = 1\,485$ m. $Z_M = 1\,520$ m.

$$Z_o = 1\,520 + 1\,485 = 3\,005$$
 m.

$$Z_o = 3\,005$$
 m.

3.2.18.- Verificación de escala para cada zona

Para la verificación de escala máxima y mínima de cada zona y con una misma altura absoluta de vuelo, se debe comprobar que los valores establecidos estén dentro de las especificaciones mencionadas en un principio, determinando así la escala para el punto más alto "A" y para el más bajo "B".

La verificación de escala máxima y mínima para cada zona se calcula de la siguiente manera:

Zona 1	Z₀ = 3 005 m.	c = 152 mm.	
Punto	H (m)	Z = Z₀ - H (m)	E = $\frac{Z}{c}$
A	1 590	1 415	9 309.21
M	1 485	1 520	10 000
B	1 380	1 625	10 690.78

En base a los resultados obtenidos en la zona, se comprueba que la escala máxima y mínima de las fotografías si están dentro de las especificaciones establecidas en un principio de la tolerancia indicada del 7 %.

Los límites de tolerancia de escala serían:

Para límite máximo de escala 1 : 10 700

Para límite mínimo de escala 1 : 9 300

**3.2.19.- Verificación del recubrimiento lateral para
cada zona.**

Para la verificación del recubrimiento lateral máximo y mínimo de cada zona con una misma altura absoluta de vuelo, dichos valores deben de estar dentro de las especificaciones establecidas de tolerancia.

**Cálculo de verificación del recubrimiento lateral
para cada zona.**

Se determina de la manera siguiente:

Zona 1 $Z_0 = 3\ 005\ \text{m.}$ $c = 152\ \text{mm.}$ $A = 1\ 725\ \text{m.}$ $s = 23\ \text{cm.}$

Punto	H (m)	Z = Z₀ - H (m)	$E = \frac{Z}{c}$	S = sE (m)	$v = 1 - \frac{A}{S}$ (%)
A	1 590	1 415	9 309.21	2 141.11	19
M	1 470	1 520	10 000	2 300	25
B	1 380	1 635	10 690.78	2 458.87	30

En base a los resultados obtenidos en la zona, se comprueba que el recubrimiento lateral máximo para el punto más bajo "B" y el recubrimiento lateral mínimo para el punto más alto "A", están dentro de las especificaciones establecidas en un principio, las cuales son del 15% y el 35% siendo estos los límites para cada uno de ellos los siguientes:

Se determina de la forma siguiente:

$$v_A = \frac{v_M - X}{1 - X} \quad v_B = \frac{v_M + X}{1 + X}$$

Aplicando las fórmulas

$$v_A = \frac{0.25 - 0.07}{1 - 0.07} = \frac{0.1800}{0.9300} = 0.1935$$

$$v_A = 19 \%$$

$$v_B = \frac{0.25 + 0.07}{1 + 0.07} = \frac{0.3200}{1.0700} = 29.90$$

$$v_B = 30 \%$$

Para el punto más alto "A" igual a 19 %.

Para el punto más bajo "B" igual a 30 %.

**3.2.20.- Cálculo de características fotogramétricas
de las imágenes**

Para la escala 1 : 10 000 el área cubierta por fotografía (S^2), área neta ganada por fotografía (AN), relación base en el aire/altura media de vuelo (B/Z), e intervalo entre exposiciones (I) (considerando la velocidad del avión de 300 km/h) se calcula de la manera siguiente:

Área cubierta por fotografía (S^2).

$$S^2 = s^2 E^2$$

Aplicando la fórmula

$$S^2 = 0.23^2 \times 10\,000^2 = 0.0529 \times 100\,000\,000 = 5\,290\,000 \text{ m}^2.$$

$$S^2 = 5\,290 \text{ Km}^2.$$

Área neta ganada por fotografía (AN).

Figura 13.

$$AN = s^2 E^2 (1 - u)(1 - v)$$

Aplicando la fórmula

$$AN = 0.23^2 \times 10\,000^2 (1 - 0.60)(1 - 0.25)$$

$$AN = 5\,290\,000 (0.40)(0.75) = 1\,587\,000 \text{ m}^2.$$

$$AN = 1\,587 \text{ Km}^2.$$

Relación base en el aire(B) / altura media de vuelo (B/Z_M).

$$\frac{B}{Z_M} = \frac{920}{1\ 520} = 0.6 \text{ m.}$$

Intervalo entre exposiciones (I).

donde Gs = velocidad del avión

$$I = \frac{B}{GS} = \frac{920}{300 \text{ Km/h}}$$

$$I = \frac{920}{300\ 000/3\ 600} = \frac{920}{83.3333} = 11 \text{ seg.}$$

$$I = 11 \text{ seg.}$$

Número de fotografías por línea de vuelo (NLV)

Línea de vuelo 1 = 6 fotos

" " 2 = 7 "

" " 3 = 7 "

Número total de fotografías (NTF)

NTF = Suma de las fotografías de las líneas de vuelo

$$NTF = 6 + 7 + 7 = 20 \text{ fotografías}$$

Distancia del aeropuerto de Guadalajara al punto de toma de la primera aerofotografía (Latitud N 20° 37' 7'', Longitud W 103° 40' 9'') al área del Bosque Escuela es de 38.750 Km.

3.2.21.- RESULTADOS

Dirección de las líneas de vuelo (a)	$a = N - S$
Ancho de las franjas (S)	$S = 2\ 300\ m.$
Separación entre líneas de vuelo (A)	$A = 1\ 725\ m.$
Base en el aire (B)	$B = 920\ m.$
Altura media de vuelo sobre el terreno (Z_M)	$Z_M = 1\ 520\ m.$
Valores de "Z" máxima y mínima dentro de las especificaciones de escala	$Z_A = 1\ 413.60\ m.$ $Z_B = 1\ 626.40\ m.$
Valores de "Z" máxima y mínima dentro de las especificaciones de recubrimiento lateral	$Z'_A = 1\ 340\ m.$ $Z'_B = 1\ 750\ m.$
Altura de vuelo mínima y máxima	$Z_{min} = 1\ 413.60\ m.$ $Z_{max} = 1\ 626.40\ m.$
Rango de elevación (AH)	$AH = 212.8\ m.$
Elevación media del terreno (H_M)	$H_M = 1\ 485\ m.$
Altura absoluta de vuelo (Z_0)	$Z_0 = 3\ 005\ m.$
Valores de escala para cada zona	
Punto más alto A	1 : 9 309.21
" medio M	1 : 10 000
" más bajo B	1 : 10 690
Límites de tolerancia de escala	
Límite máximo de escala	1 : 10 700
Límite mínimo de escala	1 : 9 300

Valores del recubrimiento lateral

Punto más alto A	19 %
" medio M	25 %
" más bajo B	30 %

Límites del recubrimiento lateral

Punto más alto A	19 %
" " bajo B	30 %

Area neta cubierta por fotografía (S^2) $S^2 = 5\,290 \text{ Km}^2$.

Area neta ganada por fotografía (AN) $AN = 1\,587 \text{ Km}^2$.

Relación base en el aire/altura media de vuelo (B/) $B/Z = 0.6 \text{ m}$.

Intervalo entre exposiciones (I) $I = 11 \text{ seg}$.

Número de fotografías por línea de vuelo

LV1 = 6 fotos

LV2 = 7 "

LV3 = 7 "

Número total de fotografías (NTF)

NTF = 20 fotos

Distancia del aeropuerto de Guadalajara, Jal., (centro de la pista) al punto de toma de la primera aerofotografía, (Latitud N 20° 37' 7'', Longitud W 103° 40' 9'') del Bosque Escuela del DMCyP de la U.de G.

Distancia 38.750 Km.

F1 Zo = 3 005 m.

F2 Zo = 3 005 m.

F3 Zo = 3 005 m.

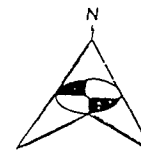
+
20° 37'

+
20° 35'

+
103° 40'

A = 1 725 m.

B = 920 m.



SIMBOLOGIA

- CURVAS DE NIVEL A 10 m.
- - CAMINOS
- ↑ ↓ DIRECCION DE LINEAS DE VUELO N - S
- F NUMERO DE LINEA DE VUELO
- BASE EN EL AIRE
- A SEPARACION ENTRE LINEAS DE VUELO
- Zo ALTURA ABSOLUTA DE VUELO

PLANO DE REFERENCIA
 CARTAS TOPOGRAFICAS F 13- D 64 TALA,
 F 13 - D 65 GUADALAJARA OESTE. INEGI

ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR

- 1 380 - 1 400 m.
- 1 400 - 1 450 m.
- 1 450 - 1 500 m.
- 1 500 - 1 550 m.
- 1 550 - 1 590 m.

DISEÑO GEOMETRICO PARA VUELO FOTOGRAMETRICO
 PARA ESCALA E 1: 10 000

0 1 000 m.
 ESCALA 1:35 000

3.3.1.- DISEÑO GEOMETRICO PARA VUELO FOTOGRAMETRICO

ESCALA 1 : 20 000

El *diseño geométrico para vuelo fotogramétrico* para terreno montañoso la escala (E_M) es variable al igual que el recubrimiento lateral ($v\%$), esto se debe a las diferentes elevaciones existentes en el terreno a fotografiar.

Para ello se deberá establecer una tolerancia tanto como para la escala como para el recubrimiento lateral.

Para el caso del recubrimiento longitudinal ($u\%$) no habrá ningún problema ya que éste se podrá controlar durante el vuelo.

Para lograr que el diseño geométrico de vuelo en una forma eficaz, éste deberá estar dentro de las especificaciones de tolerancia de escala y recubrimiento lateral establecidas.

Esto nos conducirá a la obtención de fotografías del área por fotografiar más exactas, de acuerdo a la escala y recubrimiento lateral deseados.

**3.3.2.- Los datos principales para la realización del
diseño son los siguientes:**

$\frac{1}{E_M}$ Escala media deseada de las fotografías.

x = Tolerancia (%) de la escala media deseada.

u = Recubrimiento longitudinal medio deseado (%) entre fotografías consecutivas. Figura 25..

v_M = Recubrimiento lateral medio deseado (%) entre fajas adyacentes. Figura 26.

v_A = Recubrimiento lateral mínimo aceptado (%) para el punto más alto "A".

v_B = Recubrimiento lateral máximo aceptado (%) para el punto más bajo "B".

c = Distancia principal de la cámara.

s = Lado de la fotografía.

S = Tamaño del área fotografiada (longitud).

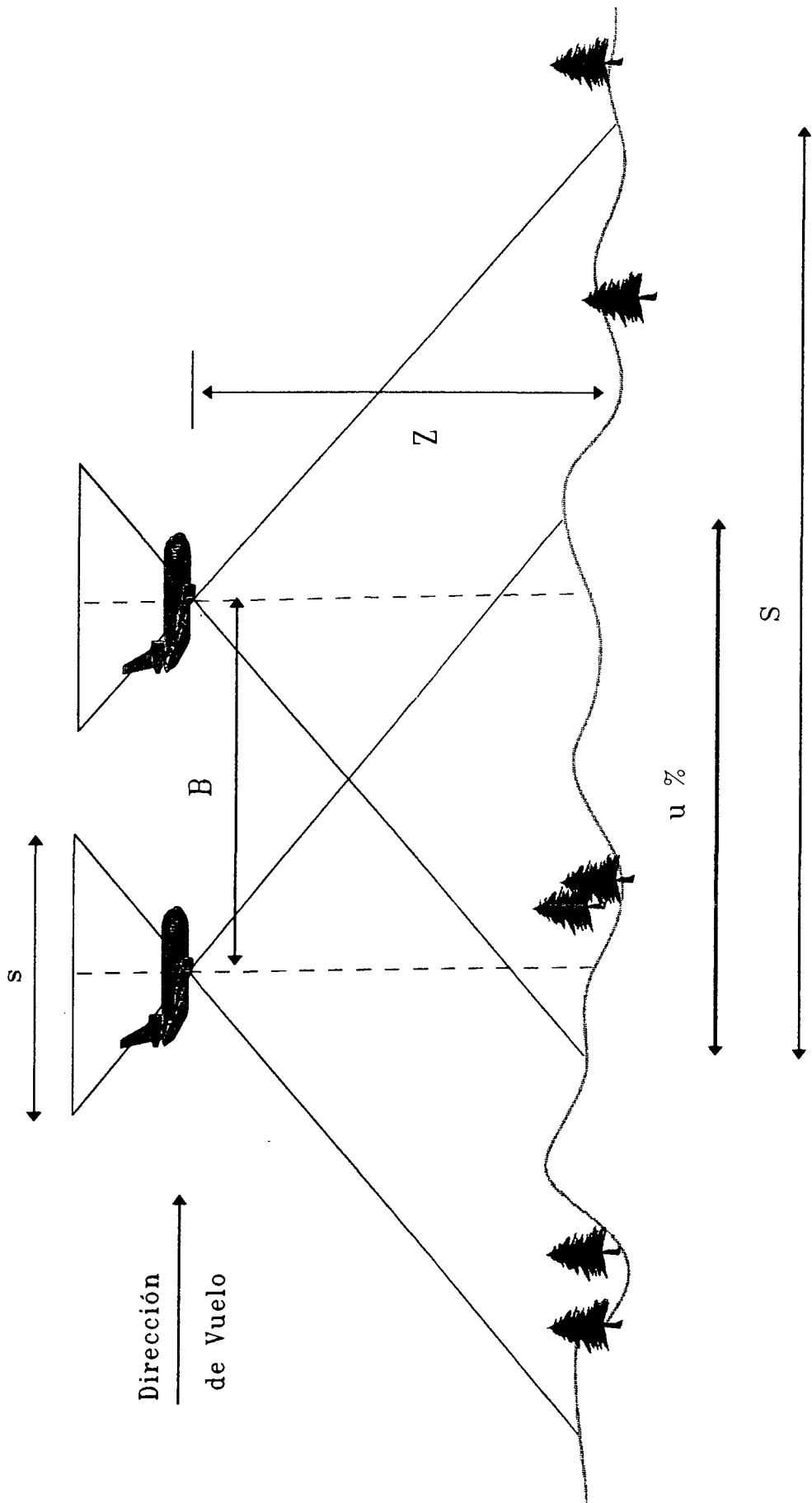


Figura 25. Recubrimiento longitudinal ($u \%$).

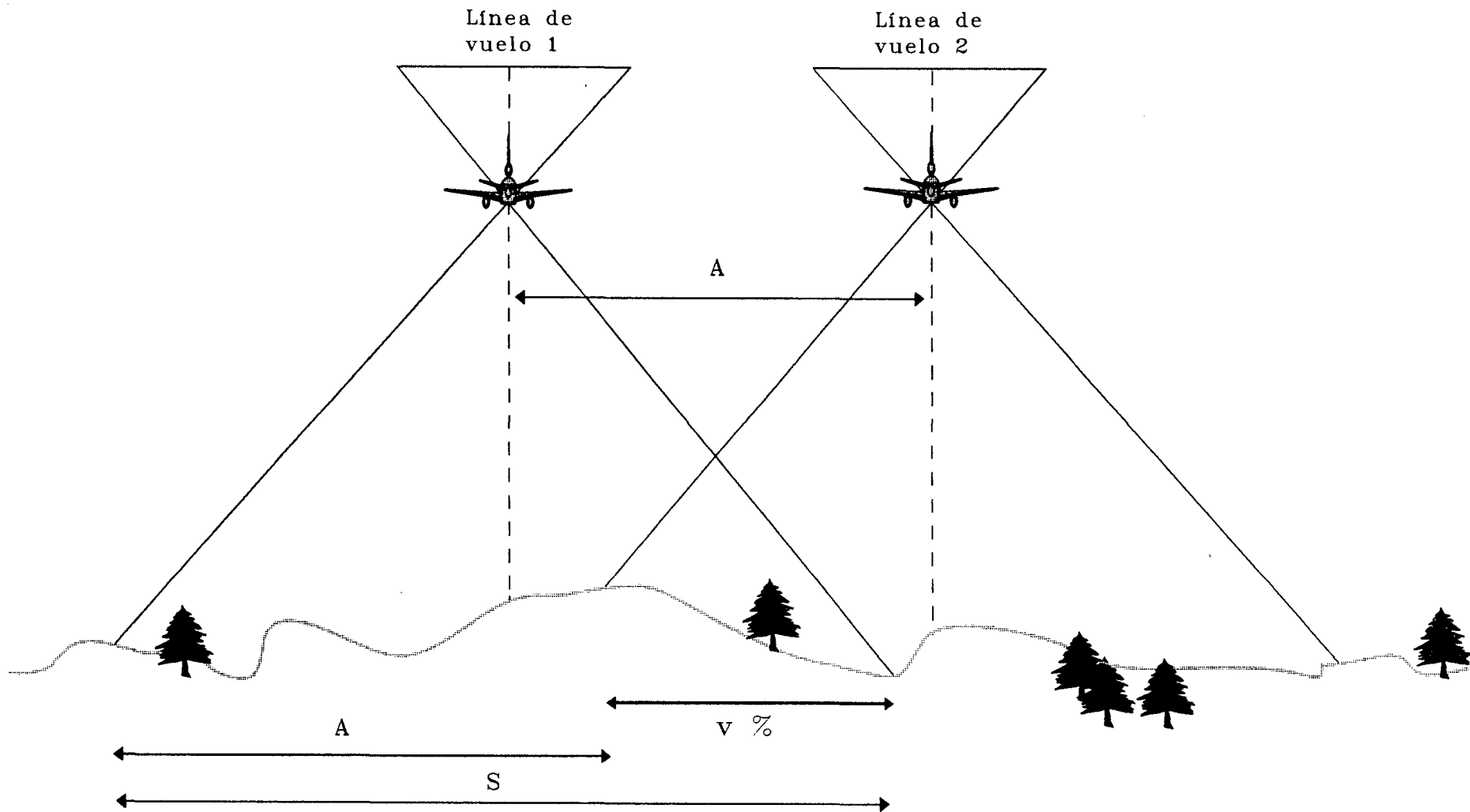


Figura 26. Recubrimiento lateral (v %).

3.3.3.- En base a los datos anteriores, se deben determinar los parámetros que van a constituir el diseño geométrico del vuelo fotogramétrico y son los siguientes:

a = Dirección de la líneas de vuelo.

A = Separación entre líneas de vuelo.

B = Base en el aire (distancia entre exposiciones consecutivas).

Z_M = Altura de vuelo sobre el nivel medio del terreno (altura media de vuelo).

Z_o = Altura (s) absoluta (s) de vuelo (altura de vuelo sobre nivel del mar).

A continuación se establecen los valores para la iniciación del diseño geométrico de vuelo para la escala de las aerofotografías 1: 20 000, los datos son los siguiente:

$$\frac{1}{E_M} = \frac{1}{20\ 000}$$

$$x = 4 \%$$

$$u = 60 \%$$

$$V_M = 25 \%$$

$$V_A = 15 \%$$

$$V_B = 35 \%$$

$$c = 152 \text{ mm.}$$

$$s = 23 \text{ cm.}$$

3.3.4.- Superficie por fotografiar

Superficie por fotografiar del Bosque Escuela del Departamento de Madera, Celulosa y Papel (DMCyP) de la Universidad de Guadalajara (UdeG). **Figura 27.**

Sus coordenadas extremas son:

Latitud N 20° 37' 7'' Altura 1 410 msnm.

Longitud W 103° 40' 9''

Latitud N 20° 35' 50'' Altura 1 580 msnm.

Longitud W 103° 37' 23''

Latitud N 20° 34' 31'' Altura 1 540 msnm.

Longitud W 103° 38' 2''

Latitud N 20° 35' 31'' Altura 1 450 msnm.

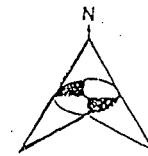
Longitud W 103° 40' 8''

El Bosque Escuela del DMCyP de la UdeG. tiene una altura máxima sobre el nivel del mar de 1 590 m., y una altura mínima sobre el nivel del mar de 1 380 m.

El Bosque Escuela tiene una extensión de 672 Ha.

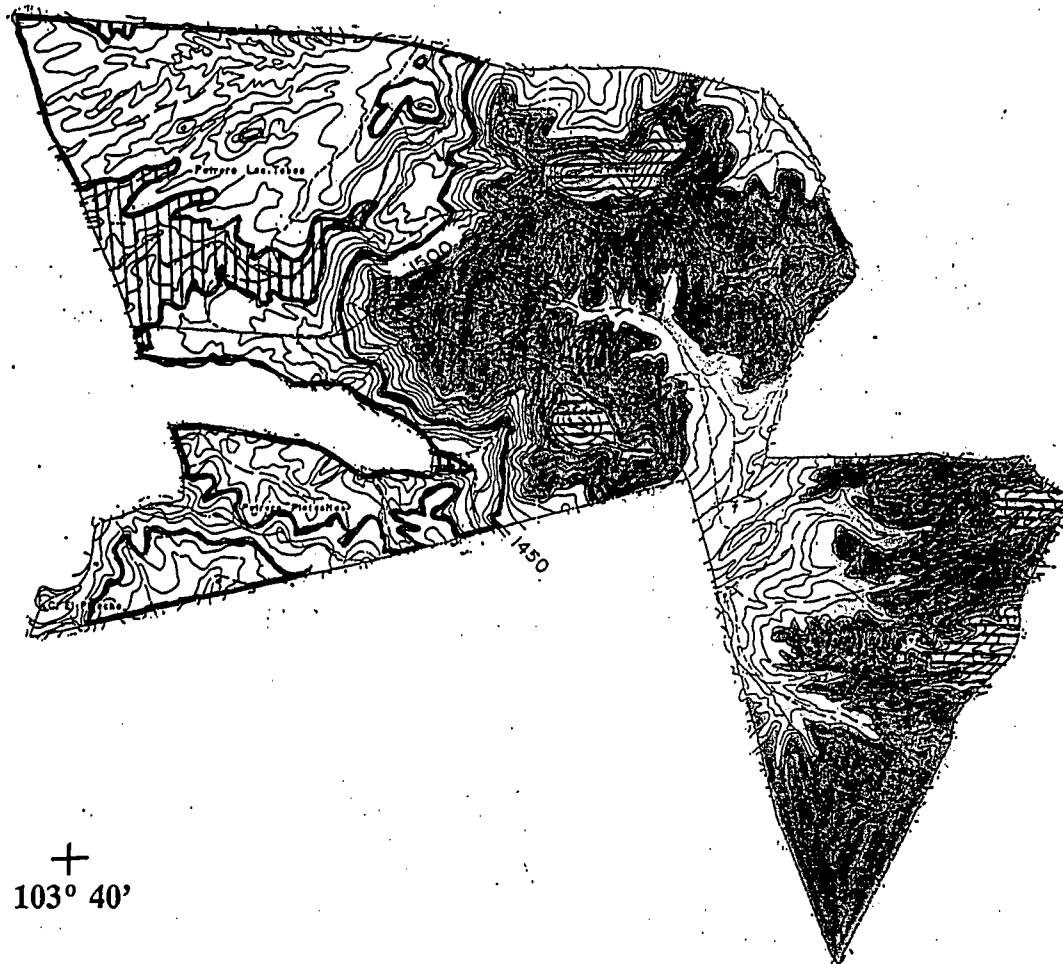
+

103° 40'



+

20° 37'



ALTURA SOBRE EL
NIVEL DEL MAR

	1 380 - 1 400 m.
	1 400 - 1 450 m.
	1 450 - 1 500 m.
	1 500 - 1 550 m.
	1 550 - 1 590 m.

+

20° 35'

+

103° 40'

SUPERFICIE POR FOTOGRAFIAR

0 1 000 m.

ESCALA 1:35 000

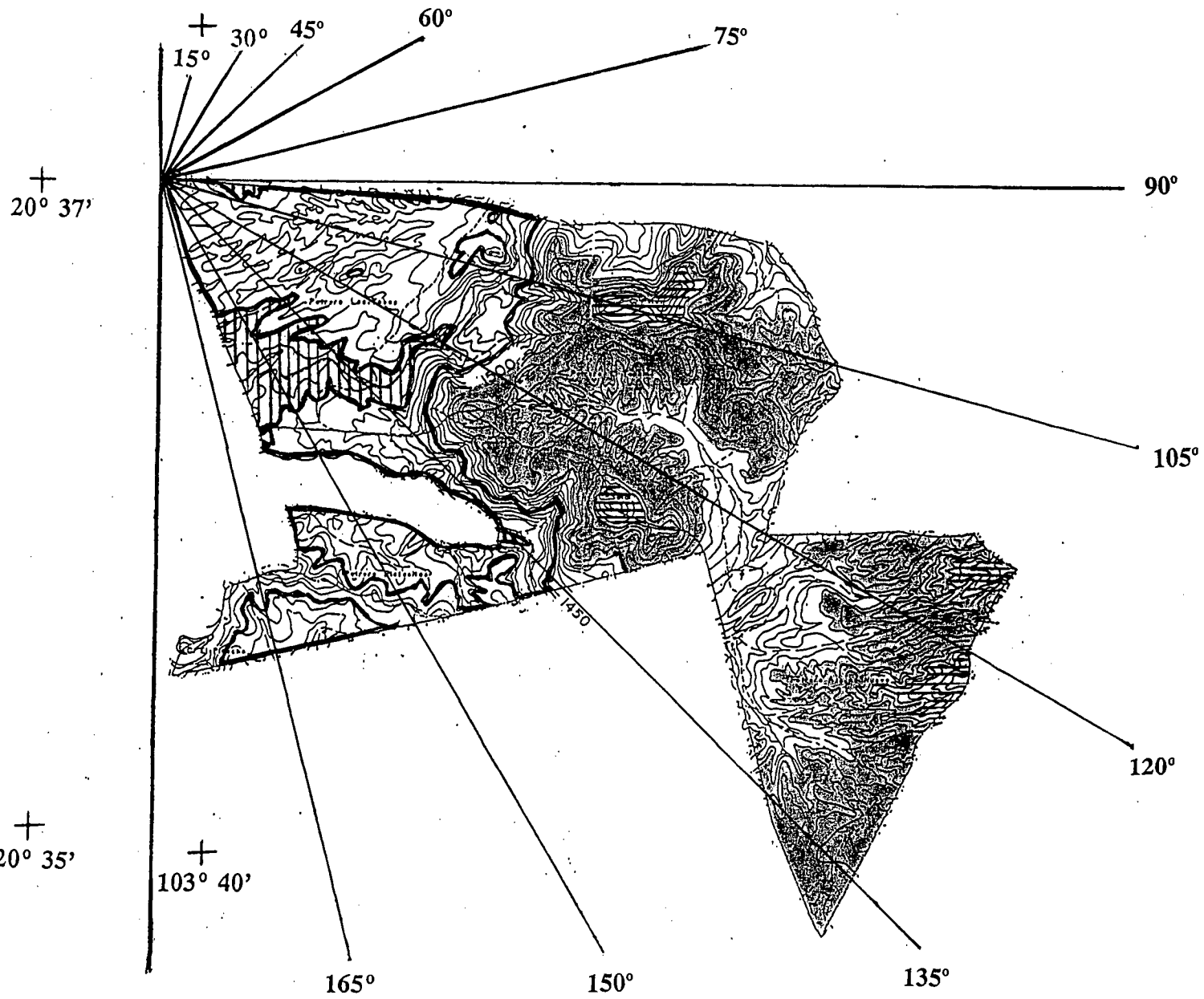
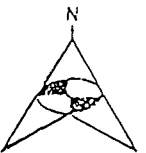
3.3.5.- Búsqueda de la mejor dirección de las líneas de Vuelo (a).

Para la determinación de la mejor dirección de las líneas de vuelo para el área del Bosque Escuela del DMCyP de la UdeG., será aquella en la cual se encuentren los mínimos cambios de elevación del terreno y ésta estará determinada en base a sus curvas de nivel.

Se debe de realizar la demarcación de las principales curvas de nivel, y mediante un examen visual de las mismas el rango angular dentro del cual se hallaría la dirección buscada.

Dentro de éste rango se debe de seleccionar y analizar las diferentes direcciones con un intervalo adecuado ya sea a 5°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, de acuerdo a un criterio razonable y en base a la exactitud que se requiera.

Para el análisis de cada dirección del área en estudio se estimo un intervalo de 15° dentro de un rango total de 165°. **Figura 28.**



ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR

	1 380 - 1 400 m.
	1 400 - 1 450 m.
	1 450 - 1 500 m.
	1 500 - 1 550 m.
	1 550 - 1 590 m.

BUSQUEDA DE LA MEJOR DIRECCION DE VUELO

0 1 000 m.
ESCALA 1:35 000

3.3.6.- Determinación del ancho de las franjas (S)

Se deben de estudiar franjas con un ancho igual a "S" (lado fotografiado en el terreno), una tras otra hasta cubrir todo el área en estudio por fotografiar.

En cada franja se debe determinar la máxima y la mínima altura del terreno, en base a éstas nos resultará una diferencia de elevación en cada una de las franjas.

Esta diferencia de elevación será el valor crítico para cada dirección, el menor de ellos nos estará indicando la dirección óptima de vuelo. Cuadro 5.

Cuadro 5. Dirección para escala 1:20 000. MAX = altura máxima, MIN = altura mínima, DIF = diferencia de altura.

DIFERENCIAS DE ELEVACION												
FRANJA	N-S	N 15° E	N 30° E	N 45° E	N 60° E	N 75° E	N 90° E	105°	120°	135°	150°	165°
1	MAX 1 590	MAX 1 590	MAX 1 590	MAX 1 590	MAX 1 590	MAX 1 590	MAX 1 590	MAX 1 590	MAX 1 590	MAX 1 590	MAX 1 590	MAX 1 590
	MIN 1 380	MIN 1 380	MIN 1 380	MIN 1 380	MIN 1 380	MIN 1 380	MIN 1 380	MIN 1 380	MIN 1 380	MIN 1 380	MIN 1 380	MIN 1 380
	DIF 210	DIF 210	DIF 210	DIF 210	DIF 210	DIF 210	DIF 210	DIF 210	DIF 210	DIF 210	DIF 210	DIF 210
2	MAX 1 580	MAX 1 580	MAX 1 580	MAX 1 580	MAX 1 580	MAX 1 540	MAX 1 540	MAX 1 540	MAX 1 520		MAX 1 520	MAX 1 520
	MIN 1 530	MIN 1 500	MIN 1 480	MIN 1 480	MIN 1 480	MIN 1 510	MIN 1 540	MIN 1 540	MIN 1 410		MIN 1 440	MIN 1 410
	DIF 50	DIF 80	DIF 100	DIF 100	DIF 100	DIF 30	DIF 0	DIF 0	DIF 110		DIF 80	DIF 110
VALOR CRITICO	210 M.	210 M.	210 M.	210 M.	210 M.	210 M.	210 M.	210 M.	210 M.	210 M.	210 M.	210 M.

3.3.7.- Cálculo del ancho de las franjas (S).

Cálculo del ancho de las franjas (S) del Bosque Escuela del DMCyP de la UdeG. Esta se calcula de la forma siguiente:

Para escala 1: 20 000

$$S = s E_M \quad \text{donde} \quad s = 23 \text{ cm.} \quad E_M = 20\ 000$$

aplicando la fórmula tenemos el ancho de las franjas para su estudio:

$$S = 0.23 \times 20\ 000 = 4\ 600 \text{ m.}$$

$$S = 4\ 600 \text{ m.}$$

Dirección óptima de vuelo (a).

En base a la determinación de los valores críticos analizados en cada dirección, se concluye que la dirección óptima de vuelo para el área del Bosque Escuela del DMCyP de la UdeG., es la **Dirección N - S.**

**3.3.8.- Determinación de la separación entre líneas
de vuelo (A).**

La separación entre líneas de vuelo (A), es la distancia que existe entre una y otra línea de vuelo. Figura 29.

Se determina de la siguiente manera:

$$A = s E_M (1 - v_M)$$

donde $v_M = 25 \%$

$$s = 23 \text{ cm.}$$

$$E_M = 1: 20\ 000$$

Aplicando la fórmula

$$A = 0.23 \times 20\ 000 (1 - 0.25)$$

$$A = 4\ 600(0.75) = 3\ 450 \text{ m.}$$

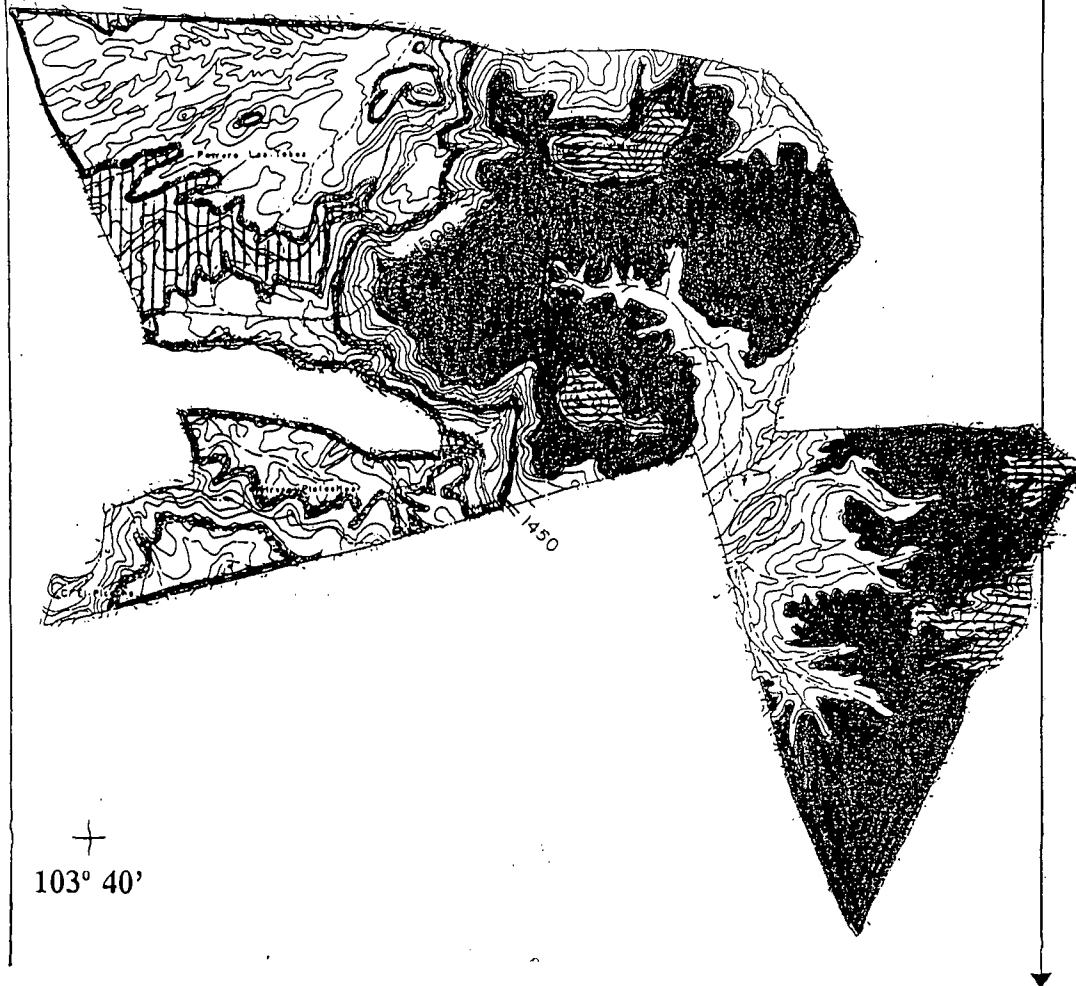
$$A = 3\ 450 \text{ m.}^*$$

* Distancia entre cada línea de vuelo.

Figura 29A.

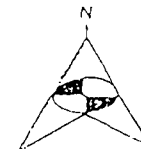
20° 37'

103° 40'



20° 35'

103° 40'



SIMBOLOGIA

—	CURVAS DE NIVEL A 10 m.
....	CAMINOS
↓↑	DIRECCION DE LAS LINEAS DE VUELO
PLANO DE REFERENCIA	
CARTAS TOPOGRAFICAS F 13 - D 64 TALA	
F 15 - D 65 GUADALAJARA OESTE INEGI	

ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR

	1 380 - 1 400 m.
	1 400 - 1 450 m.
	1 450 - 1 500 m.
	1 500 - 1 550 m.
	1 550 - 1 590 m.

UBICACION DE LAS LINEAS DE VUELO



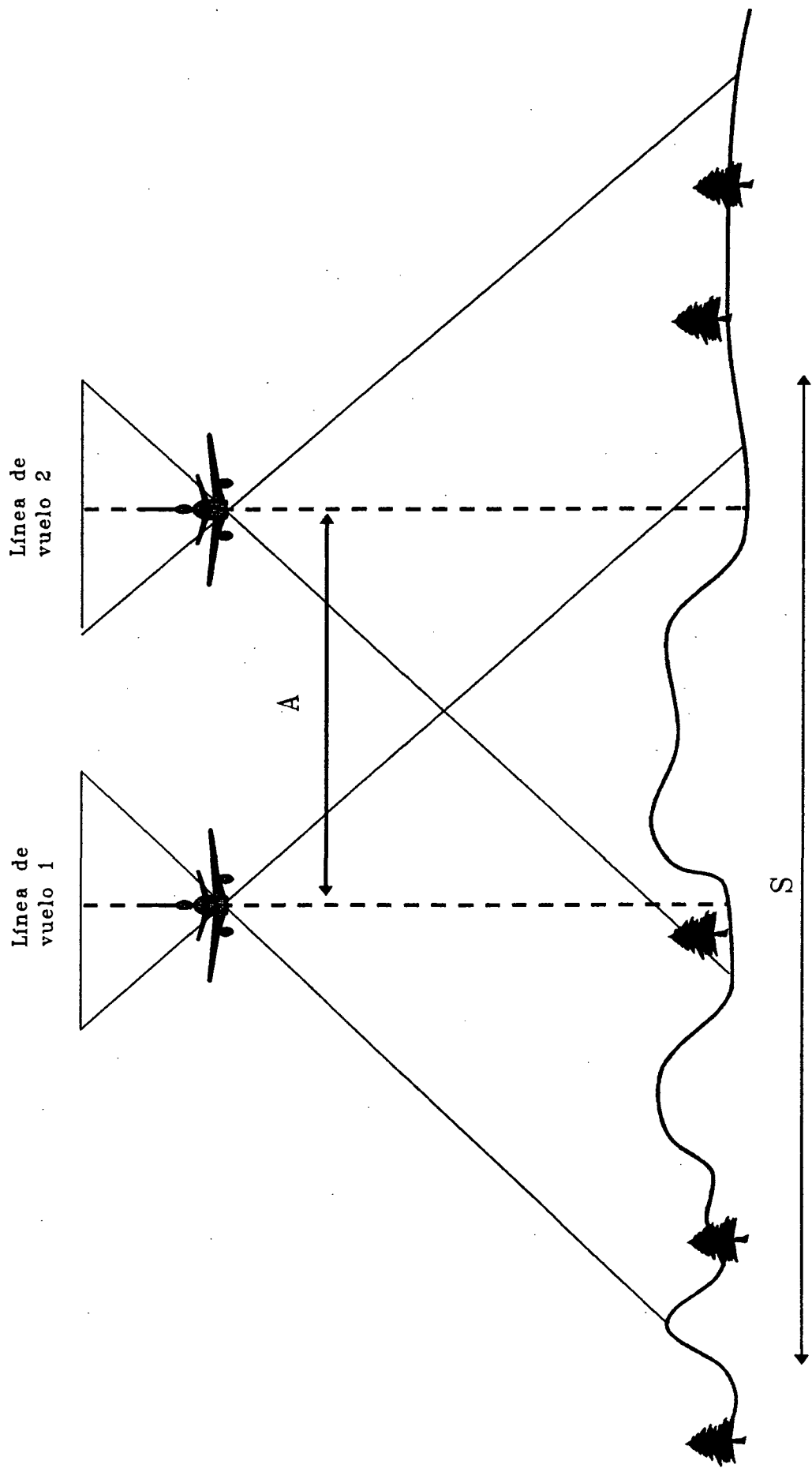


Figura 29A. Separación entre líneas de vuelo (A).

3.3.9.- Determinación de la base en el aire (B).

La base en el aire es la distancia que existe entre cada exposición de una misma línea de vuelo y se calcula de la forma siguiente:

$$B = s E_M (1-u)$$

donde $u = 60 \%$

$$s = 23 \text{ cm.}$$

$$E_M = 1:20\ 000$$

Aplicando la fórmula

$$B = 0.23 \times 20\ 000 (1 - 0.60)$$

$$B = 4\ 600 (0.40) = 1\ 840 \text{ m.}$$

$$B = 1\ 840 \text{ m.*}$$

* Distancia entre cada exposición.

Figura 30.

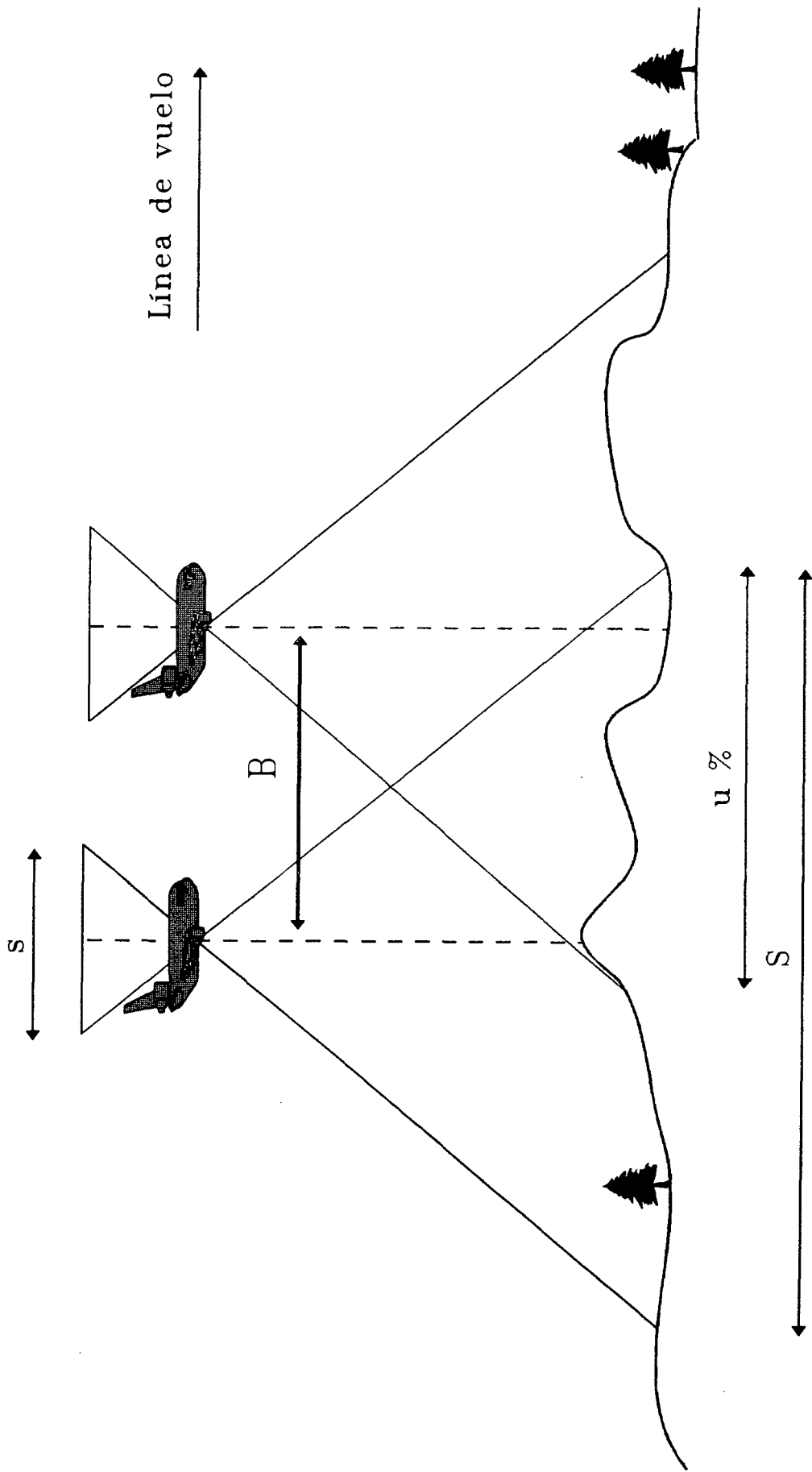


Figura 30. Base en el aire (B).

**3.3.10.- Determinación de la altura media de vuelo sobre
el terreno (Z_M).**

Esta es la distancia que existe entre la distancia principal y el punto medio del terreno.

Se calcula de la siguiente manera:

$$Z_M = c E_M$$

donde $c = 152 \text{ mm}$.

$$E_M = 20\ 000$$

Aplicando la fórmula

$$Z_M = 0.152 \times 20\ 000 = 3\ 040 \text{ m.}$$

$$Z_M = 3\ 040 \text{ m.}^*$$

* Entre el punto medio y la distancia focal.

3.3.11.- Determinación de los valores mínimos y máximos de "Z"
dentro de los cuales se cumplen las especificaciones de escala.

La tolerancia establecida en la escala define limitaciones en los valores de "Z" que a continuación se estudian:

$$\frac{1}{E_M} = \text{Escala media de las fotografías}$$

$$\frac{1}{E_A} = \text{Escala máxima aceptada para el punto más alto "A".}$$

$$\frac{1}{E_B} = \text{Escala mínima aceptada para el punto más bajo "B".}$$

Se calcula de la siguiente manera

$$Z_A = Z_M (1 - X) \quad \text{y} \quad Z_B = Z_M (1 + X)$$

donde $X = 4 \%$

Z_A = valor mínimo de "Z" que cumple la especificación de escala máxima, y elevación máxima.

Z_B = valor máximo de "Z" que cumple la especificación de escala mínima, y elevación mínima.

Aplicando las fórmulas

$$Z_A = 3\,040 (1 - 0.04)$$

$$Z_A = 3\,040 (0.96) = 2\,918.40 \text{ m.}$$

$$Z_A = 2\,918.40 \text{ m.}$$

$$Z_B = 3\,040 (1 + 0.04)$$

$$Z_B = 3\,040 (1.04) = 3\,161.60 \text{ m.}$$

$$Z_B = 3\,161.60 \text{ m.}$$

3.3.12.- Determinación de los valores mínimo y máximo de "Z"

dentro de los cuales se cumplen las especificaciones de

recubrimiento lateral.

La tolerancia establecida del recubrimiento lateral (v) define limitaciones de los valores de "Z".

$$\frac{1}{E_M} = \text{Escala media deseada de las fotografías}$$

$$\frac{1}{E'_A} = \text{Escala máxima correspondiente al plano de recubrimiento lateral mínimo aceptado.}$$

$$\frac{1}{E'_B} = \text{Escala mínima correspondiente al plano de recubrimiento lateral máximo aceptado.}$$

Se calcula de la manera siguiente:

$$Z'_A = Z_M \frac{(1 - v_M)}{(1 - v_A)} \quad Z'_B = Z_M \frac{(1 - v_M)}{(1 - v_B)}$$

donde Z'_A = Valor mínimo de "Z", escala máxima y altura máxima sobre el terreno que cumple con las especificaciones de recubrimiento lateral mínimo.

y Z'_B = Valor de Máximo de "Z", escala mínima y altura mínima sobre el terreno que cumple con las especificaciones de recubrimiento lateral máximo. **Figura 31.**

$$\text{donde } v_A = 15 \% \quad v_B = 35 \% \quad v_M = 25 \%$$

Aplicando las fórmulas

$$Z'_A = 3\,040 \frac{(1 - 0.25)}{(1 - 0.15)} = 3\,040 \times .8823 = 2\,682.19 *$$

* Valor que se puede aproximar por exceso a las decenas.

$$Z'_A = 2\,680 \text{ m.}$$

$$Z'_B = 3\,040 \frac{(1 - 0.25)}{(1 - 0.35)} = 3\,040 \times 1.1538 = 3\,507.55 \text{ m. } *$$

* Valor que se puede aproximar por defecto a las decenas.

$$Z'_B = 3\,510 \text{ m.}$$

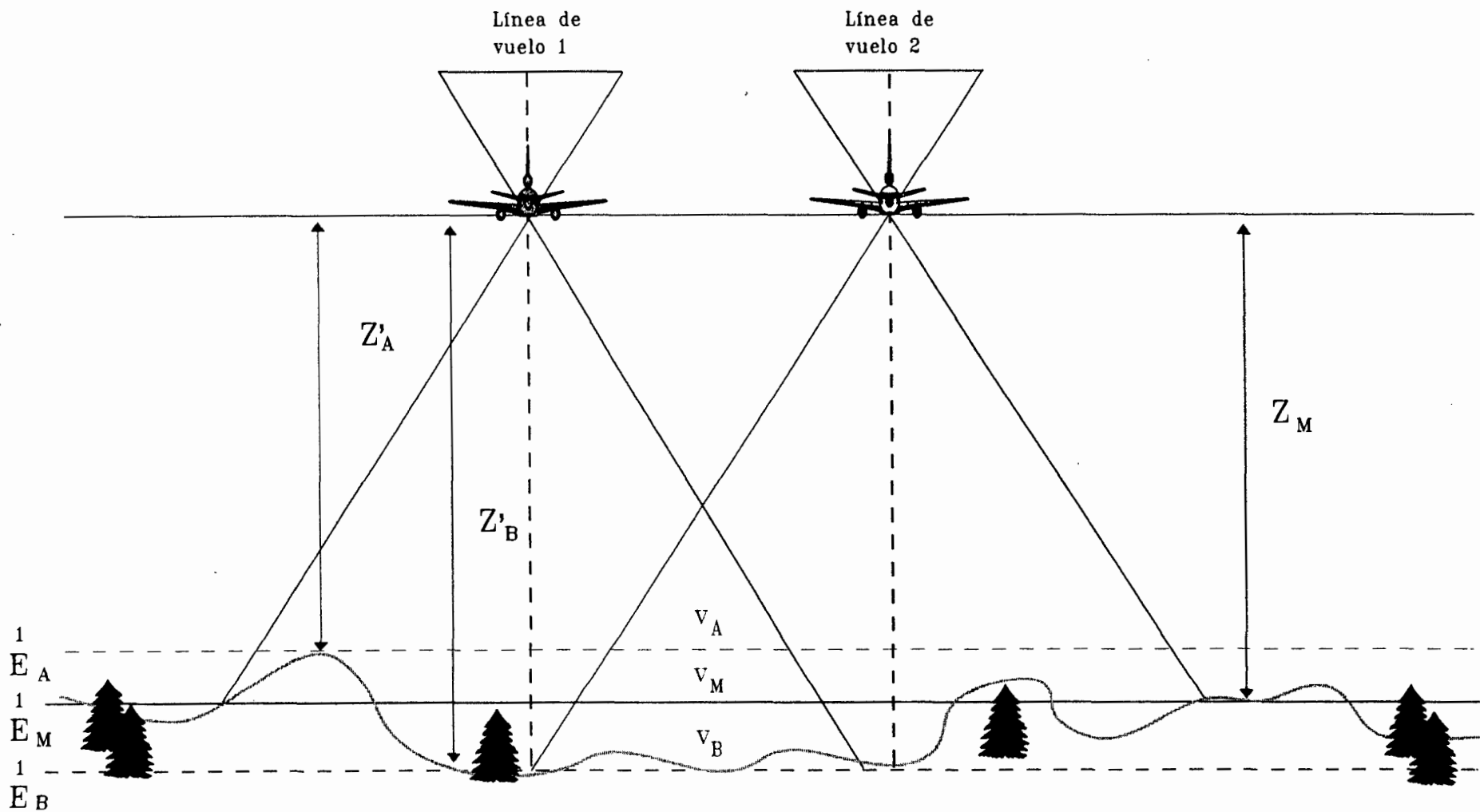


Figura 31. Recubrimiento lateral máximo, mínimo y medio.

3.3.13.- Determinación de los valores mínimos y máximos de "Z" dentro de los cuales se cumplen las especificaciones de escala y recubrimiento lateral simultáneamente.

Hasta el momento se han definido los límites de "Z" dentro de los cuales se conservan las especificaciones de escala y recubrimiento lateral independientemente.

Es necesario determinar finalmente los límites que conserven las dos especificaciones al mismo tiempo.

Lógicamente de los valores de "Z" determinados (Z_A y Z'_A), el mayor de ellos será el que cumpla simultáneamente la especificación de escala máxima y recubrimiento lateral mínimo.

Análogamente los valores máximos de "Z" determinados (Z_B y Z'_B), el menor de ellos será el que cumpla simultáneamente con las especificaciones de escala mínima y recubrimiento lateral máximo. **Figura 32.**

Para determinar el valor de "Zmin" (Altura de vuelo mínima) se analiza cual de los valores de "Z" ésta más cercano a Z_M y éste será el valor mínimo de "Z"

Para la determinación de "Zmax" (Altura de vuelo máxima), se aplica la fórmula siguiente:

$$Z_{\max} = 2 Z_M - Z_{\min}$$

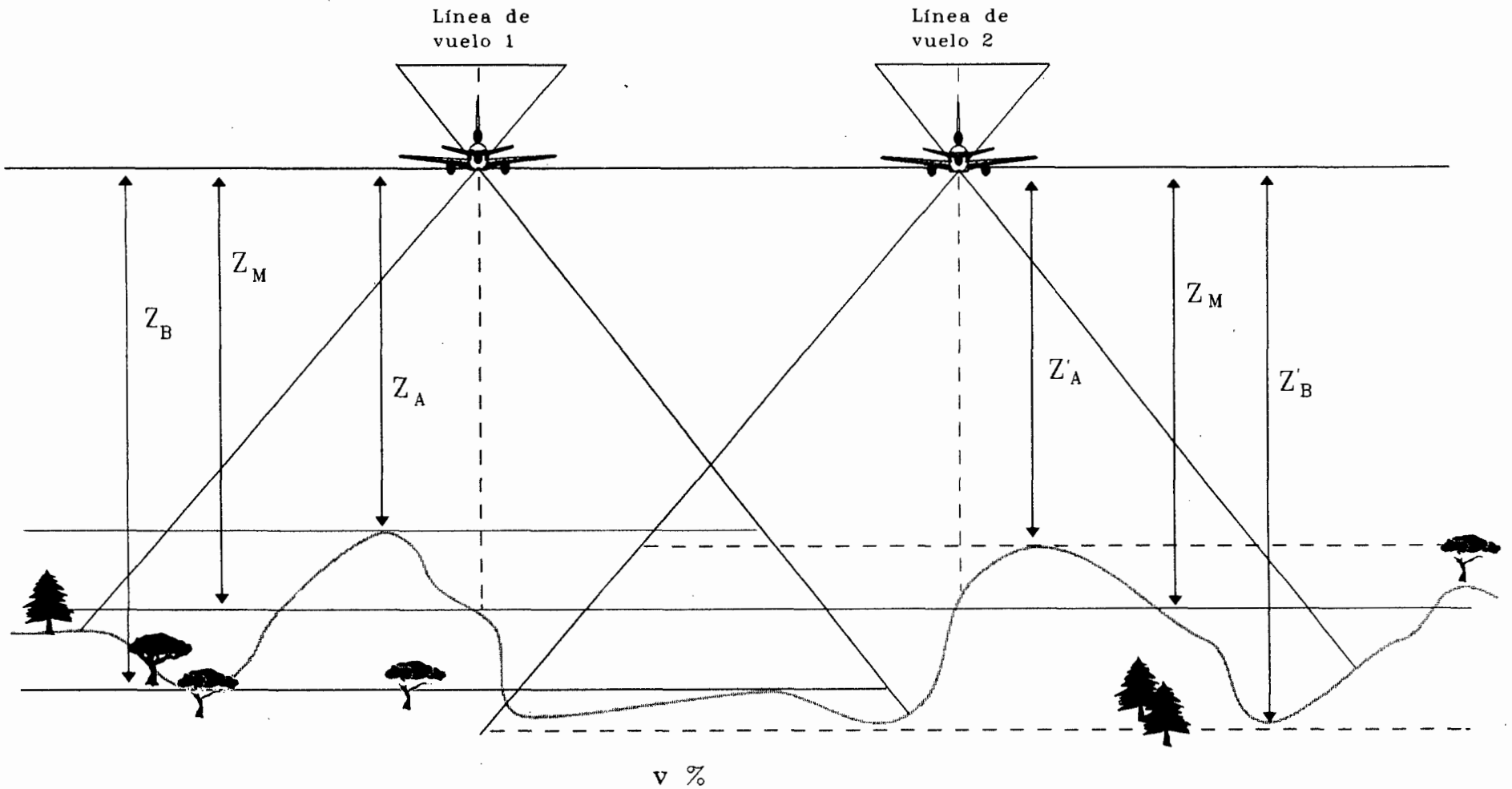


Figura 32. Valores límites de "Z" para cumplir las especificaciones de escala y recubrimiento lateral.

Z_{min} = altura mínima de vuelo sobre el terreno que cumplen simultáneamente la especificación de escala máxima y recubrimiento lateral mínimo.

Z_{max} = altura máxima de vuelo sobre el terreno que cumple simultáneamente la especificación de escala mínima y recubrimiento lateral máximo.

3.3.14.- Cálculo de altura mínima y máxima de vuelo.

$$Z_A = 2\,918.40 \text{ m.} \quad Z_B = 3\,161.60 \text{ m.}$$

$$Z'_A = 2\,680 \text{ m.} \quad Z'_B = 3\,510 \text{ m.}$$

Z_{min} = valor más cercano de Z_M .

$$Z_M - Z_A = Z_{min} \quad Z_B - Z_M = Z_{min}$$

$$Z_{min} = 3\,040 - 2\,918.40 = 121.6 \text{ m.}$$

$$Z_{min} = 3\,161.60 - 3\,040 = 121.6 \text{ m.}$$

$$Z_{min} = 3\,040 - 2\,680 = 360 \text{ m.}$$

$$Z_{min} = 3\,510 - 3\,040 = 470 \text{ m.}$$

$Z_{min} = 2\,918.40 \text{ m.}$ Valor más cercano de Z_M

$$Z_{max} = 2 Z_M - Z_{min}$$

$$Z_{max} = 2 \times 3\,040 - 2\,918.40 = 3\,161.60 \text{ m.}$$

$$Z_{max} = 3\,161.6 \text{ m.}$$

Determinación de las zonas que admiten independientemente una sola altura absoluta de vuelo, cumpliendo las especificaciones de escala y recubrimiento lateral.

Según Murillo (1982), "Tanto la escala como el recubrimiento lateral son funciones de la altura de vuelo sobre el terreno (Z). Estos dos parámetros tienen ciertas tolerancias dentro de las especificaciones exigidas, lo que indica que habrá limitaciones de los valores de " Z " para que se puedan cumplir.

Se deben determinar los límites de " Z " para cumplir por una parte las especificaciones de escala y por otra parte las especificaciones de recubrimiento lateral. Con estos resultados se hará un análisis final buscando se cumplan simultáneamente las dos especificaciones.

Los valores así definidos (Z_{min} y Z_{max}) establecen un rango de diferencia de elevación en el terreno dentro del cual se podrá volar con la misma altura absoluta de vuelo.

Sobre esta base se pueden estudiar los límites de las diferentes zonas".

3.3.15.- Determinación de las zonas que admiten independientemente una sola altura absoluta de vuelo, cumpliendo las especificaciones de escala y recubrimiento lateral.

Se establece el rango máximo de variación de elevación del terreno, el cual determinará las diferentes alturas absolutas de vuelo para cada zona, la cual su diferencia de elevación no debe sobrepasar el rango máximo de variación.

Esto a su vez nos determinará una misma altura absoluta de vuelo (lo ideal sería utilizar una misma altura para todo el área por fotografiar). En muchos casos no será factible admitir una misma altura de vuelo, por lo tanto se debe de buscar el menor número posible de altura absoluta de vuelo.

3.3.16.- Determinación del rango de elevación (AH).

Se calcula de la manera siguiente:

$$AH = Z_{max} - Z_{min}$$

Aplicando la fórmula

$$AH = 3\ 161.60 - 2\ 918.40 = 243.2\ m.$$

$$AH = 243.2\ m.$$

Con el valor definido de AH (Rango de elevación), se establecen las diferentes alturas absolutas de vuelo para cada zona.

Para la escala 1: 20 000 el valor del rango de elevación es de 243.2 m., éste es superior a las franjas 1 y 2, por lo tanto se determina una sola altura absoluta de vuelo, que la comprenden las franjas 1 y 2.

3.3.17.- Determinación de la altura absoluta de vuelo (Z_o)

Para su determinación debe de observarse cual es la cota máxima y mínima dentro de la zona, cuyos valores determinará la elevación media del terreno. Con la elevación media del terreno (H_M) y la altura media de vuelo (Z_M) se determina la altura absoluta de vuelo (Z_o),

Figura 33.

$$H_M = \frac{1}{2} (H_A + H_B)$$

H_M = elevación media del terreno.

H_A = elevación del punto más alto "A".

H_B = elevación del punto más bajo "B".

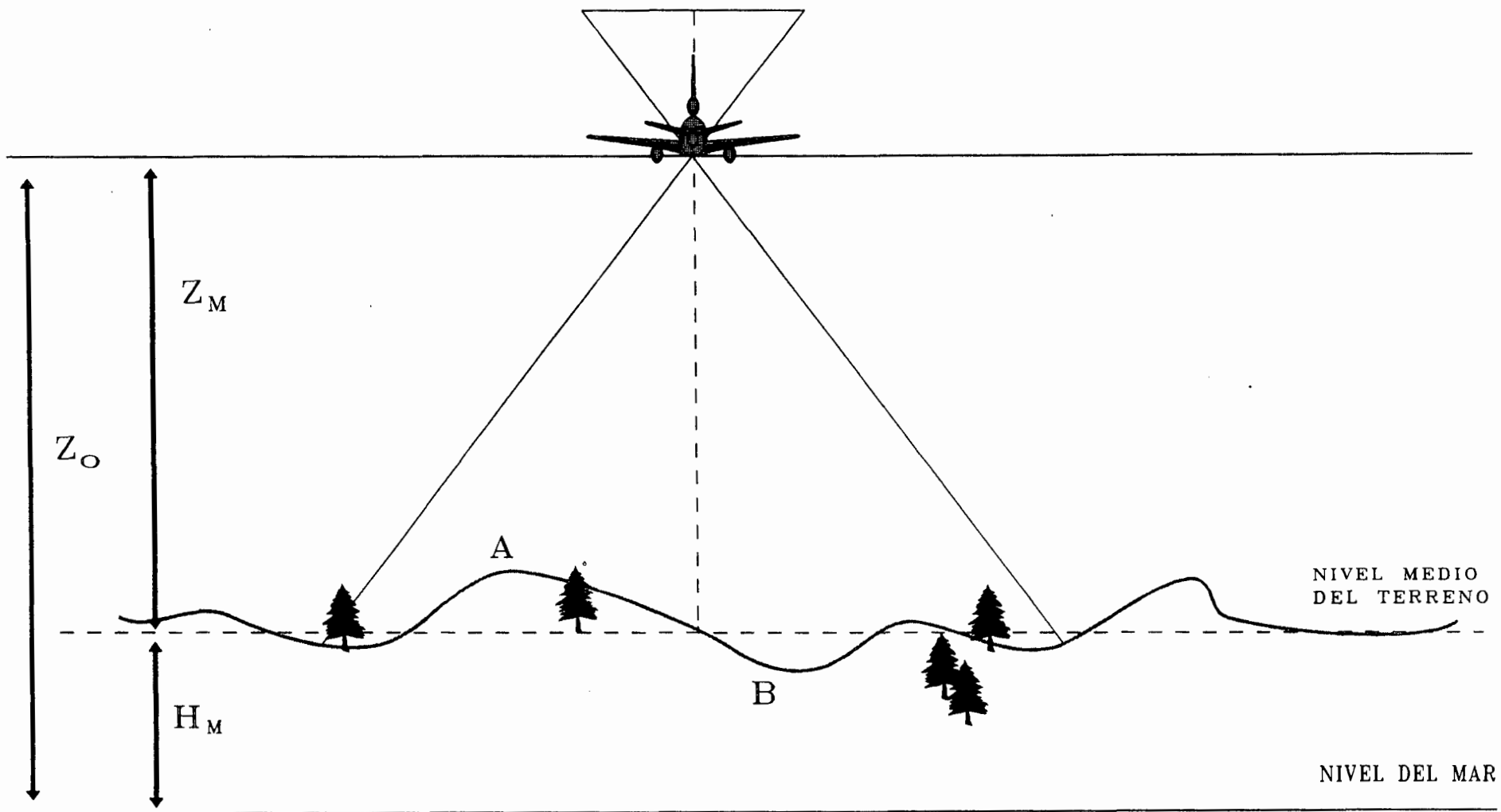


Figura 33. Altura absoluta de vuelo (Z_0).

Aplicando la fórmula para la zona

donde $H_A = 1\,590\text{ m.}$

$$H_B = 1\,380\text{ m.}$$

$$H_M = \frac{1}{2} (1\,590 + 1\,380) = 1\,485\text{ m.}$$

$$H_M = 1\,485\text{ m.}$$

Cálculo de la altura absoluta de vuelo

$$Z_o = Z_M + H_M$$

Aplicando la fórmula para la zona 1

donde $H_M = 1\,485\text{ m.}$ $Z_M = 3\,040\text{ m.}$

$$Z_o = 3\,040 + 1\,485 = 4\,525\text{ m.}$$

$$Z_o = 4\,525\text{ m.}$$

3.3.18.- Verificación de escala para cada zona

Para la verificación de escala máxima y mínima de cada zona y con una misma altura absoluta de vuelo, se debe comprobar que los valores establecidos estén dentro de las especificaciones mencionadas en un principio, determinando así la escala para el punto más alto "A" y para el más bajo "B".

La verificación de escala máxima y mínima para cada zona se calcula de la siguiente manera:

Zona 1 **$Z_0 = 4\ 525\ \text{m.}$** **$c = 152\ \text{mm.}$**

Punto	H (m)	$Z = Z_0 - H$ (m)	$E = \frac{Z}{c}$
A	1 590	2 935	19 309.21
M	1 485	3 040	20 000
B	1 380	3 145	20 690.78

En base a los resultados obtenidos en la zona, se comprueba que la escala máxima y mínima de las fotografías si están dentro de las especificaciones establecidas en un principio de la tolerancia indicada del 4 %.

Los límites de tolerancia de escala serían:

Para límite máximo de escala 1 : 20 800

Para límite mínimo de escala 1 : 19 200

**3.3.19.- Verificación del recubrimiento lateral para
cada zona.**

Para la verificación del recubrimiento lateral máximo y mínimo de cada zona con una misma altura absoluta de vuelo, dichos valores deben de estar dentro de las especificaciones establecidas de tolerancia.

**Cálculo de verificación del recubrimiento lateral
para cada zona.**

Se determina de la manera siguiente:

Zona 1 $Z_0 = 4\ 525\ \text{m.}$ $c = 152\ \text{mm.}$ $A = 3\ 450\ \text{m.}$ $s = 23\ \text{cm.}$

Punto	H (m)	$Z = Z_0 - H$ (m)	$E = \frac{Z}{c}$	$S = sE$ (m)	$v = 1 - \frac{A}{S}$ (%)
A	1 590	2 935	19 309.21	4 441.11	22
M	1 485	3 040	20 000	4 600	25
B	1 380	3 145	20 690.78	4 758.87	27

En base a los resultados obtenidos de la zona se comprueba que el recubrimiento lateral máximo para el punto más bajo "B", y el recubrimiento lateral mínimo para el punto más alto "A", están dentro de las especificaciones establecidas en un principio, las cuales son del 15% y el 35% siendo estos los límites para cada uno de ellos los siguientes:

$$v_A = \frac{v_M - X}{1 - X} \quad v_B = \frac{v_M + X}{1 + X}$$

Aplicando las fórmulas

$$v_A = \frac{0.25 - 0.04}{1 - 0.04} = \frac{0.2100}{0.9600} = 21.87$$

$$v_A = 22 \%$$

$$v_B = \frac{0.25 + 0.04}{1 + 0.04} = \frac{0.2900}{1.0400} = 27.88$$

$$v_B = 28 \%$$

Para el punto más alto "A" igual a 22 %.

Para el punto más bajo "B" igual a 28 %.

**3.3.20.- Cálculo de características fotogramétricas
de las imágenes**

Para la escala 1:20 000 el área cubierta por fotografía (S^2), área neta por fotografía (AN), relación base en el aire/altura media de vuelo (B/Z), e intervalo entre exposiciones (I), (considerando la velocidad del avión (GS) es igual a 300Km/h). se calculan de la manera siguiente:

Area cubierta por fotografía (S^2).

$$S^2 = s^2 E^2$$

Aplicando la fórmula

$$S^2 = 0.23^2 \times 20\,000^2 = 0.0529 \times 400\,000\,000 =$$

$$S^2 = 21\,160\,000 \text{ m}^2. \quad S^2 = 21\,160 \text{ Km}^2.$$

Area neta ganada por fotografía (AN)

Figura 13.

$$AN = s^2 E^2 (1 - u)(1 - v)$$

Aplicando la fórmula

$$AN = 0.23^2 \times 20\,000^2 (1 - 0.60)(1 - 0.25)$$

$$AN = 21\,160\,000 (0.40)(0.75)$$

$$AN = 6\,348\,000 \text{ m}^2.$$

$$AN = 6\,348 \text{ Km}^2.$$

Relación base en el aire (B) / altura media de vuelo (Z_M)

$$\frac{B}{Z_M} = \frac{1\ 840}{3\ 040} = 0.60\ \text{m.}$$

Intervalo entre exposiciones (I)

$$I = \frac{B}{GS}$$

Aplicando la fórmula

$$I = \frac{1\ 840}{300\text{Km/h}} = \frac{1\ 840}{300\ 000/3\ 600} =$$

$$I = \frac{1\ 840}{83.3333} = 22\ \text{seg.}$$

$$I = 22\ \text{seg.}$$

Número de fotografías por línea de vuelo (NLV)

Línea de vuelo 1 = 3 fotos
" " 2 = 4 "

Número total de fotografías (NTF)

NTF = suma de las fotografías de línea de vuelo

$$NTF = 3 + 4 = 7\ \text{fotografías}$$

Distancia del aeropuerto de Guadalajara, al punto de toma de la primera aerofotografía (Latitud N 20° 37' 7'', Longitud W 103° 40' 9'') al área del Bosque Escuela es de 38.750 Km.

3.3.21.- RESULTADOS

Dirección de las líneas de vuelo (a)	$a = N - S$
Ancho de las franjas (S)	$S = 4\ 600\ m.$
Separación entre líneas de vuelo (A)	$A = 3\ 450\ m.$
Base en el aire (B)	$B = 1\ 840\ m.$
Altura media de vuelo sobre el terreno (Z_M)	$Z_M = 3\ 040\ m.$
Valores de "Z" máximo y mínimo dentro de las especificaciones de escala	$Z_A = 2\ 918.40\ m.$ $Z_B = 3\ 161.60\ m.$
Valores de "Z" máxima y mínima dentro de las especificaciones de recubrimiento lateral	$Z'_A = 2\ 680\ m.$ $Z'_B = 3\ 510\ m.$
Altura de vuelo mínima y máxima	$Z_{min} = 2\ 918.40\ m.$ $Z_{max} = 3\ 161.60\ m.$
Elevación media del terreno (H_M)	$H_M = 1\ 485\ m.$
Altura absoluta de vuelo (Z_0)	$Z_0 = 4\ 525\ m.$
Valores de escala	
Punto más alto A	1 : 19 309.21
" medio M	1 : 20 000
" más bajo B	1 : 20 690.78

Límites de tolerancia de escala

Límite máximo de escala	1 : 20 800
Límite mínimo de escala	1 : 19 200

Valores del recubrimiento lateral

Punto más alto A	22%
" medio M	25 %
" más bajo B	27 %

Límites del recubrimiento lateral

Punto más alto A	22 %
" " bajo B	28 %

Area cubierta por fotografía (S^2) **$S^2 = 21\ 160\ \text{Km}^2$.**

Area neta ganada por fotografía (AN) **$AN = 6\ 348\ \text{Km}^2$.**

Relación base en el aire/altura media de vuelo **$B/Z = 0.6\ \text{m}$.**

Intervalo entre exposiciones (I) **$I = 22\ \text{seg}$.**

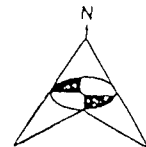
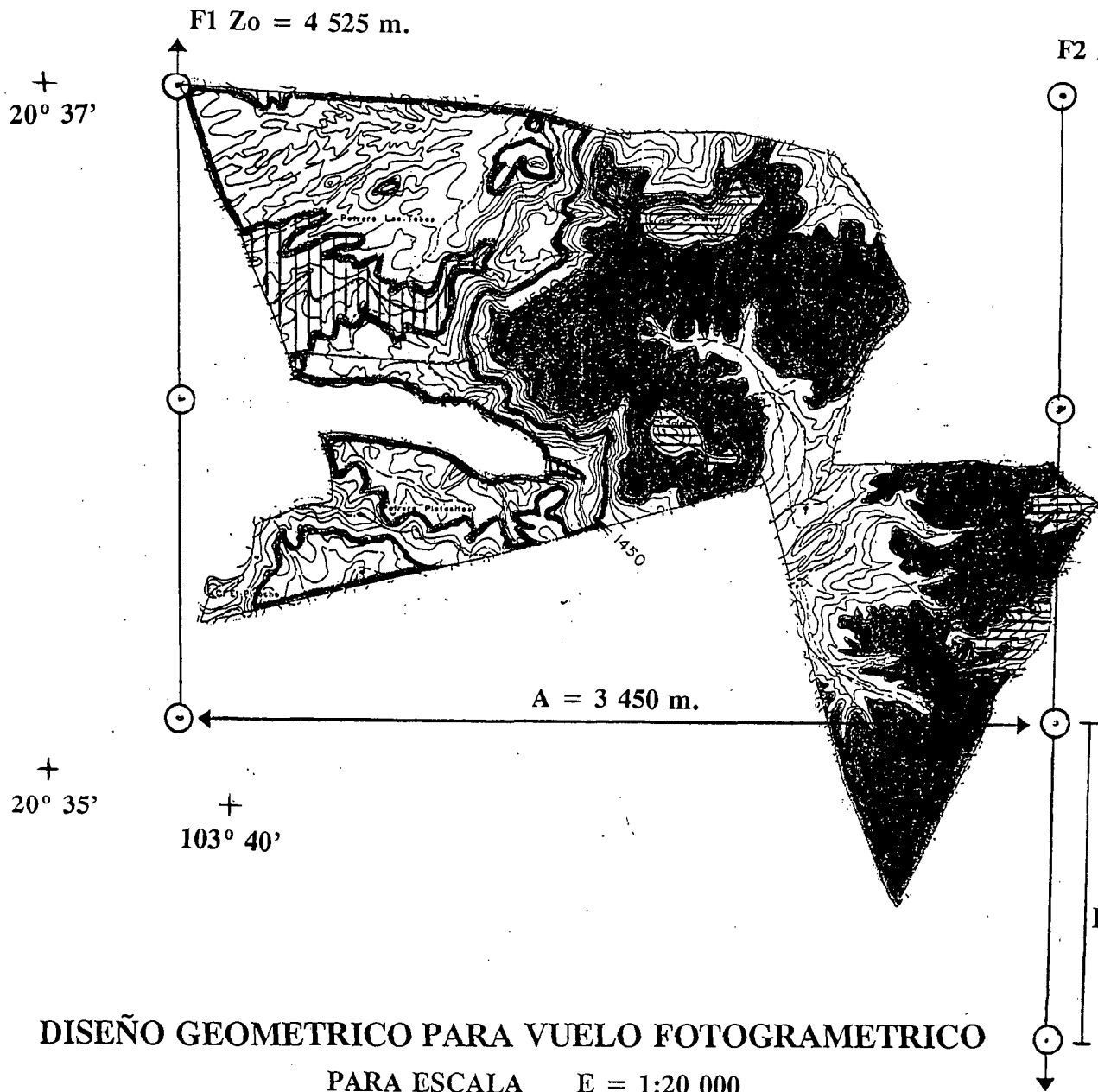
Número de fotografías por línea de vuelo

LV1 = 3 fotos
LV2 = 4 fotos

Número total de fotografías (NTF)

NTF = 7 fotos

Distancia del aeropuerto de Guadalajara Jal., (centro de la pista) al punto de toma de la primera aerofotografía, (Latitud N 20° 37' 7'', Longitud W 103° 40' 9'') del Bosque Escuela del DMCP de la U.de G. **Distancia = 38.750 Km.**



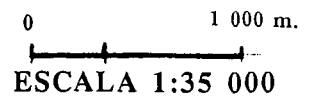
SIMBOLOGIA

	CURVAS DE NIVEL A 10 m.
	CAMINOS
	DIRECCION DE LINEAS DE VUELO N - S
F	NUMERO DE LINEA DE VUELO
	BASE EN EL AIRE
A	SEPARACION ENTRE LINEAS DE VUELO
Zo	ALTURA ABSOLUTA DE VUELO
PLANO DE REFERENCIA	
CARTAS TOPOGRAFICAS F 13 - D 64 TALA,	
F 13 - D 65 GUADALAJARA OESTE. INEGI	

ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR

	1 380 - 1 400 m.
	1 400 - 1 450 m.
	1 450 - 1 500 m.
	1 500 - 1 550 m.
	1 550 - 1 590 m.

DISEÑO GEOMETRICO PARA VUELO FOTOGRAMETRICO
 PARA ESCALA E = 1:20 000



4.- CONCLUSIONES

- a.- Para la Escala 1:5 000 se requieren dos Alturas absolutas de Vuelo, para cumplir con las especificaciones de escala y Recubrimiento lateral.

- b.- Para las Escalas 1:10 000 y 1:20 000 solo se requiere de una sola Altura absoluta de Vuelo, para cumplir con las especificaciones de Escala y Recubrimiento lateral.

- c.- El número de fotografías en cada escala con las especificaciones propuestas en cada diseño es el siguiente:
 - c.1.- Para escala 1:5 000 43 aerofotos.
 - c.2.- Para escala 1:10 000 20 aerofotos.
 - c.3.- Para escala 1:20 000 7 aerofotos.

- d.- Todos los diseños del presente trabajo fueron calculados para cámara gran angular (152 mm.) para cualquier tipo de emulsión fotográfica.

4.1.- APORTACION E INNOVACION

a.- El presente trabajo cumple con la finalidad de aportar a cualquier Institución o persona interesada en la contratación de un Vuelo Fotogramétrico en el área del Bosque Escuela del DMCyP de la UdeG., en la Sierra de la Primavera Jalisco, con la obtención de los datos de control del vuelo con alta precisión y márgenes de tolerancia aceptables, descritos en el presente trabajo para cada una de las escalas, siendo esta aportación de carácter permanente, dado que en tiempo indefinido en el futuro pueden aplicarse, ya que las condiciones de altitudes de la zona de estudio que sirvieron para controlar los datos en cada uno de los diseños son permanentes.

b.- Además el presente trabajo es el primero en su tipo que se realiza con el control necesario de especificaciones para el área de el Bosque Escuela del DMCyP de la UdeG., y que puede ser útil para cualquier tipo de estudios Físicos o Biológicos sobre la corteza terrestre de dicha área.

5.- RECOMENDACIONES.

a.- Para la realización de estudios de Impacto Ambiental, Dasonómicos maderables, Florísticos, Hidrología superficial, Fisiográficos, con fines de Recreación Faunísticos, se recomiendan las tres escalas, y preferentemente para aspectos Biológicos la escala 1:5 000 (de gran detalle). Pudiendo ser preferentemente con la emulsión fotográfica Pancromática y mejor aún a color.

b.- Para estudios Forestales sobre Sanidad Vegetal y Capacidad de sitio por zonas de humedad, así como cuerpos de agua, se recomienda la emulsión fotográfica Infrarrojo falso color.

c.- Para cualquier tipo de película fotográfica y escala debe de preverse para su toma fotográfica correspondiente, que el cielo esté totalmente despejado (sin nubosidad, bruma), y además que sea a una hora del día en que no acuse ni demasiada ni poca sombra, esto es no efectuar vuelos ni a la salida ni a la puesta del sol, ni en el cenit, buscando por ejemplo, alrededor de la 11 a.m. o bien alrededor de la 2 p.m., dependiendo de la estación del año.

Y esto estará de acuerdo también al tipo de estudio que se requiera, siendo más delicada su precisión en cuanto a la cantidad de sombra cuando se trate de evaluar objetos en relieve, por ejemplo la altura de los árboles.

d.- En la contratación del Vuelo Aerofotográfico, deben de quedar perfectamente especificadas las condiciones de control del vuelo, descritas en cada una de las escalas del diseño correspondiente, y evitar al máximo cabeceos y deriva durante el vuelo, a fin de que las imágenes aerofotográficas a obtener resulten con las especificaciones planeadas en el presente trabajo.

Debe de tomarse en cuenta en primera instancia que el avión a sobrevolar la zona de estudio cuente como parte de su equipo con cámara gran angular (152 mm.) para la toma de imágenes aerofotográficas.

6.- LITERATURA CITADA

- 1.- Abud Quintero, Gloria A. 1987.
Aspectos Ecológico y Taxonómico de insectos (Orden Lepidoptera e Hymenoptera) en el Bosque-Escuela de la Sierra de la Primavera.
Tesis de Licenciatura Facultad de Ciencias de la U.de G.. 323 Pág.
- 2.- Deagostini Routin, Daniel. 1984.
Introducción a la Fotogrametría.
CIAF (Centro Interamericano de Fotointerpretación).
Bogotá, Colombia. 267 pag.
- 3.- Hernández A., Efrén; Huerta C., Maximiliano; Crespo R., Marcos. 1992.
Tiempos de Ciencia
Revista de Difusión Científica, Universidad de Guadalajara.
Num. 26 : 50 pag. ; 35 - 36.
- 4.- Herrera H., Bernard. 1983.
Elementos de Fotogrametría.
Colección cuadernos Universitarios, Serie No. 6.
Universidad Autónoma de Chapingo
México, D. F. . 172 pag.

5.- INEGI. 1983.

Guías para la Interpretación de Cartografía.

Secretaría de Programación y Presupuesto

México D. F. 34 pag.

6.- Murillo F., Julio A. 1982.

Diseño Geométrico de un Vuelo Fotogramétrico.

Revista CIAF. Centro Interamericano de Fotointerpretación.

Vol. 7 : 59 - 94 pag.

Bogotá, Colombia.

7.- Strandberg H., Carl. 1975.

Manual de Fotografía aérea.

Ediciones Omega, S. A.

Barcelona, España . 265 pag.

7.- APENDICE

7.1.- GLOSARIO

ALTITUD.- Es la distancia vertical sobre un plano (usualmente al nivel del mar).

ALTURA DE VUELO.- Es la distancia vertical, que hay entre el lente de la cámara fotográfica y el terreno.

ALTURA DE VUELO ABSOLUTA.- Es la distancia vertical entre el plano de referencia (a nivel del mar) y un punto en el espacio (avión), también es definida como la altura de vuelo sobre el nivel del mar.

ALTURA DE VUELO MEDIA.- Es la distancia vertical entre un punto determinado en el terreno y un punto en el espacio (avión), también se puede decir que es la altura de vuelo sobre el plano medio del terreno.

AREA EFECTIVA O NETA.- Parte central de la fotografía, delimitada por la bisección del traslape con las fotografías adyacentes en una serie de líneas de vuelo

AREA FOTOGRAFICA.- Es la distancia entre puntos principales de dos fotografías sucesivas, adyacentes en una serie de líneas de vuelo.

AZIMUT.- Es el ángulo formado por la meridiana del lugar y la línea al punto observado. El azimut puede ser directo o inverso y el valor del mismo es de 0 a 360 grados.

BASE AEREA.- (llamada también base estereoscópica). Es la que une dos estaciones aéreas y se designa con la letra B y su equivalente sobre la fotografía se le llama base en el aire.

CENIT.- Punto del cielo a que corresponde verticalmente otro de la tierra

CAMARA AEREA.- Una cámara especialmente diseñada para usarse en aparatos voladores, difiere de la cámara común y corriente, por el alto grado de precisión y la superioridad de todos los elementos que intervienen en su construcción.

CARTA.- Es un mapa especialmente diseñado para ser utilizado en la navegación.

COBERTURA.- Es un área de la superficie terrestre representada sobre fotografías aéreas, mosaicos o mapas.

COLOR SENSITIVO.- La sensibilidad de una emulsión fotográfica a varias longitudes de onda de la luz.

COTA.- Se designa en Topografía, con el nombre de Cota, al valor numérico de un punto y es la distancia vertical que hay del plano de comparación a dicho punto. Las cotas de los puntos pueden ser: positivas, negativas o nulas, según se encuentren arriba, abajo o en el plano de comparación.

COORDENADAS.- Magnitudes lineales o angulares (usualmente dos dimensiones) que designa la posición que un punto ocupa en un plano o sistema de referencia dado.

CURVA DE NIVEL.- Una línea imaginaria, compuesta de puntos que tienen la misma elevación y esa línea se puede representar, materializándola sobre una superficie.

DATO.- Un elemento de referencia, tal como una línea, un plano o un punto, que relacionamos con la posición de otros elementos que deben ser determinados. También es llamado "plano de referencia".

DEMARCAACION.- Acción de limitar (terreno demarcado).

DISTANCIA FOCAL.- Es la distancia perpendicular entre el plano focal y el punto nodal emergente.

DISTANCIA PRINCIPAL.- La distancia perpendicular del centro de perspectiva al plano de un negativo particular o impresión terminada. Desde el punto de vista teórico la "Distancia principal" debe ser igual al "Distancia focal" de la lente y por ello se le llama indistintamente así.

ELEVACION.- Distancia vertical, entre el nivel del mar y el Punto-Objeto que esté sobre la superficie terrestre.

EMULSION.- Una suspensión de sales de plata altamente sensitiva, usualmente de cloruros o bromuros de plata, en un medio coloidal gelatinoso, usada para proteger (capa protectora) películas fotográficas.

ESCALA.- La relación que existe, entre las líneas representadas en el papel y sus homólogas en el terreno.

ESCALA FOTOGRAFICA.- Es una relación de distancias semejantes medidas en el terreno y en la fotografía.

La escala de una fotografía nunca es exacta, ya que es afectada por las condiciones de toma, la topografía del terreno y otros factores que la constituyen como ,una escala aproximada.

ESCALA MEDIA.- Es la escala a una altura de vuelo media sobre el terreno fotografiado la cual resulta de dividir la distancia focal del lente de la cámara fotográfica entre la altura media de vuelo.

EXPOSICION.- La cantidad total de luz recibida por unidad de área. La exposición puede expresarse como el producto de la iluminación y el tiempo de exposición por unidad de área medida en metros/segundos o bujías/segundo.

FAJA.- Cierta número de fotografías correspondientes a una misma línea de vuelo, tomadas a una altura de vuelo constante.

FOTOGRAFIA AEREA.- Es un instrumento de precisión tomada desde el aire la cual muestra los detalles (naturales y artificiales) de la superficie terrestre. Por medio de esta herramienta se pueden hacer reconocimientos, cuantificaciones (mediciones) e identificaciones de los detalles mostrados en ella.

Se dice que la fotografía aérea es una proyección central, en vista de que por el punto nodal del lente pasan los rayos de luz hacia el negativo.

FOTOGRAMETRIA.- Es el arte, ciencia y tecnología de obtener información confiable, de los objetos físicos y su medio ambiente, a través de procesos de registro, medida e interpretación de imágenes fotográficas y modelos electromagnéticos y de energía radiante y otros fenómenos.

IMAGEN.- La representación de un objeto producida por un fenómeno óptico o por medio de un sistema mecánico o por ambos.

INDICE DE VUELO.-Es el plano o mapa en que se proyectan las líneas de vuelo.

INTERVALO ENTRE CURVAS DE NIVEL.- La diferencia constante entre dos curvas de nivel sucesivas.

LATITUD.- 1) La calidad de una película para indicar la variación en exposición la cual puede ser tolerada sin que detrimento la calidad de la imagen, 2) La variación permisible en el tiempo de revelado recomendado sin que exista una diferencia apreciable en el contraste. 3) La distancia angular (Norte o Sur) del ecuador medida a lo largo de un meridiano.

LENTE.- Una pieza o una combinación de piezas de vidrio u otro material transparente adaptados para formar una imagen mediante la refracción.

LENTE GRAN ANGULAR.- Lente de corta distancia focal utilizado para cubrir una amplia zona de visión, mayor que con un lente normal. Un lente que tiene un ángulo de cobertura entre 75° y 100°.

LENTE NORMAL.- Un lente que tiene un ángulo de cobertura abajo de 75°.

LENTE SUPER GRAN ANGULAR.- Un lente que tiene un ángulo de cobertura más grande de 100°.

LINEA DE VUELO.- La dirección que sigue un avión, para realizar un vuelo fotográfico. También se llama "faja de vuelo".

MAPA.- Una representación sobre una superficie plana, generalmente a escala, de los rasgos físicos (naturales, artificiales o ambos) de una parte o de toda la superficie de la tierra.

MISION FOTOGRAFICA.- Un vuelo particular de una avión, encargado para efectuar un reconocimiento fotográfico.

PELICULA AEREA.- Un rollo de película ancho y largo especialmente diseñado para ser adaptado a una cámara aérea y con el cual se pueden fotografiar grandes extensiones. Los tipos de emulsión usados en estas película son; pancromática, infrarroja y de color.

PELICULA COLOR SENSITIVA.-Película sensitiva a una longitud de onda que no solo abarca la banda del espectro entre 400 y 500 milimicrons, sino que también abarca longitudes de onda larga al igual que la película ortocromática y la pancromática.

PELICULA FALSO COLOR.- Película sensitiva a una longitud de onda que va de 400 a 500 milimicrons, inferior al tercer tono del espectro.

PELICULA INFRARROJA.- Película con una emulsión sensible especialmente a la luz azul, utilizando un filtro rojo muy espeso utilizado para fotografiar con neblina por el gran poder de penetración de la luz infrarroja y por detectar camuflajes, ya que permite diferenciar la vegetación viva con clorofila de la vegetación muerta o pigmentos artificiales. Esta luz se puede extender más allá del espectro visible.

PELICULA ORTOCROMATICA.- Película sensitiva al azul y al verde pero no a la luz roja.

PELICULA PANCROMATICA.- Película sensitiva a una longitud de onda de 400 a 700 milimicrons, involucra la luz visible del espectro incluyendo al rojo y al naranja.

PUNTO PRINCIPAL.- El pie de la perpendicular, el centro de perspectiva al plano de la fotografía.

SOBREPOSICION.- Es el área igual cubierta por dos fotografías consecutivas habitualmente expresada en %; esta sobreposición puede ser: Longitudinal de 55% - 65%, y Lateral de 15% - 30%.

VUELO FOTOGRAFICO.- Un vuelo realizado por un vehículo aéreo para propósitos de toma de fotografías aéreas.

7.2.-FORMULARIO

Tamaño del área fotografiada (longitud).

$$S = s E_M$$

Separación entre líneas de vuelo.

$$A = s E_M (1 - v_M)$$

Base en el aire.

$$B = s E_M (1 - u)$$

Altura media de vuelo.

$$Z_M = c E_M$$

Valores mínimos y máximos de "Z" (escala).

$$Z_A = Z_M (1 + X) \quad Z_B = Z_M (1 + X)$$

Valores mínimos y máximos de "Z" (recubrimiento lateral).

$$Z'_A = Z_M \frac{(1 - v_M)}{(1 - v_A)} \quad Z'_B = \frac{(1 - v_M)}{(1 - v_B)}$$

Altura de vuelo mínima y máxima.

$$Z_M - Z_A = Z_{\min} \quad Z_B - Z_M = Z_{\min} \quad , \quad Z_{\max} = 2 Z_M - Z_{\min}$$

Rango de elevación.

$$AH = \frac{1}{2} (H_A + H_B)$$

Elevación media del terreno.

$$H_M = \frac{1}{2} (H_A + H_B)$$

Altura absoluta de vuelo.

$$Z_0 = Z_M + H_M$$

Verificación de escala para cada zona.

$$Z = Z_0 - H \quad E = \frac{Z}{c}$$

Verificación de recubrimiento lateral para cada zona.

$$Z = Z_0 - H \quad E = \frac{Z}{c} \quad S = s E \quad v = 1 - \frac{A}{S}$$

Verificación de recubrimiento lateral entre fajas con diferente altura absoluta de vuelo.

$$v' = v + \frac{AZ \ 21}{Z \ 21} \quad Av = \frac{AZ}{2Z} \quad v' = v + Av \quad v = 1 - \frac{A}{S}$$

$$Z = Z_0 + H \quad S = s E \quad E = \frac{Z}{c}$$

Determinación de valores límites adecuados de recubrimiento lateral.

$$v_A = \frac{v_M - X}{1 - X} \quad v_B = \frac{v_M + X}{1 + X}$$

Area cubierta por fotografía.

$$S^2 = s^2 E^2$$

Area neta ganada por fotografía.

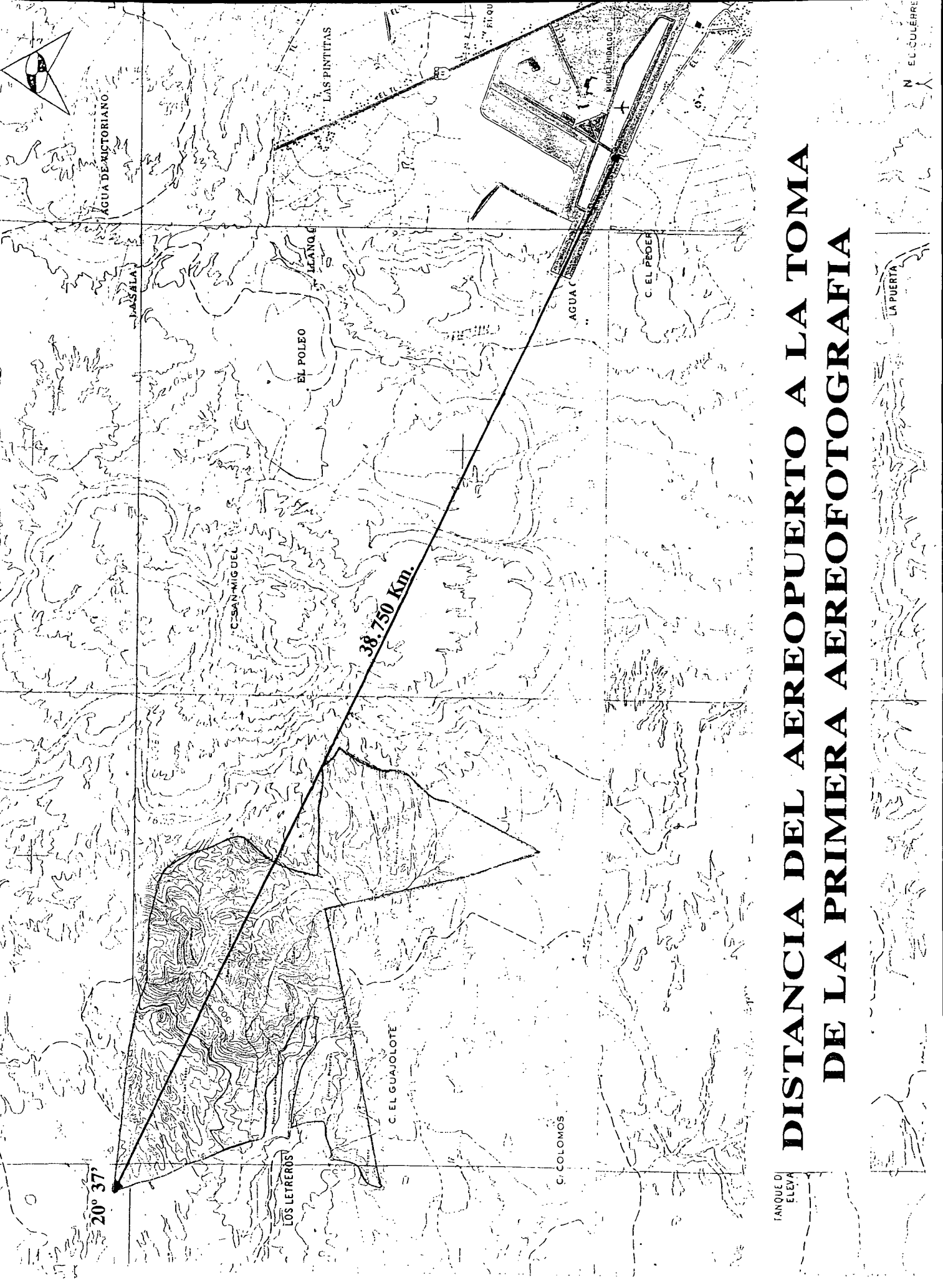
$$AN = s^2 E^2 (1 - u)(1 - v)$$

Relación base en el aire/altura media de vuelo.

$$B/Z_M$$

Intervalo entre exposiciones.

$$I = \frac{B}{GS \text{ Km/h}}$$



20° 37'

38.750 Km.

FANQUE DI
ELEVA

DISTANCIA DEL AEROPUERTO A LA TOMA DE LA PRIMERA AEREOFOTOGRAFIA

LA PUERTA

N
EL CULÉRRER