

5  
2eja



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**“DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SOFTWARE  
PARA INTERPRETACION Y ANALISIS DE  
DATOS DE ESPECTROMETROS DE GOTAS”.**

**T E S I S**

Que para obtener el Título de:

**INGENIERO EN COMPUTACION**

Presentan:

**JAVIER MAURICIO ALVAREZ PIMENTEL  
JAVIER TORREBLANCA BELTRAN**

Director de Tesis:  
**DR. FERNANDO GARCIA GARCIA**



MEXICO, D. F.

1992.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE

1. INTRODUCCION	
1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS	1
1.2 CARACTERISTICAS GENERALES DEL SISTEMA	1
1.3 CONTENIDO DE LA TESIS	2
2. ANTECEDENTES	
2.1 FISICA DE NUBES	3
2.2 FORMACION DE NUBES CALIENTES	4
2.3 FORMACION DE NUBES MIXTAS	6
2.4 PRECIPITACION	8
2.5 INSTRUMENTACION EN FISICA DE NUBES	10
2.6 ESPECTROMETRO DE GOTAS DE DISPERSION FRONTAL (FSSP)	11
2.7 ESPECTROMETROS DE GOTAS DE ARREGLO OPTICO	13
2.8 SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS (DAS)	18
3. HERRAMIENTAS MATEMATICAS	
3.1 AUTOMATAS FINITOS	22
3.2 AUTOMATA FINITO DETERMINISTICO	22
3.3 METODO DE MINIMOS CUADRADOS	24
3.4 METODO NUMERICO DE LIN-BAIRSTOW	28
3.5 ECUACIONES PARA DETERMINACION DE PARAMETROS DE LAS GOTAS	30
3.5.1 VOLUMEN DE MUESTREO	30
3.5.2 DIAMETRO EQUIVALENTE	32
3.5.3 VELOCIDAD TERMINAL	33
3.5.4 CONCENTRACION Y CONTENIDO DE AGUA LIQUIDA	35
3.5.5 PARAMETROS FISICOS INVOLUCRADOS	35
4. DESCRIPCION DEL SISTEMA	
4.1 OBJETIVOS GENERALES DEL SISTEMA	37
4.2 BAJAR INFORMACION DE CINTA	37
4.3 VER CONTENIDO DEL ARCHIVO	37
4.4 VER IMAGENES DE GOTAS	38
4.5 CONTEO DE GOTAS	42
4.6 GENERACION DE RESULTADOS	51

<b>5. PRUEBAS</b>	
<b>5.1 VERIFICACION DEL CONTENIDO DE LA CINTA</b>	<b>58</b>
<b>5.2 VERIFICACION DEL RECONOCIMIENTO DE IMAGENES</b>	<b>58</b>
<b>5.3 VERIFICACION DEL FUNCIONAMIENTO DE TODAS LAS RUTINAS COMO UN SISTEMA</b>	<b>59</b>
<b>5.4 RESULTADOS</b>	<b>60</b>
<b>6. CONCLUSIONES</b>	<b>66</b>
<b>7. APENDICE</b>	
<b>A.1 PSEUDOCODIGO</b>	<b>68</b>
<b>A.2 VARIABLES</b>	<b>130</b>
<b>8. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA</b>	<b>148</b>

## **INTRODUCCION**

---

### **1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS**

La Sección de Física de Nubes del Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA) de la Universidad Nacional Autónoma de México cuenta con tres espectrómetros de gotas, uno de ellos de dispersión frontal (FSSP) y los otros dos denominados de arreglo óptico (OAP'S). El presente trabajo de tesis tiene dos objetivos: 1. Diseñar e implementar un sistema de software que permita interpretar y analizar datos obtenidos con los espectrómetros mencionados, tanto en plataformas móviles (terrestres y aéreas) como fijas (en tierra) y 2. Aplicar técnicas de Ingeniería de Programación y herramientas matemáticas para el desarrollo del sistema.

Es importante mencionar que los trabajos de investigación realizados en la Sección de Física de Nubes del CCA, que se apoyan en el uso de los espectrómetros, están dando lugar al desarrollo de conocimientos de frontera en el campo de la Microfísica de Nubes.

### **1.2 CARACTERISTICAS GENERALES DEL SISTEMA**

El Sistema de Software fue desarrollado en un sistema Microvax-3400, bajo un ambiente de sistema operativo VMS. Se implementó en lenguaje C, del ambiente VMS, el cual presentó las características apropiadas para dar solución a nuestras necesidades. La utilización de dicho lenguaje dió como resultado más rapidez de procesamiento, mayor versatilidad en el manejo de recursos y, sobre todo, la capacidad de una integración modular de rutinas que permiten de esta forma un fácil acceso a ellas, por parte del programador, para futuras actualizaciones o modificaciones.

El sistema interactúa con cintas magnéticas de carrete como medio para obtener la información que será procesada, además de utilizar cintas magnéticas de cartucho TK-70 como medio para respaldar la información requerida. Nuestro programa tiene una capacidad de 138504 bytes que son equivalentes a 271 bloques en el sistema VMS.

### 1.3 CONTENIDO DE LA TESIS

La presente tesis consta de seis capítulos, una lista bibliográfica y un apéndice.

En el presente capítulo (Introducción) se explican a grandes rasgos los objetivos, la necesidad del sistema objeto de esta Tesis, la importancia que tiene para el área de Física de Nubes, y las características generales y recursos empleados en el sistema.

En el capítulo 2 (Antecedentes) se presentan los fundamentos necesarios de Física de Nubes, así como una descripción general de algunas técnicas de medición en el área y de los principios de operación de los equipos y sistemas de adquisición de datos empleados.

En el capítulo 3 (Herramientas Matemáticas) se describen las herramientas matemáticas y de Ingeniería en Computación empleadas para dar solución al problema.

En el capítulo 4 (Descripción del Sistema) se detallan cada una de las etapas de que consta el sistema de software desarrollado, y se explican el análisis y la solución logrados al problema, así como los resultados de programación alcanzados para dar lugar al software requerido.

En el capítulo 5 (Pruebas y Resultados) se describen las pruebas llevadas a cabo con el sistema y la liberación del mismo.

En el capítulo 6 (Conclusiones) se proporcionan los puntos de vista de la presente tesis, incluyendo comentarios, observaciones y sugerencias hechas por los autores, para dar una visión más concisa del software desarrollado y sus alcances.

En la Sección de Referencias y Bibliografía se da una lista de aquellos libros, artículos y revistas utilizadas para el desarrollo de la tesis.

Finalmente, el Apéndice contiene el pseudocódigo correspondiente al software desarrollado.

## ANTECEDENTES

---

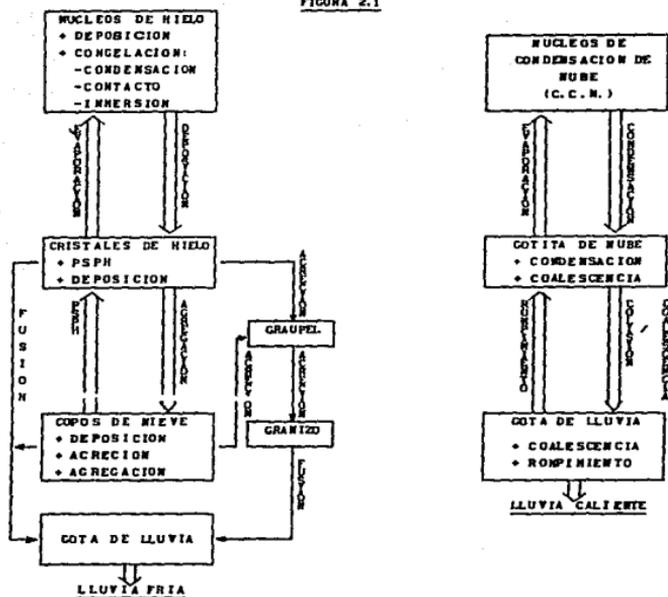
### 2.1 FISICA DE NUBES

La Física de Nubes estudia los procesos que dan lugar a la formación y evolución de los sistemas nubosos y de la precipitación, así como su relación con el medio circundante.

La importancia de esta ciencia radica en sus posibles aplicaciones para el aprovechamiento de un recurso natural indispensable como lo es el agua. Desde tiempos remotos las antiguas civilizaciones buscaron regiones donde hubiera agua para establecerse, pues los organismos vivos requieren de ella para su funcionamiento. Con el advenimiento de la agricultura y, más adelante, de la industria, la necesidad de los recursos hidráulicos fue en aumento debido al crecimiento de la población, y el agua se ha vuelto escasa en algunas regiones. Además, existen regiones en el mundo donde la población se ha tenido que adaptar a la falta de agua (desiertos) o al azote de las tormentas más severas. Aunque la modificación artificial de las nubes se ha intentado desde tiempos tan remotos como los de la Antigua China, es a partir de la década de los años 1940 cuando los meteorólogos empezaron a desarrollar esquemas formales y con bases científicas no solamente para modificar sino también para controlar el estado del tiempo. Con ello, se pretende incrementar la lluvia, suprimir el daño del granizo, alterar el curso de diversas tormentas, suprimir niebla, etc.

La Física de Nubes puede dividirse en dos ramas: la Microfísica, que enfoca el problema de la formación y evolución de las nubes y la precipitación desde el punto de vista de las partículas que las constituyen; y la Dinámica, que estudia los fenómenos considerando a la nube como un todo y sus interacciones con sus alrededores. Por otro lado, se puede hablar de dos procesos fundamentales para la formación de nubes y precipitación. El primero, llamado lluvia caliente, es aquél en el cual la fase sólida del agua (hielo) no interviene. El segundo, conocido como lluvia fría, requiere de la presencia del hielo. La Figura 2.1 muestra esquemáticamente la evolución microfísica de las nubes y la precipitación en cada uno de los dos procesos mencionados.

FIGURA 2.1



En lo que sigue, se describirán en detalle los procesos microfísicos de formación de lluvia caliente y lluvia fría, así como algunas técnicas de medición de diferentes parámetros de interés.

## 2.2 FORMACION DE NUBES CALIENTES

Una nube es una colección de diminutas partículas de agua o hielo. En este apartado se describirán los procesos de formación de

nubes compuestas de agua líquida, conocidas como nubes calientes. Antes de iniciar el estudio del mecanismo de formación, se describirán algunos conceptos básicos.

En el aire existe vapor de agua, que es el elemento fundamental para la formación de nubes. Para que el vapor se convierta en una gota de agua, es necesario que varias partículas del vapor se unan, es decir, se condensen. En la vida diaria, se puede observar que el vapor de agua del aire se condensa en la superficie de un espejo, lo cual ocurre cuando el aire circundante al espejo es enfriado. Se dice que dicho enfriamiento provoca un aumento en la humedad relativa, que es la razón entre la cantidad de vapor de agua presente en el aire a una temperatura dada y la cantidad de vapor de agua que podría mantener el aire a la misma temperatura. Cuando la humedad relativa alcanza un valor del 100%, se dice que el aire está saturado y la condensación inicia. Cuando el aire contiene más vapor de agua que la cantidad que podría tener en saturación, se dice que está sobresaturado.

En el caso de la atmósfera libre, no es suficiente alcanzar una cierta sobresaturación para que la condensación ocurra, sino que además se requiere de la presencia de un cierto tipo de partículas que se denominan núcleos de condensación de nube ( C.C.N. ). Un C.C.N. es una partícula sólida o líquida suspendida en la atmósfera compuesta de substancias diferentes al agua, y que tiene la cualidad de que en ella se condensa vapor de agua dada una cierta sobresaturación respecto al líquido.

Es importante aclarar dos puntos. Primero, sin la presencia de los C.C.N. no sería posible la condensación de vapor en gotitas de agua líquida dadas las condiciones termodinámicas de la atmósfera. Segundo, los C.C.N. son aerosoles atmosféricos (partículas sólidas o líquidas suspendidas en la atmósfera) pero no todos los aerosoles actúan como núcleos de condensación de nube. Además, existe una gran variedad de C.C.N., unos más eficientes que otros ya sea porque tienen una alta afinidad por moléculas de agua o porque crecen en la nube a humedades por debajo del 100%. Los C.C.N. más abundantes son la sal común, el sulfato de amonio y algunas partículas del suelo acarreadas por el viento.

En Física de Nubes, la clasificación más común para los aerosoles atmosféricos es aquella en términos de su tamaño, como sigue: Núcleos Aitken (diámetros menores a 0.2 micras), Núcleos Grandes (diámetros entre 0.2 y 2 micras) y Núcleos Gigantes (diámetros mayores a 2 micras).

En general, el número total de aerosoles suspendidos en la atmósfera por unidad de volumen disminuye conforme el tamaño de la partícula aumenta. De este modo, una nube típica tendrá relativamente pocos núcleos gigantes comparados con el número de gotas de nube. En cuanto a su composición, los núcleos Aitken están formados de diferentes materiales producidos por actividades industriales y, debido a sus muy pequeños tamaños, usualmente no proporcionan una fuente importante de C.C.N.. Por otra parte, su concentración es cinco veces más grande sobre los continentes que en los océanos, lo que indica el carácter continental de sus fuentes. En su mayor parte, los núcleos grandes están compuestos de sulfatos, mientras que los núcleos gigantes son generalmente partículas de sal del mar.

Una vez que la condensación se inicia sobre un C.C.N., y si la humedad relativa es más grande que un cierto valor umbral, la gotita de nube crecerá por condensación. Por el contrario, si la humedad relativa es menor que el valor umbral, la gotita se evaporará. Entonces, el crecimiento de una gota de nube depende en buena medida del tamaño y composición del núcleo original y de la humedad del aire. Si la humedad relativa se mantiene a un valor ligeramente más grande que el 100%, la condensación continuará y la gotita de nube seguirá creciendo de manera espontánea. Este proceso corresponde a la etapa más temprana del crecimiento de la gota.

### 2.3 FORMACION DE NUBES FRIAS (nubes de hielo y nubes mixtas)

Una nube que se extiende arriba del nivel de los 0°C es llamada nube fría, la cual se puede clasificar como nube de hielo o nube mixta. La nube de hielo está formada de una colección de diminutas partículas de hielo mientras que la nube mixta está formada de partículas de hielo y de gotitas sobreenfriadas, que son gotitas de agua líquida que pueden existir a temperaturas por debajo de los 0°C. Al

igual que las nubes calientes, las nubes frías también se forman en la presencia de núcleos, denominados núcleos de hielo. Estos se agrupan en: núcleos de congelación, los cuales provocan la congelación de gotitas de nube sobreenfriadas previamente formadas por otros mecanismos; y núcleos de deposición, que sirven como centros sobre los cuales los cristales de hielo se forman directamente de la fase vapor. Esto último ocurre cuando el aire está sobresaturado con respecto al hielo y la temperatura es lo suficientemente baja. Las características que debe tener el núcleo de deposición es que debe tener espacios moleculares y arreglos cristalográficos similares al hielo, el cual tiene estructura hexagonal, además de ser virtualmente insolubles en agua. Típicos elementos nucleantes de hielo son algunas partículas inorgánicas del suelo, principalmente arcillas que pueden nuclear a temperaturas bastante altas (ésto es, arriba de  $-15^{\circ}\text{C}$ ) como la kaolinita y la montorillonita. Recientemente se ha observado que las hojas de planta podridas y el agua de mar rica en plancton contienen abundantes núcleos de hielo activos a  $-4^{\circ}\text{C}$ .

Una vez formadas, las partículas de hielo pueden tener tres formas de crecimiento: crecimiento de la fase de vapor, crecimiento por escarchado (acreción) y crecimiento por agregación.

**Crecimiento de la fase de vapor:** En una nube mixta dominada por gotitas sobreenfriadas, el aire está cerca del punto de saturación con respecto al agua líquida y, por lo consiguiente, sobresaturado con respecto al hielo. En consecuencia los cristales de hielo crecen de la fase de vapor más rápidamente en comparación con las gotitas. Los cristales que crecen en esta fase pueden asumir una amplia variedad de formas (por ejemplo, platos hexagonales planos o columnas con sección transversal hexagonal) que dependen de la temperatura y humedad a la cual crecen.

**Crecimiento por escarchado (acreción):** En una nube mixta, las partículas de hielo aumentan de tamaño por el choque con gotitas sobreenfriadas, las cuales se congelan sobre ellas. Esto conduce a la formación de varias estructuras (aguja escarchada, columnas densamente escarchadas, platos densamente escarchados y estrellas escarchadas). Cuando el escarchamiento prosigue más allá de una cierta etapa, se vuelve difícil de discernir la forma original del cristal de hielo, y

entonces la partícula es nombrada graupel. El granizo representa un caso extremo del crecimiento de las partículas de hielo por escarchado.

Crecimiento por agregación: En este mecanismo las partículas de hielo crecen por choque y agregación de unas con otras. El que dos partículas de hielo se adhieran o no cuando chocan depende del tipo de partículas de hielo involucradas en la colisión y de la temperatura ambiente.

## 2.4 PRECIPITACION

A fin de producir una cantidad apreciable de precipitación (lluvia o nieve), una corriente de aire ascendente debe proporcionar una fuente continua y plena de humedad a la nube. Las nubes que tienen el suministro adecuado de vapor de agua deben procesarlo en precipitación. La condensación sobre gotas líquidas, aunque importante en las etapas tempranas del crecimiento de la gota, no puede producir gotas de lluvia en tiempos realistas.

Antes de continuar se describirán algunos conceptos básicos. La diferencia entre una gota de lluvia y una de nube es su tamaño, es decir, su radio, siendo su deslinde convencional las 100 micras. El diámetro promedio de gotas de nube es 20 micras, mientras que el de gotas de lluvia es 2 milímetros (2000 micras). Una gota al caer es afectada por la fuerza de gravedad y por la fuerza de resistencia del aire. A fin de que una gota que cae "atrape" a otras gotas más pequeñas, primero tiene que colisionar con ellas, y el choque de esas gotas depende críticamente de la posición relativa y del radio de las gotitas. Es posible calcular la razón del número de gotas de un tamaño específico que chocan con una gota grande, al número total de gotas del mismo tamaño que inicialmente se encuentran dentro del volumen barrido por la gota colectora en su caída. Esta razón es llamada eficiencia de colisión, y depende de varios factores, incluyendo el tamaño de las gotas así como las propiedades del aire. La razón de número de gotas que se "adhieren" al número de gotas que chocan con la gota grande, es llamada eficiencia de coalescencia. Experimentos de laboratorio muestran que la coalescencia ocurre fácilmente en presencia de un fuerte campo eléctrico, y viceversa. Se sabe, además, que el producto de las

eficiencias de colisión y coalescencia, llamado eficiencia de captura, se incrementa con el radio de la gota colectora y la velocidad relativa. El mecanismo descrito, conocido como colisión-coalescencia, es indispensable para la formación de precipitación en nubes calientes.

El mecanismo de formación de precipitación en nubes frías es llamado de Wegener-Bergeron-Findeisen. En este proceso se considera una nube en la cual una fuente activa de vapor de agua es proporcionada por una corriente de aire ascendente. Si dicha corriente de aire causa que la temperatura en la nube disminuya uniformemente, ésta alcanzará valores por debajo de los  $0^{\circ}\text{C}$  y la condensación tomará lugar sobre las gotitas de agua sobreenfriada. A temperaturas entre los  $-10^{\circ}\text{C}$  y  $-20^{\circ}\text{C}$ , los núcleos de hielo presentes en la nube pueden iniciar la formación de cristales de hielo. De acuerdo a su velocidad de crecimiento a expensas de las gotitas de agua sobreenfriada, las partículas de hielo alcanzarán tamaños suficientes para caer con respecto al aire circundante, y el proceso de agregación se iniciará. Cuando las temperaturas de la superficie terrestre están por debajo de la temperatura de congelamiento, los agregados de cristales de hielo llegan a tierra en forma de nieve. Cuando la temperatura cerca de la superficie terrestre está arriba de los  $0^{\circ}\text{C}$ , la nieve se derrite y obtenemos lluvia.

Antes que el cristal o el copo alcancen la superficie, pueden derretirse para formar una gota de agua de la misma masa. Durante su caída, sin embargo, la gota puede evaporarse parcialmente porque el aire bajo la nube no está saturado. Por esta razón, las gotas pueden disminuir sus tamaños entre la base de la nube y la superficie terrestre y, en muchos casos, se evaporarán totalmente antes de alcanzar la superficie terrestre.

El crecimiento por deposición (temperatura por debajo de la temperatura de congelamiento y humedad suficiente para saturar el aire) es, desde luego, el más importante en la etapa temprana cuando la velocidad de caída de los cristales es pequeña. En nubes mixtas, sin embargo, al alcanzar los cristales un tamaño tal que caen en relación al aire circundante, éstos empiezan a crecer primariamente por acreción. Si la temperatura es baja o la acreción es lenta, las gotas sobreenfriadas se congelan después de ser atrapadas por los cristales. Pero si la temperatura es solamente de unos pocos grados bajo cero y si la acreción

es rápida, el calor latente de congelación puede ser liberado tan rápidamente que la temperatura de la partícula se levanta a 0°C y el agua atrapada permanece líquida. En su caída, las partículas de hielo pueden eyectar agua líquida en forma de gotas, las cuales luego pueden reincorporarse a la nube e iniciar nuevamente todo el proceso de formación de precipitación.

## 2.5 INSTRUMENTACION EN FISICA DE NUBES

Para entender los procesos de formación y desarrollo de nubes y precipitación, es necesario establecer qué partículas se desean medir (CCN, núcleos de hielo, gotitas de nube, gotas de precipitación o partículas de hielo; cristales de hielo, copos de nieve, graupel y granizo) y los parámetros (tamaños, formas, concentraciones o contenido de agua líquida) que las caracterizan.

Las mediciones de hidrometeoros es en general difícil, principalmente porque no existe un solo aparato o una sola técnica que permita caracterizar todas las partículas y parámetros simultáneamente. Además hay que tener presente si la técnica o aparato necesita cierto tipo de plataforma de muestreo (móvil: avión o vehículo terrestre; o fija: en tierra).

Generalmente, diferentes técnicas y aparatos de medición se combinan para caracterizar un cierto tipo de partículas de interés. Algunas de las técnicas y aparatos utilizados comúnmente en estudios de Física de Nubes son: impactación (colectar partículas sobre una superficie previamente tratada con un sustrato y medir las marcas que dejan las partículas), cámaras de difusión y de expansión, anemometría de alambre caliente, técnicas holográficas y fotográficas, aparatos mecánico-electrónicos (disdrómetros), técnicas de dispersión de luz (óptico-electrónicas) y de discriminación de fases por polarización. Estas dos últimas técnicas son las que utilizan los espectrómetros de gotas, ya que la sombra que produce la partícula al interactuar con un haz de luz incidente se estudia de acuerdo a la difracción (desviación de la trayectoria de la luz al interactuar con la "frontera" de un objeto) o a la dispersión de luz (separación o descomposición de la luz al interactuar con un medio). Además, se pueda obtener una "fotografía"

en dos dimensiones de la partícula debido a que la trayectoria de la sombra sobre un arreglo de fotodiodos puede ser observada a una cierta frecuencia y analizada. Esto último se logra con espectrómetros de arreglo óptico.

De la información obtenida mediante estas técnicas, es posible deducir el tamaño y la concentración de partículas. A continuación se describirá el funcionamiento de cada uno de los espectrómetros con que se cuenta, así como los sistemas de adquisición y grabación de datos.

## 2.6 ESPECTROMETRO DE GOTAS DE DISPERSION FRONTAL (FSSP)

El uso de espectrómetros de gotas para estudios de microfísica de nubes en laboratorios aéreos y terrestres, tanto fijos como móviles, ha sido de gran utilidad en años recientes. El FSSP es capaz de muestrear partículas con velocidades entre 10 y 125 m s<sup>-1</sup> y diámetros entre 0.5 y 47  $\mu\text{m}$  en 4 rangos diferentes (0.5 a 8, 1 a 16, 2 a 32, y 2 a 47  $\mu\text{m}$ ), clasificándolas en 15 canales (o tamaños) por rango. La salida digital del equipo proporciona el tamaño de la partícula en código binario que, con un sistema de adquisición de datos e interfase adecuados, puede ser grabada en cinta magnética para su análisis posterior.

Originalmente diseñado para ser montado en un avión, al FSSP de fabricación comercial se le han implementado mejoras al paso de los años. Además, diferentes usuarios han hecho modificaciones a sus respectivos espectrómetros. Por estas razones no existen dos equipos cuyas características de respuesta sean idénticas, lo que hace necesario evaluar las limitaciones de funcionamiento propias y calibrar cada FSSP en particular.

El FSSP cuenta con una región de muestreo (Fig. 2.2) iluminada por un rayo láser de He-Ne de longitud de onda 0.6328 micras, el cual es interceptado por partículas en el flujo al que el equipo queda expuesto. La luz dispersada por cada partícula (gotitas de nube, aerosoles) es detectada en un ángulo sólido definido por el diámetro del punto ciego, la distancia de la partícula a éste, y la apertura del tubo de muestreo. La luz pasa entonces por un prisma y lentes colectoras y es

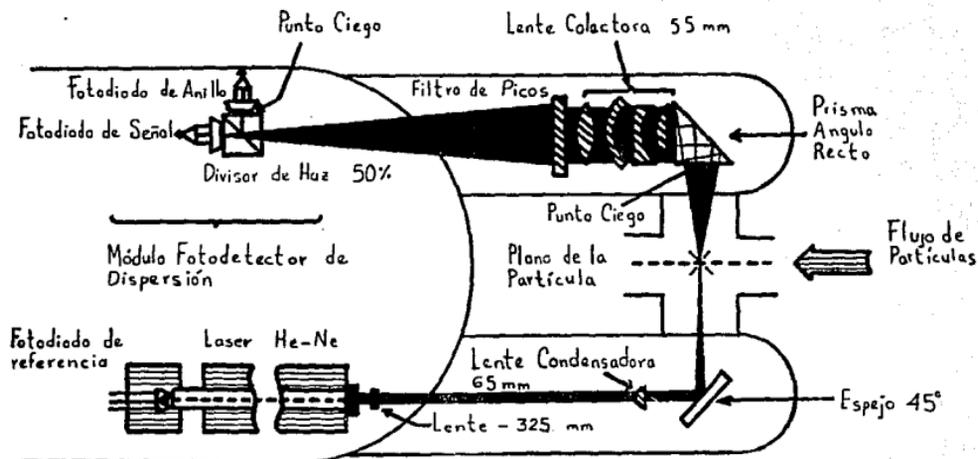


Figura 2.2. Representación esquemática de la región de muestreo y del sistema óptico-electrónico de detección del FSSP

dirigida hacia un segundo prisma que actúa como divisor. Parte de la luz ilumina un fotodetector (el detector de "señal") y la otra porción cae en un segundo fotodetector parcialmente bloqueado (el detector de "anillo") donde se concentra sólo luz proveniente de ángulos de dispersión grandes. Aquellas partículas que pasan lejos del plano focal dispersan proporcionalmente más luz sobre el detector de anillo que sobre el de señal, y viceversa. Así, comparando los voltajes de señal y de anillo, se define electrónicamente una profundidad de campo.

El tamaño de la partícula puede ser deducido usando la teoría de dispersión de Mie si se conoce la intensidad de la luz detectada, la longitud de onda de la luz incidente, el índice de refracción de la partícula y el ángulo sólido de detección. Esto limita en cierta forma la utilización del equipo para el estudio de aerosoles, ya que se requiere un conocimiento a priori del índice de refracción del material investigado así como de su forma geométrica. El espectrómetro hace la conversión de voltaje de señal a tamaño de partícula usando analizadores de altura de pulsos con quince canales, cuyos niveles de comparación son fijados con base en la calibración del instrumento.

Un promedio electrónico del tiempo de tránsito de las partículas que pasan dentro de los límites de la profundidad de campo es generado con el fin de eliminar aquéllas que pasan por la periferia del haz. Así, las partículas cuyos tiempos de tránsito son menores que el promedio son rechazadas por el sistema electrónico.

Una vez que la partícula sale del rayo láser, se genera un tiempo muerto durante el cual aquélla es evaluada y contada, y el espectrómetro no puede detectar nuevas partículas que atraviesan el haz. Este tiempo muerto consta de dos períodos de magnitudes constantes: el "retardo lento", para partículas que pasan dentro de los límites de la profundidad de campo; y el "retardo rápido", para aquéllas que transitan fuera de esos límites. Diferentes modificaciones han sido efectuadas por otros usuarios con el propósito de hacer correcciones de conteo durante el tiempo muerto.

## 2.7 ESPECTROMETROS DE GOTAS DE ARREGLO OPTICO

Si las partículas son lo suficientemente grandes para ser

resueltas, la técnica más exitosa para medición de tamaño de gotas es con un sistema de imágenes. Los sistemas de imágenes poseen ventajas únicas para el examen de partículas; sin embargo, se requieren técnicas de resolución óptica que generalmente necesitan medios fotográficos para reconocimiento de tamaños.

Esta limitación básica fue resuelta por medio de un espectrómetro de arreglo óptico (OAP = Optical Array Probe) diseñado por Knollenberg. En un OAP, un arreglo lineal de detectores es usado como una "plantilla" de medición para clasificar los tamaños de las sombras de las partículas. Así, el arreglo ejecuta una función de "barrido" durante el tránsito de la partícula a través del volumen de muestreo. La compresión de datos es automática puesto que la señal de salida es el tamaño de la partícula en código binario.

El principio que se utiliza para realizar estas mediciones puede ser explicado con la ayuda de la Fig. 2.3. El sistema óptico produce iluminación tal que las imágenes de la partícula son sombras sobre un fondo brillante. Las sombras de la partícula son proyectadas sobre un arreglo lineal de fotodiodos. Cuando una partícula pasa cerca del plano del objeto, su sombra proyectada momentáneamente oculta a cierto número de fotodiodos del arreglo óptico. La pérdida de luz en un elemento individual, que debe ser de por lo menos del 50%, resulta en un pulso de voltaje el cual es convertido a un nivel lógico por un discriminador. Esos pulsos resultantes del sombreado de cada elemento óptico son sumados por una circuitería lógica como un contador lógico específico. El tamaño de la sombra es de este modo representada por un número de fotodiodos (ver Fig. 2.3).

El espectrómetro OAP-2D es un instrumento que utiliza un arreglo de fotodiodos y la electrónica de fotodetección inherente a los OAPs. Sin embargo, el sistema contiene un registro de almacenamiento de datos que habilita a cada elemento fotodetector para transmitir 1024 bits de información de sombra en vez de un bit por cada partícula. El tránsito de la partícula sirve para que el arreglo la reconozca y "rebanadas de imagen" sean grabadas a través de la sombra para generar una imagen de dos dimensiones. El espectrómetro hace interfase con un sistema de adquisición de datos. La información de imágenes de partículas es grabada sólo cuando las partículas están presentes y de

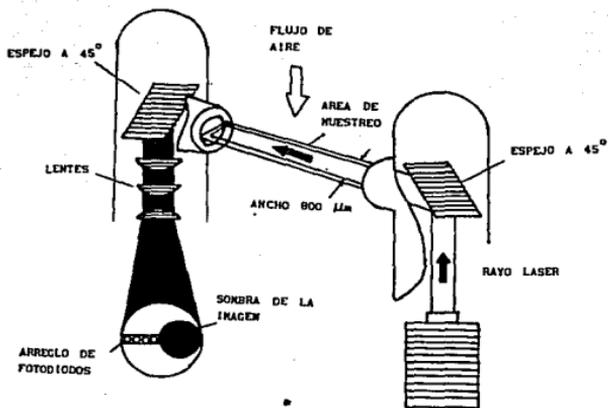


FIG. 2.3 PRINCIPIO DE OPERACION DE UN OAP

este modo resulta en una compresión automática de datos. La información de la partícula es grabada directamente en cinta magnética. Por ello es necesario desarrollar software para reconstruir y clasificar las partículas, ejecutar cálculos de masa o calcular diversos parámetros de la partícula de forma conjunta.

La técnica empleada para generar información en dos dimensiones consiste en tomar rebanadas de imagen a lo largo de la trayectoria de la partícula a través del volumen de muestreo de un arreglo de fotodiodos lineal. El sistema emplea 32 fotodiodos en el arreglo y toma rebanadas de imágenes en un rango de 4 millones por segundo cuando pasa una partícula. A una velocidad relativa de la partícula a través del volumen de muestreo de 100 m/s, 250 ns corresponden a 25 micras de desplazamiento, que es el diámetro de cada fotodiodo. A esta velocidad relativa, la resolución de tamaño (ancho de la partícula) es idéntica a la resolución de la rebanada de imagen (longitud de la partícula) a través del arreglo.

La información de cada rebanada de imagen es almacenada en un registro de corrimiento, el cual sirve como un "buffer" para escribir sobre una cinta via el sistema de adquisición de datos. En realidad, dos buffers son empleados de modo "ping-pong" (uso alternado) tal que uno puede estar disponible para ser cargado a una razón determinada por las partículas que llegan, mientras que el otro es usado para descargar el muestreo de partículas previo a una razón necesaria para la escritura. No existe pérdida de datos ya que el papel de los buffers puede ser invertido. La razón de rebanadas de imágenes puede ser tan alto como 4 MHz usando los registros MOS del sistema de adquisición de datos. Por lo tanto, la razón de bits de información es 4 MHz x 32, o 128 MHz, por lo que es un instrumento de acumulación muy rápida de datos.

A fin de obtener óptima eficiencia del espectrómetro, se le ha dado considerable atención al formato de los datos, que contiene rebanadas de imagen y rebanadas de datos. La Fig. 2.4 muestra en forma esquemática la sombra de una partícula. La sombra es representada por las rebanadas de imagen 3 a la 22. Las primeras dos rebanadas no son rebanadas de imagen sino rebanadas de datos pertenecientes a la partícula previa. Las rebanadas 26 y 27 son rebanadas de datos para la imagen de la partícula presentada en las rebanadas de imagen. Cada



rebanada de imagen representa la porción de sombra producida en el arreglo cuando los registros MOS fueron activados. Tanto los periodos de velocidad relativa como la separación de cada elemento del arreglo proporcionan la misma distancia recorrida por la partícula en su trayectoria, con lo cual la imagen obtenida es cuadrada. Si el periodo de velocidad relativa es muy rápido, las imágenes se alargarán en la dirección del movimiento y, si es muy lenta, se comprimirán. De este modo los periodos de velocidad relativa deben estar ligados a la velocidad relativa verdadera. En las rebanadas de imagen, los ceros representan sombra mientras que los unos representan luz o elementos no sombreados. Las rebanadas de datos contienen 24 bits, que son el tiempo en binario que hubo entre pulsos de reloj de velocidad relativa y un patrón de sincronía de 8 bits que es agregado como ayuda de reconocimiento. Las rebanadas de datos que contienen ceros (rebanadas números 2 y 25 en el ejemplo) son proporcionadas después de la rebanada de tiempo para asegurar que el tiempo de retardo de la velocidad relativa es puesto en cero ("reset"). La rebanada 23 resulta del retardo en el circuito de sombra OR (detecta el fin de sombra), y pueden existir varias rebanadas de unos después de la imagen de la partícula con el fin de indicar que terminó la sombra de la imagen o que hasta ese momento finalizó la "grabación" correspondiente a la imagen reconocida.

## 2.8 SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS ( DAS )

El sistema de adquisición de datos (DAS) tiene una sección de datos de 32 bits. Los datos de los espectrómetros OAP-2D son escritos de acuerdo a un requerimiento determinado por la actividad de las partículas encontradas, mientras que los otros datos (FSSP) son escritos a una razón fija determinada por un selector manual de razón de datos. Existen ocho razones de datos que van desde un "frame" (68 bytes) cada dos segundos hasta 100 "frames" por segundo. En la Fig. 2.5 se muestra el formato de datos que utiliza el DAS, para grabarlos durante la operación de muestreo.

El DAS cuenta con un reloj y seis sintonizadores para introducir la hora (horas, minutos y segundos) y la fecha (año, mes y día) de muestreo. Además, un "display" de 4 dígitos muestra la selección

NÚMERO DE REBANADA	PISTA DE DATOS DE LA CINTA								NO. DE BYTES	
	0	1	2	3	4	5	6	7		
	MINUTO	x 40	x 20	x 10	x 8	x 4	x 2	x 1	1	
	SEGUNDO	x 40	x 20	x 10	x 8	x 4	x 2	x 1	2	
	MILISEGUNDOS	x 800	x 400	x 200	x 100	x 80	x 40	x 20	x 10	
	MILISEGUNDOS	x 8	x 4	x 2	x 1	CERO	B ovt	A ovt	B / A	4
1	ELEMENTOS DE IMAGEN 2D	32	31	30	29	28	27	26	25	5
	ELEMENTOS DE IMAGEN 2D	24	23	22	21	20	19	18	17	6
	ELEMENTOS DE IMAGEN 2D	16	15	14	13	12	11	10	9	7
	ELEMENTOS DE IMAGEN 2D	8	7	6	5	4	3	2	1	8
2	Para cada rebanada 4 bytes ( de la 2 a la 1023 )								9	
1023									4096	
1024	ELEMENTOS DE IMAGEN 2D	32	31	30	29	28	27	26	25	4097
	ELEMENTOS DE IMAGEN 2D	24	23	22	21	20	19	18	17	4098
	ELEMENTOS DE IMAGEN 2D	16	15	14	13	12	11	10	9	4099
	ELEMENTOS DE IMAGEN 2D	8	7	6	5	4	3	2	1	4100

Fig. 2.5a Formato de datos de los espectrómetros 2D-C y 2D-P

NUMERO DE FRAME	ORDEN	NUMERO DE TAMAÑO	PISTA DE DATOS DE LA CINTA							NO. DE BYTES
			0	1	2	3	4	5	6	
0	A	0	MINUTO							1
			x 40 x 20 x 10 x 8 x 4 x 2 x 1							2
			SEGUNDO							3
			x 40 x 20 x 10 x 8 x 4 x 2 x 1							4
			SEGUNDO			SOBRANTE		RANGO DE A		5
			x 0.8 x 0.4 x 0.2 x 0.1			x 2 x 1		x 2 x 1		6
			SOBRANTE		RANGO DE B		RANGO DE DATOS			7
			x 2 x 1		x 2 x 1		x 4 x 2 x 1			8
			ANO							9
			80   40   20   10   8   4   2   1							10
			MES							11
			80   40   20   10   8   4   2   1							12
			PARTICULAS DE TAMAÑO 1 DEL ESPECTROMETRO A							13
			x 8k x 4k x 2k x 1k x 800 x 400 x 200 x 100							14
			PARTICULAS DE TAMAÑO 1 DEL ESPECTROMETRO A							15
x 80 x 40 x 20 x 10 x 8 x 4 x 2 x 1							16			
PARA CADA UNO DE LOS TAMAÑOS DEL ESPECTROMETRO A SE UTILIZAN 2 BYTES							17			
DIA							18			
x 80 x 40 x 20 x 10 x 8 x 4 x 2 x 1							19			
HORA							20			
x 20 x 10 x 8 x 4 x 2 x 1							21			
PARA CADA UNO DE LOS TAMAÑOS DEL ESPECTROMETRO B SE UTILIZAN 2 BYTES							22			
1			64 BYTES PARA FRAME 1							69 → 132
2			64 BYTES PARA FRAME 2							133 → 196
3			64 BYTES PARA FRAME 3							197 → 260
4			64 BYTES PARA FRAME 4							261 → 324
5			64 BYTES PARA FRAME 5							325 → 388
6			64 BYTES PARA FRAME 6							389 → 452
7			64 BYTES PARA FRAME 7							453 → 516
8			64 BYTES PARA FRAME 8							517 → 580
9			64 BYTES PARA FRAME 9							581 → 644
			640 BYTES PARA 10 FRAMES MAS							645 → 1284

Fig. 2.5b Formato de datos del espectrómetro FSSP

de cualquier palabra de datos, y un desplegado de imágenes de partículas está disponible para ver imágenes (de datos en tiempo real) en un osciloscopio. Esta opción incluye almacenamiento independiente de 640 rebanadas de imágenes, las cuales pueden ser vistas totalmente o en grupos individuales de 160 a la vez. La imagen en memoria es actualizada cada vez que un registro es escrito en cinta. La memoria puede ser mantenida indefinidamente si se desea hacer un análisis detallado, en tiempo real, de un grupo particular de imágenes sin interrumpir la grabación de datos de imágenes ocurridas durante dicho análisis. También existe disponible un desplegado de espectros de partículas, que emplea también al osciloscopio, para realizar histogramas de distribución por tamaños en tiempo real para el FSSP. Una memoria de acumulación independiente es proporcionada con intervalos de acumulación automática seleccionables que van desde uno hasta cien segundos. Después de cada intervalo, el espectro de datos puede imprimirse en una línea de 10 caracteres, y la memoria del espectro es reinicializada para el siguiente intervalo. La fecha, el tipo de espectrómetro y el rango son impresos con el espectro en cada caso. Si cierto tamaño del espectro satura la memoria, automáticamente se graba y se reinicia la secuencia. Esto se realiza estando en modo automático, pero la operación manual permite un congelado de memoria para un análisis detallado en el osciloscopio. La operación de desplegado en tiempo real no afecta a la escritura de datos en la cinta.

Por otro lado la información proporcionada por los espectrómetros es grabada en una cinta magnética que es montada en una grabadora destinada exclusivamente para las cintas empleadas (cintas magnéticas de carrete de 7 pulgadas, 1600 cpi, 25 ips). Esta grabadora hace interfase con el DAS, por medio del cual se envía la información que será almacenada en el medio de grabación correspondiente. Es decir, los datos de cada rebanada de imagen obtenidos durante el tiempo de muestreo establecido y controlado por el usuario, son almacenados permanentemente. Este recurso es necesario para poder hacer el análisis detallado de datos 'a posteriori', y de origen al problema que se tiene que solucionar en el presente trabajo de tesis.

### 3.1 AUTOMATAS FINITOS

Un reconocedor para un lenguaje es un programa que toma como entrada una cadena de caracteres "x" y responde "sí" si x es una sentencia del lenguaje y "no" en cualquier otro caso. Para analizar un conjunto de cadenas de caracteres dentro de un reconocedor, se construye un diagrama de transición generalizado, llamado autómata finito. Un autómata finito puede ser determinístico o no determinístico, donde "no determinístico" significa que más de una transición sale de un estado con un mismo símbolo de entrada.

Tanto los autómatas finitos no determinísticos como los determinísticos son capaces de reconocer exactamente los mismos conjuntos de cadenas de caracteres. Sin embargo, hay un compromiso entre tiempo-espacio: mientras que el autómata finito determinístico pueda conducir a reconocedores más rápidos que un autómata finito no determinístico, aquel puede ser mucho más grande que un autómata finito no determinístico equivalente.

### 3.2 AUTOMATA FINITO DETERMINISTICO

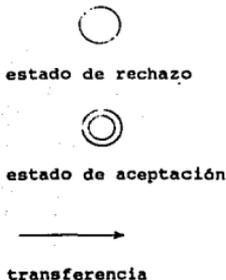
Un autómata finito determinístico es un modelo matemático que consiste de:

1. Un conjunto de estados S.
2. Un conjunto de símbolos de entrada  $\Sigma$  (alfabeto de entrada).
3. Una función de transferencia que mapea movimientos de pares estado-símbolo a un conjunto de estados.
4. Un estado  $S_0$  que es distinguido como estado inicial.
5. Un conjunto de estados distinguidos como estados de aceptación o finales F.

Un autómata finito determinístico puede ser representado por una gráfica dirigida y etiquetada, llamada gráfica de transición, en

la cual los nodos son los estados y las transferencias etiquetadas representan la función de transferencia.

La simbología de la gráfica de transición se puede representar como sigue:



Para aclarar los conceptos presentados, se plantea aquí un ejemplo que consiste en realizar el autómata finito determinístico y la gráfica de transición para reconocer números enteros y reales positivos.

$$\Sigma = \{ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, . \}$$

$$S_0 = q_0$$

$$S = \{ q_0, q_1, q_2, q_3 \}$$

$$F = \{ q_1, q_3 \}$$

Función de transferencia = {

$$\delta(q_0, \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}) \longrightarrow q_1$$

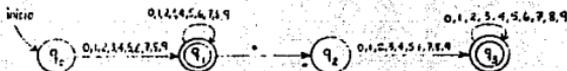
$$\delta(q_1, \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}) \longrightarrow q_1$$

$$\delta(q_1, \cdot) \longrightarrow q_2$$

$$\delta(q_2, \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}) \longrightarrow q_3$$

$$\delta(q_3, \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}) \longrightarrow q_3 \}$$

Gráfica de transición :



Como se nota en el ejemplo, en el estado final "q<sub>1</sub>" se reconoce a un número entero positivo y en el estado final "q<sub>3</sub>" se reconoce a un número real positivo. Una función de transferencia se lee:  $\delta(q_1, \cdot) \longrightarrow q_2$  "si estoy en el estado q<sub>1</sub> y leo un punto, entonces paso al estado q<sub>2</sub>".

Un autómata finito determinístico acepta una cadena de caracteres de entrada "x" si y solo si hay un solo camino en la gráfica de transición, desde el estado inicial a algún estado de aceptación, tal que las transferencias etiquetadas a lo largo de este camino deletreen x. Un camino puede ser representado por una secuencia de estados de transición llamados movimientos.

Las técnicas empleadas para implementar analizadores de léxico pueden además ser aplicadas a otras áreas, tales como lenguajes de consulta y sistemas de recuperación de información. Este es el caso del desarrollo del presente sistema, que se utilizó como reconocedor de imágenes de gotas. En cada aplicación, el problema fundamental consiste en la especificación y el diseño de programas que ejecuten acciones disparadas por patrones de cadenas de caracteres.

### 3.3 METODO DE MINIMOS CUADRADOS

Las imágenes a reconstruir obtenidas en plataforma fija traen consigo una gran variedad de formas que son difíciles de describir en primera instancia. Esto se debe a que las imágenes de las gotas no tienen una forma circular perfecta, pues sus velocidades de tránsito a través del volumen de muestreo del OAP son variables y dependen del tamaño de la gota (ver Sección 1.5), mientras que la frecuencia de muestreo del equipo permanece constante. Una solución que permite asegurar qué tipo de contorno presentan consiste en construir una recta

con los puntos medios de cada rebanada de la imagen, para la cual se empleó el Método de Mínimos Cuadrados. La pendiente de la recta resultante, bajo ciertas condiciones preestablecidas, permite dar paso a reconstruir la imagen y establecer su forma.

Frecuentemente en investigación existe interés por estudiar la relación entre dos variables, tales como cantidad de fertilizante y producción, dureza de los plásticos tratados con calor durante diferentes períodos de tiempo, variación de resistencia con respecto a la temperatura, etc. La naturaleza y grado de relación entre variables como éstas pueden ser analizados con la técnica de regresión. La palabra regresión surgió en 1880 cuando el científico inglés Sir Francis Galton, dedicado a investigaciones genéticas, trató de establecer la relación entre las características de padre e hijo. Al comparar las estaturas de los padres con las de sus respectivos hijos, notó que cuando los padres eran altos, los hijos, en general, no alcanzaban sus estaturas y que cuando los padres eran bajos de estatura, los hijos tendían a ser más altos que sus padres. De lo anterior concluyó que las características genéticas tendían a "regresar" a un valor medio de la población.

El análisis de regresión es útil para determinar la forma probable de la relación entre las variables (ecuación que relaciona a ambas variables) cuando hay un fenómeno de causa y efecto. Su objetivo principal es el de predecir o estimar el valor de una variable (dependiente "y") correspondiente al valor dado de la otra variable (independiente "x"). El primer paso a realizar en el estudio de la relación entre dos variables es el diagrama de dispersión, que consiste en representar los pares de valores ( $x_i$ ,  $y_i$ ) como puntos en un sistema de ejes cartesianos XY. Debido a la variación del muestreo, los puntos estarán dispersos. Después de que se han graficado los puntos, un examen del diagrama puede revelar que los puntos siguen un patrón, mismo que indicará el modelo matemático a utilizarse en el análisis. Otra forma de llegar al modelo puede ser por consideraciones teóricas o porque se sabe por experiencia o por referencia cómo se comportan las variables.

Después de que se ha determinado el modelo matemático a utilizar y se conoce que es lineal, se procede a ajustar una recta llamada recta de regresión o recta de ajuste. Las suposiciones para la regresión lineal son:

1. Los valores de la variable independiente X son fijos. A X se le llama variable no aleatoria.
2. Para cada valor de X hay una subpoblación de valores Y, y cada subpoblación de valores de Y debe estar normalmente distribuida.
3. Las varianzas de las subpoblaciones de Y deben ser iguales.
4. Todas las medias de las subpoblaciones de Y están sobre una recta (suposición de linealidad).
5. Los valores de Y son estadísticamente independientes, es decir, los valores de Y correspondientes a un valor de X no dependen de los valores de Y para otro valor de X.

Bajo estas suposiciones la relación, que se desea estimar es:

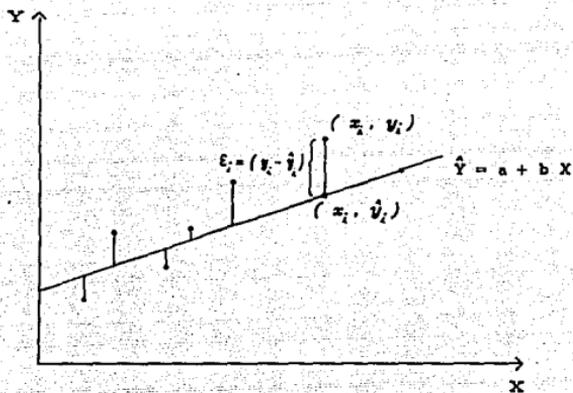
$$\mu_{y/x} = A + BX \quad (3.1)$$

Esto significa que el valor medio de Y para un valor fijo de X es igual a  $A + BX$ . Las constantes A y B son la ordenada al origen y la pendiente, respectivamente. El problema consiste en utilizar la información en la muestra de tamaño 'n' para estimar los parámetros A y B. La ecuación de regresión (3.1) de la población se estima con la ecuación  $\hat{y} = a + bX$ , donde  $\hat{y}$ , a y b son estimadores de  $\mu_{y/x}$ , A y B, respectivamente. Para obtener los estimadores 'a' y 'b' se utiliza el método de mínimos cuadrados.

El método de mínimos cuadrados consiste en ajustar la recta que cumpla con la condición de que la suma de los cuadrados de las desviaciones de cada valor observado Y de su correspondiente valor de predicción  $\hat{y}$ , sea mínima. En otras palabras, la sumatoria:

$$\sum_{i=1}^n c_i^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - a + bX_i)^2 \quad (3.2)$$

debe ser mínima. Esto se ilustra en la Figura 3.1



**Fig. 3.1** Recta de mínimos cuadrados

Derivando parcialmente la suma de cuadrados con respecto a 'a' y a 'b', e igualando a cero para minimizarla, se tiene:

$$- 2 \sum_{i=1}^n (Y_i - a - bX_i) = 0 \quad (3.3a)$$

$$- 2 \sum_{i=1}^n (Y_i - a - bX_i) X_i = 0 \quad (3.3b)$$

que dan origen a las ecuaciones normales para la recta de mínimos cuadrados:

$$\sum_{i=1}^n Y_i = na + b \sum_{i=1}^n X_i \quad (3.4a)$$

$$\sum_{i=1}^n X_i Y_i = a \sum_{i=1}^n X_i + b \sum_{i=1}^n X_i^2 \quad (3.4b)$$

Despejando 'a' de (3.4a) y sustituyendo en (3.4b) se obtiene:

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} \quad (3.5a)$$

$$b = \frac{\sum X_i Y_i - n\bar{X}\bar{Y}}{\sum X_i^2 - n\bar{X}^2} \quad (3.5b)$$

Obtenidos estos valores de 'a' y 'b', se sustituyen en la ecuación de la recta  $\hat{Y} = a + bX$ .

### 3.4 METODO NUMERICO DE LIN-BAIRSTON

Dependiendo de sus tamaños, las gotas de precipitación adquieren diferentes formas, que van desde la perfectamente esférica hasta la de un elipsoide con base plana. Entonces, imágenes generadas en el OAP deben ser corregidas de acuerdo al diámetro detectado para dar

como resultado el equivalente al de una gota esférica de la misma masa. El problema ha sido estudiado por Green (1975, ver Sección 1.5), e implica la solución de las raíces de un polinomio de sexto grado.

El método numérico de Lin-Bairstow permite calcular las raíces reales y complejas de polinomios de coeficientes reales. Los cálculos involucrados en el método se hacen recursiva e iterativamente, y requieren manipular sólo números reales. Este método se basa en la obtención sucesiva de varios polinomios cuadráticos que sean factores del polinomio original, de los cuales se obtendrán fácilmente las raíces aplicando directamente la ecuación cuadrática. El cálculo de los coeficientes de cada uno de los factores cuadráticos es el que se realiza iterativamente ya que, de cada iteración, la rutina usa los resultados parciales calculados en la iteración anterior para obtener nuevos resultados, más cercanos a los verdaderos. Este procedimiento iterativo continúa hasta que converge el algoritmo a una solución.

Las características que debe tener el polinomio es que debe estar normalizado, es decir, si se tiene un polinomio de grado N:

$$P_N(X) = C_0 X^N + C_1 X^{N-1} + C_2 X^{N-2} + \dots + C_{N-1} X + C_N \quad (3.6a)$$

entonces se tiene que dividir cada coeficiente  $C_i$  entre  $C_0$ , quedando:

$$P_N(X) = X^N + a_1 X^{N-1} + a_2 X^{N-2} + \dots + a_{N-1} X + a_N \quad (3.6b)$$

donde  $a_i$  es igual a  $C_i/C_0$ . Después de normalizado el polinomio, se aplican las siguientes ecuaciones:

$$b_1 = a_1 - r \quad (3.7a)$$

$$b_2 = a_2 - r b_1 - s \quad (3.7b)$$

$$b_k = a_k - r b_{k-1} - s b_{k-2} \quad (k = 3, 4, \dots, n) \quad (3.7c)$$

$$R = b_{n-1} \quad (3.7d)$$

$$S = b_n + r b_{n-1} \quad (3.7e)$$

$$p = -1 \quad (3.7f)$$

$$p = -b_1 + r \quad (3.7g)$$

$$p = -b_{k-1} - r p_{k-1} - s p_{k-2} \quad (k = 3, 4, \dots, n) \quad (3.7h)$$

$$q_1 = 0 \quad (3.7i)$$

$$q_2 = -1 \quad (3.7j)$$

$$q_k = -b_{k-2} - r q_{k-1} - s q_{k-2} \quad (k = 3, 4, \dots, n) \quad (3.7k)$$

$$Rr = p_{n-1} \quad (3.7l)$$

$$Rs = q_{n-1} \quad (3.7m)$$

$$Sr = p_n + r p_{n-1} + b_{n-1} \quad (3.7n)$$

$$Ss = q_n + r q_{n-1} \quad (3.7o)$$

$$\delta r = (-R * Ss + S * Rs) / (Rr * Ss - Rs * Sr) \quad (3.7p)$$

$$\delta s = (-Rr * S + Sr * R) / (Rr * Ss - Rs * Sr) \quad (3.7q)$$

donde los  $a_i$  son los coeficientes del polinomio normalizado;  $r$  y  $s$  valores iniciales estimados del polinomio  $x^2+rx+s$  que posteriormente, cuando hayan convergido, serán los coeficientes reales del polinomio anterior cuyas raíces son raíces del polinomio inicial; y  $\delta r$  y  $\delta s$  son los valores que indicarán si los valores de  $r$  y  $s$  han convergido al valor  $c$  definido, ésto es,  $|\delta r| \leq c$  y  $|\delta s| \leq c$ .

En caso de que  $\delta r$  y  $\delta s$  no hayan convergido, se vuelven a aplicar las ecuaciones anteriores, pero con los valores de  $r = r + \delta r$  y  $s = s + \delta s$ , hasta que converjan. Este método continúa hasta que se hayan obtenido todos los polinomios cuadráticos del polinomio original. En el sistema aquí descrito, se implementó el algoritmo propuesto por Gómez de Silva A. (1990).

### 3.5 ECUACIONES PARA DETERMINACION DE PARAMETROS DE LAS GOTAS

Una de las cantidades comúnmente usadas para caracterizar lluvia es la distribución por tamaños de gotas, la cual es normalmente expresada en términos del número de gotas por unidad de volumen de aire y por intervalo de tamaño analizado. Esta se expresa en términos de la concentración, que se obtiene a partir de los parámetros descritos a continuación.

#### 3.5.1 VOLUMEN DE MUESTREO

El volumen de muestreo (VM) es el volumen disponible en cada espectrómetro para la detección de gotas, y depende de la óptica y la electrónica particulares de cada equipo. VM está definido por el

producto del área (AM), la velocidad (v) y el periodo (t) de muestreo, es decir:

$$VM [cm^3] = AM [cm^2] v [cm s^{-1}] t [s] \quad (3.8)$$

El área de muestreo está definida, a su vez, por la profundidad de campo y el ancho efectivo del arreglo de fotodiodos, mediante la ecuación:

$$AM = PC * w = 7.5 \times 10^{-5} D^2 / \lambda \quad (3.9)$$

donde PC es la profundidad de campo [cm] dada por el fabricante, w es el ancho efectivo del arreglo [cm], D es el diámetro equivalente de la gota esférica [ $\mu m$ ] y  $\lambda$  es la longitud de onda del láser ( $=0.6328 \mu m$ ).

Dado que  $D = I * f_o * RS$ , donde I es el número de fotodiodos ocultos por la partícula muestreada,  $f_o$  es el factor óptico de corrección del tamaño (dado por el fabricante) por cada fotodiodo oculto, y RS es la resolución del OAP (igual a  $13.6 \mu m$  para 2D-C y  $129.3 \mu m$  para 2D-P), entonces:

$$PC = 2.37 \times 10^{-4} D^2 = 2.37 \times 10^{-4} * I^2 * f_o^2 * RS^2 \quad (3.10)$$

Resolviendo para el producto  $I_o = f_o * I$ , se tiene:

$$I_o = ( PC / ( 2.37 \times 10^{-4} * RS^2 ) )^{1/2} \quad (3.11)$$

Pero PC está limitada por la apertura mecánica del aparato, la cual es de 6.1 cm para el 2D-C y de 26.7 cm para el 2D-P, con lo cual:

$$PC = \begin{cases} 6.1 \text{ cm para } I_o \geq 160.4/RS & (2D-C) & (3.12a) \\ 26.7 \text{ cm para } I_o \geq 335.6/RS & (2D-P) & (3.12b) \end{cases}$$

Por otra parte, el ancho efectivo del arreglo, w [cm], viene dado por:

$$w \text{ (cm)} = N * RS * 10^{-4} \quad (3.13)$$

donde

N es el número de fotodiodos del arreglo (igual a 32).

Sustituyendo estos resultados en (3.8), se tiene que el volumen de muestreo será:

$$VM = \begin{cases} 7.584 \times 10^{-7} * RS^3 * I_0^2 * v * t, & \text{para } I_0 \leq 160.4/RS \\ 1.94 \times 10^{-2} * RS * v * t & , \text{para } I_0 > 160.4/RS \end{cases} \quad (3.14a)$$

para el 2D-C, mientras que para el 2D-P:

$$VM = \begin{cases} 7.584 \times 10^{-7} * RS^3 * I_0^2 * v * t, & \text{para } I_0 \leq 335.6/RS \\ 8.54 \times 10^{-2} * RS * v * t & , \text{para } I_0 > 335.6/RS \end{cases} \quad (3.14b)$$

### 3.5.4 CÁLCULO DEL DIÁMETRO EQUIVALENTE

Como se mencionó en la Sección 3.4 el diámetro de la gota que se reporta es el de una gota esférica de masa equivalente. Para encontrar dicho diámetro equivalente ( $D_0$ ), se utilizó el tratamiento de Green (1975), que relaciona  $D_0$  con el diámetro de la imagen detectada por medio del siguiente polinomio de sexto grado:

$$D_0^6 - (9/(4*C))D_0^4 + ((13*I_0^2 * RS^2)/(2*C))D_0^2 - (17*I_0^4 * RS^4)/(4*C) = 0 \quad (3.15)$$

donde

$$C = (((\rho_w - \rho_a) * g)/(4*5)) * 1 \times 10^{-8} \quad [\mu\text{m}^{-2}] \quad (3.16)$$

El significado y los valores de los parámetros físicos involucrados en (3.16) se describe en la Sección 3.5.5.

### 3.5.3 VELOCIDAD TERMINAL

Para obtener el volumen de muestreo (3.14) es necesario conocer la velocidad de muestreo ( $v$ ). Para el caso de plataforma móvil,  $v$  viene dada por la velocidad relativa a la que el espectrómetro se mueve con respecto al aire, que en general es la velocidad del vehículo en movimiento. Sin embargo, para el caso de plataforma fija, el espectrómetro se encuentra en reposo y la velocidad de muestreo será diferente para cada gota detectada e igual a la velocidad terminal de esta última.

En los estudios de física de nubes es necesario conocer la velocidad terminal de las gotas a varios niveles de la troposfera. Así, la velocidad terminal es determinada a través de la condición de balance entre la fuerza de gravitación y la fuerza de arrastre que actúan sobre la gota. Por ello es necesario considerar el tamaño de la gota, ya que éste a su vez determina las condiciones anteriores para obtener la velocidad correspondiente.

La velocidad terminal de cada gota ( $V_{\infty}$ ) fue calculada utilizando el tratamiento dado por Beard (1976), que subdivide el problema en tres casos diferentes dependiendo del rango en que cae el diámetro equivalente ( $D_0$ ) de la partícula.

Primero, para  $D_0$  entre 1 y 20  $\mu\text{m}$ ,  $V_{\infty}$  viene dada por:

$$V_{\infty} = (1 + \{(2.51 * \lambda * \rho_w * T_0) / (D_0 * \rho_a * (T_0 + 20))\}) * \{(g * (\rho_w - \rho_a)) / (18 * \mu_a)\} * D_0^2 * 1 \times 10^{-8} \quad [\text{cm/s}] \quad (3.17)$$

(El significado y los valores de los parámetros físicos involucrados se presentan en la Sección 3.5.5)

Segundo, para  $D_0$  entre 20 y 1070  $\mu\text{m}$ , se define el número de Best ( $Be$ ) como sigue:

$$Be = (4 * (\rho_w - \rho_a) * \rho_a * D_0^3 * 1 \times 10^{-12}) / (3 * \mu_a^2) \quad (3.18)$$

Beard, en su estudio, ajustó la variable  $X = \ln Be$  a los valores experimentales obtenidos mediante un polinomio de sexto grado, como sigue:

$$Y = B_0 + B_1X + B_2X^2 + B_3X^3 + B_4X^4 + B_5X^5 + B_6X^6 \quad (3.19)$$

con los siguientes valores de los coeficientes  $B_i$ :

$$\begin{aligned} B_0 &= -0.318657 \times 10^1 & B_4 &= -0.578878 \times 10^{-3} \\ B_1 &= 0.992696 & B_5 &= 0.855176 \times 10^{-4} \\ B_2 &= -0.153193 \times 10^{-2} & B_6 &= -0.327815 \times 10^{-5} \\ B_3 &= -0.987059 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

Una vez encontrado el valor de  $Y$  en (3.19), éste se relaciona con el número de Reynolds,  $Re = \exp(Y)$ , que se utiliza para calcular la velocidad terminal de la gota de diámetro equivalente  $D_0$  mediante:

$$V_0 = (\mu_a * Re * 1 \times 10^4) / (\rho_a * D_0) \quad [\text{cm/s}] \quad (3.20)$$

Tercero, para gotas con  $D_0$  entre 1070 y 7000  $\mu\text{m}$ , se definen el parámetro ( $N_p$ ) y el número de Bond ( $B_0$ ) que, al igual que en el segundo caso, se combinan y se ajustan a los datos experimentales para obtener  $V_0$  de la siguiente manera:

$$N_p = (\delta^3 * \rho_a^2) / (\mu_a^4 * g * (\rho_w - \rho_a)) \quad (3.21)$$

$$B_0 = ((\rho_w - \rho_a) * g * D_0^2 * 1 \times 10^{-8}) / (4 * \delta) \quad (3.22)$$

$$X = \ln((16 * B_0 * N_p^{1/6}) / 3) \quad (3.23)$$

$$Y = C_0 + C_1X + C_2X^2 + C_3X^3 + C_4X^4 + C_5X^5 \quad (3.24)$$

donde los valores de los  $C_i$  vienen dados por:

$$\begin{aligned} C_0 &= -0.500015 \times 10 & C_3 &= 0.475294 \\ C_1 &= 0.523778 \times 10 & C_4 &= -0.542819 \times 10^{-1} \\ C_2 &= -0.204914 \times 10 & C_5 &= 0.238449 \times 10^{-2} \end{aligned}$$

Redefiniendo el número de Reynolds,  $Re$ , para el intervalo de  $D_0$

analizado:

$$Re = Np^{1/6} * exp(Y) \quad (3.25)$$

se obtiene:

$$V_w = (\mu_a * Re * 1x10^4) / (\rho_a * D_o) \quad [cm/s] \quad (3.26)$$

### 3.5.4 CONCENTRACION Y CONTENIDO DE AGUA LIQUIDA

Como se mencionó anteriormente, la concentración se utiliza para caracterizar, desde el punto de vista microfísico, un evento de precipitación. Dicho parámetro viene dado por el número de partículas por unidad de volumen de muestreo. Sin embargo, es más común expresarlo como la concentración por intervalo, que proporciona la concentración existente por cada intervalo correspondiente al diámetro de la gota.

Finalmente, el contenido de agua líquida ( $W_r$ ) indica la masa de agua encontrada por unidad de volumen de aire, y se obtiene mediante la integración de los espectros de gotas, como sigue:

$$W_r = \pi/6 * 10^6 * \rho_w * \text{concentración} * D^3 \quad (3.27)$$

### 3.5.5 PARAMETROS FISICOS INVOLUCRADOS

A lo largo de la Sección 3.5, se utilizaron varias ecuaciones para el cálculo del volumen de muestreo, el diámetro equivalente y la velocidad terminal, que involucran diferentes parámetros físicos. La siguiente tabla describe cada uno de dichos parámetros y los valores y unidades utilizados para los cálculos, que se obtuvieron de tablas físicas estándar:

Presión atmosférica	$P_a = 100 \text{ p}_a$ ; $[P_a] = \text{Pa}$ ( $[p_a] = \text{mb}$ )
Temperatura del aire	$T_a = T_o + t_a$ ; $[T_a] = \text{K}$ ( $[t_a] = ^\circ\text{C}$ )
Densidad del agua	$\rho_w = 0.99821 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ @ $20^\circ\text{C}$ y $1 \text{ atm}$
Densidad del aire	$\rho_a = (3.4838 \times 10^{-6}) P_a / T_a$ ; $[\rho_a] = \text{g/cm}^3$
Aceleración de la gravedad	$g = 977.89659 \text{ cm/s}^2$
Tensión superficial del agua	$\delta = 76.1 - (0.155)t_a$ ; $[\delta] = \text{g/s}^2$
Temperatura estándar	$T_o = 273.15 \text{ K}$
Presión estándar	$p_o = 1013.25 \text{ mb}$
Camino libre medio de moléculas de aire	$\lambda_o = 6.6 \times 10^{-2} \text{ }\mu\text{m}$
Viscosidad dinámica del aire	$\mu_a = (1.718 + 0.0049 t_a) \times 10^{-4}$ ; $[\mu_a] = \text{g cm}^{-1} \text{ s}^{-1}$

## DESCRIPCION DEL SISTEMA

---

### 4.1 OBJETIVOS GENERALES DEL SISTEMA

Para analizar la información generada por los espectrómetros, ésta se debe encontrar en disco en código hexadecimal. Por lo tanto, el sistema debe ser capaz de bajar la información de cinta a disco en este código y dejarla en un archivo. A partir de que la información se encuentra en disco, las operaciones a realizar son:

1. Ver en pantalla el contenido del archivo en hexadecimal para cualquiera de los tres espectrómetros (FSSP, 2D-C y 2D-P).
2. Ver imágenes reconstruidas, en pantalla, de las gotas de los espectrómetros 2D-C y/o 2D-P.
3. Contar gotas, y clasificar por tamaños, de alguno de los espectrómetros 2D.
4. Generar una tabla con diversos parámetros calculados al final de la operación de conteo de gotas.

Para guiar al usuario en el sistema, se van presentando menús que le van indicando las operaciones que puede realizar.

### 4.2 BAJAR INFORMACION DE CINTA

Esta operación consiste en montar lógicamente a la cinta, extraer su información de carácter en carácter (originalmente en binario) y escribirlos en hexadecimal en un archivo, del cual se pide un nombre para generarlo.

Para realizar el montado de cinta se utilizó el comando del sistema operativo MOUNT con los siguientes parámetros: FOR/BLOCKSIZE=8192/RECORDSIZE=4/DENSITY=1600, con el cual la cinta se encontrará lista para ser procesada. La rutina aquí desarrollada que realiza esta operación es LEE\_CINTA.

### 4.3 VER CONTENIDO DEL ARCHIVO

Esta operación consiste en desplegar los caracteres de dos

en dos en hexadecimal, en pantalla, para dar a entender que se trata de un byte; y en bloques para distinguir de qué espectrómetro se trata. Lo anterior se realiza para todo el archivo generado en la operación BAJAR INFORMACION DE CINTA, no importando si se trata de un FSSP, 2D-C o 2D-P.

Como se vió en el Capítulo 2, en la cinta se encuentra información del FSSP, 2D-C y 2D-P en bloques separados, por lo que para distinguirlos se tiene que examinar el bit 4 del byte 4 para saber si se trata de un FSSP ó de un 2D. Para realizar este examen al bit, se recorren 7 caracteres hexadecimales ( 3 bytes y medio) y el octavo caracter se convierte en binario a través de la rutina CONV\_BIN, y se examina el bit deseado. Así, se le indica al sistema que cuente 2568 caracteres hexadecimales (1284 bytes) u 8200 caracteres hexadecimales (4100 bytes) según se trate de un FSSP o un 2D, respectivamente. Las rutinas que realizan esta operación son VER\_INFO y CONV\_BIN.

#### 4.4 VER IMAGENES DE GOTAS

Esta operación consiste en desplegar las imágenes reconstruidas de las gotas del espectrómetro 2D-C, 2D-P o ambos, a partir de un cierto tiempo de grabación. Las imágenes de las gotas se despliegan en pantalla a través de ceros y unos, donde los ceros representan la sombra de la gota y los unos condición de no sombra. Las rutinas que realizan esta operación son: ELIGE\_ESPECTROMETRO, LEE\_2DC\_2DP, TIEMPO, LEE\_2DC\_O\_P, TIEMPO1, CHECA\_BI\_1Do2D, INTERVALO\_DE\_TIEMPO, OTRO\_INTERVALO y CONV\_BIN.

La rutina ELIGE\_ESPECTROMETRO muestra un menú para que el usuario elija de cuál espectrómetro se va a procesar la información, si de un 2D-C, de un 2D-P o de ambos. De acuerdo a la elección se llama a la rutina LEE\_2DC\_O\_P o LEE\_2DC\_2DP.

La rutina LEE\_2DC\_O\_P obtiene la información necesaria correspondiente al intervalo de tiempo que se desea analizar y la fecha de los resultados grabados en cinta, y determina si el primer bloque de grabación corresponde a un 2D ('C' o 'P') o a un FSSP. Si el bloque es un 2D, se captura el tiempo de inicio con hora, minuto y segundo; pero si es un FSSP, el tiempo de inicio será buscado en los bloques FSSP sucesivos hasta ser encontrado. Cuando el tiempo de inicio ha sido

encontrado en un bloque FSSP, se procede a ajustar el tiempo de inicio dado por el usuario con el encontrado previamente. Es entonces cuando el tiempo inicial correspondiente al siguiente bloque 2D se verifica con el propósito de que dicho tiempo se encuentre dentro del intervalo de tiempo. Si es así, el bloque 2D se procesa.

La rutina TIEMPO1 determina el intervalo de tiempo que el usuario desea analizar, indicando el tiempo inicial y el tiempo final. Estos tiempos son proporcionados con el formato de hora-minuto-segundo (hh-mm-ss), verificándose que cada valor esté dentro de los límites correspondientes a cada parámetro. Así, el parámetro "hora" debe comprender valores entre 0 y 24, y el "minuto" y el "segundo" deben comprender valores entre 0 y 59. Una vez que cada uno de estos parámetros es proporcionado y validado, se aceptarán el tiempo inicial y el tiempo final como límites del intervalo a analizar. Esta tarea es efectuada sólo una vez para capturar tanto el tiempo inicial como el tiempo final, ya que en análisis subsecuentes para otro intervalo de tiempo sólo será necesario proporcionar el tiempo final, dado que el tiempo inicial se actualizará con el tiempo final anterior.

En la rutina CHECA\_BI\_IDo2D es necesario determinar si el primer bloque del archivo es un FSSP o un 2D, debido a la importancia que tiene el tiempo inicial como punto de partida para el análisis de un cierto intervalo. La importancia de saber si el primer bloque es o no un 2D radica en el hecho de considerar como tiempo inicial el indicado en este bloque, debido a que el momento real en que comenzó la grabación fue a partir del tiempo indicado en el bloque, y no necesariamente al proporcionado por el usuario. Por lo anterior, y de ser necesario, el tiempo inicial dado por el usuario es actualizado.

El desarrollo de actualización del tiempo inicial en cada uno de sus parámetros (hora-minuto-segundo) se puede observar en el Apéndice, donde se desglosa en detalle el pseudocódigo correspondiente a la función CHECA\_BI\_IDo2D ().

En la rutina INTERVALO\_DE\_TIEMPO se verifica si el tiempo que captura el sistema (en segundos) es menor al tiempo final elegido por el usuario. Además, en caso de que se requiera, debe considerarse que el minuto cambia cada 60 segundos y que la hora cambia cada 60 minutos dependiendo del tiempo final que se quiera alcanzar para

completar el proceso. Si el tiempo correspondiente al bloque 2D deseado se encuentra dentro del rango del intervalo, aquél será aceptado para ser procesado. Si el tiempo que captura el sistema es igual al tiempo final dado, simplemente será aceptado para ser procesado, indicando además que será el último bloque que se procese dentro del intervalo de tiempo requerido por el usuario. Si, por el contrario, resulta ser mayor al tiempo final dado, quiere decir que está implícitamente en el tiempo encontrado y en consecuencia ese bloque debe ser considerado para ser procesado, indicando nuevamente que será el último bloque que se procese. En consecuencia, se deberán actualizar cada uno de los parámetros dados por el usuario con los que realmente deben ser considerados como el tiempo final del intervalo. De esta manera, el siguiente bloque permanecerá en espera mientras todos aquellos resultados obtenidos del proceso correspondientes al intervalo de tiempo analizado son interpretados. Los resultados obtenidos permitirán entonces tomar una decisión al usuario en su tarea. Si el usuario decide, al término de la interpretación de resultados, continuar procesando otro intervalo de tiempo, el bloque en espera será procesado.

Además, cuando el sistema captura el tiempo de un bloque, sea cual fuere, cada uno de sus parámetros es guardado en un vector de datos 'aux'. Si al inicio se tenía que considerar al tiempo que capturaba como el inicial, ahora éste se va a considerar como tiempo final temporal, ya que el propósito es encontrar el tiempo final que se fijó en el intervalo a ser procesado. Por otro lado, debido a que este vector guarda los datos en forma de caracteres, es necesario que al extraer cada uno de ellos sea convertido a formato de tipo entero. Para lograrlo, cada caracter correspondiente a cada parámetro será guardado en una variable tipo apuntador con la cual se podrá hacer la conversión sin ningún problema. Cuando cada parámetro esté en formato de tipo entero, se podrá trabajar con ellos por separado y manipularlos de acuerdo a la tarea a realizar.

Tomando como base los datos del intervalo de tiempo (tiempo inicial-tiempo final) puede determinarse si se tiene que buscar un minuto determinado cada 60 segundos, una hora determinada cada 60 minutos, o un segundo determinado teniendo ya la hora y el minuto deseados. Para saber si hay que buscar todos los parámetros del tiempo

final (hh-mm-ss), dos de ellos o uno solo, es necesario saber si ya se tienen uno ó algunos de ellos, lo cual se logra comparando cada parámetro del tiempo inicial con cada uno de los del tiempo final. En el caso más general, que ilustra los otros dos casos particulares, cada uno de los parámetros será diferente, lo cual significa que para encontrar la hora se deben completar 60 minutos y verificar si al cambiar a la siguiente hora ésta se ha encontrado. Si no es así, se continuará buscando cada 60 minutos, pero si se ha encontrado se buscará a continuación el minuto. El proceso de búsqueda descrito para la hora se repetirá entonces para el caso del minuto, y después para el segundo. De ser hallados se aceptará que el tiempo final temporal es igual al tiempo final y concluirá la búsqueda en este momento. Durante el proceso de búsqueda del tiempo final a través de cada uno de los parámetros del tiempo final temporal y de sí mismo, el tiempo de cada uno de los bloques en espera será buscado bajo las condiciones anteriormente mencionadas, de modo que mientras no se encuentre el tiempo final y el tiempo final temporal esté dentro del rango de búsqueda, serán procesados todos los bloques en espera.

En la rutina OTRO\_INTERVALO, dado que la operación que eligió el usuario fue ver imágenes, simplemente se le mostrará el intervalo de tiempo establecido (tiempo inicial-tiempo final) con los ajustes necesarios en cada tiempo si fuere necesario. Es decir, posiblemente no se le muestren los tiempos inicial y final que el usuario proporcionó como punto de inicio, sino aquéllos que encontró el sistema. Además se le mostrará el tiempo del bloque en espera con el propósito de informarle del siguiente tiempo que puede procesar. Si el usuario así lo desea, confirmará la pregunta de continuar con el proceso, y se le preguntará el tiempo final hasta donde se quiera procesar haciendo un llamado a la función TIEMPO1. Al hacer ésto, el tiempo final del intervalo anteriormente analizado se tomará como el tiempo inicial del nuevo intervalo a analizar, y se inicializarán las variables necesarias. En caso contrario se finalizará el proceso.

La rutina LEE\_2DC\_2DP es similar a la rutina LEE\_2DC\_O\_P. La diferencia estriba en que el proceso abarca un intervalo que comprende desde el tiempo inicial hasta el fin del archivo, o el archivo completo si así se desea. Además esta rutina únicamente se utiliza para

desplegar imágenes de gotas. Al desplegar las imágenes en pantalla, se indica si se trata de un 2D-C o de un 2D-P. La rutina TIEMPO pregunta si se desea desplegar las imágenes a partir de un cierto tiempo hasta el final del archivo o si se desplegará todo el archivo. Esta rutina verifica que la hora, minuto y segundo no sobrepasen a los números 24, 59 y 59 respectivamente.

#### 4.5 CONTEO DE GOTAS

Esta operación consiste en contar las imágenes de las gotas del espectrómetro 2D-C o 2D-P en plataforma fija o móvil, dentro de un cierto intervalo de tiempo, para entregar como resultado una tabla que contendrá la siguiente información : fecha de muestreo e intervalo de tiempo analizado; intervalo de diámetros y diámetro medio de gotas; número de gotas contadas por tamaño; concentración, porcentaje de concentración, contenido de agua líquida, concentración por intervalo de tamaño y contenido de agua líquida acumulada.

Las imágenes que se cuentan tienen una de las siguientes características . Se encuentran comprendidas dentro de los fotodiodos 1 y 32; 6 se encuentran truncadas, es decir, inician ocultando el fotodiodo 1 y/o terminan ocultando el fotodiodo 32. Tanto a las imágenes que se encuentran truncadas como a las que no, se les va verificando que su diámetro no varíe ni que tenga más de un foco (ver Fig. 4.1), ya que se puede tratar de una coincidencia de gotas que el sistema no es capaz de resolver. En estos últimos casos se despliega la imagen en pantalla para que el usuario vea el problema y decida si se cuenta o no y cuántas gotas son. A las imágenes que cubren simultáneamente al fotodiodo 1 y 32 se les cuenta como tales, y a las imágenes que no se pueden reconstruir se les cuenta como imágenes con problemas de reconstrucción, sin asignárseles ningún tamaño.

Para iniciar la reconstrucción se utiliza un autómata para reconocer: el inicio y el fin de la imagen, el inicio y el fin de foco, imagen truncada por la izquierda e imagen truncada por la derecha (ver Fig. 4.2).

```

1 1 1 0 1 1 1
1 1 0 0 0 1 1
1 0 0 1 0 0 1
0 0 1 1 1 0 0
0 0 1 1 1 0 0
1 0 0 1 0 0 1
1 1 0 0 0 1 1
1 1 1 0 1 1 1

```

Fig. 4.1. Imagen de gota con foco. El foco son los "unos" que se encuentran entre los "ceros".

```

1 0 1 1 1
0 0 0 1 1
0 0 0 0 1
0 0 0 0 1
0 0 0 1 1
1 0 1 1 1

```

(a)

```

1 1 1 0 1
1 1 0 0 0
1 0 0 0 0
1 0 0 0 0
1 1 0 0 0
1 1 1 0 1

```

(b)

```

1 1 1 0 1 1 1
1 1 0 0 0 1 1
1 0 0 0 0 0 1
1 0 0 0 0 0 1
1 1 0 0 0 1 1
1 1 1 0 1 1 1

```

(c)

Fig. 4.2. Imagen truncada por la izquierda (a), imagen truncada por la derecha (b), e imagen no truncada (c).

La lógica para realizar el autómata fue la siguiente: Cuando no hay sombra existen "unos" y cuando hay sombra existen "ceros". Por lo tanto, de acuerdo a las siguientes secuencias se reconoce:

```

inicio de sombra
1 1 1 1 0 0 0 0 1 1 1
      |
fin de sombra
1 1 1 1 0 0 0 0 1 1 1
                |
inicio de foco
1 1 1 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 1 1
                |

```

```

                fin de foco
1 1 1 1 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1
                |
imagen truncada por la izquierda
                fotodiodo 1
                |
0 0 0 0 0 0 1 1 1 1

imagen truncada por la derecha
                fotodiodo 32
                |
1 1 1 1 0 0 0 0 0 0

```

La gráfica del autómata se presenta en la Fig. 4.3. Cada vez que hay un inicio de sombra o fin de sombra, se guardan las posiciones de los fotodiodos respectivos, y se les denominan límite inferior y límite superior, respectivamente. Cuando existe una rebanada de imagen truncada, se le coloca una marca y además se indica si es truncada por la derecha o por la izquierda. Si una imagen tiene más de un foco, se rechaza y se despliega en pantalla para que el usuario decida si es un n-foco o se trata de una coincidencia.

Ya que se tienen los límites inferior y superior de la imagen, con sus respectivas marcas de truncamiento e indicación de si es imagen truncada por la izquierda y/o por la derecha, se procede a determinar el tamaño de la imagen basados en el reconocimiento de centros. Para imágenes que no están truncadas, únicamente se obtienen anchos de sombra de cada rebanada de imagen y se van comparando para encontrar el mayor ancho, el cual será el diámetro de la gota (ver Fig. 4.4).

Para imágenes truncadas, también se van obteniendo anchos de sombra y se calcula un diámetro tentativo pero, además, en las rebanadas que no están truncadas se obtiene la posición del centro en coordenadas X y Y, donde X representa el número de fotodiodo y Y representa el número de rebanada. Esto es con el fin de poder obtener un radio con la rebanada que tuvo el ancho de sombra mayor y así poder calcular un diámetro tentativo. Posteriormente se comparan nuevamente los anchos de sombra con el diámetro tentativo, y el mayor de entre este último y el ancho de sombra será definido como el diámetro definitivo.



Para el cálculo del radio de la imagen se tiene que encontrar la línea de centros de la misma (ver Fig. 4.5). Esta se calcula verificando que en las rebanadas donde es posible obtener un centro de sombra (rebanadas que no están truncadas) no haya variación en su posición. Si esto último sucede, el cálculo de la línea de centro de la imagen se realizará con el método de mínimos cuadrados en caso de plataforma fija, o con la media de los centros si el muestreo se realiza en plataforma móvil.

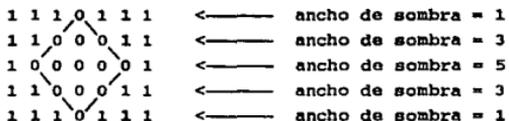


Fig. 4.4 . Determinación del diámetro de una gota. En el ejemplo, el diámetro de la gota es 5.

línea de centros



Fig. 4.5. Línea de centro de imagen truncada por la izquierda.

Habiendo calculado la línea de centros de la imagen, se verifica que cada punto de esta línea en cada rebanada se encuentre dentro de la sombra y que no se encuentra fuera del rango comprendido por los fotodiodos 1 y 32. En caso contrario, se le coloca una marca a ese punto de la rebanada para que no sea tomado en cuenta para el cálculo del diámetro de la gota.

El siguiente paso consiste en calcular el radio utilizando los puntos de la línea de centros de la imagen, para así definir el diámetro de la imagen. Las rutinas que realizan esta operación son:

ELIGE\_ESPECTROMETRO, LEE\_2DC\_O\_P, GUARDA\_IMAGEN, ANALIZADOR, ANALIZA, VECTOR\_DE\_SITUACION, CALCULA\_ECUACION\_DE\_RECTA, CALCULA\_DIAMETRO\_X, ENCUENTRA\_COORDS\_LAT\_VALIDAS, IMAGEN\_EN\_ARCHIVO, ELEMENTO\_DE\_REBANADA, FILTRO, CONV\_BIN, CALCULA\_VOLUMEN, HAZ\_FORMATO, OBTEN\_VALOR\_D, EC\_CUADRATICA, CALCULA\_VELOCIDAD, TIEMPO1, OBTEN\_FECHA, CHECA\_BI\_1Do2D, AJUSTA\_TIEMPO, INTERVALO\_DE\_TIEMPO, CALCULA\_INTERVALO, OBTEN\_INTERVALO, ACUMULA\_RESULTADOS, INICIALIZA\_BUFFER\_AUX, IMPRIME\_BUFFER\_DE\_DATOS\_FIN y OTRO\_INTERVALO.

Las rutinas ELIGE\_ESPECTROMETRO, LEE\_2DC\_O\_P, CONV\_BIN, TIEMPO1, CHECA\_BI\_1Do2D, AJUSTA\_TIEMPO, e INTERVALO\_DE\_TIEMPO ya fueron descritas en la operación VER IMAGENES DE GOTAS.

La rutina ANALIZADOR realiza las siguientes operaciones:

enviar una imagen a la rutina ANALIZA sin rebanadas de "unos" (si llega un bloque de "unos", éstos no son analizados); mostrar en pantalla imágenes con más de un foco o indicar que hubo variación en el diámetro de la gota o del ancho del foco; y contar las imágenes de acuerdo a su diámetro. Además, cuenta las imágenes que cubren simultáneamente los fotodiodos 1 al 32, así como las imágenes con problemas de reconstrucción. En las imágenes truncadas, ya sea por la izquierda o por la derecha, verifica que exista por lo menos una rebanada no truncada para poder definir un centro, ya que de lo contrario contará a la imagen como gota con problemas de reconstrucción. Otra verificación que realiza es que, si llega una imagen truncada, ésta pueda tener focos truncados, los cuales pueden ser resueltos para reconstruir la imagen.

La rutina ANALIZA realiza la verificación en una rebanada de imagen para definir que: inicia una sombra o foco; termina una sombra o foco, o existe sombra truncada de acuerdo a la rutina ELEMENTO\_DE\_REBANADA. Dependiendo del caso, se almacenan límite inferior, límite superior, número de rebanada, si llega o no truncada y, si existen rebanadas truncadas, de qué lado lo están. Además controla que la imagen no cubra tanto al fotodiodo 1 como al 32 y que no exista más de un foco. También cuenta con una protección para el caso del espectrómetro 2D-P en el cual, por falla del equipo, el fotodiodo 10

contado de izquierda a derecha siempre se encuentra en "uno" y por lo tanto no es considerado para indicar presencia del foco.

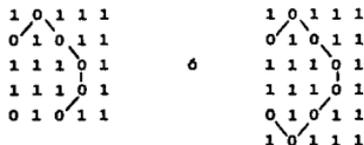
La rutina ELEMENTO\_DE\_REBANADA junto con la rutina FILTRO conforman el autómata que determina si hay inicio de sombra, fin de sombra y de rebanada, inicio y fin de sombra truncada por la izquierda, fin de sombra truncada por la derecha, fin de foco en imagen no truncada o truncada por la izquierda, fin de sombra no truncada con foco, fin de foco de sombra truncada por la derecha, fin de sombra truncada por la izquierda en foco, e imagen que oculta tanto al fotodiodo 1 como al 32. La forma en que interactúa esta rutina con ANALIZA es que manda un número que indica lo que reconoció el autómata. La rutina FILTRO va indicando si el fotodiodo que está analizando es el que se encuentra en la posición 1, 32 o intermedia (2 a 31). La forma en que estas dos rutinas trabajan es la siguiente: la rutina ELEMENTO\_DE\_REBANADA tiene implementada una tabla de transición que va indicando, dependiendo del estado en que se encuentre y de lo que lea, a qué estado debe pasar. Entonces existe un renglón por cada estado y una columna por cada símbolo de entrada, que en este caso son el estado del fotodiodo ("uno" o "cero") y en qué posición se encuentra (1, 32 o [2,31]). Además existe una tabla de salida, la cual indica lo que va reconociendo en cada estado. Así, mientras de la tabla de salida se obtenga un número igual a cero, lo que indica que no ha reconocido nada, sigue leyendo más situaciones de fotodiodos.

La rutina VECTOR\_DE\_SITUACION es otro autómata que reconoce focos en imágenes truncadas, como sigue:

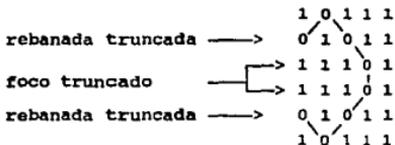
imagen truncada sin foco:



imagen truncada con foco truncado:



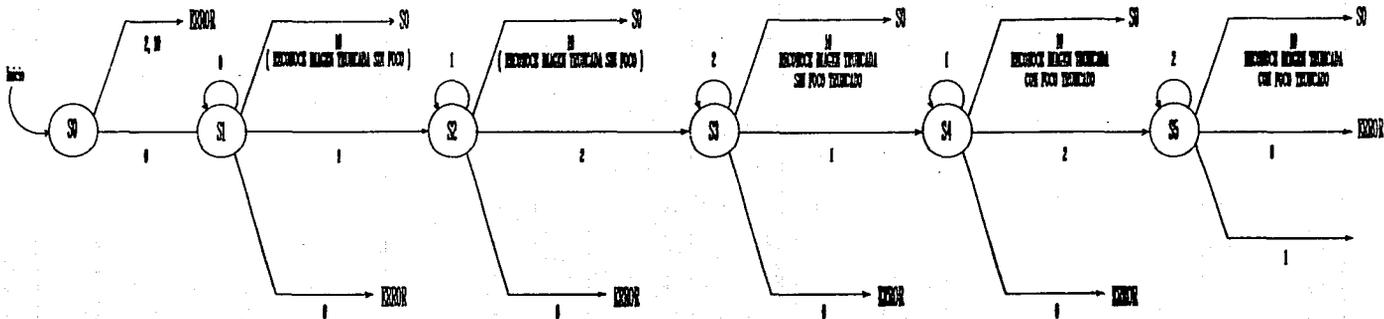
Para el caso en que la imagen truncada tenga foco truncado, el criterio que se aplica es que exista(n) rebanada(s) con "unos" en medio de rebanadas truncadas:



El diagrama del autómata se muestra en la Figura 4.6. La forma de programarlo fue idéntico a la del autómata utilizado en la rutina ELEMENTO\_DE\_REBANADA, sólo que aquí el significado de las columnas es el contenido del vector 'situación', el cual contendrá los siguientes valores: cero (rebanada que no estuvo truncada), uno (rebanada que inició o terminó truncada), dos (rebanada que no inició truncada, pero hubo rebanadas anteriores con truncamiento) y diez (fin de imagen).

La rutina CALCULA\_ECUACION\_DE\_RECTA calcula una recta, con el método de mínimos cuadrados, del centro de la gota utilizado los centros que pudo calcular de cada rebanada de imagen. Para el caso de plataforma fija y en caso de que el resultado de la pendiente sea cero, se toma como pendiente la media de los centros. Para el caso de plataforma móvil, se realiza la media de los centros.

La rutina ENCUENTRA\_COORDS\_LAT\_VALIDAS se encarga de marcar qué rebanadas de imagen tienen su centro fuera de los límites de la



Circ.	Significado
0	Recorde no truncado
1	Recorde truncado por la izquierda o por la derecha
2	Recorde no truncado que aún después de adelantado(s) truncado(s)
M	Fin de imagen de píxel

Fig. 4.6 Automata reconecedor de focos truncados

sombra y que ninguna de sus coordenadas sea menor que uno, ya que no se utilizan coordenadas negativas. Esta rutina hace uso de la ecuación de la recta calculada a partir de los centros para determinar un nuevo centro corregido, para con éste verificar si se encuentra entre los límites inferior y superior del ancho de sombra de la rebanada. De no encontrarse dentro de estos límites, o de tener la coordenada un valor negativo, se pone una marca a la rebanada para que no sea tomada en cuenta para el cálculo del tamaño de la gota.

La rutina CALCULA\_DIAMETRO\_X obtiene el diámetro de la gota utilizando los centros calculados a partir de la ecuación de la recta. Esta rutina inicia calculando anchos de sombra de cada rebanada, luego calcula el centro corregido (utilizando ecuación de recta de centros) y calcula un radio (ya sea utilizando el límite inferior o superior de la sombra), y lo convierte en diámetro para compararlo con el ancho de sombra de la rebanada, tomando el mayor de ambos. Si además se pudo calcular un diámetro de gota tentativo anteriormente, se compara con éste para tomar al mayor. Desde luego, en todos los casos se va verificando que el radio se calcule a partir de rebanadas válidas (rebanadas con el centro dentro de los límites del ancho de sombra de la rebanada), que el centro no sea negativo y que, si al encontrarse el diámetro de la gota se halla un ancho de sombra mayor que él, entonces se cambie su valor y se indique que hubo variación en el diámetro de la gota, ya que puede tratarse de una coincidencia.

#### 4.6 GENERACION DE RESULTADOS

Para la generación de las tablas de resultados, se utilizarán las subrutinas CALCULA\_VOLUMEN, OBTEN\_VALOR\_D, EC\_CUADRATICA, CALCULA\_VELOCIDAD, HAZ\_FORMATO, OBTEN\_FECHA, CALCULA\_INTERVALO, OBTEN\_INTERVALO, TIEMPO1, GUARDA\_IMAGEN.

La rutina CALCULA\_VOLUMEN realiza los cálculos de volumen de muestreo, intervalos de tamaños, diámetro medio, contenido de agua líquida, concentración, concentración por intervalos, porcentaje de concentración, porcentaje de contenido de agua líquida y contenido de agua líquida acumulada; y despliega o genera un archivo con estos resultados en una tabla que contiene además : fecha en que se realizó el

muestreo, intervalo de tiempo analizado, total de partículas por intervalo (sin tomar en cuenta las que tuvieron problemas de reconstrucción o que cubrieron los fotodiodos 1 y 32), total de concentración total, total de partículas con problemas de reconstrucción y total de partículas que cubrieron los fotodiodos 1 al 32.

La rutina `OBTEN_VALOR_D` calcula el diámetro equivalente de las gotas (Capítulo 3) basándose en una ecuación de sexto grado de la que se obtendrán los valores de las raíces que cumplan con las siguientes reglas: no tener parte imaginaria, no ser real negativa y debe ser menor que el producto de número de fotodiodos ocultos y la resolución. El método numérico que se utiliza para el cálculo de las raíces es el de Lin-Bairstow. La rutina `EC_CUADRATICA` obtiene la solución de una ecuación de segundo grado y es utilizada por la rutina `OBTEN_VALOR_D`.

La rutina `CALCULA_VELOCIDAD` calcula velocidad terminal para el caso en que la velocidad de muestreo no haya sido constante (muestreo fijo en tierra).

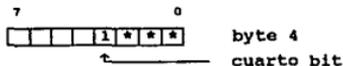
La rutina `HAZ_FORMATO` se encarga de desplegar números flotantes de forma "alineada". Con el término "alineado" se da a entender que los datos se muestran alineados respecto del punto decimal, ya que al utilizar la instrucción "printf" no se respetaría la amplitud de campo deseada, sino la que trajera el número, y por lo tanto los datos se verían desordenados. Por ejemplo:

utilizando únicamente "printf"	utilizando la rutina <code>HAZ_FORMATO</code>
23.46	23.46
433.55	433.55
2.67	2.67
1288.96	1288.96

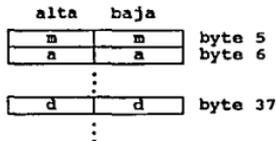
Por lo tanto esta rutina divide al número en partes entera y fraccionaria y, dado que la instrucción "printf" con números enteros sí respeta la amplitud de campo, se utiliza esta última para desplegar

la parte entera, implementándose la parte fraccionaria.

En la rutina `OBTEN_FECHA` cada uno de los parámetros que conforman la fecha son capturados, es decir, día-mes-año. Para tal efecto, estos parámetros son obtenidos a partir de un bloque FSSP, es decir, es necesario determinar que el bloque del cual se desea esta información sea un FSSP. Para ello la parte baja del byte 4 del formato de información de un bloque FSSP nos indica que el bloque a analizar es el correspondiente a un FSSP si el cuarto bit (de derecha a izquierda) es 'uno'.



Una vez que se determina que el bloque es un FSSP, se localizan los bytes 5, 6 y 37 de los cuales se capturan el mes, el año y el día, respectivamente, en un vector de datos llamado "fecha". Debido a que el bloque FSSP es empleado exclusivamente para este propósito es necesario dirigir el apuntador de archivo hasta su inicio: es un bloque que no debe perderse para su análisis posterior.



Así, si durante la tarea de encontrar el primer bloque FSSP aparecen bloques 2D (C o P), éstos deben ser pasados por alto para continuar la búsqueda de un FSSP. Esto se logra recorriendo el apuntador de archivo hasta completar 4100 bytes, que corresponden a un bloque 2D. El desarrollo de captura de fecha se puede observar en el Apéndice, donde se desglosa en detalle el pseudocódigo correspondiente a la función `OBTEN_FECHA`.

En la función `CALCULA_INTERVALO`, se calcula el intervalo de tiempo de muestreo, en segundos, empleando cada uno de los parámetros correspondientes tanto al tiempo inicial como al final. Se compara cada

parámetro del tiempo inicial con su correspondiente parámetro del tiempo final. Si resulta ser que los parámetros de hora son iguales, así como los de minuto, se procede a calcular la diferencia que existe entre los parámetros de segundo y se obtiene el valor del intervalo. Si los parámetros de hora son iguales, pero los de minuto no, entonces se procede a convertir los minutos a segundos, sumándoles además la diferencia de segundos. Una operación similar se realiza para el caso en que los parámetros de hora no son iguales. Con ésto se obtiene el valor del intervalo de tiempo en segundos y, para efecto de cálculos posteriores, se van acumulando para cada intervalo analizado. El desarrollo del cálculo del intervalo de tiempo en segundos se puede observar en el Apéndice, donde se desglosa en detalle el pseudocódigo correspondiente a la función CALCULA\_INTERVALO.

En la rutina OBTEN\_INTERVALO, si la operación elegida por el usuario fue contar gotas, se le presentará un nuevo menú de opciones de entre las cuales podrá elegir aquélla que desee y dar una interpretación a los datos obtenidos en "bruto". Es decir, la forma de manejar los resultados a través de menús permite al usuario una manipulación fácil de los mismos y de una manera rápida, ejecutando sucesivamente la operación que le convenga cuantas veces quiera.

Las operaciones que pueda ejecutar son:

- 1.- Procesar los resultados del intervalo recién analizado.
- 2.- Procesar los resultados acumulados.
- 3.- Generar archivo de salida.
- 4.- Totalizar.
- 5.- Inicializar totales.
- 6.- Salir.

La tarea que se relize permitirá la generación de resultados correspondientes a ciertos parámetros de interés específico para el usuario. La clave consiste en asignar los datos correctos del intervalo de tiempo analizado según sea el caso que haya elegido el usuario. Esto es, si el caso es procesar los resultados del intervalo recién analizado, se deben asignar los tiempos del intervalo correctos, como son el tiempo inicial y el final, que marcan exclusivamente el tiempo de inicio a partir del cual se comenzó a procesar y el tiempo

final que es exclusivamente hasta donde se terminó de procesar. Si el caso es procesar los resultados acumulados, se tendrán que obtener exclusivamente los tiempos que corresponden a los datos acumulados, sin considerar los actuales. Si es generar archivo de salida, se mostrará un submenú que le permitirá al usuario elegir entre generar el archivo para los resultados actualmente obtenidos o para los que se encuentran totalizados: Para este caso, sea cual fuere la opción que se elija, se generará un archivo de salida con el nombre que el usuario proporcione, concatenándose con ello la extensión (por default) "tab". Además se genera un segundo archivo con extensión (por default) "txt", el cual contendrá los datos resultantes en un formato especial para poder ser manipulados apropiadamente con una herramienta de análisis de datos y graficación (por ejemplo el paquete comercial de hoja de cálculo Microsoft-Excel). Al término de este proceso, se regresará automáticamente al menú previo. Se emplean para ello los casos 1 y 2 como aquéllos que generan la información al archivo. Si el caso es totalizar, los resultados que se han obtenido simplemente se acumulan, una y sólo una vez, con los ya acumulados previamente. Si el caso es inicializar totales, se colocarán en cero todos aquellos resultados acumulados, ajustando además los tiempos que se emplearán para mostrar un cierto intervalo analizado. Si el caso es salir de menú, se abandonará este menú mostrando al usuario el tiempo del bloque en espera, con el propósito de informarle del siguiente tiempo que puede procesar. Si el usuario lo desea, confirmará la pregunta de continuar con el proceso con su respuesta de 'si', caso en el cual se establecerán las condiciones propicias para poder continuar con el proceso, como es proporcionar el tiempo final hasta donde se quiera procesar haciendo un llamado a la función TIEMPO1, mientras que el tiempo inicial se tomará como el tiempo final del intervalo anteriormente analizado. Así, se establece un nuevo intervalo de tiempo a analizar, inicializándose las variables necesarias. En caso contrario se terminará el proceso.

Como se mencionó anteriormente, lo esencial en esta parte es el manejo del intervalo de tiempo a través de cada uno de sus parámetros (tiempo inicial-tiempo final), ya que de no ser tomados correctamente se dará información errónea, pudiéndole provocar un grave error al usuario. Cada opción establecida maneja cuidadosamente este

problema y, cuando el usuario elige alguna, se reajusta cada parámetro correspondiente tanto al tiempo inicial como al final del intervalo, obteniéndose los tiempos correctos a ser presentados.

En la rutina GUARDA\_IMAGEN, las imágenes correspondientes a un bloque tienen que ser reconstruidas cada una por separado. De aquí la importancia de extraer imagen por imagen del bloque respectivo. Para ello es necesario saber a partir de dónde comienza una imagen y hasta dónde termina. Cada imagen incluye una o varias rebanadas que corresponden a la imagen propiamente y dos rebanadas de control (de las cuales una corresponde al 'reset' y la otra a un período de tiempo), las cuales permiten distinguir el fin de una imagen y el comienzo de la siguiente. Esto es debido a que dichas rebanadas de control siguen un patrón de bits único distinguible de los datos de la imagen. Cabe recordar que cada imagen es capturada en código binario, formada por una o varias rebanadas de 32 bits, incluyendo las rebanadas de control.

Es esencial saber en qué momento aparecen las rebanadas de control y asegurarse de que sean las correctas, ya que esto va a permitir detectar el momento en que una imagen termina y marca al mismo tiempo el inicio de la siguiente. El patrón único de bits que forman las rebanadas de control siguen la secuencia:

No. bit	1	2	3	...	24	25	26	27	28	29	30	31	32
	0	1	0		*	0	1	0	1	0	1	0	1
	1	0	0		*	0	1	0	1	0	1	0	1

\* cualquier valor.

El patrón único de bits comienza a partir del bit 25 y finaliza en el bit 32. De esta forma, cuando el patrón de bits es detectado por igual en las dos rebanadas, se establece que una imagen está terminando y otra está comenzando. Ahora bien, para que una imagen sea aceptada como válida, debe encontrarse limitada, tanto al inicio como al final de la misma, por este patrón de bits. Si esto se cumple, la imagen será almacenada y estará lista para ser reconstruida. Si en algún momento la imagen no comienza con estas rebanadas de control o no finaliza con ellas, dicha imagen no será considerada para ser reconstruida. Este

criterio se aplica para todas y cada una de las imágenes que comprenden un bloque 2D del tipo deseado ('C' o 'P'). El desarrollo de guardar imagen por imagen correspondientes a un cierto bloque 2D del tipo deseado se detalla en el Apéndice, donde se desglosa el pseudocódigo correspondiente a la función GUARDA\_IMAGEN.

## PRUEBAS

---

Para llevar a cabo la liberación del sistema, se realizaron una serie de pruebas para verificar:

1. Que el contenido de la cinta fuera bajado correctamente al archivo de datos en disco.
2. El proceso de reconocimiento de imágenes.
3. El proceso de reconstrucción de imágenes.
4. El cálculo de parámetros tales como: volumen de muestreo, concentración, etc.
5. El funcionamiento del sistema como un todo.

A continuación se describirá cómo se llevaron a cabo las pruebas.

### 5.1 VERIFICACION DEL CONTENIDO DE LA CINTA

Para verificar que el contenido de la cinta fuera bajado correctamente, se utilizó el comando DUMP del sistema operativo. Este comando vierte el contenido de la cinta colocando la información en ASCII, con su correspondiente valor en hexadecimal y número de bloques de información con su tamaño correspondiente, en un archivo. Posteriormente se realizó el bajado de la información de la cinta a un archivo utilizando el programa y se comparó el contenido de éste con el generado por el sistema operativo. Por inspección, se comprobó que eran iguales, con lo cual se concluyó que el sistema pasó la prueba.

### 5.2 VERIFICACION DEL RECONOCIMIENTO DE IMAGENES

Para verificar que el sistema reconociera correctamente las imágenes, se generaron archivos de prueba simulando rebanadas que representaran las siguientes situaciones: inicio de sombra, fin de sombra, fin de rebanada, inicio de sombra truncada por la izquierda, fin de sombra truncada por la izquierda, fin de sombra truncada por la derecha; fin de foco en gota no truncada o truncada por la izquierda, fin de sombra no truncada en foco, fin de foco de sombra truncada por la

derecha, fin de sombra truncada por la izquierda en foco, imagen que oculta simultáneamente los fotodiodos 1 y 32, e imagen truncada con foco truncado.

Estos archivos de prueba se crearon utilizando el editor del sistema operativo y codificando cada uno de los patrones de situaciones de "ceros" y "unos" a código hexadecimal. Se comprobó así, al introducirlos al sistema, que el resultado obtenido era correcto.

Para verificar que los cálculos de parámetros eran correctos, se tomaron los datos sobre número de gotas contadas por el programa para calcular manualmente área de muestreo, volumen de muestreo, diámetro equivalente, velocidad terminal, concentración y concentración por intervalo con lo cual se comprobó que los resultados que produjo el programa eran idénticos.

### 5.3 VERIFICACION DEL FUNCIONAMIENTO DE TODAS LAS RUTINAS COMO UN SISTEMA

En esta etapa se probó el funcionamiento de todas las rutinas como un sistema, lo cual se realizó de la siguiente forma: Primero, se analizó manualmente un intervalo de tiempo, para lo cual se utilizaron las rutinas que permiten desplegar las imágenes de las gotas en pantalla. Esto permite obtener el número de partículas por intervalo de tiempo para después aplicar las fórmulas para calcular los parámetros. Posteriormente, se puso en ejecución al sistema para que procesara el mismo intervalo de tiempo y, finalmente, se compararon sus resultados con los que se realizaron manualmente para comprobar que eran iguales.

Posteriormente, utilizando un sistema anterior que analiza información del espectrómetro FSSP y resultados científicos, se comprobó que los resultados obtenidos con el OAP-2D-C coincidieran con los del FSSP en la región de traslape.

Con la realización de las pruebas anteriores y con los resultados satisfactorios que se obtuvieron, se procedió a liberar el sistema.

#### 5.4 RESULTADOS

Con la liberación del sistema se procedió a analizar información de dos muestreos, uno de ellos en plataforma móvil (camioneta) y otro en plataforma fija (en tierra). El primero de ellos se realizó el día 13 de Enero de 1991 y comprendió un trayecto de 4.5 km de longitud que se localizó en la carretera estatal de Puebla que comunica las poblaciones de Zaragoza y Zacapoaxtla. La camioneta estaba instrumentada con dos espectrómetros de gotas (un FSSP y un 2D-C), y realizó varias penetraciones a una nube que cubría el área. El segundo se realizó en la azotea del edificio del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México, entre los días 18 de Julio y 13 de Septiembre de 1991. En éste se utilizaron los espectrómetros 2D-C y 2D-P para muestrear lluvia. Uno de los resultados que entregó el sistema se muestra en la Figura 5.1, el cual corresponde al contenido del archivo con extensión "tab". Posteriormente se utiliza la información del archivo con extensión "txt", del cual se muestra su contenido en la Figura 5.2, para que lo procese el paquete EXCEL y produzca una gráfica de resultados (ver Figura 5.3).

De los dos muestreos anteriores se han publicado dos artículos en memorias de congresos especializados, uno nacional (García & Montañez 1992a) y otro internacional (García & Montañez 1992b), del área de Física de Nubes.

Vel.muestreo: 0.00

Fecha: 02-09-91  
 Tiempo inicial: 17:13:16  
 Tiempo final : 17:49:01

	diametro (micras)	d medio (micras)	particula #	conc (cm-3)	conc (/)	lvc (g/m-3)	lvc (/)	conc por micra	acum lvc (/)	
	92 -	220	156	466	2.364e-03	56.5	4.672e-03	0.7	1.847e-05	0.7
	220 -	348	284	319	7.275e-04	17.4	8.688e-03	1.3	5.687e-06	2.0
	348 -	476	412	366	5.427e-04	12.1	1.979e-02	3.0	4.244e-06	5.1
	476 -	603	539	223	2.466e-04	5.9	2.024e-02	3.1	1.930e-06	8.3
	603 -	731	667	124	1.098e-04	2.6	1.705e-02	2.6	8.604e-07	10.9
	731 -	857	794	61	4.531e-05	1.0	1.186e-02	1.8	3.590e-07	12.7
	857 -	983	920	46	2.960e-05	0.7	1.206e-02	1.9	2.348e-07	14.6
	983 -	1110	1047	40	2.284e-05	0.6	1.370e-02	2.1	1.796e-07	16.7
	1110 -	1248	1179	38	1.977e-05	0.5	1.693e-02	2.6	1.441e-07	19.3
	1248 -	1364	1306	20	9.653e-06	0.2	1.124e-02	1.7	8.289e-08	21.0
	1364 -	1488	1426	19	8.620e-06	0.2	1.307e-02	2.0	6.957e-08	23.0
	1488 -	1614	1551	23	9.852e-06	0.2	1.922e-02	2.1	7.808e-08	26.0
	1614 -	1739	1676	14	5.694e-06	0.1	1.402e-02	2.2	4.569e-08	28.2
	1739 -	1864	1802	18	6.985e-06	0.2	2.135e-02	3.3	5.562e-08	31.5
	1864 -	1988	1926	9	3.347e-06	0.0	1.250e-02	1.9	2.699e-08	33.5
	1988 -	2115	2051	10	3.576e-06	0.0	1.614e-02	2.5	2.834e-08	35.1
	2115 -	2240	2177	9	3.105e-06	0.0	1.675e-02	2.6	2.467e-08	38.6
	2240 -	2366	2303	11	3.672e-06	0.0	2.345e-02	3.6	2.927e-08	42.2
	2366 -	2491	2428	8	2.592e-06	0.0	1.940e-02	3.0	2.072e-08	45.2
	2491 -	2616	2553	5	1.577e-06	0.0	1.372e-02	2.1	1.264e-08	47.3
	2616 -	2740	2678	5	1.538e-06	0.0	1.543e-02	2.4	1.237e-08	49.7
	2740 -	2864	2802	4	1.203e-06	0.0	1.383e-02	2.1	9.712e-09	51.8
	2864 -	2987	2926	6	1.768e-06	0.0	2.314e-02	3.6	1.432e-08	55.4
	2987 -	3110	3049	5	1.447e-06	0.0	2.143e-02	3.3	1.176e-08	58.7
	3110 -	3233	3172	5	1.423e-06	0.0	2.372e-02	3.7	1.160e-08	62.4
	3233 -	3355	3294	5	1.402e-06	0.0	2.618e-02	4.0	1.147e-08	66.4
	3355 -	3477	3416	3	8.297e-07	0.0	1.729e-02	2.7	6.815e-09	69.1
	3477 -	3598	3538	2	5.465e-07	0.0	1.264e-02	1.1	4.505e-09	71.0
	3598 -	3719	3659	3	8.109e-07	0.0	2.075e-02	3.2	6.708e-09	74.3
	3719 -	3839	3779	0	0.000e+00	0.0	0.000e+00	0.0	0.000e+00	74.3
	3839 -	3959	3899	5	1.327e-06	0.0	4.112e-02	6.4	1.106e-08	80.6
	3959 -	4079	4019	1	2.634e-07	0.0	8.938e-03	1.4	2.203e-09	82.0
	4079 -	4198	4139	3	7.848e-07	0.0	2.908e-02	4.5	6.589e-09	86.5
	4198 -	4317	4257	0	0.000e+00	0.0	0.000e+00	0.0	0.000e+00	86.5
	4317 -	4435	4376	0	0.000e+00	0.0	0.000e+00	0.0	0.000e+00	86.5
	4435 -	4553	4494	1	2.575e-07	0.0	1.222e-02	1.9	2.187e-09	88.4
	4553 -	4670	4611	0	0.000e+00	0.0	0.000e+00	0.0	0.000e+00	88.4

Fig. 5.1 ( continúa )

4670	-	4787		4729		1		2.557e-7		0.0		1.413e-02		2.2		2.187e-09		90.6	
4787	-	4903		4845		0		0.000e+0		0.0		0.000e+00		0.0		0.000e+00		90.6	
4903	-	5020		4962		0		0.000e+0		0.0		0.000e+00		0.0		0.000e+00		90.6	
5020	-	5135		5077		1		2.538e-7		0.0		1.736e-02		2.7		2.196e-09		91.3	
5135	-	5250		5193		0		0.000e+0		0.0		0.000e+00		0.0		0.000e+00		91.3	
5250	-	5365		5308		0		0.000e+0		0.0		0.000e+00		0.0		0.000e+00		91.3	
5365	-	5479		5422		1		2.528e-7		0.0		2.106e-02		3.3		2.211e-09		96.5	
5479	-	5593		5536		1		2.526e-7		0.0		2.240e-02		3.5		2.217e-09		100.0	
5593	-	5707		5650		0		0.000e+0		0.0		0.000e+00		0.0		0.000e+00		100.0	
5707	-	5820		5763		0		0.000e+0		0.0		0.000e+00		0.0		0.000e+00		100.0	
5820	-	5933		5876		0		0.000e+0		0.0		0.000e+00		0.0		0.000e+00		100.0	
5933	-	6045		5989		0		0.000e+0		0.0		0.000e+00		0.0		0.000e+00		100.0	
6045	-	6157		6101		0		0.000e+0		0.0		0.000e+00		0.0		0.000e+00		100.0	
6157	-	6268		6212		0		0.000e+0		0.0		0.000e+00		0.0		0.000e+00		100.0	
6268	-	6379		6324		0		0.000e+0		0.0		0.000e+00		0.0		0.000e+00		100.0	
6379	-	6490		6435		0		0.000e+0		0.0		0.000e+00		0.0		0.000e+00		100.0	
6490	-	6600		6545		0		0.000e+0		0.0		0.000e+00		0.0		0.000e+00		100.0	
6600	-	6710		6655		0		0.000e+0		0.0		0.000e+00		0.0		0.000e+00		100.0	
6710	-	6820		6765		0		0.000e+0		0.0		0.000e+00		0.0		0.000e+00		100.0	
6820	-	6929		6874		0		0.000e+0		0.0		0.000e+00		0.0		0.000e+00		100.0	
6929	-	7038		6983		0		0.000e+0		0.0		0.000e+00		0.0		0.000e+00		100.0	
7038	-	7146		7092		0		0.000e+0		0.0		0.000e+00		0.0		0.000e+00		100.0	
7146	-	7254		7200		0		0.000e+0		0.0		0.000e+00		0.0		0.000e+00		100.0	
7254	-	7362		7308		0		0.000e+0		0.0		0.000e+00		0.0		0.000e+00		100.0	

-----  
 totales | 1881 | 4.181e-03 | 100.0 | 6.466e-01 | 100.0 |

total de particulas con problemas de reconstruccion : 337

total de particulas que cubrieron a fotodiodo 1 y fotodiodo 32 : 9

Fig. 5.1 Formato de resultados del archivo con extensión "tab"

,Fecha,Vel,t ini,t fin,period (s),Rainfall (mm),,,,  
 ,2/9/91,0,17:43:16,17:49:01,346,6.47E-04,.,.,.

d medio,d inf,d sup,d medio,particula,conc,conc,lwc,lwc,conc por,acum lwc  
 (mm),micra,micra,micra,#,(cm-3),(/),(g/m-3),(/),micra,(/)  
 0.156,92,220,156,466,2.36E-03,56.5,4.67E-03,0.7,1.85E-05,0.7  
 0.284,220,348,284,319,7.28E-04,17.4,8.69E-03,1.3,5.69E-06,2.1  
 0.412,348,476,412,366,5.43E-04,13,1.98E-02,3.1,4.24E-06,5.1  
 0.539,476,603,539,223,2.47E-04,5.9,2.02E-02,3.1,1.93E-06,8.3  
 0.667,603,731,667,124,1.10E-04,2.6,1.71E-02,2.6,8.60E-07,10.9  
 0.794,731,857,794,61,4.53E-05,1.1,1.19E-02,1.8,3.59E-07,12.7  
 0.92,857,983,920,46,2.96E-05,0.7,1.21E-02,1.9,2.35E-07,14.6  
 1.07,983,1110,1047,40,2.28E-05,0.5,1.37E-02,2.1,1.80E-07,16.7  
 1.179,1110,1248,1179,38,1.98E-05,0.5,1.69E-02,2.6,1.44E-07,19.3  
 1.306,1248,1364,1306,20,9.65E-06,0.2,1.12E-02,1.7,8.29E-08,21.1  
 1.426,1364,1488,1426,19,8.62E-06,0.2,1.31E-02,2.6,9.6E-08,23.1  
 1.551,1488,1614,1551,23,9.85E-06,0.2,1.92E-02,3.7,8.1E-08,26.1  
 1.676,1614,1739,1676,14,5.69E-06,0.1,1.40E-02,2.2,4.57E-08,28.2  
 1.802,1739,1864,1802,18,6.99E-06,0.2,2.14E-02,3.1,5.56E-08,31.5  
 1.926,1864,1988,1926,9,3.35E-06,0.1,1.25E-02,1.9,2.70E-08,33.5  
 2.051,1988,2115,2051,10,1.58E-06,0.1,1.61E-02,2.5,2.83E-08,36  
 2.177,2115,2240,2177,9,3.11E-06,0.1,1.68E-02,2.6,2.47E-08,38.6  
 2.303,2240,2366,2303,11,3.67E-06,0.1,2.35E-02,3.6,2.93E-08,42.2  
 2.428,2366,2491,2428,8,2.59E-06,0.1,1.94E-02,3,2.07E-08,45.2  
 2.553,2491,2616,2553,5,1.58E-06,0.1,1.37E-02,2.1,1.26E-08,47.3  
 2.678,2616,2740,2678,5,1.54E-06,0.1,1.54E-02,2.4,1.24E-08,49.7  
 2.802,2740,2864,2802,4,1.20E-06,0.1,1.38E-02,2.1,9.71E-09,51.8  
 2.925,2864,2987,2926,6,1.77E-06,0.2,3.1E-02,3.6,1.43E-08,55.4  
 3.049,2987,3110,3049,5,1.45E-06,0.2,1.4E-02,3.3,1.18E-08,58.7  
 3.172,3110,3233,3172,5,1.42E-06,0.2,2.37E-02,3.7,1.16E-08,62.4  
 3.294,3233,3355,3294,5,1.40E-06,0.2,2.62E-02,4,1.15E-08,66.4  
 3.416,3355,3477,3416,3,8.30E-07,0.1,1.73E-02,2.7,6.82E-09,69.1  
 3.537,3477,3598,3538,2,5.47E-07,0.1,1.26E-02,2.4,5.1E-09,71.1  
 3.659,3598,3719,3659,3,8.11E-07,0.2,2.08E-02,3.2,6.71E-09,74.3  
 3.779,3719,3839,3779,0,0.00E+00,0.00E+00,0.00E+00,0.00E+00,74.3  
 3.899,3839,3959,3899,5,1.33E-06,0.4,1.1E-02,6.4,1.11E-9,80.6  
 4.019,3959,4079,4019,1,2.63E-07,0.8,9.4E-03,1.4,2.20E-09,82  
 4.138,4079,4198,4139,3,7.85E-07,0.2,9.1E-02,4.5,6.59E-09,86.5  
 4.257,4198,4317,4257,0,0.00E+00,0.00E+00,0.00E+00,0.00E+00,86.5  
 4.376,4317,4435,4376,0,0.00E+00,0.00E+00,0.00E+00,0.00E+00,86.5  
 4.494,4435,4553,4494,1,2.58E-07,0.1,2.2E-02,1.9,2.19E-09,88.4  
 4.611,4553,4670,4611,0,0.00E+00,0.00E+00,0.00E+00,0.00E+00,88.4  
 4.728,4670,4787,4729,1,2.56E-07,0.1,4.1E-02,2.2,2.19E-09,90.6  
 4.845,4787,4903,4845,0,0.00E+00,0.00E+00,0.00E+00,0.00E+00,90.6  
 4.961,4903,5020,4962,0,0.00E+00,0.00E+00,0.00E+00,0.00E+00,90.6  
 5.077,5020,5135,5077,1,2.54E-07,0.1,7.4E-02,2.7,2.20E-09,93.3  
 5.193,5135,5250,5191,0,0.00E+00,0.00E+00,0.00E+00,0.00E+00,93.3  
 5.307,5250,5365,5308,0,0.00E+00,0.00E+00,0.00E+00,0.00E+00,93.3  
 5.422,5365,5479,5422,1,2.53E-07,0.2,1.1E-02,3.3,2.21E-09,96.5  
 5.536,5479,5593,5536,1,2.53E-07,0.2,2.4E-02,3.5,2.22E-09,100  
 5.65,5593,5707,5650,0,0.00E+00,0.00E+00,0.00E+00,0.00E+00,100  
 5.763,5707,5820,5763,0,0.00E+00,0.00E+00,0.00E+00,0.00E+00,100  
 5.876,5820,5933,5876,0,0.00E+00,0.00E+00,0.00E+00,0.00E+00,100  
 5.988,5933,6045,5989,0,0.00E+00,0.00E+00,0.00E+00,0.00E+00,100  
 6.1,6045,6157,6101,0,0.00E+00,0.00E+00,0.00E+00,0.00E+00,100  
 6.212,6157,6268,6212,0,0.00E+00,0.00E+00,0.00E+00,0.00E+00,100  
 6.323,6268,6379,6324,0,0.00E+00,0.00E+00,0.00E+00,0.00E+00,100  
 6.434,6379,6490,6435,0,0.00E+00,0.00E+00,0.00E+00,0.00E+00,100  
 6.545,6490,6600,6545,0,0.00E+00,0.00E+00,0.00E+00,0.00E+00,100  
 6.655,6600,6710,6655,0,0.00E+00,0.00E+00,0.00E+00,0.00E+00,100

Fig. 5.2 ( continda )

6.765,6710,6820,6765,0,0.00E+00,0,0.00E+00,0,0.00E+00,100  
6.874,6820,6929,6874,0,0.00E+00,0,0.00E+00,0,0.00E+00,100  
6.983,6929,7038,6981,0,0.00E+00,0,0.00E+00,0,0.00E+00,100  
7.091,7038,7146,7092,0,0.00E+00,0,0.00E+00,0,0.00E+00,100  
7.2,7146,7254,7200,0,0.00E+00,0,0.00E+00,0,0.00E+00,100  
7.308,7254,7362,7308,0,0.00E+00,0,0.00E+00,0,0.00E+00,100

totales, , , 1881.4.18E-03,100,6.47E-01,100,,

no reconst,337,,,,,,,,,

orillas,9,,,,,,,,,

Fig. 5.2 Formato de resultados del archivo con extensión "txt"  
(continuación)

65

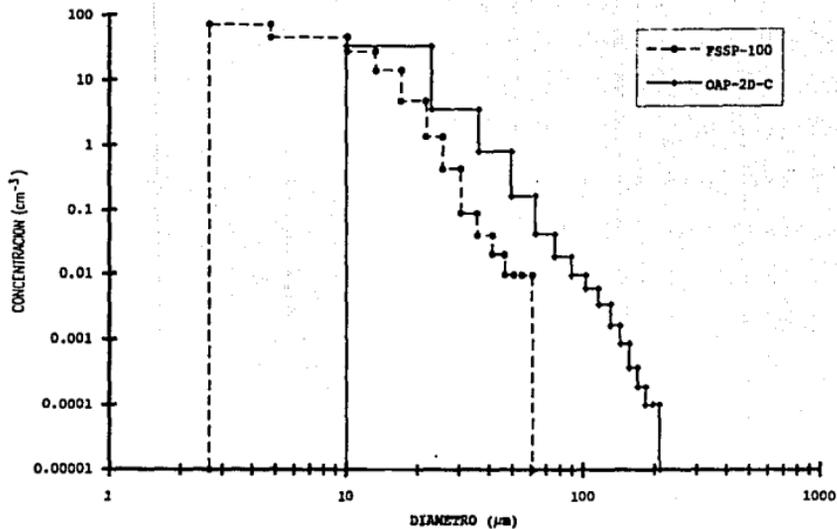


Fig. 5.3 Grafica realizada en el paquete Excel con datos del archivo con extension "txt"

## CONCLUSIONES

---

En la presente tesis se utilizó una herramienta matemática llamada "autómata", que permite dar solución al problema de reconstrucción de imágenes de gotas obtenidas con instrumentación especializada en el área de Física de Nubes (FN). Esta innovación dió como resultado un sistema de software con características propias, es decir, de diseño único, ya que la estrategia del autómata es propia del concepto de compiladores y aplicable generalmente dentro del contexto de analizadores de léxico.

La idea de tomar un autómata como una herramienta que aportaría grandes ventajas para reconocer un cierto tipo de imágenes, surgió de reconocer que la secuencia lógica de éstas (1's y 0's) permite dar seguimiento a un comportamiento variable para obtener finalmente un criterio de la secuencia y así decidir qué forma de la imagen se iría presentando.

En un campo de la investigación poco conocido como la FN, se tuvo la necesidad de desarrollar una herramienta más para acelerar el proceso de la investigación. Con ésto en mente, se creó un sistema de software cuya aplicación tiene como objetivo final proporcionar resultados estadísticos, con parámetros de interés en el área, a partir de datos capturados mediante instrumentación especializada. Con esta nueva herramienta se agilizó el procesamiento de datos y, en consecuencia, el análisis e interpretación de los mismos, dando lugar a una rápida concepción de los resultados.

La aportación para el CCA, y en particular para la Sección de FN, se puede constatar mediante la aplicación de los resultados que de la tesis aquí presentada se está haciendo la publicación de artículos ya mencionados en el capítulo anterior.

Durante nuestra estancia en el CCA, colaborando en la Sección de FN fue posible aprender nuevos conceptos en el área. Este campo cubre toda una serie de fenómenos atmosféricos, descritos en el Capítulo 2, de gran importancia en la investigación pura y aplicada. Además, debido a los recursos propios del CCA, fue necesario conocer con mayor profundidad un nuevo sistema operativo, el manejo del equipo de

cómputo, el uso de cintas magnéticas de carrete y cartuchos de cinta denominados TK's, la operación de la red y software de comunicaciones; así como el equipo de FN, que incluye espectrómetros de gotas, sistemas de adquisición de datos, y equipos meteorológicos para el monitoreo de velocidad del viento, temperatura, humedad y precipitación; sin olvidar la aplicación de recursos matemáticos, ingenieriles y físicos comprendidos en el área. Esto, sin duda, redundó en mejorar nuestra habilidad para emplear adecuadamente los recursos a nuestro alcance.

El objetivo de esta tesis fue alcanzado, contemplando los aspectos más relevantes del problema. Sin embargo, como todo sistema, es necesario mejorarlo hasta lograr el mayor rendimiento posible. Hasta el momento el sistema cubre los aspectos fundamentales, aunque sería deseable la automatización completa del mismo. Hay aspectos que se habrían que evitar, como es el caso del operador que tiene que decidir el diámetro que presentan ciertas imágenes mostradas en pantalla por el sistema, con la consiguiente pérdida de tiempo en el procesamiento: el sistema debería de ser capaz de quitarle esta tediosa tarea al usuario hasta donde sea posible. Por otro lado se presenta el problema de la coincidencia, es decir, dos gotitas o imágenes unidas por sus contornos, y detectadas simultáneamente por los equipos, que el sistema no es capaz de resolver. Cabe mencionar que la coincidencia es un problema que hasta el momento no ha podido ser solucionado, satisfactoriamente por ningún grupo de investigadores en el área, incluyéndose los del extranjero. Aunque la teoría y las herramientas que pueden dar respuesta a este problema existen, la solución a éste cayó fuera del alcance y objetivos de la presente tesis. Como ya se mencionó, a partir de su finalización el sistema ha sido sometido a pruebas tanto en plataforma fija como en plataforma móvil. Los estudios continúan día con día y se espera que la construcción modular del sistema permitirá la adecuación del mismo a las necesidades de análisis e interpretación de resultados que se vayan presentando en diferentes condiciones de muestreo.

## APENDICE

---

### A.1 PSEUDOCODIGO

#### PROGRAMA PRINCIPAL

MIENTRAS la operación a realizar sea diferente de salir del sistema

CASO

BAJAR INFORMACION DE LA CINTA

llama a la rutina LEE\_CINTA

REALIZAR PROCESAMIENTO DE DATOS

pide nombre del archivo a procesar

ponle extensión dat

abre el archivo para lectura

SI el archivo no existe ENTONCES

despliega mensaje de que el archivo no existe

coloca un retardo

SINO

llama a la rutina MENU

CASO

VER INFORMACION EN HEXADECIMAL

llama a la rutina VER\_INFO

REALIZAR PROCESAMIENTO DE IMAGENES

llama a la rutina MENU

SI la operación a realizar es conteo de gotas

ENTONCES

llama a la rutina MENU

reserva memoria para las imágenes

coloca en cero al contador de imágenes

FIN (SI)

llama a la rutina ELIGE\_ESPECTROMETRO

coloca un retardo

SI la operación elegida fue conteo de gotas

ENTONCES

libera el área de memoria apartada para imágenes

FIN (CASO)  
FIN (SI)  
cierra el archivo

FIN (CASO)

FIN (MIENTRAS)

SI se realizó alguna operación ENTONCES  
despliega mensaje de fin del sistema

FIN de programa principal

---

Rutina ANALIZADOR

---

REPITE desde el primer caracter hasta el séptimo  
guarda en el arreglo 'rebanada' un caracter hexadecimal de imagen

FIN (REPITE)

coloca un terminador de imagen

MIENTRAS no haya rebanadas de "unos" EJECUTA

indica que este bloque no es únicamente de unos

llama a la rutina ANALIZA, donde envía como parámetro el arreglo  
'rebanada', el cual representa una rebanada de imagen.

SI hubo más de un foco o existió variación en el diámetro de la

gota o es una imagen extraña ENTONCES

coloca una rebanada de "unos" para salir de MIENTRAS

SINO

obten otra rebanada de imagen en hexadecimal

FIN (SI)

FIN (MIENTRAS)

SI el bloque no está compuesto únicamente de "unos" ENTONCES

SI no hubo más de un foco o existió variación en el diámetro de la  
gota o es una imagen extraña ENTONCES

asigna el último número de rebanada procesada a 'fin de situación'  
coloca clave de fin de imagen en el arreglo 'situación'

SI los fotodiodos de ambas orillas están ocultos ENTONCES

cuenta a la imagen como imagen que ocultó a fotodiodos 1 y

32

SINO

SI la imagen no llegó truncada ENTONCES  
   posicónate al inicio de la informaci3n de la imagen  
 MIENTRAS no llegues al fin de la informaci3n de la imagen  
   SI no has encontrado un diámetro de la gota ENTONCES  
     SI el ancho de sombra anterior es mayor al actual  
       ENTONCES  
         guarda como diámetro de la gota al ancho de  
         sombra anterior  
         indica que has encontrado el diámetro de la gota  
       FIN (SI)  
         actualiza el valor de ancho de sombra anterior.  
   SINO  
     SI el ancho de sombra anterior es menor que el  
     actual ENTONCES  
       indica que hubo variaci3n en el diámetro de  
       la gota  
     SI el diámetro calculado es menor que el  
     ancho de sombra actual ENTONCES  
       cambia el valor del diámetro por el ancho  
       de sombra actual  
     FIN (SI)  
       actualiza el ancho de sombra anterior  
   SINO  
     actualiza el ancho de sombra anterior  
   FIN (SI)  
   FIN (SI) .  
   toma el siguiente dato de la imagen  
 FIN (MIENTRAS)  
 SI no hubo variaci3n en el diámetro de la gota ENTONCES  
   SI no se pudo calcular un diámetro ENTONCES  
     asigna como diámetro definitivo el último ancho de  
     sombra  
   SINO  
     asigna como diámetro definitivo el diámetro calculado  
   FIN (SI)  
   incrementa en uno la cuenta de gotas del diámetro

calculado  
 FIN (SI)  
 SINO  
   REPITE desde k=primer dato de la imagen hasta el último  
   dato  
     SI la rebanada "k" no está marcada como truncada  
     ENTONCES  
       indica que esta imagen tiene al menos una rebanada  
       no truncada  
     FIN (SI)  
 FIN (REPITE)  
 SI la imagen tiene todas las rebanadas truncadas ENTONCES  
   cuenta a la imagen como no reconstruible  
 SINO  
   posicóñate al inicio de los datos de la imagen  
   llama a la rutina VECTOR\_DE\_SITUACION y el valor que  
   genere asignaselo a 'determinador'  
   posicóñate al inicio de los datos de la imagen  
   MIENTRAS no llegues al final de los datos de la imagen y  
   no se haya encontrado algún error en la imagen y que  
   en la imagen no hubo necesidad de aplicar criterio  
   sobre determinación de foco  
   CASO  
     no hubo truncamiento de foco  
       SI la rebanada está marcada como  
       posible foco truncado ENTONCES  
       márcala como rebanada no truncada  
       FIN (SI)  
     hubo foco truncado  
       SI la rebanada está marcada como  
       posible foco truncado ENTONCES  
       SI la imagen está truncada por la  
       izquierda ENTONCES  
       cambia el valor del límite  
       inferior de esta rebanada a 1  
       FIN (SI)

SI la imagen está truncada por la  
derecha ENTONCES  
cambia el valor del límite  
superior de esta rebanada a 32  
FIN (SI)

marca a esa rebanada como truncada  
FIN (SI)

imagen extraña

indica que la imagen es extraña

FIN (CASO)

pasa a la información de la siguiente imagen

FIN (MIENTRAS)

SI la imagen no es extraña ENTONCES

REPITE desde k=primer dato de la imagen hasta el  
último dato

SI la rebanada "k" no está marcada como truncada  
ENTONCES

indica que en esta imagen tiene al menos una  
rebanada no truncada

FIN (SI)

FIN (REPITE)

SI la imagen tiene todas las rebanadas truncadas  
ENTONCES

cuéntala como no reconstruible

SINO

posiciónate al inicio de la información de la gota  
MIENTRAS no llegues al final de los datos de la  
imagen

SI no has encontrado el diámetro de la gota  
ENTONCES

SI el ancho de sombra de la rebanada  
anterior es mayor que el de la rebanada  
actual ENTONCES

SI la imagen está truncada por la  
derecha y la rebanada anterior  
está marcada como truncada ENTONCES

guarda como diámetro de la gota al límite inferior de la rebanada anterior

indica que no se guardó explícitamente un ancho de sombra

SINO

guarda como diámetro de la gota al ancho de sombra de la rebanada anterior

FIN (SI)

indica que has encontrado el diámetro de la imagen

FIN (SI)

actualiza el ancho de sombra

SINO

SI el ancho de sombra de la rebanada anterior es menor que el actual ENTONCES

indica que hubo variación en el diámetro de la gota truncada

SI el diámetro calculado es menor que el ancho de sombra de la rebanada actual ENTONCES

SI la imagen está truncada por la derecha y esta rebanada está marcada como truncada ENTONCES

guarda como diámetro de la gota el límite inferior de la rebanada actual

indica que el diámetro no es explícitamente un ancho de sombra

SINO

cambia el valor del diámetro por el ancho de sombra de la rebanada actual

quita la indicación de que el

diámetro de la gota no es  
explícitamente un ancho de sombra  
FIN (SI)  
FIN (SI)  
FIN (SI)  
actualiza el ancho de sombra  
FIN (SI)  
SI esta rebanada no está truncada ENTONCES  
SI su ancho de sombra es 'uno' ENTONCES  
guarda como coordenada X de centro de  
la sombra de la rebanada su límite  
superior  
SINO  
guarda como coordenada X de centro de  
la sombra de la rebanada la posición de  
fotodiodo que es la mitad de sombra  
FIN (SI)  
guarda como coordenada Y del centro el  
número de rebanada  
SI es la primer rebanada donde se pudo  
identificar un centro ENTONCES  
indicalo  
SINO  
SI la coordenada X de centro de la  
rebanada anterior es diferente de la  
obtenida actualmente ENTONCES  
indica que hubo variación en la  
posición del centro  
FIN (SI)  
FIN (SI)  
pasa al siguiente dato de la imagen  
FIN (MIENTRAS)  
SI la posición del centro no varió ENTONCES  
SI la gota está truncada por la izquierda  
ENTONCES  
SI no has encontrado un diámetro ENTONCES

calcula el diámetro utilizando el último ancho de sombra y la coordenada X del centro, al realizar la diferencia de los cuales encontrarás el radio, que al multiplicarlo por dos se obtiene el diámetro.

SINO

calcula el diámetro utilizando el diámetro calculado anteriormente y la coordenada X del centro, al realizar la diferencia de los cuales encontrarás el radio, que al multiplicarlo por dos se obtiene el diámetro.

FIN (SI)

SINO

SI no se encontró un diámetro ENTONCES  
cálculalo utilizando el último ancho de sombra y la coordenada X del centro

SINO

SI el diámetro no es explícitamente un ancho de sombra ENTONCES  
calcula el diámetro utilizando la coordenada X del centro y este diámetro no explícito

SINO

calcula el diámetro utilizando el diámetro calculado y la coordenada X del centro

FIN (SI)

FIN (SI)

FIN (SI)

SI el diámetro es diferente de cero ENTONCES  
posiciónate al inicio de los datos de la imagen  
SI la gota está truncada por la derecha y el diámetro no es explícitamente un ancho de sombra ENTONCES  
hazlo explícito

FIN (SI)

MIENTRAS no llegues al final de los datos de la

imagen

SI el diámetro es menor que el ancho de  
sombra de la rebanada actual ENTONCES  
SI la imagen está truncada por la  
derecha y el diámetro no es  
explícitamente un ancho de sombra  
ENTONCES

cambia el diámetro de la gota por  
el límite inferior de esta  
rebanada, indica que hubo variación  
en el diámetro de la gota

SINO

cambia el diámetro de la gota por  
el ancho de sombra de esta rebanada

FIN (SI)

FIN (SI)

pasa al siguiente dato de la imagen

FIN (MIENTRAS)

SI la imagen está truncada por la derecha y el  
diámetro no es explícitamente un ancho de  
sombra y hubo variación en el diámetro  
ENTONCES

haz explícito al diámetro

FIN (SI)

FIN (SI)

SI existió variación en el ancho del foco  
ENTONCES

SI existió variación en el diámetro de la gota  
ENTONCES

despliega letrero indicando variación en el  
foco y en el diámetro, al igual que el  
diámetro calculado

SINO

despliega letrero indicando variación en el  
ancho del foco al igual que el diámetro  
calculado

```
FIN (SI)
despliega mensaje para preguntar al usuario si
desea ver la imagen
espera respuesta
SI la respuesta es "si" ENTONCES
    cuéntala provisionalmente como no
    reconstruible
    llama a la rutina IMAGEN_EN_ARCHIVO
SINO
    asigna a una variable entera el diámetro
    calculado, ya que servirá como índice en un
    arreglo
SI el diámetro es mayor al diámetro
    permisible ENTONCES
    despliega mensaje de que en esta misma
    imagen se encontró un diámetro mayor al
    permisible y si desea ver la imagen
SI la respuesta es "si" ENTONCES
    cuéntala provisionalmente como no
    reconstruible
    llama a la rutina IMAGEN_EN_ARCHIVO
SINO
    cuéntala como imagen que cubrió tanto el
    fotodiodo 1 como el 32
FIN (SI)
SINO
    cuéntala de acuerdo a su diámetro
FIN (SI)
FIN (SI)
SINO
SI existió variación en el diámetro de la gota
    ENTONCES
    despliega mensaje de que existió variación en
    el diámetro de la gota, el diámetro que
    calculó y si desea ver la imagen
SI la respuesta es "si" ENTONCES
```

cuéntala temporalmente como no  
reconstruible  
llama a la rutina IMAGEN\_EN\_ARCHIVO  
SINO  
asigna a una variable entera el tamaño de  
la imagen  
SI el diámetro es mayor al máximo  
permisible ENTONCES  
despliega mensaje de que en esta misma  
imagen encontró un diámetro mayor al  
permisible y si desea ver la imagen  
SI la respuesta es "si" ENTONCES  
cuéntala provisionalmente como no  
reconstruible  
llama a la rutina IMAGEN\_EN\_ARCHIVO  
SINO  
cuéntala como imagen que cubrió los  
fotodiodos 1 y 32  
FIN (SI)  
SINO  
cuéntala de acuerdo a su diámetro  
FIN (SI)  
FIN (SI)  
SINO  
asigna a una variable entera el diámetro  
SI el diámetro es mayor al máximo permisible  
ENTONCES  
despliega mensaje de que el diámetro es  
mayor al máximo permisible y si desea ver  
la imagen  
SI la respuesta es "si" ENTONCES  
cuéntala temporalmente como no  
reconstruible  
llama a la rutina IMAGEN\_EN\_ARCHIVO  
SINO  
cuéntala como imagen que cubrió los

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

```
        fotodiodos 1 y 32
        FIN (SI)
    SINO
        cuéntala de acuerdo a su diámetro
        FIN (SI)
    FIN (SI)
FIN (SI)
SINO
    llama a la rutina CALCULA_ECUACION_DE_RECTA
    llama a la rutina ENCUENTRA_COORDS_LAT_VALIDAS
    llama a la rutina CALCULA_DIAMETRO_X
    SI existió variación en el ancho del foco
        ENTONCES
            SI existió variación en el diámetro de la gota
                ENTONCES
                    despliega mensaje indicando que hubo
                    variación en el ancho del foco y en el
                    diámetro y el diámetro que calculó
            SINO
                despliega mensaje indicando que hubo
                variación en el ancho del foco y el diámetro
                que calculó
        FIN (SI)
    despliega mensaje si desea ver la imagen
    SI la respuesta es "sí" ENTONCES
        cuenta a la imagen temporalmente como no
        reconstruible
        llama a la rutina IMAGEN_EN_ARCHIVO
    SINO
        redondea el diámetro calculado
        asignalo a una variable entera
    SI el diámetro es mayor al máximo permisible
        ENTONCES
            despliega mensaje de que en esta misma
            imagen encontró un diámetro mayor al
            permisible junto con el diámetro calculado
```

y si desea ver la imagen  
SI la respuesta es "sí" ENTONCES  
cuéntala provisionalmente como no  
reconstruible  
llama a la rutina IMAGEN\_EN\_ARCHIVO  
SINO  
cuéntala como imagen que cubrió los  
fotodiodos 1 y 32  
FIN (SI)  
SINO  
cuéntala de acuerdo al diámetro encontrado  
FIN (SI)  
FIN (SI)  
SINO  
SI hubo variación en el diámetro de la gota  
ENTONCES  
despliega mensaje de que se encontró  
variación en el diámetro de la imagen, el  
diámetro calculado y si desea ver la imagen  
SI la respuesta es "sí" ENTONCES  
cuéntala provisionalmente como no  
reconstruible  
llama a la rutina IMAGEN\_EN\_ARCHIVO  
SINO  
redondea el diámetro calculado  
asígnalo a una variable entera para  
utilizarlo como índice en un arreglo  
SI el diámetro es mayor al máximo  
permisible ENTONCES  
despliega mensaje de que el diámetro fue  
mayor al máximo permisible, el diámetro  
calculado y si desea ver la imagen  
SI la respuesta es "sí" ENTONCES  
cuéntala provisionalmente como no  
reconstruible  
llama a la rutina IMAGEN\_EN\_ARCHIVO

```
SINO
    cuéntala como imagen que cubrió los
    fotodiodos 1 y 32
FIN (SI)
SINO
    cuéntala de acuerdo al diámetro calculado
FIN (SI)
FIN (SI)
SINO
    redondea el diámetro
    asignalo a una variable entera para
    utilizarlo como índice en un arreglo
    SI el diámetro es mayor al máximo permisible
    ENTONCES
        despliega mensaje de que el diámetro
        es mayor que el máximo permisible, el
        diámetro calculado y si desea ver la imagen
        SI la respuesta es "sí" ENTONCES
            cuéntala provisionalmente como no
            reconstruible
            llama a la rutina IMAGEN_EN_ARCHIVO
SINO
    cuéntala como imagen que cubrió los
    fotodiodos 1 y 32
FIN (SI)
SINO
    cuéntala de acuerdo al diámetro calculado
FIN (SI)
```

```

SI la imagen que no estuvo truncada tuvo variación en el
diámetro ENTONCES
quita la indicación de imagen no truncada con variación en
el diámetro
SI hubo variación en el ancho del foco ENTONCES
despliega mensaje de que hubo variación en el ancho del
foco y en el diámetro, y el diámetro calculado
SINO
despliega mensaje de que hubo variación en el diámetro, y
el diámetro calculado
FIN (SI)
despliega mensaje si desea ver imagen
SI la respuesta es "si" ENTONCES
cuéntala provisionalmente como no reconstruible
llama a la rutina IMAGEN_EN_ARCHIVO
SINO
cuéntala de acuerdo al diámetro calculado
FIN (SI)
FIN (SI)
SI la imagen es errónea o tuvo más de un foco ENTONCES
SI antes de tener error cubrió a los fotodiodos 1 y 32
ENTONCES
cuéntala como imagen que cubrió a los fotodiodos 1 y 32
SINO
cuéntala provisionalmente como no reconstruible
llama a la rutina IMAGEN_EN_ARCHIVO
FIN (SI)
FIN (SI)
FIN (SI)
FIN de Rutina ANALIZADOR

```

---

Rutina ANALIZA

---

Realiza en la imagen conversión de caracter hexadecimal a binario y deja el resultado en el arreglo 'fotodiodo' que simulará al arreglo lineal de

32 fotodiodos

posicónate en el primer fotodiodo

MIENTRAS no llegues al fotodiodo 32

llama a la rutina ELEMENTO\_DE\_REBANADA

SI la rebanada inició truncada y terminó truncada ENTONCES

indica que esta imagen además llegó truncada por la derecha

coloca un número de fotodiodo mayor a 32 para salir de este análisis

SINO

SI la imagen fue errónea o hubo más de un foco ENTONCES

coloca un número de fotodiodo mayor a 32 para salir de este análisis

SINO

CASO

INICIO DE SOMBRA

guarda como límite inferior de la sombra el número de fotodiodo

FIN DE SOMBRA

SI la gota está truncada por la izquierda o por la derecha ENTONCES

coloca una marca a esa rebanada indicando que posiblemente se trate de una rebanada truncada

FIN (SI)

guarda como límite superior de la sombra el número de fotodiodo

guarda como coordenada Y de los límites inferior y superior el número de rebanada

pasa al siguiente fotodiodo

FIN DE REBANADA

coloca en cero la cantidad de focos encontrados en la rebanada

INICIO DE SOMBRA TRUNCADA POR LA IZQUIERDA

SI no se ha indicado que la gota está truncada por la izquierda ENTONCES

indícalo

indica que el fotodiodo 1 se ocultó

FIN (SI)  
guarda el número de fotodiodo  
FIN DE SOMBRA TRUNCADA POR LA IZQUIERDA  
guarda el número de fotodiodo  
guarda el número de rebanada  
coloca una marca a esta rebanada que indique que está  
truncada  
pasa al siguiente fotodiodo  
FIN DE SOMBRA TRUNCADA POR LA DERECHA  
SI no se ha indicado que la imagen está truncada por la  
derecha ENTONCES  
indícalo  
indica que el fotodiodo 32 se ocultó  
FIN (SI)  
SI es la sombra tanto inicia como termina en el  
fotodiodo 32 ENTONCES  
guarda como límite inferior al número de fotodiodo 32  
FIN (SI)  
guarda el número de fotodiodo  
guarda el número de rebanada  
coloca una marca a esta rebanada indicando que llegó  
truncada  
coloca en cero el número de focos encontrado  
pasa al siguiente fotodiodo  
FIN DE FOCO EN IMAGEN NO TRUNCADA O TRUNCADA POR LA  
IZQUIERDA  
SI la posición de fotodiodo no es la diez ENTONCES  
SI existe más de un foco ENTONCES  
coloca un número de fotodiodo mayor a 32 para salir  
de este análisis  
SINO  
CASO  
NO HAS ENCONTRADO EL MAYOR ANCHO DEL FOCO  
SI el ancho de foco de la rebanada anterior es  
mayor que el de la actual ENTONCES  
indica que has encontrado el mayor ancho de

foco  
FIN (SI)  
actualiza el ancho de foco  
SI YA SE ENCONTRO EL MAYOR ANCHO DEL FOCO  
SI el ancho del foco de la rebanada anterior es  
menor que el de la actual ENTONCES  
indica que hubo variación en el ancho del foco  
FIN (SI)  
actualiza el ancho del foco  
FIN (CASO)  
incrementa el número de focos encontrados  
FIN (SI)  
FIN (SI)  
FIN DE SOMBRA NO TRUNCADA EN FOCO  
SI la situación del fotodiodo que estás analizando  
actualmente es de "oculto" ENTONCES  
SI ya se encontró un foco y el fotodiodo que estás  
analizando es el que se encuentra en la posición 32  
ENTONCES  
coloca un número mayor a 32 fotodiodos para terminar  
este análisis, ya que se ha encontrado un segundo  
foco el cual está truncado  
FIN (SI)  
FIN (SI)  
cambia el valor del límite superior de la rebanada  
SI el límite superior actual es igual a 31 ENTONCES  
coloca en cero el número de focos encontrado  
FIN (SI)  
FIN DE FOCO DE SOMBRA TRUNCADA POR LA DERECHA  
SI no se ha indicado que la gota está truncada por la  
derecha ENTONCES  
indícalo  
indica que el fotodiodo 32 se encuentra oculto  
FIN (SI)  
cambia el valor del límite superior  
coloca una marca a la rebanada indicando que llegó

truncada  
coloca en cero el número de focos encontrado  
FIN DE SOMBRA TRUNCADA POR LA IZQUIERDA EN FOCO  
actualiza el límite superior  
REBANADA ERRONEA  
coloca un número de fotodiodo mayor a 32 para salir de  
este análisis  
FIN (CASO)  
FIN (SI)  
FIN (SI)  
FIN (MIENTRAS)  
  
FIN de Rutina ANALIZA

---

Rutina CALCULA\_DIAMETRO\_X

---

SI la imagen está truncada por la izquierda ENTONCES  
REPITE desde la primer rebanada hasta la última rebanada  
SI no te encuentras en la información de la última rebanada  
ENTONCES  
SI la rebanada no está truncada ENTONCES  
guarda el ancho de sombra  
SINO  
guarda el límite superior que se puede considerar como ancho  
de sombra  
FIN (SI)  
SINO  
guarda una marca de fin de datos de la imagen  
FIN (SI)  
FIN (REPITE)  
SINO  
SI la imagen está truncada por la derecha ENTONCES  
REPITE desde la primer rebanada hasta la última  
SI no te encuentras en la información de la última rebanada  
ENTONCES  
SI la rebanada no está truncada ENTONCES

```

guarda el ancho de sombra de la rebanada
SINO
guarda el ancho de sombra de la rebanada truncada
FIN (SI)
SINO
guarda una marca de fin de datos de la imagen
FIN (SI)
FIN (REPITE)
FIN (SI)
FIN (SI)
posiciónate al inicio de la información de la imagen
MIENTRAS no llegues al final de los datos de la imagen
SI el muestreo se llevó a cabo en plataforma fija ENTONCES
guarda la coordenada X del centro de la rebanada anterior
calcula el valor de la coordenada X para la rebanada actual
SINO
guarda la coordenada X del centro de la rebanada anterior
FIN (SI)
CASO
SI NO HAS ENCONTRADO EL ANCHO DE SOMBRA MAYOR
SI el ancho de sombra de la rebanada anterior es menor o
igual al ancho de sombra de la rebanada actual ENTONCES
actualiza el ancho de sombra
SINO
SI el centro se encuentra dentro de la sombra anterior y
éste es mayor o igual a 1 ENTONCES
SI la rebanada anterior no está truncada ENTONCES
SI la imagen está truncada por la izquierda ENTONCES
SI el ancho de sombra anterior es mayor que el
ancho de sombra calculado con el centro
anterior de la imagen ENTONCES
guarda como ancho de sombra tentativo al ancho
de sombra que no consideró al centro
SINO
guarda como ancho de sombra tentativo al ancho
de sombra calculado con el centro

```

FIN (SI)  
FIN (SI)  
SI la imagen está truncada por la derecha ENTONCES  
SI el ancho de sombra de la rebanada anterior es  
mayor que el ancho de sombra calculado con el  
centro anterior de la imagen ENTONCES  
guarda como ancho de sombra tentativo al ancho  
de sombra que no considera al centro  
SINO  
guarda como ancho de sombra tentativo al ancho  
de sombra que considera al centro  
FIN (SI)  
FIN (SI)  
SINO  
SI la imagen está truncada por la izquierda ENTONCES  
SI el ancho de sombra de la rebanada anterior es  
mayor que el ancho de sombra calculado con el  
centro de la rebanada anterior ENTONCES  
guarda como ancho de sombra tentativo al ancho  
de sombra que no considera al centro  
SINO  
guarda como ancho de sombra tentativo al ancho  
de sombra que considera al centro  
FIN (SI)  
FIN (SI)  
SI la imagen está truncada por la derecha ENTONCES  
SI el ancho de sombra de la rebanada anterior es  
mayor que el ancho de sombra calculado con el  
centro de la rebanada anterior ENTONCES  
guarda como ancho de sombra tentativo al ancho  
de sombra que no considera al centro  
SINO  
guarda como ancho de sombra tentativo al ancho  
de sombra que considera al centro  
FIN (SI)  
FIN (SI)

FIN (SI)  
SINO  
cambia el ancho de sombra por el ancho de sombra anterior  
FIN (SI)  
SI no has encontrado un diámetro de la gota ENTONCES  
SI el último ancho de sombra es mayor que el ancho de sombra tentativo ENTONCES  
cambia el diámetro de la gota por el ancho de sombra tentativo  
SINO  
cambia el diámetro de la gota por el último ancho de sombra  
FIN (SI)  
SINO  
SI la gota está truncada por la derecha y el diámetro se calculó con una rebanada truncada ENTONCES  
corrige el diámetro de la gota  
FIN (SI)  
SI el diámetro de la gota es menor que el ancho de sombra tentativo ENTONCES  
cambia el diámetro de la gota por el ancho de sombra tentativo  
FIN (SI)  
indica que ya encontraste un ancho de sombra mayor actualiza el ancho de sombra  
FIN (SI)  
FIN (SI)  
SI HAS ENCONTRADO UN ANCHO DE SOMBRA MAYOR  
SI el ancho de sombra de la rebanada anterior es mayor o igual que el ancho de sombra de la rebanada actual ENTONCES  
actualiza el valor del ancho de sombra  
SINO  
indica que hubo variación en el diámetro de la gota  
SI el centro de la rebanada actual no está fuera del

ancho de sombra y éste es mayor o igual a 1 ENTONCES  
SI esta rebanada no está truncada ENTONCES  
SI la imagen está truncada por la izquierda ENTONCES  
SI el ancho de sombra de la rebanada actual es  
mayor que el ancho de sombra calculado con el  
centro de la rebanada actual ENTONCES  
guarda como diámetro tentativo al ancho de  
sombra que no considera al centro  
SINO  
guarda como diámetro tentativo al ancho de  
sombra que considera al centro  
FIN (SI)  
FIN (SI)  
SI la imagen está truncada por la derecha ENTONCES  
SI el ancho de sombra de la rebanada actual es  
mayor que el ancho de sombra calculado con el  
centro de la rebanada actual ENTONCES  
guarda como diámetro tentativo al ancho de  
sombra que no considera al centro  
SINO  
guarda como diámetro tentativo al ancho de  
sombra que considera al centro  
FIN (SI)  
FIN (SI)  
SINO  
SI la imagen está truncada por la izquierda ENTONCES  
SI el ancho de sombra de la rebanada actual es  
mayor que el ancho de sombra calculado con el  
centro de la rebanada actual ENTONCES  
guarda como diámetro tentativo al ancho de  
sombra que no considera al centro  
SINO  
guarda como diámetro tentativo al ancho de  
sombra que considera al centro  
FIN (SI)  
FIN (SI)

```

SI la imagen está truncada por la derecha ENTONCES
  SI el ancho de sombra de la rebanada actual es
    mayor que el ancho de sombra calculado con el
    centro de la rebanada actual ENTONCES
    guarda como diámetro tentativo al ancho de
    sombra que no considera al centro
  SINO
    guarda como diámetro tentativo al ancho de
    sombra que considera al centro
  FIN (SI)
FIN (SI)
FIN (SI)
SINO
  guarda como diámetro tentativo al ancho de sombra
  actual
FIN (SI)
SI el diámetro es menor que el diámetro tentativo
  ENTONCES
  cambia el valor del diámetro de la gota por el valor
  del diámetro tentativo
  FIN (SI)
  actualiza el valor del ancho de sombra
  FIN (SI)
FIN (CASO)
  pasa a la siguiente rebanada
FIN (MIENTRAS)

FIN de Rutina CALCULA_DIAMETRO_X

```

---

Rutina CALCULA\_VOLUMEN

---

```

SI el período de muestreo es cero ENTONCES
  coloca el período de muestreo en uno
FIN (SI)
SI vas a generar un archivo de resultados ENTONCES
  pide nombre que se le dará al archivo

```

ponle extensión tab  
crea el archivo  
FIN (SI)  
SI el espectrómetro que se procesó fue un 2D-C ENTONCES  
pregunta si se desea cambiar el valor de la resolución de default para  
el 2D-C  
SINO  
pregunta si se desea cambiar el valor de la resolución de default para  
el 2D-P  
FIN (SI)  
SI la respuesta es "si" ENTONCES  
pide nueva resolución  
SINO  
SI el espectrómetro que se procesó fue un 2D-C ENTONCES  
coloca el valor de resolución por default del 2D-C  
SINO  
coloca el valor de resolución por default del 2D-P  
FIN (SI)  
FIN (SI)  
SI el muestreo se realizó en plataforma móvil ENTONCES  
coloca que van a haber 59 intervalos de diámetros  
SINO  
coloca que van a haber 61 intervalos de diámetros  
FIN (SI)  
REPITE desde el primer intervalo de diámetros hasta el último  
SI el intervalo es menor o igual a 15 ENTONCES  
corrige el límite inferior del intervalo del diámetro de acuerdo  
a los valores dados por el fabricante  
SINO  
corrige el límite inferior del intervalo del diámetro de acuerdo  
a otros valores dados por el fabricante  
FIN (SI)  
guarda el valor corregido del límite inferior  
FIN (REPITE)  
REPITE desde el primer intervalo de diámetros hasta el último  
calcula el valor medio del intervalo del diámetro

```

trunca el valor medio
SI el espectrómetro que se procesó fue un 2D-C ENTONCES
    aplica fórmula de cálculo de área de muestreo para espectrómetro
    2D-C
SINO
    aplica fórmula de cálculo de área de muestreo para espectrómetro
    2D-P
FIN (SI)
FIN (REPITE)
pregunta si la velocidad es constante
SI la respuesta es "sí" ENTONCES
    muestra una velocidad de default
    pregunta si se desea cambiar
SI la respuesta es "s" ENTONCES
    pide nueva velocidad
SINO
    coloca velocidad de default
FIN (SI)
REPITE desde el primer intervalo de diámetros hasta el último
    calcula el volumen de muestreo
    calcula la concentración
FIN (REPITE)
REPITE desde el primer intervalo de diámetros hasta el último
    llama a la rutina OBTEN_VALOR_D
    guarda el diámetro equivalente obtenido
FIN (REPITE)
SINO
    pide temperatura
    pide presión
REPITE desde el primer intervalo de diámetros hasta el último
    llama a la rutina OBTEN_VALOR_D
    guarda el diámetro equivalente obtenido
FIN (REPITE)
REPITE desde el primer intervalo de diámetros hasta el último
    calcula el valor medio del intervalo
    calcula velocidad terminal utilizando una fórmula para ello

```

llama a la rutina CALCULA\_VELOCIDAD  
calcula volumen de muestreo  
calcula concentración

FIN (REPITE)

FIN (SI)

REPITE desde el primer intervalo de diámetros hasta el último  
calcula el valor medio del intervalo  
calcula contenido de agua líquida  
calcula total de concentración  
calcula total de contenido de agua líquida

FIN (REPITE)

SI el total de concentración y el total de contenido de agua líquida son  
cero ENTONCES

asignales a ambos el valor de uno

FIN (SI)

SI se va a generar un archivo de resultados ENTONCES

escribe en el archivo el encabezado de la tabla de resultados

SINO

despliega en pantalla el encabezado de la tabla de resultados

FIN (SI)

REPITE desde el primer intervalo de diámetros hasta el último

calcula la mitad del intervalo  
calcula la longitud del intervalo  
calcula la concentración por micra

SI se va a generar un archivo de resultados ENTONCES

escribe en el archivo el límite inferior del intervalo actual,  
el límite inferior del siguiente intervalo, el valor medio del  
intervalo, el número de gotas contadas, en este intervalo y la  
concentración

calcula porcentaje de concentración  
calcula el total de porcentaje de concentración  
llama a la rutina HAZ\_FORMATO  
escribe en el archivo el contenido de agua líquida  
calcula porcentaje de contenido de agua líquida  
calcula el total de porcentaje de contenido de agua líquida  
llama a la rutina HAZ\_FORMATO

escribe en el archivo la concentración por micra  
llama a la rutina HAZ\_FORMATO

SINO

despliega en pantalla el límite inferior del intervalo actual,  
el límite inferior del siguiente intervalo, el valor medio del  
intervalo, el número de gotas contadas en este intervalo y la  
concentración  
calcula porcentaje de concentración  
calcula el total de porcentaje de concentración  
llama a la rutina HAZ\_FORMATO  
despliega en pantalla el contenido de agua líquida  
calcula porcentaje de contenido de agua líquida  
calcula el total de porcentaje de contenido de agua líquida  
llama a la rutina HAZ\_FORMATO  
despliega en pantalla la concentración por micra  
llama a la rutina HAZ\_FORMATO

FIN (SI)

calcula el total de gotas contadas

FIN (REPITE)

SI se va a generar un archivo de resultados ENTONCES

escribe en el archivo total de partículas, total de concentración,  
total del porcentaje de concentración, total de contenido de agua  
líquida, total de porcentaje de concentración, total de partículas con  
problemas de reconstrucción y total de partículas que cubrieron los  
fotodiodos 1 y 32  
cierra el archivo

SINO

despliega en pantalla total de partículas, total de concentración,  
total del porcentaje de concentración, total de contenido de agua  
líquida, total de porcentaje de concentración, total de partículas con  
problemas de reconstrucción y total de partículas que cubrieron los  
fotodiodos 1 y 32  
realiza un retardo

FIN (SI)

FIN de Rutina CALCULA\_VOLUMEN

----- Rutina CONV\_BIN -----

CASO

caracter hexadecimal '0'  
coloca el equivalente en binario '0000'  
caracter hexadecimal '1'  
coloca el equivalente en binario '0001'  
caracter hexadecimal '2'  
coloca el equivalente en binario '0010'  
caracter hexadecimal '3'  
coloca el equivalente en binario '0011'  
caracter hexadecimal '4'  
coloca el equivalente en binario '0100'  
caracter hexadecimal '5'  
coloca el equivalente en binario '0101'  
caracter hexadecimal '6'  
coloca el equivalente en binario '0110'  
caracter hexadecimal '7'  
coloca el equivalente en binario '0111'  
caracter hexadecimal '8'  
coloca el equivalente en binario '1000'  
caracter hexadecimal '9'  
coloca el equivalente en binario '1001'  
caracter hexadecimal 'A'  
coloca el equivalente en binario '1010'  
caracter hexadecimal 'B'  
coloca el equivalente en binario '1011'  
caracter hexadecimal 'C'  
coloca el equivalente en binario '1100'  
caracter hexadecimal 'D'  
coloca el equivalente en binario '1101'  
caracter hexadecimal 'E'  
coloca el equivalente en binario '1110'  
caracter hexadecimal 'F'  
coloca el equivalente en binario '1111'

FIN (CASO)

FIN de Rutina CONV\_BIN

---

Rutina ELIGE\_ESPECTROMETRO

---

SI la operación deseada es conteo de gotas ENTONCES

llama a MENU

SINO

llama a MENU

FIN (SI)

CASO

ELIGIO ESPECTROMETRO 2D-C

llama a la rutina LEE\_2DC\_O\_P, pasando como parámetros cómo debe estar el bit 7 del byte 4 del bloque 2D para reconocer un 2D-C y para cuando no es, respectivamente.

ELIGIO ESPECTROMETRO 2D-P

llama a la rutina LEE\_2DC\_O\_P, pasando como parámetros cómo debe estar el bit 7 del byte 4 del bloque 2D para reconocer un 2D-P y para cuando no es, respectivamente.

ELIGIO TANTO AL ESPECTROMETRO 2D-C COMO AL 2D-P

llama a la rutina LEE\_2DC\_2DP

FIN (CASO)

FIN de Rutina ELIGE\_ESPECTROMETRO

---

Rutina ENCUENTRA\_COORDS\_LAT\_VALIDAS

---

SI la imagen está truncada por la izquierda ENTONCES

REPITE desde la primer rebanada hasta la última  
guarda como coordenada X al límite superior de la sombra

FIN (REPITE)

SINO

SI la imagen está truncada por la derecha ENTONCES

REPITE desde la primer rebanada hasta la última  
guarda como coordenada X al límite inferior de la sombra

FIN (REPITE)

FIN (SI)

FIN (SI)

posicónate al inicio de la información de la gota

MIENTRAS no encuentres el último dato de la imagen  
SI la plataforma es fija ENTONCES  
calcula la coordenada X del centro a partir de la ecuación de  
la recta  
FIN (SI)  
SI la imagen está truncada por la izquierda ENTONCES  
SI el límite superior de la imagen es menor que el centro  
ENTONCES  
marca a esta rebanada indicando que el centro calculado se  
encuentra fuera del ancho de sombra  
FIN (SI)  
SINO  
SI la imagen está truncada por la derecha ENTONCES  
SI el límite inferior es mayor que el centro calculado  
ENTONCES  
marca a esta rebanada indicando que el centro calculado se  
encuentra fuera del ancho de sombra  
FIN (SI)  
FIN (SI)  
pasa a la información de la siguiente rebanada  
FIN (MIENTRAS)  
  
FIN de Rutina ENCUESTRA\_COORDS\_LAT\_VALIDAS

----- Rutina LEE\_CINTA -----

pregunta al usuario si la cinta está colocada en la lectora de cintas  
SI la respuesta es "si" ENTONCES  
móntala lógicamente  
SI el comando de montaje de cinta es desconocido ENTONCES  
despliega mensaje de que se desconoce comando  
SINO  
despliega mensaje de que la cinta está lista para ser procesada  
FIN (SI)  
prepara a la cinta para ser leída

```
SI no se puede preparar ENTONCES
  despliega mensaje de que no se puede leer la cinta
SINO
  pregunta al usuario que nombre tendrá el archivo que se generará en
  disco
  abre el archivo en disco con la extensión dat
  MIENTRAS el caracter que leas de cinta sea diferente de 'fin de
    archivo'
    escribe el caracter al archivo en disco
  FIN (MIENTRAS)
  cierra el archivo en disco
FIN (SI)
SINO
  despliega mensaje de que coloque la cinta en la unidad lectora de
  cintas
FIN (SI)

FIN de Rutina LEE_CINTA
```

----- Rutina VER\_INFO -----

```
MIENTRAS el caracter leído del archivo sea diferente de 'fin de archivo'
  SI no has llegado al byte cuatro ENTONCES
    SI no has colocado dos caracteres hexadecimales juntos
      ENTONCES
        imprime el caracter sin espacio
      SINO
        imprime el caracter con espacio
    FIN (SI)
    pasa al siguiente caracter
  SINO
    guarda el caracter leído
    lee otro caracter del archivo
    llama a la rutina CONV_BIN
    imprime estos dos caracteres
    SI el cuarto bit es "uno" ENTONCES
```

```

    indica que se trata de un bloque FSSP
SINO
    indica que se trata de un bloque 2D
FIN (SI)
MIENTRAS no llegues al final del bloque el caracter que leas
sea diferente de 'fin de archivo'
    SI no has colocado dos caracteres hexadecimales juntos
        ENTONCES
            imprime caracter sin espacio
        SINO
            SI el cursor ha llegado a la posición final de la
                pantalla ENTONCES
                    cambia de línea e imprime el caracter sin espacio.
                SINO
                    imprime el caracter con espacio
            FIN (SI)
        FIN (SI)
            pasa al siguiente caracter
    FIN (MIENTRAS)
        coloca espacios para distinguir los bloques
FIN (SI)
FIN (MIENTRAS)

FIN de Rutina VER_INFO

```

---

Rutina LEE\_2DC\_O\_P

---

```

Inicializar variables
Capturar el intervalo de tiempo a analizar.
Capturar la fecha de la grabación.
Determinar si el primer bloque del archivo es 2D o FSSP.
MIENTRAS el caracter obtenido del archivo sea diferente del FIN de
archivo
    SI contador de bytes indica que es el byte 1 o el 2 ENTONCES
        guardar el caracter en el vector de datos.
        incrementar contador.

```

incrementar indice de vector.

SINO

guardar el caracter en el vector de datos.

obtener siguiente caracter de archivo.

convertirlo a formato binario para determinar si el bloque es FSSP o 2D.

SI la hora elegida fué proporcionada por el usuario y además no se ha encontrado el tiempo inicial ENTONCES

SI el bloque en espera es un FSSP ENTONCES

SI la hora inicial no se ha encontrado ENTONCES

REPITE a partir del byte 5 hasta el byte 37

obtener siguiente caracter de archivo.

SI el caracter corresponde al día o al año

ENTONCES

guardar caracter en vector de fecha.

FIN (SI)

SI el caracter corresponde al año

ENTONCES

guardar caracter en vector de fecha.

FIN (SI)

FIN (REPITE)

REPITE a partir del byte 4 hasta el byte 4

obtener siguiente caracter de archivo.

guardar el caracter en vector de datos.

FIN (REPITE)

preparar los datos de la hora para convertirlos a a un formato de tipo entero.

SI la hora capturada es menor a la hora inicial dada por el usuario ENTONCES

REPITE a partir del byte 39 hasta byte el 1248

obténn siguiente caracter de archivo.

FIN (REPITE)

activar bandera para indicar que se está recorriendo un bloque.

SINO

indicar que se ha encontrado la hora inicial.

activar bandera para indicar la posición del  
apuntador al caracter y completar un bloque.

FIN (SI)

FIN (SI)

SI la hora inicial se encontró y el minuto inicial no  
se ha encontrado ENTONCES

preparar los datos del minuto para convertirlos a  
un formato de tipo entero.

SI el minuto capturado es menor que el minuto  
inicial dado por el usuario ENTONCES

SI la bandera para indicar que se encontró la  
hora inicial está activa ENTONCES

REPITE a partir del byte 38 hasta el byte  
1284.

obtener siguiente caracter del  
archivo.

FIN (REPITE)

apagar bandera que indica la posición del  
apuntador al caracter.

SINO

REPITE a partir del byte 5 hasta el byte 1284

obtener el siguiente caracter del  
archivo.

FIN (REPITE)

FIN (SI)

activar bandera para indicar que el bloque se  
está recorriendo.

SINO

indicar que el minuto inicial se ha encontrado.

FIN (SI)

FIN (SI)

SI la hora inicial se encontró y el minuto inicial se  
encontró y el segundo inicial no se ha encontrado  
ENTONCES

preparar los datos del segundo para convertirlos a  
un formato de tipo entero.

SI el segundo capturado es menor al segundo dado por el usuario ENTONCES  
SI bandera para indicar la posición del apuntador al caracter está activa ENTONCES  
REPITE a partir del byte 38 hasta el byte 1284.  
obtener el siguiente caracter del archivo.  
FIN (REPITE)  
apagar bandera de indicación de la posición del apuntador al caracter.  
SINO  
REPITE a partir del byte 5 y hasta el byte 1284.  
obtener el siguiente caracter del archivo.  
FIN (REPITE)  
FIN (SI)  
activar bandera para indicar que se está recorriendo un bloque.  
SINO  
indicar que el segundo inicial se ha encontrado.  
FIN (SI)  
FIN (SI)  
SI la hora inicial, el minuto inicial y el segundo inicial se encontraron ENTONCES  
activar bandera para indicar que el tiempo inicial se encontró.  
activar bandera para indicar que se analizó un bloque FSSP.  
SI la bandera para indicar la posición del apuntador al caracter está activa ENTONCES  
REPITE a partir del byte 38 hasta el byte 1284  
obtener el siguiente caracter del archivo.  
FIN (REPITE)

apagar bandera que indica posición del apuntador  
 al caracter.

**SINO**

REPITE a partir del byte 5 hasta el byte 1284  
 obtener el siguiente caracter del  
 archivo.

**FIN (REPITE)**

**FIN (SI)**  
 activar bandera para indicar que se está  
 recorriendo un bloque.

**FIN (SI)**

**SINO**

REPITE a partir del byte 5 hasta el byte 4100  
 obtener el siguiente caracter del archivo.

**FIN (REPITE)**  
 activar bandera para indicar que se está recorriendo  
 un bloque.

**FIN (SI)**

**FIN (SI)**

**SI** se encontrará el tiempo inicial y se analizó un bloque FSSP

**ENTONCES**

llamar a la rutina AJUSTA\_TIEMPO.  
 inicializar indice de vector de datos.

REPITE a partir del byte 1 hasta el byte 3  
 obtener el siguiente caracter de archivo.  
 guardar el caracter en el vector de datos.  
 incrementar indice del vector de datos.

**FIN (REPITE)**  
 obtener el siguiente caracter de archivo.  
 guardar el caracter en el vector de datos.  
 obtener siguiente caracter de archivo.  
 llamar a al rutina CONV\_BIN.

**FIN (SI)**

**SI** la bandera que indica si el tiempo inicial se encontró  
 está activa **ENTONCES**

**SI** el bloque en espera es un 2D y además es del tipo

deseado ENTONCES

llamar a la INTERVALO\_DE\_TIEMPO.

SI la bandera para abortar el proceso retornada por la  
rutina está activa ENTONCES  
regresa al llamador de la función.

FIN (SI)

FIN (SI)

FIN (SI)

SI la hora inicial se ajusta con el valor a procesar todo el  
archivo o la bandera que indica si el tiempo inicial se  
encontró está activa y la bandera que indica que el  
bloque está dentro del intervalo de tiempo está activa  
ENTONCES

SI el bloque a procesar es un 2D y además es el deseado  
ENTONCES

preparar los datos del minuto, segundo y de la hora  
para convertirlos a formato de tipo entero.

guardar el minuto, el segundo y la hora  
correspondientes al último bloque procesado.

convertir la hora, el minuto y el segundo a  
segundos y guardar el resultado.

SI la operación elegida por el usuario fue visualizar  
imágenes de gotas ENTONCES

REPITE a partir del índice del vector de datos en 0  
hasta el 6

imprimir la hora, el minuto y el segundo.

FIN (REPITE)

imprimir siguiente caracter en el mismo renglón.

saltar al siguiente renglón.

colocar contador de bytes en byte 5.

inicializar contador de bits.

MIENTRAS contador de bytes no alcance 4100 bytes  
obtener el siguiente caracter del archivo.  
llamar a la rutina CONV\_BIN.

SI el contador de bits es menor o igual  
que 32 ENTONCES

```

        imprimir los bits en el mismo renglón.
        incrementar contador de bits.
    SINO
        pasar al siguiente renglón.
        imprimir los bits en el mismo renglón.
        inicializar contador de bits.
    FIN (SI)
        incrementar contador de bytes.
    FIN (MIENTRAS)
SINO
    llamar a la GUARDA_IMAGEN.
    inicializar contador de bytes.
    inicializar contador de bits.
    FIN (SI)
        incrementar contador de número de bloques analizados.
SINO
    SI el bloque a analizar es un 2D y no es el deseado
    ENTONCES
        REPITE a partir del byte 5 hasta el byte 4100
            obtener el siguiente caracter del archivo.
        FIN (REPITE)
    SINO
        REPITE a partir del byte 5 hasta el byte 1284
            obtener el siguiente caracter del archivo.
        FIN (REPITE)
    FIN (SI)
        inicializar el contador de bytes.
        inicializar el índice del vector de datos.
    SI la bandera que indica si se está recorriendo un
        bloque no está activa ENTONCES
            saltar dos renglones.
    SINO
        imprimir en el centro de la pantalla el mensaje
        'trabajando'.
    FIN (SI)
FIN (SI)

```

FIN (SI)

FIN (MIENTRAS)

imprimir el número de bloques analizados en el archivo

SI se indica que un cierto intervalo de tiempo dado no se ha procesado y además este intervalo que se consideró para su análisis existe

ENTONCES

actualizar el tiempo final dado por el usuario con el obtenido por el por el sistema.

llamar a la rutina CALCULA\_INTERVALO.

llamar a la rutina OTRO\_INTERVALO.

retornar al llamador de la función.

FIN (SI)

FIN de Rutina LEE\_2DC\_O\_P

---

Rutina TIEMPO1

---

SI se indica solicitar solamente el tiempo inicial y final ENTONCES

imprimir el mensaje 'tiempo inicial'.

EJECUTA

proporcionar la hora inicial.

HASTA que la hora inicial dada sea mayor a -1 ó menor o igual a 24

EJECUTA

proporcionar el minuto inicial.

HASTA que el minuto inicial dado sea mayor a 0 ó menor o igual a 60

EJECUTA

proporcionar el segundo inicial.

HASTA que el segundo inicial dado sea mayor a 0 ó menor o igual a 60  
preparar los datos de la hora, el minuto y el segundo para  
convertirlos a formato de tipo entero.

asignar estos parámetros a cada variable correspondiente.

convertir el tiempo inicial a segundos y guardar el resultado.

imprimir el mensaje 'tiempo final'.

EJECUTA

proporcionar la hora final.

HASTA que la hora final dada sea mayor a -1 ó menor o igual a 24

EJECUTA

proporcionar el minuto FINAL.

HASTA que el minuto final dado sea mayor a 0 ó menor o igual a 60

EJECUTA

proporcionar el segundo FINAL.

HASTA que el segundo final dado sea mayor a 0 ó menor o igual a 60  
preparar los datos de la hora, el minuto y el segundo para  
convertirlos a formato de tipo entero.

asignar estos parámetros a cada variable correspondiente.

convertir el tiempo final a segundos y guardar el resultado.

avisar que se ha proporcionado solamente el tiempo inicial y el  
tiempo final descativando bandera.

SINO

imprimir el mensaje 'tiempo final'.

EJECUTA

proporcionar la hora final.

HASTA que la hora final dada sea mayor a -1 ó menor o igual a 24

EJECUTA

proporcionar el minuto FINAL.

HASTA que el minuto final dado sea mayor a 0 ó menor o igual a 60

EJECUTA

proporcionar el segundo FINAL.

HASTA que el segundo final dado sea mayor a 0 ó menor o igual a 60  
preparar los datos de la hora, el minuto y el segundo para  
convertirlos a formato de tipo entero.

asignar estos parámetros a cada variable correspondiente.

convertir el tiempo final a segundos y guardar el resultado.

FIN de Rutina TIEMPO1

---

Rutina CHECA\_BI\_1Do2D

---

inicializar contador de bytes

inicializar indice de vector de datos

MIENTRAS el caracter de archivo no sea el fin de archivo

SI contador de bytes es menor o igual a 3 ENTONCES

guardar el caracter en el vector de datos.  
incrementar contador de bytes.  
incrementar índice de vector de datos.

SINO

guardar el caracter en el vector de datos.  
obtener el siguiente caracter del archivo.  
llamar a la rutina CONV\_BIN.

SI el bloque en espera es un FSSP ENTONCES  
hacer un 'rewind' del archivo.  
avisar que no se ha encontrado el tiempo inicial.  
retornar al llamador de la rutina.

SINO

capturar la hora, el minuto y el segundo del bloque en  
bloque en espera.  
convertir el tiempo inicial a segundos y guardar el  
resultado.

SI el tiempo inicial en segundos encontrado por el  
sistema es menor o igual al dado por el usuario  
ENTONCES

actualizar la hora, el minuto y el segundo inicial  
dado por el usuario con el encontrado por el sistema.

REPETIR a partir del byte 5 hasta el byte 4100  
obtener el siguiente caracter del archivo.

FIN (REPETIR)

avisar que se encontró el tiempo inicial.  
retornar al llamador de la rutina.

SINO

REPETIR a partir del byte 5 hasta el byte 4100  
obtener el siguiente caracter del archivo.

FIN (REPETIR)

desactivar aviso para indicar que no se encontró el  
tiempo inicial.

retornar al llamador de la rutina.

FIN (SI)

FIN (SI)

FIN (SI)

FIN (MIENTRAS)

FIN de Rutina CHECA\_BI\_1Do2D

---

Rutina OBTEN\_FECHA

---

inicializa contador de bytes

MIENTRAS el caracter de archivo no sea el fin de archivo

SI contador de bytes es menor o igual que 3 ENTONCES  
incrementa el contador de bytes

SINO

obtener el siguiente caracter del archivo.

llamar a la rutina CONV\_BIN.

SI el bloque en espera es un FSSP ENTONCES

REPITE a partir del byte 5 hasta el byte 37

obtener el siguiente caracter del archivo.

SI el byte es menor o igual a 12 ENTONCES

guardar el mes y el dia respectivamente en el  
en el vector fecha.

FIN (SI)

SI el byte detectado es el 37 ENTONCES

guardar el año en el vector fecha.

FIN (SI)

FIN (REPITE)

hacer un 'rewind' del archivo.

retornar al llamador de la rutina.

SINO

REPITE a partir del byte 5 hasta el byte 4100

obtener el siguiente caracter del archivo.

FIN (REPITE)

inicializar contador de bytes.

FIN (SI)

FIN (SI)

FIN (MIENTRAS)

FIN de Rutina OBTEN\_FECHA

----- Rutina AJUSTA\_TIEMPO -----

Capturar la hora, el minuto y el segundo del bloque en espera.  
Actualizar la hora inicial, el minuto inicial y el segundo inicial dados por el usuario con los encontrados por el sistema.  
Convertir el tiempo inicial a segundos y guardar el resultado.  
SI el tiempo inicial encontrado por el sistema es mayor al tiempo final dado por el usuario ENTONCES  
    enviar un mensaje al usuario indicándole que el tiempo final está fuera del intervalo de tiempo.  
    llama a la rutina TIEMPO1.  
FIN (SI)

FIN de Rutina AJUSTA\_TIEMPO

----- Rutina INTERVALO\_DE\_TIEMPO -----

Capturar la hora, el minuto y el segundo final temporal del bloque en espera.  
Convertir el tiempo final temporal a segundos del bloque en espera.  
SI el tiempo final es mayor al tiempo final temporal ENTONCES  
    SI la hora inicial es igual a la hora final y el minuto inicial es igual al minuto final ENTONCES  
        indicar que el minuto final temporal se encuentra dentro del intervalo de tiempo dado.  
        preparar los datos del segundo final temporal para su conversión a formato de tipo entero.  
    SI el segundo final temporal es menor o igual al segundo final temporal ENTONCES  
        indicar que el segundo final temporal se encuentra dentro del intervalo de tiempo dado.  
    SINO  
        indicar que el segundo final temporal no se encuentra dentro del intervalo de tiempo dado.  
FIN (SI)  
FIN (SI)

SI la hora inicial es igual a la hora final y el minuto inicial es menor al minuto final ENTONCES

preparar los datos del minuto final temporal para su conversión al formato de tipo entero.

SI el minuto final temporal es igual al minuto final ENTONCES

indicar que el minuto final temporal se encuentra dentro del intervalo de tiempo dado.

preparar los datos del segundo final temporal para su conversión a formato de tipo entero.

SI el segundo final temporal es menor o igual al segundo final ENTONCES

indicar que el segundo final temporal se encuentra dentro del intervalo de tiempo dado.

SINO

indicar que el segundo final temporal no se encuentra dentro del intervalo de tiempo dado.

FIN (SI)

SINO

SI el minuto final temporal es menor al minuto final y aún no se ha cambiado de minuto ENTONCES

preparar los datos del segundo final temporal para su conversión a formato de tipo entero.

SI el segundo final temporal es igual a 59 ENTONCES

indicar que se incremento el minuto en uno.

indicar que el segundo final temporal se encuentra dentro del intervalo de tiempo dado.

indicar que el minuto final temporal se encuentra dentro del intervalo de tiempo dado.

SINO

indicar que el segundo final temporal se encuentra dentro del intervalo de tiempo dado.

indicar que el minuto final temporal se encuentra dentro del intervalo de tiempo dado.

FIN (SI)

SINO

SI el minuto final temporal es menor al minuto final

ENTONCES

indicar que aún no se ha cambiado de minuto.

indicar que el segundo final temporal se encuentra dentro del intervalo de tiempo dado.

indicar que el minuto final temporal se encuentra dentro del intervalo de tiempo dado.

FIN (SI)

FIN (SI)

SINO

preparar los datos del minuto final temporal para su conversión al formato de tipo entero.

preparar los datos del segundo final temporal para su conversión al formato de tipo entero.

SI la hora inicial es menor a la hora final ENTONCES

SI el minuto final temporal es igual a 59 y el segundo final temporal es menor o igual a 59 ENTONCES

indicar que el segundo final temporal se encuentra dentro del intervalo de tiempo dado.

indicar que el minuto final temporal se encuentra dentro del intervalo de tiempo dado.

SINO

SI el minuto final temporal es diferente de 59 ENTONCES

SI el minuto final temporal anterior es menor o igual a 59 y es mayor al minuto final temporal actual ENTONCES  
incrementar en uno la hora inicial.

actualizar la hora final con la hora inicial actualmente obtenida.

inicializar variable de minuto final temporal anterior.

indicar que el segundo final temporal se encuentra dentro del intervalo de tiempo dado.

indicar que el minuto final temporal se encuentra dentro del intervalo de tiempo dado.

SINO

actualizar variable de minuto final temporal anterior con el actual.

indicar que el segundo final temporal se encuentra dentro del intervalo de tiempo dado.

indicar que el minuto final temporal se encuentra dentro del intervalo de tiempo dado.

FIN (SI)

FIN (SI)

SINO

SI la hora inicial es igual a la hora final ENTONCES

indicar que el segundo final temporal se encuentra dentro del intervalo de tiempo dado.

indicar que el minuto final temporal se encuentra dentro del intervalo de tiempo dado.

FIN (SI)

FIN (SI)

FIN (SI)

SINO

SI el tiempo final es igual al tiempo final temporal ENTONCES

indicar que el segundo final temporal se encuentra dentro del intervalo de tiempo dado.

indicar que el minuto final temporal se encuentra dentro del intervalo de tiempo dado.

indicar que es el último bloque que se procesa.

SINO

SI no es el último bloque que se procesa y además el tiempo final temporal anterior es diferente del tiempo final temporal actual ENTONCES

capturar la hora, el minuto y el segundo final temporal del bloque en espera.

actualizar las variables de hora final, minuto final y segundo final con cada uno de los valores capturados.

indicar que es el último bloque que se procesa.

indicar que el minuto final temporal se encuentra dentro del intervalo de tiempo dado.

SINO

llamar rutina CALCULA\_INTERVALO.

llamar rutina OTRO\_INTERVALO.

SI el usuario continúa con el análisis ENTONCES  
indicar que el segundo final temporal se encuentra dentro  
del intervalo de tiempo dado.  
indicar que el minuto final temporal se encuentra dentro  
del intervalo de tiempo dado.

SINO  
abortar el proceso.  
retornar al llamador de la rutina.

FIN (SI)

FIN (SI)

FIN (SI)

FIN (SI)

SI segundo y minuto final temporal se encuentran dentro del intervalo de  
tiempo dado ENTONCES

indicar que el bloque en espera se procesa.

SINO

indicar que el bloque en espera no se procesa.

FIN (SI).

FIN de Rutina INTERVALO\_DE\_TIEMPO

---

Rutina CALCULA\_INTERVALO

---

Inicializar variable que contiene el valor en segundos del intervalo  
calculado.

SI la hora final menos la hora inicial es igual a cero y el minuto final  
menos el minuto inicial es igual a cero ENTONCES

calcular el valor del intervalo con la diferencia del segundo final  
menos el segundo inicial.

FIN (SI)

SI la hora final menos la hora inicial es igual a cero y el minuto final  
menos el minuto inicial es mayor que cero ENTONCES

calcular el valor del intervalo con la diferencia del segundo final  
menos el segundo inicial y con la diferencia del minuto final menos el  
minuto inicial en segundos.

FIN (SI)

SI la hora final menos la hora inicial es mayor que cero ENTONCES  
calcular el valor del intervalo con la diferencia del segundo final  
menos el segundo inicial, el minuto final menos el minuto inicial en  
segundos y la hora final menos la hora inicial en segundos.

FIN (SI)

acumular el valor del intervalo calculado.

FIN de Rutina CALCULA\_INTERVALO

----- Rutina ACUMULA\_RESULTADOS -----

Enviar a pantalla el mensaje 'resultados acumulados'.  
Acumular el resultado de cada tamaño de gota obtenido.

FIN de Rutina ACUMULA\_RESULTADOS

----- Rutina INICIALIZA\_BUFFER\_AUX -----

Inicializar el contenido de cada tamaño de gota en el vector  
tamaño\_de\_imagen.

FIN de Rutina INICIALIZA\_BUFFER\_AUX

----- Rutina IMPRIME\_BUFFER\_DE\_DATOS\_FIN -----

Enviar a pantalla el mensaje 'resultados totales'.  
Imprimir el contenido de cada tamaño de gota resultante del vector  
tamaño\_de\_imagen\_acum.

FIN de Rutina IMPRIME\_BUFFER\_DE\_DATOS\_FIN

----- Rutina OTRO\_INTERVALO -----

Capturar el minuto y el segundo del bloque en espera.  
Incrementar el contador del número de bloques procesados.  
SI el bloque en espera es el primero a ser procesado ENTONCES

guardar el minuto final anterior.  
guardar el segundo final anterior.

FIN (SI)

SI la operación elegida por el usuario es ver imágenes ENTONCES  
imprimir en pantalla el intervalo de tiempo analizado.  
imprimir en pantalla el tiempo final temporal del bloque en espera.  
preguntar al usuario si desea continuar con el análisis

SI el usuario continua con el análisis ENTONCES

inicializar bandera que indica el análisis de un bloque en espera.  
inicializar variable que guarda el tiempo final temporal del  
último bloque procesado.  
inicializar el contador del número de bloques encontrados en el  
archivo.  
inicializar variable que guarda el último tiempo final temporal en  
segundos.  
inicializar la variable de hora inicial con la hora final.  
inicializar la variable del minuto inicial con el minuto final.  
inicializar la variable del segundo inicial con el segundo final.  
inicializar la bandera que indica si hay un cambio de minuto.  
llamar a la rutina TIEMPO1.

SINO

retornar al llamador de la función.

FIN (SI)

SINO

indicar que el intervalo de tiempo procesado se procede a depurar.  
activar bandera para indicar la inicialización de un cierto tiempo.  
activar bandera para indicar si se elige más de una vez la misma  
opción del menú.

EJECUTAR

llamar a la rutina MENU 7.  
guardar el número de opción elegida.  
guardar temporalmente la opción de generar resultados para el  
intervalo recién analizado.  
SI la opción elegida es generar archivo de resultados ENTONCES  
llamar a la rutina MENU 8.  
guardar el número de opción elegida.

SI la opción elegida es generar archivo de resultados para el intervalo recién analizado ENTONCES  
avisar que el caso es generar resultados para intervalo recién analizado.

SINO

avisar que el caso es generar resultados para totales.

FIN (SI)

FIN (SI)

CASO

GENERAR RESULTADOS PARA INTERVALO RECIEN ANALIZADO.

incrementar contador del número de veces que se elige esta opción.

ajustar el valor del intervalo calculado para este caso.

SI el contador del número de intervalos es más de 1 ENTONCES

SI el número de veces que se elige este caso es 1 ENTONCES

actualizar el minuto inicial con el minuto inicial anterior.

actualizar el segundo inicial con el segundo inicial anterior.

guardar el minuto inicial anterior.

guardar el segundo inicial anterior.

FIN

SINO

actualizar el minuto inicial con el minuto inicial anterior.

actualizar el segundo inicial con el segundo inicial anterior.

FIN (SI)

SINO

SI se colocaron totales a cero ENTONCES

SI el número de veces que se elige este caso es 1 ENTONCES

indicar que es la primera vez que se elige este caso.

actualizar el minuto inicial con el minuto final  
dado.  
actualizar el segundo inicial con el segundo  
final dado.

SINO

SI se activó la bandera de primera vez ENTONCES  
actualizar el minuto inicial con el minuto  
final dado.  
actualizar el segundo inicial con el segundo  
final dado.

SINO

actualizar el minuto inicial con el minuto  
inicial anterior.  
actualizar el segundo inicial con el segundo  
inicial anterior.

FIN (SI)

FIN (SI)

FIN (SI)

FIN (SI)

REPITE a partir del indice en 1 hasta el indice igual a 63  
guarda temporalmente el contenido del vector  
tamaño\_de\_imagen\_acum para cada indice.  
guarda temporalmente el contenido del vector  
tamaño\_de\_imagen para cada indice en el vector  
tamaño\_de\_imagen\_acum.  
obtener el contenido temporal guardado por el  
vector tamaño\_de\_imagen\_acum y guardarlo  
temporalmente en el vector tamaño\_de\_imagen.

FIN (REPITE)

llamar a la rutina CALCULA\_VOLUMEN.

SI se colocaron totales a cero ENTONCES

ajustar minuto inicial con el minuto final dado  
previamente.  
ajustar el segundo inicial con el segundo final dado  
previamente.

FIN (SI)

REPITE a partir del índice en 1 hasta el índice igual a 63  
guarda temporalmente el contenido del vector  
tamaño\_de\_imagen para cada índice.  
regresar el contenido del vector  
tamaño\_de\_imagen\_acum para cada índice en el vector  
tamaño\_de\_imagen.  
regresar el contenido temporal guardado por el  
vector tamaño\_de\_imagen en el vector  
tamaño\_de\_imagen\_acum.  
FIN (REPITE)

GENERAR RESULTADOS PARA TOTALES

REPITE a partir del índice en 1 hasta el índice igual a 63  
SI el vector de resultados acumulados para un  
cierto índice tiene datos que procesar ENTONCES  
indicar que sí hay datos que procesar.  
salir de esta condición.  
FIN (SI)

FIN (REPITE)

SI el contador de número de intervalos es más de 1  
ENTONCES

SI hay datos que procesar ENTONCES

SI se colocaron o no los totales a cero ENTONCES  
actualizar el minuto inicial con el último minuto  
final que se tenía cuando se colocaron totales a  
cero.

actualizar el segundo inicial con el último  
segundo final que se tenía cuando se colocaron  
totales a cero.

FIN (SI)

SI la indicación de totalizar no está activa ENTONCES

SI la indicación de que no se totalizó el  
intervalo de tiempo anterior está activa  
ENTONCES

actualizar el minuto final con el último  
minuto final correspondiente al último

intervalo de tiempo acumulado.  
actualizar el segundo final con el último  
segundo final correspondiente al último  
intervalo de tiempo acumulado.  
actualizar el valor del intervalo calculado  
con el valor del último intervalo calculado.

SINO

actualizar el minuto final con el último  
minuto final correspondiente al último  
intervalo de tiempo acumulado.  
actualizar el segundo final con el último  
segundo final correspondiente al último  
intervalo de tiempo acumulado.  
actualizar el valor del intervalo calculado  
con el valor del último intervalo calculado.

FIN (SI)

SINO

mantener los tiempos inicial y final sin  
actualizar.  
actualizar el valor del intervalo con el valor  
actualmente calculado.

FIN (SI)

SINO

SI el intervalo actual no se ha totalizado ENTONCES  
actualizar temporalmente la hora inicial a cero.  
actualizar temporalmente el minuto inicial a cero  
actualizar temporalmente el segundo inicial a  
cero.  
actualizar temporalmente la hora final a cero.  
actualizar temporalmente el minuto final a cero.  
actualizar temporalmente el segundo final a cero.

SINO

mantener los tiempos inicial y final sin  
actualizar.  
actualizar el valor del intervalo con el  
actualmente calculado.

FIN (SI)

SINO

SI el intervalo actual no se ha totalizado ENTONCES  
actualizar temporalmente la hora inicial a cero.  
actualizar temporalmente el minuto inicial a cero.  
actualizar temporalmente el segundo inicial a cero.  
actualizar temporalmente la hora final a cero.  
actualizar temporalmente el minuto final a cero.  
actualizar temporalmente el segundo final a cero.

SINO

actualizar el valor del intervalo con el actualmente  
calculado.  
actualizar el minuto inicial con el minuto inicial  
del primer intervalo de tiempo acumulado.  
actualizar el segundo inicial con el segundo inicial  
del primer intervalo de tiempo acumulado.

FIN (SI)

FIN (SI)

llama a la rutina CALCULA\_VOLUMEN.

SI la hora inicial se actualizó con cero y el minuto  
inicial se actualizó con cero ENTONCES

SI se colocaron totales a cero ENTONCES

actualizar la hora inicial con su valor real tomado  
de acuerdo con la condición.  
actualizar el minuto inicial con su valor real  
tomado de acuerdo con la condición.  
actualizar el segundo inicial con su valor real  
tomado de acuerdo con la condición.

SINO

actualizar la hora inicial con su valor real.  
actualizar el minuto inicial con su valor real.  
actualizar el segundo inicial con su valor real.

FIN (SI)

FIN (SI)

actualizar la hora final con su valor real.  
actualizar el minuto final con su valor real.

actualizar el segundo final con su valor real.

**TOTALIZAR**

**SI** el intervalo actual no se ha totalizado **ENTONCES**

llamar a la rutina **ACUMULA\_RESULTADOS**.

indicar que el intervalo actual se totalizó.

guardar el minuto final.

guardar el segundo final.

**SI** se colocaron totales a cero incluyendo el intervalo actual **ENTONCES**

guardar el minuto inicial del intervalo actual.

guardar el segundo inicial del intervalo actual.

actualizar el valor del intervalo de tiempo actual.

inicializar el contador de intervalos a uno.

**SINO**

**SI** el valor del intervalo de tiempo es cero **ENTONCES**  
actualizar el valor del intervalo de tiempo con el actual.

inicializar el contador de intervalo a uno.

**FIN (SI)**

**FIN (SI)**

guardar el valor del intervalo de tiempo.

**SINO**

enviar a pantalla el mensaje 'no puedes acumular más de una vez el mismo resultado'.

**FIN (SI)**

**INICIALIZAR TOTALES**

**REPETIR** a partir del índice en 1 hasta el índice igual a

63

colocar el contenido del vector  
tamaño\_de\_imagen\_acum según el índice en cero.

**FIN (REPETIR)**

inicializar el contador de intervalos a cero.

indicar que se colocaron los totales a cero.

indicar que se va a tomar como tiempo inicial el del

intervalo actual.

SI el intervalo de tiempo actual se totalizo ENTONCES  
guardar como minuto inicial el minuto final del  
intervalo de tiempo actual.  
guardar como segundo inicial el segundo final del  
intervalo de tiempo actual.  
indicar que se colocaron totales a cero incluyendo el  
intervalo actual.

SINO

guardar como minuto inicial el minuto final del  
intervalo anteriormente procesado.  
guardar como segundo inicial el segundo final del  
intervalo anteriormente procesado.

FIN (SI)

indicar que se han colocado totales a cero.  
indicar que se puede totalizar el intervalo de tiempo  
actual.  
inicializar el valor del intervalo a cero.

SALIR

imprimir en pantalla el intervalo de tiempo analizado.  
preguntar al usuario si desea continuar con el análisis.  
SI el usuario continúa con el análisis ENTONCES  
llamar a la rutina INICIALIZA\_BUFFER\_AUX  
actualizar la variable del minuto inicial con el minuto  
final del intervalo actual.  
actualizar la variable del segundo inicial con el  
segundo final del intervalo actual.  
inicializar la bandera que indica el análisis de un  
bloque en espera.  
indicar que el primer intervalo de tiempo se analizó.  
inicializar la variable que guarda la hora del último  
intervalo de tiempo procesado.  
inicializar la variable que guarda el minuto del último  
intervalo de tiempo procesado.  
inicializar la variable que guarda el segundo del

ultimo intervalo de tiempo procesado.  
inicializar la variable que guarda el último tiempo final temporal en segundos.  
inicializar la variable que guarda el minuto final temporal.  
inicializar el contador del número de bloques.  
SI se colocaron los totales a cero ENTONCES  
    indicar que se totalizó el intervalo actual.  
FIN (SI)  
SI el intervalo actual no se totalizó ENTONCES  
    indicar que no se totalizó el intervalo de tiempo actual.  
    actualizar el valor del intervalo de tiempo sin considerar el actual.  
SINO  
    indicar que se totalizó el intervalo de tiempo actual.  
FIN (SI)  
indicar que el intervalo de tiempo siguiente no se ha totalizado.  
inicializar la variable de hora inicial con la hora final.  
inicializar la variable del minuto inicial con minuto final.  
inicializar la variable del segundo inicial con el segundo final.  
inicializar la bandera que indica si hay un cambio de minuto.  
inicializar la bandera que indica si un último bloque se procesa.  
llamar a la rutina TIEMPO1.  
inicializar la bandera que indica si un intervalo de tiempo fue analizado.  
SINO  
    retornar al llamador de la función.  
FIN (SI)

FIN (CASO)

HASTA que la opción sea SALIR

FIN (SI)

FIN de Rutina OTRO\_INTERVALO

---

Rutina GUARDA\_IMAGEN

---

Inicializa apuntador de memoria.

Inicializa contador de caracteres entrantes al área de memoria.

Inicializa contador de rebanadas de control.

Inicializa variable que indica si el patrón de bits es correcto.

Inicializa contador de bytes a partir del byte que contiene los datos de una imagen.

capturar el siguiente caracter del archivo.

convertir el caracter en código binario.

MIENTRAS el apuntador a caracter del archivo no haya completado un bloque 2D de 4100-bytes

SI el caracter en código binario es igual a la secuencia de bits de una rebanada de control ENTONCES

guardar temporalmente el caracter del archivo en variable.

obtener el siguiente caracter del archivo.

convertir el caracter a código binario.

SI el caracter en código binario es igual a la secuencia de bits de una rebanada de control ENTONCES

incrementar el contador de rebanadas de control

REPETIR desde el byte que marca el inicio de una rebanada

hasta el byte que marca el FIN de rebanada

obtener el siguiente caracter del archivo

correspondiente a la parte baja y alta de un byte.

incrementar el contador de bytes.

FIN (REPETIR)

SINO

indicar que el patrón de bits no es correcto.

almacenar el caracter guardado temporalmente en área de memoria.

incrementar el contador de caracteres entrantes en área de memoria.

almacenar el caracter actual en área de memoria.

incrementar el contador de caracteres entrantes en área de memoria.

REPETIR desde el byte que marca el inicio de una rebanada hasta el byte que marca el FIN de rebanada.

obtener el siguiente caracter del archivo correspondiente a la parte alta o baja de un byte.

almacenar el caracter en área de memoria.

incrementar el contador de caracteres entrantes en area de memoria.

incrementar el contador de bytes.

FIN (REPETIR)

SI el contador de rebanadas de control indica que se ha encontrado una y además el apuntador de memoria indica que se tienen datos de la imagen almacenados ENTONCES colocar el contador de rebanadas de control a cero para indicar que el patrón de bits no siguió la secuencia correcta en la rebanada actual.

colocar el apuntador de memoria al inicio.

inicializar el contador de caracteres entrantes al área de memoria.

FIN (SI)

FIN (SI)

SINO

indicar que el patrón de bits no es correcto.

almacenar el caracter en area de memoria.

incrementar el contador de caracteres entrantes en área de memoria.

REPETIR desde el byte que marca el inicio de una rebanada hasta el byte que marca el FIN de rebanada.

obtener el siguiente caracter del archivo correspondiente a la parte alta o baja de un byte.

almacenar el caracter en area de memoria.  
incrementar el contador de caracteres entrantes  
en área de memoria.  
incrementar el contador de bytes.

FIN (REPETIR)

SI el contador de rebanadas de control indica que se ha encontrado una y además el apuntador de memoria indica que ya se tienen datos de una imagen almacenados ENTONCES inicializar el contador de rebanadas a cero para indicar que el patrón de bits no siguió la secuencia correcta en la rebanada actual.  
colocar el apuntador de memoria al inicio.  
inicializar el contador de caracteres entrantes al área de memoria.

FIN (SI)

FIN (SI)

SI el contador de rebanadas de control indica que se han encontrado dos y además el apuntador de memoria indica que ya se tienen datos de la imagen almacenados y además se indica que el patrón de bits es correcto ENTONCES colocar el apuntador de memoria al inicio.  
inicializar el contador de caracteres entrantes al área de memoria.

FIN (SI)

SI el contador de rebanadas de control indica que se han encontrado cuatro ENTONCES llamar a la rutina ANALIZADOR.  
inicializar el contador de caracteres entrantes al área de memoria.  
colocar el apuntador de memoria al inicio.  
inicializar el contador de rebanadas de control con dos para indicar el inicio de la siguiente imagen.

FIN (SI)

obtener el siguiente caracter del archivo.  
convertir el caracter a código binario.  
indicar que el patrón de bits es correcto.

incrementar el contador de bytes.

FIN (MIENTRAS)

regresar el último caracter extraído del archivo en él mismo.

FIN de Rutina GUARDA\_IMAGEN

## A.2 VARIABLES

### VARIABLES GLOBALES

- < archivo > : Realiza la interfase con el archivo que contiene la información de los espectrómetros.
- < nombre > : Mantiene el nombre del archivo a analizar. Variable global.
- < operacion > : Número de operación que el usuario desea realizar.
- < plataforma > : Tipo de plataforma que se utilizó en el muestreo, fija o móvil.
- < im > : Area reservada a la imagen.
- < tamaño\_de\_imagen > : Mantiene el número de gotas contadas.
- < t\_2dx > : Indica si se trata de un espectrómetro 2D-C ó 2D-P.
- < adi > : Realiza la interfase con el archivo de resultados.
- < excell > : Realiza la interfase con el archivo de resultados.
- < medio > : Valor medio del intervalo de diámetros.
- < volumen > : Concentración.
- < ta > : Temperatura.
- < pa > : Presión.
- < tamaño\_de\_imagen\_acum > : Número de partículas contadas.
- < c > : Caracter extraído del archivo.
- < aux > : Auxiliar para mantener los siete primeros caracteres hexadecimales.
- < helegida > : hora deseada en formato entero.

< melegido > : minuto deseado en formato entero.

< selegido > : segundo deseado en formato entero.

< numero\_de\_rebanada > : Número de rebanada que va a procesar.

< ancho\_de\_sombra > : Número de fotodiodos ocultados en una rebanada.

< fot\_1\_encendido > : Indica si hay ocultamiento de fotodiodo 1.

< fot\_32\_encendido > : Indica si hay ocultamiento de fotodiodo 32.

< diametro\_x > : Diámetro de la gota.

< indice1 > : Indica la posición dentro de los arreglos.

< indice3 > : Indica la posición dentro de los arreglos.

< truncada\_por\_izquierda > : Indica que hay truncamiento de la imagen por la izquierda cuando tiene el valor de 1

< truncada\_por\_derecha > : Indica que hay truncamiento en la imagen por la derecha cuando tiene el valor de 1.

< numero\_de\_foco > : Indica el número de focos que aparecen en la imagen.

< centro > : Indica que ha encontrado el diámetro de la gota cuando tiene valor de uno.

< imagen > : Area de memoria que contiene a al imagen.

< ado > : Indica en qué estado se encuentra el autómata que reconoce a la imagen.

< primer\_reb\_con\_cen\_distinguible > : Indica que ya encontro la primer rebanada en donde se puede obtener un centro cuando tiene valor de 0.

< MAX\_DE\_REBANADAS > : Número máximo de rebanadas que puede tener una imagen. Constante.

- < coordx\_de\_centro > : Coordenada x del centro de una rebanada.
- < coordy\_de\_centro > : Coordenada y del centro de una rebanada.
- < limite\_inferior > : Número de fotodiodo donde inicia una sombra en una rebanada.
- < limite\_superior > : Número de fotodiodo donde finaliza una sombra en una rebanada.
- < situacion > : Indica si la rebanada estuvo truncada (valor de 1 ) o no (valor de 0).
- < f\_de\_recta > : Indica que el centro calculado a través de la ecuación de la recta no estuvo dentro del límite inferior y superior de la sombra de la rebanada y tuvo valor 0 ó negativo.
- < nula > : Indica que entre rebanadas de datos o de control únicamente hubo rebanadas de "unos" cuando tiene el valor de 1.
- < ctro > : Indica que ha encontrado el ancho máximo del foco cuando tiene el valor de 1.
- < exceso > : Indica que hubo variación en el ancho máximo del foco cuando tiene el valor de 1.
- < pos\_de\_centro\_sin\_variacion > : Indica que hubo variación en la coordenada x del centro entre las rebanadas de imagen donde fue posible obtener un centro, cuando tiene el valor de 0.
- < i2 > : Indica el número de fotodiodo que esta analizando, además de que se le asigna un número mayor a 32 para indicar un tipo de problema.
- < determinador > : Almacena el resultado de la rutina VECTOR\_DE\_SITUACION.
- < t > : Únicamente es utilizada para imágenes truncadas por la derecha e indica que el diámetro que se obtenga no es explícitamente un ancho de sombra sino el límite inferior del inicio de sombra, cuando tiene el

valor de 1.

- < hl > : Contiene los dígitos de la hora inicial proporcionados por el usuario.
- < ml > : Contiene los dígitos del minuto inicial proporcionados por el usuario.
- < sl > : Contiene los dígitos del segundo inicial proporcionados por el usuario.
- < hf > : Contiene los dígitos de la hora final proporcionados por el usuario.
- < mf > : Contiene los dígitos del minuto final proporcionados por el usuario.
- < sf > : Contiene los dígitos del segundo final proporcionados por el usuario.
- < fecha > : Guarda los parámetros correspondientes al día, mes y año (dd-mm-aa).
- < hfelegida > : Contiene la hora final en formato entero.
- < mfelegido > : Contiene el minuto final en formato entero.
- < sfelegido > : Contiene el segundo final en formato entero.
- < hfelegida > : Contiene la hora final en formato entero. Se emplea para actualizar la hora.
- < hi > : Contiene la hora inicial de un cierto intervalo de tiempo a analizar.
- < mi > : Contiene el minuto inicial de un cierto intervalo de tiempo a analizar.
- < si > : Contiene el segundo inicial de un cierto intervalo de tiempo a analizar.

< mfa > : Guarda el minuto final anterior.

< nbt, nb > : Contadores.

< una\_vez > : Indica si se proporciona el tiempo inicial y el tiempo final o solamente el tiempo final.

< aborta > : Indica si se ha terminado con el análisis.

< res1 > : Contiene la respuesta del usuario de continuar o no con el análisis.

< nuevo\_intervalo > : Indica si un cierto intervalo de tiempo procesado ya fue analizado.

< hfms > : Contiene el tiempo final de un bloque en espera en segundos.

< hfmsf > : Contiene el tiempo final dado por el usuario en segundos.

< intervalo\_calculado > : Contiene la cantidad de segundos analizados de un intervalo de tiempo procesado.

< acum\_interv > : Acumula los segundos analizados.

< ghf > : Guarda la hora final del último bloque procesado.

< mhf > : Guarda el minuto final del último bloque procesado.

< shf > : Guarda el segundo final del último bloque procesado.

< intervalo > : Indica si el tiempo final de un bloque en espera se encuentra dentro del intervalo de tiempo establecido.

< cambia\_minuto > : Indica si cambió al siguiente minuto.

< ci > : Cuenta el número de intervalos de tiempo que se van analizando.

< tanterior > : Indica si es la primera vez que se usa el tiempo final.

< noacumula > : Indica si se colocarán totales a cero.

< valor\_interv > : Contiene los segundos analizados correspondientes al

intervalo de tiempo que se quiere analizar.

< totalizo > : Indica totalización de resultados.

< limitel > : Indica si los resultados correspondientes a cada tamaño de gota fueron acumulados antes de analizar el siguiente intervalo de tiempo.

< mfg > : Guarda el último minuto final acumulado.

< sfg > : Guarda el último segundo final acumulado.

< vig > : Guarda la última cantidad de segundos acumulados.

< mia > : Guarda el minuto final del intervalo de tiempo anterior.

< sia > : Guarda el segundo final del intervalo de tiempo anterior.

< mia1 > : Guarda el minuto final del intervalo de tiempo anterior.

< sia1 > : Guarda el segundo final del intervalo de tiempo anterior.

< mia2 > : Guarda el minuto final o el minuto inicial de un intervalo de tiempo.

< sia2 > : Guarda el segundo final o el segundo inicial de un intervalo de tiempo.

< melegidot > : Guarda el minuto inicial del primer intervalo de tiempo acumulado.

< selegidot > : Guarda el segundo inicial del primer intervalo de tiempo acumulado.

< temp, temp1 > : Contienen temporalmente la hora, el minuto o el segundo.

< chms > : Guarda los dígitos del minuto y del segundo de un bloque en espera.

< decicion > : Contiene la respuesta del usuario 's' o 'n'.

- < suv > : Indica si ha de activarse la bandera 'totalizo'.
- < himisi > : Contiene el tiempo inicial dado por el usuario en segundos.
- < himisia > : Contiene el tiempo inicial en segundos encontrado en el primer bloque 2D de un archivo.
- < ghfmfsf > : Contiene el tiempo final en segundos del último bloque procesado.
- < tiempo\_en\_rango > : Indica si el bloque en espera se procesa.
- < tencontrado > : Indica si el tiempo inicial se encontró.
- < indice > : Controla el área de memoria requerida por los datos de la imagen.

---

#### PROGRAMA PRINCIPAL

---

- < opcion1 > : Número de operación que el usuario desea realizar.
- < opcion2 > : Número de operación que el usuario desea realizar. Variable local.
- < cm > : Contador de retardo. Variable local.
- < q > : Indice para arreglo que va llevando conteo de las imagenes. Variable local.

---

#### LEE\_CINTA

---

- < rsp > : Respuesta del usuario. Variable local.
- < string > : Contiene el comando MOUNT. Variable local.
- < entrada > : Realiza la interfase con la cinta. Variable local.
- < cn > : Contador de retardo. Variable local.
- < nombre > : Mantiene el nombre del archivo en donde se bajará la

información de la cinta. Variable local.

< salida > : Realiza la interfase con el archivo en donde se bajará la información de la cinta. Variable local.

< c > : Caracter extraído de la cinta. Variable local.

---

ELIGE\_ESPECTROMETRO

---

< operacion > : Variable explicada en sección de PROGRAMA PRINCIPAL.

< espec\_elegido > : Tipo de espectrómetro que se desea analizar. Variable local.

---

CALCULA\_VOLUMEN

---

< o > : Indica si va a crear un archivo de resultados. Parámetro de la función.

< n > : Mantiene el nombre del archivo de resultados. Variable local.

< tipo > : Indica que se trata de un espectrómetro 2D-C ó 2D-P. Parámetro de la función.

< resp > : Respuesta del usuario. Variable local.

< rs > : Resolución del espectrómetro. Variable local.

< max > : Número máximo de intervalos de diámetros permitidos para cada tipo de espectrómetro. Variable global.

< i > : Contador. Variable local.

< inf > : Límite inferior del intervalo de diámetros. Variable local.

< dpb > : Valores corregidos de tamaños de partículas sensados en cada

canal. Variable local.

< a0 > : Almacena los límites inferiores corregidos. Variable local.

< trunc > : Valor medio del intervalo de diámetros truncado. Variable local.

< area > : Area de muestreo. Variable local.

< N > : Valor constante.

< NC > : Valor constante.

< v > : Velocidad. Variable local.

< vm > : Volumen de muestreo.

< d > : Diámetro equivalente.

< vt > : Velocidad terminal.

< totalc > : Concentración total.

< tlwc > : Contenido de agua líquida total.

< lwc > : Contenido de agua líquida.

< totalp > : Total de partículas contadas.

< acum\_lwc > : Contenido de agua líquida acumulada.

< tot\_porc\_conc > : Total de porcentaje de concentración.

< longitud > : Longitud del intervalo de diámetros.

< cpm > : Concentración por micra.

< porcentaje > : Porcentaje de concentración o de contenido de agua líquida acumulada.

---

HAZ\_FORMATO

---

- < precision > : Precisión con la que se desea un número. Parámetro de la función.
- < fle > : Número real almacenado de acuerdo a un formato.
- < numero > : Número que se va a convertir a cierto formato. Parámetro de la función.
- < fraccion > : Parte no entera del número.
- < real > : Número real.
- < e > : Parte entera del número.
- < entero > : Parte entera del número.
- < y > : Número convertido a 'string'.
- < point > : Posición del punto decimal en el número real.
- < sign > : Signo del número real.
- < x > : Valor absoluto de la posición del punto decimal en el número real.
- < impr > : indica si el número se escribirá en un archivo o en pantalla. Parámetro de la función.
- < i > : Contador.

---

OBTEN\_VALOR\_D

---

- < i > : Contador.
- < polinomio > : Polinomio del cual se calcularán sus raíces.
- < b, p, q > : Valores del método numérico de Lin-Bairstow.
- < var > : Velocidad constante o velocidad variable de muestreo.

Parámetro de la función.

- < GRAVEDAD,  
DENSIDAD,  
TENSION > : Valores constantes de gravedad, densidad y tensión superficial del agua.
  - < aux2 > : Variable auxiliar para cálculo.
  - < grado > : Grado del polinomio.
  - < m, j, l > : Valores del método numérico de Lin-Bairstow.
  - < r, s > : Valores del método numérico de Lin-Bairstow.
  - < convergencia > : Indica si han encontrado o no raíces.
  - < n > : Valor del método numérico de Lin-Bairstow.
  - < raiz > : Raíz calculada del polinomio.
  - < f > : Valor corregido del canal.
  - < hubo > : Indica la existencia de una raíz.
  - < lmax > : Valor del método numérico de Lin-Bairstow.
  - < rrr, rr,  
ss, rrs,  
ssr, sss,  
deltar,  
deltas,  
absdr,  
absds,  
epsilon > : Valores del método numérico de Lin-Bairstow.
- 
- EC\_CUADRATICA
- 
- < cuadrado > :  $b^2$ .

< radical > :  $b^2 - 4ac$ .

< r1r, r2r > : Raíces.

---

MENU

---

< opc > : Tiene el valor de la opción.

---

LEF\_2D\_C\_O\_P

---

< encontrada > : Indica si ya encontró la hora deseada.

< encontrado > : Indica si ya se encontró el minuto deseado.

< encontrado > : Indica si ya se encontró el segundo deseado.

< primerpasada > : Indica si hay que recorrer a partir del byte 39 o del byte 5 del bloque FSSP, dependiendo si ya encontró la hora.

< fsspanalizaado > . Indica que debe obtener los datos básicos del siguiente bloque ya que acaba de encontrar el tiempo deseado en el FSSP y no tiene información para seguir el análisis.

< trabajando > : Indica que esta buscando el bloque deseado.

< i > : Contador.

< cuenta > : Cuenta los primeros tres bytes del bloque 2D o FSSP.

< ayuda1 > : Auxiliar para almacenar el primer caracter del arreglo 'aux'.

< deseado > : Indica en qué estado se debe encontrar el bit que define a un 2D-C o a un 2D-P. Parámetro de la función.

< nodeseado > : Indica en que estado no se debe encontrar el bit para definir un 2D-C o un 2D-P.

---

LEE\_2DC\_2DP

---

- < aux > : Auxiliar para mantener los siete primeros caracteres hexadecimales.
- < temp > : Contiene la hora, el minuto o el segundo para poder transportarlos a la variable 'tleido'.
- < tleido > : Contiene la hora, el minuto o el segundo para poder convertirlos a un formato entero por medio de la función 'atoi'.
- < ayuda > : Auxiliar para almacenar el primer caracter del arreglo 'aux'.
- < i > : Contador.
- < cuenta > : Cuenta los primeros tres bytes del bloque 2D o FSSP.
- < hencontrada > : Indica si ya se encontró la hora deseada.
- < mencontrado > : Indica si ya se encontró el minuto deseado.
- < sencontrado > : Indica si ya se encontró el segundo deseado.
- < tencontrado > : Indica si el tiempo inicial se encontró.

---

OBTEN\_FECHA

---

- < contador > Cuenta los primeros tres bytes del bloque 2D o FSSP.
- < i > : Contador.

---

CHECA\_BL\_1DC2D

---

- < contador > : Cuenta los primeros tres bytes del bloque 2D o FSSP.
- < i > : Contador.
- < aux\_xd > : Auxiliar para mantener los siete primeros caracteres hexadecimales.
- < vec > : Guarda el minuto inicial del primer bloque 2D que aparece en

el archivo.

< vec1 > : Guarda el segundo inicial del primer bloque 2D que aparece en el archivo.

---

OTRO\_INTERVALO

---

< i > : Contador.

< gauz > : Guarda temporalmente el diámetro de cada tamaño de gota.

< opcion, opci > : Contiene el número de opción elegida por el usuario.

< vl > : Cuenta el número de veces que se elige el mismo caso.

< sigue > : Indica si hay resultados acumulados correspondientes a los diámetros de cada tamaño de gota.

< caso\_cinco > : Indica si se actualiza el tiempo inicial con el tiempo inicial del último intervalo de tiempo acumulado o con el tiempo final del mismo.

---

INTERVALO\_DE\_TIEMPO

---

< minuto > : Indica si el minuto final del bloque en espera se encuentra dentro del rango del minuto final correspondiente al intervalo de tiempo a procesar.

< segundo > : Indica si el segundo final del bloque en espera se encuentra dentro del rango del segundo final correspondiente al intervalo de tiempo a procesar.

---

ACUMULA\_RESULTADOS

---

< i > : Contador.

---

INICIALIZA\_BUFFER\_AUX

---

< i > : Contador.

---

IMPRIME\_BUFFER\_DE\_DATOS\_FIN

---

< i > : Contador.

---

GUARDA\_IMAGEN

---

< templ > : Guarda temporalmente un caracter para no perderlo.

< p > : Cuenta el número de bytes correspondientes a la rebanada de tiempo para completarla.

< cuenta > : Contador.

< semaforo > : Controla el flujo de datos a memoria reservada.

< sincronia > : Delimita una imagen para ser procesada.

---

TIEMPO

---

< h > : Hora deseada.

< m > : Minuto deseado.

< s > : segundo deseado.

---

ANALIZADOR

---

< i > : Contador.

< rebanada > : Almacena una rebanada de imagen en forma hexadecimal.

< apuntador > : Variable de apoyo para hacer un mejor manejo de la variable rebanada.

< vd > : Indica que hubo variación en el diámetro de una gota no truncada cuando tiene el valor de 1.

< fin\_de\_situacion > : Ultimo número de rebanada procesada.

< as > : Indice para el arreglo 'tamano\_de\_imagen'.

< diferente > : Indica que la gota está totalmente truncada y por lo tanto no se puede reconstruir ya que no se distingue centro cuando tiene el valor de 1.

< k > : Contador.

< p3 > : Indica variación en el diámetro de la gota cuando tiene el valor de cero.

< punto > : Posición del punto decimal en el número real.

< signo > : Signo del número real.

< r > : respuesta del usuario.

< fraccion > : Número real convertido a 'string'.

---

ANALIZA

---

< numero > : Trabaja junto con 'ndice2' para indicar el número de fotodiodo que representa un determinado bit del caracter hexadecimal.

< i > : Contador.

< j > : Contador.

< indice2 > : Trabaja junto con 'numero' para indicar el número de fotodiodo que representa un determinado bit del caracter hexadecimal.

< reconoce > : Almacena el resultado de la rutina ELEMENTO\_DE\_REBANADA.

---

VECTOR\_DE\_SITUACION

---

< EDOS > : Número de estados del autómata. Constante.

< CODS > : Número de símbolos de entrada. Constante.

< M\_EDOS > : Matriz de siguiente estado del autómata, que va indicando las transiciones de estado de acuerdo a un símbolo de entrada.

< M\_SALS > : Matriz de salida que va indicando, de acuerdo al estado en

que se encuentre y de lo que lea, qué es lo que reconozca.

< ss > : Indica lo que va reconociendo en el transcurso del análisis.

< es > : Indica el siguiente estado.

< cs > : Indica el símbolo leído.

---

#### CALCULA\_ECUACION\_DE\_RECTA

---

< sx > : Sumatoria de x.

< sy > : Sumatoria de y.

< sxy > : Sumatoria del producto xy.

< sx2 > : Sumatoria de  $x^2$ .

< j > : Contador.

< m > : Pendiente de la recta.

< b > : Ordenada al origen de la recta.

---

#### ENCUENTRA\_COORDS\_LAT\_VALIDAS

---

< coordx\_lateral > : Auxiliar para mantener el límite inferior o el límite superior de la sombra.

< j > : Contador.

---

#### CALCULA\_DIAMETRO\_X

---

< j > : Contador.

< c > : Indica si ya se encontró el diámetro de la gota.

< radio > : Ancho de sombra.

< as > : Ancho de sombra temporal.

- < ax2 > : Coordenada x del centro de la rebanada anterior.
- < coordx\_lateral > : Auxiliar para mantener anchos de sombra.

---

ELEMENTO\_DE\_REBANADA

---

- < EDO > : Número de estados del automata. Constante.
- < COD > : Número de símbolos de entrada. Constante.
- < cod > : Indica la posición de columna de acuerdo al estado del fotodiodo y al número de fotodiodo.
- < sal > : Indica lo que reconoce en el transcurso de la secuencia.
- < M\_EDO > : Matriz de transición que va indicando las transiciones de estado de acuerdo a un símbolo de entrada.
- < M\_SAL > : Matriz de salida que va indicando, de acuerdo al estado en que se encuentre y de lo que lea, qué es lo que reconoce.

---

VER\_INFO

---

- < cuenta > : Lleva el conteo de los caracteres extraídos del archivo.
- < bloque > : Número de caracteres hexadecimales que tiene que contar de acuerdo al examen que se le hace al bit para la distinción de un bloque FSSP o un bloque 2D.
- < f, columna > : Establece la impresión, de dos en dos, de los caracteres hexadecimales para que la impresión no sobrepase la columna número 26 de la pantalla.

---

CONV\_BIN

---

- < caracter > : Caracter a convertir a binario. Parámetro de la función.

## REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA

---

- Aho, V.A., S.Ravi & U.Jeffrey, 1986: Compilers: Principles Techniques and Tools. Addison-Wesley, México. 796 pp.
- Battan, L.J., 1962: Cloud Physics and Cloud Seeding. Ed. Greenwood Press, Publishers. 144 pp.
- Beard, K.V., 1976: Terminal velocity and shape of cloud and precipitation drops aloft. J. Atmos. Sci., 33, 851-864.
- Digital Equipment Corporation, 1987: VAX C Run-time Library Reference Manual. Digital Equipment Corporation.
- Digital Equipment Corporation, 1987: Guide to VAX C. Digital Equipment Corporation.
- Fischer, C.N. & R.J. Leblanc, 1988: Crafting a Compiler. Benjamin/Cummings, 811 pp.
- Fleagle, R.G., & J.A. Businger, 1963: An Introduction to Atmospheric Physics. International Geophysics Series, Vol. 5. Ed. Academic Press, 346 pp.
- García & Montañez, 1992a: Espectros de gotas de niebla en la Sierra Madre Oriental. Geos (Boletín Unión Geofísica Mexicana) Epoca II, 12(2), 2 - 4.
- García & Montañez, 1992b: Ground-based raindrop spectra observations for the analysis of summer convective showers in México City. Proceeding 11th International Conference on Clouds and Precipitation. ICCP/YAMAP, 1, 151 - 153.
- Gómez de Silva, G.A., 1991: Desarrollo de un sistema experto en la técnica del lugar geométrico de las raíces. Tesis de

Licenciatura, Departamento de Computación, Facultad de Ingeniería UNAM, 263 pp.

Green, A.W., 1975: An approximation for the shapes of large raindrops J. Appl. Meteor., 14 , 1578-1583.

Heymsfield, A.J., & J.L. Parrish, 1978: A computational technique for increasing the effective sampling volume of the PMS two-dimensional particle size spectrometer. J. Appl. Meteor., 17, 1566-1572.

Hobbs, P.V. & A. Deepak, 1981: Clouds: Their Formation, Optical Properties, and Effects. Ed. Academic Press. 497 pp.

Kessler, E., 1988: Instruments and Techniques for Thunderstorm Observation and Analysis. Ed. University of Oklahoma Press, 268 pp

Knollenberg, R.G., 1976: Three new instruments for cloud physics measurements: The 2-D Spectrometer, the Forward Scattering Spectrometer Probe, and the Active Scattering Aerosol Spectrometer. Prepr. Int. Cloud Phys. Conf., July 26-30, Boulder, Colo. Amer. Meteor. Soc., 554-561.

Marqués de Cantú, M.J., 1988: Probabilidad y Estadística. U.N.A.M., 657 pp.

Miller, I. & J.E.Freund, 1986: Probabilidad y Estadística para Ingenieros. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. México, 574 pp.

Operating Manual. 2D Optical Array Spectrometer Probe: PMS Model OAP-2D-E. Particle Measuring Systems, Inc., 1981.

Operating Manual. 2D Optical Array Spectrometer Probe: PMS Model OAP-2D-C. Particle Measuring Systems, Inc., 1981.

Operating Manual. Forward Scattering Spectrometer Probe: PMS Model FSSP-100. Particle Measuring Systems, Inc., 1981.

Rogers, R.R., 1977: Física de las Nubes. Ed. Reverté, 248 pp.

Wallace, J.M. & P.V. Hobbs, 1977: Atmospheric Science: An Introductory Survey. Ed. Academic Press. 467 pp.

Walpole, R.E. & R.H.Myers, 1982: Probabilidad y Estadística para Ingenieros. Interamericana, México, 733 pp.