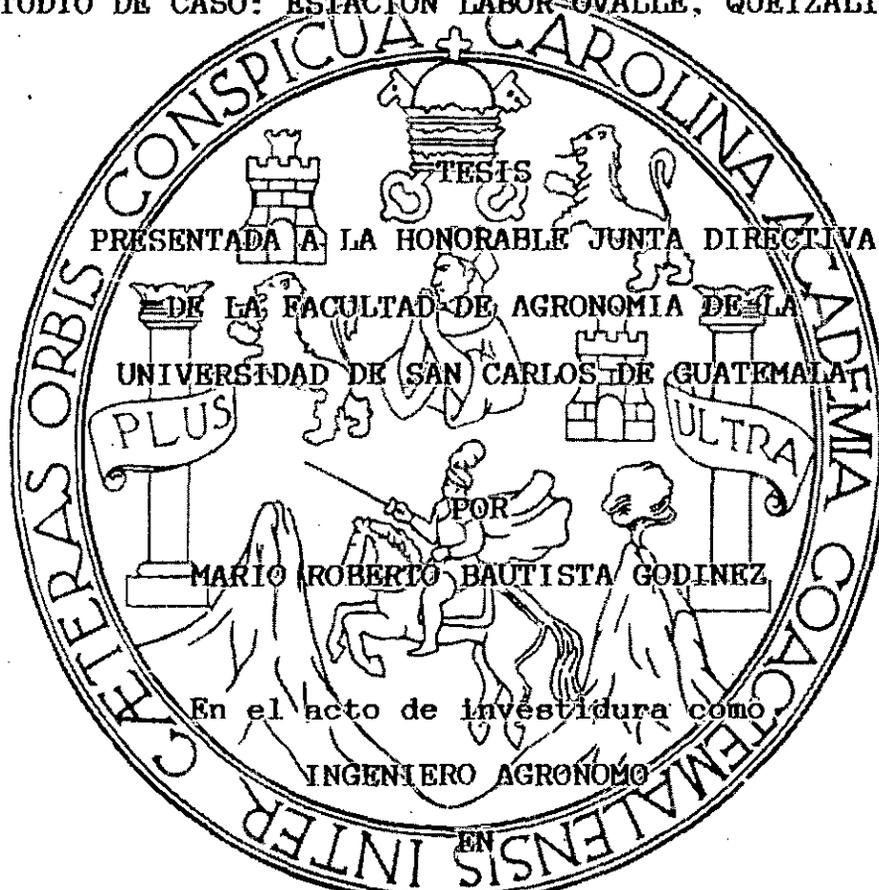


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

ANALISIS SINOPTICO DEL REGIMEN DE VIENTOS Y SU RELACION CON
LA UNIFORMIDAD DEL RIEGO POR ASPERSION
ESTUDIO DE CASO: ESTACION LABOR=OVALLE, QUETZALTENANGO.



SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO

Guatemala, octubre de 1993.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

RECTOR

DR. LUIS ALFONSO FUENTES SORIA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. Efraín Medina Guerra.
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Maynor E. Estrada Rosales.
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes.
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Carlos Rolando Motta de Paz.
VOCAL CUARTO	P. Agr. Milton Abel Sandoval.
VOCAL QUINTO	Br. Juan Gerardo de León Montenegro.
SECRETARIO	Ing. Agr. Marco Romilio Estrada Muy.

D.L
01
TC 1468

Guatemala, octubre de 1983.

Honorable Junta Directiva
Honorable tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Señores Miembros:

de conformidad con las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

"ANALISIS SINOPTICO DEL REGIMEN DE VIENTOS Y SU RELACION CON LA UNIFORMIDAD DEL RIEGO POR ASPERSION. ESTUDIO DE CASO: ESTACION LABOR OVALLE, QUETZALTENANGO".

Presentado como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Sin otro particular, me suscribo de ustedes.

Atentamente,


Mario Roberto Bautista Godinez
Carnet: 8130237

ACTO QUE DEDICO

A DIOS: DIVINIDAD SUPREMA

A MI MADRE REBECA: POR SU GRANDEZA DE MADRE

A LA MEMORIA DE MI PADRE: HORACIO RUBEN (D.E.P.D)

A MI HIJO: PABLO ALEJANDRO

A MIS HERMANOS: VERONICA, LUCY, ARMANDO, GLORIA,
JUAN JOSE, AMILCAR Y LIGIA.

A MI ABUELITO: AGAPITO

A MIS CUÑADOS: CONY, MIGUEL ANGEL, CHEMITA Y
ELDER.

A MIS TIOS Y TIAS

A ANA JULIA: CON AMOR ESPECIAL

A MIS FAMILIARES EN GENERAL

A LA FAMILIA ROJAS SANTIZO

A MIS AMIGOS

TESIS QUE DEDICO

- A: SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, SAN MARCOS
- A: LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
- A: FACULTAD DE AGRONOMIA
- A: EL CENTRO UNIVERSITARIO DEL NOR-OCCIDENTE
- A: EL COLEGIO SAN MARCOS
- A: EL INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGIA,
VULCANOLOGIA, METEOROLOGIA E HIDROLOGIA.
- A: LOS COMPAÑEROS Y AMIGOS DEL INSIVUMEH.
- A: LA SECCION DE AGROMETEOROLOGIA DEL INSIVUMEH
- A: LOS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE LA SECCION DE
AGROMETEOROLOGIA: CONY DE LEON, JUDITH ARROYO,
LEONEL CAMPOS, LUIS HERRERA, FULGENCIO GARAVITO Y
CARLOS PAZ.
- A: LA ASOCIACION ALIANZA PARA EL DESARROLLO JUVENIL
COMUNITARIO.
- A: LA EMPRESA "SERVICIOS AGRICOLAS INTEGRADOS (SAI),
VIVERO CARMENCITA" Y SOCIOS: INGS. RUBEN GODINEZ
Y ARMANDO BAUTISTA.

AGRADECIMIENTOS

- A LOS INGENIEROS AGRONOMOS: ROLANDO LARA ALECIO Y OTTO CASTRO LOARCA: POR EL ASESORAMIENTO DE LA PRESENTE INVESTIGACION.

- A LOS INGENIEROS AGRONOMOS: JORGE SANCHEZ Y FULGENCIO GARAVITO: POR TODO EL APOYO QUE ME HAN BRINDADO PARA REALIZAR MIS ESTUDIOS.

- AL METEOROLOGO LUIS HERRERA: POR EL APOYO LOGISTICO BRINDADO PARA REALIZAR LA PRESENTE INVESTIGACION.

- LA SEÑORA CONY DE LEON: POR SU CONSTANTE APOYO DURANTE MIS ESTUDIOS.

- AL INGENIERO AGRONOMO RUDY SOLORZANO: POR SU COMPARTIMIENTO PROFESIONAL EN EL CAMPO DEL DESARROLLO COMUNITARIO.

CONTENIDO GENERAL

	PAGINA
Contenido general	i
Indice de figuras	iii
Indice de cuadros	v
Resumen	vi
1- INTRODUCCION	1
2- DEFINICION DEL PROBLEMA	2
3- JUSTIFICACION	3
4- MARCO TEORICO	6
4.1- Marco coneptual	6
4.1.1- Dirección y velocidad del viento	6
4.1.2- condiciones de medición del viento	8
4.1.3- La influneica del viento en el riego por aspersión.	9
4.1.4- Uniformidad del sistema	10
4.1.5- características de funcionamiento de aspersores.	13
4.2- Marco referencial	15
4.2.1- descripción del valle de quetzaltenango.	15
5- OBJETIVOS	21
6- METODOLOGIA	22
6.1- Análisis gráfico del viento	22

6.2- Análisis de relación viento y uniformidad del riego por aspersión.	25
7- RESULTADOS Y DISCUSION	31
7.1- Viento en la estación sinóptica-meteorológica Labor Oyalle.	31
7.2- Resultados de relación entre uniformidad del riego por aspersión y la velocidad del viento.	33
8- CONCLUSIONES	75
9- RECOMENDACIONES	77
10-BIBLIOGRAFIA	79
11-APENDICE	81

Indice de figuras

		página
Figuras 1 a 91.-	Representación gráfica de las frecuencias de dirección y velocidad del viento en la estación sinóptica-meteorológica Labor Ovalle- INSIVUMEH, valle de Quetzaltenango.	36
Figura 92.-	Frecuencias de las intensidades de viento a nivel mensual, en Labor Ovalle quetzaltenango.	65
Figura 93.-	Distribución de la frecuencia acumulada de la velocidad del viento, en Labor Ovalle, Quetzaltenango.	65
Figura 94.	Frecuencia de la velocidad del viento igual o mayor a 12 km/h. para el mes de noviembre, en Labor Ovalle, Quetzaltenango.	66
Figura 95.	Frecuencia de la velocidad del viento igual o mayor a 12 km/h., a nivel horario para el mes de diciembre, en Labor Ovalle, Quetzaltenango.	66
Figura 96.	Frecuencia de la velocidad del viento igual o mayor a 12 km/h., a nivel horario para el mes de enero, en Labor Ovalle Quetzaltenango.	67
Figura 97.	Frecuencia de la velocidad del viento igual o mayor a 12 km/h., a nivel horario, para el mes de febrero, en Labor Ovalle, quetzaltenango.	67

página

Figura 98.	Frecuencia de la velocidad del viento igual o mayor a 12 km/h., a nivel horario, para el mes de marzo, en Labor Ovalle, Quetzaltenango.	68
Figura 99.	Frecuencia de la velocidad del viento igual o mayor a 12 km/h., a nivel horario, para el mes de abril, en Labor Ovalle, Quetzaltenango.	68
Figura 100.	Frecuencia de la velocidad del viento igual o mayor a 12 km/h., a nivel horario, para el mes de mayo, en Labor Ovalle, quetzaltenango.	69
Figura 101.	Frecuencia de la dirección del viento para el mes de noviembre, en Labor Ovalle, Quetzaltenango.	70
Figura 102-	Frecuencia de la dirección del viento para el mes de diciembre, en Labor Ovalle, Quetzaltenango.	70
Figura 103-	Frecuencia de la dirección del viento para el mes de enero, en Labor Ovalle, Quetzaltenango.	71
Figura 104-	Frecuencia de la dirección del viento para el mes de febrero, en Labor Ovalle Quetzaltenango.	71
Figura 105-	Frecuencia de la dirección del viento para el mes de marzo, en Labor Ovalle, Quetzaltenango.	72

Figura 106-	Frecuencia de la dirección del viento para el mes de abril, en Labor Ovalle, Quetzaltenango.	72
Figura 107-	Frecuencia de la dirección del viento para el mes de mayo, en Labor Ovalle, Quetzaltenango,	73
Figura 108-	comportamiento del coeficiente de uniformidad de Christiansen bajo distintas velocidades de viento, en Labor Ovalle, Quetzaltenango.	74

Indice de cuadros

		página
Cuadro 1.	Disponibilidad de datos sinópticos de viento, en Labor Ovalle, Quetzaltenango.	23
Cuadro 2-	Condensado del comportamiento frecuencial del viento a nivel mensual, Labor Ovalle, Quetzaltenango.	35
Cuadro 3.	Resultados de pruebas de uniformidad de distribución del agua de riego, valle de quetzaltenango, Quetzaltenango.	74

ANALISIS SINOPTICO DEL REGIMEN DE VIENTOS Y SU RELACION CON
LA UNIFORMIDAD DEL RIEGO POR ASPERSION
ESTUDIO DE CASO: ESTACION LABOR OVALLE, QUETZALTENANGO

SYNOPTICAL ANALYSIS OF THE WIND AND ITS RELATIONSHIP WITH
THE UNIFORMITY OF THE SPRINKLER IRRIGATION. CASE OF STUDY:
LABOR OVALLE STATION, QUETZALTENANGO

RESUMEN

A cada localidad se le puede asignar un régimen normal bien definido de cada elemento meteorológico, respaldado por registros confiables de datos.

El comportamiento del viento tiene varias implicaciones en las actividades productivas, especialmente en la agricultura y en particular en la operación del riego por aspersión.

Los objetivos de la presente investigación fueron: Caracterizar el comportamiento de la velocidad y dirección del viento para el Valle de Quetzaltenango y su relación con la uniformidad del riego por aspersión.

Primeramente se analizaron 42,964 datos de viento, correspondiente a los meses de noviembre a mayo, del período 1984 a 1992 a nivel horario. Posteriormente se realizaron 21 pruebas de campo que permitieron relacionar la velocidad del viento y la uniformidad del riego por aspersión, mediante el coeficiente de uniformidad de Christiansen. En estas pruebas, se usó aspersores de mediana presión (35 psi) por ser éstos los de mayor uso en el valle de Quetzaltenango.

Como producto del análisis de vientos se elaboró 91 rosetas de vientos que permiten visualizar conjuntamente el comportamiento de la dirección y velocidad del viento horario durante la temporada de riego. Así también se identificaron las horas no adecuadas para riego, en base al umbral de velocidad de 12 km/h, estando comprendidas de 13:00 hrs. a 16:00 hrs.

La relación velocidad de viento y la uniformidad del riego por aspersión tiende a ser de tipo lineal negativo, esto es, a medida que la velocidad del viento se incrementa el CU tiende a disminuir.

Se recomienda regar en horas de la mañana y evitar principalmente las comprendidas de 13:00 hrs a 14:00 hrs.

Para las condiciones del valle de Quetzaltenango, cuando se riega con velocidades de viento superiores a los 8 km/h, se deberá de posicionar los aspersores de tal manera que permitan compensar los arrastres del agua de riego por efecto de dirección predominante del viento.

1- INTRODUCCION

La caracterización agroclimática de un lugar determinado, se hace necesaria para analizar las posibilidades que se presentan para el correcto desenvolvimiento del proceso productivo agrícola, incluyendo lógicamente las ventajas y riesgos por efectos del clima. Todà vez que este factor se considera como económicamente no modificable, conocerlo y comprenderlo constituye una alternativa de alto valor, con la finalidad de asegurar el éxito de cualquier proceso agrícola.

A cada localidad se le puede asignar un régimen normal bien definido de cada elemento meteorológico, respaldado por registros confiables de datos.

El clima de una localidad está determinado en gran parte por el régimen de vientos (9), el cual a su vez tiene su origen a nivel local por el calentamiento diferencial del suelo y a nivel de macroescala, por la circulación general de la atmosfera.

El comportamiento del viento tiene varias implicaciones en las actividades productivas del hombre especialmente en la agricultura. Su efecto puede ser positivo o negativo, dependiendo principalmente de su dirección y velocidad. Así tenemos que los vientos suaves favorecen el proceso de

polinización, intercambio gaseoso en los cultivos, adecuada distribución del agua erogada por aspersores, etc., mientras que los vientos fuertes disminuyen la eficiencia de uniformidad del riego por aspersión, pueden causar daños mecánicos a cultivos y estructuras agrícolas tales como invernaderos.

En el presente trabajo de investigación se logró primeramente caracterizar el comportamiento histórico del viento a nivel horario en el valle de Quetzaltenango, generándose información gráfica que podrá usarse para la planificación y operación de diversas actividades agrícolas, tales como el diseño y operación de proyectos de riego por aspersión, diseño de invernaderos, programación de actividades de aplicación de pesticidas (horas mas adecuadas para asperjar), etc. Posteriormente se estableció cuantitativamente el efecto que tiene el viento en la uniformidad del riego por aspersión, para las condiciones particulares del valle de Quetzaltenango, mediante pruebas realizadas en el proyecto de riego la Libertad, contiguo a la estación experimental ICTA-Labor Ovalle, Quetzaltenango.

2- DEFINICION DEL PROBLEMA

La amplitud del valle de Quetzaltenango, 270 kilómetros cuadrados de superficie, y topografía plana, la hacen propensa para la ocurrencia e impacto de vientos con moderada a alta intensidad, principalmente durante los meses de temporada seca que coincide con la penetración de frecuentes frentes de alta presión de dirección norte y la práctica de riego por aspersión en los sistemas de riego existentes.

El vector viento es uno de los principales factores a tomar en cuenta para el diseño de los sistemas de riego por aspersión, actualmente en proceso creciente en el valle de Quetzaltenango, en los cuales para el diseño de los mismos se han utilizado valores promedios de viento a nivel mensual.

A partir del mes de septiembre de 1984, la estación climática del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), localizada en Labor Ovalle, Quetzaltenango, fue elevada al nivel de sinóptica-meteorológica, iniciando recolección de datos horarios de viento y otros parámetros, generando hasta el momento un registro de 8 años de datos, con lo cual fue

posible realizar el análisis gráfico del comportamiento del viento horario-mensual, indispensable para el diseño y operación de sistemas de riego por aspersión.

REPUBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
SANTO DOMINGO DE LOS BAÑOS

3- JUSTIFICACION

El valle de Quetzaltenango es un área de fomento de agricultura bajo riego por aspersión, actualmente con 39 proyectos en operación que incorporan 287.7 Ha., con tendencia creciente.

Las características del valle, amplitud y topografía, determinan que el vector viento afecte principalmente la uniformidad del riego por aspersión.

Con la investigación se generó información gráfica del comportamiento del viento a nivel mensual, respaldado cada mes con un total de 6,137 datos sinópticos, así como información de campo que permite cuantificar el efecto del viento, medido in situ, en la uniformidad del riego por aspersión, siendo de aplicación los resultados principalmente para el diseño y operación, a nivel de parcela, del riego por aspersión

4- MARCO TEORICO

4.1- MARCO CONCEPTUAL

4.1.1- Dirección y velocidad del viento

En Meteorología el viento se define como "aire en movimiento horizontal", entendiéndose que si tiene una componente vertical se prescinde de ella. (9)

El viento se representa por un vector plano, de módulo proporcional a la velocidad y dirigido hacia el punto del horizonte hacia donde va. Sin embargo, en la práctica meteorológica tradicional, se llama dirección del viento el punto del horizonte de donde viene por ser éste, el punto hacia donde señala la punta de la veleta.

Para medir la velocidad están en uso tres unidades: m/s., km/h y el nudo. En lugar de la velocidad, se puede usar la llamada impropia fuerza del viento, pues es una presión, o sea la fuerza ejercida sobre una superficie plana normal a la dirección, que suele medirse en kilopondio sobre metro cuadrado (kp/m^2). Cuando no se dispone de anemómetro y se acude a una simple estimación, se aplica la escala de Beaufort, de 12 grados, que no es una medida sino una graduación. En la práctica climatológica se da preferencia a la velocidad.

La dirección se determina por el azimut del punto de donde viene el viento, pero como esta magnitud no está definida con suficiente precisión, se suele referir al punto más próximo de la rosa náutica. En climatología la rosa náutica se sigue empleando, aunque en Meteorología Sinóptica ha sido ya reemplazada por el azimut. Hay la rosa de 8 direcciones y la de 16 direcciones. En la de 8 direcciones, los intervalos angulares son, naturalmente de 45° , y en la de 16, de $22^\circ 30'$.

Jansá (9) indica que la velocidad y la dirección del viento, son tratados en Climatología como dos elementos independientes, de donde resulta para ellos una complicación artificial de su distribución estadística, pues el verdadero elemento es el "vector viento", cuya distribución estadística, aunque de ordinario bidimensional, sería mucho más regular. Así mismo señala que hay una razón práctica para proceder así, y es que las medidas de la velocidad y de la dirección se confían a dos instrumentos distintos: el anemómetro y la veleta. No importa que muchas veces estén acoplados, constituyendo un solo aparato, porque el acoplamiento es completamente extrínseco y las indicaciones que cada órgano del aparato proporciona son del todo independientes entre sí. El mismo autor indica que debe de aceptarse el hecho de que el viento, al contrario de los que ocurre con los demás elementos climatológicos, que son escalares, requiere la consideración de dos medidas,

(dirección y velocidad) como consecuencia de su naturaleza vectorial y de no ser comoda la elaboración estadística de las magnitudes vectoriales como tales.

6.1.2- Condiciones de medición del viento

De fina (4), indica que el flujo del aire está sujeto a innumerables perturbaciones producidas por los obstáculos que se ve obligado a superar y por el rozamiento con el suelo. De aquí resulta la estructura turbulenta del flujo, que se manifiesta en la rafagosidad o fluctuación desordenada, tanto de la velocidad como de la dirección. Las medidas que han de servir de base a la meteorología y a la climatología se han de referir al viento medio, en el que el efecto de la turbulencia ha sido eliminado. Por eso se ha convenido en definir la dirección y la velocidad del viento como media de las direcciones y media de las velocidades en diez minutos. Añade De fina, que el rozamiento exterior (con el suelo) y la viscosidad se manifiestan no sólo por sus efectos sobre el flujo instantáneo, de donde resulta la turbulencia, sino también sobre el flujo medio: en contacto con el suelo la velocidad es nula y va creciendo con la altura; las dirección, que en las capas más próximas, al suelo se mantiene sensiblemente constante, va cambiando también después, aun cuando las condiciones meteorológicas sean las mismas, siendo un verdadero régimen de capa límite. Se considera que la capa límite coincide con el estrato en

en contacto con el suelo, donde la dirección no cambia. Si el suelo es llano y la superficie moderadamente rugosa, el espesor de esta capa es de unos 10 m. Por eso se ha convenido medir internacionalmente la dirección y la velocidad del viento a una altura de 10 m. sobre el suelo natural, en terreno despejado y sin obstáculos. Esta altura se llama altura normal del anemómetro. Si la instalación no cumple esta condición es necesario aplicar una corrección para hacer comparables los datos de unas estaciones con los de otras. Sobre terreno llano la ley de variación de la velocidad con la altura dentro de la capa límite es logarítmica, aunque depende del coeficiente de rugosidad del suelo. Sobre suelo arbolado, cubierto de construcciones o muy accidentado, la variación es muy irregular y las reducciones al nivel normal deberían efectuarse después de un estudio local previo.

El viento, referido a la altura normal de 10 m., se califica de viento junto al suelo, del mismo modo que se toma como temperatura junto al suelo la medida a 1.5 m.

4.1.3- Influencia del viento en el riego por aspersión

El viento distorsiona el patrón de distribución del agua erogado por la boquilla de aspersores. El valor de la distorsión depende de la velocidad del viento y tamaño de las gotas de agua. Altos valores en la velocidad del viento

y pequeño tamaño de las gotas de agua, causan más distorsión en el patrón de distribución del agua cuando se compara los patrones obtenidos bajo condiciones de no viento. La distorsión por el viento puede contrarrestarse cerrando el espaciamiento de aspersores sobre el lateral y la distancia entre laterales (3).

Mediciones hechas en Idaho, muestran que con 4.7 km/h. en velocidad del viento promedio, el suelo recibe el agua en todas las partes del área mojable. Cuando la velocidad promedio del viento superó de 20.9 km/h., el 40% del área mojable, bajo la misma presión de operación del aspersor, excedió la tasa de entrada y la lluvia ocurrida en el suelo. (3).

4.1.4- Uniformidad del sistema

La uniformidad de aplicación es un indicador de la buena distribución del agua por los aspersores en el suelo, para ello, se tienen varios coeficientes a través de los cuales puede conocerse la uniformidad de aplicación. Entre tales está el de Christiansen.

La manera de expresar la importancia del coeficiente de uniformidad y sus valores es mediante la determinación del porcentaje del área que no está recibiendo la cantidad adecuada de agua o que porcentaje del área está recibiendo

mas agua que la necesaria.

El coeficiente más común para medir la uniformidad de distribución, es el coeficiente sugerido por Christiansen (1942) y esta dado por:

$$Cu = 100\{1-x/nd\}$$

donde: x= desvío de cada una de las observaciones con respecto a la media d.

n= número de observaciones.

Sandoval (11), indica que, un Cu de 0.8 o mayor se considera adecuado para regar por aspersion. Un Cu de 1.0 indica una distribución perfecta del agua en todo el campo. Añade que irregular distribución de la humedad conduce a cultivos heterogeneos en su crecimiento y por consiguiente en la producción.

J. Faci y A: Bercero (5), han analizado numerosos trabajos realizados en las últimas decadas, mostrando que el viento durante el riego es uno de los factores que más influyen en el comportamiento de los sistemas de aspersion.

Generalmente cuando el riego por aspersión se efectúa en condiciones de viento, se produce un descenso de la uniformidad de aplicación del riego en la parcela y un aumento de las pérdidas por evaporación y arrastre de las gotas de agua por el viento, lo cual puede reducir sensiblemente la dosis de riego realmente aplicada en el terreno.

Faci J. y Bercero A. (1991), en evaluaciones realizadas en 1988 y 1989 confirman la fuerte incidencia de la velocidad del viento en la uniformidad de distribución del riego en los sistemas de aspersión.

Dichos investigadores reportan resultados de un conjunto de evaluaciones realizadas con aspersor único, encontrando un valor umbral de 15.5 km/h a partir del cual, se produce un descenso acusado de la uniformidad del riego. Del estudio de la frecuencia de los vientos realizado por los mismos autores en Zaragoza, España, se dedujo que, en el 34% de las observaciones, la velocidad del viento corregido a 2 m. de altura superó este umbral de 15.5 km./h. Estos resultados reportados ponen en evidencia el efecto notable del viento en la uniformidad del riego por aspersión, por lo que, este factor debe ser tomado en cuenta en el diseño y manejo de estos sistemas de riego en las condiciones particulares.

Los estudios de Análisis sinópticos del comportamiento del viento en Guatemala son escasos. Únicamente se reporta el de Najera (1991), realizado con datos de la estación sinóptica-meteorológica, puerto San José, con fines de evaluar el impacto ambiental del funcionamiento de barcazas en dicho puerto para generación de energía eléctrica.

Menos aún las evaluaciones del comportamiento de aspersores, relacionando la uniformidad del riego y el comportamiento in situ del viento; dándose más énfasis en la actualidad a la ejecución de obras de riego con descuidos posteriores en la adecuada operación de los mismos.

4.1.5- Características de funcionamiento de aspersores

Al girar un aspersor moja el terreno en una superficie circular; de tal manera que, para cubrir un área con círculos de humedad se requiere una determinada superposición de los mismos (10).

Midiendo la precipitación en pluviómetros (pequeños recipientes de 500 g. de los empleados en la industria) dispuestos en un reticulado bajo el área de influencia de un regador, es posible obtener un cuadro de la distribución de la lluvia. El trazado de las isolíneas de igual precipitación y de dos perfiles típicos, uno longitudinal y

ótro transversal permite conocer el comportamiento del aspersor. Bajo condiciones de baja velocidad del viento y presión adecuada dichas isolneas muestran una general disminución de la precipitación desde el centro a la periferia.

Sin embargo, la forma del perfil no es uniforme y depende principalmente del efecto del viento, de la presión de ejercicio del aspersor y velocidad de giro del mismo.(10)

Hart, citado por CIDIAT (10), estudió el efecto de la velocidad del viento en el coeficiente de uniformidad, con relación a la presión de ejercicio del aspersor. Dichos ensayos muestran que, el Cu disminuye a medida que crece la velocidad del viento y que para igual velocidad del viento, el Cu aumenta con la presión de ejercicio del regador, tambien determinaron que el Cu, aumenta con la altura del regador, a pesar que tambien aumenta las pérdidas por evaporación.

4.2-MARCO REFERENCIAL.

4.2.1- Descripción del valle de Quetzaltenango.

4.2.1.1- Localización:

El "valle de Quetzaltenango", se encuentra conformado por áreas de diversos municipios de los departamentos de Quetzaltenango y Totonicapán, situados ambos en la parte occidental de la república, formando parte de lo que se conoce como el altiplano occidental. Entre los municipios que lo conforman; tenemos por el departamento de Quetzaltenango: El municipio de Quetzaltenango; Olinstepeque; San Juan Ostuncalco; San Mateo; La Esperanza; Concepción Chiquirichapa, Salcajá, San Miguel Siguilá.

Por el departamento de Totonicapán, los municipios de San Andrés Xecul y San Cristobal Totonicapan. (7)

Su altitud promedio es de 2,330 metros sobre el nivel del mar, encontrándose entre las coordenadas geográficas siguientes: Longitud oeste de los 91°38'. Latitud norte de los 14° 47' a los 14° 57'. (8)

4.2.1.2- Extensión:

El área total del valle, es de 188 kilómetros

cuadrados. (7)

4.2.1.3- Límites:

El valle se encuentra delimitado, por diversas montañas, en la parte sur, se tiene el volcán Cerro Quemado y el cerro Tecún Umán (El Baúl), en la parte norte, se tienen las montañas de San Andrés Xecul. En la parte oriental, se tienen las montañas del Cuxniquel; y en la parte occidental, las montañas de Chiquirichapa, San Juan Ostuncalco y San Miguel Siguilá.

4.2.1.4- Vías de comunicación:

Al valle, puede llegarse por tres carreteras de asfalto. La primera, La Interamericana, que facilita el acceso del departamento de Huehuetenango y municipios aledaños. La tercera conecta con la costa sur, o sea con departamentos como Mazatenango y Retalhuleu.

4.2.1.5- Zona de vida ecológica:

Según De la Cruz (1), el área del valle, se encuentra localizado en la zona de vida siguiente: Bosque húmedo montano bajo sub-tropical (bhMB) y el clima es semi-húmedo.

con invierno benigno. Deficit grande en el verano (Thorwaite).

4.2.1.6- Precipitación Pluvial:

En el valle de Quetzaltenango, el período de lluvias se inicia en el mes de mayo y finaliza en el mes de octubre. Este período de lluvias presenta un promedio anual de 813.7 milímetros para la década 1980-1990.

En el mes de junio se presenta un período relativamente seco, conocido como canicula de San Juan, y que en años anteriores ha sido relativamente seca.

4.2.1.7- Evaporación:

La evaporación, obtenida a través del tanque evaporímetro tipo "A" de la estación sinóptica meteorológica Labor Oyalle, INSIVUMEH, es como promedio multianual de 1,410.75 milímetros y 3.8 milímetros como promedio diario.

4.2.1.8- Temperatura

La temperatura media anual es de 13.75 grados

centígrados, con promedio de máxima de 21.8 grados centígrados y mínima de 7 grados centígrados.

4.2.1.8- Heladas:

En el valle de Quetzaltenango, la época de ocurrencia de heladas está comprendida entre los meses de noviembre hasta mediados de mayo; con mayor probabilidad de ocurrencia en los meses de diciembre, enero y febrero.

Las heladas que se presentan son las denominadas por "radiación", es decir, cuando el calor absorbido durante el día por el suelo, se pierde en la noche por efecto de irradiación. Las heladas de radiación que se presentan son del tipo "negras" al no existir condensación previa por ser bajo el contenido de vapor de agua en la capa de aire cercana al suelo. Se registra un período de riesgo de ocurrencia de heladas de 175 días, en los cuales en promedio ocurren 110 horas en las que la temperatura es menor o igual a cero grados centígrados, siendo de las 4 a.m. a las 7 p.m. las horas de mayor rango de probabilidad de ocurrencia.

4.2.1.9- Hidrología:

El área del valle, se encuentra bañado por varios ríos y riachuelos, se pueden mencionar por ejemplo los

siguientes: Río Siguilá el cual con más tributarios forma el río Xequijel, luego éste pasa a formar parte del río Samalá. (7).

4.2.1.10- Suelos:

Según Simmons (12), en el valle de Quetzaltenango pueden incluirse dos tipos de suelos, en la parte oriental del valle, se pueden identificar los suelos pertenecientes a la serie Quetzaltenango, los cuales se caracterizan por los siguientes aspectos: El material madre está compuesto por ceniza volcánica de color claro, su relieve es casi plano, el drenaje interno es bueno; el suelo superficial es café oscuro, la textura predominante es franco arenosa, con espesor de 50 a 75 centímetros. En la parte más occidental se encuentra la serie de suelos Quetzaltenango fase quebrada, cuya diferencia básica de la serie anteriormente indicada, es su topografía, que para este caso es irregular

4.2.1.11- Fisiografía:

Los suelos del valle de Quetzaltenango, pertenecen a la división fisiográfica, "de la altiplanicie central". (12.)

4.2.1.12- Vegetación:

Toda el área del valle, estuvo originalmente bajo bosques de árboles deciduos, así como una mezcla de coníferas y especies de encinos, los géneros más predominantes entre plantas forestales están: Cupresus sp., Abies sp. y Pinus sp.

4.2.1.13- Uso de la tierra:

La producción de cultivos alimenticios, especialmente el maíz, para el consumo local es la actividad agrícola principal de la mayoría de las fincas de la región. El trigo, también ocupa lugar preferencial en la agricultura del valle, así se puede anotar, la existencia de varias empresas molineras existentes en el área. También es interesante indicar que, en ciertas áreas del valle, se está trabajando con hortalizas, en forma intensiva, tanto para el consumo interno como para la exportación. La fruticultura también constituye renglón importante, puesto que existen en el área, importantes fincas dedicadas a la explotación frutícola decidua, con fines de comercio y también para su correspondiente procesado. (7)

5- OBJETIVOS

- 5.1- Analizar Gráficamente el comportamiento de velocidad y dirección del viento, de los meses de noviembre a mayo, con datos sinópticos para el valle de Quetzaltenango, Quetzaltenango.

- 5.2- En base a la caracterización del régimen de vientos, analizar sus implicaciones en horas adecuadas o inadecuadas para riego por aspersión.

- 5.3- Analizar las relaciones existentes entre la velocidad del viento, medido in situ, y la distribución del agua mediante el coeficiente de uniformidad de Christiansen.

6- METODOLOGIA

6.1- Análisis gráfico del comportamiento histórico del viento.

El estudio de velocidad y dirección del viento se realizó a partir de datos horarios del viento medido a 10 metros de altura sobre el suelo en la estación sinóptica meteorológica INSIVUMEH-Labor Ovalle, Olintepeque, Guetzaltenango. Dicha estación inicio su funcionamiento como estación meteorológica en enero de 1971, elevandose a categoría de sinóptica -meteorológica a partir de septiembre de 1983. Bajo este sistema trabaja actualmente, brindando información horaria sobre las condiciones meteorológicas imperantes, siendo reportada esta información, por medio de radio, a la sección de análisis y pronósticos del INSIVUMEH, para su posterior asentamiento en formatos de archivo correspondiente. (ver apéndice 1 a 91)

Se utilizaron datos horarios de velocidad y dirección del viento en el período de noviembre de 1984 a mayo de 1992, que representa un total de 42,964 datos distribuidos de la siguiente manera:

Disponibilidad de datos sinopticos de viento
Cuadro 1. labor ovalle, Quetzaltenango.

mes	año inicio	año final	No.dias	No.horas	total datos
Nov.	1984	1992	30	12	6,044
Dic.	1984	1992	31	12	5,676
Ene.	1984	1992	31	12	6,424
Feb.	1984	1992	28	12	5,514
Mar.	1984	1992	31	12	6,514
Abr.	1984	1992	30	12	6,480
May.	1984	1992	31	12	6,312

fuentes: Depto. de Análisis y Pronósticos, INSIYUMEH.

Con los datos horarios, se elaboró para cada mes y hora, un gráfico de presentación conjunta de las distribuciones de frecuencia de la fuerza y dirección en un mismo diagrama, mediante el siguiente procedimiento:

a) La velocidad del viento (en km/h) se agrupó en 5 clases mientras que la dirección se distribuyó en 8 clases correspondiente a los ocho puntos de la brújula, en base a los siguientes rangos: (ver apéndices 1 a 91).

dirección rango en grados (sistema sexagesimal)

norte	340- 020
nor-este	025- 065
este	070- 110
sur- este	115- 155
sur	160- 200
sur-oeste	205- 245

oeste	250- 290
nor-oeste	295- 335

b) La velocidad del viento medida a 10 m. se transformó a velocidad del viento a 2 m. de altura mediante la fórmula de HELMAN, basada ésta en el comportamiento logarítmico de la velocidad del viento en los primeros 10 m. de altura.

$$V_{2m} = V_{10m} [0.233 + 0.656 \log (H + 4.75)]$$

donde $h = 2$ m. de altura.

c) Posteriormente se marcaron los puntos correspondientes a las observaciones en un diagrama que consta de las cuatro siguientes partes:

i) Un círculo, dentro del cual se indica la frecuencia de las calmas observadas.

ii) Un haz de rectas que parten del centro de ese círculo y que representan las diferentes clases de dirección del viento.

iii) Una serie de círculos concéntricos con el primero, cada uno marcado con una de las clases de frecuencia relativa de

* las observaciones correspondientes a las diversas direcciones.

iv) En base a estas circunferencias, sobre cada dirección se marcó la frecuencia correspondiente: Hecho esto, se unieron las 8 frecuencias por medio de rectas. El gráfico así construido tipifica claramente el comportamiento de los vientos más frecuentes para cada hora y mes en el valle de Quetzaltenango.

v) Una escala o leyenda, que indica los símbolos utilizados para las diferentes clases de velocidad numérica.

El diámetro del círculo central, no fue mayor de lo necesario para poder anotar claramente el número o el porcentaje de las calmas.

6.2- Análisis de relación entre velocidad del viento y uniformidad del riego por aspersión.

6.2.1- Localización de las pruebas

Las pruebas se realizaron en el proyecto de riego con

aprovechamiento de aguas subterráneas La Libertad, ubicado en el cantón La Libertad, Quetzaltenango, a 8 km., del centro de la ciudad de Quetzaltenango, contiguo a la estación sinóptica meteorológica "Labor Ovale-INSIVUMEH.

En este proyecto, la distribución del agua en cada parcela, es bajo el sistema de aspersión, mediante el siguiente diseño:

- Diámetro de la boquilla: 9/64"
- Radio de cobertura: 39 pies
- Presión de operación: 35 psi
- Porcentaje de traslape: 50%
- Area efectiva por posición: 141 m²
- Eficiencia de riego: 70%

El área de riego que abarca el proyecto es de 5.72 Ha. (129.7 cds. de 21x21 m.) para 42 usuarios. La extracción del agua se realiza utilizando una bomba sumergible accionada por energía eléctrica, con una potencia de 60 HP. para extraer e impulsar un caudal de 340 gpm.

6.2.2- Selección y descripción de aspersores

a) Número de aspersores:

Estas pruebas se realizaron utilizando aspersor único

(3), tomando en cuenta que no se pretende evaluar en sí un sistema de riego sino específicamente el efecto del viento en la uniformidad del riego.

b) Selección del aspersor:

Se utilizó el tipo de aspersor actualmente en uso por los usuarios del proyecto: Rointrol st. 9/64" y 35 psi, clasificado como "de mediana presión".

6.2.3- Instalación de las pruebas

a) Localización e instalación del aspersor

El aspersor se ubicó en un área con vegetación que no sobrepasa la altura de los recipientes utilizados. El terreno es de topografía plana.

El sitio se localizó de tal manera que hubiese una distancia despejada mínima hacia viento arriba del área patrón de 6 veces la altura del cualquier rompeviento (3).

b) El centro de la boquilla principal del aspersor estuvo a 0.6 m. arriba de la elevación promedio de los bordes superiores de los cuatro colectores mas pequeños.

c) Descripción y localización de colectores

Se usó un patrón cuadrículado o un arreglo en cuadrícula de colectores, siendo de tres metros el espaciamiento entre colectores (ver apéndice 92). El aspersor se ubicó en el centro de la cuadrícula (al centro de cuatro colectores adyacentes). El área de mojado del tipo de aspersor utilizado es de 452 metros cuadrados, requiriéndose un total de 50 recipientes, con una capacidad volumétrica de 3.20 litros.

d) Duración y número de pruebas

Se realizaron pruebas en un período de tiempo de 70 días, durante el cual se cubrió un rango amplio de condiciones de viento (velocidad y dirección). Para lograr lo anterior se realizaron pruebas en distintas horas del día con una duración de 120 minutos cada una, en el rango de 6 de la mañana a 6 de la tarde.

6.2.4- Ubicación del equipo para medición del viento durante las pruebas.

El movimiento del aire durante el tiempo de las pruebas se midió con un anemómetro portátil totalizador de copas. La dirección del viento se determinó con una veleta sobre la base de 8 puntos de la brújula.

El equipo de medición del viento se ubicó dentro del área depejada pero, fuera del área patrón de mojado del aspersor y a una altura de 2 m.

6.2.5- Mediciones

a) Se realizaron las mediciones de velocidad y dirección del viento a intervalos de 15 minutos. La dirección se indica de acuerdo a la rosa de los vientos (3).

b) Presión del aspersor

La presión en la boquilla se define como la presión hidrostática medida con un tubo de pitot en la vena contraída del chorro de la boquilla. La presión hidrostática se midió con un tubo pitot y un manómetro.

d) Lámina de aplicación

La lámina de aplicación en cada colector se determinó utilizando una probeta graduada en cc., posteriormente se convirtió a lámina de agua mediante la relación: $\text{volumen} = \text{área del colector} * \text{lámina}$.

6.2.6- Análisis de la información

a) Se determinó el coeficiente de uniformidad de

Christiansen mediante metodología de simulación, basada ésta en obtener la pluviometría de un cuadrante de mojado simulando operación simultánea de 4 aspersores, en base a pluviometría de aspersor único.

b) Las relaciones entre el coeficiente de uniformidad de Christiansen (C_u) y la velocidad del viento (u), se estableció mediante análisis tabular y gráfico.

c) Con la información de pluviometría del aspersor obtenida bajo distintas condiciones de viento, se estableció el distanciamiento mas adecuado que permita un C_u igual o mayor de 70%.

7- RESULTADOS Y DISCUSION

7.1- Viento en la estación sinóptica-meteorológica Labor Ovalle.

Las figuras 1 a 91 muestran la representación gráfica de la distribución a nivel horario de las direcciones y velocidades del viento en la estación Labor Ovalle-INSIVUMEH, durante los meses de noviembre a mayo, confeccionados a partir de los 42,964 datos horarios recogidos entre 1984 y 1992.

Cada figura (roseta de vientos) expresa las frecuencias de dirección y velocidad en escala gráfica, siendo la frecuencia de cada dirección proporcional a la longitud de la barra.

La figura 92 presenta la distribución frecuencial a nivel mensual de las intensidades de viento de calma y débil (≤ 11 km/h) y de moderado a muy fuerte (≥ 12 km/h), siendo los meses de diciembre, marzo y abril en los cuales ocurre con mayor frecuencia vientos que igualan o superan el umbral de moderado a muy fuerte.

En la figura 93, que representa la frecuencia acumulada de las distintas velocidades de viento durante el período de noviembre a mayo, se observa que un 25 por 100 de las observaciones igualan o superan los 12 km/hora, mientras

RESUMEN Y DISCUSION

que un 75 por 100 se encuentran a nivel de viento en calma o

debil.

Las figuras 94, 95, 96, 97, 98, 99, y 100 representan el

comportamiento frecuencial de la velocidad del viento igual

o mayor a 12 km/hora a nivel horario. Puede observarse en

cada una de las figuras que a partir del medio dia (12 hrs)

la frecuencia del viento a la velocidad considerada tiende a

incrementarse alcanzando las máximas frecuencias de 13 hrs.

a 15 hrs.

Se observa que en los meses de marzo y abril se

presentan las máximas frecuencias de viento superior a 12

km/hora (hasta 17%), por lo que el funcionamiento de

aspersores durante estos meses y horas resulta

contraproducente.

En el mes de mayo, el comportamiento de la velocidad

del viento tiende a disminuir en relacion a los meses

anteriores.

Las figuras 101, a 107 representan, a nivel mensual, la

frecuencia de las direcciones del viento en las cuales se

aprecia las direcciones predominantes. De noviembre a enero

predominan vientos de dirección este y en menor porcentaje

de las direcciones norte y sur.

Este régimen direccional es debido al efecto orográfico

que ejerce la cuenca del motagua al modificar la dirección de los vientos alisios de dirección nor-este a este. Así también en las primeras horas de la tarde, el valle de Quetzaltenango es influenciado por corrientes de viento de baja presión, provenientes del pacífico y de dirección sur.

De febrero a mayo es predominante la dirección sur, presentándose con mayor frecuencia en los meses de marzo a abril, siendo esta la razón de ocurrencia del fenómeno de bruma (vapor de agua y sales en suspensión) durante estos meses en el valle de Quetzaltenango.

7.2- Relacion entre uniformidad del riego por aspersión y la velocidad del viento.

La tabla 3 contiene los resultados de 21 pruebas de evaluación realizadas a nivel de campo, que relaciona velocidad del viento y uniformidad del riego por aspersión. Como referencia se presenta para cada prueba el comportamiento de la presión de operación y caudal del aspersor; teniendo para el conjunto de presiones un coeficiente de variación de 15.9%, mientras que para el caudal de 17.4%, considerándose permisibles dentro de los rangos de variabilidad.

Se aplicó el coeficiente de uniformidad de Christiansen (cu) para un marco de arreglo de aspersores de 12x12 metros, exigiéndose en cada prueba un cu mayor o igual al 70 %. Cuando este valor de cu no se alcanzó con el marco señalado, se calculó el cu con los marcos de 12x9m . y 9x9m. Se aprecia en la mencionada tabla que bajo condiciones de viento igual a mayor de 10.5 km/hora fue necesario adoptar espaciamientos mas cerrados para obtener un cu adecuado.

En la figura 101 se representa, en diagrama de dispersión, el coeficiente de uniformidad de Christiansen en porcentaje (eje de las y) y la velocidad del viento en km/hora (eje de las x). Se observa que el diagrama tiende a un comportamiento lineal negativo, esto es, a medida que la velocidad del viento se incrementa, la uniformidad del riego disminuye.

La función matemática, obtenida utilizando el software estadístico microstat, que representa la anterior relación es de la forma:

$$Y = -2.95X + 92.01$$

donde X: velocidad del viento en Km/hora

Y: coeficiente de uniformidad de Christiansen en porcentaje.

con un r^2 de 0.8

En base a la función lineal establecida, se deduce que a partir de 7.5 km/hora en velocidad del viento, el cu tiende a ser menor del 70%, siendo necesario, si se quiere mantener un cu adecuado, cerrar el espaciamiento entre aspersores, pudiendo ser de 12x9 m. ó 9x9 m.

Tabla 2. Condensado del comportamiento frecuencial del viento a nivel mensual. Labor Ovalle, Quetzaltenango.

mes	Rango de velocidad (km/h)					
	0 - 5	6 - 11	12 - 19	20 - 28	29 - 33	> 33
Noviembre	34.2	44.3	15.4	4.6	0.5	1
Diciembre	37.3	35.2	15.4	7.6	0.8	3.7
Enero	39.3	35.5	16.45	6.6	0.05	2.1
Febrero	40.9	35.5	14.6	7.2	0.5	1.3
Marzo	36.5	31.1	16.5	9.2	1.4	5.3
Abril	37.6	37.1	15.7	6	0.6	3
Mayo	45.8	39.4	11.2	2.7	0.4	0.5
promedio	38.8	36.87	15.03	6.3	0.6	2.4

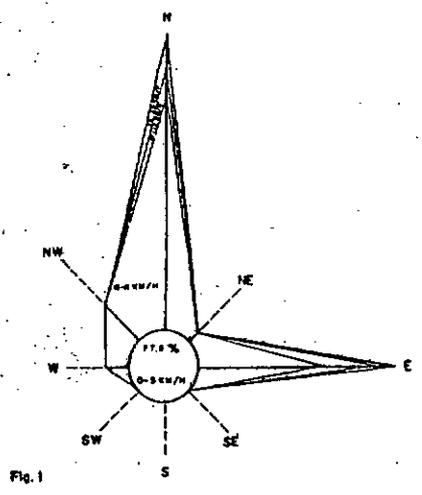


Fig. 1
NOVIEMBRE: 6 HORAS

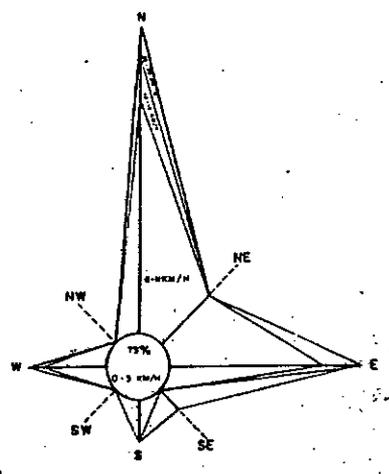


Fig. 2
NOVIEMBRE: 7 HORAS

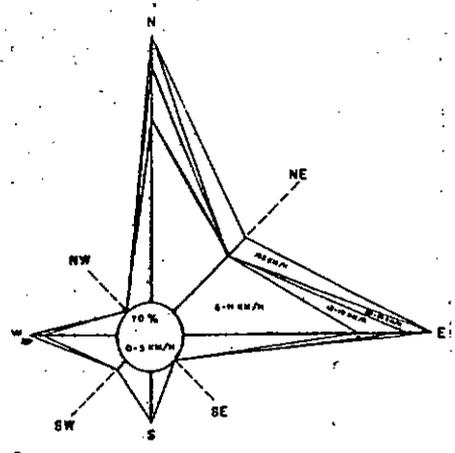


Fig. 3
NOVIEMBRE: 8 HORAS

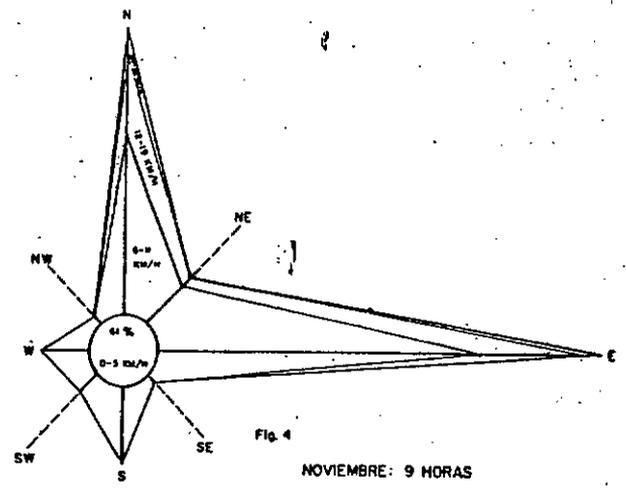


Fig. 4
NOVIEMBRE: 9 HORAS

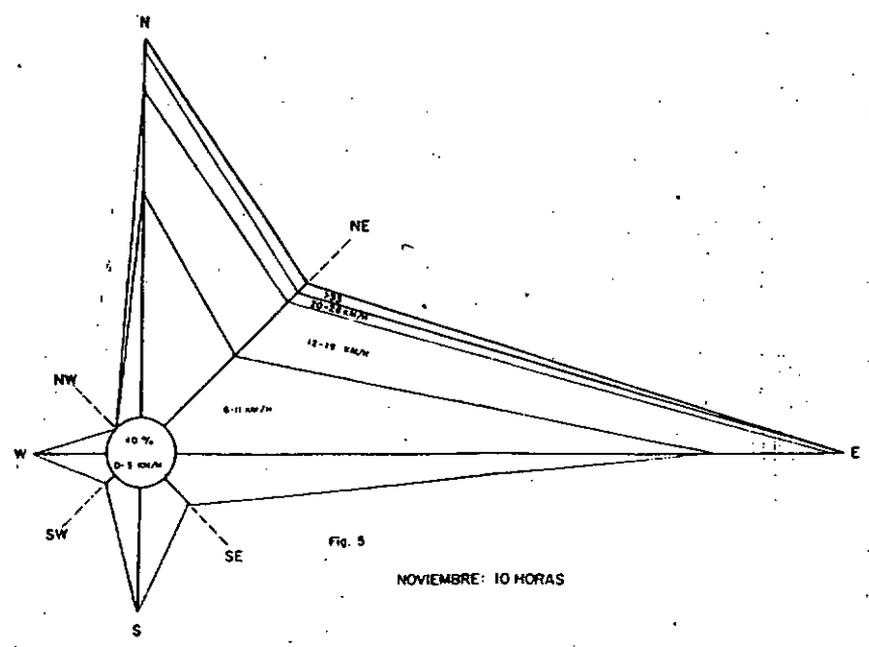
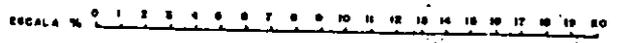


Fig. 5
NOVIEMBRE: 10 HORAS



Gráficas de las frecuencias de dirección y velocidad del viento en la estación Labor Ovalle - INSIVUMEH Valle de Quetzaltenango.
La Frecuencia de cada dirección es proporcional a la longitud de la barra.

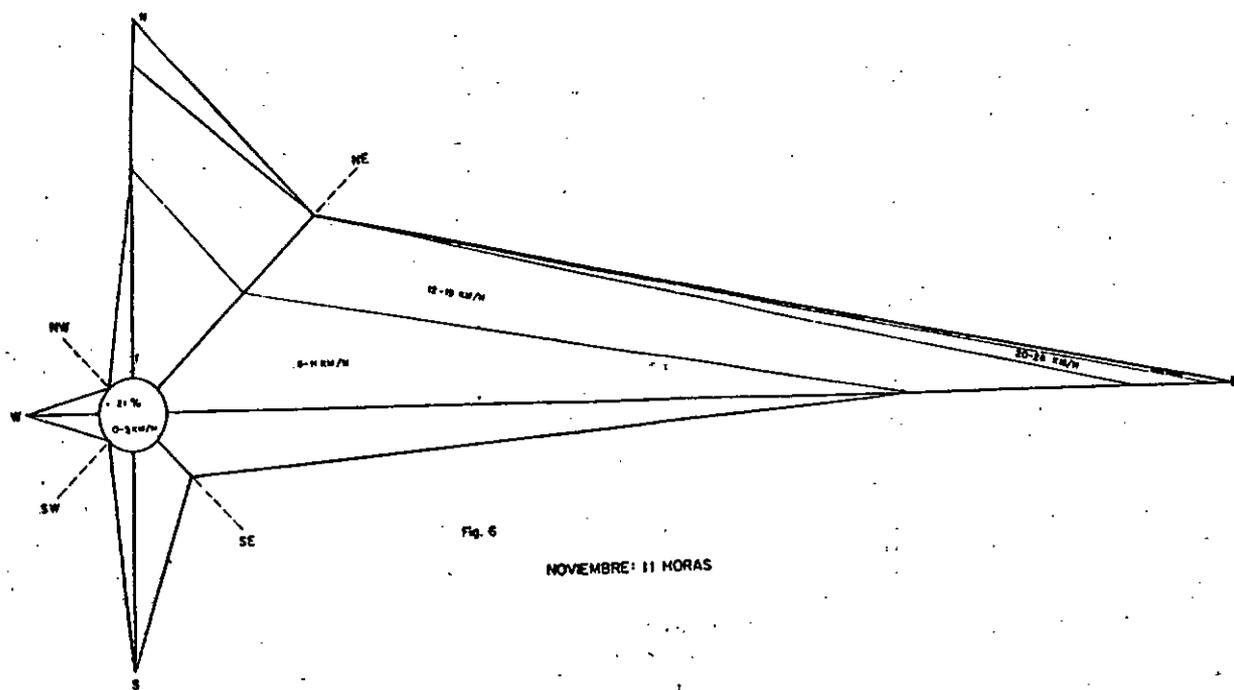


Fig. 6

NOVIEMBRE: 11 HORAS

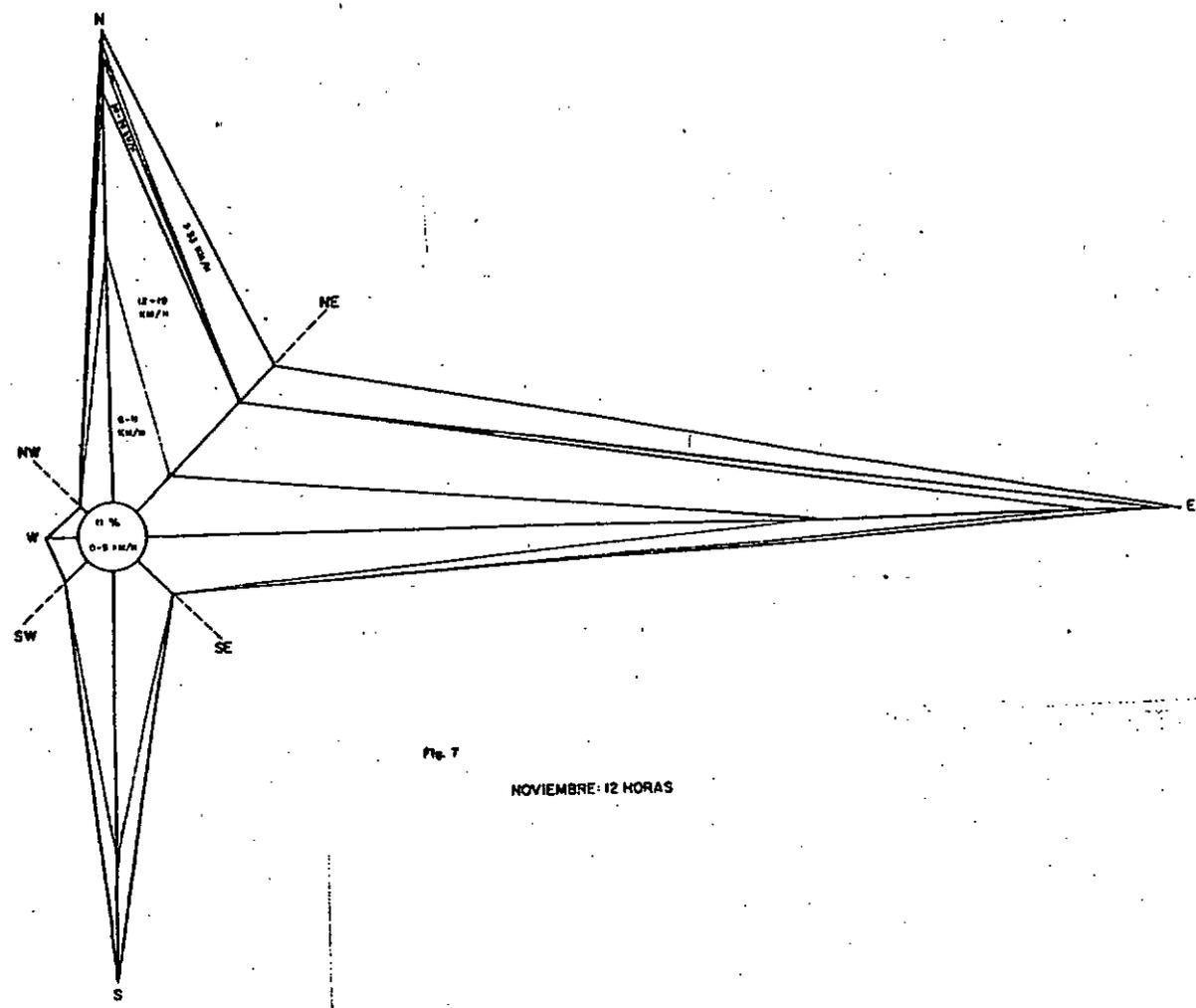


Fig. 7

NOVIEMBRE: 12 HORAS

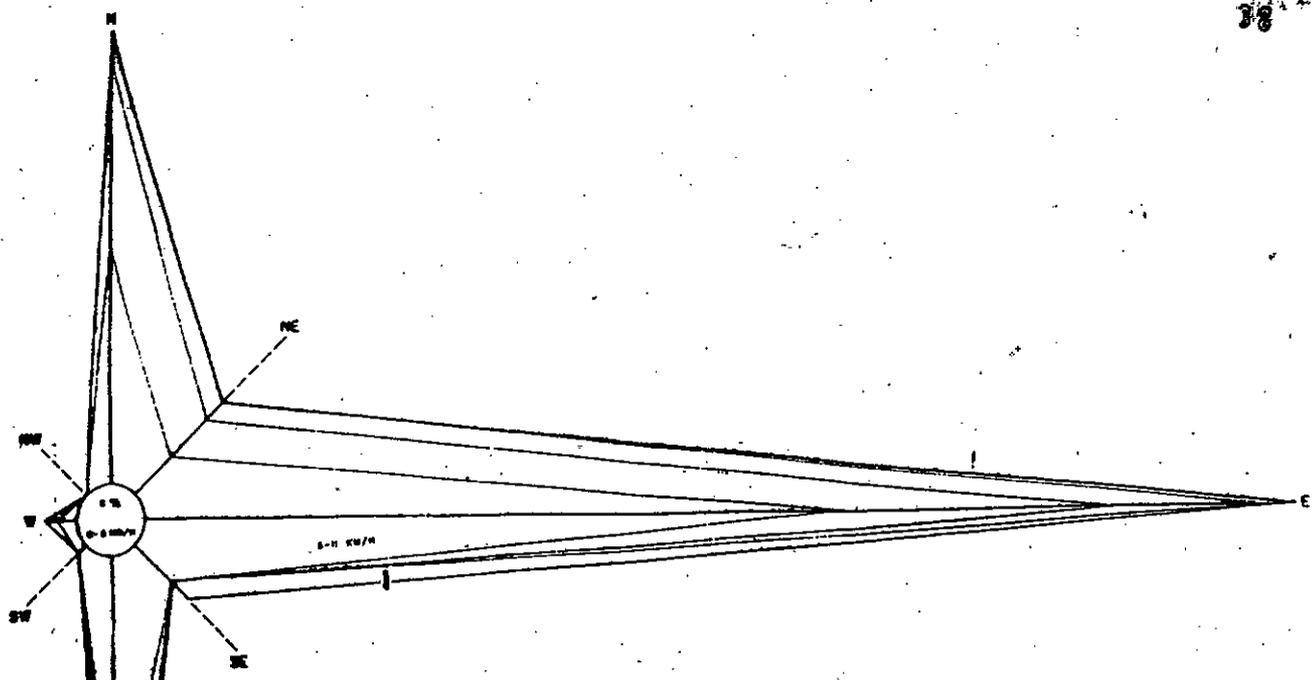


Fig. 8

NOVIEMBRE: 13 HORAS

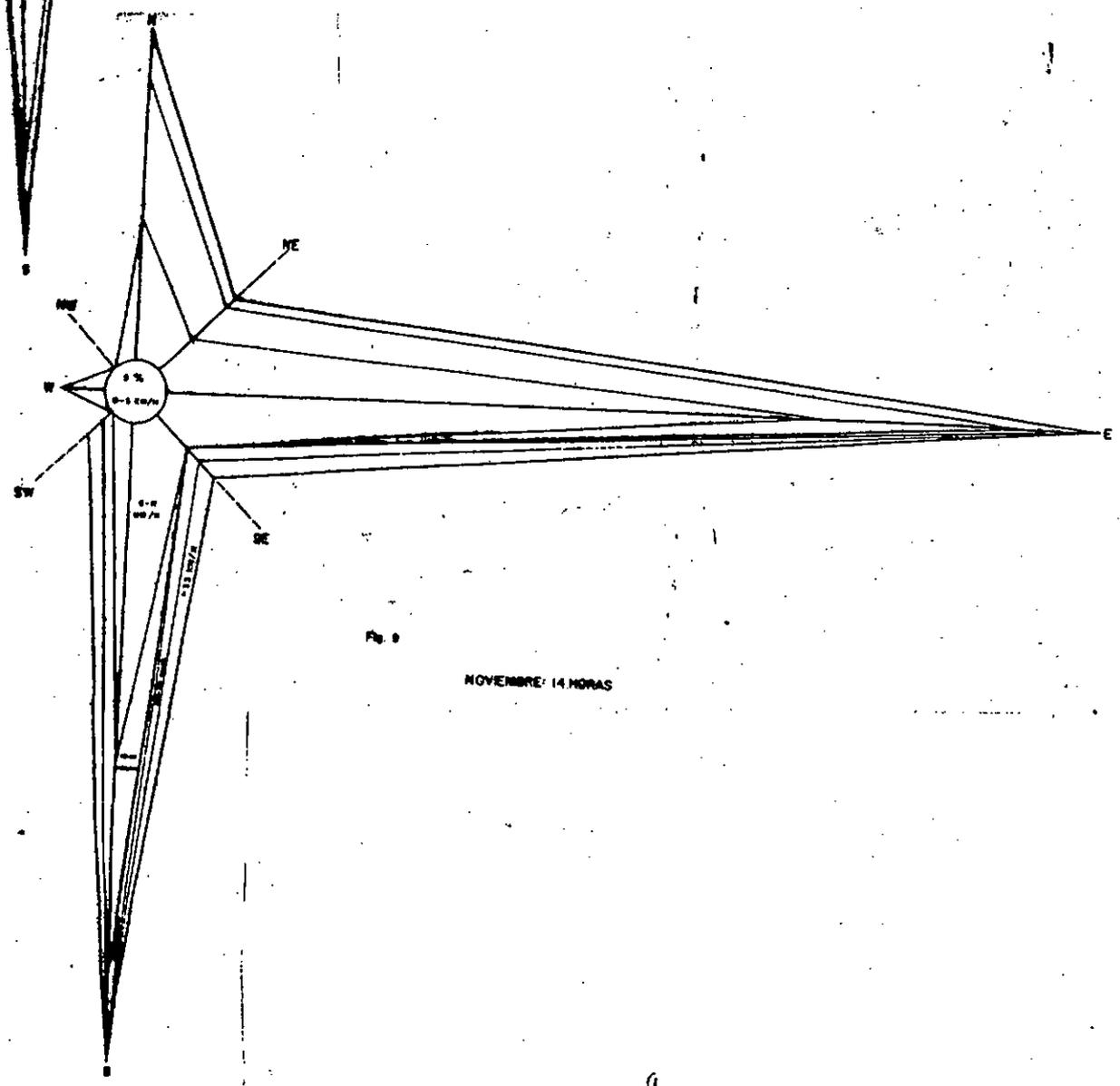


Fig. 9

NOVIEMBRE: 14 HORAS

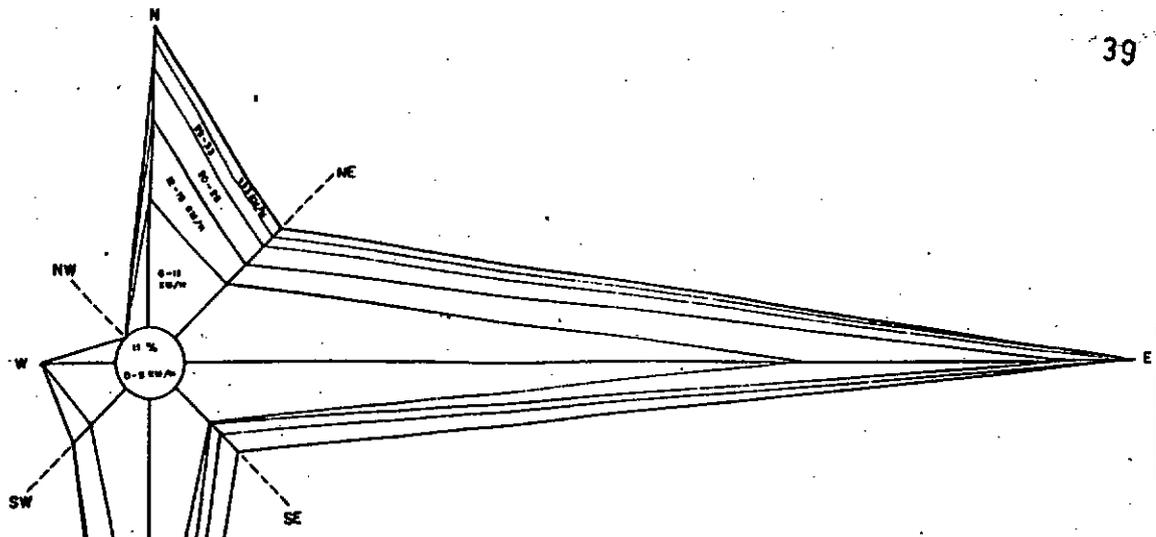


Fig. 10
NOVIEMBRE: 15 HORAS

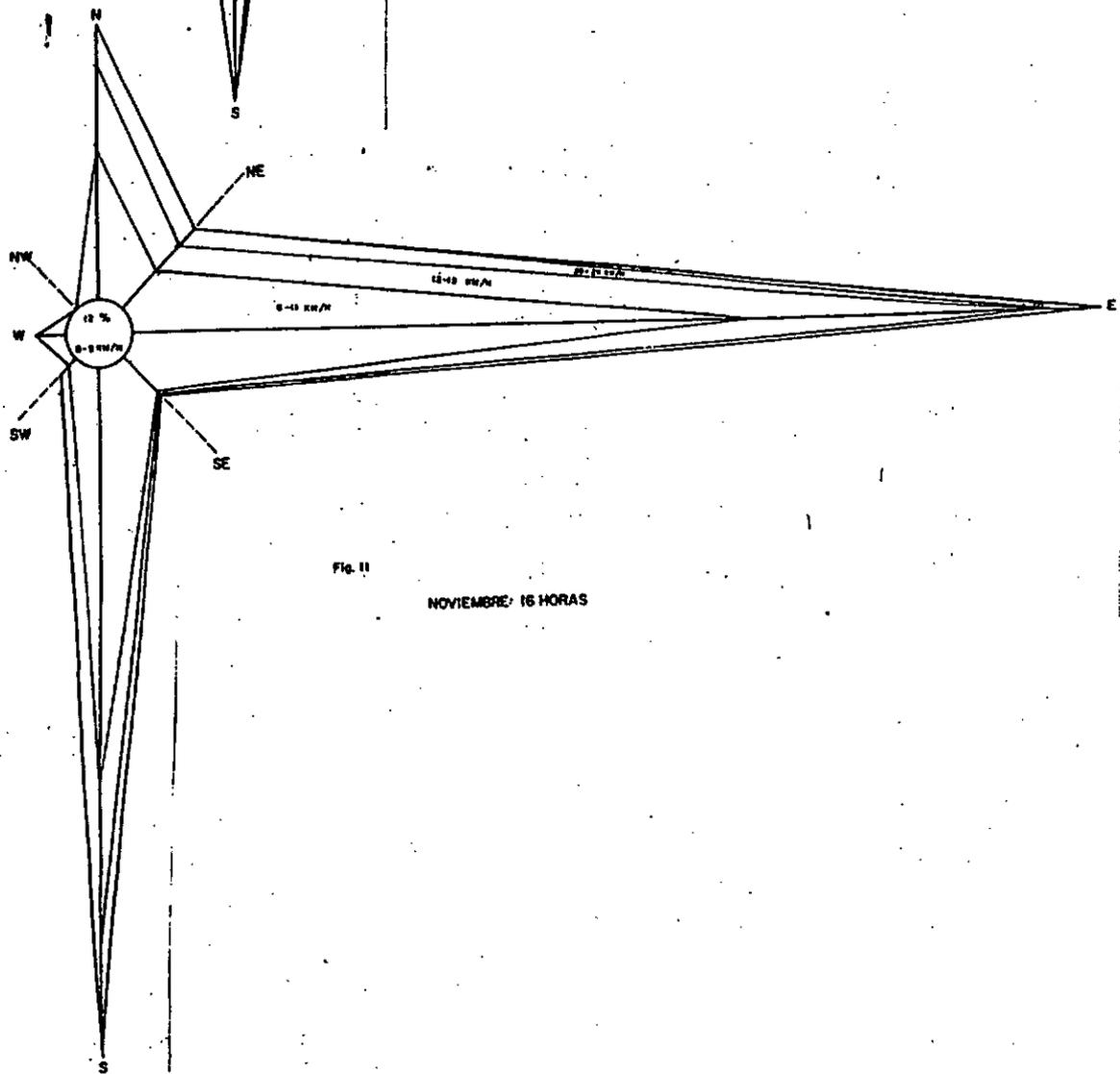


Fig. 11
NOVIEMBRE: 16 HORAS

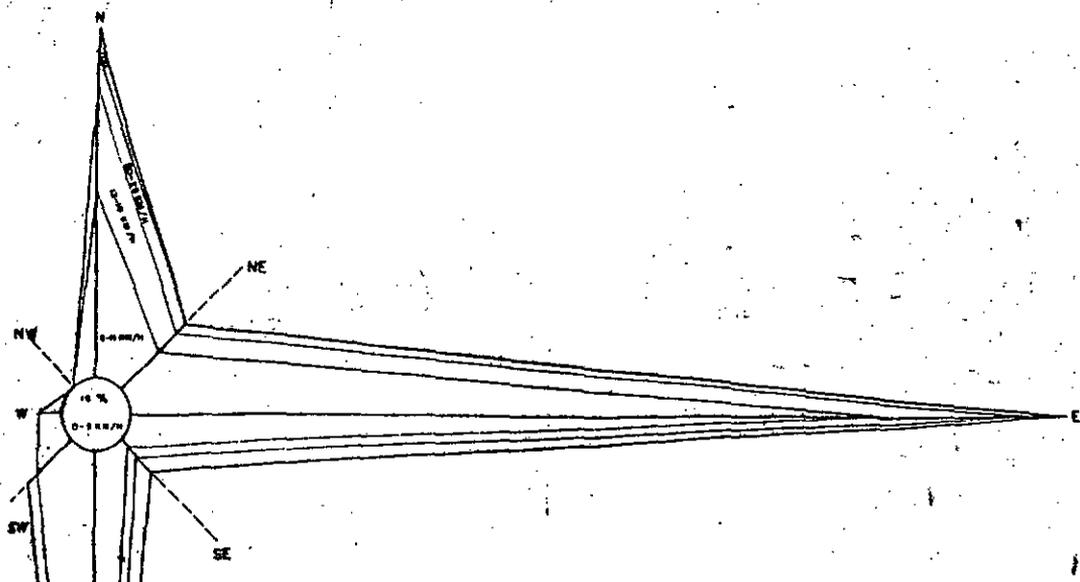


Fig. 12

NOVIEMBRE: 17 HORAS

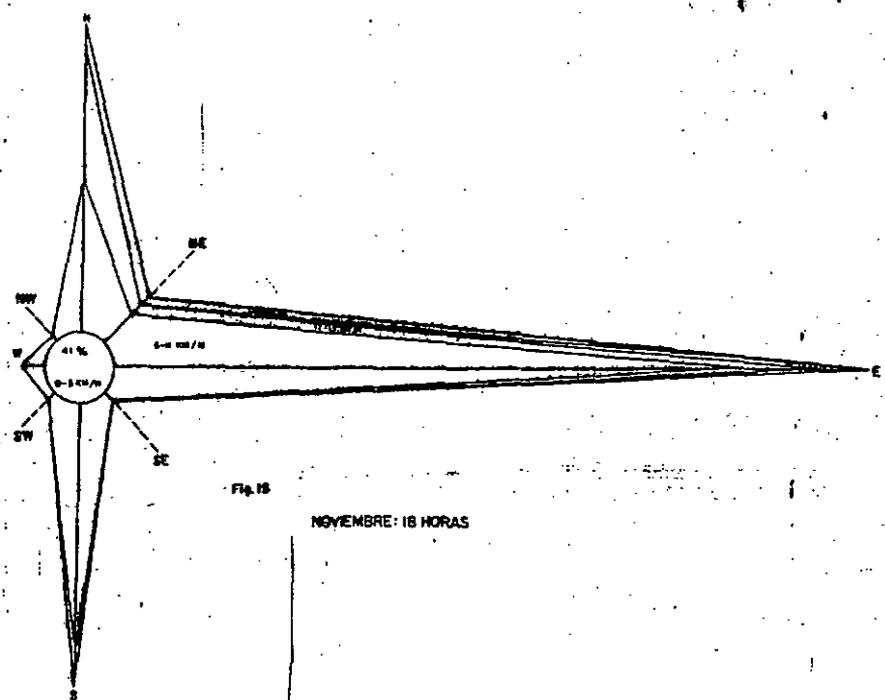


Fig. 13

NOVIEMBRE: 18 HORAS

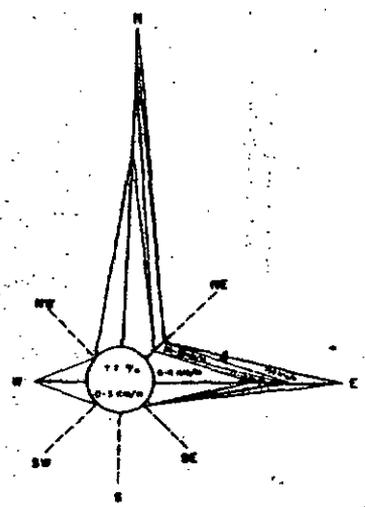


Fig. 14

DICIEMBRE: 6 HORAS

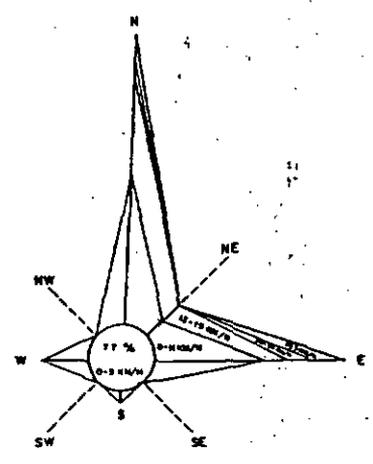


Fig. 15

DICIEMBRE: 7 HORAS

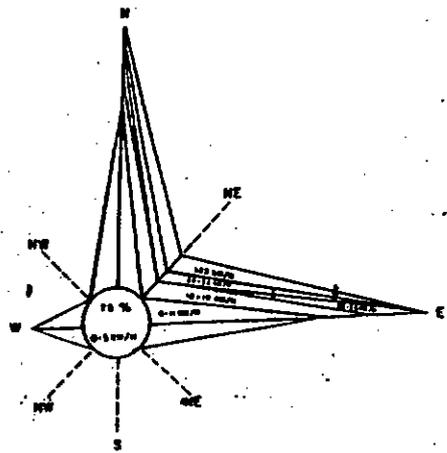


Fig. 16

DICIEMBRE: 8 HORAS

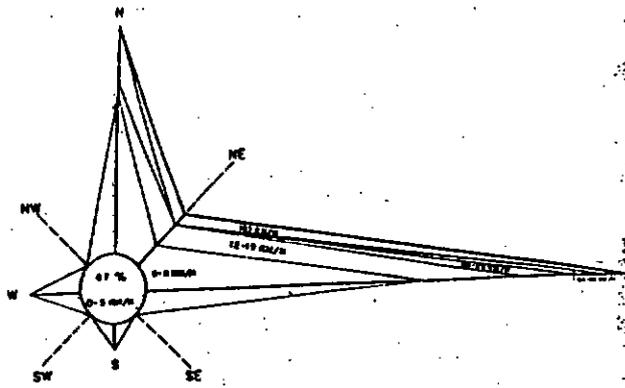


Fig. 17

DICIEMBRE: 9 HORAS

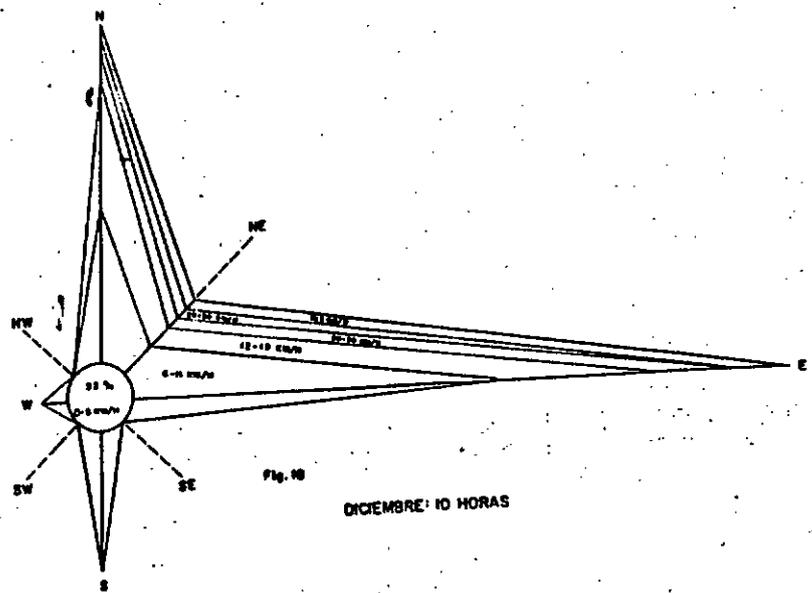


Fig. 18

DICIEMBRE: 10 HORAS

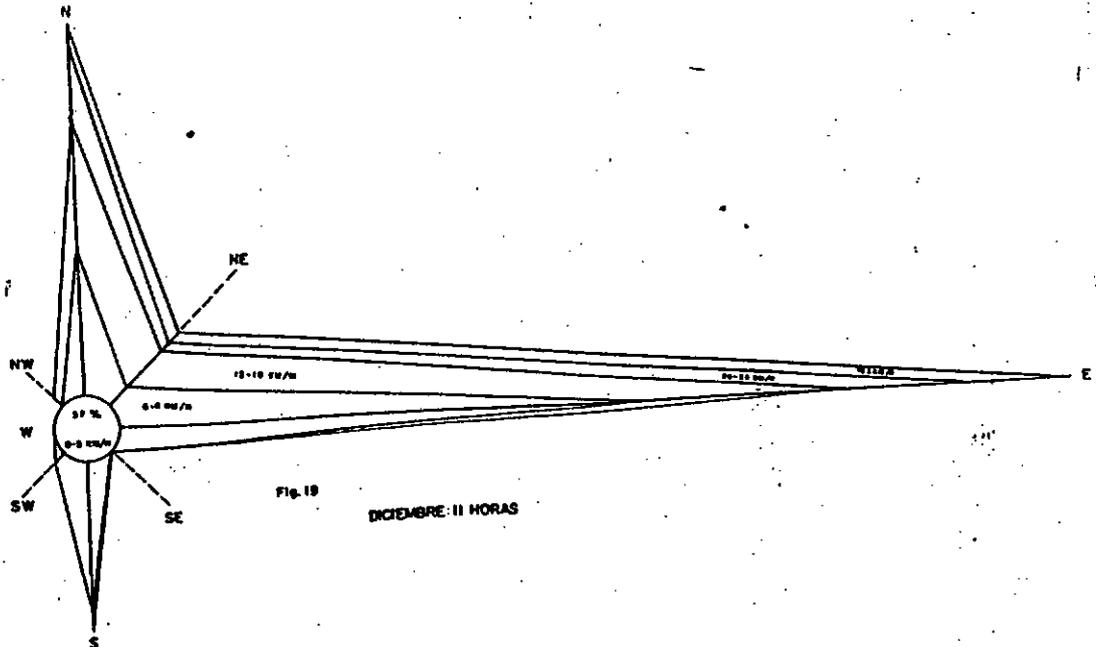


Fig. 19

DICIEMBRE: 11 HORAS

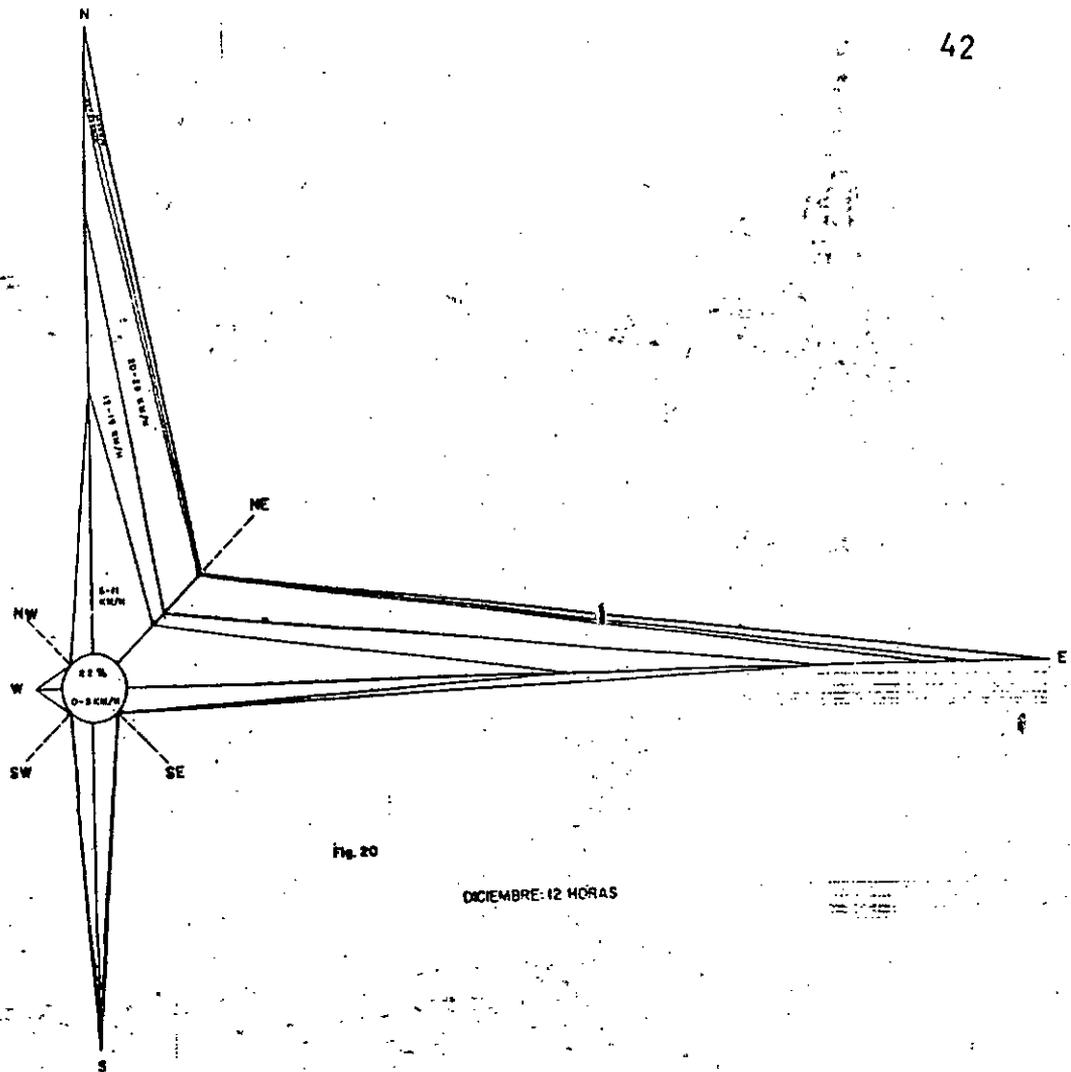


Fig. 20

DICIEMBRE: 12 HORAS

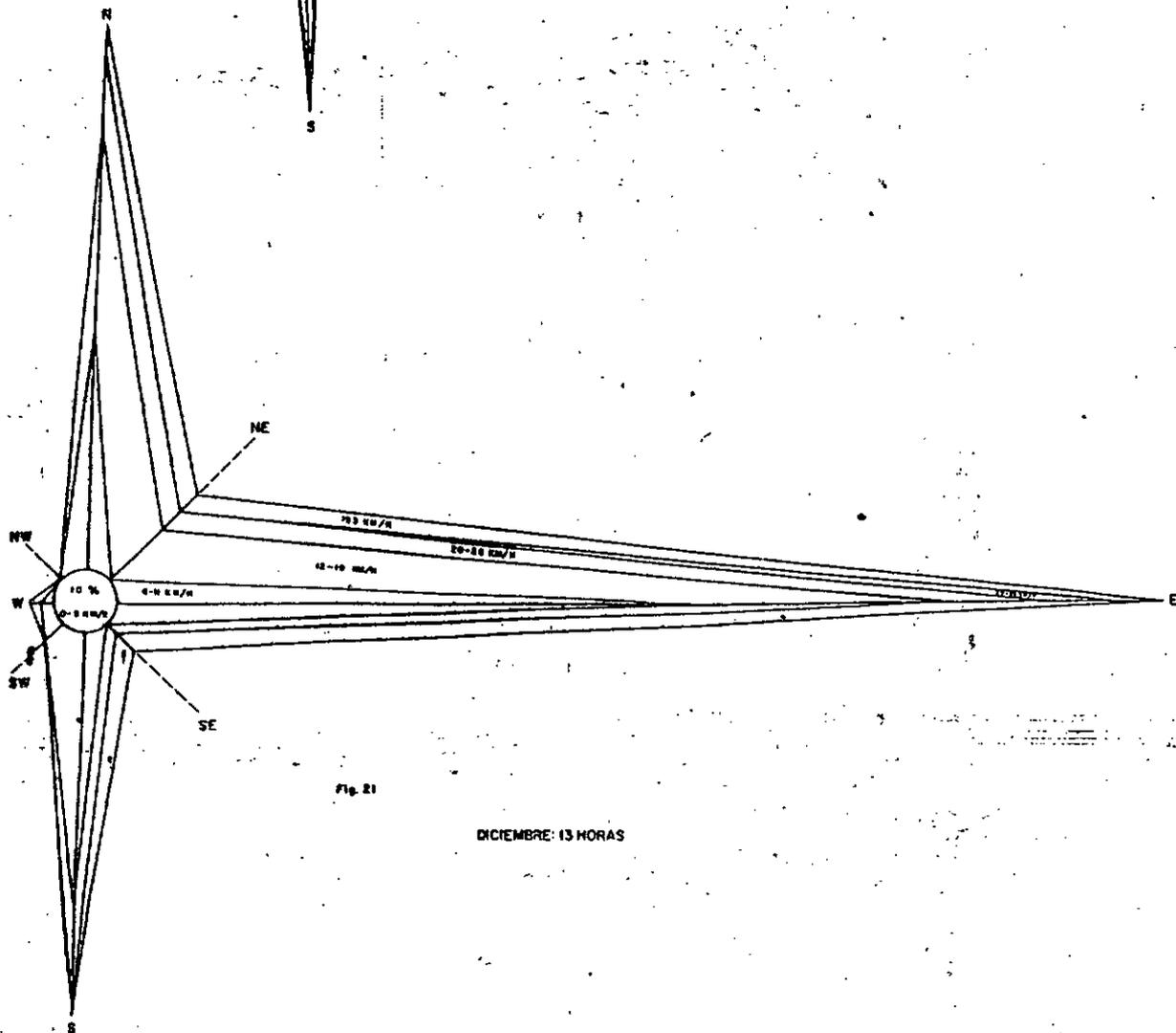


Fig. 21

DICIEMBRE: 13 HORAS

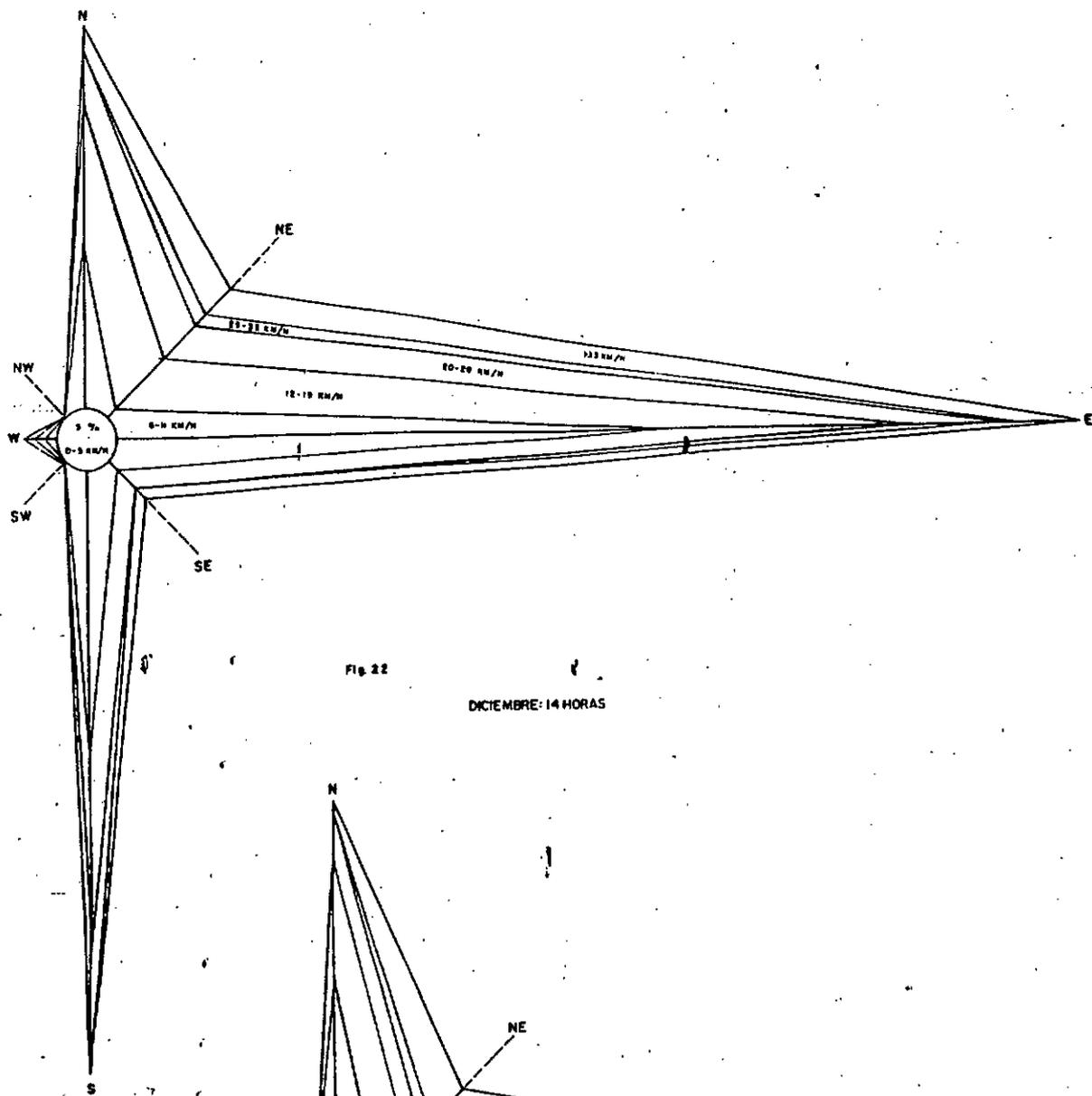


Fig. 22

DICIEMBRE: 14 HORAS

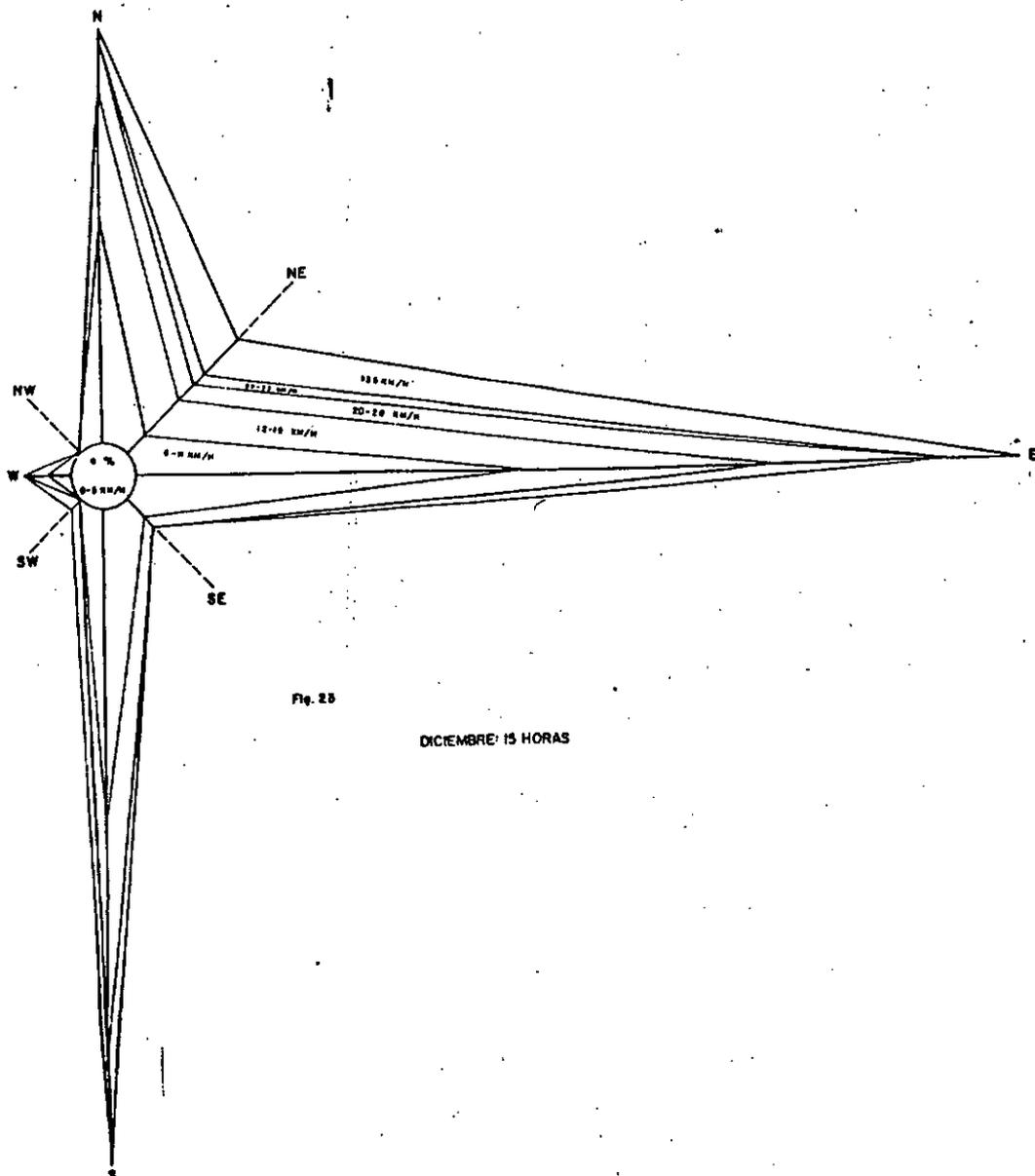
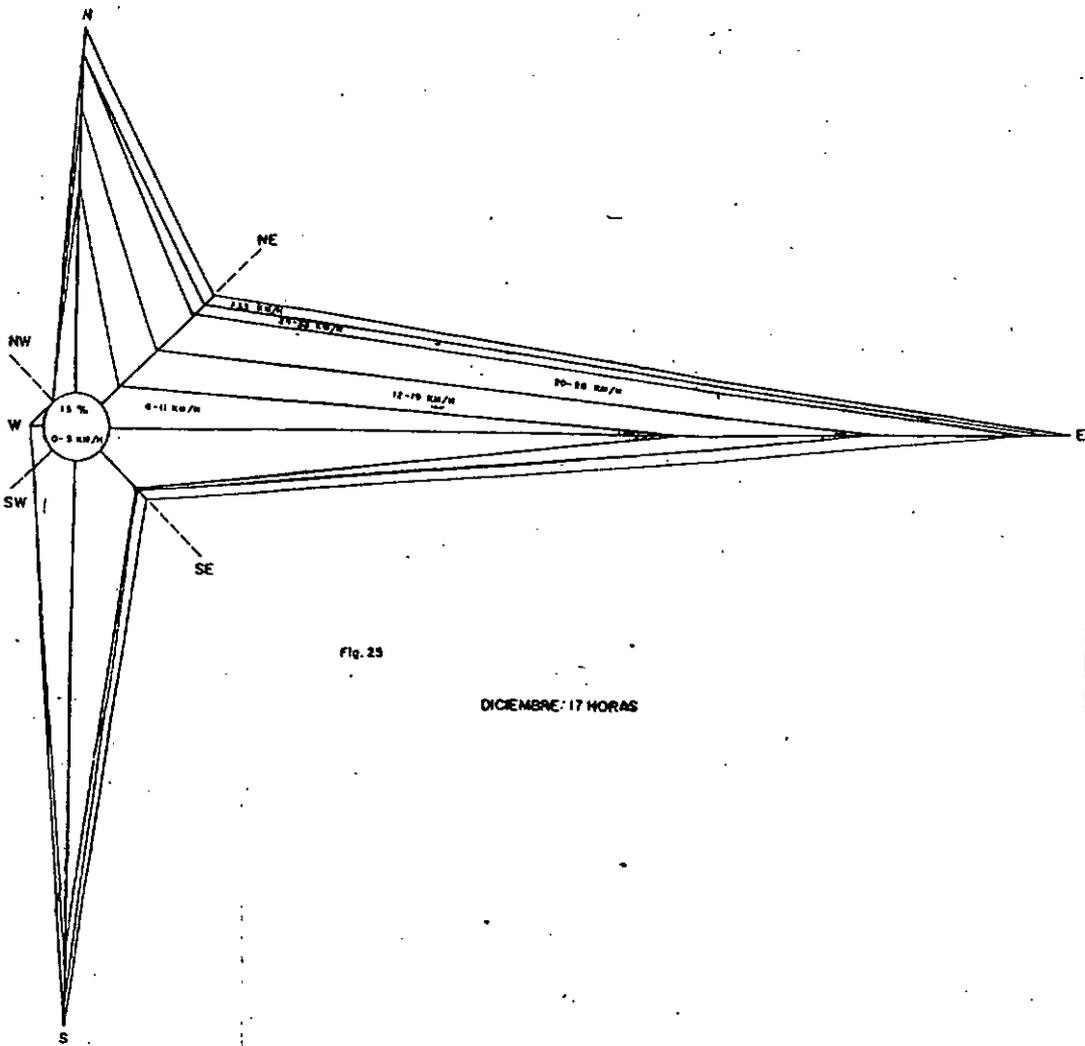
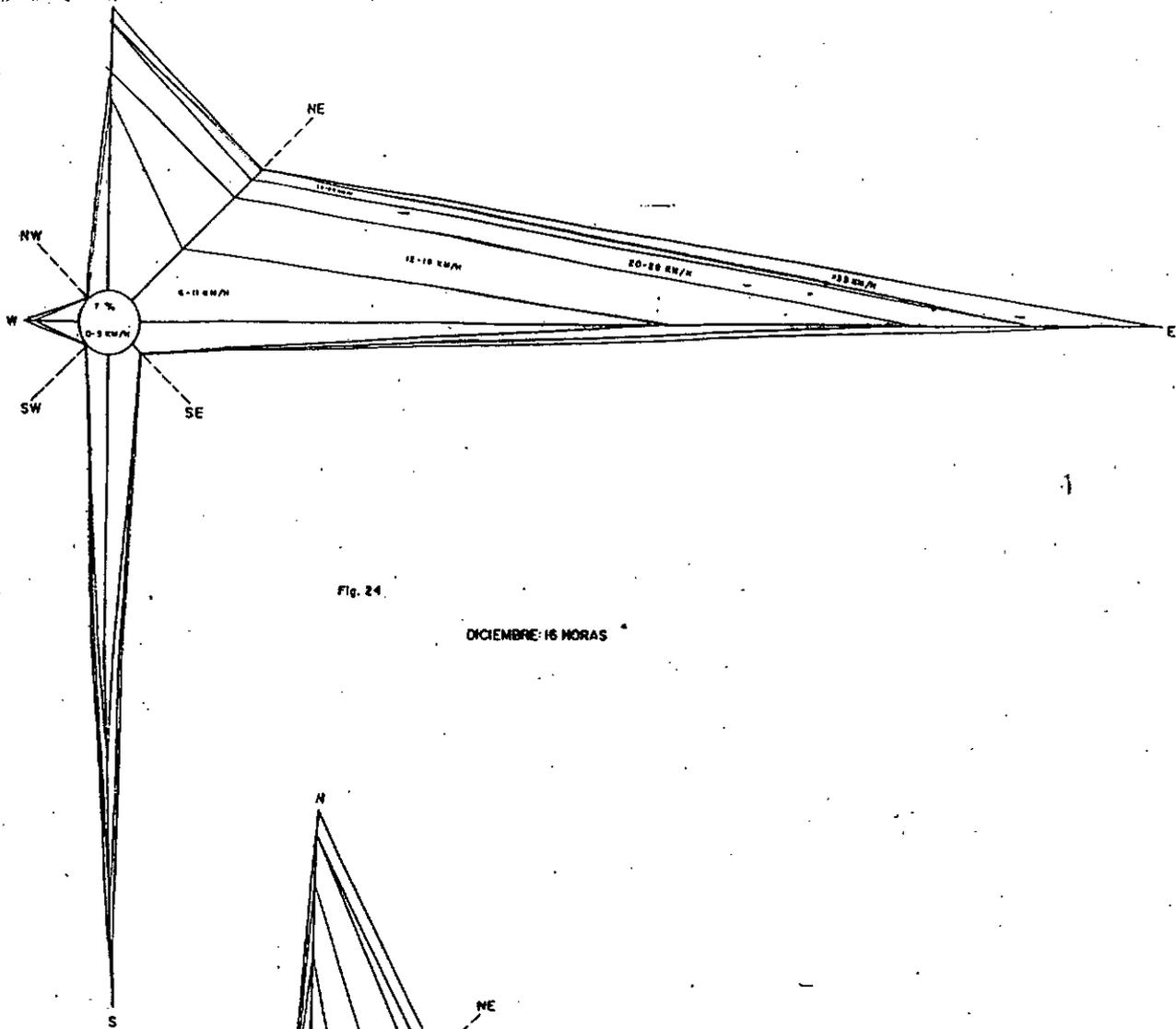


Fig. 23

DICIEMBRE: 15 HORAS



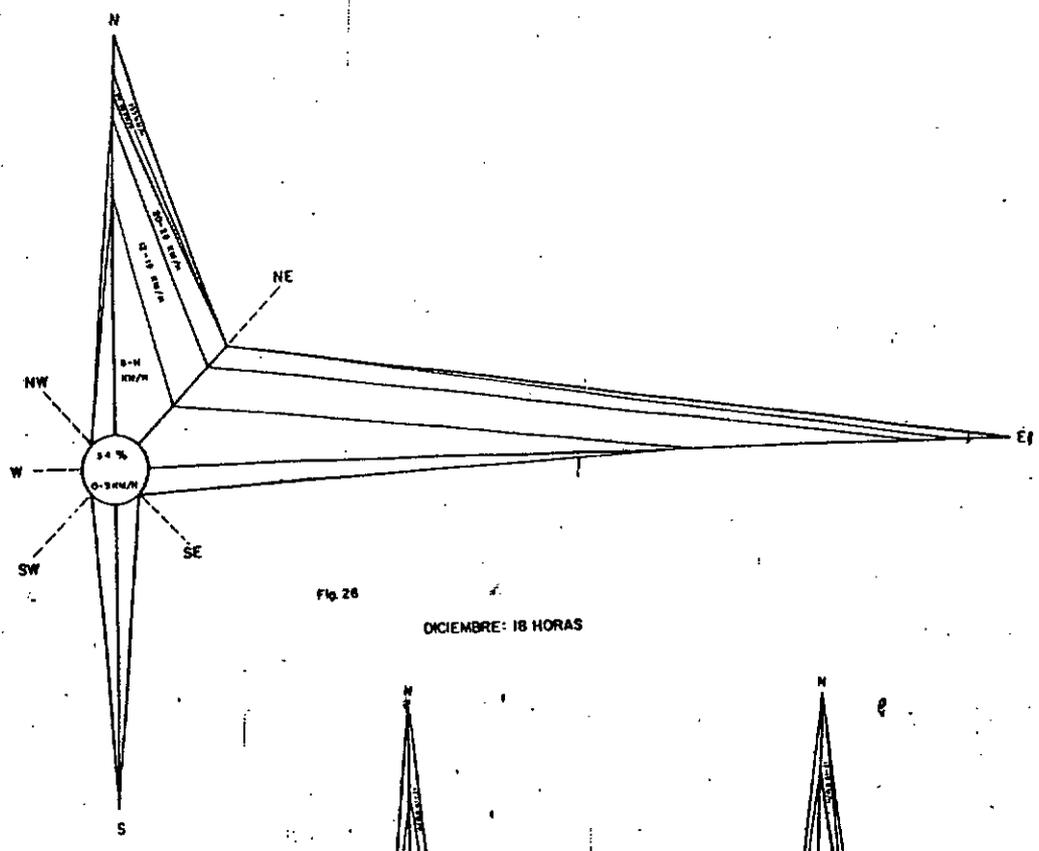


Fig. 26
DICIEMBRE: 18 HORAS

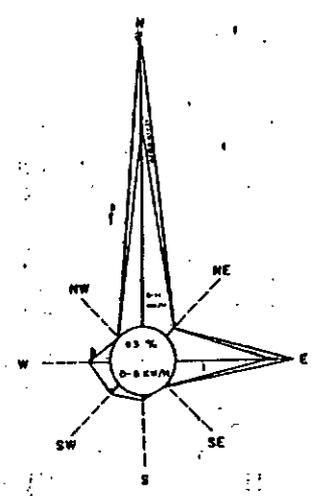


Fig. 27
ENERO: 6 HORAS

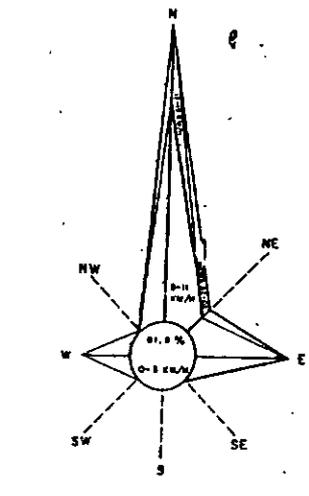


Fig. 28
ENERO: 7 HORAS

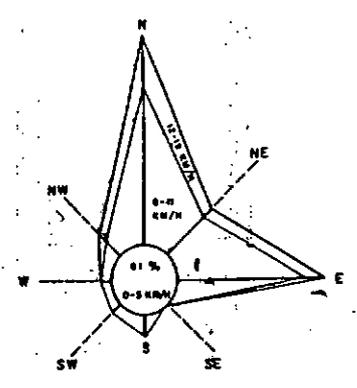


Fig. 29
ENERO: 8 HORAS

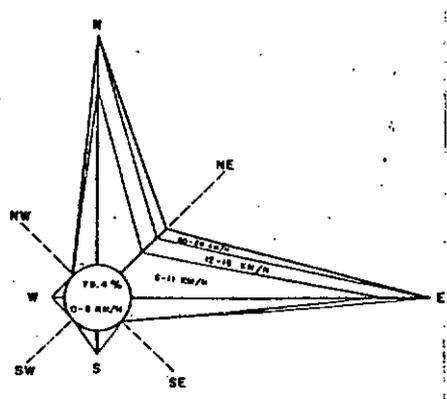


Fig. 30
ENERO: 9 HORAS

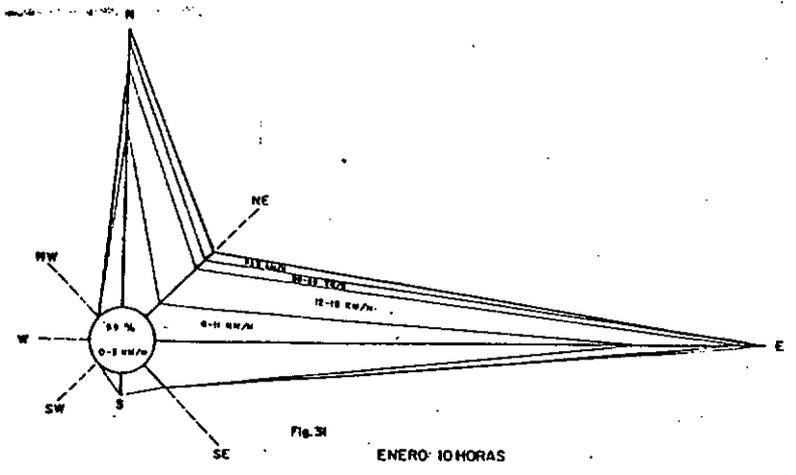
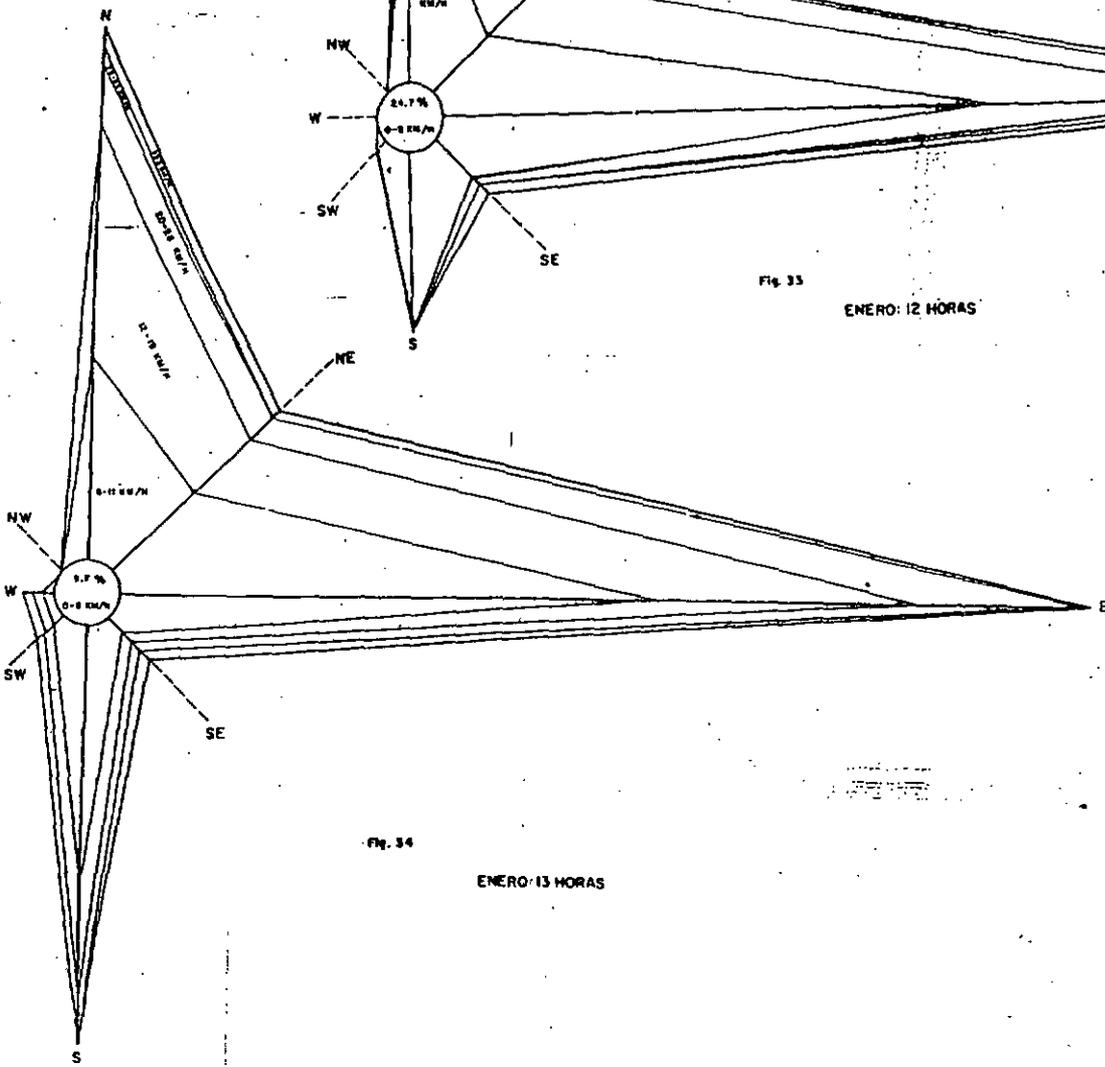
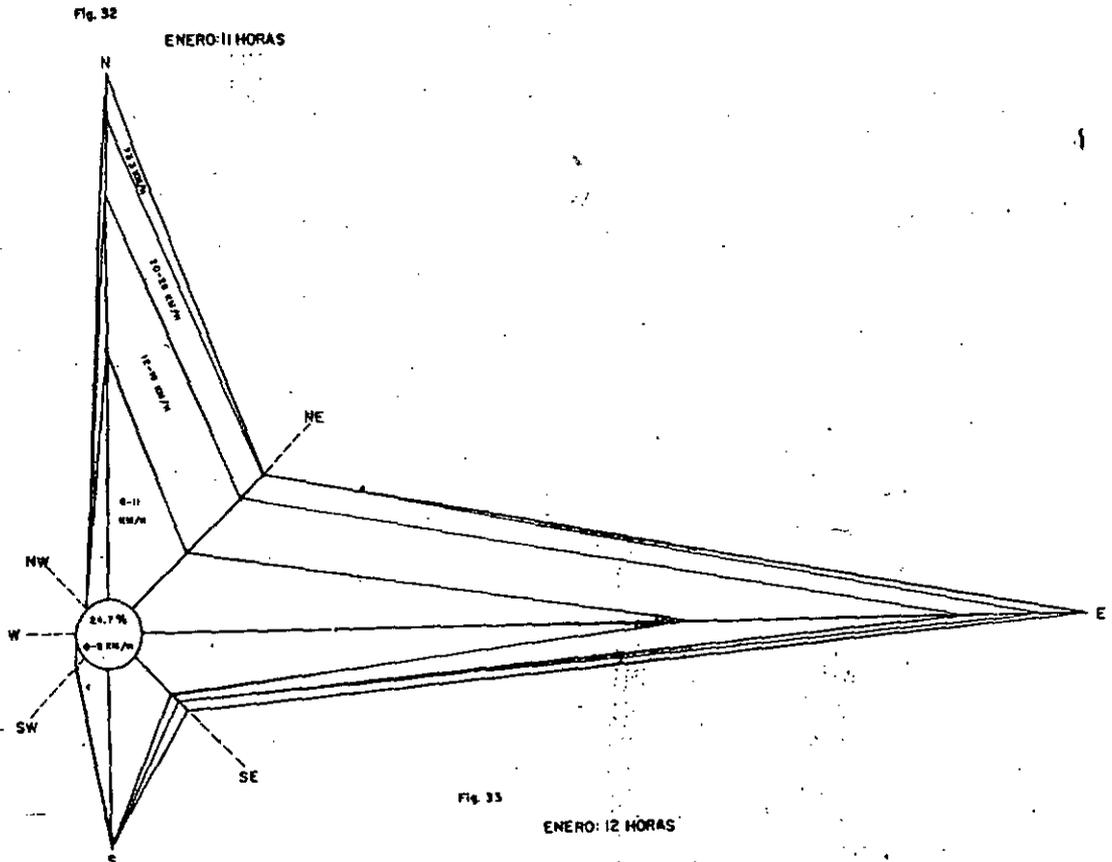
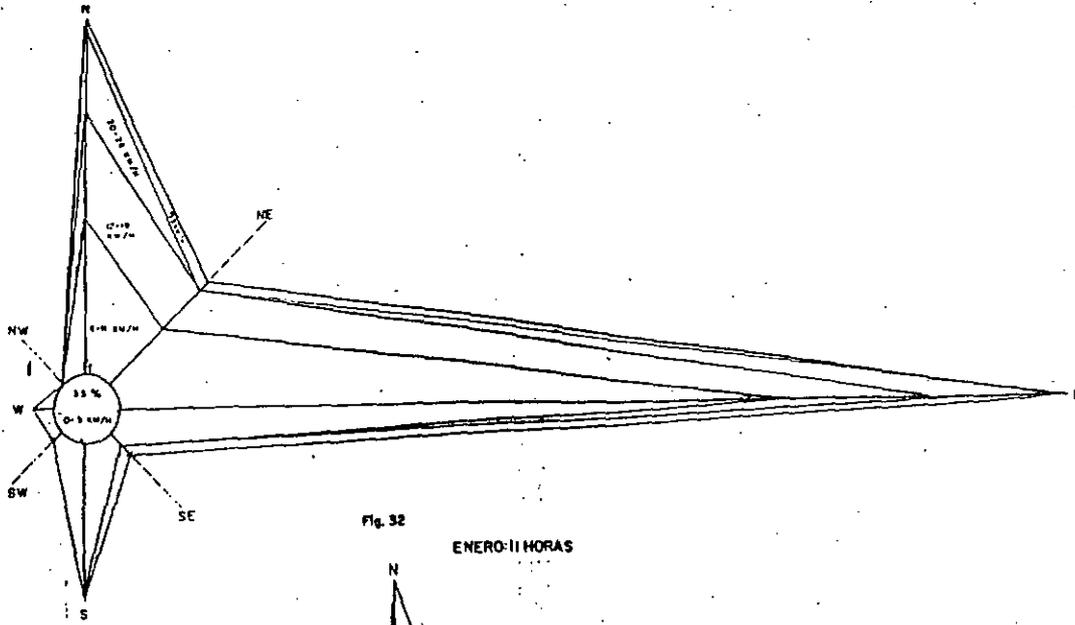


Fig. 31
ENERO: 10 HORAS



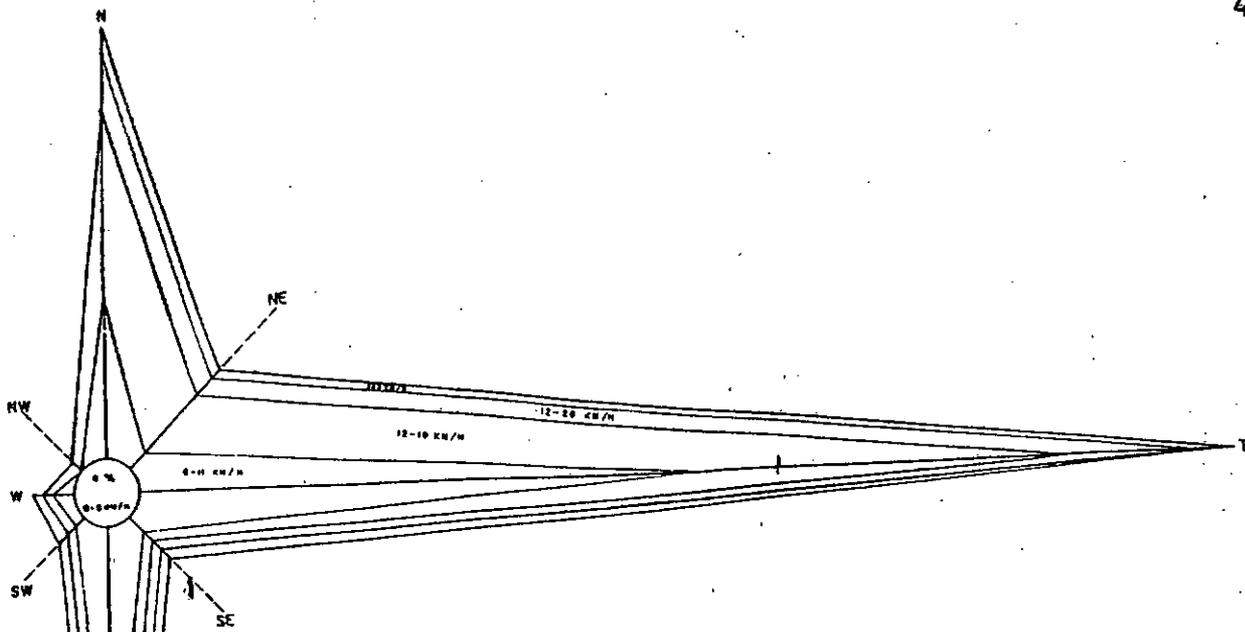


Fig. 35

ENERO: 14 HORAS

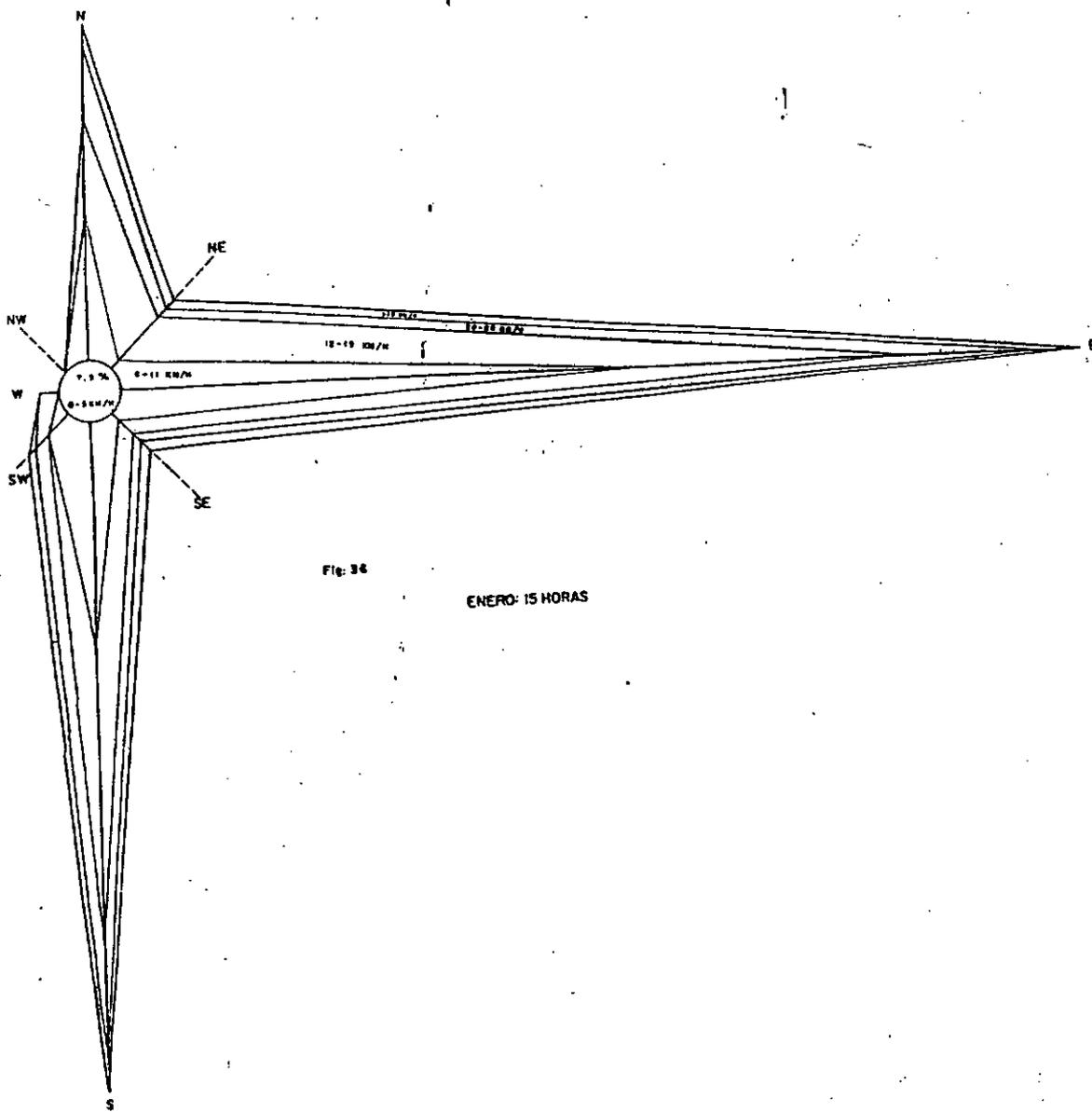


Fig. 36

ENERO: 15 HORAS

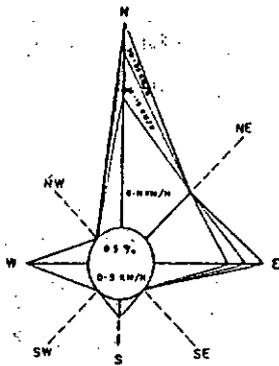


Fig. 40

FEBRERO: 6 HORAS

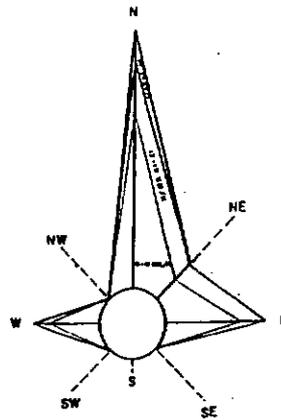


Fig. 41

FEBRERO: 7 HORAS

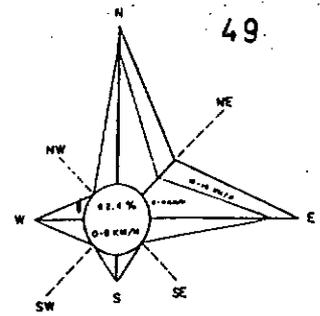


Fig. 42

FEBRERO: 8 HORAS

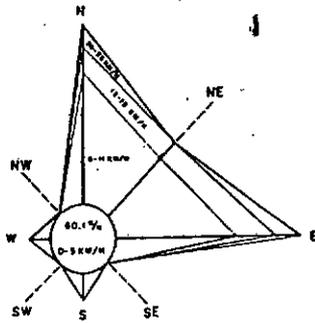


Fig. 43

FEBRERO: 9 HORAS

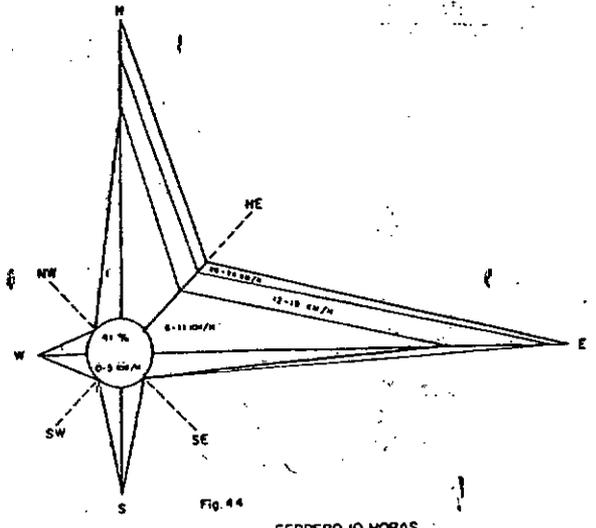


Fig. 44

FEBRERO 10 HORAS

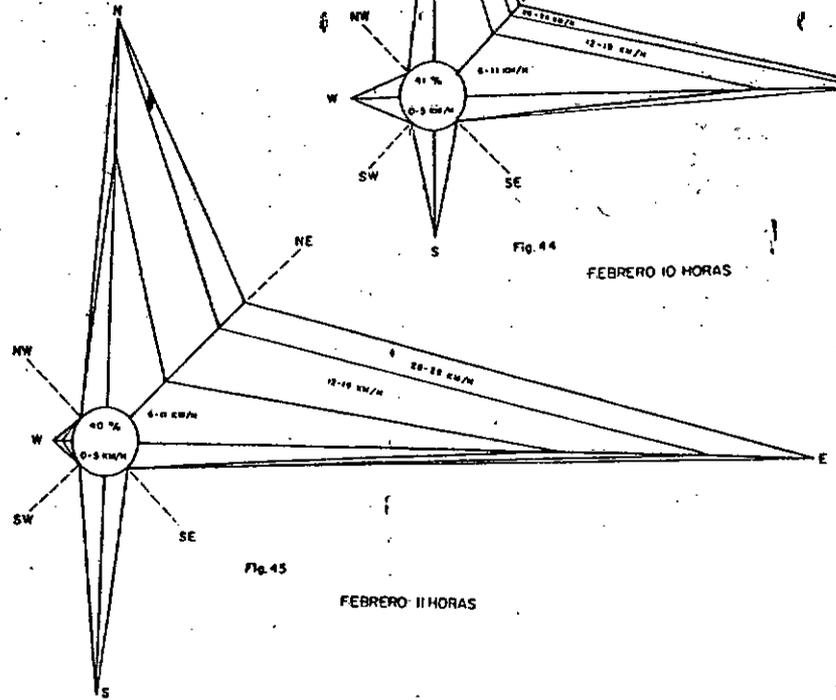


Fig. 45

FEBRERO 11 HORAS

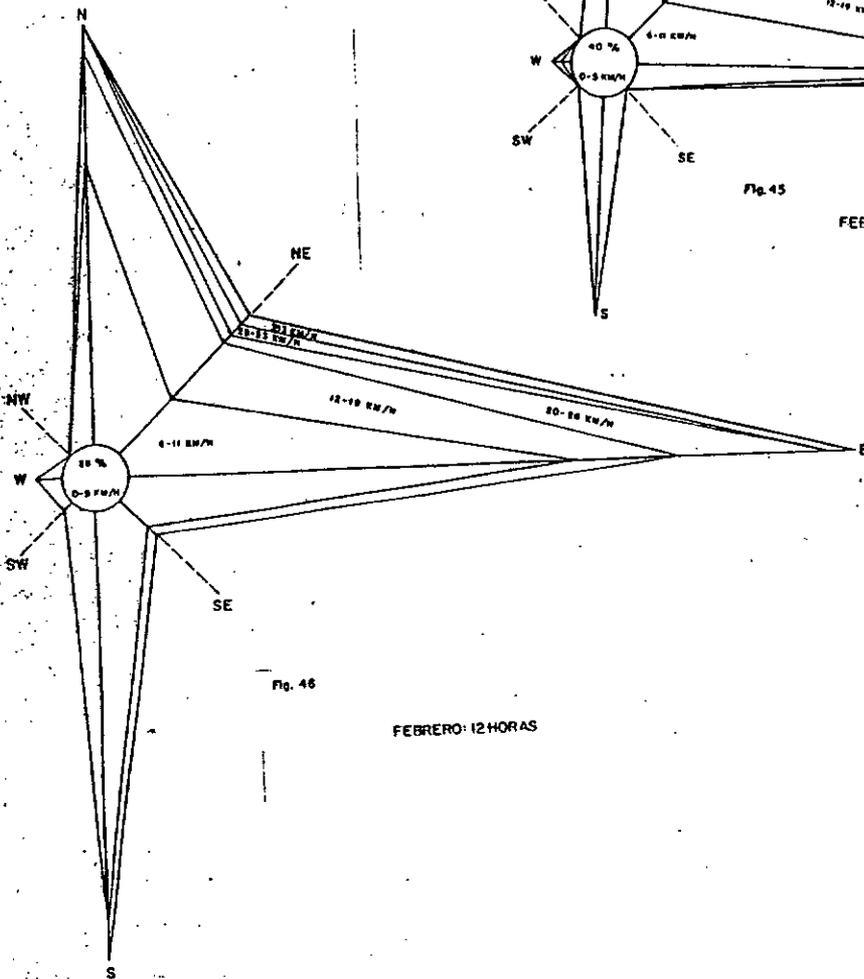


Fig. 46

FEBRERO: 12 HORAS

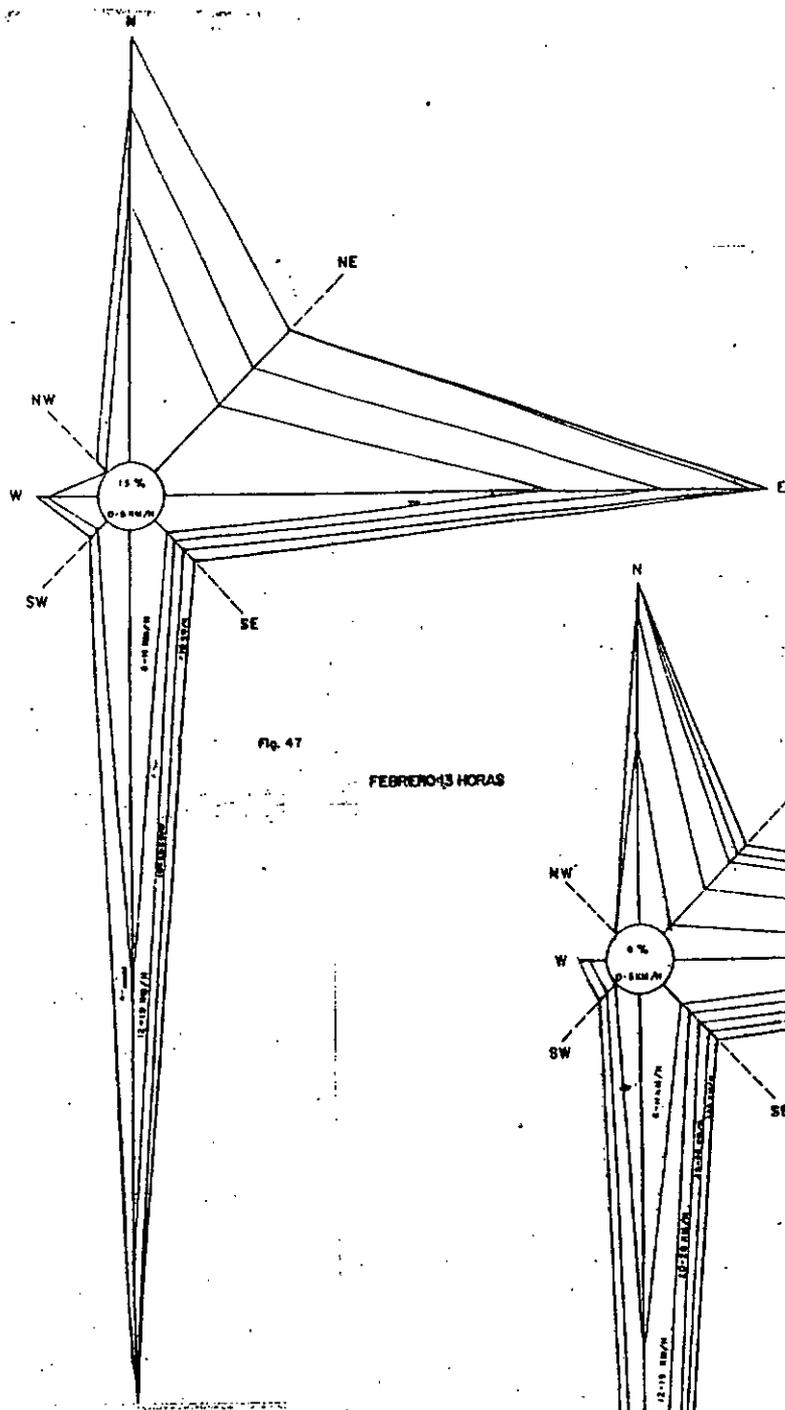


Fig. 47

FEBREIRO: 13 HORAS

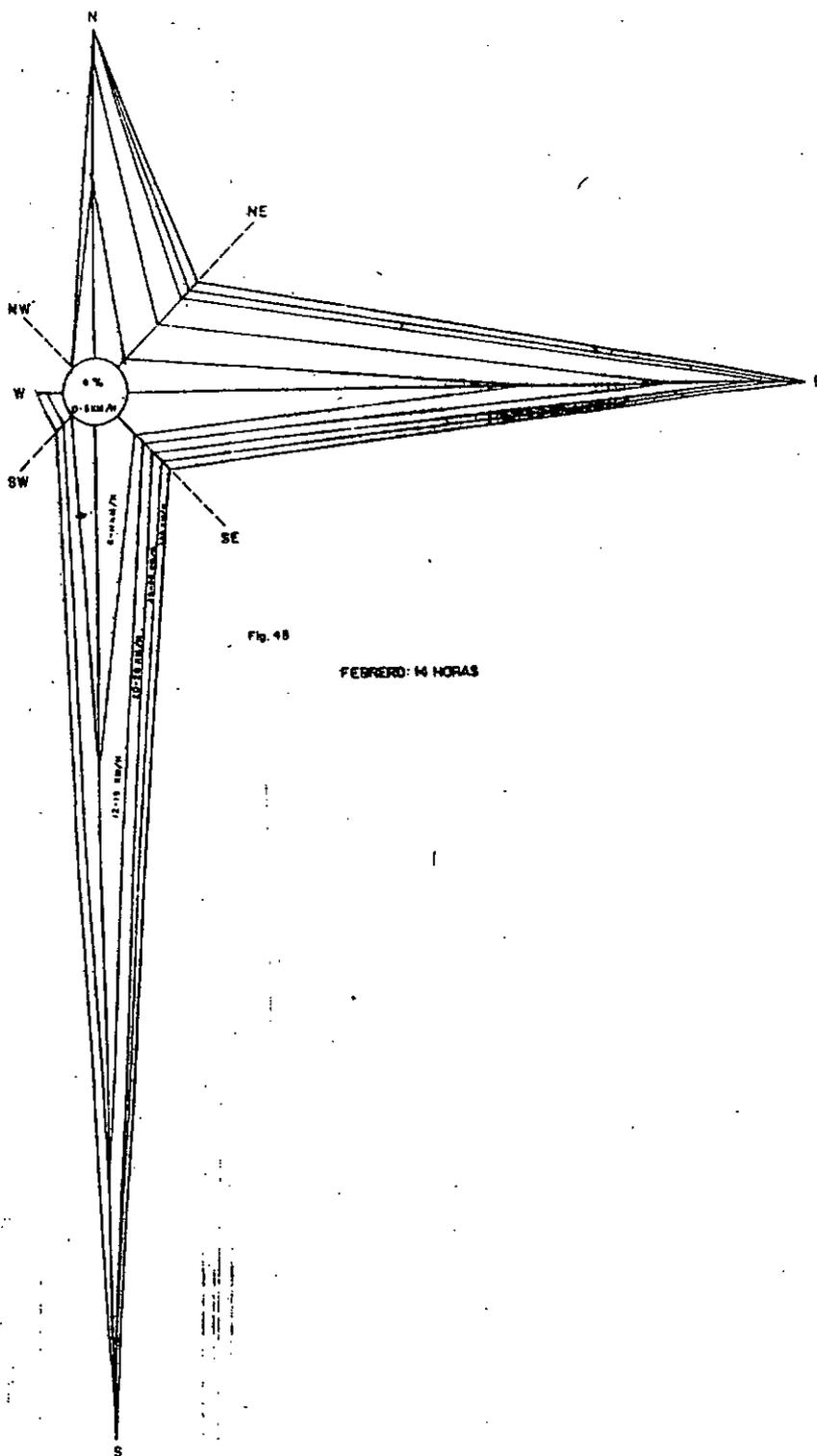
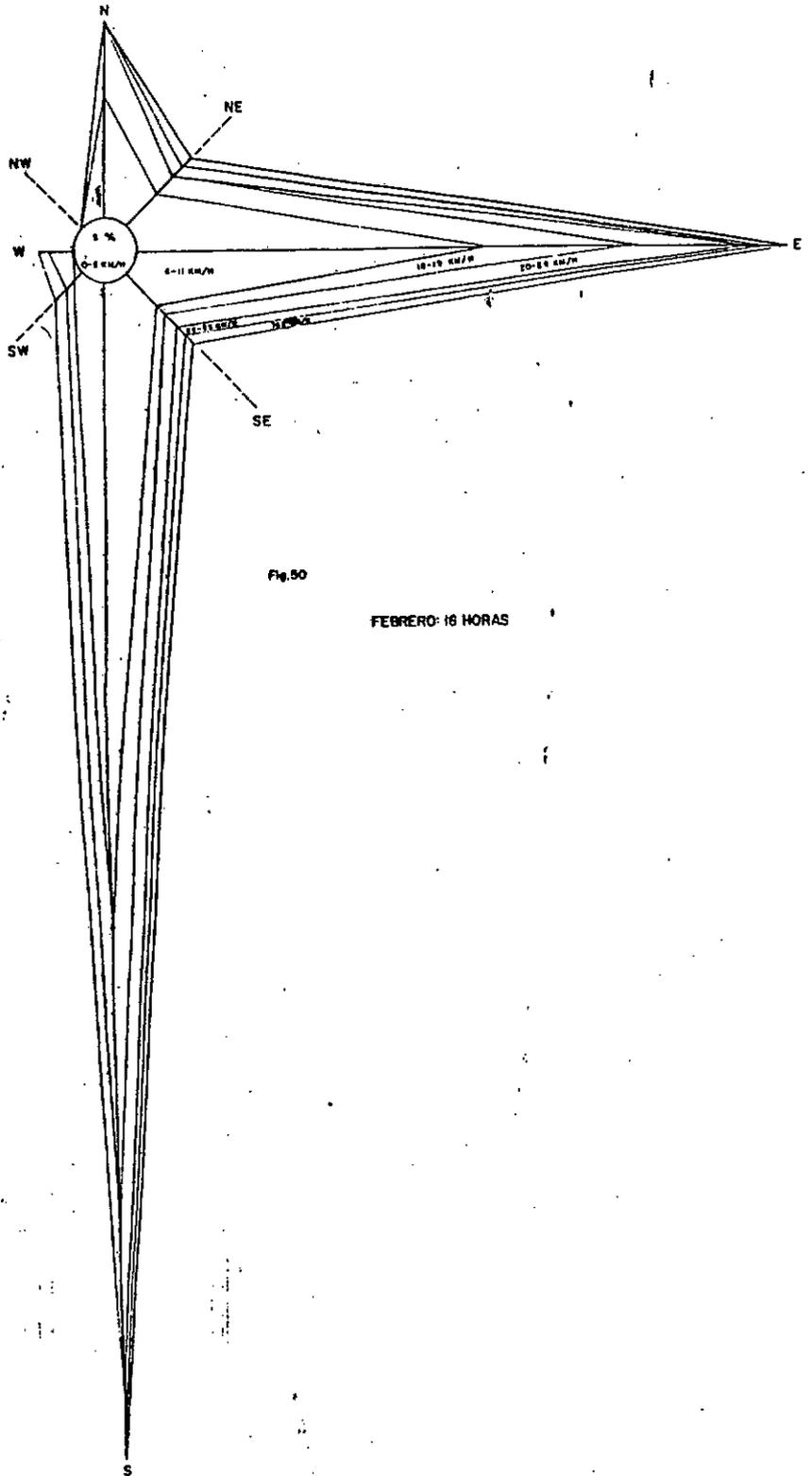
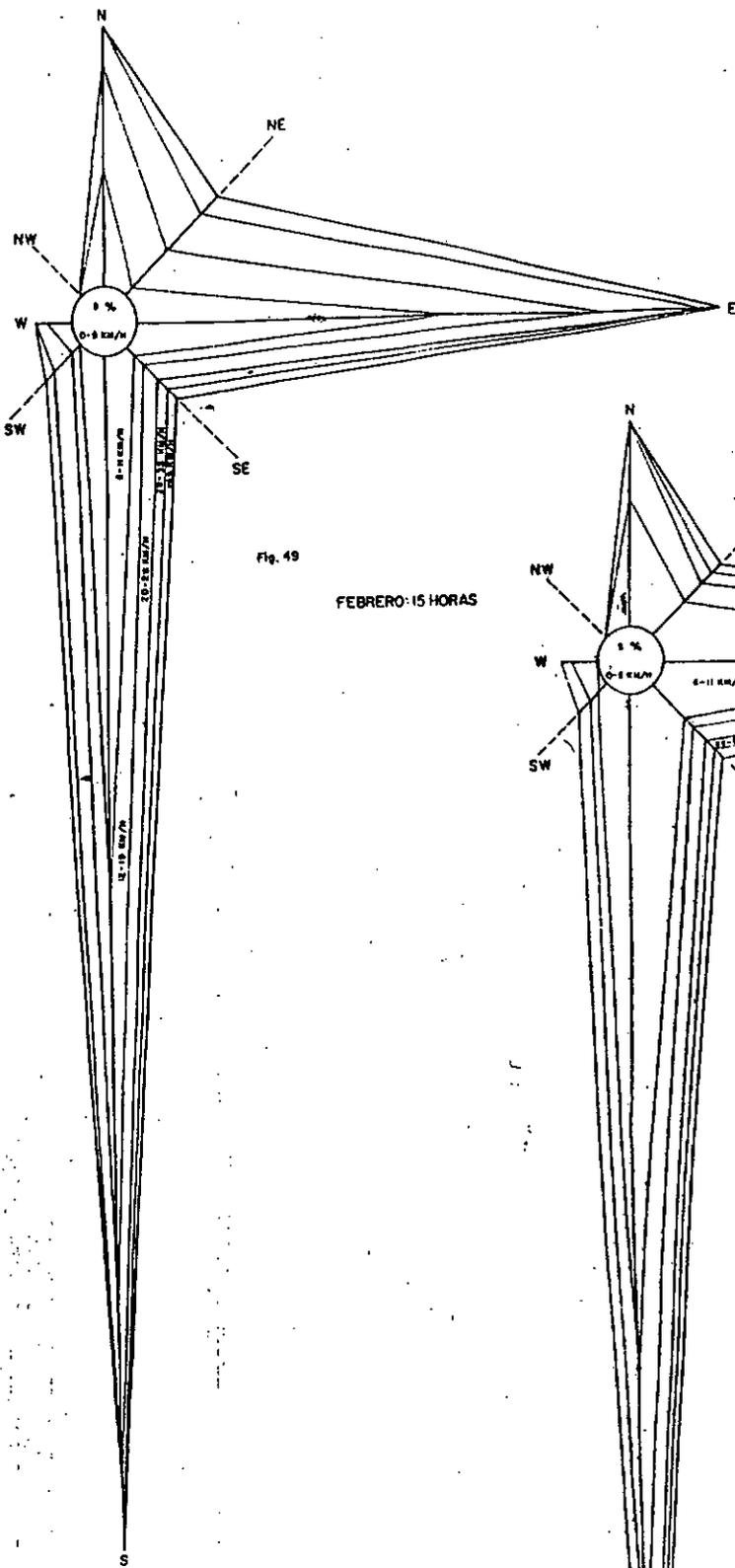


Fig. 48

FEBREIRO: 14 HORAS



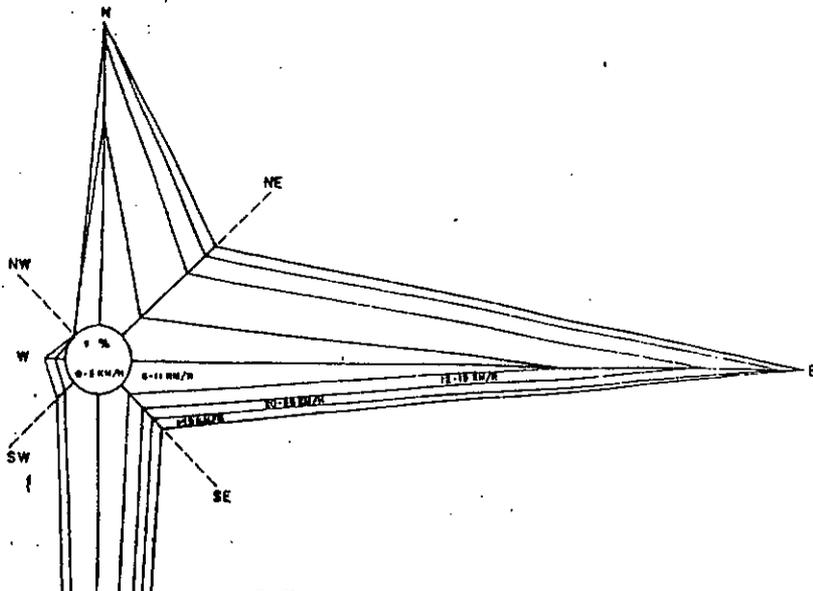


Fig. 81

FEBRERO: 17 HORAS

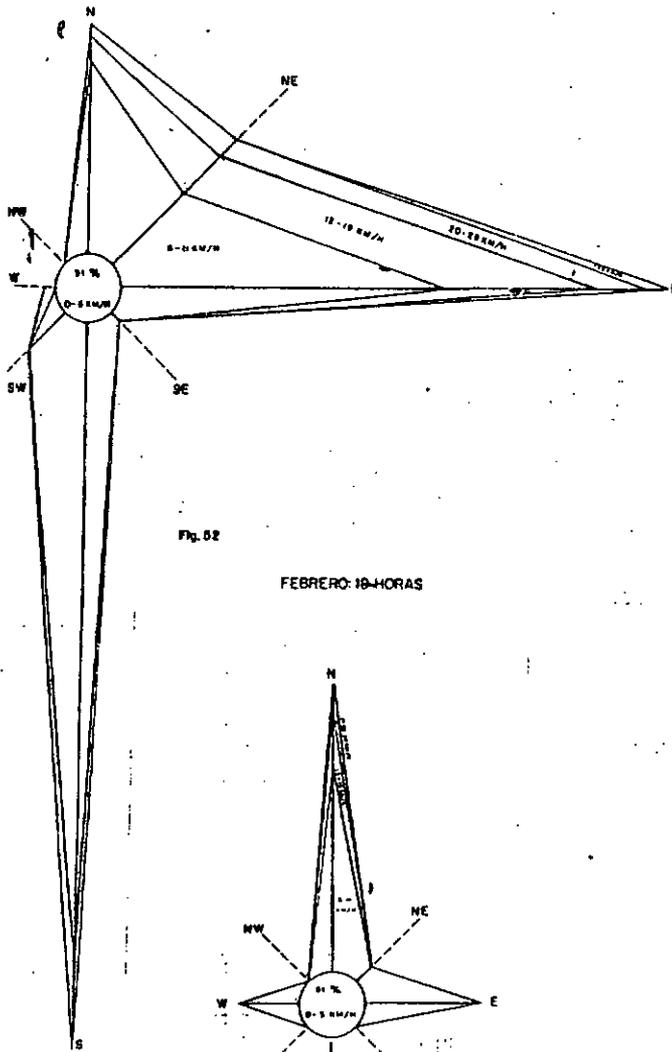


Fig. 82

FEBRERO: 18 HORAS

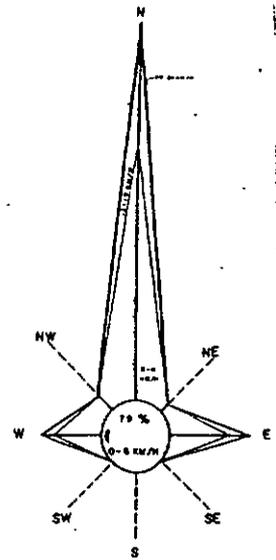


Fig. 53

MARZO: 6 HORAS

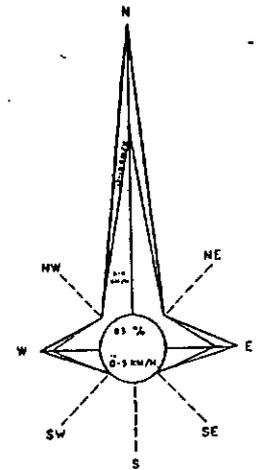


Fig. 54

MARZO: 7 HORAS

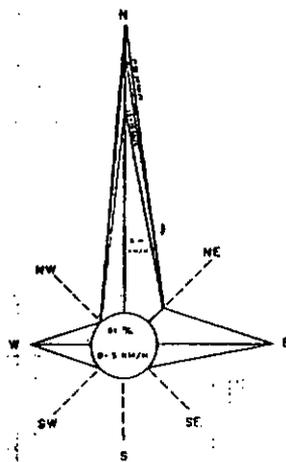


Fig. 55

MARZO: 8 HORAS

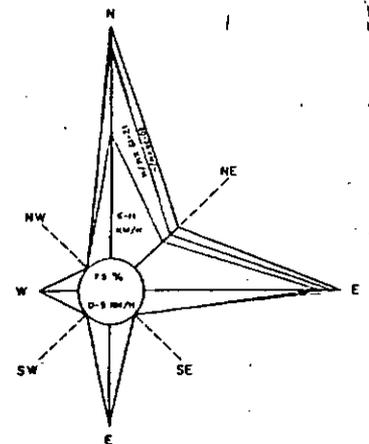
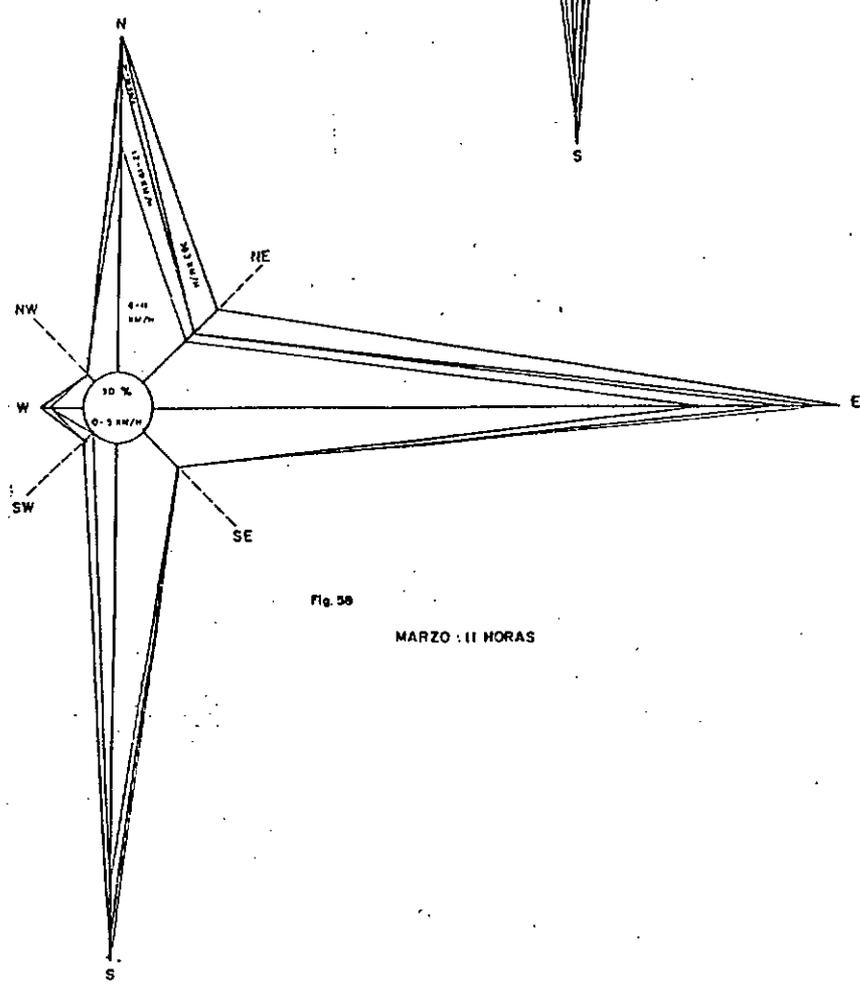
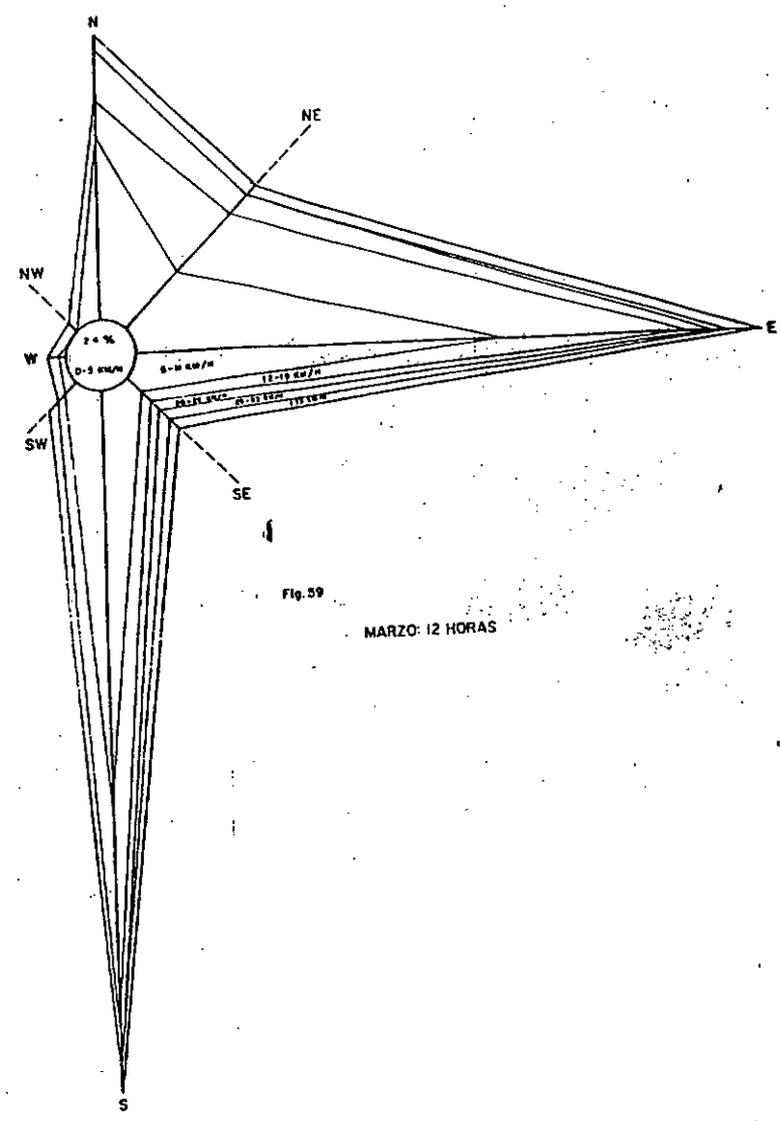
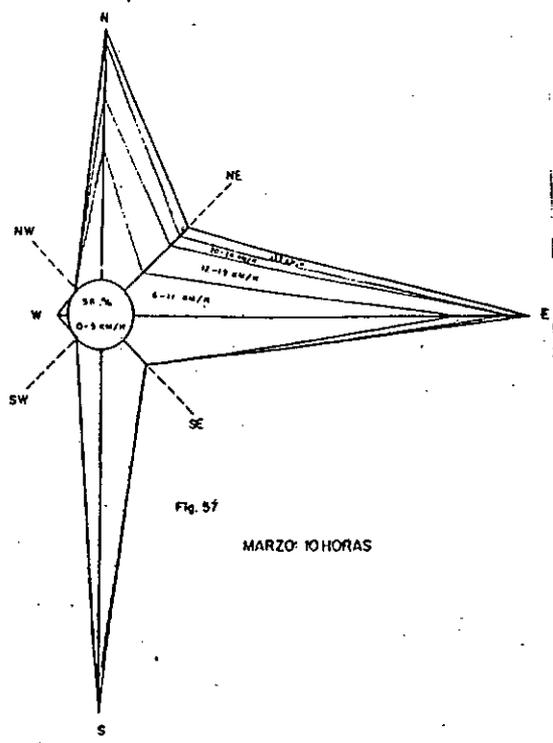


Fig. 56

MARZO: 9 HORAS



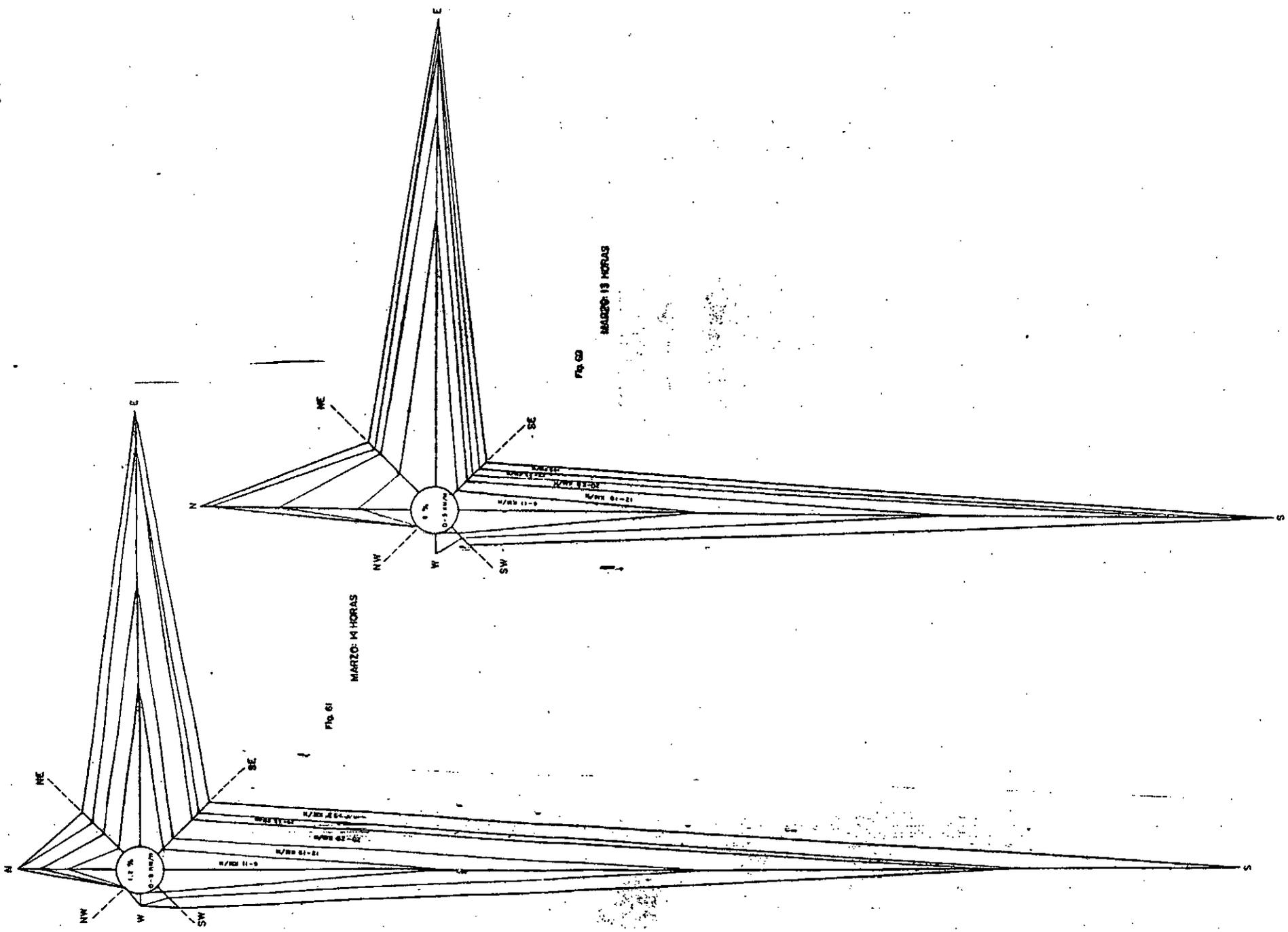


Fig. 61

MARZO: 14 HORAS

Fig. 62

MAYO: 13 HORAS

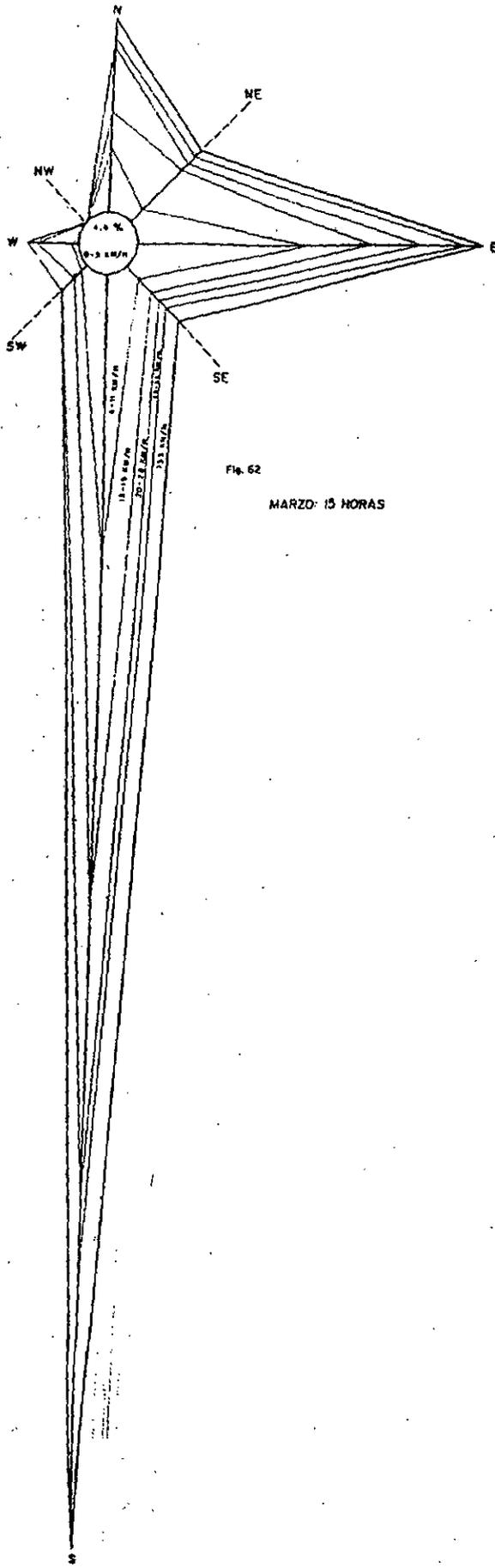


Fig. 62

MARZO: 15 HORAS

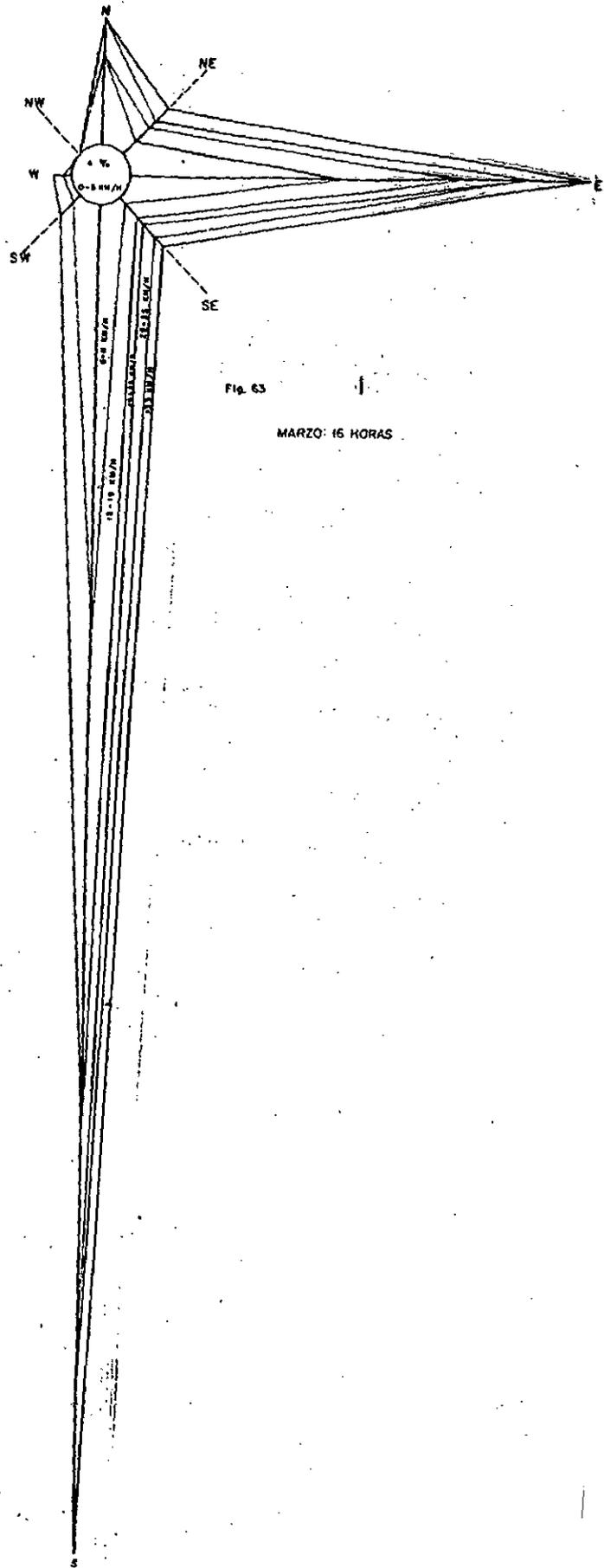


Fig. 63

MARZO: 16 HORAS

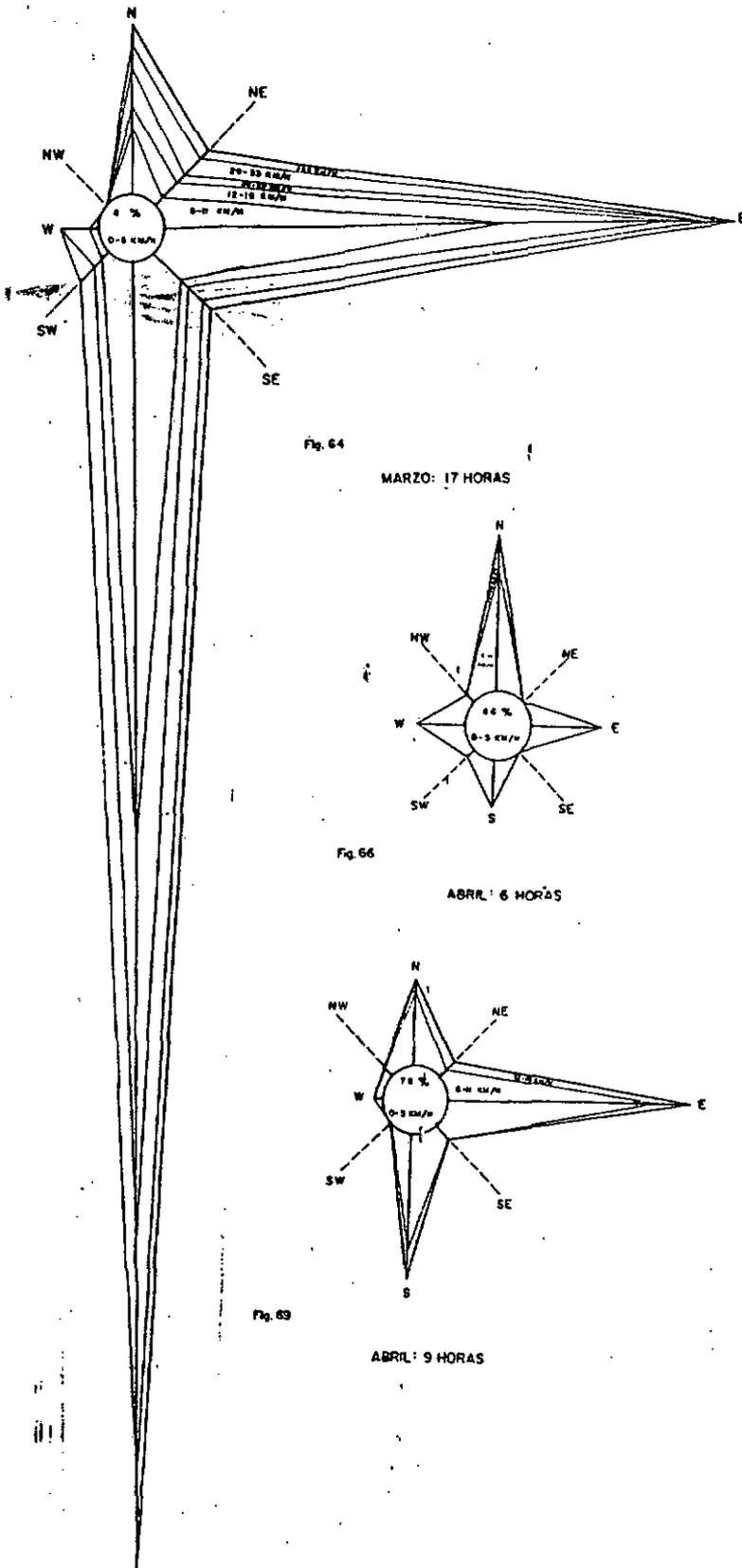


Fig. 64

MARZO: 17 HORAS

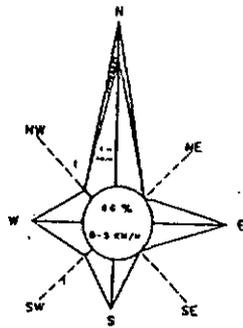


Fig. 66

ABRIL: 6 HORAS

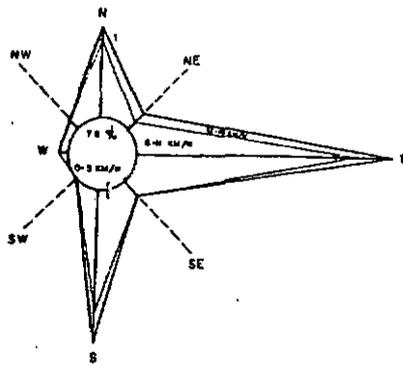


Fig. 69

ABRIL: 9 HORAS

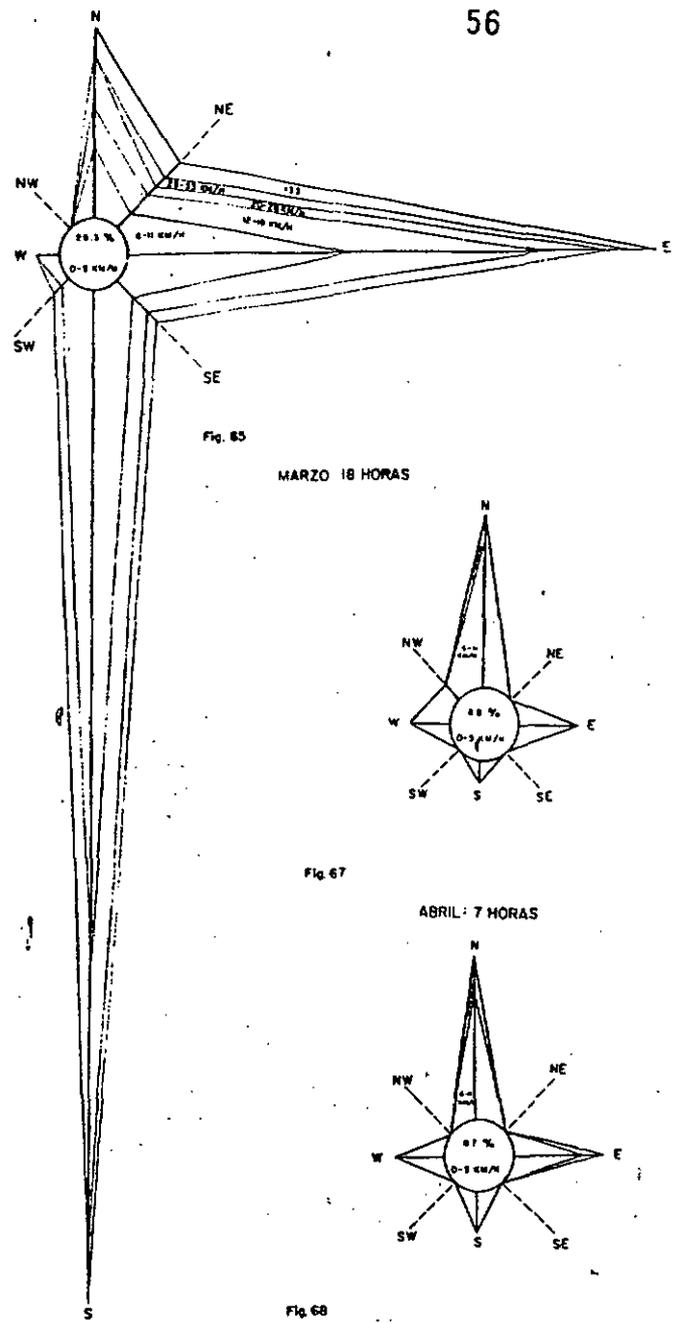


Fig. 65

MARZO 18 HORAS

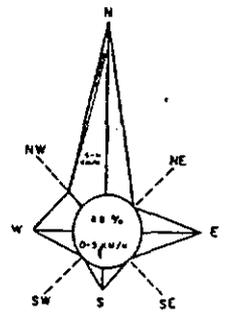


Fig. 67

ABRIL: 7 HORAS

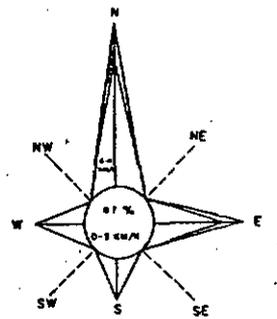


Fig. 68

ABRIL: 8 HORAS

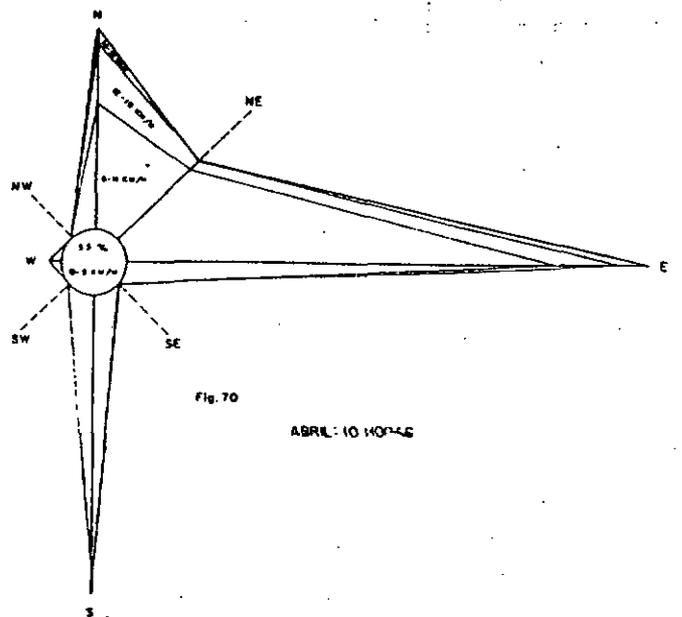


Fig. 70

ABRIL: 10 HORAS

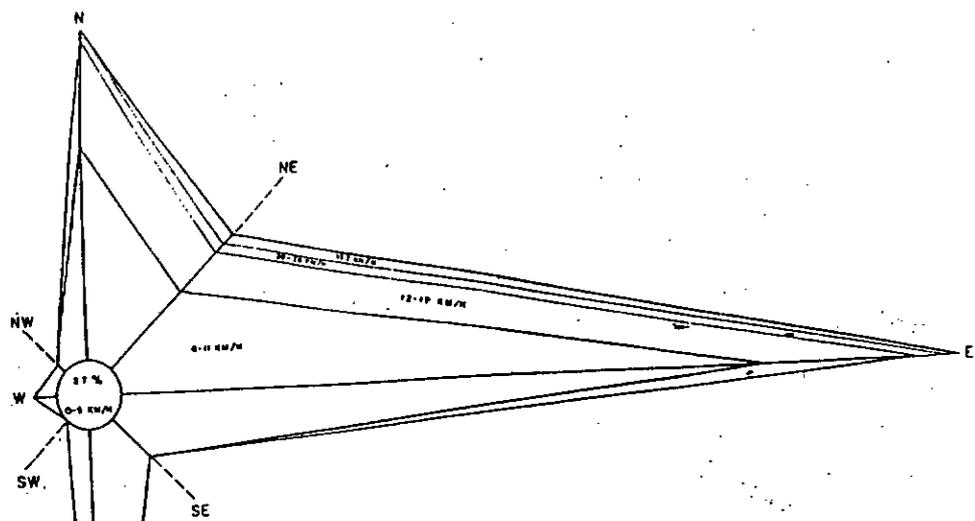


Fig. 21

ABRIL: 11 HORAS

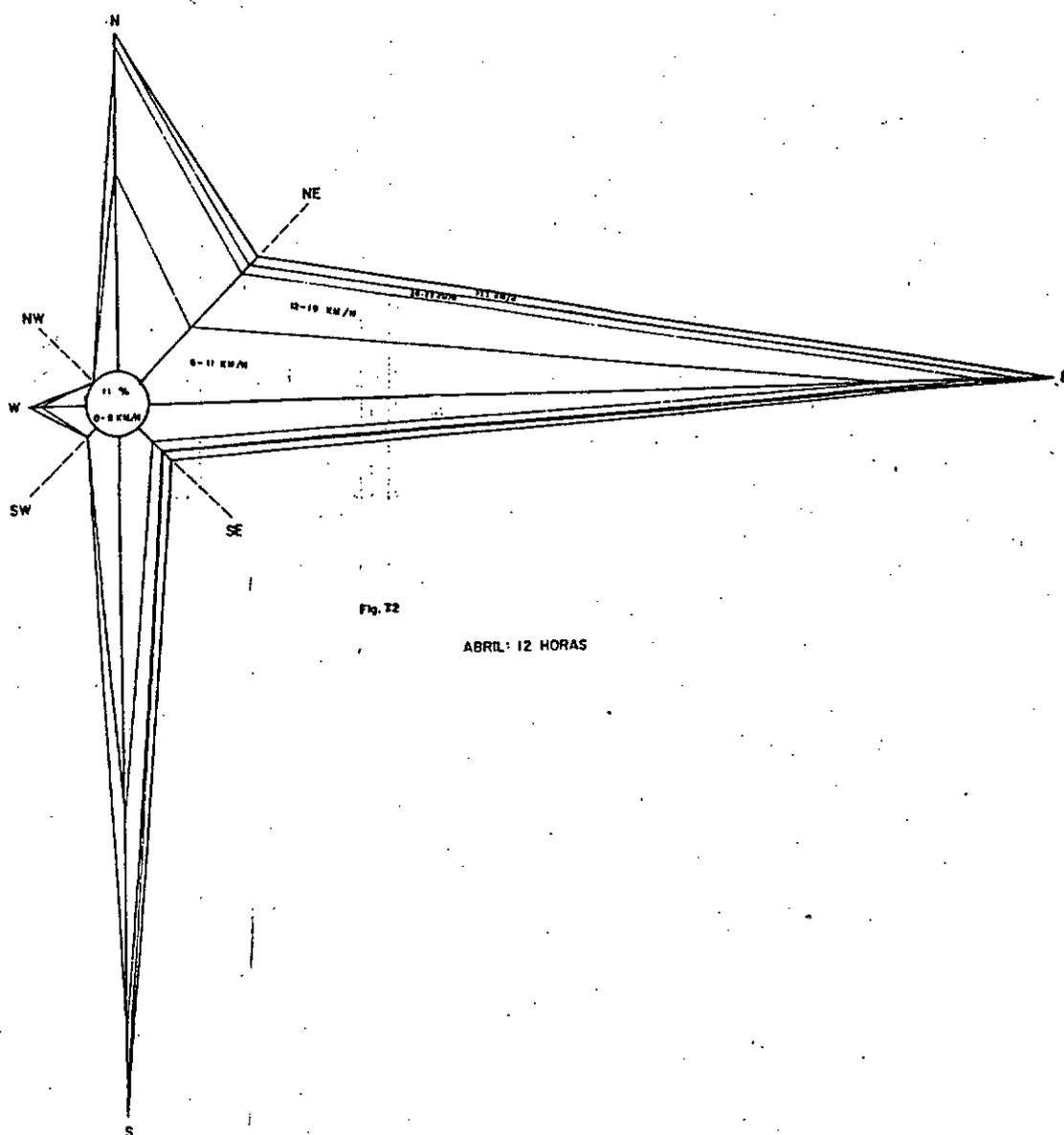


Fig. 22

ABRIL: 12 HORAS

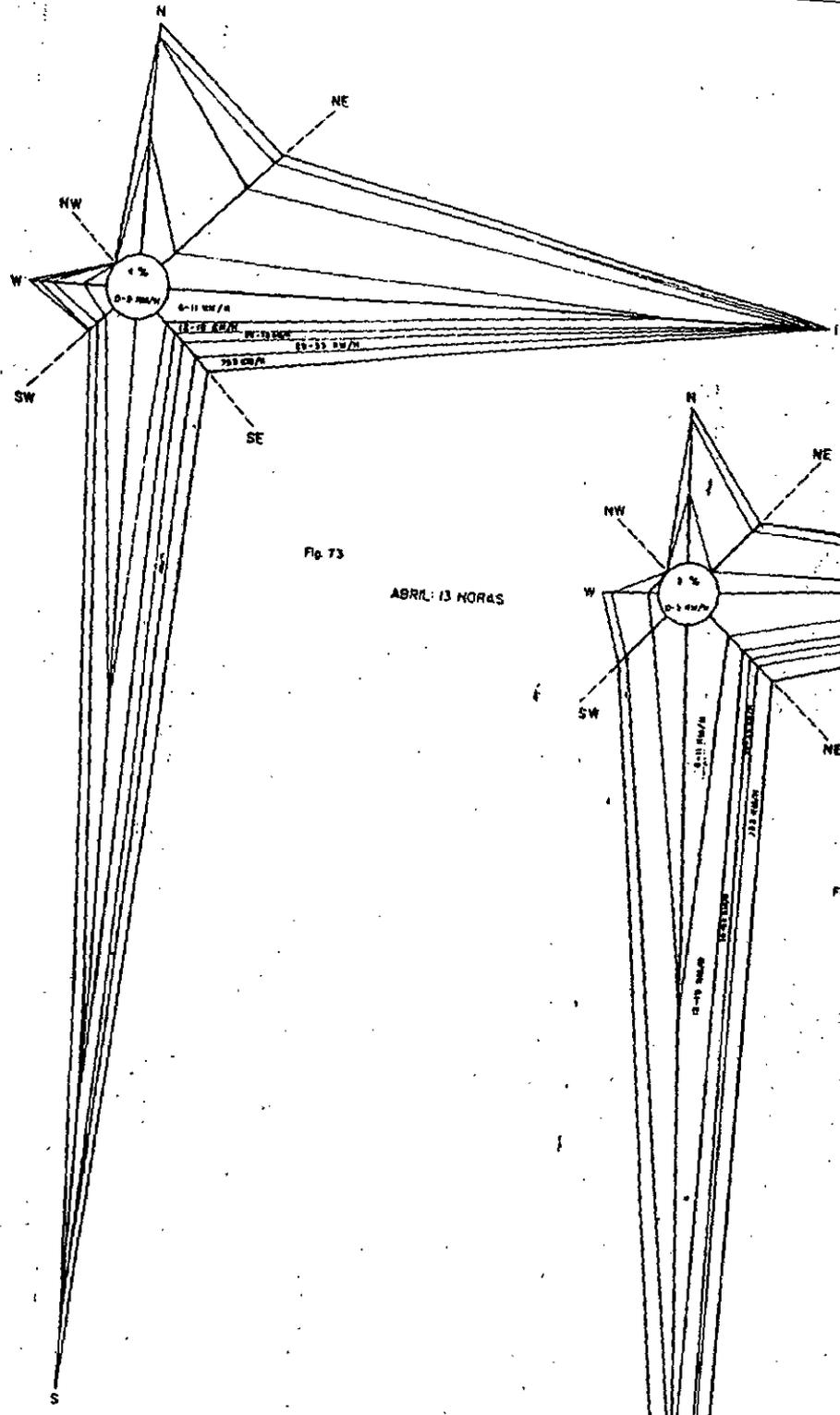


Fig. 73
ABRIL: 13 HORAS

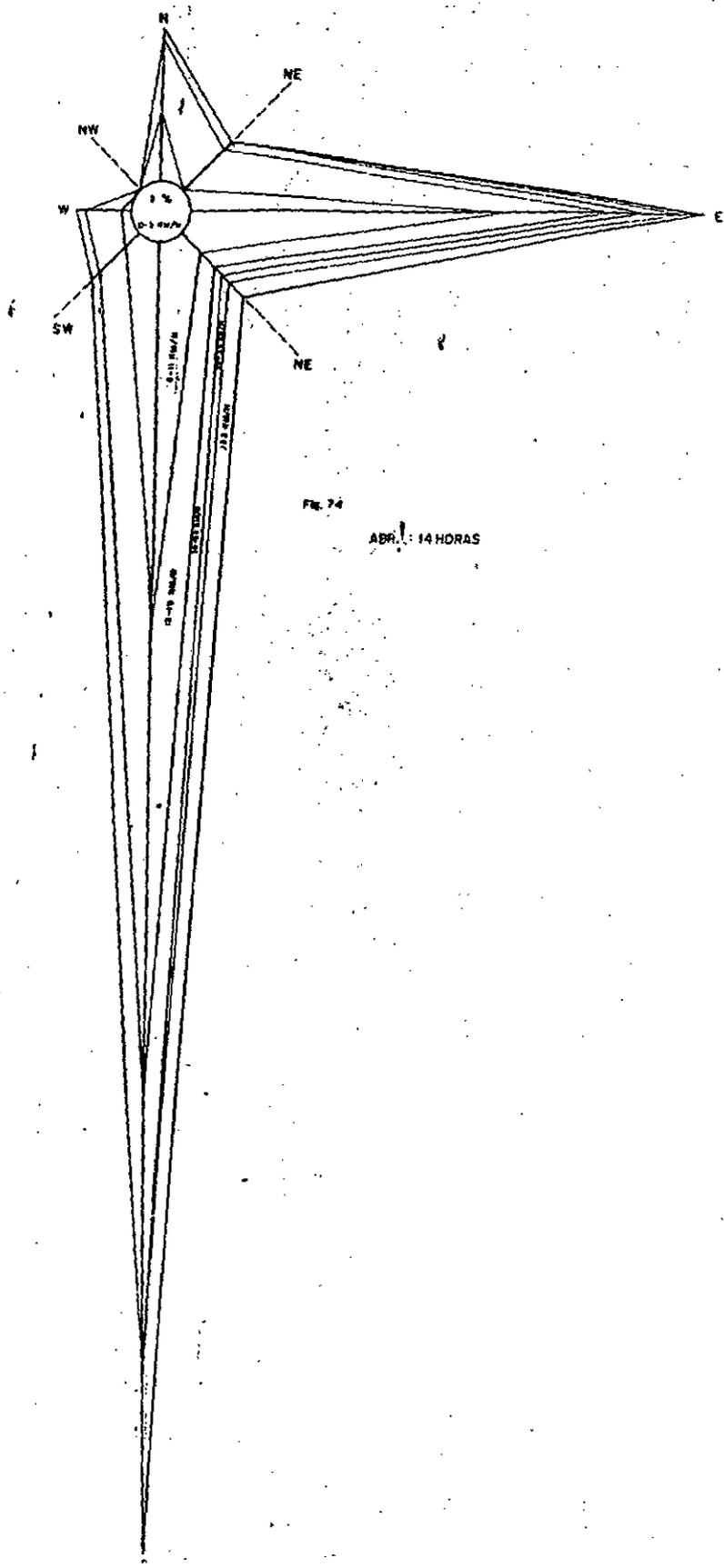
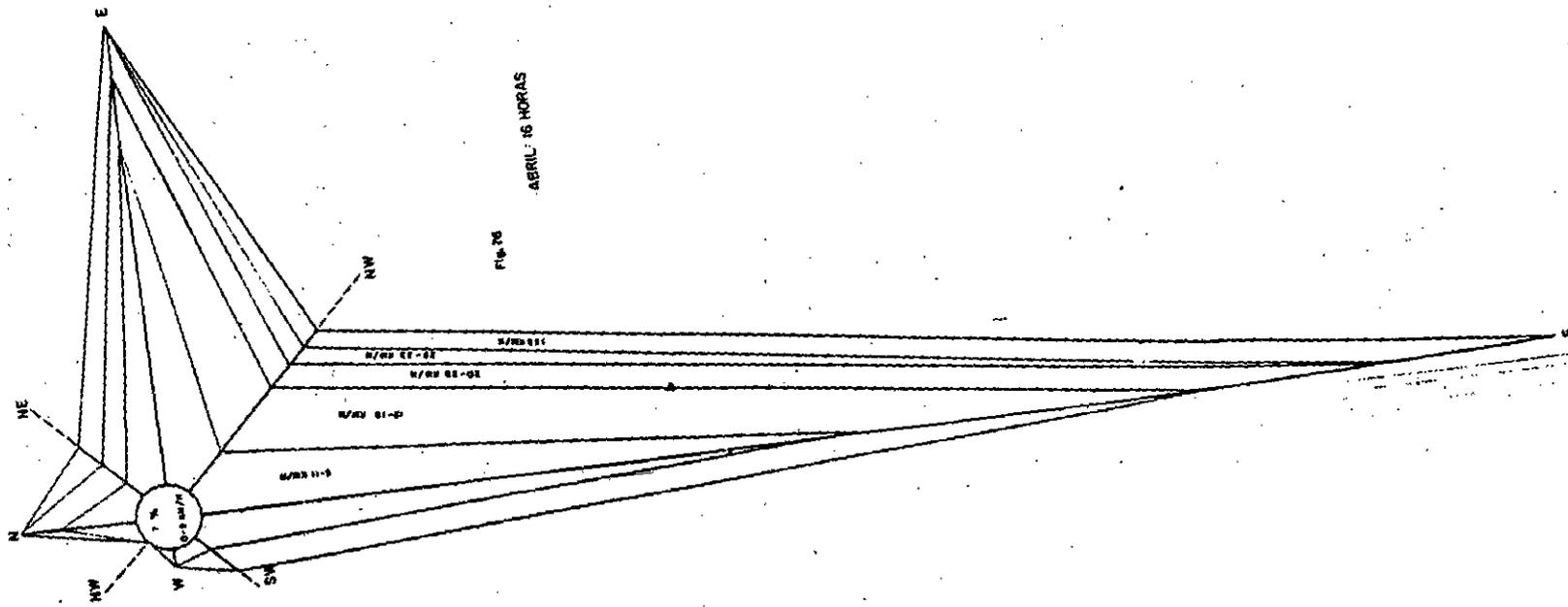
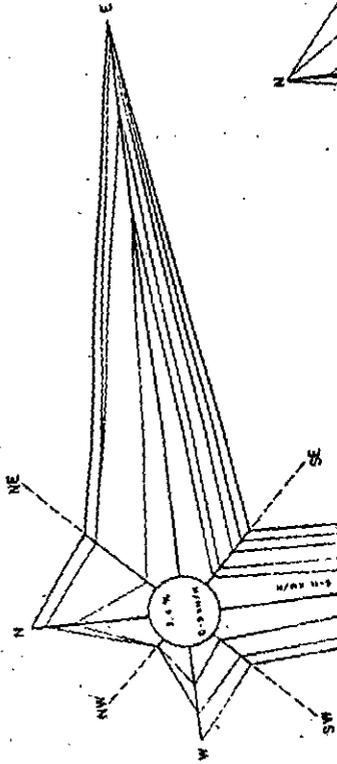


Fig. 74
ABRIL: 14 HORAS



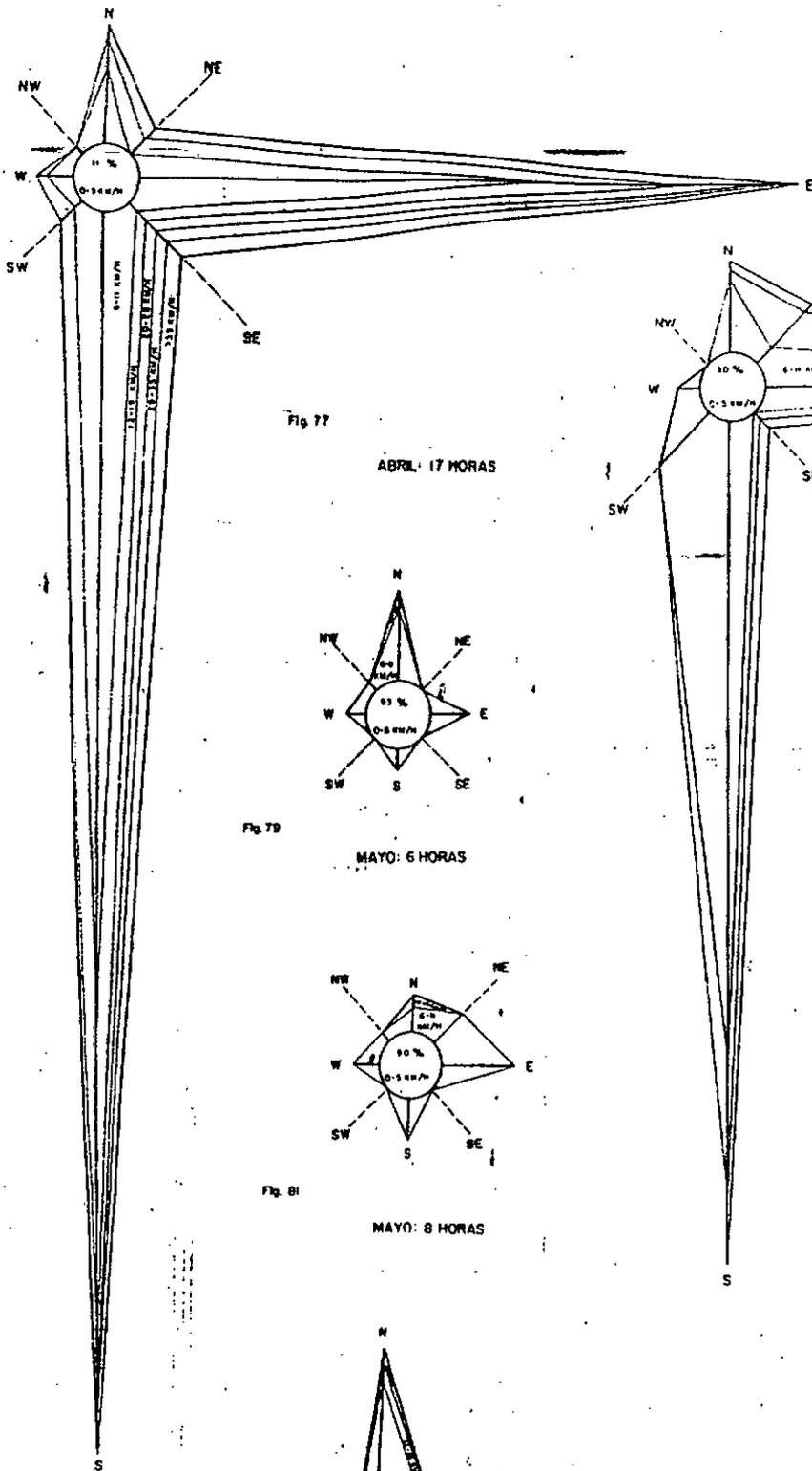


Fig. 77

ABRIL: 17 HORAS

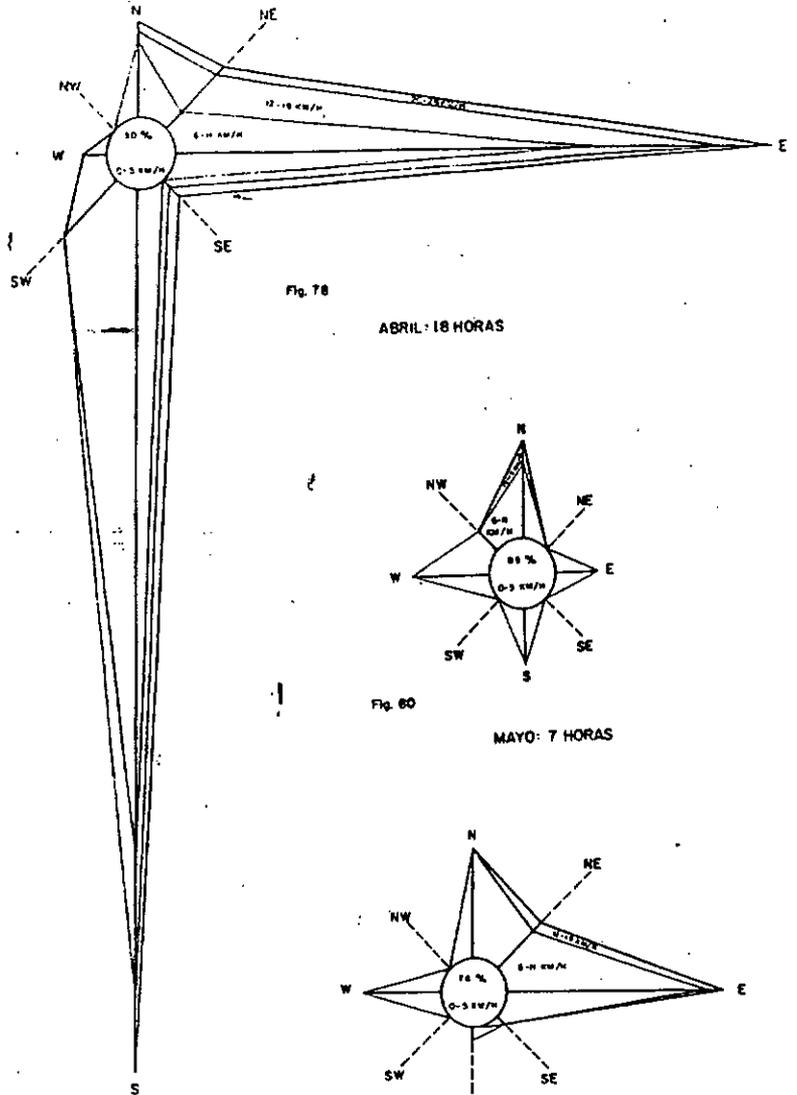


Fig. 78

ABRIL: 18 HORAS

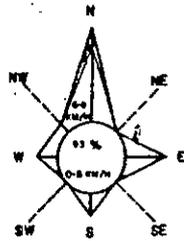


Fig. 79

MAYO: 6 HORAS

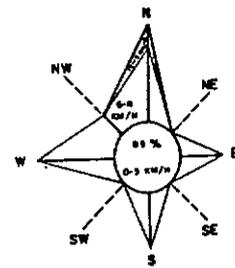


Fig. 80

MAYO: 7 HORAS

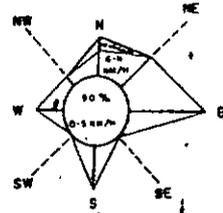


Fig. 81

MAYO: 8 HORAS

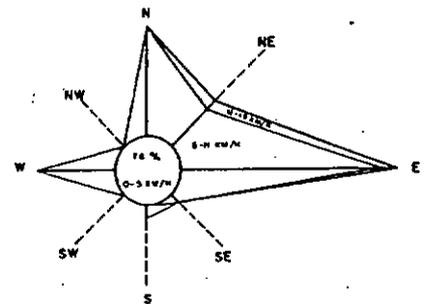


Fig. 82

MAYO: 9 HORAS

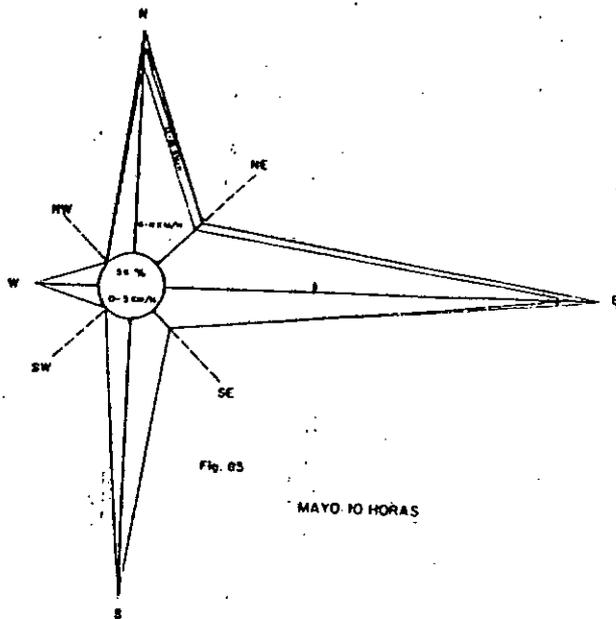


Fig. 83

MAYO: 10 HORAS

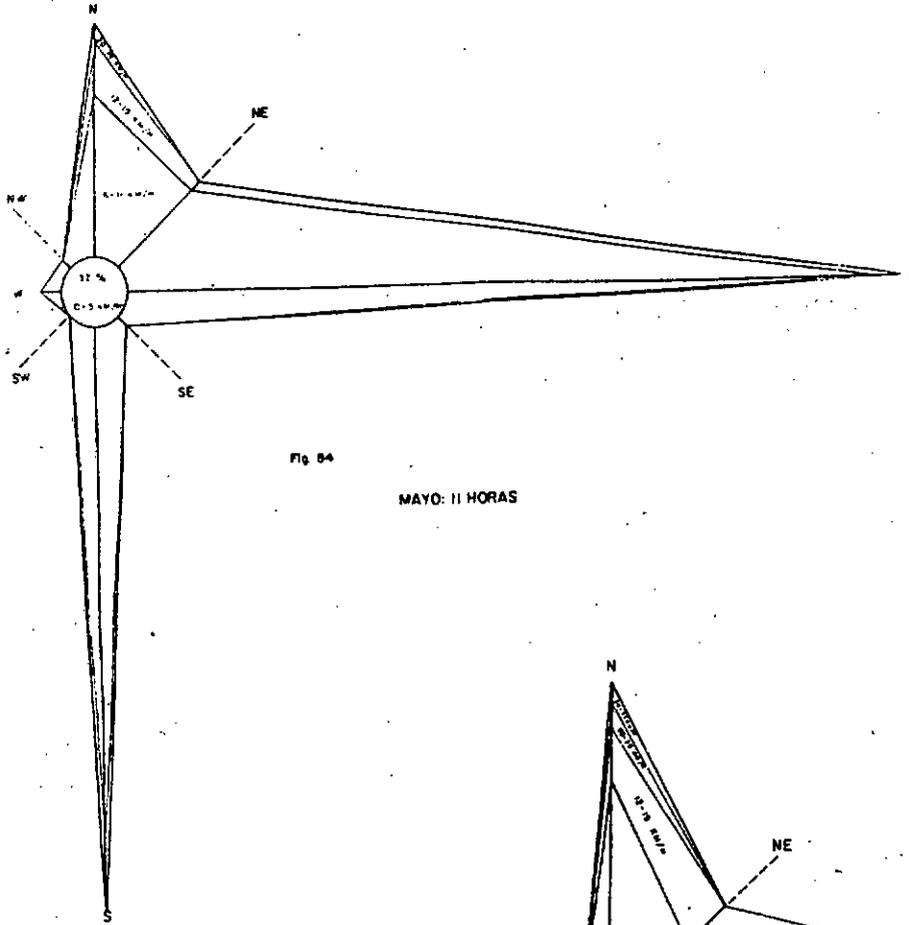


Fig. 84

MAYO: 11 HORAS

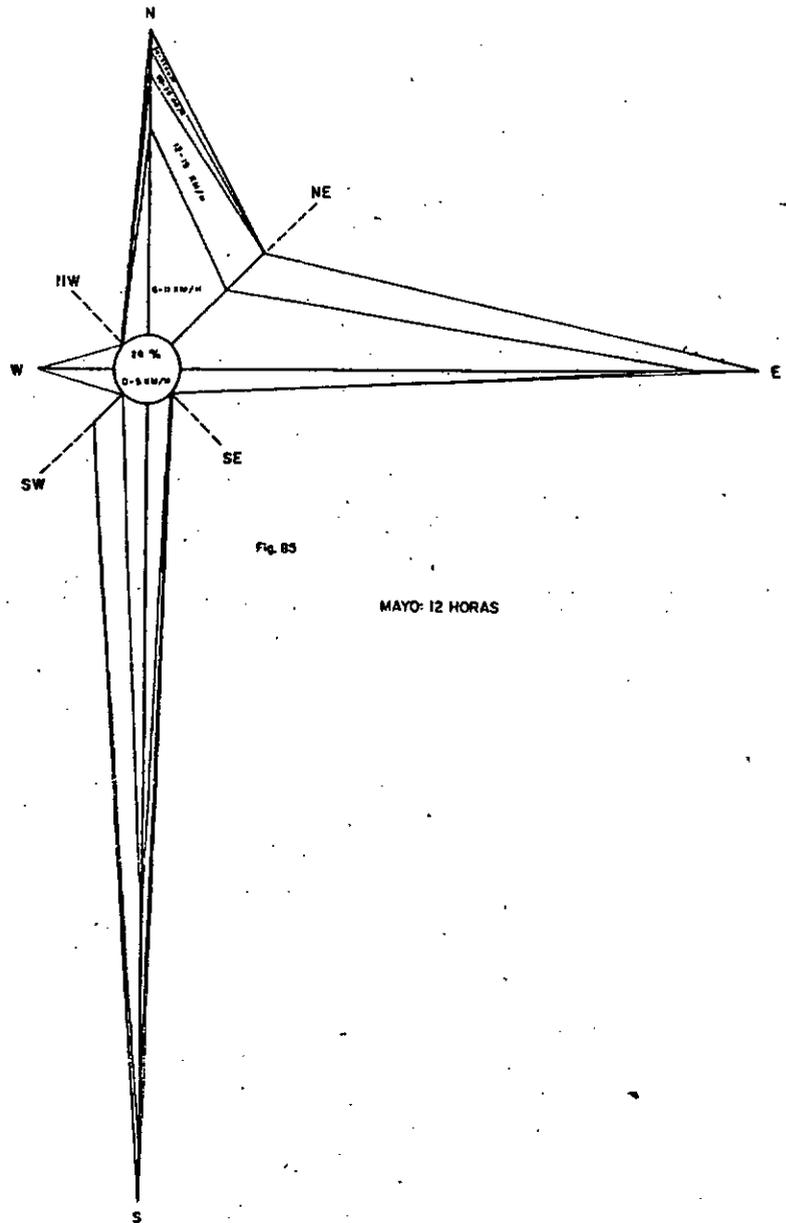


Fig. 85

MAYO: 12 HORAS

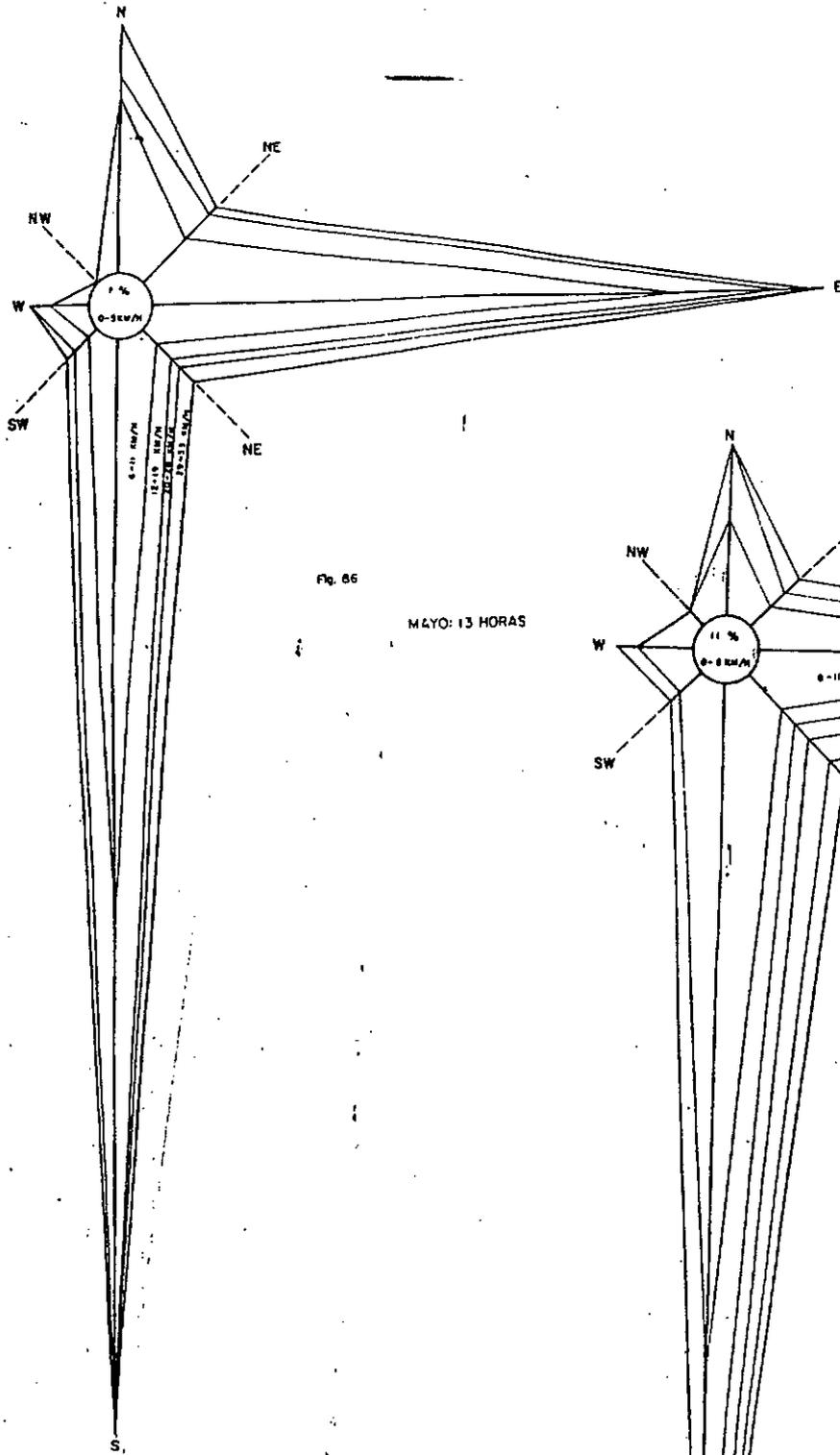


Fig. 66

MAYO: 13 HORAS

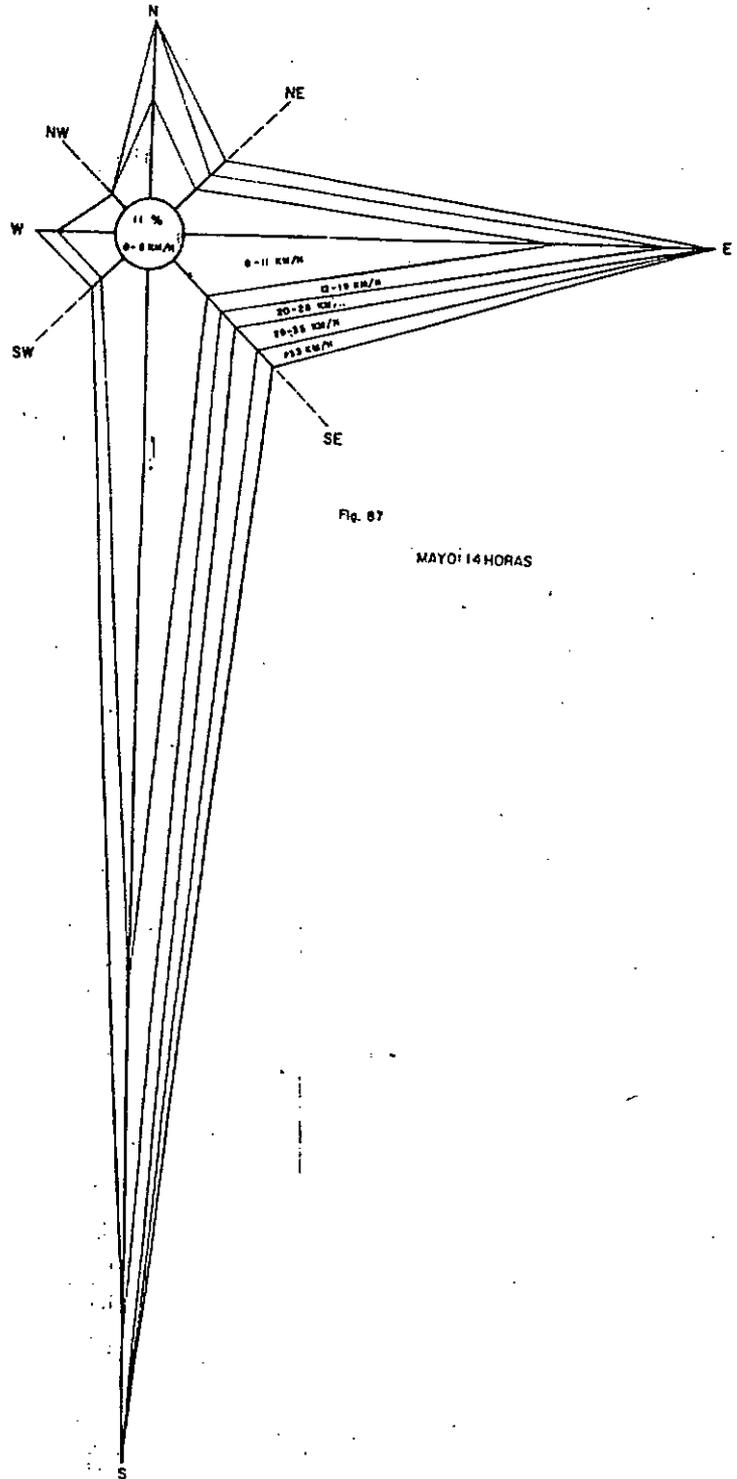


Fig. 67

MAYO: 14 HORAS

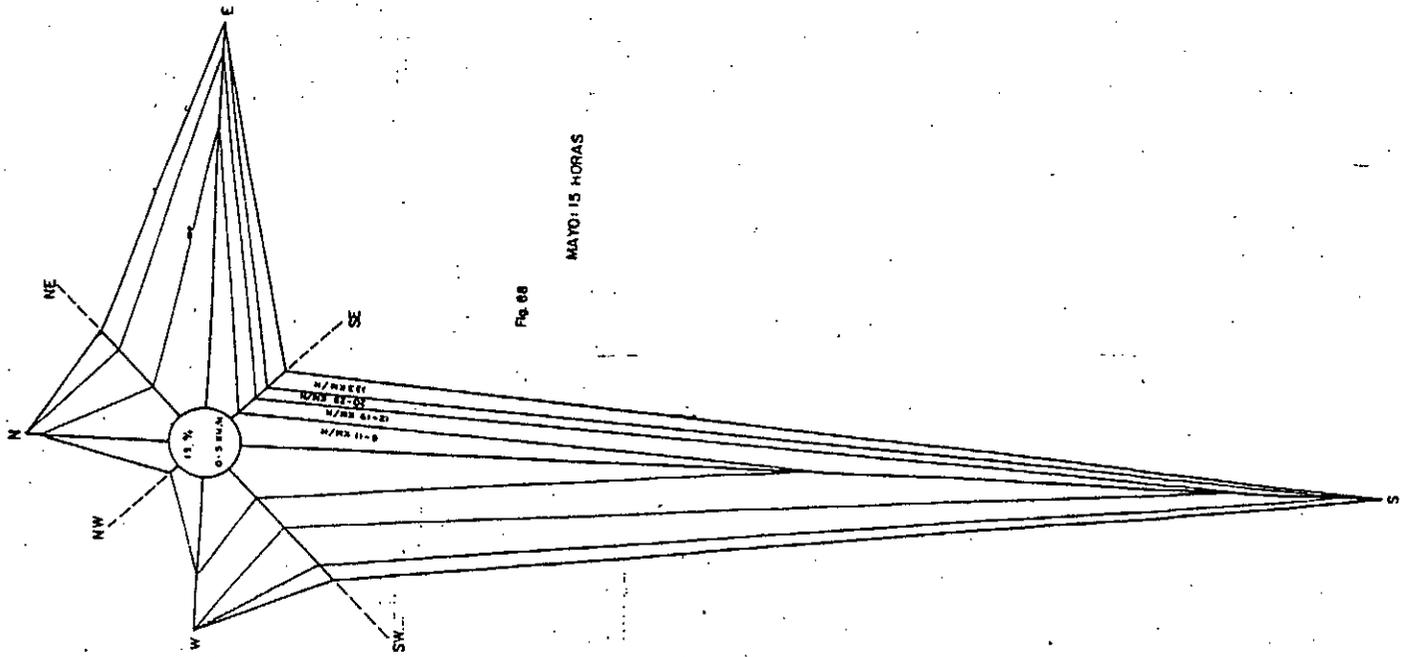


Fig. 88

MAY 15 HORAS

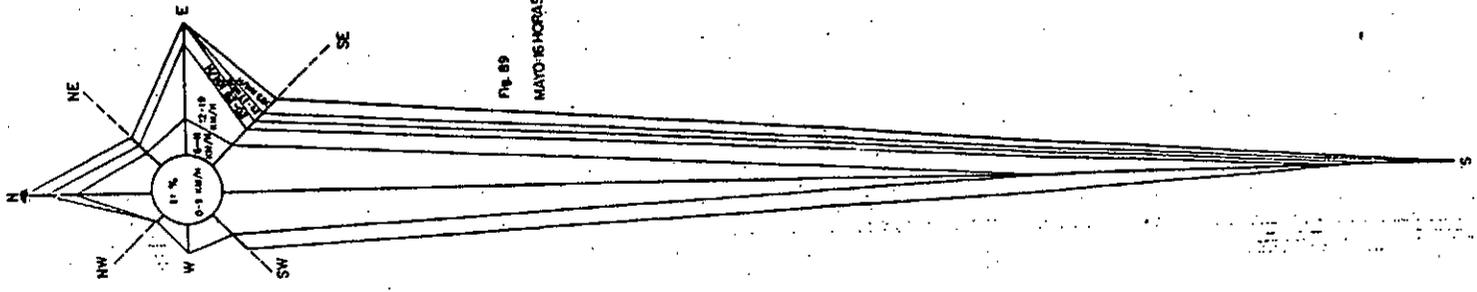
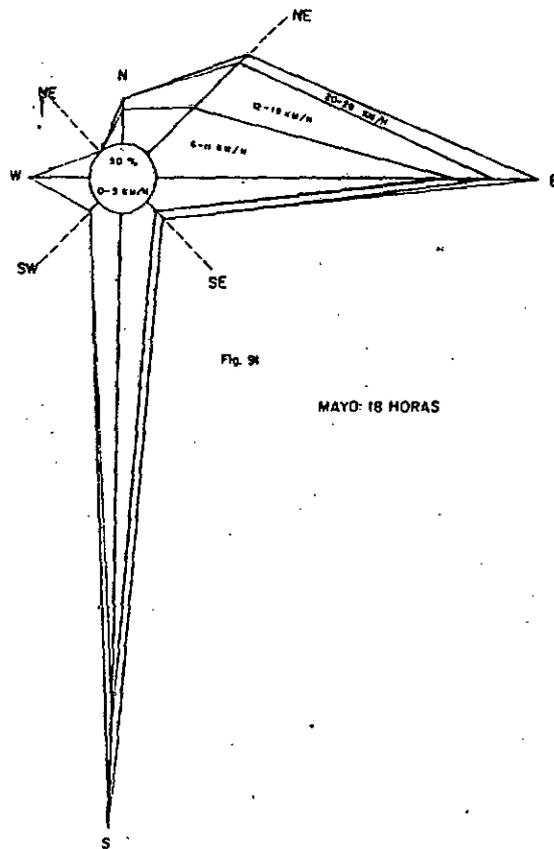
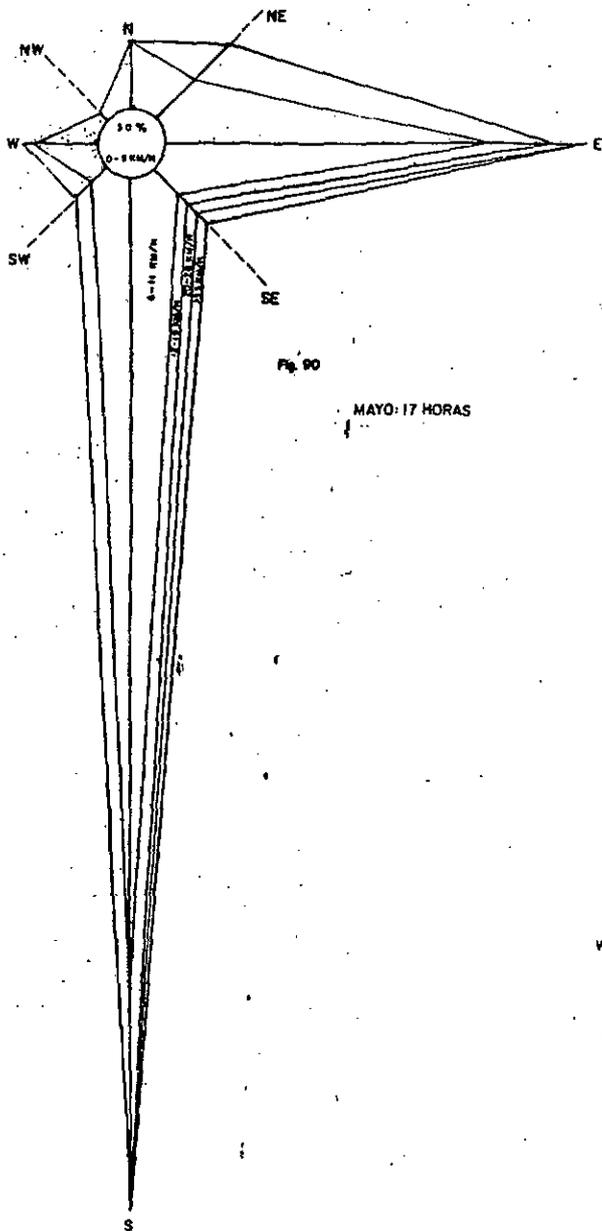


Fig. 89

MAY 16 HORAS



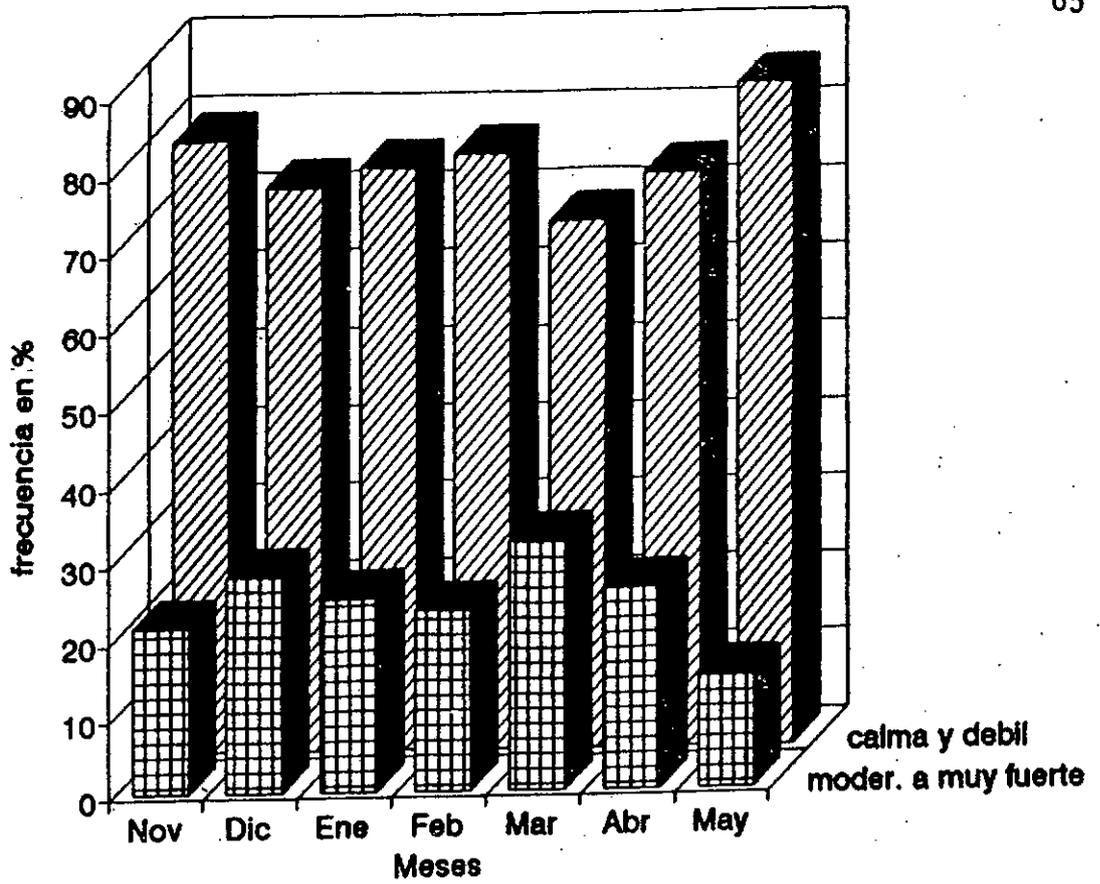


Fig. 92 - Frecuencia de las intensidades de viento; calma y debil, moderado a muy fuerte, a nivel mensual en Labor Ovalle, Quetzaltenango.

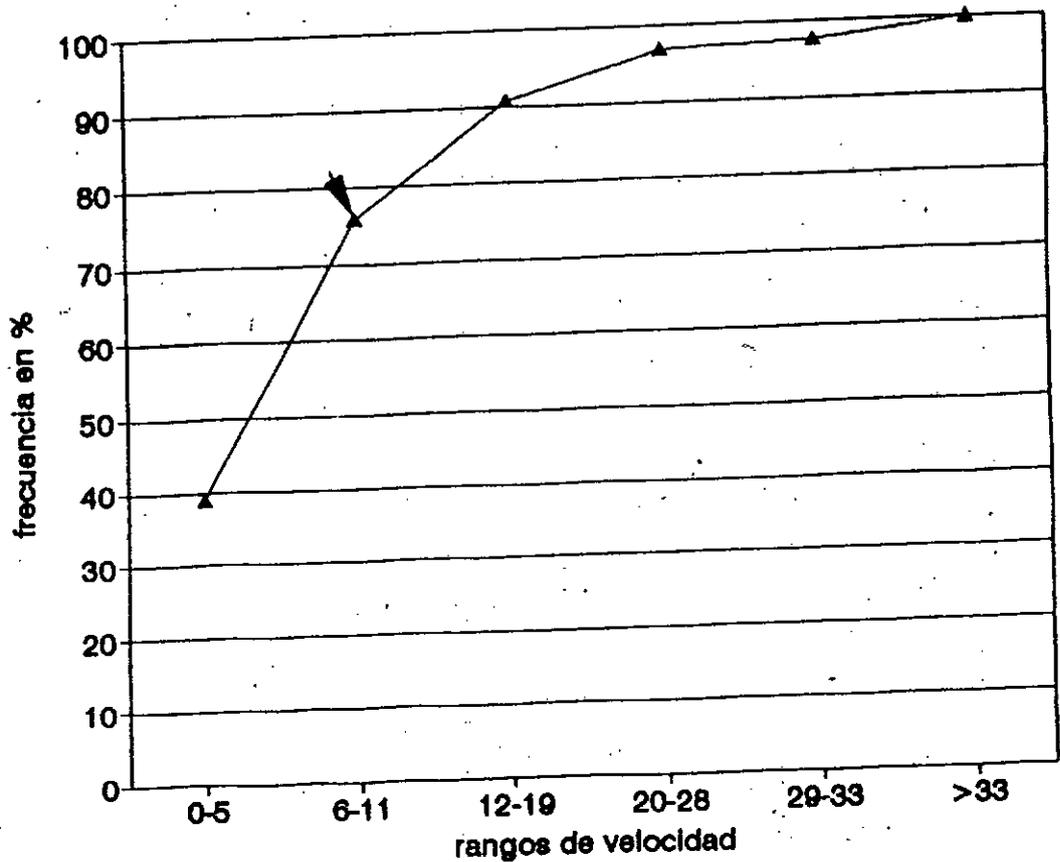


Fig. 93 - Distribución de la frecuencia de la velocidad del viento medido a 10 m. de altura (fuente: Tabla 1)

LABOR OVALLE

FRECUENCIA VIENTO > 12km/h: NOVIEMBRE

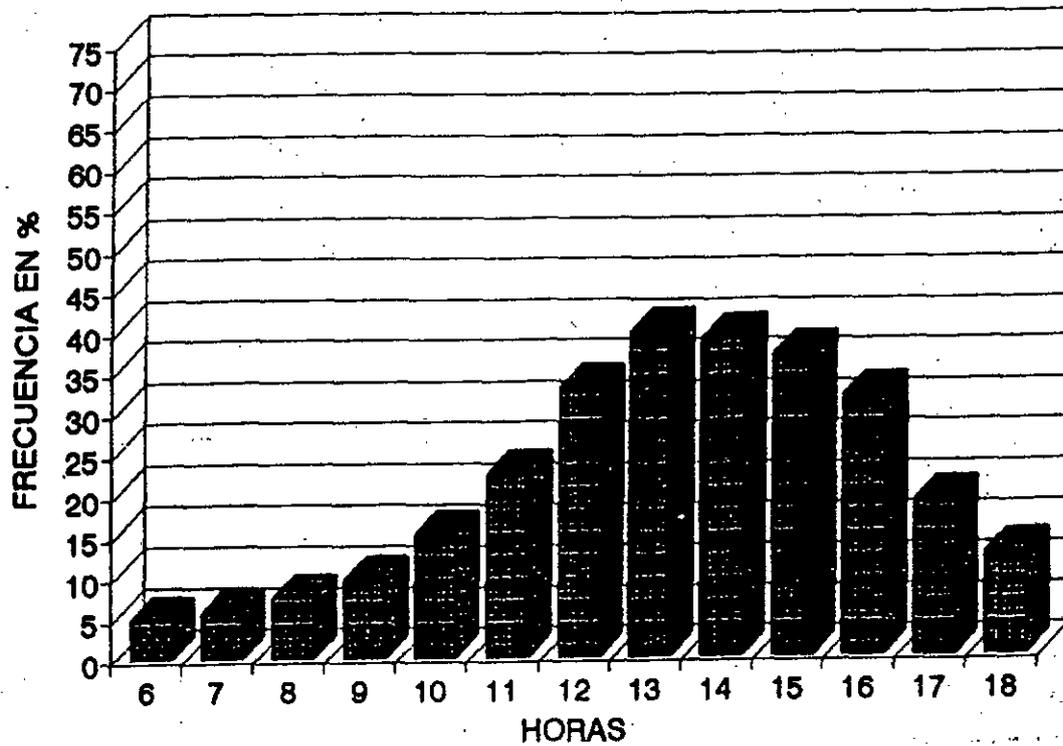


Fig. 94

DICIEMBRE

FRECUENCIA VIENTO > 12km/h:

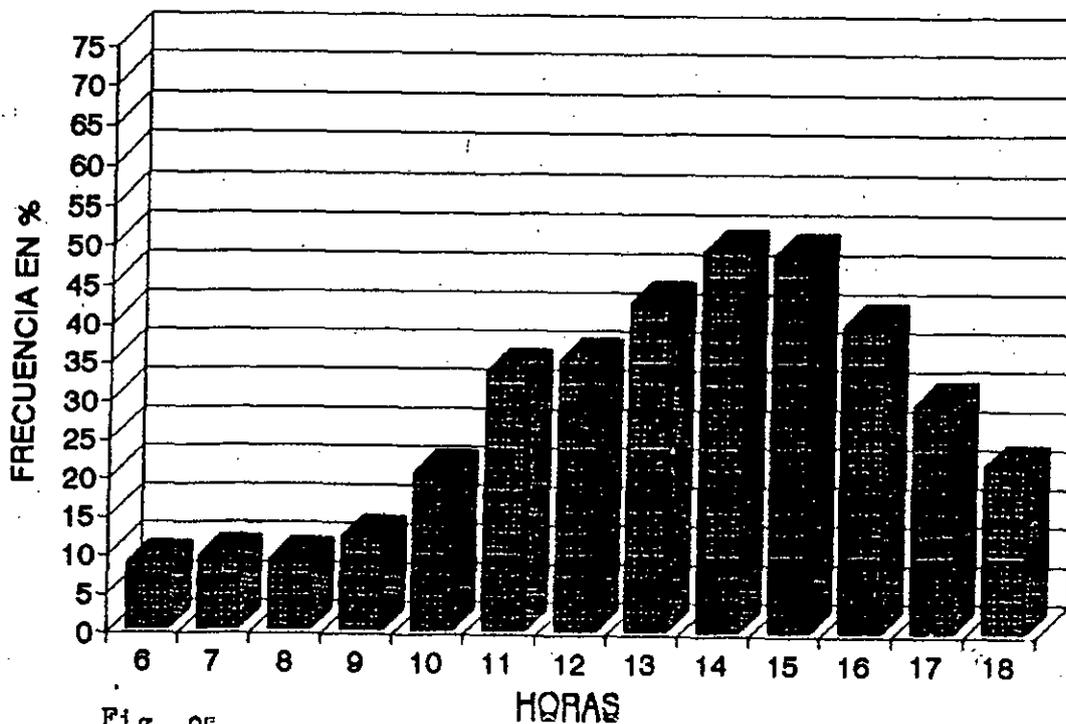


Fig. 95

ENERO

FRECUENCIA VIENTO > 12km/h:

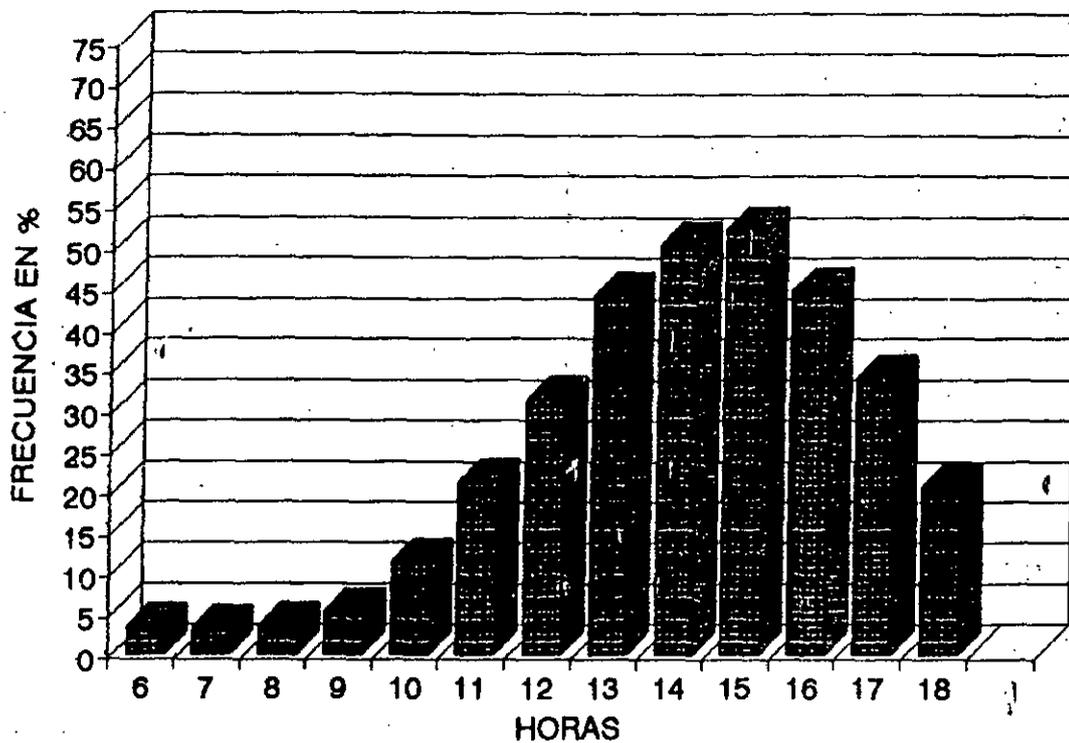


Fig. 96

FEBRERO

FRECUENCIA VIENTO > 12km/h:

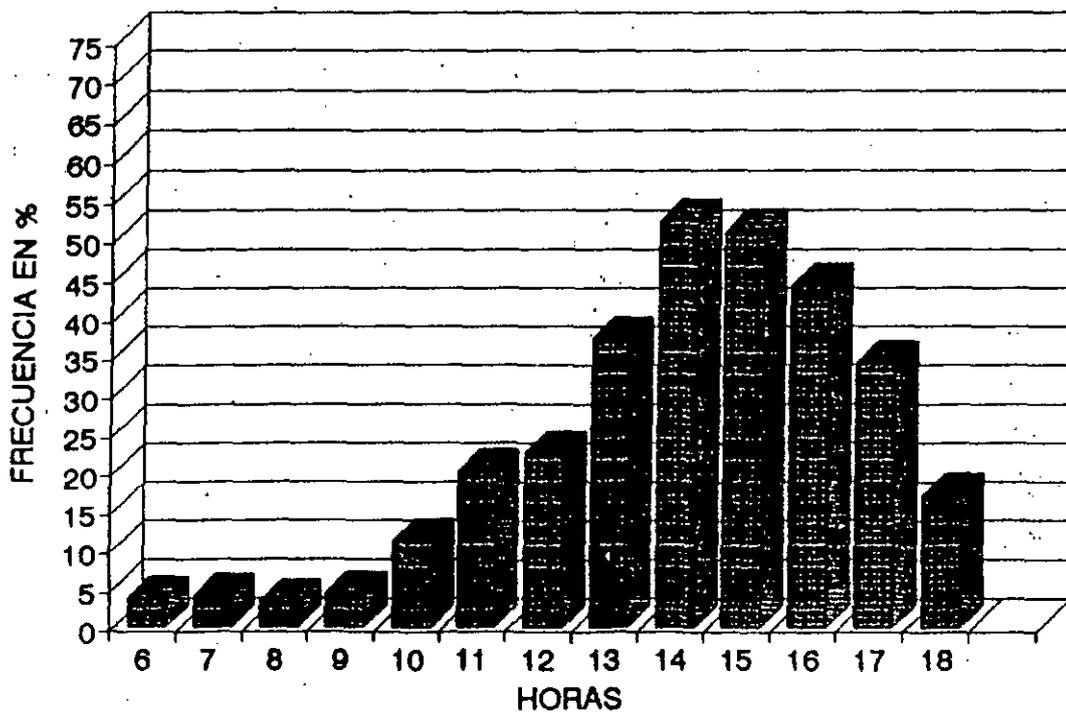


Fig. 97

MARZO

FRECUENCIA VIENTO >12km/h:

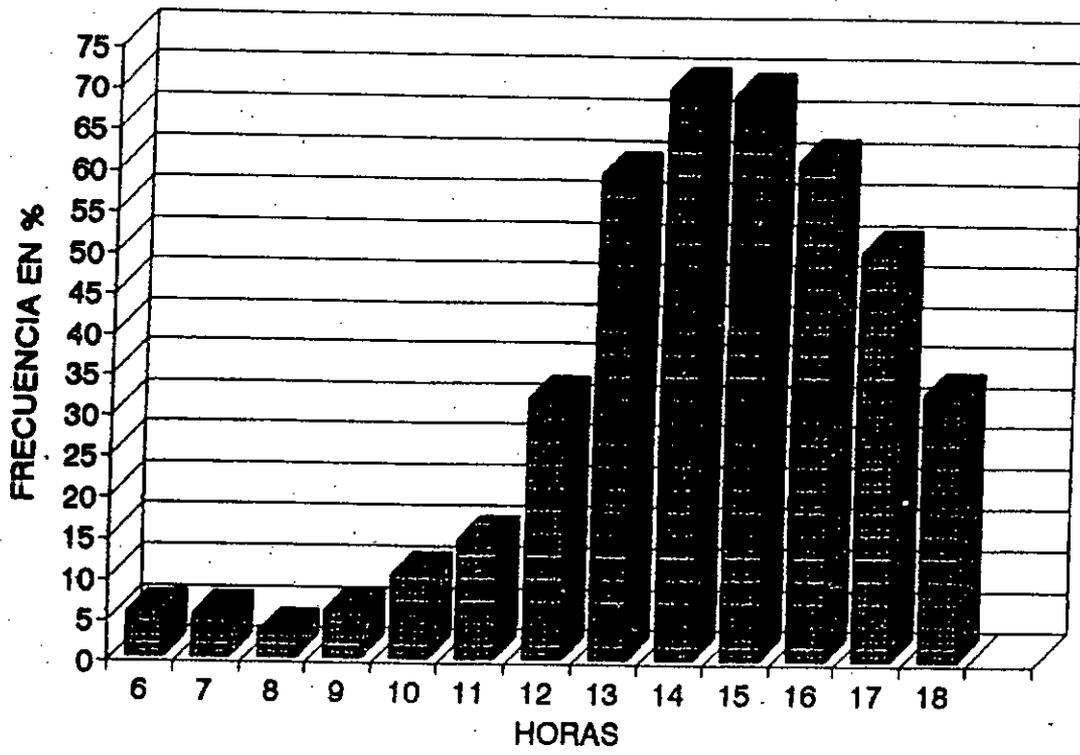


Fig. 98

ABRIL

FRECUENCIA VIENTO >12km/h:

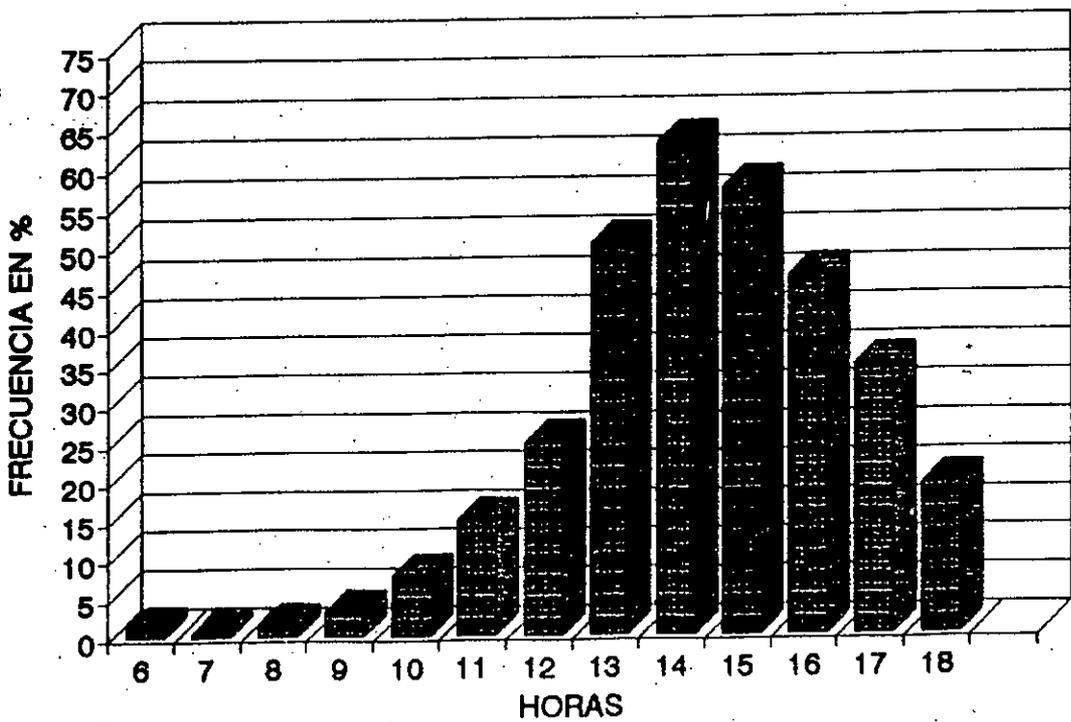


Fig. 99

MAYO

FRECUENCIA VIENTO >12km/h:

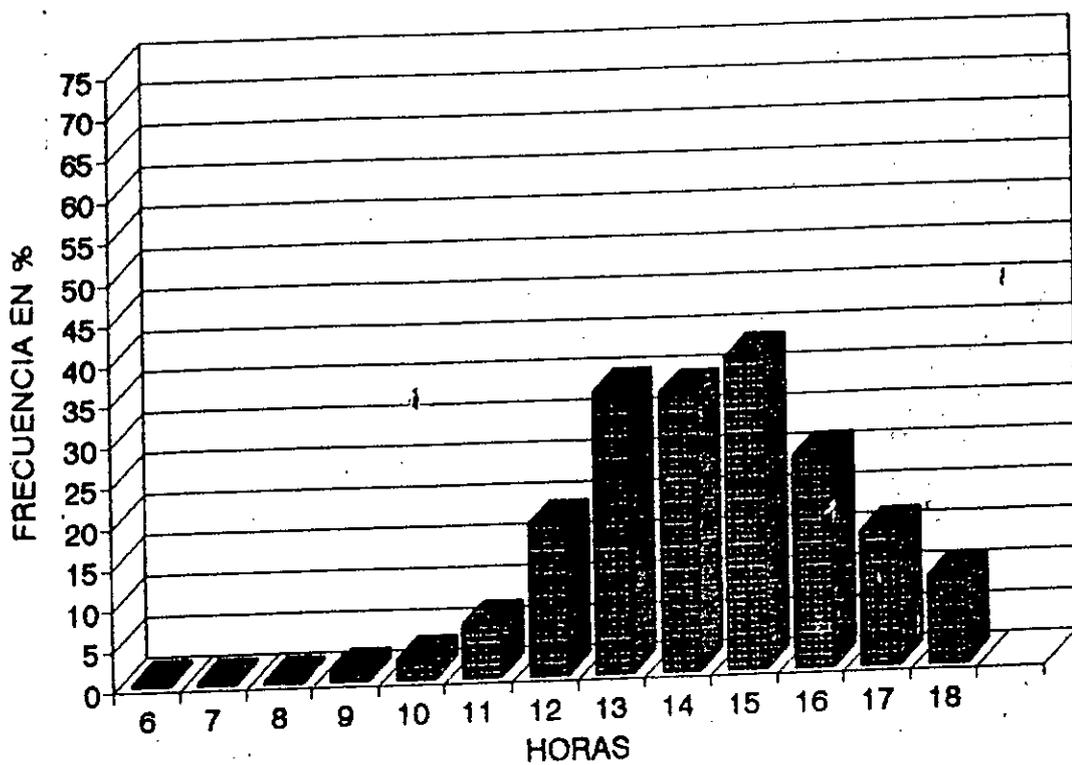


Fig. 100

NOVIEMBRE

Frecuencia de dirección del viento

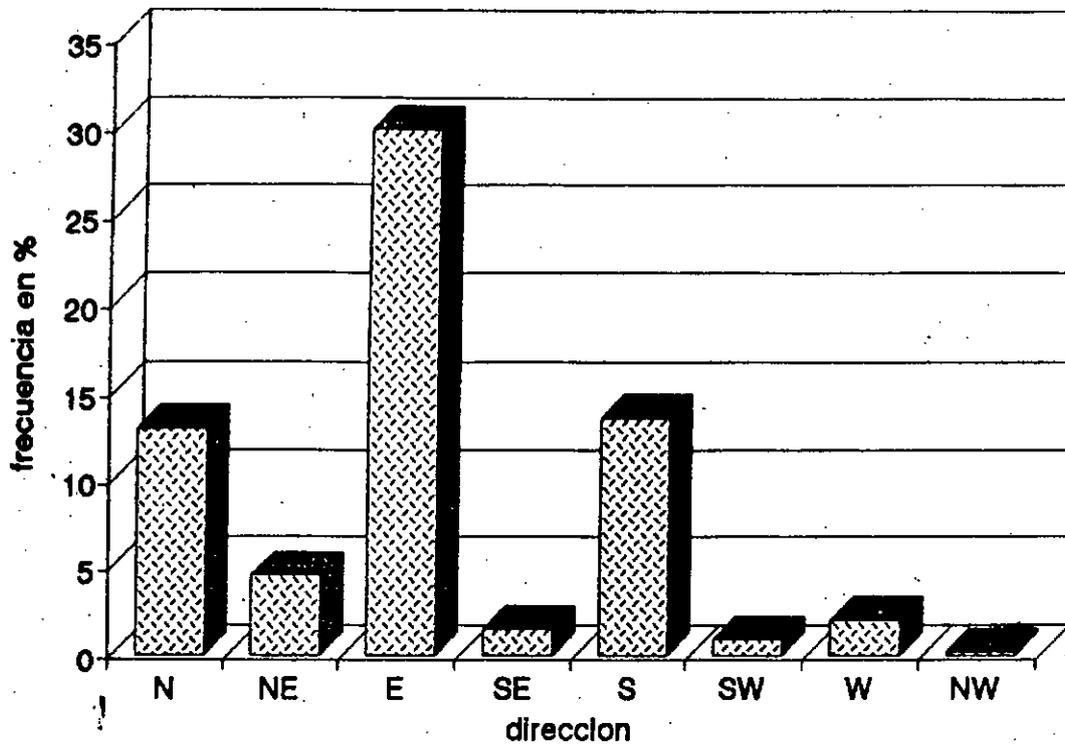


Fig. 101

DICIEMBRE

Frecuencia de dirección del viento

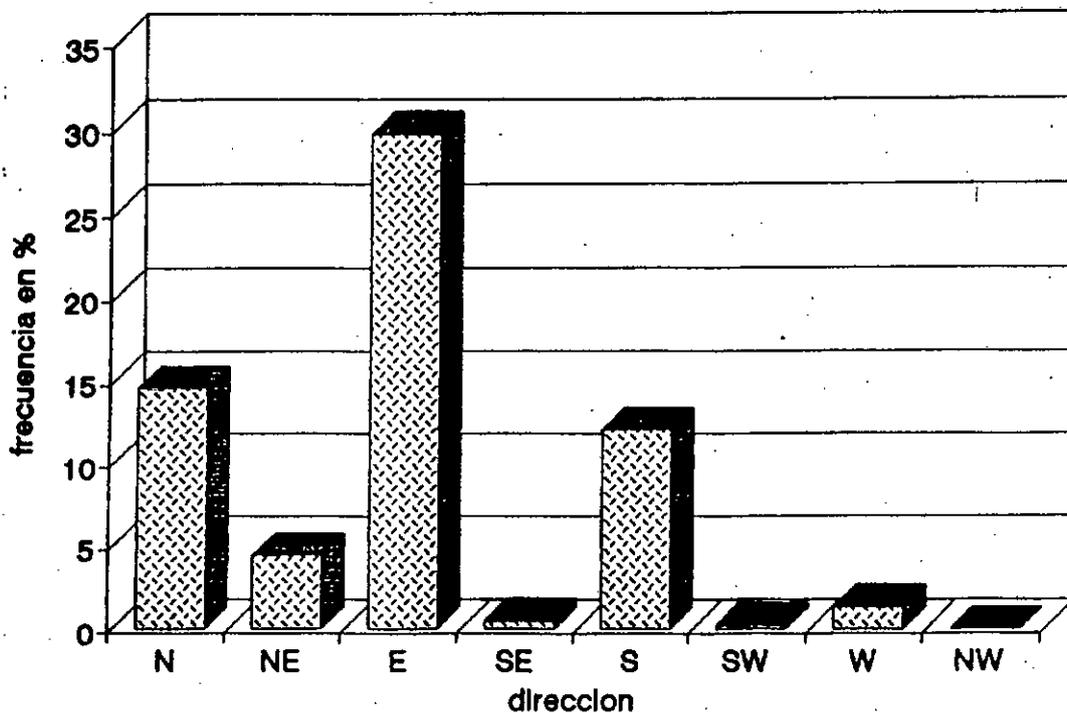


Fig. 102

ENERO

Frecuencia de dirección del viento

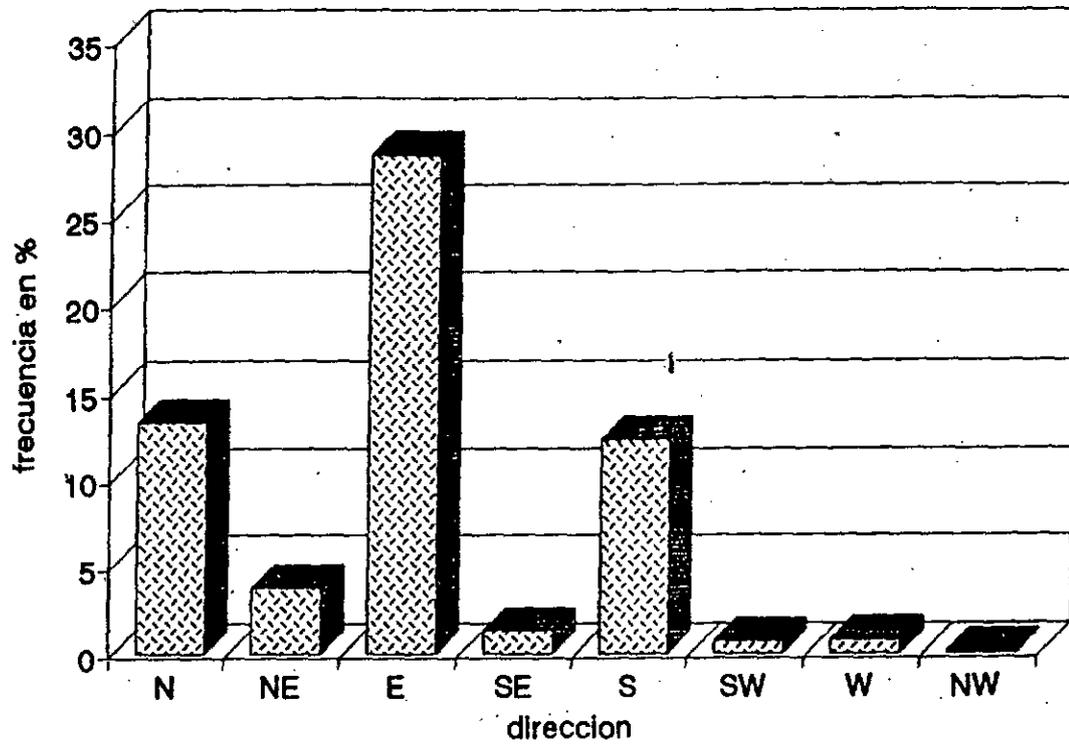


Fig. 103

FEBRERO

Frecuencia de dirección del viento

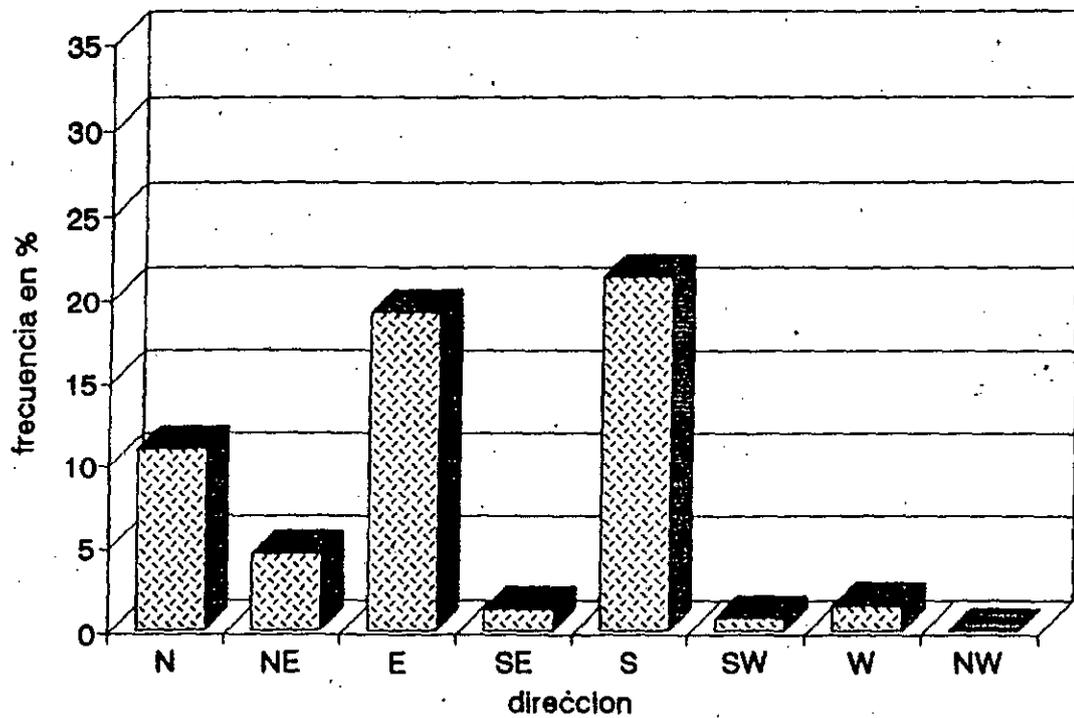


Fig. 104

MARZO

Frecuencia de direccion del viento

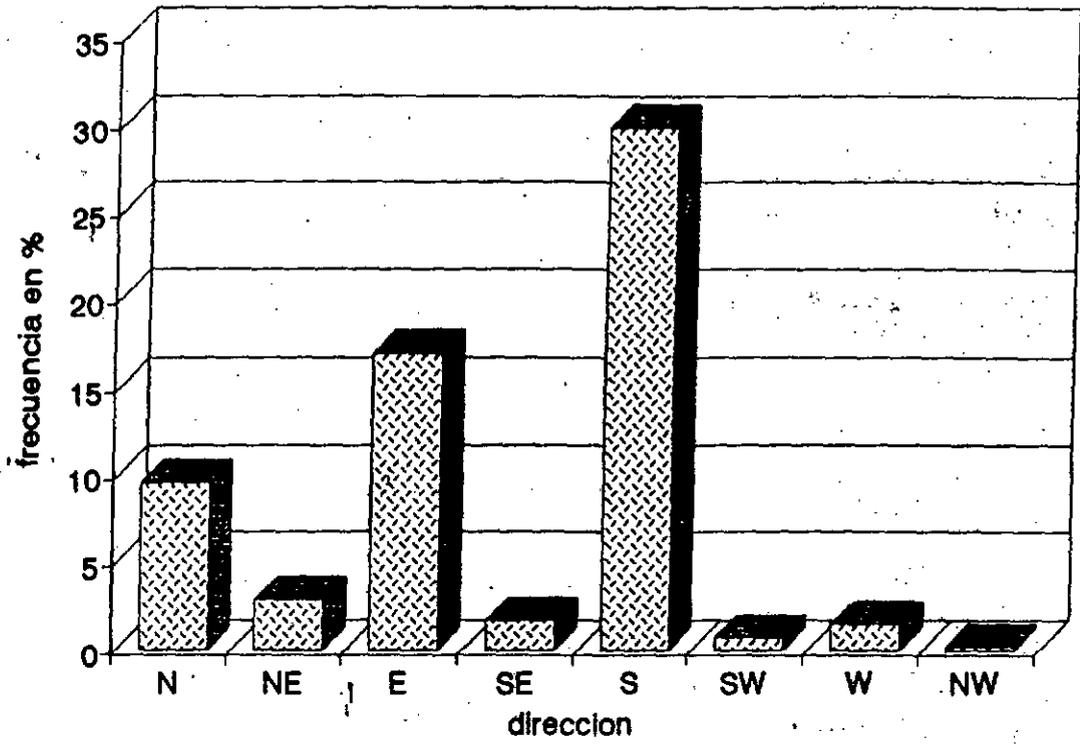


Fig. 105

ABRIL

Frecuencia de direccion del viento

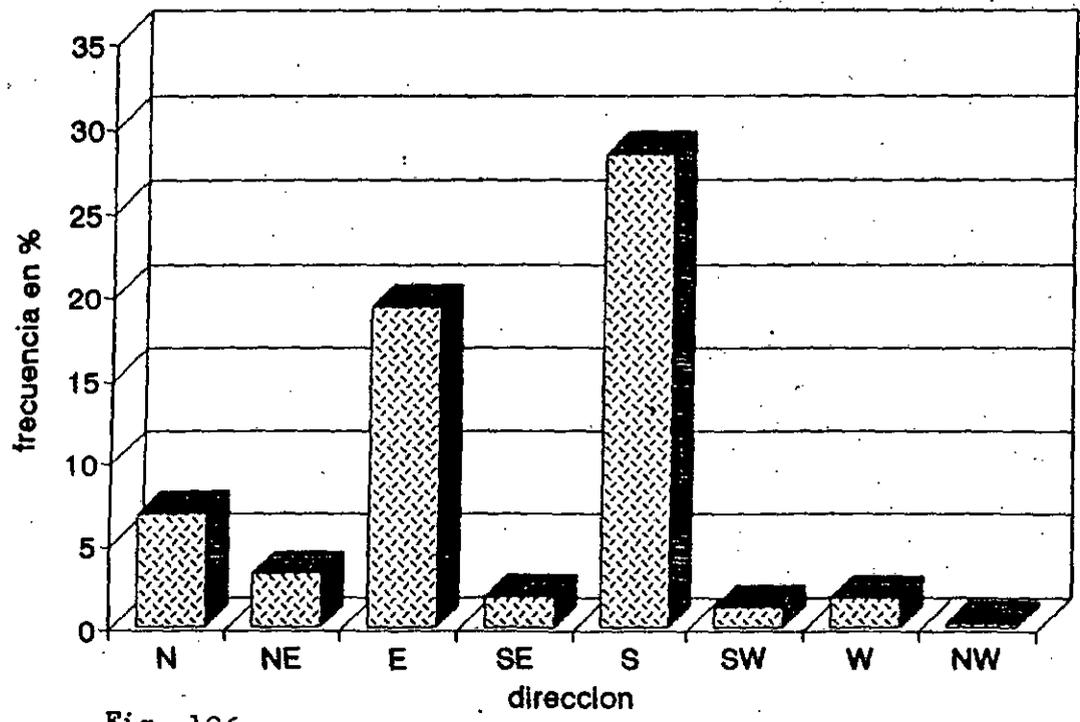


Fig. 106

MAYO

Frecuencia de direccion del viento

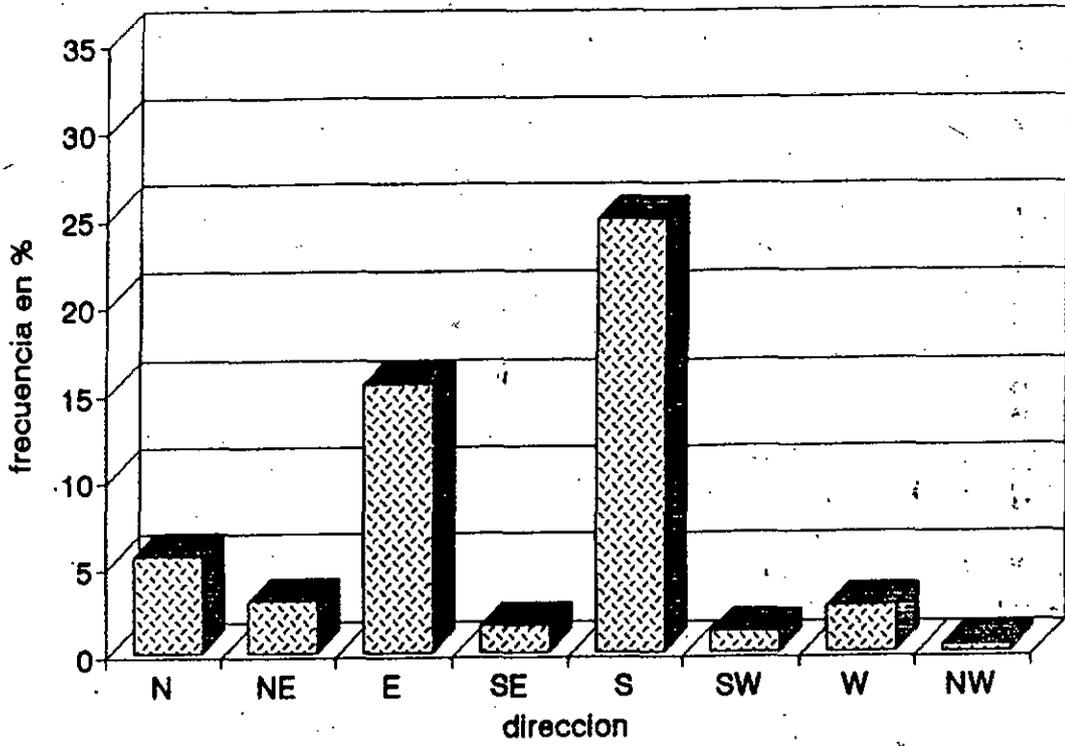


Fig. 107

Tabla 3 RESULTADOS DE PRUEBAS DE UNIFORMIDAD DE DISTRIBUCION DEL AGUA DE RIEGO, VALLE DE QUETZALTENANGO.

No. prueba	Vel.viento (km/h)	presion (psi)	caudal (gpm)	tiempo de duracion (minutos)	Coef.uniformidad Christiansen (CU) (%)		
					12x12 m	12x9m	9x9 m
1	7.4	41	3	120	83		
2	8	40	3.2	120	73		
3	7.9	34	2.8	120	70		
4	10.5	30	2.4	120	60		73
5	11	30	2.2	120	60		82
6	10.5	31	2	120	60		74
7	9.05	28	2	120	71		
8	15.6	29	2.3	120	36		75
9	13	36	2.8	120	49		79
10	14	42	2.8	120	48		71
11	13	45	3	120	51	84	
12	3	30	2.5	120	88		
13	7	33	2.6	120	79		
14	12.5	28	2	120	61		
15	7	29	1.8	120	74		
16	10.5	29	1.7	120	66		78
17	11.7	30	2	120	61		
18	4	40	2.2	120	72		
19	3.9	39	2	120	83		
20	3.5	40	2.5	120	72		
21	4.2	41	2.5	120	70		

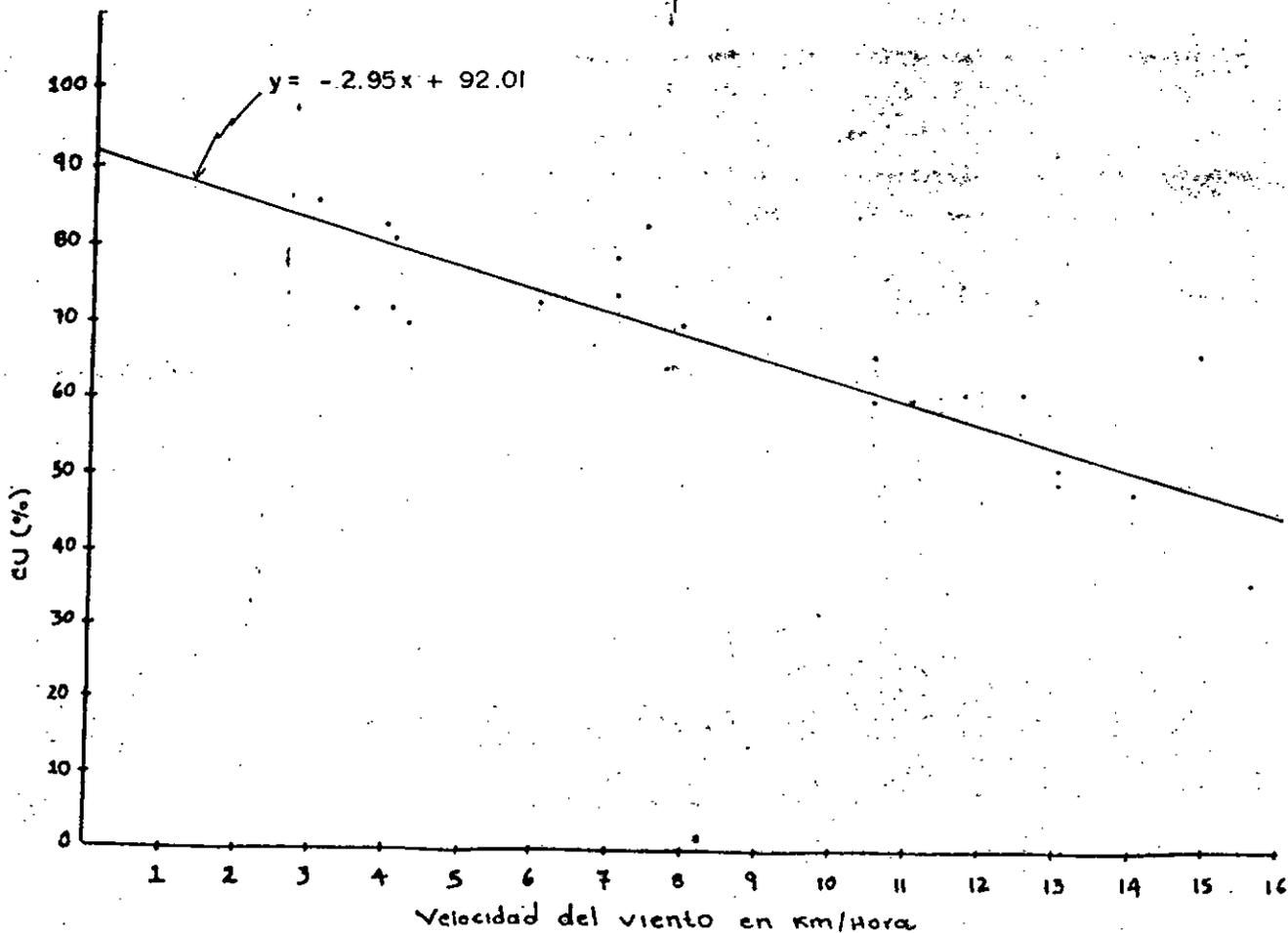


Fig. 108. Comportamiento del CU de Christiansen bajo distintas velocidades de viento. (fuente: tabla 2).

B-CONCLUSIONES

animob-ig .

MAJ ALCIBISUDS 11 100 2

1- Durante los meses de noviembre a mayo, la velocidad del viento en la estación Labor Ovalle, Quetzaltenango, frecuentemente alcanza el 25 por 100 en velocidad igual o mayor a 12 km/hora, siendo a partir de este valor umbral en el cual la uniformidad del riego por aspersion tiende a disminuir drásticamente.

2- Tomando en cuenta el umbral en velocidad de viento de 12 km/hora y frecuencia del mismo del 35 por 100, las horas no adecuadas para riego estan comprendidas en los siguientes intervalos:

Noviembre: 13, 14 y 15 horas.

Diciembre: 13, 14, 15 y 16 horas.

Enero: 13, 14, 15 y 16 horas.

Febrero: 13, 14, 15 y 16 horas

Marzo: 13, 14, 15, 16 y 17 horas

Abril: 13, 14, 15 y 16 horas.

Mayo: 15 horas.

3- La dirección predominante del viento durante los meses de noviembre a mayo varía de acuerdo a la influencia y comportamiento de las corrientes regionales y orografía:

- En los meses de noviembre, diciembre y enero predomina la dirección "este" y en menor frecuencia las direcciones "norte" y "sur".
 - En el mes de febrero predominan las direcciones "este" y "sur" y con menor frecuencia "norte".
 - En los meses de marzo, abril y mayo predomina la dirección "sur" y "este" y en menor porcentaje la dirección "norte".
- 4- La relación entre velocidad del viento y la distribución del agua, utilizando el coeficiente de uniformidad de Christiansen, tiende a ser de tipo lineal negativo, para un sistema de miniriego con aspersor de mediana presión de operación.
- 5- La uniformidad del riego en el área de traslape de mojadura de aspersores, se incrementa colocando los mismos a menor distancia (12x9m., 9x9m.) bajo condiciones de viento moderado a fuerte.

9- RECOMENDACIONES

1- Ajustar la programación de horarios de riego, evitando regar en horas en las cuales se incrementa la frecuencia de velocidad del viento con intensidades de moderado a fuerte, siendo éstas las siguientes:

- Noviembre: de 13:00 a 15:00 hrs.
- Diciembre: de 13:00 a 16:00 hrs.
- Enero: de 13:00 a 16:00 hrs.
- Febrero: de 13:00 a 16:00 hrs.
- Marzo: de 13:00 a 17:00 hrs.
- Abril: de 13:00 a 16:00 hrs.
- Mayo: de 13:00 a 15:00 hrs.

2- El valle de Quetzaltenango al estar influenciado por corrientes depresionarias de dirección sur y régimen de vientos alisios de dirección nor-este, con componente resultante del este, es recomendable acomodar los marcos de arreglo de aspersores de tal manera, que permita compensar los arrastres de lluvia esparcida por los aspersores. Por ejemplo, si se está operando el riego cuando predomina viento sur, deberá de cerrarse el espaciamiento entre posición de aspersores a lo largo de dicha dirección.

3- Para los sistemas de miniriego que operan actualmente en el valle de Quetzaltenango, cuyas características son de mediana presión de operación (35 psi), se recomienda colocar los aspersores en distancia de 12x12 metros cuando la velocidad del viento es menor de 7.5 km/hora, pero cuando la velocidad del viento tiende a incrementarse a partir de este valor, se recomienda colocar los aspersores a menor distancia (12x9m. ó 9x9m).

10- BIBLIOGRAFIA

- 1- BUCARO, G. 1981. Agrometeorología. Quetzaltenango, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Occidente. 110 p.
- 2- COMISION DE RIEGO POR ASPERSION (Mex.). s.f. Procedimiento para la realización de pruebas de distribución de agua producida por aspersores con fines de investigación. México. 10 p.
- 3- CRUZ, J.R DE LA. 1982. Clasificación de las zonas de vida de Guatemala, a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
- 4- DE FINA, L; RAVELO, A. 1979. Climatología y fenología agrícolas. 3a. ed. Buenos Aires, Argentina, Editorial Universitaria. 351 p.
- 5- FAGI, J.; BERCERO, A. 1991. Efecto del viento en la uniformidad y en las pérdidas por evaporación y arrastres en el riego por aspersión. Invest. Agr: Prod. Prot. Veg. (España) 6(2): 263 - 265.
- 6- GARCIA T., G.I. 1984. La caracterización agroclimática y su importancia para el ingeniero agrónomo, aplicado al valle de Quetzaltenango. Tesis Ing. Agr. Quetzaltenango, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Carrera de Agronomía. 67 p.
- 7- GLOYNE, W.; LOMAS, J. 1988. Compendio de apuntes para la formación de personal agrometeorológico de las clases II y III. Trad. por Osvaldo Canziani. Ginebra, Suiza, Secretaría de la Organización Meteorológica Mundial. 303 p.

- 8- GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. 1972. Atlas geográfico nacional. Guatemala. 11 p.
- 9- JANSÁ GUARDIOLA, J.M. 1969. Curso de climatología. Madrid, España, Ministerio de Transporte, Turismo y Comunicaciones, Instituto Nacional de Meteorología. 445 p.
- 10- MANUAL DE riego por aspersión. 1982. 2a. ed. Mérida, Venezuela, CIDIAT. 135 p.
- 11- SANDOVAL I., J. 1989. Principios de riego y drenaje. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 345 p.
- 12- SIMMONS, C.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación a nivel de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, Ed. José de Pineda Ibarra. 1000 p.



Vo. Bo. Rolando Barrios

11- APENDICE

Apend. 1 Velocidades de viento observadas para el mes de NOVIEMBRE: 6 HRB.
Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	clases de velocidades					
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h	> 39 km/h
N	180(77.8)	21(9)	2(1)	2(1)		
NE		1(0.4)				
E		13(5)	4(2)	1(0.4)		1(0.4)
SE						
S						
SW		2(1)				
W		4(2)				
NW						

Apend. 6 velocidades de viento observadas para el mes de NOVIEMBRE: 11 HRB.
Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	clases de velocidades					
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h	> 39 km/h
N	49(21)	10(9)	10(4)	3(1.7)		
NE		12(5)	10(4)			
E		70(30)	22(9)	7(3)		2(0.8)
SE		4(2)				
S		19(8.5)				
SW		7(3)				
W						
NW						

Apend. 2 velocidades de viento observadas para el mes de NOVIEMBRE: 7 HRB.
Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	clases de velocidades					
	> 5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h	> 39 km/h
N	170(73)	22(9)	3(1.5)	2(1)		
NE		9(2.5)				
E		14(6)	3(1.5)			1(0.5)
SE				1(0.5)		
S		3(1.5)				
SW		6(2.5)	1(0.5)			
W						
NW						

Apend. 7 Velocidad de viento observadas para el mes de NOVIEMBRE: 12 HRB.
Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	clases de velocidades					
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h	> 39 km/h
N	25(11)	24(10)	19(8)	3(1.5)	1(0.4)	1(0.4)
NE		4(2)	10(4)			4(2)
E		64(27)	20(11)	6(2.5)		2(1)
SE		4(2)				
S		20(12)	9(4)	1(0.4)		
SW		3(1.5)				
W		3(1.5)				
NW		1(0.4)				

Apend. 3 velocidades de viento observadas para el mes de NOVIEMBRE: 8 HRB.
Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	clases de velocidades					
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h	> 39 km/h
N	163(70)	17(7)	5(2)	2(1)		
NE		9(4)				
E		14(7)	5(2)	3(1)		1(1)
SE						
S		4(2)				
SW		1(0.5)				
W		3(3)	1(0.5)			
NW						

Apend. 8 velocidades de viento observadas para el mes de NOVIEMBRE: 13 HRB.
Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	clases de velocidades					
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h	> 39 km/h
N	14(6)	20(9)	17(7)	3(1)		
NE		4(2)	4(2)	2(0.9)		
E		66(29)	20(11)	13(6)		2(0.9)
SE		4(2)				2(0.9)
S		27(12)	17(7)	3(3)		
SW		1(0.4)				
W		2(0.9)	1(0.4)			
NW						

Apend. 4 velocidades de viento observadas para el mes de NOVIEMBRE: 9 HRB.
Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	clases de velocidades					
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h	> 39 km/h
N	143(61)	17(7)	9(4)	2(1)		1(0.4)
NE		5(2)	1(0.4)			
E		31(13)	10(4)	2(0.9)		
SE		1(0.4)				
S		7(3)	1(0.4)			
SW		2(1)				
W		4(2)				
NW		1(0.4)				

Apend. 9 velocidades de viento observadas para el mes de NOVIEMBRE: 14 HRB.
Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	clases de velocidades					
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h	> 39 km/h
N	11(5)	14(6)	15(6)	4(2)		
NE		5(2)	4(2)	1(0.4)		
E		68(29)	21(9)	6(2.1)		2(0.9)
SE		4(2)				2(0.9)
S		34(15)	25(11)	8(3)		
SW			1(0.4)	2(0.9)		
W		4(2)				
NW						

Apend. 5 velocidades de viento observadas para el mes de NOVIEMBRE: 10 HRB.
Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	clases de velocidades					
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h	> 39 km/h
N	93(40)	22(9)	10(4)	3(1.5)		1(0.4)
NE		9(4)	6(3)	1(0.4)		1(0.4)
E		51(23)	12(5)	1(0.4)		1(0.4)
SE		3(1.5)				
S		11(5)				
SW		1(0.4)				
W		8(3)				
NW						

Apend. 10 velocidades de viento observadas para el mes de NOVIEMBRE: 15 HRB.
Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	clases de velocidades					
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h	> 39 km/h
N	25(11)	11(5)	7(3)	4(2)	2(0.9)	1(0.4)
NE		9(4)	3(1)	2(0.9)	1(0.4)	1(0.4)
E		58(25)	25(10.7)	5(2)	1(0.4)	
SE		4(2)		1(0.4)	2(0.9)	
S		29(12)	21(9)	9(3.7)		
SW		4(2)	2(0.9)			
W		7(3)				
NW						

Apéndice 11 velocidades de viento observadas para el mes de NOVIEMBRE: 18 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	> 30 km/h
N	29(15)	13(9)	30(15)	31(4)	
NE		5(2)	31(4)	2(0.9)	
E		60(29)	29(12)		31(1.5)
SE		4(2)			
S		41(17.5)	19(7)	10(4)	
SW		1(0.4)		1(0.4)	
W		3(1.5)			
NW					

Apéndice 12 velocidades de viento observadas para el mes de NOVIEMBRE: 17 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	> 30 km/h
N	39(18)	17(7)	6(4)	5(1.3)	
NE		5(2)	3(1)	1(0.4)	
E		61(30)	13(9)	3(1.3)	
SE		1(0.4)	1(0.4)	2(0.7)	
S		42(22.9)	5(2.1)	2(1)	
SW		4(2)	1(0.4)		
W		3(1)			
NW					

Apéndice 13 velocidades de viento observadas para el mes de NOVIEMBRE: 19 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	> 30 km/h
N	58(41)	15(9)	11(5)		
NE		6(2.5)	1(0.4)		
E		61(29)	7(3)	4(1.7)	
SE		1(0.4)			
S		24(10)	2(1)		
SW		1(0.4)			
W		3(1)			
NW		1(0.5)			

Apéndice 14 velocidades de viento observadas para el mes de DICIEMBRE: 6 HRS.
Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	Clases de velocidades					
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-18 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h	> 39 km/h
N	17(77)	17(9)	9(9)	21(9)	11(0,4)	21(0,4)
NE		1(0,4)	9(1)	11(0,4)		4(2)
E		9(4)				
SE						
S						
SW						
W						
NW						

Apéndice 15 velocidades de viento observadas para el mes de DICIEMBRE: 7 HRS.
Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	Clases de velocidades					
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-18 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h	> 39 km/h
N	18(77)	1(9)	9(4)	11(0,4)		21(0,4)
NE		21(9)	21(9)	21(0,4)		
E		19(4,5)				
SE		11(0,4)				9(1,4)
S						
SW						
W						
NW						

Apéndice 16 velocidades de viento observadas para el mes de DICIEMBRE: 8 HRS.
Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	Clases de velocidades					
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-18 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h	> 39 km/h
N	15(79)	15(7)	21(9)	21(9)	11(0,5)	11(0,5)
NE		15(7)	21(9)	21(9)	11(0,5)	21(9)
E		19(7)	4(2)	5(2)		
SE						
S						
SW						
W						
NW						

Apéndice 17 velocidades de viento observadas para el mes de DICIEMBRE: 9 HRS.
Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	Clases de velocidades					
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-18 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h	> 39 km/h
N	14(97)	14(9)	11(0,5)	4(2)		11(0,5)
NE		21(1)	21(1)	9(2)		21(1)
E		24(11)	9(4)			
SE		21(1)				
S						
SW						
W						
NW						

Apéndice 18 velocidades de viento observadas para el mes de DICIEMBRE: 10 HRS.
Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	Clases de velocidades					
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-18 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h	> 39 km/h
N	11(59)	13(9)	10(9)	21(1)	11(0,5)	11(0,5)
NE		21(9)	21(1)	11(0,5)		11(0,5)
E		29(15)	14(9)	9(9)		4(2)
SE		10(9)				
S						
SW						
W						
NW						

Apéndice 20 velocidades de viento observadas para el mes de DICIEMBRE: 12 HRS.
Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	Clases de velocidades					
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-18 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h	> 39 km/h
N	49(27)	22(10)	15(7)	11(4)	11(1)	21(9)
NE		4(2)	11(0,5)	9(2)		9(2)
E		29(15)	22(10)	9(4)		21(9)
SE						
S		27(15)	11(0,5)			
SW						
W						
NW						

Apéndice 21 velocidades de viento observadas para el mes de DICIEMBRE: 13 HRS.
Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	Clases de velocidades					
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-18 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h	> 39 km/h
N	21(10)	21(10)	17(9)	7(3)		21(1)
NE		21(10)	7(3)	21(1)		21(1)
E		29(24)	24(11)	11(0,5)		4(2)
SE		11(0,5)	9(4)			
S		27(12)				21(1)
SW		21(1)				
W		11(0,5)				
NW						

Apéndice 22 velocidades de viento observadas para el mes de DICIEMBRE: 14 HRS.
Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	Clases de velocidades					
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-18 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h	> 39 km/h
N	11(9)	15(7)	15(9)	9(9)		21(1)
NE		11(0,5)	9(9)	4(2)		21(9)
E		24(20)	29(10)	11(0,4)		7(9)
SE		11(0,5)	21(1)	11(0,4)		
S		27(12,5)	19(9)			11(0,5)
SW						
W		11(0,5)				
NW						

Apéndice 23 velocidades de viento observadas para el mes de DICIEMBRE: 15 HRS.
Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	Clases de velocidades					
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-18 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h	> 39 km/h
N	17(9)	10(9)	11(9)	4(2)		11(0,4)
NE		21(1)	4(2)	21(0,5)		5(2)
E		29(19)	22(10)	19(7)		7(9)
SE		21(1)	11(0,5)			
S		29(13)	22(10)	9(4)		
SW				11(0,4)		
W						
NW						

Apéndice 24 velocidades de viento observadas para el mes de DICIEMBRE: 16 HRS.
Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	Clases de velocidades					
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-18 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h	> 39 km/h
N	15(7)	19(9)	9(1)	4(2)		11(0,4)
NE		9(9)	7(3)	21(1)		11(0,4)
E		29(23)	24(11)	10(9)		10(9)
SE		11(0,4)				
S		27(17)	13(9)	9(4)		
SW						
W						
NW						

Apend.19 velocidades de viento observadas para el mes de DICIEMBRE: 11 HRS.
Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	clases de velocidades					
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h	> 39 km/h
N	21(37)	14(9)	11(5)	7(3)		1(0.4)
NE		2(0.9)	4(2)	1(0.5)		1(0.4)
E		40(21)	19(9)	10(5)		3(4)
SE						
S		14(9)	1(0.4)			
SW						
W						
NW						

Apend.25 velocidades de viento observadas para el mes de DICIEMBRE: 17 HRS
Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	clases de velocidades					
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h	> 39 km/h
N	33(15)	19(9)	6(3)	4(2)		3(1)
NE		2(1)	5(2)	4(2)	1(0.5)	1(0.5)
E		42(23)	17(8)	14(6)	1(0.5)	3(1)
SE		4(2)				
S		44(20)	4(2)	1(0.5)		
SW		2(1)				
W		1(0.5)				
NW						

Apend.26 velocidades de viento observadas para el mes de DICIEMBRE: 18 HRS
Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	clases de velocidades					
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h	> 39 km/h
N	74(36)	19(9)	7(3)	2(1)	1(0.5)	3(1.5)
NE		5(2)	4(2)	2(1)		
E		40(22)	20(9)	3(1.5)		4(2)
SE						
S		24(11.5)				
SW						
W						
NW						

Apéndice 27 Velocidades de viento observadas para el mes de ENERO: 9 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	Clases de velocidades				
	0-5 km/h 0-11 km/h	6-11 km/h 12-19 km/h	12-19 km/h 20-30 km/h	20-30 km/h 29-50 km/h	> 50 km/h
N	2(0.2)	2(0.2)	7(0.7)		
NE	1(0.1)	1(0.1)	1(0.1)		
E					
SE					
S					
SW		1(0.1)			
W		2(0.2)			
NW					

Apéndice 29 Velocidades de viento observadas para el mes de ENERO: 12 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	Clases de velocidades				
	0-5 km/h 0-11 km/h	6-11 km/h 12-19 km/h	12-19 km/h 20-30 km/h	20-30 km/h 29-50 km/h	> 50 km/h
N	24(2.7)	24(2.7)	18(0.9)	7(0.3)	4(1.8)
NE	7(0.3)	11(4.9)	8(0.4)	5(1.7)	4(1.8)
E	2(0.2)	24(10.9)	20(11)	8(0.3)	1(0.4)
SE	3(0.3)	1(0.4)	1(0.4)		
S	18(7)				
SW	1(0.4)				
W					
NW					

Apéndice 28 Velocidades de viento observadas para el mes de ENERO: 7 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	Clases de velocidades				
	0-5 km/h 0-11 km/h	6-11 km/h 12-19 km/h	12-19 km/h 20-30 km/h	20-30 km/h 29-50 km/h	> 50 km/h
N	20(61.8)	27(8.6)	7(2.3)	1(0.4)	
NE	2(0.6)	2(0.6)			
E	6(18.7)				
SE					
S					
SW					
W					
NW		5(2)			

Apéndice 34 Velocidades de viento observadas para el mes de ENERO: 19 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	Clases de velocidades				
	0-5 km/h 0-11 km/h	6-11 km/h 12-19 km/h	12-19 km/h 20-30 km/h	20-30 km/h 29-50 km/h	> 50 km/h
N	24(2.7)	18(0.9)	22(0.9)	6(0.4)	2(0.8)
NE	11(4.9)	9(0.4)	8(0.3)	3(1.2)	1(0.4)
E	5(21.8)	25(10.9)	18(0.9)	10(0.5)	1(0.4)
SE	2(0.8)	1(0.4)	1(0.4)	1(0.4)	
S	25(10.9)	17(4.6)	17(4.6)	5(1.9)	1(0.4)
SW	1(0.4)	1(0.4)	1(0.4)	1(0.4)	
W	1(0.4)	2(0.8)	2(0.8)	1(0.4)	
NW					

Apéndice 29 Velocidades de viento observadas para el mes de ENERO: 8 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	Clases de velocidades				
	0-5 km/h 0-11 km/h	6-11 km/h 12-19 km/h	12-19 km/h 20-30 km/h	20-30 km/h 29-50 km/h	> 50 km/h
N	20(61)	1(0.3)	4(12)		
NE	5(15)	2(6)	1(3)		
E	12(36)				
SE					
S					
SW					
W					
NW					

Apéndice 35 Velocidades de viento observadas para el mes de ENERO: 14 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	Clases de velocidades				
	0-5 km/h 0-11 km/h	6-11 km/h 12-19 km/h	12-19 km/h 20-30 km/h	20-30 km/h 29-50 km/h	> 50 km/h
N	14(0.9)	14(0.9)	17(7)	4(2)	2(1)
NE	2(0.9)	9(4)	9(4)	2(0.9)	1(0.4)
E	2(0.9)	2(0.9)	3(1.1)	11(4.6)	5(1.9)
SE				1(0.4)	1(0.4)
S				12(4.6)	3(1.1)
SW				1(0.4)	1(0.4)
W				1(0.4)	
NW				1(0.4)	

Apéndice 30 Velocidades de viento observadas para el mes de ENERO: 6 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	Clases de velocidades				
	0-5 km/h 0-11 km/h	6-11 km/h 12-19 km/h	12-19 km/h 20-30 km/h	20-30 km/h 29-50 km/h	> 50 km/h
N	18(75.4)	17(7)	6(2)		
NE	5(1.2)	2(0.9)		1(0.4)	
E	22(19)	9(7)			
SE					
S					
SW					
W					
NW					

Apéndice 36 Velocidades de viento observadas para el mes de ENERO: 15 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	Clases de velocidades				
	0-5 km/h 0-11 km/h	6-11 km/h 12-19 km/h	12-19 km/h 20-30 km/h	20-30 km/h 29-50 km/h	> 50 km/h
N	18(7.9)	14(0.4)	10(4)	6(3)	2(0.9)
NE	1(0.4)	9(2.9)	1(0.4)	1(0.4)	1(0.4)
E	20(22.9)	27(11.2)	19(8.9)	5(1.9)	3(1.2)
SE	1(0.4)	2(0.8)	1(0.4)	1(0.4)	1(0.4)
S	22(29.9)	32(19)	19(9)	2(0.6)	2(0.9)
SW	3(1.2)				
W					
NW					

Apéndice 31 Velocidades de viento observadas para el mes de ENERO: 10 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	Clases de velocidades				
	0-5 km/h 0-11 km/h	6-11 km/h 12-19 km/h	12-19 km/h 20-30 km/h	20-30 km/h 29-50 km/h	> 50 km/h
N	14(659)	16(7.9)	6(2.9)	3(1)	1(0.4)
NE	2(0.9)	4(2)		1(0.4)	1(0.4)
E	2(1.4)	2(1.4)			
SE					
S					
SW					
W					
NW					

Apéndice 37 Velocidades de viento observadas para el mes de ENERO: 16 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	Clases de velocidades				
	0-5 km/h 0-11 km/h	6-11 km/h 12-19 km/h	12-19 km/h 20-30 km/h	20-30 km/h 29-50 km/h	> 50 km/h
N	22(9)	11(4.5)	11(4.5)	5(2)	3(1.2)
NE	1(0.4)	3(1.2)	2(0.8)	4(1.6)	1(0.4)
E	20(22.9)	20(9)	14(6.6)	14(6.6)	3(1.2)
SE	2(0.8)	1(0.4)	2(0.8)	2(0.8)	1(0.4)
S	42(17.6)	42(17.6)	32(12.9)	3(1.2)	2(0.8)
SW					
W					
NW					

April 28 - velocidades de viento observadas para el mes de Apendice 28 - velocidades de viento observadas para el mes de

Los numeros entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	clases de velocidades				
	0-5 km/h 07(26)	6-11 km/h 18(9)	12-19 km/h 27(13)	20-29 km/h 7(3)	≥ 30 km/h 1(0.4)
N	18(9)	27(13)	9(4)	7(3)	1(0.4)
NE	27(13)	6(3)	18(9)	11(5)	1(0.4)
E	6(3)	18(9)	10(4)	18(9)	1(0.4)
SE	18(9)	10(4)	18(9)	11(5)	1(0.4)
S	10(4)	18(9)	18(9)	11(5)	1(0.4)
SW	18(9)	10(4)	18(9)	11(5)	1(0.4)
W	10(4)	18(9)	18(9)	11(5)	1(0.4)
NW	18(9)	10(4)	18(9)	11(5)	1(0.4)

April 29 - velocidades de viento observadas para el mes de Apendice 29 - velocidades de viento observadas para el mes de

Los numeros entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	clases de velocidades				
	0-5 km/h 31(13)	6-11 km/h 10(4)	12-19 km/h 41(16)	20-29 km/h 13(5)	≥ 30 km/h 2(0.8)
N	31(13)	10(4)	41(16)	13(5)	2(0.8)
NE	41(16)	7(3)	18(7)	14(5)	1(0.4)
E	7(3)	18(7)	14(5)	14(5)	1(0.4)
SE	18(7)	14(5)	14(5)	14(5)	1(0.4)
S	14(5)	14(5)	14(5)	14(5)	1(0.4)
SW	14(5)	14(5)	14(5)	14(5)	1(0.4)
W	14(5)	14(5)	14(5)	14(5)	1(0.4)
NW	14(5)	14(5)	14(5)	14(5)	1(0.4)

April 30 - velocidades de viento observadas para el mes de Apendice 30 - velocidades de viento observadas para el mes de

Los numeros entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	clases de velocidades				
	0-5 km/h 69(28.8)	6-11 km/h 19(7.6)	12-19 km/h 11(4.6)	20-29 km/h 3(1.2)	≥ 30 km/h 2(0.8)
N	69(28.8)	19(7.6)	11(4.6)	3(1.2)	2(0.8)
NE	19(7.6)	11(4.6)	11(4.6)	4(1.6)	2(0.8)
E	11(4.6)	11(4.6)	11(4.6)	4(1.6)	2(0.8)
SE	11(4.6)	11(4.6)	11(4.6)	4(1.6)	2(0.8)
S	11(4.6)	11(4.6)	11(4.6)	4(1.6)	2(0.8)
SW	11(4.6)	11(4.6)	11(4.6)	4(1.6)	2(0.8)
W	11(4.6)	11(4.6)	11(4.6)	4(1.6)	2(0.8)
NW	11(4.6)	11(4.6)	11(4.6)	4(1.6)	2(0.8)

Apéndice 40) velocidades de viento observadas para el mes de FEBRERO: 6 HRS.
Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h > 39 km/h
N	231(63)				
NE	14(9)	7(2,5)	4(1,7)	3(1)	
E	8(9)			1(0,5)	
SE					
S	1(0,5)				
SW					
W	7(2,5)				
NW					

Apéndice 46) velocidades de viento observadas para el mes de FEBRERO: 12 HRS.
Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h > 39 km/h
N	73(29)	57(19)	124(4,9)	3(1)	1(0,4)
NE		7(9)	4(9)	1(0,4)	
E		52(19)	11(2,5)	1(0,4)	
SE		4(1,5)	1(0,4)		4(1,1)
S		4(1,5)	4(1,5)		
SW		1(0,4)			
W		3(1)			
NW					

Apéndice 41) velocidades de viento observadas para el mes de FEBRERO: 7 HRS.
Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h > 39 km/h
N	224(63)	15(7)	4(2)	1(0,5)	
NE		3(1)	1(0,4)		
E			3(1)		
SE					
S					
SW					
W					
NW					

Apéndice 47) velocidades de viento observadas para el mes de FEBRERO: 13 HRS.
Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h > 39 km/h
N	34(13)	23(7,9)	1(0,4)	7(2,5)	
NE		1(0,4)	5(2)	4(9)	
E		4(1,5)	14(4,9)	1(0,4)	
SE		2(0,7)	1(0,4)		
S		52(17,2)	2(0,7)		
SW		1(0,4)		1(0,4)	
W		5(2)			
NW			1(0,4)		

Apéndice 42) velocidades de viento observadas para el mes de FEBRERO: 8 HRS.
Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h > 39 km/h
N	237(63)	13(9)	3(1)		
NE		4(0,4)	1(0,4)		
E		15(9)	2(0,5)		
SE					
S		2(1)			
SW					
W					
NW					

Apéndice 48) velocidades de viento observadas para el mes de FEBRERO: 14 HRS.
Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h > 39 km/h
N	27(9)	20(7,2)	15(9)	3(1)	1(0,4)
NE		1(0,4)	4(2)	4(1,4)	1(0,4)
E		4(1,7)	1(0,4)	1(0,4)	
SE		3(1)	4(1,7,2)	2(0,7)	1(0,4)
S		24(1,4)	1(0,4)		
SW			1(0,4)		
W			2(0,7)		
NW					

Apéndice 43) velocidades de viento observadas para el mes de FEBRERO: 9 HRS.
Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h > 39 km/h
N	225(61)	13(9)	3(1)	1(0,4)	
NE		7(9)	1(0,4)		
E		13(9)	4(1,5)	4(1)	
SE					
S		3(1)			
SW					
W					
NW					

Apéndice 49) velocidades de viento observadas para el mes de FEBRERO: 15 HRS.
Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h > 39 km/h
N	24(9)	13(4,9)	11(9)	4(1,4)	1(1)
NE		1(0,4)	4(2)	5(2)	2(0,7)
E		1(0,4)	1(0,4)	7(2,9)	1(0,4)
SE		2(0,7)	1(0,4)	1(0,4)	
S		2(0,7)	4(1,5)	2(0,7)	3(1)
SW		1(0,4)		3(1)	4(1,4)
W			3(1)		
NW				1(0,4)	

Apéndice 44) velocidades de viento observadas para el mes de FEBRERO: 10 HRS.
Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h > 39 km/h
N	184(61)	23(9)	5(2)	4(1,5)	
NE		6(2)	3(1)	1(0,5)	
E		34(12)	1(0,4)	5(2)	
SE					
S		12(4)			
SW					
W					
NW					

Apéndice 50) velocidades de viento observadas para el mes de FEBRERO: 19 HRS.
Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h > 39 km/h
N	14(9)	15(9)	8(9)		1(0,4)
NE		4(1,4)	3(1)	14(9)	1(0,4)
E		4(1,5)	17(9)	2(0,7)	3(1)
SE		5(1,4)	1(0,4)	1(0,4)	
S		74(27)	2(0,7)		4(1,4)
SW		1(0,4)			
W			1(0,4)	2(0,7)	
NW			3(1)	1(0,4)	

Apend.45 velocidades de viento observadas para el mes de FEBRERO: 11 HRB.
Los numeros entre parentesis son las frecuencias relativas

Direccion	clases de velocidades					
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-28 km/h	29-33 km/h	> 33 km/h
N	110(30.7)	27(10)	13(5)			1(0.4)
NE		5(2)	5(2)	3(1)		
E		40(17)	18(8)	13(6)		1(0.4)
SE		4(1)				
S		25(9)	2(0.7)			
SW						
W		1(0.4)	1(0.4)			
NW						

Apend.51 velocidades de viento observadas para el mes de FEBRERO: 17 HRB
Los numeros entre parentesis son las frecuencias relativas

Direccion	clases de velocidades					
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-28 km/h	29-33 km/h	> 33 km/h
N	24(9)	21(8)	9(3)	1(0.4)		
NE		3(1)	7(2.5)	3(1)		1(0.4)
E		40(17)	16(8)	9(3)		2(0.8)
SE		1(0.4)	1(0.8)	1(0.4)		1(0.4)
S		82(29.6)	30(11.2)	6(2.8)		2(0.7)
SW		1(0.4)	1(0.4)			
W		1(0.4)	1(0.4)			
NW						

Apend.52 velocidades de viento observadas para el mes de FEBRERO: 19 HRB
Los numeros entre parentesis son las frecuencias relativas

Direccion	clases de velocidades					
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-28 km/h	29-33 km/h	> 33 km/h
N	85(31)	21(7.5)	3(1)	1(0.4)		
NE		12(4)	6(2)	2(0.8)		
E		37(13)	17(6)	4(1.6)		3(1)
SE		1(0.4)	1(0.4)	1(0.4)		
S		88(26)	6(2.2)	1(0.4)		
SW		5(2)	1(0.4)			
W			1(0.4)			
NW						

Apendice 53 velocidades de viento observadas para el mes de MARZO: 8 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Direccion	Clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h
N	187(79)			1(0.4)	
NE	20(19)	14(9)	9(2.9)		
E		62(4)	2(0.9)		
SE					
S					
SW		4(2)	1(0.4)		
W					
NW					

Apendice 54 velocidades de viento observadas para el mes de MARZO: 7 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Direccion	Clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h
N	99(4)	17(7)	4(1.4)	5(2)	1(0.4)
NE	6(9)	7(9)	2(1)	2(1)	1(0.4)
E	20(19)	20(19)	3(1)	2(0.9)	4(1.2)
SE	2(0.9)	1(0.4)	1(0.4)	4(1.2)	1(0.4)
S	4(1.9)	21(19.9)	4(1.2)	1(0.4)	2(0.9)
SW	2(0.9)	1(0.4)	1(0.4)		
W					
NW		1(0.4)	1(0.4)		

Apendice 55 velocidades de viento observadas para el mes de MARZO: 6 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Direccion	Clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h
N	200(2)	19(7)	1(0.4)		
NE		4(2)	2(0.9)		
E					
SE					
S					
SW		4(2)	1(0.4)		
W					
NW					

Apendice 56 velocidades de viento observadas para el mes de MARZO: 5 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Direccion	Clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h
N	14(9)	6(9)	11(4.5)	9(4)	1(0.4)
NE		4(1.9)	4(1.9)	1(0.4)	1(0.4)
E		4(1.9)	1(0.4)	9(4)	3(1)
SE		1(0.4)	2(0.9)	1(0.4)	1(0.4)
S		24(19.9)	24(19.9)	21(12.9)	19(4.9)
SW			1(0.4)	2(0.9)	1(0.4)
W			3(1.2)		
NW					

Apendice 57 velocidades de viento observadas para el mes de MARZO: 4 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Direccion	Clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h
N	202(91)	20(9)	5(2)	2(0.9)	
NE		2(0.9)			
E		11(4.9)		1(0.4)	
SE					
S					
SW					
W		6(2.4)			
NW					

Apendice 58 velocidades de viento observadas para el mes de MARZO: 3 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Direccion	Clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h
N	7(1.2)	1(0.4)	4(1.9)	3(1.2)	2(0.9)
NE		1(0.4)	2(0.9)	2(0.9)	5(2)
E		24(9)	19(9)	1(0.4)	2(0.9)
SE		1(0.4)	2(0.9)	2(0.9)	2(0.9)
S		40(19)	20(12.2)	40(19)	24(12.2)
SW		1(0.4)	2(0.9)	2(0.9)	5(2)
W			2(0.9)		
NW					

Apendice 59 velocidades de viento observadas para el mes de MARZO: 2 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Direccion	Clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h
N	187(79)	13(9)	8(2.9)	2(0.9)	
NE		3(1.2)	1(0.4)	1(0.4)	
E		17(7)	1(0.4)	2(0.9)	
SE					
S		1(0.4)			
SW					
W		4(1.9)			
NW					

Apendice 60 velocidades de viento observadas para el mes de MARZO: 19 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Direccion	Clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h
N	214(9)	8(3)	4(1.9)	1(0.4)	3(1.2)
NE		2(0.9)	6(2.9)	1(0.4)	1(0.4)
E		21(9)	2(0.9)	4(2.4)	5(2)
SE		2(0.9)	2(0.9)	1(0.4)	1(0.4)
S		31(12.9)	40(15.9)	21(12.2)	2(0.9)
SW		1(0.4)	1(0.4)	2(0.9)	2(0.9)
W			4(1.9)	1(0.4)	
NW					

Apendice 61 velocidades de viento observadas para el mes de MARZO: 10 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Direccion	Clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h
N	140(59)	12(9)	6(2)	5(2)	1(0.4)
NE		2(1)	3(1.9)		1(0.4)
E		23(19)	5(2)	1(0.4)	2(0.9)
SE		5(1.2)			
S		23(19)	2(0.9)		
SW					
W		1(0.4)			
NW					

Apendice 62 velocidades de viento observadas para el mes de MARZO: 19 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Direccion	Clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h
N	1(0.4)	1(0.4)	2(0.9)	4(1.9)	2(0.9)
NE		1(0.4)	2(0.9)	1(0.4)	7(2.9)
E		24(19)	14(9)	7(3.1)	1(0.4)
SE		1(0.4)	2(0.9)	1(0.4)	1(0.4)
S		40(18.9)	5(2.2)	22(10.1)	9(2)
SW		1(0.4)	2(0.9)		
W			1(0.4)		
NW					

Apend.58 velocidades de viento observadas para el mes de MARZO: 11 HRS.
 Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Direccion	clase de velocidades					
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	29-33 km/h	> 33 km/h
N	74(30)	23(9)	7(3)	3(1.2)		
NE		6(2.4)	1(0.4)			3(1.2)
E		54(22)	9(3.2)	4(1.6)		1(0.4)
SE		5(2)				
S		45(18)	5(2)	2(0.8)		
SW			1(0.4)			
W		4(1.4)		1(0.4)		
NW		1(0.4)				

Apend.64 velocidades de viento observadas para el mes de MARZO: 17 HRS
 Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Direccion	clase de velocidades					
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	29-33 km/h	> 33 km/h
N	15(6)	7(2.8)	2(0.8)	4(1.6)	2(0.8)	2(0.8)
NE		1(0.4)	2(0.8)	1(0.4)	2(0.8)	1(0.4)
E		36(14)	18(7)	3(1.4)		3(1.2)
SE		4(1.6)	1(0.4)	2(0.8)		1(0.4)
S		60(24.1)	40(16)	20(10.1)		10(4)
SW		1(0.4)	1(0.4)	2(0.8)		
W		1(0.4)	3(1.2)			
NW						

Apend.65 velocidades de viento observadas para el mes de MARZO: 19 HRS
 Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Direccion	clase de velocidades					
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	29-33 km/h	> 33 km/h
N	53(25.3)	7(2.6)	4(1.9)	5(2)		3(1)
NE		2(0.9)	3(1)	1(0.4)	1(0.4)	2(0.9)
E		23(9)	18(8)	7(2.9)	1(0.4)	
SE		3(1)	2(0.9)	1(0.4)		
S		67(27)	27(11)	4(1.6)		
SW		1(0.4)	1(0.4)			
W		3(1)				
NW						

Apéndice 66 velocidades de viento observadas para el mes de ABRIL: 6 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	Clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h
N	21(40)	19(19)	34(22)		
NE		9(9)			
E		5(9)			
SE		2(9)			
S		1(0,4)			
SW		4(9)			
W		1(0,4)			
NW		1(0,4)			

Apéndice 72 velocidades de viento observadas para el mes de ABRIL: 12 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	Clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h
N	29(11)	20(9)	10(4)	10(4)	10(4)
NE		9(9)	9(4)	10(4)	2(1)
E		7(9)	9(4)	3(1,2)	10(4)
SE		10(4)	10(4)		
S		4(1,9)	2(0,9)	5(2)	9(1,2)
SW		1(0,4)	10(4)		
W		4(2)	10(4)		
NW					

Apéndice 67 velocidades de viento observadas para el mes de ABRIL: 7 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	Clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h
N	21(69)	19(9)	1(0,4)		
NE		9(2,4)			
E		2(0,9)			
SE		4(1,9)			
S		2(0,9)			
SW		4(1,9)			
W		2(0,9)			
NW					

Apéndice 73 velocidades de viento observadas para el mes de ABRIL: 19 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	Clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h
N	31(9)	13(9)	9(4)	4(1,9)	10(4)
NE		20(7)	19(9)	10(4)	10(4)
E		6(2,2)	7(0,9)	10(4)	2(0,7)
SE		2(0,9)	4(1,9)	2(0,9)	2(0,9)
S		1(0,4)	10(4)	10(4)	9(2,9)
SW		1(0,4)	10(4)	10(4)	
W		3(1)	4(1,9)	10(4)	10(4)
NW					

Apéndice 68 velocidades de viento observadas para el mes de ABRIL: 9 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	Clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h
N	27(67)	12(9)	2(1)		
NE		7(9)	1(0,4)		
E					
SE		4(1,9)			
S		9(2)			
SW					
W					
NW					

Apéndice 74 velocidades de viento observadas para el mes de ABRIL: 14 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	Clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h
N	9(7)	9(9)	7(9)	10(4)	10(4)
NE		1(0,4)	9(2,4)	4(1,9)	9(1,9)
E		2(0,9)	3(1,2)	10(4)	10(4)
SE		2(0,9)	4(1,9)	9(1,2)	9(1,2)
S		4(1,9)	2(0,9)	10(4)	10(4)
SW		2(0,9)	4(1,9)	10(4)	
W		1(0,4)	4(1,9)	10(4)	
NW					

Apéndice 69 velocidades de viento observadas para el mes de ABRIL: 9 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	Clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h
N	19(79)	7(9)	1(0,4)		
NE		1(0,4)	1(0,4)		
E		2(0,9)	2(1,2)		
SE		2(0,9)			
S		12(9)	2(1)		
SW		1(0,4)			
W		1(0,4)			
NW		1(0,4)			

Apéndice 75 velocidades de viento observadas para el mes de ABRIL: 15 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	Clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h
N	9(3,9)	9(9)	2(1)		10(4)
NE		1(0,4)	9(2,4)	9(2,9)	10(4)
E		2(0,9)	9(4)	2(0,9)	10(4)
SE		1(0,4)	4(1,9)	2(0,9)	10(4)
S		4(1,9)	5(2,0)	2(0,9)	9(1,9)
SW		1(0,4)	2(1)	10(4)	10(4)
W		4(1,9)	2(1)	2(1)	
NW		1(0,4)	2(1,2)	2(1)	

Apéndice 70 velocidades de viento observadas para el mes de ABRIL: 10 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	Clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h
N	13(69)	13(6)	6(2,4)	1(0,4)	
NE		9(4)	1(0,4)		
E		43(17)	7(2,4)		
SE		27(11)	2(0,9)		
S					
SW					
W		1(0,4)			
NW					

Apéndice 76 velocidades de viento observadas para el mes de ABRIL: 10 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	Clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h
N	17(7)	9(9)	4(1,9)	2(1,2)	10(4)
NE		2(0,9)	3(1,2)	9(2)	2(0,9)
E		24(14)	9(9)	2(0,9)	10(4)
SE		9(2)	9(3,9)	2(0,9)	10(4)
S		69(25,9)	29(14,9)	23(7,4)	10(4)
SW		2(0,9)	2(0,9)	2(0,9)	
W		2(0,9)	4(1,9)		
NW					

Apéndice 7.1 velocidades de viento observadas para el mes de ABRIL: 11 HRB.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	> 30 km/h
N	67(27)	27(9)	10(4)	1(0.4)	1(0.4)
NE	3(1)	5(2)	5(2)	1(0.4)	1(0.4)
E	66(26)	4(2)	16(6)	3(1.2)	
SE		4(2)			
S		32(12)	2(0.8)		
SW		3(1)			
W		1(0.4)			
NW					

Apéndice 7.7 velocidades de viento observadas para el mes de ABRIL: 17 HRB.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	clases de velocidades					
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h	> 39 km/h
N	25(11)	5(2)	3(1.2)			1(0.4)
NE		42(17)	2(0.8)	7(3)	1(0.4)	2(0.8)
E		1(0.4)	14(6)	1(0.4)	1(0.4)	2(0.8)
SE		8(3.2)	32(13.6)	3(1.2)		5(1.8)
S		1(0.4)	2(0.8)			
SW		3(1.2)	1(0.4)			
W		1(0.4)				
NW						

Apéndice 7.6 velocidades de viento observadas para el mes de ABRIL: 19 HRB.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Dirección	clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	> 30 km/h
N	74(30)	7(3)	1(0.4)	1(0.4)	
NE		2(0.8)	6(2)	1(0.4)	
E		43(17)	12(5)	4(2)	1(0.4)
SE		65(26)	1(0.4)	1(0.4)	
S		7(3)	15(6.6)	6(3.6)	
SW		3(1)			
W					
NW					

apend.79 velocidades de viento observadas para el mes de MAYO: 6 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Direccion	clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h > 39 km/h
N	22(0.9)	6(3)	1(0.4)		
NE		4(1.6)			
E		2(0.8)			
SE					
S					
SW					
W					
NW					

apend.85 velocidades de viento observadas para el mes de MAYO: 12 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Direccion	clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h > 39 km/h
N	64(2.9)	2(0.9)	5(2)	2(0.9)	1(0.4)
NE		7(3)	5(2)		
E		60(2.6)	9(2.3)		
SE					
S		50(2.1)	2(1.0)		
SW			1(0.4)		
W					
NW					

apend.80 velocidades de viento observadas para el mes de MAYO: 7 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Direccion	clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h > 39 km/h
N	21(7.9)	6(3)	1(0.4)		
NE		4(1.6)			
E					
SE					
S		4(2)			
SW					
W		7(3)			
NW					2(1)

apend.86 velocidades de viento observadas para el mes de MAYO: 13 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Direccion	clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h > 39 km/h
N	19(7)	19(7)	2(0.8)	4(2)	
NE		9(2.4)	2(1.4)	1(0.4)	
E		53(22)	19(4)	2(1.4)	1(0.4)
SE			2(0.8)		
S		52(24)	49(19.2)	2(0.8)	1(0.4)
SW		1(0.4)	2(0.8)		
W		4(1.6)			
NW					

apend.81 velocidades de viento observadas para el mes de MAYO: 8 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Direccion	clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h > 39 km/h
N	21(9.9)	2(1)			
NE		4(1.6)			
E		6(4)			
SE					
S		4(1.6)			
SW					
W		2(1)			
NW					1(0.4)

apend.87 velocidades de viento observadas para el mes de MAYO: 14 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Direccion	clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h > 39 km/h
N	29(11)	19(4)	6(3)		
NE		2(0.8)	2(0.8)		
E		22(15)	11(4.5)		
SE		5(2)	2(0.8)		
S		67(26)	22(13.6)		
SW		2(1.2)	1(0.4)		
W		9(2.3)	2(0.8)		
NW			2(0.8)		

apend.82 velocidades de viento observadas para el mes de MAYO: 9 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Direccion	clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h > 39 km/h
N	166(7.9)	9(4)			
NE		6(3)			
E		23(9)	1(0.4)		
SE		1(0.4)			
S		135(4)	1(0.4)		
SW					
W					
NW					

apend.88 velocidades de viento observadas para el mes de MAYO: 15 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Direccion	clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h > 39 km/h
N	37(15)	12(5)	1(0.4)		
NE		4(1.6)	4(2)		
E		29(11.5)	6(3)		
SE		1(0.4)	2(0.8)		
S		54(22)	22(16.4)		
SW		4(1.6)	4(1.6)		
W		9(4)	4(2.3)		
NW			1(0.4)		

apend.83 velocidades de viento observadas para el mes de MAYO: 10 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Direccion	clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h > 39 km/h
N	136(5.6)	16(7.4)	2(0.8)		
NE		6(2)	1(0.4)		
E		49(18.5)	2(1)		
SE		3(1)			
S		28(12)			
SW					
W					
NW					

apend.89 velocidades de viento observadas para el mes de MAYO: 16 HRS.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Direccion	clases de velocidades				
	0-5 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-29 km/h	30-39 km/h > 39 km/h
N	59(21)	7(3)	2(1.2)		
NE		2(0.8)	1(0.4)		
E		32(13)	6(3)		
SE		7(3.2)	2(0.8)		
S		77(32)	33(12.2)		
SW		2(1.2)	2(0.8)		
W		2(1.2)			
NW			1(0.4)		

Apéndice 84 velocidades de viento observadas para el mes de MAYO: 11 HRB.

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Direccion	clases de velocidades				
	0-6 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-28 km/h	29-33 km/h
N					
NE	79(32)	14(9)	9(7)	1(0.4)	
E		9(4)	1(0.4)		
SE		79(32)	3(1)		
S		1(0.4)			
SW		49(19.9)	4(2)		
W		2(0.9)	2(0.9)		
NW		1(0.4)			

Apéndice 85 velocidades de viento observadas para el mes de MAYO: 17 HRB

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

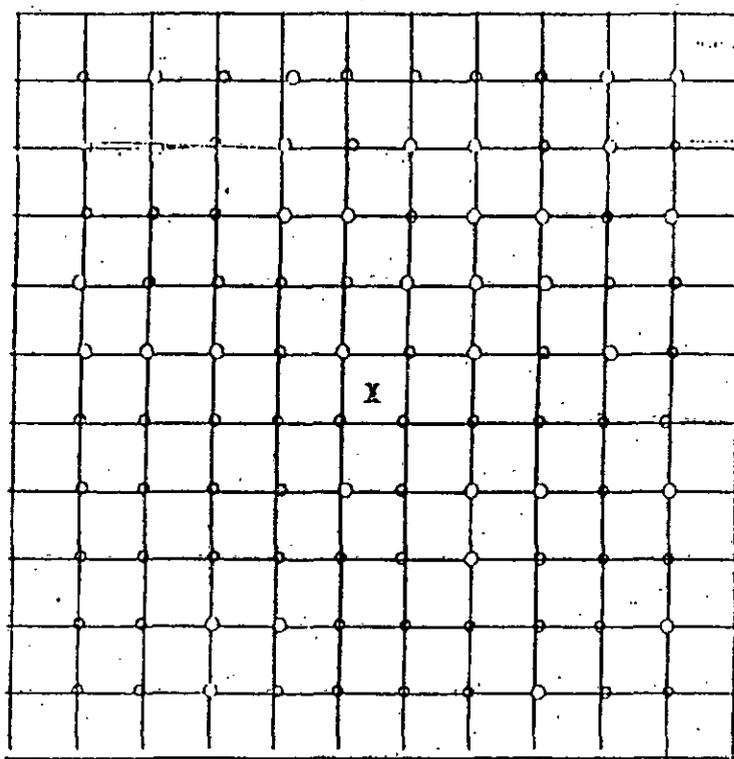
Direccion	clases de velocidades				
	0-6 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-28 km/h	29-33 km/h
N					
NE	79(32)	0(2.5)	5(2)		
E		5(2)	0(2.5)		
SE		31(12)	1(0.4)	3(1.2)	
S		3(1.2)	18(7.8)	1(0.4)	
SW		75(31)	18(7.8)	2(0.9)	
W		2(0.9)	2(0.9)		
NW		0(2.5)	1(0.4)		

Apéndice 81 velocidades de viento observadas para el mes de MAYO: 18 HRB

Los números entre paréntesis son las frecuencias relativas

Direccion	clases de velocidades				
	0-6 km/h	6-11 km/h	12-19 km/h	20-28 km/h	29-33 km/h
N					
NE	172(59)	3(1.2)	1(0.4)	1(0.4)	
E		0(2.5)	4(1.6)		
SE		28(10)		4(1.6)	
S		1(0.4)			
SW		49(20)	1(0.4)		
W		1(0.4)	1(0.4)		
NW		0(2.5)			

Apéndice No. 92

LOCALIZACION DEL ASPERSOR
Y COLECTORES

X = Localización del aspersor

o = Localización de los colectores



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE AGRONOMIA
**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
 AGRONOMICAS**

Ref. Sem.042-93

LA TESIS TITULADA: "ANALISIS SINOPTICO DEL REGIMEN DE VIENTOS Y SU RELACION CON LA UNIFORMIDAD DEL RIEGO POR ASPERSION. ESTUDIO DE CASO: ESTACION LABOR OVALLE, QUETZALTENANGO".

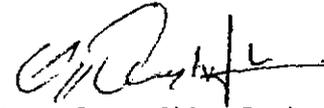
DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: MARIO ROBERTO BAUTISTA GODINEZ

CARNET No: 81-30237

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Francisco Mazariegos
 Ing. Agr. Isaac Herrera
 Ing. Agr. Gustavo Méndez

Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

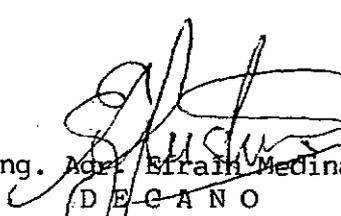

 Ing. Agr. Rolando Lara Alecio
 ASESOR


 Ing. Agr. Otto Castro
 ASESOR


 Ing. Agr. Rolando Lara Alecio
 DIRECTOR DEL IIA



I M P R I M A S E


 Ing. Agr. Miriam Medina
 DECANO



c.c. Control Académico
 Archivo
 /prr.

APARTADO POSTAL 1545 - 01901 GUATEMALA, C. A.
 TELEFONO 769794 - FAX (5022) 769770