

PROGRAMA REGIONAL DE ENERGIA EOLICA

**DISEÑO, HABILITACION Y OPERACION DE LABORATORIOS MOVILES
PARA CLIMATOLOGIA EOLICA**

Serie: Documentos D-PLACE No. 13

PROGRAMA REGIONAL DE ENERGIA EOLICA

**DISEÑO, HABILITACION Y OPERACION DE LABORATORIOS MOVILES
PARA CLIMATOLOGIA EOLICA**

1984

PROLOGO

La mayor pluralidad energética en la oferta y el consumo de América Latina, no debe sustentarse solamente en el aprovechamiento de las fuentes autóctonas, sino también en tecnologías desarrolladas para ser aplicadas con nuestras propias capacidades.

OLADE, en cumplimiento de las prioridades establecidas en el Programa Latinoamericano de Cooperación Energética, PLACE, relativas a promover y apoyar la capacidad técnica y la transferencia tecnológica en América Latina, se complace en publicar esta Guía de Diseño, Habilitación y Operación de Laboratorios Móviles para Climatología Eólica. En ella se presentan orientaciones metodológicas necesarias para habilitar el equipamiento indispensable relativas a las tareas de prospección directa en zonas y sitios de interés, que por sus características eólicas requieran la realización de estudios detallados de caracterización y evaluación de su potencial.

Es nuestro interés que la evaluación detallada de este recurso energético, a través de la compilación de inventarios nacionales de zonas y sitios, con aplicaciones potenciales significativas y viabilidad técnico-económica, permita estructurar programas coherentes para el desarrollo de este recurso.

Confiamos que con esta publicación que complementa el Atlas Eólico Preliminar de América Latina y El Caribe, se propicie un impulso al desarrollo del aprovechamiento de las fuentes energéticas nuevas y renovables en su aplicación eólica.

Ulises Ramírez O.
SECRETARIO EJECUTIVO

Quito, julio de 1984

INDICE

	Pág.
INTRODUCCION	I-1
CAPITULO 1. PROSPECCION DIRECTA DE ENERGIA EOLICA	1-1
1.1 Antecedentes	1-1
1.2 Objetivos	1-2
1.2.1 Evaluación energética	1-2
1.2.2 Estudios de caracterización del viento	1-6
a. Patrón de distribución diario	1-6
b. Dirección dominante del viento	1-7
c. Perfil de velocidades	1-9
d. Correlación de parámetros climatológicos	1-9
e. Mecánica del viento	1-10
1.3 Métodos matemáticos utilizados para el cálculo de resultados de interés	1-11
CAPITULO 2. ESPECIFICACIONES DE DISEÑO	2-1
2.1 Especificación de funciones directas	2-2
2.1.1 Mediciones meteorológicas	2-2
2.1.2 Características y requisitos mínimos que deben reunir las mediciones	2-3
2.1.3 Características de la instrumentación requerida	2-6
a. Medidores de velocidad y dirección del viento	2-7
b. Medidores de radiación solar global	2-8
c. Medidores de humedad relativa, temperatura y presión atmosférica	2-10
d. Medidores de velocidad del viento para la obtención de datos necesarios para la estimación de la rugosidad de la superficie	2-10
2.1.4 Adquisición de datos complementarios	2-11
a. Evidencia ecológica	2-11
b. Encuesta	2-14
c. Planos topográficos básicos	2-19
2.2 Especificación de funciones indirectas	2-20
2.2.1 Traslado	2-20
2.2.2 Instalación	2-20
2.2.3 Operación	2-21
2.2.4 Estancia	2-22
2.2.5 Seguridad	2-22
2.3 Desgloce de instrumentación, equipo, herramienta, accesorios y acondicionamiento necesarios para la habilitación	2-24
CAPITULO 3. HABILITACION DEL LABORATORIO MOVIL DEL IIE	3-1
3.1 Vehículo habilitado	3-1
3.2 Habilitación del vehículo	3-1
3.2.1 Selección de instrumentación y accesorios para instalación de sensores y herramienta	3-3

3.2.2	Distribución de sensores anemométricos	3-18
3.2.3	Distribución del espacio interior del vehículo	3-18
3.2.4	Distribución del espacio exterior del vehículo	3-30
3.2.5	Instalación eléctrica	3-41
CAPITULO 4. OPERACION DEL LABORATORIO MOVIL		4-1
4.1	Preparativos antes de salir al lugar de medición	4-1
4.1.1	Verificación de funcionamiento del instrumental	4-1
4.1.2	Verificación de funcionamiento del servicio	4-2
4.1.3	Comprobación de la presencia del equipo requerido	4-2
4.1.4	Adquisición del material de instalación	4-3
4.2	Instalación	4-4
4.2.1	Determinación del punto óptimo de medición	4-4
4.2.2	Instalación de servicios generales del laboratorio	4-5
4.2.3	Preparación para elevación del mástil telescopiable	4-6
4.2.4	Instalación y cableado de sensores	4-12
4.2.5	Verificación de funcionamiento	4-16
4.2.6	Elevación del mástil	4-17
4.2.7	Instalación de sensores del resto del equipo	4-21
4.3	Adquisición de datos	4-22
4.3.1	Preparativos	4-22
4.3.2	Toma de datos	4-27
4.3.3	Final de la medición	4-28
CAPITULO 5. PROCESAMIENTO DE DATOS		5-1
5.1	Introducción	5-1
5.2	Organización de la base de datos	5-2
5.3	Procesamiento de la base de datos	5-4
5.4	Análisis cualitativo de la situación	5-7
5.5	Secuencia de procesamiento para la obtención de resultados	5-16
5.6	Corroboración del pronóstico a tres meses inmediatos	5-19
5.7	Formato para la elaboración de reportes de estudio de casos	5-20
CAPITULO 6. ESTUDIO DE CASOS		6-1
6.1	Chilpancingo, Gro.	6-2
6.2	Krutsio, B.C.N.	6-35
ANEXO I INSTRUCTIVOS PARA LA ELABORACION DE PLANOS TOPOGRAFICOS BASICOS DEL SITIO DE MEDICION		6-66
ANEXO II COMPENDIO DE MODELOS MATEMATICOS Y ECUACIONES DE RELACION UTILIZADAS PARA EL CALCULO DE VARIABLES DE INTERES		6-79

INTRODUCCION

La Organización Latinoamericana de Energía, a través del Programa Latinoamericano de Cooperación Energética, PLACE, fijó en la actividad de evaluación de los recursos energéticos de la Región, una de sus prioridades. El Programa Regional de Energía Eólica, revisado y aprobado por el II Grupo de Trabajo sobre Energía Eólica, efectuado del 23 de abril a 2 de mayo de 1980 en Buenos Aires, Argentina; está contenido en el documento producido en dicha reunión y titulado "Metodología Propuesta para el aprovechamiento de la Energía Eólica en América Latina".

El mencionado Programa está dividido en varias etapas. Las primeras dos, orientadas a un diagnóstico inicial del aprovechamiento eólico en América Latina, actual y potencial, tanto desde el punto de vista climatológico como tecnológico, así como también a establecer una metodología para el desarrollo de las actividades de evaluación detallada y realización de inventarios de sitios y zonas con potencial eólico técnico y económicamente aprovechable.

Con la publicación del Atlas Eólico Preliminar de América Latina y el Caribe, el Manual de Meteorología Eólica y la presente Guía, se completan las actividades de la Etapa II, del Programa Regional de Energía Eólica.

La Etapa III se concentra en los estudios de Prospección, caracterización y evaluación energética eólica de sitios de interés, avocados a la integración de inventarios nacionales de sitios con potencial eólico, así como al diagnóstico y estudios de prefactibilidad de las diversas aplicaciones potenciales.

De estas podemos destacar, la generación eléctrica integrada al Sistema Eléctrico, la generación de electricidad en sistemas aislados híbridos, complementando a plantas diesel; así como en sistemas de irrigación o drenaje agrícola y dotación de agua potable a comunidades.

Los usos puntuales y en muy pequeña escala como el bombeo de agua para uso doméstico o de abrevaderos para ganado y la microgeneración eléctrica para uso doméstico, de señalización, telemetría y telecomunicaciones; si bien, desde un punto de vista energético puede no ser significativo, sí lo son desde un punto de vista económico y social.

A través de un proceso sistemático de prospección, caracterización y evaluación del recurso energético eólico, en zonas y regiones de interés por su potencial de aplicaciones, cada país estará en condiciones de elaborar su propio Atlas Eólico, que sin duda constituirá una herramienta importante en los estudios de planificación y desarrollo regional, que las Instituciones del sector público llevan a efecto.

El sector eléctrico en especial y los Ministerios de Agricultura en nuestros países, encontrarán en el aprovechamiento de su potencial energético eólico, un elemento básico en el desarrollo regional del sector.

La ampliación de la frontera agrícola, al poder introducir al cultivo nuevas extensiones de tierras laborables, impedidas de ello por una carencia energética para el bombeo de agua, puede encontrar su realización con el aprovechamiento de la energía eólica, a través de la instalación de conjuntos de aerogeneradores alimentando bombas de pozo profundo.

Para el sector eléctrico, se estima que dependiendo tanto de factores meteorológicos, como de orden técnico-económico, la capacidad instalada total de generación con energía eólica, puede ser del orden del 10% de la capacidad instalada total, sin que introduzca problemas de estabilidad al sistema dadas las fluctuaciones del viento. Por otro lado se estima que del orden del 20% de la capacidad eólica instalada puede ser considerada como energía firme.

Obviamente las características específicas del sistema eléctrico de cada país, en cuanto a cobertura geográfica y topología, así como a las características meteorológicas de esa misma cobertura geográfica, podrán determinar otros valores para las cifras indicadas.

Dentro de una política de diversificación de fuentes de energía primaria, el evaluar la capacidad real de aportación de los diferentes recursos energéticos, aún cuando es un objetivo a largo plazo, el iniciar estos estudios es prioritario.

La prospección, caracterización y evaluación de la energía eólica, es una actividad dividida en etapas de costo y complejidad creciente, así como de una priorización geográfica, todo lo cual permite iniciar el inventario de zonas de interés, basado en un trabajo de gabinete y encuestas con personal de Instituciones del Sector Público que realizan trabajos en el medio rural.

Es hasta la fase de prospección directa, en que se requiere de un trabajo de campo: observaciones, encuestas y mediciones de variables meteorológicas, en que se hace necesario el equipamiento adecuado para las actividades a desarrollar.

El laboratorio móvil para Climatología Eólica, constituye la herramienta indispensable para llevar a cabo las tareas de prospección eólica, así como la caracterización y evaluación preliminar de sitios y zonas de interés.

La Organización Latinoamericana de Energía, desea dejar constancia de la colaboración del Instituto de Investigaciones Eléctricas, de México, quien a través del Dpto. de Fuentes no Convencionales de Energía, de la División de

Fuentes de Energía, elaboró esta guía en base a su experiencia en la habilitación y operación de un Laboratorio Móvil.

El desarrollo del presente documento estuvo dirigido por el Ing. Enrique Caldera, Jefe de la Sección de Energía Eólica, elaborado por los investigadores Ing. Marco Antonio Borja D. encargado del área de Instrumentación y el Ing. Ricardo Saldaña F. a cargo del área de Metodologías y Procesamiento de datos, quienes desarrollaron el proyecto detallado de la unidad móvil y del "software" empleado en el proceso y análisis de datos, incluido como apéndice del Manual de Meteorología Eólica.

OLADE, al poner a disposición de los países esta guía metodológica para la habilitación y operación de laboratorios móviles, espera contribuir a la realización de los inventarios nacionales para su evaluación del recurso energético eólico.

CAPITULO 1

1.1 Antecedentes

El Instituto de Investigaciones Eléctricas de México, en su Programa, "Aprovechamiento de la Energía Eólica" en el Departamento de Fuentes No Convencionales de Energía de la División de Fuentes de Energía; ha desarrollado infraestructura para la localización de regiones y sitios, donde la magnitud y persistencia del viento, lo hacen ser una fuente de energía aprovechable por medio de la instalación y uso de sistemas conversores de energía eólica (SCEE) para la solución parcial de problemas energéticos locales o nacionales.

Dichos estudios, contemplan dos aspectos básicos que son:

- a). El estudio de factibilidad de aplicación de SCEE para la solución de problemas energéticos locales en un sitio determinado.
- b). La localización de regiones donde es posible instalar una capacidad considerable, desde el punto de vista de producción de energía, ya sea por medio de sistemas de mediana capacidad o de gran capacidad interconectados a la red eléctrica.

Para ello, se han desarrollado metodología de ataque a dichos problemas en sus diferentes aspectos, entre los que se pueden mencionar: métodos computacionales para procesamiento de información básica de velocidad y dirección de viento y obtención de una gran variedad de resultados útiles, desarrollo de instrumentación requerida, métodos de estudios de mapas climáticos y topográficos, cuestionarios para encuestas, depuración y proceso de información preexistente y otros.

En este documento, se presenta la solución planteada para uno de los problemas fundamentales al respecto, que es la prospección inicial de zonas de interés eoloenergético y la evaluación del potencial energético eólico en ellas, que requiere de un trabajo de campo, en puntos apartados, y por tanto de un equipamiento idóneo para las labores a desempeñar.

Objetivos

Los objetivos fundamentales de el laboratorio móvil de climatología eólica, planteado como solución al problema mencionado, son clasificables en dos grupos:

- a). Obtener datos climatológicos durante un tiempo relativamente corto, de los cuales (por medio de su procesamiento), se obtengan resultados que a su vez permitan estimar la cantidad de energía eólica disponible en el sitio de interés para períodos mensuales, estacionales y anuales; nombrándose a este hecho como Evaluación Energética.
- b). Obtener datos y realizar observaciones que permitan conocer el comportamiento del viento a nivel diario y estacional, así como las causas físicas que lo originan y lo modifican, tanto en su magnitud como en su dirección; nombrándose a este hecho Estudios de Caracterización del Viento.

A continuación se describen dichos objetivos en cada una de las fases que los componen:

1.2.1 Evaluación Energética

Un resultado de fundamental importancia en estudios para determinar la factibilidad de aplicación de SCEE para la solución de problemas particulares en

estudio, es la cantidad de energía eólica disponible en períodos largos de tiempo, sean estacionales o anuales.

Desde el punto de vista práctico, para la prospección preliminar en un sitio de interés, no es necesario instalar equipo anemométrico durante períodos largos, un año por ejemplo, para calcular la energía disponible en ese período, siendo esto objeto de estudios posteriores. En vez de esto, se recurre a modelaciones matemáticas por medio de las cuales puede calcularse en forma aproximada dicha energía para cualquier período de tiempo.

El uso de la función de densidad de probabilidad de Weibull, para modelar el histograma de velocidades de viento durante un período dado, se ha generalizado para hacer estimaciones del contenido energético del viento, ya que las aproximaciones realizadas con ella son muy aceptables, llegando en algunos casos a valores inferiores del 1% de error para períodos mensuales.

La función de Weibull está dada por la fórmula:

$$P(V) = \left(\frac{k}{c}\right) \left(\frac{V}{c}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{V}{c}\right)^k} \quad \text{-----} \quad 1.1$$

donde: P(V) es la probabilidad de ocurrencia de una cierta velocidad

k es un factor de forma adimensional

c es el factor de escala (m/seg)

V es la velocidad del viento (m/seg)

De acuerdo a lo anterior uno de los objetivos fundamentales del laboratorio móvil consistirá en obtener los datos básicos que permitan realizar el cálculo de los factores de distribución k y c, para poder modelar el comportamiento del viento en períodos mensuales, estacionales y anuales.

Para poder extrapolar en el tiempo, el espectro de velocidades de viento esperadas, se requiere información de velocidad media del viento sobre intervalos de 15, 30 a 60 minutos, es decir, medias horarias al menos.

Con información de este tipo sobre un período dado: semanal, mensual o trimestral, es posible utilizando varios métodos de análisis, determinar los valores de los parámetros k y c de la distribución de weibull.

Las metodologías más precisas desarrolladas al respecto, requieren de la adquisición de datos de velocidad media del viento en intervalos cortos de tiempo tales como 15 minutos.

Sin embargo ya que se pretende obtener dichos parámetros a partir de datos obtenidos en pocos días, se hace necesario acompañar éstos de otros datos cualitativos como cuantitativos, que permitan decidir la conveniencia o no de aplicar directamente los factores k y c calculados, para realizar estimaciones energéticas a tiempo largo. Estos datos, se refieren a: encuestas realizadas a los pobladores de la región, datos de velocidad y dirección del viento de los observatorios meteorológicos más cercanos que generalmente son proporcionados como velocidades medias y máximas; diarias, mensuales, estacionales y anuales y que comunmente fueron obtenidos sin métodos apropiados para fines de evaluación del contenido energético del viento; cartas climáticas, cartas topográficas y datos de evidencia ecológica.

Una vez determinados los factores de distribución k y c, la magnitud de la energía disponible por unidad de área para un período de tiempo, deberá ser calculado a partir de la fórmula:

$$\frac{E \text{ total disponible}}{A} = \frac{1}{2} \rho T \int_0^{\infty} V^3 P(V) dV \text{ ----- } 1.2$$

donde	$\frac{E \text{ total disponible}}{A}$	es la energía total disponible por unidad de área para el período de tiempo T en $W-H/m^2$.
	ρ	es la densidad del aire (kgm/m^3)
	T	es el período de tiempo deseado en horas
	V	es la velocidad del viento en m/seg.
	P(V)	es la función Weibull obtenida a partir de los parámetros k y c calculados.

Sin embargo, para el cálculo correcto de dicha estimación de energía, deberá tomarse en cuenta el valor medio de la densidad del aire en el sitio en cuestión para el período de tiempo deseado.

Para obtener mayor confiabilidad en las estimaciones energéticas a largo plazo, se considera conveniente instalar equipo de anemometría durante los tres meses siguientes a la fecha de adquisición de datos en el sitio de interés. Con el objeto de corroborar las estimaciones realizadas por medio de la función de distribución de Densidad de Probabilidad de Weibull. Sin embargo, se tienen serias dificultades al respecto cuando se trata de un lugar muy aislado y sin protección, éstas dificultades son comunmente:

- Destrucción o deterioro de la instalación por el ganado que transita en el sitio.
- Destrucción, deterioro o robo de partes por actos vandálicos de pobladores de la región.
- Deterioro de el equipo instalado por condiciones climáticas severas (tormentas eléctricas, corrosión, lluvia, etc.)

Por lo anterior, se preferirá instalar dichos equipos en lugares donde exista protección contra lo mencionado, así como la presencia de personal responsable que los inspeccione periódicamente. Si esto no es posible, se deberá evaluar la conveniencia de realizar dichas instalaciones con protección al respecto como son cercas apropiadas.

1.2.2 Estudios de Caracterización del Viento

Los resultados básicos que deberán obtenerse para conocer el comportamiento del viento a lo largo del tiempo tanto en magnitud como en dirección, así como las causas que lo originan y los factores que lo modifican son:

- a). Patrón de distribución diaria de velocidades
- b). Dirección del viento
- c). Perfil vertical de velocidades de viento
- d). Correlación con otros parámetros climatológicos
- e). Mecánica del viento

La utilidad de dichos resultados se describe a continuación:

- a). Patrón de distribución diario. El comportamiento del viento en cuanto al incremento o decremento de su magnitud a lo largo del día puede ser similar para días diferentes a nivel

estacional o aún anual dependiendo del tipo de viento característico del sitio. El conocimiento de dicho comportamiento es sumamente útil, ya que a partir de él se podrá observar el período de tiempo diario durante el cual podría funcionar un sistema convertidor de energía eólica. Por otro lado dicho patrón es un resultado indicativo de la mecánica del viento de superficie ya que dependiendo de la forma de éste, es posible deducir si se trata de vientos de origen local, viento de altura o la combinación de ambos.

Dicho patrón es calculado a partir de los datos de velocidad media del viento para intervalos cortos de tiempo los cuales sean coincidentes para días diferentes, tal como se ilustra en la figura 1.1.

Sin embargo por el método matemático utilizado, siempre se obtendrá un patrón como resultado aunque éste no exista, por lo que para la determinación de su veracidad, se requerirá calcular la correlación de series de datos para días diferentes, así como también corroborar dichos resultados con los datos arrojados por la encuesta.

- b). Dirección del viento. La persistencia del viento a lo largo del tiempo en las diferentes direcciones geográficas, deberá ser obtenida con el objeto de determinar la amplitud y distribución de una región en la cual las mediciones realizadas sean representativas en forma directa o bien por corrección de ellas cuando existan factores orográficos que las modifiquen, este hecho puede ser utilizado para determinar los puntos o áreas donde podrían ser instalados sistemas convertidores de energía eólica.

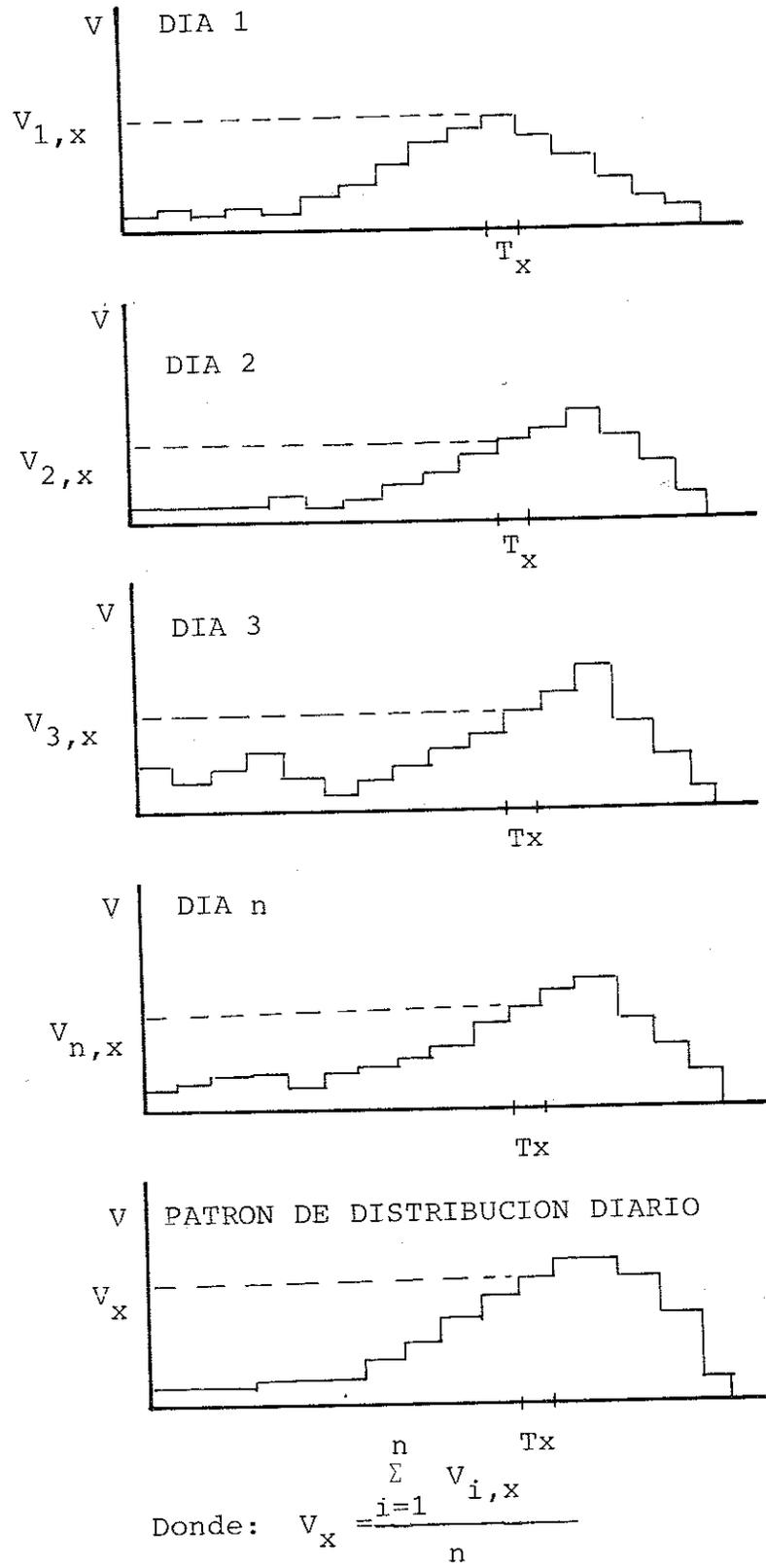


FIGURA 1.1

c). Perfil de velocidades

La evaluación energética mencionada en el punto 1.2.1, se lleva a cabo utilizando un valor de velocidad media, la cual fué medida a una altura sobre el nivel del suelo (recomendable a 10 mts.). Como la velocidad del viento se incrementa con la altura sobre el terreno, dependiendo de la rugosidad de este, por lo que para la evaluación del contenido energético del viento a diferentes alturas sobre el terreno, se deberá extrapolar el valor de la velocidad media que será utilizada para el cálculo de los factores de distribución k y c.

El método utilizado para la extrapolación de la velocidad media es por medio del modelo de Mikhail-Justus (1979).

d). Correlación de parámetros climatológicos

Basándose en el principio fundamental de origen del viento, es de esperarse que los vientos de origen local, tengan una correlación directa o inversa con las demás variables climáticas de esa región como son:

- Temperatura
- Presión
- Humedad
- Radiación solar

Este estudio entre variables diferentes nos dará un ín-dice del grado de relación causa-efecto que pudiera existir en ellas.

Con ello se pretende desarrollar una metodología que permita realizar las estimaciones de contenido energético del viento a largo plazo, así como de su comportamiento

(para vientos locales únicamente), utilizando para ello las distribuciones y magnitudes de las variables con al to grado de correlación respecto al viento. Esto debido a que los datos de las otras variables, sobre todo temperatura, presión y humedad, existen comunmente para muchas regiones y tiempo atrás.

Sin embargo, esta metodología a desarrollar deberá ser corroborada con mediciones a largo plazo y verificación de las estimaciones realizadas, o bien aplicada en sitios donde se tengan datos de mucho tiempo atrás para velocidad y dirección del viento; teniendo en cuenta que dichos sitios deberán ser de características diferentes. Al final de ello sí la metodología es apropiada, podrá ser planteada como solución de problemas generales.

Como se mencionó anteriormente, la búsqueda de coeficientes de autocorrelación o sea correlación de series de la misma variables para días diferentes, nos indicará la existencia o no de patrones de distribución diario.

Mecánica del viento

Con todos los resultados y estudios anteriores, se deberá determinar, cuales son las causas a que obedece la distribución y comportamiento del viento en el sitio en estudio; para con ello comenzar una estadística que nos permita en el momento oportuno clasificar sitios con ca racterísticas similares y realizar una estimación energética del viento en una forma preliminar, sin tener que realizar una prospección física.

Al respecto de ello, actualmente se ha realizado una clasificación de los tipos de viento encontrados en diferentes sitios, relacionándolos con el factor de forma

k de la distribución de Weibull calculada para cada uno de ellos; esta clasificación se muestra en la tabla siguiente.

TABLA 1.1

(Para \bar{V} iguales o mayores a 3 m/s)

RANGO DE k	MECANICA DEL VIENTO DE SUPERFICE
$0.8 \leq k \leq 1$	Vientos de tipo local Se observa un patrón diario marcado Generalmente en sistemas tierra-mar
$1 \leq k \leq 1.6$	Vientos de tipo local Se observa un patrón diario marcado Generalmente en sistemas valle-mon- taña.
$1.6 \leq k \leq 2$	Vientos de tipo local influenciados por vientos de altura, el patrón diario varía con la época del año
$2 \leq k \leq 2.5$	Vientos intensos, generalmente de altura No se observan patrones diarios

Esta tabla puede dar una idea general de la importancia de una clasificación de este tipo, en donde se incluyan los valores típicos de las demás variables medidas.

1.3 Métodos Matemáticos utilizados para el Cálculo de los Resultados de Interés.

Estos métodos y modelos matemáticos son los expuestos en el Manual de Meteorología Eólica al que se hace mención al principio de este documento, sin embargo con

objeto de proporcionar al lector una manera rápida de consulta al respecto, se presenta en el Anexo II de este documento una tabla-formulario condensada que contiene dichos modelos matemáticos y ecuaciones utilizadas.

C A P I T U L O 2.

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

De acuerdo a lo expresado en el capítulo anterior, los objetivos fundamentales de el laboratorio móvil de climatología eólica, son realizar mediciones en sitios de interés para obtener datos básicos que permitan llevar a cabo la evaluación del potencial energético y los estudios de comportamiento del viento en sus aspectos preliminares.

Para atacar el problema de diseño de dicho laboratorio, es necesario definir las funciones que éste debe realizar y especificarlas de acuerdo a sus objetivos. Para ello dichas funciones son clasificadas en dos grupos: funciones directas e indirectas, las cuales se describen a continuación.

Funciones Directas. Son aquellas que tienen por objetivo proporcionar el equipo e instrumentación necesarios para realizar las actividades de mediciones meteorológicas y adquisición de datos complementarios; donde la actividad de mediciones meteorológicas se refiere a las mediciones directas del medio ambiente y la actividad de adquisición de datos complementarios, consistente en obtener información indirecta, generalmente de tipo cualitativo, la cual es utilizada conjuntamente con la anterior para la obtención de resultados.

Funciones Indirectas. Son aquellas que debe proporcionar el laboratorio móvil, para que sea posible: trasladarse al lugar de medición, realizar las instalaciones necesarias y permanecer en el sitio a estudiar durante el tiempo requerido para la adquisición de datos básicos. Todo ello con el máximo de seguridad posible y contando con los satisfactores fundamentales.

2.1 Especificación de Funciones Directas

Las actividades de mediciones meteorológicas y adquisición de datos complementarios, son descritas en las secciones 2.1.1 y 2.1.2 respectivamente. Por lo que respecta a las mediciones meteorológicas que han de realizarse, se especifican las características y requisitos mínimos que deben reunir estas mediciones con el objeto de que los datos a adquirir sean los necesarios y suficientes para la obtención de los resultados deseados; de igual forma se especifican las características que deberá tener la instrumentación y equipo con el cual se obtendrán dichos datos. Por lo que respecta a la adquisición de datos complementarios, se especifica que tipo de información deberá recopilarse, así como el equipo y material necesario para su correcta adquisición.

2.1.1 Mediciones Meteorológicas

Con objeto de obtener los resultados necesarios en cuanto a evaluación energética y estudios de comportamiento del viento, mencionados en la sección 1.2 del capítulo 1, se considera que es indispensable medir las siguientes variables meteorológicas:

1. Velocidad del viento
2. Dirección del viento
3. Radiación solar global
4. Humedad relativa del medio ambiente
5. Temperatura ambiente
6. Presión atmosférica

y como dato característico del terreno en que se realizó la medición; la rugosidad de la superficie.

En el acápite 2.1.2 de esta sección, se presentan las características y requisitos mínimos que deben reunir estas mediciones y el acápite 2.1.3, las características de la instrumentación requerida.

2.1.2 Las características y requisitos mínimos que deben reunir las mediciones.

1. Velocidad del Viento

Datos básicos a obtener:

- a) Velocidades medias en intervalos de 15 minutos, en forma continua a lo largo del tiempo total de medición, siendo este intervalo el máximo recomendable.
- b) Velocidad instantánea máxima para cada día de medición con su hora de ocurrencia.

Restricciones en cuanto a instalación de los sensores:

- a) La altura de sensor anemométrico, considerada desde el nivel del suelo, deberá ser 10 mts., con objeto de seguir las recomendaciones de la Organización Meteorológica Mundial.
- b) No deberán existir obstrucciones que afecten la medición en un círculo de 100 mts., de radio (10 veces la altura de los sensores).

2. Dirección del viento

Datos básicos a obtener:

- a) Dirección dominante del viento en intervalos

de 15 minutos, entendiéndose como ésta, la de mayor frecuencia de ocurrencia cuando se muestrea en subintervalos iguales o menores a 5 segundos o bien en forma continua. (Datos tomados continuamente a lo largo del tiempo total de medición).

Restricciones en cuanto a la instalación del sensor:

- a) La altura de instalación sobre el nivel del piso debe ser tan cercana a 10 mts. como sea posible, sin causar interferencia con el sensor de velocidad de viento.

3. Radiación solar global

Datos básicos a obtener:

- a) Valor medio de radiación solar global en intervalos máximos de 0.5 horas a lo largo del tiempo total de medición en forma continua.
- b) Valor máximo instantáneo para cada día de medición con su hora de ocurrencia.
- c) Número de horas con sol, para cada día de medición.

Restricciones de instalación del sensor:

- a) Debe estar nivelado respecto a la horizontal
- b) Debe estar colocado en un sitio libre de sombras de cualquier objeto durante todo el día.

4. Humedad Relativa, Temperatura y Presión Atmosférica

Datos básicos a obtener:

- a) Valores medios en intervalos de 0.5 horas como máximo, en forma continua a lo largo del tiempo total de medición.
- b) Valores máximos y mínimos instantáneos, para cada día de medición con su hora de-ocurrencia.

Restricciones de instalación de sensores:

- a) Deberán instalarse dentro de una garita especial, que los proteja de la acción de la radiación solar y la lluvia; teniendo ésta ventilación adecuada y debiendo estar construída con material y tratamiento de tal forma que la temperatura y humedad en el interior sean de igual magnitud que en el exterior.

5. Rugosidad de la Superficie

Datos básicos a obtener: (Utilizando el modelo modificado de la ley de la potencia de Mikhail y Justus para su cálculo; ver Manual de Meteorología Eólica).

- a) Velocidad media del viento a dos alturas diferentes en forma simultánea por un intervalo de tiempo de 48 horas.

Restricciones de instalación de sensores:

- a) Las alturas (seleccionadas arbitrariamente) se recomiendan a 7 y 13 mts. del nivel del suelo.

2.1.3 Características de la Instrumentación Requerida

Actualmente en el mercado internacional, existe un gran número de compañías que fabrica equipo meteorológico cuyas características en cuanto a calidad, versatilidad, precisión y precio; varían desde las condiciones óptimas a las mínimas. Sin embargo al estudiar la taxonomía de estos equipos, se puede notar que en muchos casos, los equipos que son fabricados o distribuidos por una compañía, tienen una gran similitud con los fabricados por otra, y que pequeñas variaciones en su presentación, se traducen generalmente en incrementos considerables de precio.

Es posible encontrar equipos muy versátiles cuyo costo comparativo no es muy elevado, con los cuales es posible llevar las mediciones a un nivel más elevado de las necesidades básicas. Esto no es una tarea fácil, ya que para ello se requiere obtener un gran número de catálogos actualizados, pedir cotizaciones y comparar las diferentes alternativas una a una.

Ya que no es conveniente recomendar algún equipo de terminado, ni algún fabricante en especial, debido a que continuamente se están poniendo en el mercado nuevos equipos, que en un momento dado puedan mejorar las condiciones del que aquí se recomendara; se menciona a continuación la conveniencia de adquirir equipos con las características requeridas en términos generales.

Obviamente la selección de la instrumentación requerida, se debe realizar de acuerdo al estudio de las características siguientes:

- Funciones desarrolladas
- Precisión y rangos

- Calidad
- Durabilidad
- Confiabilidad
- Precio (inicial y de operación)
- Voluminosidad
- Peso
- Facilidad de obtención

Las recomendaciones en cuanto a selección de equipo, se mencionan únicamente en cuanto a funciones desarrolladas, dando por hecho que las demás características deben ser óptimas, para los fines que se persiguen.

1. Medidores de Velocidad y Dirección del Viento

Un anemocinómetro, es lo más conveniente para medir estas dos variables sobre una misma base de tiempo, estos equipos pueden clasificarse de acuerdo al esquema de la figura 2.1.

De esta clasificación, solamente aquellos marcados con asterisco son aceptables para las mediciones de velocidad media requeridas.

Los medidores de velocidad de viento a base de distancia recorrida, son muy precisos, ya que el cálculo de la velocidad media del viento se realiza en base a la relación

Distancia recorrida: Tiempo transcurrido.

Y ya que la distancia recorrida comprende el efecto de todas las velocidades instantáneas presentes en un intervalo de tiempo, la precisión de un equipo de este tipo será excelente.

En cuanto a medidores de velocidad media, estos pueden ser igualmente precisos, pero es necesario conocer el método que utiliza el equipo para obtener el dato y evaluar la precisión de éste.

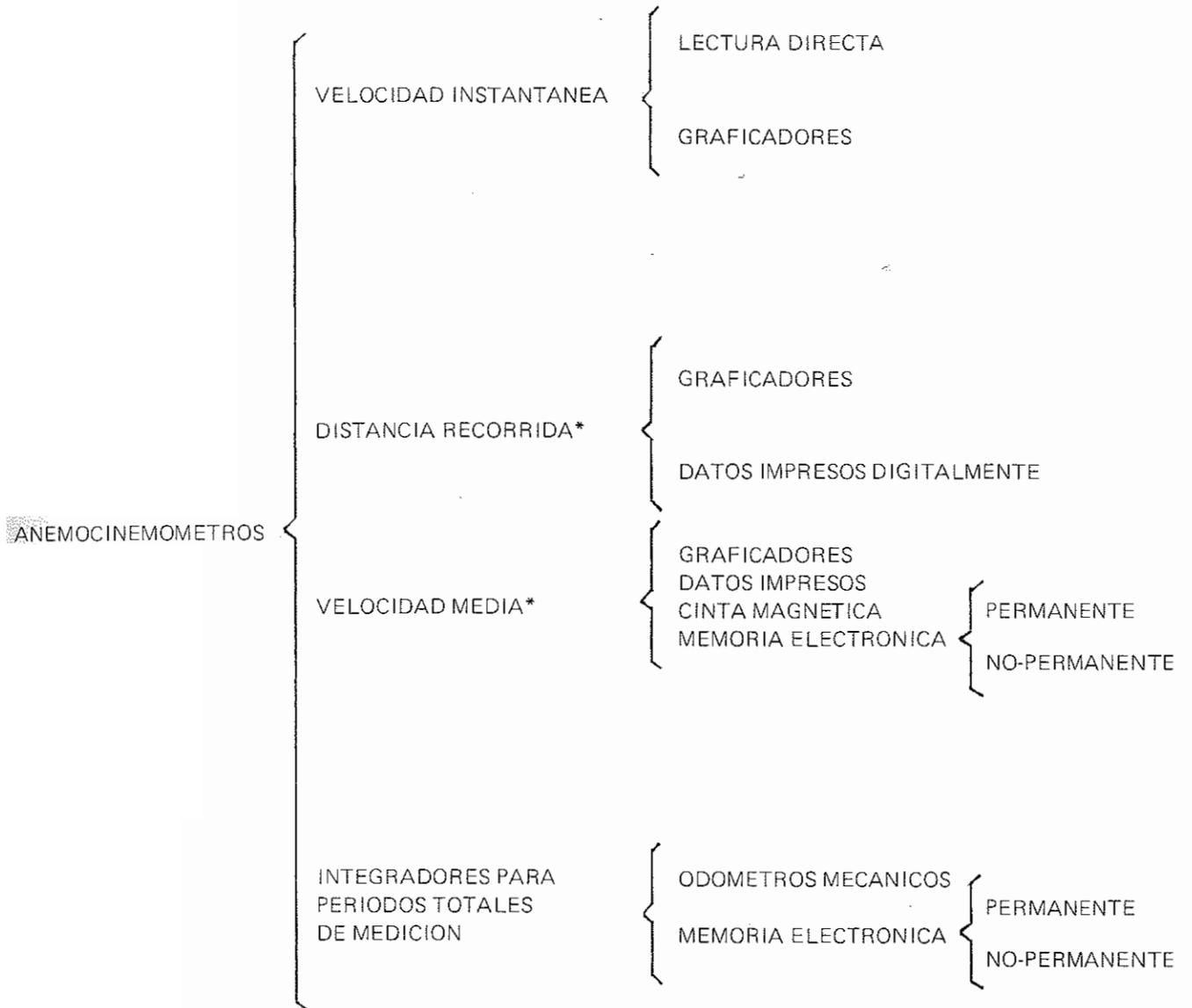
El equipo idóneo para llevar a cabo las mediciones de velocidad media, es un anemocinómetro de velocidad media el cual utilice el método de distancia recorrida para el cálculo de dicha velocidad, este tiene la gran ventaja de tener una gran precisión y de entregar el dato en la forma requerida.

Para obtener el dato de velocidad máxima instantánea y su hora de ocurrencia diariamente, es necesario utilizar otro tipo de equipo, este puede ser un anemómetro de velocidad instantánea que bien puede ser un graficador o un equipo electrónico con reloj integrado que capture dicho dato y lo relacione con la hora de ocurrencia.

2. Medidores de Radiación Solar Global

La radiación solar global incidente sobre la superficie terrestre, en un sitio determinado, presenta variaciones instantáneas considerables en intervalos de tiempo tales como 15 minutos. Por ello con un graficador de radiación solar global instantánea, es posible obtener fácilmente el valor medio de dicho intervalo de tiempo, siendo posible obtener del mismo equipo el dato instantáneo máximo y su hora de ocurrencia, siendo posible también, obtener directamente el número de horas con sol diarias.

FIGURA 2.1 CLASIFICACION DE ANEMOCINEMOMETROS



3. Medidores de Humedad Relativa, Temperatura y Presión Atmosférica

Lo expresado en el párrafo anterior en cuanto a variaciones instantáneas de la radiación solar global, puede ser aplicado a estas otras variables. Por ello los equipos idóneos para obtener los datos requeridos, son graficadores de valores instantáneos.

4. Medidores de Velocidad de Viento para la Obtención de Datos necesarios para la Estimación de la Rugosidad de la Superficie.

El equipo idóneo para la obtención de estos datos, consiste en los conocidos odómetros de viento; estos equipos utilizan el método de distancia recorrida para el cálculo de velocidades medias del viento, se pueden encontrar en versiones muy económicas tanto mecánicas como electrónicas.

2.1.4 Adquisición de Datos Complementarios

La información indirecta que deberá adquirirse como datos complementarios puede ser clasificada en 3 grupos:

- a) Evidencia ecológica
- b) Encuesta
- c) Planos topográficos básicos

La Evidencia Ecológica, se refiere a los efectos producidos en la naturaleza debido a la presencia de viento de diferentes intensidades. Siendo los más fáciles de observar los producidos sobre la vegetación.

La Encuesta, es una recopilación de información basada en la experiencia de personas que habitan la región en que se realiza la medición, lo cual es muy importante para conocer la distribución de la velocidad de viento a nivel diario y estacional.

Los planos topográficos básicos, tienen por objeto localizar aquellos obstáculos que pueden afectar la medición de velocidad y dirección de viento, así como también dar una idea de las dimensiones de una región de la cual los datos adquiridos pueden ser representativos en forma directa.

En los incisos a, b y c de esta sección, se detallan las características que deben cumplir dichos datos.

a) Evidencia Ecológica: Las metodologías utilizadas para la evaluación de la velocidad media anual del viento en base a datos de evidencia ecológica, se pueden consultar en el Manual de Meteorología Eólica (capítulo 3) al cual hace referencia en la introducción de este documento.

Los datos básicos a adquirir consisten en las dimensiones de los árboles y las medidas de sus deformaciones ocasionadas por los efectos de viento, siendo estos los siguientes:

- Altura
- Excentricidad en el tronco
- Angulo de tendido
- Angulo de deformación del follaje

La definición de los términos anteriores se muestran en la figura 2.2.

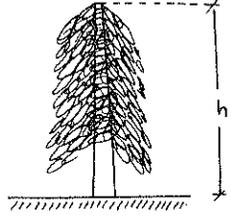
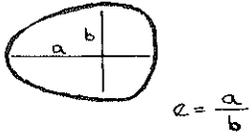
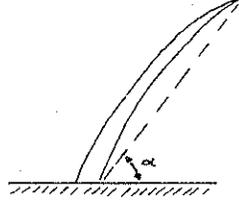
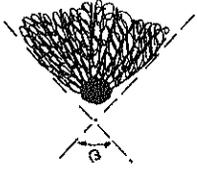
Las metodologías existentes en cuanto a la deformación de los árboles, son generalmente dirigidas a tipos coníferos. Siendo obvio que la deformación dependerá del tipo de árbol o vegetación propia de la región en estudio y de sus características de resistencia y flexibilidad, es conveniente extender estas metodologías a otros tipos de vegetación, propias de países tropicales.

Por lo tanto se debe clasificar la vegetación del sitio en estudio y desarrollar modelos a partir de las mediciones realizadas, los cuales puedan ser utilizados en otros sitios de características similares.

Los métodos y equipos por medio de los cuales se pueden obtener los datos mencionados pueden ser los convencionales, o sea el uso de teodolitos; sin embargo existen en el mercado equipo que facilita estas tareas, el cual es muy práctico; este equipo se describe a continuación:

"HIPSOMETRO" Instrumento usado en silvicultura para medir la altura de los árboles.

FIGURA 2.2 DEFINICION DE DATOS BASICOS A OBTENER PARA EVIDENCIA ECOLOGICA (EFECTOS SOBRE LA VEGETACION)

EFECTOS DEL VIENTO SOBRE:	DEFINICION	ILUSTRACION
<p>ALTURA (h)</p>	<p>Altura del árbol considerada desde el suelo, hasta la punta del mismo.</p>	
<p>EXCENTRICIDAD DEL TRONCO (e)</p>	<p>Relación que existe entre los ejes perpendiculares de un tronco, cuando el eje mayor es medido en la dirección del viento dominante en el sitio.</p>	
<p>ANGULO DE TENDIDO (α)</p>	<p>Angulo formado por la línea recta que une la base del tronco de un árbol y la punta del mismo, con la horizontal.</p>	
<p>ANGULO DE DEFORMACION DEL FOLLAJE (β)</p>	<p>Angulo que abarca el follaje de un árbol alrededor de su tronco.</p>	

Con éste solamente se requiere apuntar por medio de una mira a la punta del árbol y leer el dato en una escala graduada, la cual es ajustable dependiendo de la distancia a la que se hace la observación.

"TELEMETRO OPTICO" Se utiliza para medir la distancia a un objeto. Basta observar dicho objeto por medio de una lente (tipo cámara fotográfica) y enfocar por medio de una perilla integrada al instrumento; una vez realizado esto se lee la distancia en una escala graduada, la cual depende de la posición de la perilla de enfoque.

"CALIBRADOR PARA ARBOLES" Este instrumento, se utiliza para medir el diámetro de los árboles y es usado generalmente en silvicultura; consiste en un vernier de gran tamaño y su operación es similar a la de éstos.

"BRUJULA UNIVERSAL" Uso y operación universal

b) Encuesta

La información básica que debe reunir una encuesta es:

- Periodicidad del viento
- Magnitud del viento
- Duración de vientos intensos
- Estacionalidad referida a la intensidad del viento
- Dirección dominante del viento
- Períodos de calma

En seguida se muestra un ejemplo de un cuestionario con el que se puede obtener la información anterior, teniendo en cuenta que la intensidad del viento puede estimarse de acuerdo a la escala de Beaufort.

PROSPECCION PRELIMINAR DE ENERGIA EOLICA

Encuesta sobre el viento local

1 de

Encuestador _____ Fecha _____

Lugar _____ ASNM _____

Municipio o Cantón _____ Provincia o Estado _____

Distancia aprox. a la Cabecera Municipal _____ km.

Camino Pavimentado _____ km (asfaltado)

Terracería _____ km (afirmado)

Brecha _____ km (trocha)

Indique con una x la respuesta, procurando contestar únicamente aquellas de las que se esté seguro, si hay más de una respuesta indíquelas todas. No es estrictamente necesario llenar el cuestionario.

Patrón Estacional

1. Meses con mayor intensidad de viento

2. Meses con menor intensidad de viento

3. Durante los meses con mas viento el rumbo dominante la mayor parte del tiempo es:

Norte _____ Este _____ Sur _____ Oeste _____

Cambia constantemente _____

4. Durante los meses con menor viento, viene del:

Norte _____ Este _____ Sur _____ Oeste _____

Cambia constantemente _____

Lugar _____ Fecha _____

Patrón Diario

Durante los meses ventosos

5. Períodos del día en que hay viento

De madrugada _____

Por la mañana _____

A medio día _____

Por la tarde _____

Por la noche _____

6. Período del día en que es más fuerte

De madrugada _____

Por la mañana _____

A medio día _____

Por la tarde _____

Por la noche _____

Pueden ser a cualquier hora del día _____

7. Rumbos de donde provienen los vientos mas intensos

Norte _____ Este _____ Sur _____ Oeste _____

Cambia constantemente _____

8. Según la escala de Beaufort que magnitud se aplica a los vientos fuertes persistentes _____

9. Número de horas al día, estimadas con vientos intensos _____

Los períodos de calma corresponden a:

La madrugada _____

Por la mañana _____

A medio día _____

Por la tarde _____

Por la noche _____

No hay un período definido _____

Encuesta sobre viento local (Cont.)

Lugar _____ Fecha _____

Evidencia Ecológica

11. Presencia de evidencia ecológica. Si _____ No _____

Si la hay, indicar los efectos observados

Arboles con tronco inclinado _____

Arboles con follaje "cepillado" _____

Matorrales o árboles completamente deformados _____

Vegetación compuesta solamente por plantas y matorrales pequeños _____

Unicamente existe vegetación rastrera _____

Rumbo de vientos indicados por la deformación _____

12. Si existen vientos fuertes en lugares cercanos indique su nombre y haga una breve descripción de como llegar a ellos.

c) Realización de Planos Topográficos Básicos

La información básica que deben reunir estos planos es:

1. Localización y altura de todos los obstáculos mayores de 3 mts. de altura localizados en una área circular de 100 mts. de radio, en la que el centro de ésta corresponde al punto donde se instalaron los sensores anemométricos.

2. Indicación cualitativa de la rugosidad de la superficie dentro del círculo mencionado a intervalos regulares de 20 mts., sobre 8 direcciones geográficas espaciadas igualmente a partir del Norte.

3. Longitud de una línea de vista libre de "obstácu-
los mayores" tales como cerros, colinas u otros, en 8 di-
recciones geográficas espaciadas igualmente a partir del
Norte.

En el anexo 1, se adjunta un "Instructivo para la elaboración de un plano para la localización de obstáculos o factores que pudieran modificar las mediciones realiza-
das", y un "instructivo para la localización de un plano que permita estimar la representatividad de las mediciones tomadas de velocidad y dirección del viento a nivel regional".

2.2 Especificación de Funciones Indirectas

Las funciones indirectas, se clasificaron en 5 grupos que se nombraron de acuerdo a los servicios que debe prestar el laboratorio móvil, estos grupos son:

- Traslado
- Facilidades para instalación
- Facilidades de operación
- Estancia
- Seguridad

En los acápite siguientes, se especifican las características que debe reunir el acondicionamiento del laboratorio móvil para prestar adecuadamente dichos servicios, respectivamente.

2.2.1 Traslado

- Transportar equipo de medición de tal forma que no sufra daños por vibraciones y golpes, considerando que es muy probable el tránsito por terracería y brechas.
- Transportar toda la instrumentación, herramientas y equipo adicional en lugares específicos y apropiados. Distribuyendo el peso de los mismos de manera uniforme en el vehículo.
- Proporcionar lugares confortables para viaje a tres personas como mínimo.

2.2.2 Facilidades para instalación

El laboratorio móvil deberá contar con:

- Herramienta para instalación y mantenimiento de instrumentación.

- Herramienta y equipo para instalación de sensores y soportes de los mismos.
- Herramienta para instalación y operación de equipo para estancia.
- Torre o mástil telescopiables para instalación de sensores anemométricos a 13 mts., de altura y accesorios requeridos.
- Garita para protección de sensores a instalar en la superficie.

2.2.3 Operación

Los requerimientos básicos para una operación eficiente del laboratorio móvil son:

- En cuanto al equipo de medición.- Este deber está colocado en un lugar accesible visual y manualmente; se debe tener fácil acceso al interior de él o bien ser fácilmente desmontable para fines de calibración y mantenimiento; se debe tener un panel general de conexiones y control con objeto de minimizar el tiempo de instalación; por último el lugar que ocupe debe ser optimizado en cuanto a dimensiones y distribución.
- En cuanto a los trabajos a realizar.- Se debe contar con una mesa de trabajo interna al vehículo y un asiento para la misma, cuidando que se cuente con iluminación y ventilación adecuadas tanto natural como artificial. Debe contarse también con una mesa para trabajos externos al vehículo, cuidando que tenga fácil acceso y protección contra los efectos de la radiación solar directa.

- En cuanto a los lugares de almacén de equipo y accesorios.- Deberán ser distribuidos de forma estratégica de acuerdo a su contenido para que se tenga acceso a ellos de una manera fácil en el momento oportuno. Esto en combinación con los requisitos para traslado.

2.2.4 Estancia

Para cubrir las necesidades básicas del personal se hace indispensable:

- En cuanto a alimentación.- El laboratorio móvil debe contar con equipo para: la elaboración de alimentos, conservación de los mismos, almacenamiento de agua potable y utensilios para elaboración y consumo.
- En cuanto a albergue.- Se requiere de equipo para campamento y protección de condiciones climatológicas severas.
- Juegos y pasatiempos.- La permanencia en lugares aislados durante varios días a un ritmo elevado de trabajo, sin ninguna distracción, no es recomendable desde ningún punto de vista, por ello, es necesario que en el equipo del laboratorio móvil, sean incluidos libros, juegos o pasatiempos que disipen las tensiones del trabajo durante las horas de descanso, estos deberán ser elegidos a satisfacción de los operadores.

2.2.5 Seguridad

El equipo de seguridad que debe formar parte del laboratorio móvil es:

- Equipo de seguridad para protección del personal al realizar los trabajos requeridos.

Aditamentos de seguridad para la prevención o auxilio en posibles accidentes o fallas del vehículo.

Botiquín de primeros auxilios.

2.3 Desglose de Instrumentación, Equipo, Herramienta, Accesorios y Acondicionamientos necesarios para la habilitación del Vehículo.

Equipo requerido para mediciones de variables meteorológicas.

<u>Cantidad</u>	<u>Descripción</u>
1	Anemocinómetro de velocidad media o distancia recorrida con resolución para intervalos de 15 minutos.
1	Anemómetro de velocidad instantánea con posibilidades de capturar el dato de velocidad máxima y su hora de ocurrencia.
1	Graficador de radiación solar instantánea.
1	Graficador de humedad relativa del medio ambiente.
1	Graficador de temperatura ambiente (bulbo seco).
1	Graficador de presión atmosférica
2	Odómetros de viento

Equipo requerido para adquisiciones de datos complementarios:

1	Hipsómetro
1	Telémetro óptico con capacidad de 10m. a 2 km.

<u>Cantidad</u>	<u>Descripción</u>
1	Calibrador para árboles
1	Brújula universal
1	Cinta métrica metálica (50m)
1	Binoculares
1	Cámara fotográfica
1	Calculadora electrónica

HERRAMIENTA REQUERIDA PARA INSTALACION

Herramienta para instalación y mantenimiento de ins
trumentación.

1	Juego de desarmadores planos
1	Juego de desarmadores de cruz
1	Juego de desarmadores planos (miniatura)
1	Pinzas de punta chicas
1	Pinzas de corte chicas
1	Arco para segueta de metal
1	Metro metálico
1	Tijeras
1	Pinzas de punta grandes
1	Pinzas de corte grandes
1	Pelador de cable
1	Martillo pequeño
1	Martillo grande
1	Cuchilla
1	Juego de limas pequeñas
1	Llave inglesa (miniatura)
1	Pinzas tipo electricista
1	Prensas pequeñas
1	Lámpara miniatura

<u>Cantidad</u>	<u>Descripción</u>
1	Juego de llaves Allen
1	Multímetro
1	Taladro y juego de brocas
1	Juego de llaves españolas
1	Cinta de aislar
1	Juego de zapatas para cableado
1	Pinzas para zapatas
1	Maletín para almacenar y transportar lo anterior

Herramienta para instalación de sensores, soportes de los mismos y para instalación y operación del equipo de estancia.

1	Marro de 3 kg.
1	Llave perica ajustable (305 mm)
1	Pinzas de presión (250 mm)
1	Pinzas tipo electricista (grandes)
1	Pinzas tipo universal
1	Llave española (2")
1	Juego de llaves Allen hasta (5/16")
1	Maneral para dados de tarraja de 1"
1	Prensa grande

Accesorios requeridos para instalación de sensores:

1	Torre o mástil telescopiable para una altura mínima de 13 mts. incluyendo todos los accesorios necesarios para su instalación.
1	Garita para protección de sensores a instalar en la superficie, incluyendo los accesorios requeridos.

CantidadDescripción

1(Opcional) Winche para elevación de la torre o mástil telescópico dependiendo del tipo seleccionado.

Equipo requerido para satisfacer necesidades de estancia:

En cuanto a alimentación:

1 Estufa de gas portátil (2 quemadores)
1 Refrigerador pequeño (3 pies cúbicos)
1 Tanque para agua potable (50 litros)
1 Tanque para gas (6 Kg.)
1 Tarja para agua con bomba
1 Juego de utensilios de cocina (3 personas).

En cuanto a albergue:

1 Casa de campaña para 4 personas
2 Bolsas para dormir
3 Chamarras rompeviento para bajas temperaturas.
3 Impermeables
2 Lámparas portátiles para iluminación interior
1 Sanitario portátil

Equipo de seguridad requerido para protección del personal al realizar las instalaciones y trabajos afines:

<u>Cantidad</u>	<u>Descripción</u>
3	Pares de guantes aislantes
3	Cascos de seguridad

Aditamentos de seguridad para prevención o auxilio en posibles accidentes o fallas del vehículo.

1	Extintidor para fuego
2	Lámparas portátiles de alto poder
1	Juego de señales de auxilio para carretera
1	Juego de cuerdas
2	Vulcanizador instantáneo
1	Juego de faros de penetración para niebla.
1	Juego de refacciones comunes del vehículo

Seguridad general:

1	Botiquín de primeros auxilios
---	-------------------------------

Equipo de uso general:

1	Motor-generador para corriente alterna/directa (300 watts mínimo)
1	Inversor DC/AC (300 watts mínimo)

CAPITULO 3

HABILITACION DEL LABORATORIO MOVIL DEL IIE

3.1 Vehículo habilitado

El laboratorio móvil de climatología eólica habilitado en el Instituto de Investigaciones Eléctricas, se llevó a cabo, utilizando un vehículo marca Volkswagen, modelo panel. Básicamente este tipo de vehículo cuenta con las siguientes ventajas:

- a) Amplitud para llevar a cabo las instalaciones
- b) Potencia suficiente para transportar el equipo a bajas velocidades
- c) Es un vehículo que puede transitar sin problemas en caminos de terracería relativamente malos.

Existen en el mercado varios tipos de vehículos que pueden superar considerablemente las características anteriores, siendo el único limitante para su selección el precio de los mismos.

3.2 Habilitación del Vehículo

Esta se llevó a cabo basándose en las especificaciones de diseño mencionadas en el capítulo anterior, el problema fue atacado considerando que éste se podía reducir a cinco aspectos básicos que son:

- a) Selección de instrumentación, accesorios para instalación de sensores y herramienta
- b) Distribución de sensores anemométricos

- c) Distribución del espacio interior del vehículo
- d) Distribución del espacio exterior del vehículo
- e) Instalación eléctrica

Después de haber sido estudiadas varias alternativas de diseño y haberlas evaluado, tomando en cuenta sus ventajas y desventajas, se seleccionó la alternativa que se detalla a continuación:

3.2.1 Selección de instrumentación, accesorios para instalación y herramienta.

Instrumentación.

Debido a consideraciones económicas y ya que en el momento de realizar la habilitación, se contaba con equipo que cumple con las características requeridas, se optó por implementar un sistema de adquisición de datos climatológicos a partir de equipos individuales de funciones específicas.

Por otra parte, ya que se contaba con instrumentación por medio de la cual se pueden adquirir datos no básicos pero importantes, se habilitó al laboratorio móvil con ésta, obteniendo así información redundante que permite obtener patrones de comparación entre los diferentes módulos instalados, que en un momento dado pueden detectar la descalibración de alguno de ellos. En las tablas 3.1 y 3.2 se muestran las características funcionales y generales de la instrumentación seleccionada.

CARACTERISTICAS FUNCIONALES DE LA INSTRUMENTACION SELECCIONADA
TABLA 3.1

NUM.	N O M B R E	VARIABLE MEDIDA	DATOS ENTREGADOS	RESOLUCION	RANGO
1	Anemocinógrafo de distancia recorrida.	* Velocidad media del viento a intervalos de 15 minutos o más. * Dirección dominante del viento a intervalos de 15 minutos.	Gráfica de distancia recorrida en millas. Gráfica de dirección del viento.	Tiempo: 15 minutos. Distancia recorrida: 0.2 millas	Distancia recorrida: (sin límite) Tiempo: 30 días
2	Compilador electrónico de tres canales.	* Velocidad del viento utilizando el método de Bins. (3 canales)	Número de muestras tomadas correspondientes a cada Bin para los 3 canales de entrada (desplegados digitalmente)	2 millas/hora para cada Bin	Ajustable, capacidad de almacenamiento: 3 años/canal.
3	Piranómetro	* Radiación solar global instantánea.	Voltaje proporcional a la radiación solar global recibida.	50 mV/cal/cm ² /minuto.	0.28 a 2.8 microns.
4	Higrómetro/ Termómetro	* Humedad relativa del medio ambiente * Temperatura del medio ambiente (valores instantáneos)	Lectura en caratula graduada para humedad relativa. Lectura en termómetro graduado para temperatura.	Humedad: 1 % Temperatura: 0.1°C.	Humedad: 0-100% Temperatura: -20 a 50°C

* Las mediciones marcadas con asterisco son basicas según las especificaciones de diseño

CARACTERISTICAS FUNCIONALES DE LA INSTRUMENTACION SELECCIONADA
TABLA 3.1

NUM.	NOMBRE	VARIABLE MEDIDA	DATOS ENTREGADOS	RESOLUCION	RANGO
5	Barómetro Anaeroide	<p>* Presión atmosférica.</p> <p>* Altura sobre el nivel del mar.</p>	<p>Lectura directa en escala graduada para presión atmosférica en mb o mmHg.</p> <p>Lectura directa en escala graduada para altura sobre el nivel del mar en km.</p>	Presión lmb	<p>Presión: 1050-750 mb. 560-790 mmHg</p> <p>Altura: 0 a 3000m.</p>
6	Monitor digital meteorológico	<p>Velocidad instantánea del viento millas/hora, km/hora o nudos.</p> <p>Dirección instantánea del viento.</p> <p>* Presión barométrica instantánea en mb o inch. Hg.</p> <p>* Temperatura instantánea con dos sensores en °C o °F.</p>	<p>Velocidad instantánea del viento en forma digital (dos dígitos enteros).</p> <p>Dirección instantánea del viento en forma puntual para 16 direcciones diferentes.</p> <p>Presión barométrica instantánea en forma digital (cuatro dígitos enteros para mb y dos dígitos enteros y uno decimal para pulgadas de mercurio). Con opción para salida a graficador.</p>	<p>Velocidad de viento: 1 milla/hora, 1 km/hora ó 1 nudo.</p> <p>Dirección del viento 22.5°</p> <p>Presión barométrica 1 mb 0.1 inch.Hg.</p>	<p>Velocidad de viento: 99 millas/hora.</p> <p>Dirección del viento 360°</p> <p>Presión barométrica 98.1-1050 mb 28-32 inch.Hg.</p>

CARACTERISTICAS FUNCIONALES DE LA INSTRUMENTACION SELECCIONADA
TABLA 3.1

Continuación

NUM.	N O M B R E	VARIABLE MEDIDA	DATOS ENTREGADOS	RESOLUCION	RANGO
7	Compilador electrónico con dirección.	Velocidad del viento utilizando el método de Bins. Dirección del viento.	Entrega el número de segundos en que la velocidad del viento se mantuvo en un rango correspondiente a cada Bin, siendo lo anterior realizado para ocho rangos de dirección de viento. Con esto se pueden elaborar 8 histogramas de duración de velocidades de viento asociadas a su dirección o bien la rosa de los vientos.	Velocidad de viento 2 MPH para cada Bin. Dirección del viento 45°.	Velocidad del viento ajustable a más de 62 MPH. Dirección del viento 0-360°
8	Monitor de energía disponible.	Velocidad del viento.	Entrega como dato la energía disponible en KW-H/M ² para un período total de medición.	0.1 KWH	999.9 KWH
9	Telémetro Optico	* Distancia	Valor de la distancia a un objeto enfocado, por medio de una escala graduada.	1 yarda	Máximo: 2 millas Mínimo: 2 yardas.
10	Telémetro Optico II	* Distancia	Valor de la distancia a un objeto enfocado, por medio de una escala graduada.	1 metro	Máximo: 30 mts. Mínimo: 2 mts.

CARACTERISTICAS FUNCIONALES DE LA INSTRUMENTACION SELECCIONADA
TABLA 3.1

NUM.	N O M B R E	VARIABLE MEDIDA	DATOS ENTREGADOS	RESOLUCION	RANGO
11	Hipsómetro	*Altura de un obstáculo.	Altura de un objeto al observar su cima desde una distancia conocida, por medio de una escala graduada.	1 metro	Máximo:50 mts. Mínimo:1 mt.
12	Calibrador para árboles.	* Diámetro de los troncos de los árboles.	Medida en metros sobre una escala graduada, (medidor tipo vernier).	0.1 mts.	3-130 cm.
13	Brújula Universal		*Uso universal		
14	Cinta Métrica Metálica.		*Uso universal		50 mts.
15	Binoculares		*Uso universal	8 x 50	
16	Calculadora Electrónica		*Uso universal		
17	Cámara Fotográfica		*Uso universal		

CARACTERISTICAS FUNCIONALES DE LA INSTRUMENTACION SELECCIONADA
TABLA 3.1

Continuación.....

NUM.	N O M B R E	VARIABLE MEDIDA	DATOS ENTREGADOS	RESOLUCION	RANGO
		* Hora en forma digital.	Temperatura instantánea en forma digital. (Dos dígitos enteros y uno decimal) para dos sensores en forma alterna o continua, con opción de salida a graficador.	Temperatura ambiente: 0.1°C	Temperatura ambiente: -40 a 70°C, -40 a 158°F
		* Fecha en forma digital			
		* Máxima racha de viento.	Valor de la máxima racha de viento asociada a su hora y fecha de ocurrencia**.	Tiempo: horas, minutos, segundos.	Tiempo: 0-24 hrs. 0-12 hrs. (AM o PM)
		* Máxima temperatura para cada uno de los dos sensores.	Valor de temperatura máxima para cada uno de los sensores, asociada a su hora y fecha de ocurrencia**.		
		* Temperatura mínima para cada uno de los dos sensores.	Valor de temperatura mínima para cada uno de los sensores, asociado a su hora y fecha de ocurrencia**.		
		* Máxima presión barométrica	Valor de presión barométrica máxima asociada a su hora y fecha de ocurrencia**.		
		* Presión barométrica mínima.	Valor de presión barométrica mínima asociada a su hora y fecha de ocurrencia**.		
		Factor de Chill. Indica el sentido de la razón de cambio de la presión barométrica.	** Estos valores son desplegados tras un comando manual, en las unidades deseadas pudiendo		

CARACTERISTICAS GENERALES DE LA INSTRUMENTACION SELECCIONADA
TABLA 3.2

NUM.	N O M B R E	CARACTERISTICAS ELECTRICAS		CARACTERISTICAS MECANICAS				TIPO
		VOLTAJE DE ALIMENTACION	CONSUMO CORRIENTE	ALTO	DIMENSIONES (cm) ANCHO FONDO		PESO (KG)	
1	Anemocinemógrafo de distancia recorrida.	9-15 V.d.c.	15-40	17.78	16.83	19.05	2.95	Mecánico-electrónico.
2	Compilador electrónico de tres canales.	105-127 V.a.c. 60 Hz ó 8.5-14 V.d.c.	Consumo potencia 5 watts. 7mA (modo acumulativo). 240mA (modo de lectura).	22.86	27.94	19.05	2.27	Electrónico
3	Piranómetro	Ninguno	Ninguno	3.5	15.0 diámetro.			Electrónico estado sólido.
4	Higrómetro Termómetro	Ninguno	Ninguno	16.0	7.5	2.5	0.170	Mecánico
5	Barómetro Anaeroide	Ninguno	Ninguno		8.0 diámetro.	5.25	0.250	Mecánico
6	Monitor digital meteorológico	120/240 V.a.c. 50/60 Hz	Consumo potencia 8 watts.	18.41	40.64	15.24	4.08	Electrónico

CARACTERISTICAS GENERALES DE LA INSTRUMENTACION SELECCIONADA
TABLA 3.2

Continuación.....

NUM.	N O M B R E	CARACTERISTICAS ELECTRICAS		CARACTERISTICAS MECANICAS				TIPO
		VOLTAJE DE ALIMENTACION	CONSUMO CORRIENTE	DIMENSIONES (cm)			PESO(KG)	
				ALTO	ANCHO	FONDO		
7	Compilador electrónico con dirección.	105-127 V.a.c. 8.5-14 V.d.c.	Consumo de potencia 8 watts 7mA(modos acumulativo) 240 mA(modos lectura).	22.94	27.94	19.5	2,27	Electrónico
8	Monitor de energía disponible	105-127 V.a.c. 60 Hz 12-14.5 V.d.c.	Consumo de potencia; 5W 5mA(en modo acumulativo) 140mA(en modo de lectura)	24,13	17,78	4,5	3,178	Electrónico
9	Telémetro óptico I.	Ninguno	Ninguno	Objetos portátiles de poca voluminosidad			Peso < 0.5	9-15 mecánico.
10	Telémetro óptico II.	Ninguno	Ninguno	Objetos portátiles de poca voluminosidad			"	16 electrónico.
11	Hipsómetro	Ninguno	Ninguno	Objetos portátiles de poca voluminosidad			"	17 electrónico-mecánico.
12	Calibrador p/ árboles.	Ninguno	Ninguno	Objetos portátiles de poca voluminosidad			"	
13	Brújula universal.	Ninguno	Ninguno	Objetos portátiles de poca voluminosidad			"	
14	Cinta metálica	Ninguno	Ninguno	Objetos portátiles de poca voluminosidad			"	
15	Binoculares	Ninguno	Ninguno	Objetos portátiles de poca voluminosidad			"	
16	Calculadora*	Baterías		Objetos portátiles de poca voluminosidad			"	
17	Cámara fotográfica.	Baterías		Objetos portátiles de poca voluminosidad			"	

ACCESORIOS PARA INSTALACION DE SENSORES

Debido a que las especificaciones de diseño indican que los sensores anemométricos principales deben ser colocados a una altura de 10 m. para mediciones de velocidad media y a 7 y 13 m. para estimación de la rugosidad del sitio; se dotó al laboratorio móvil de meteorología eólica del IIE. con un mástil telescópico de 15 m. de altura (5 secciones tubulares de 3 m.) Este mástil es del tipo arriostrado el cual es utilizado comercialmente para la instalación de antenas de televisión en lugares de difícil recepción, por lo que su precio es muy bajo, en la figura 3.1 se muestra un mástil de este tipo, así como los herrajes necesarios para su instalación, los detalles de estos últimos se muestran en las figuras 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 y 3.7.

Para la instalación de los sensores sobre el mástil telescópico se utilizan las piezas mostradas en las figuras 3.8 y 3.9 siendo sus medidas concordantes con las de los sensores seleccionados.

HERRAMIENTA

La herramienta con que se dotó al laboratorio móvil es aquella mencionada en las especificaciones de diseño, (capítulo 2 sección 2.3) agrupándose esta en: un maletín acondicionado para herramienta de instalación y mantenimiento de instrumentación, una caja metálica para herramienta de instalación de sensores, soportes de los mismos y para instalación y operación del equipo de estancia.

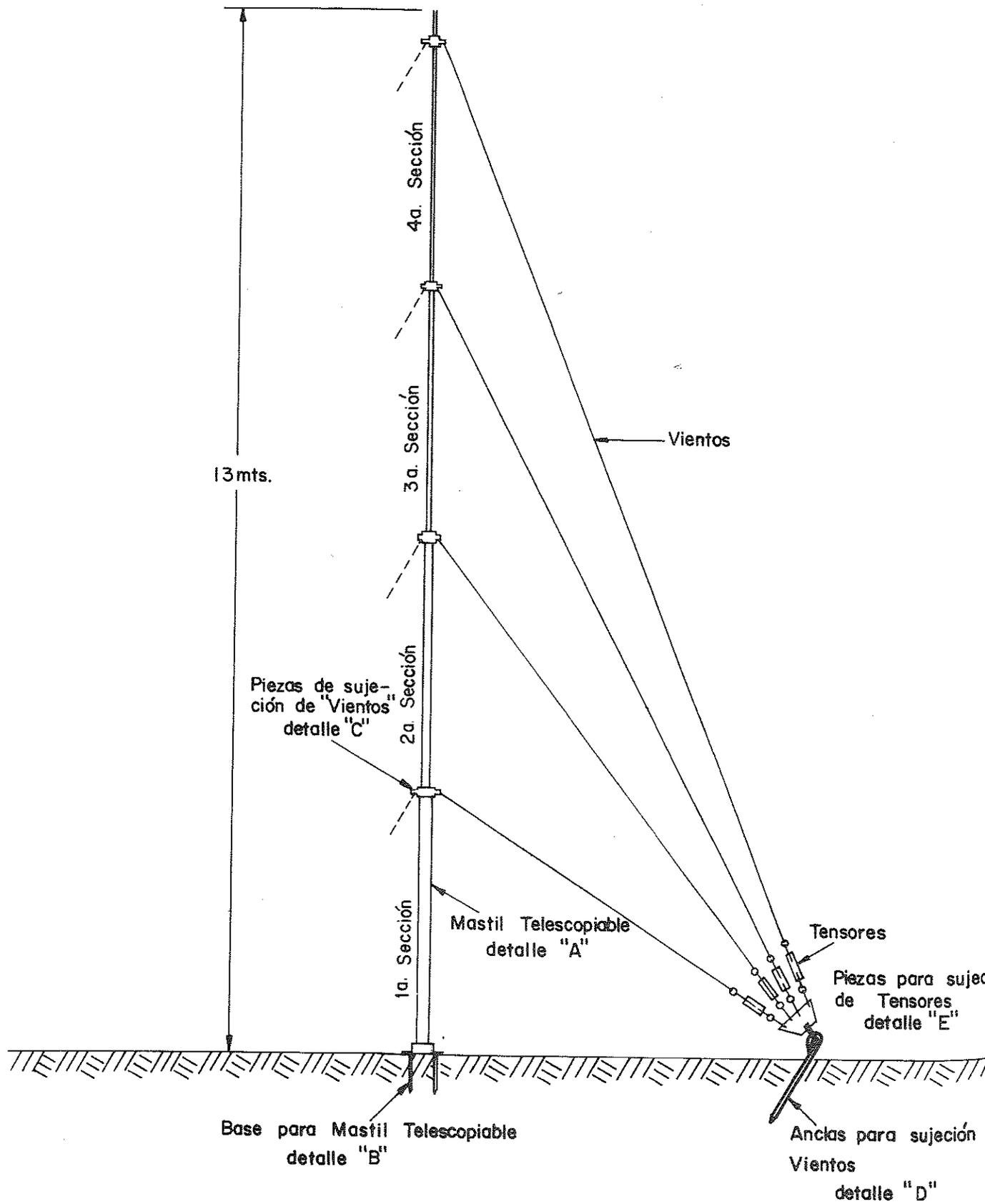
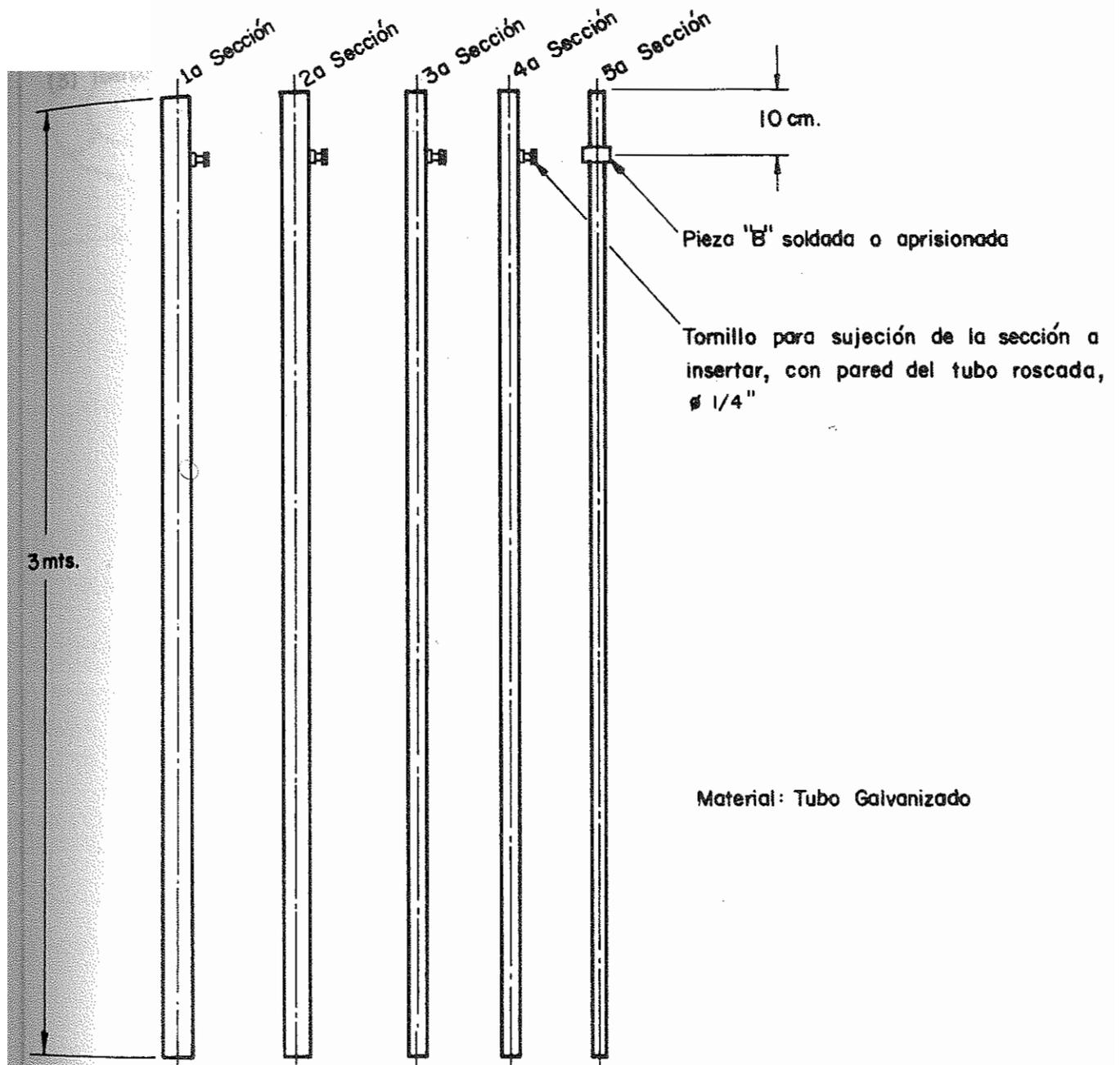


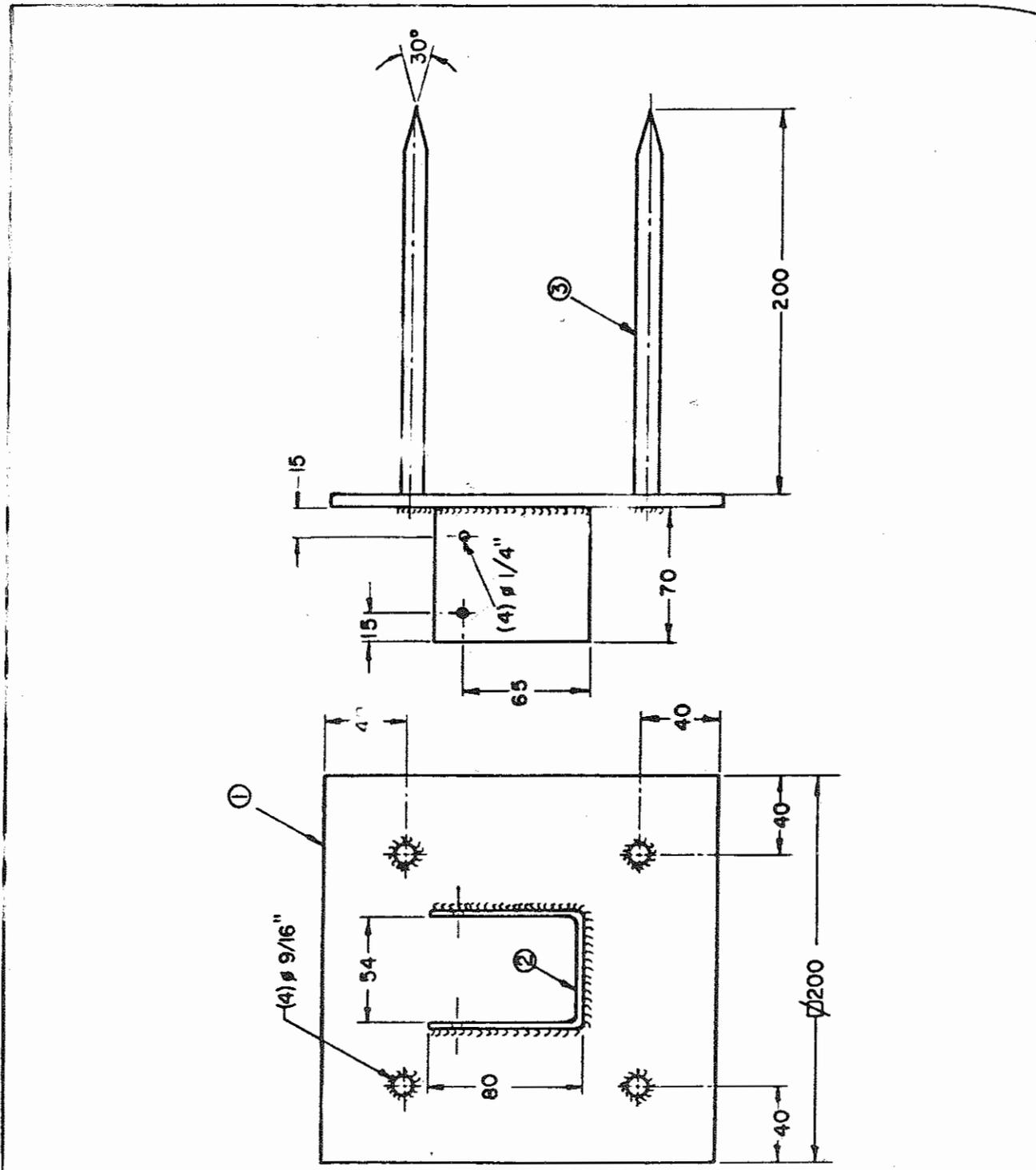
Fig. 3.1 BOSQUEJO DE UN MASTIL TELESCOPIABLE Y ACCESORIOS DE INSTALACION



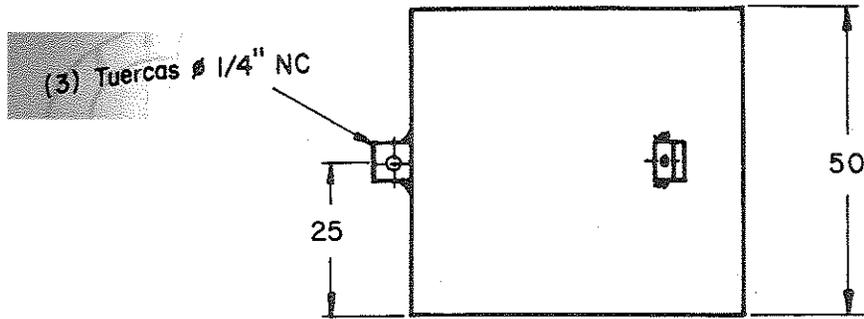
Datos de las secciones:

	\varnothing interior (mm)	espesor de pared (mm)
1a	45.5	1.5
2a	40.0	1.0
3a	35.0	1.0
4a	30.0	1.0
5a	25.0	1.0

Fig. 3.2 CARACTERISTICAS DEL MASTIL TELESCOPIABLE SELECCIONADO (detalle "A")



03	ANCLAS	04	Varilla Corrugada \varnothing 9/16"
02	GUIA DEL MASTIL	01	Lamina de Ac. 1/8"
01	PLACA BASE	01	Ac. Placa Monterrey de 1/4"
No.	Descripción	Ctd.	Material
DIBUJO:	FECHA:	FUENTES DE ENERGIA FUENTES NO CONVENCIONALES	
J. A. APREGUIN	13-MAYO-83		
REVISO:	ESCALA:		
J. M. APREGUIN	1:3		
AEROSOL:	TIPO DE PROYECCION:	TITULO: BASE PARA MASTIL TELESCOPIABLE	
E. CALDERA M.			
ACOTACIONES:	TOLERANCIAS NO ESP.	No. de dibujo:	No. de proyecto:
mm.	\pm 0.25 mm. \pm 0.01° \pm 0.5°		
REFERENCIA:		FIG. No. 3.3	



Secciones de tubo del
Mastil Telescópico.

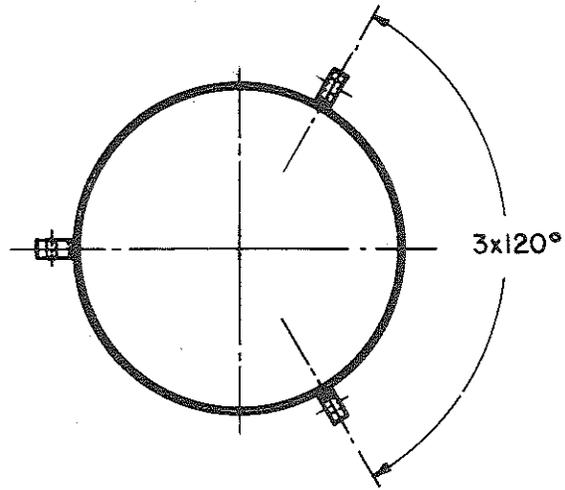
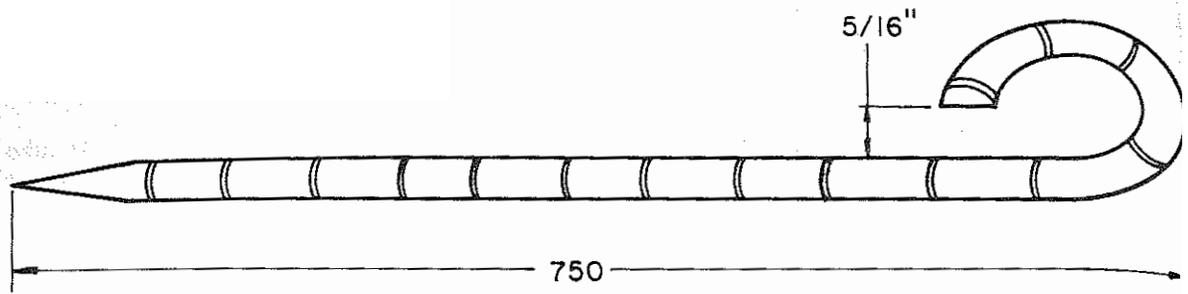


Fig. 3.4 SUJETADORES PARA "VIENTOS" AL MASTIL TELESCOPIABLE



Material: Varilla corrugada ϕ 1/2"

Fig. 3.6 ANCLAS PARA SUJECION DE VIENTOS AL SUELO
detalle "D"

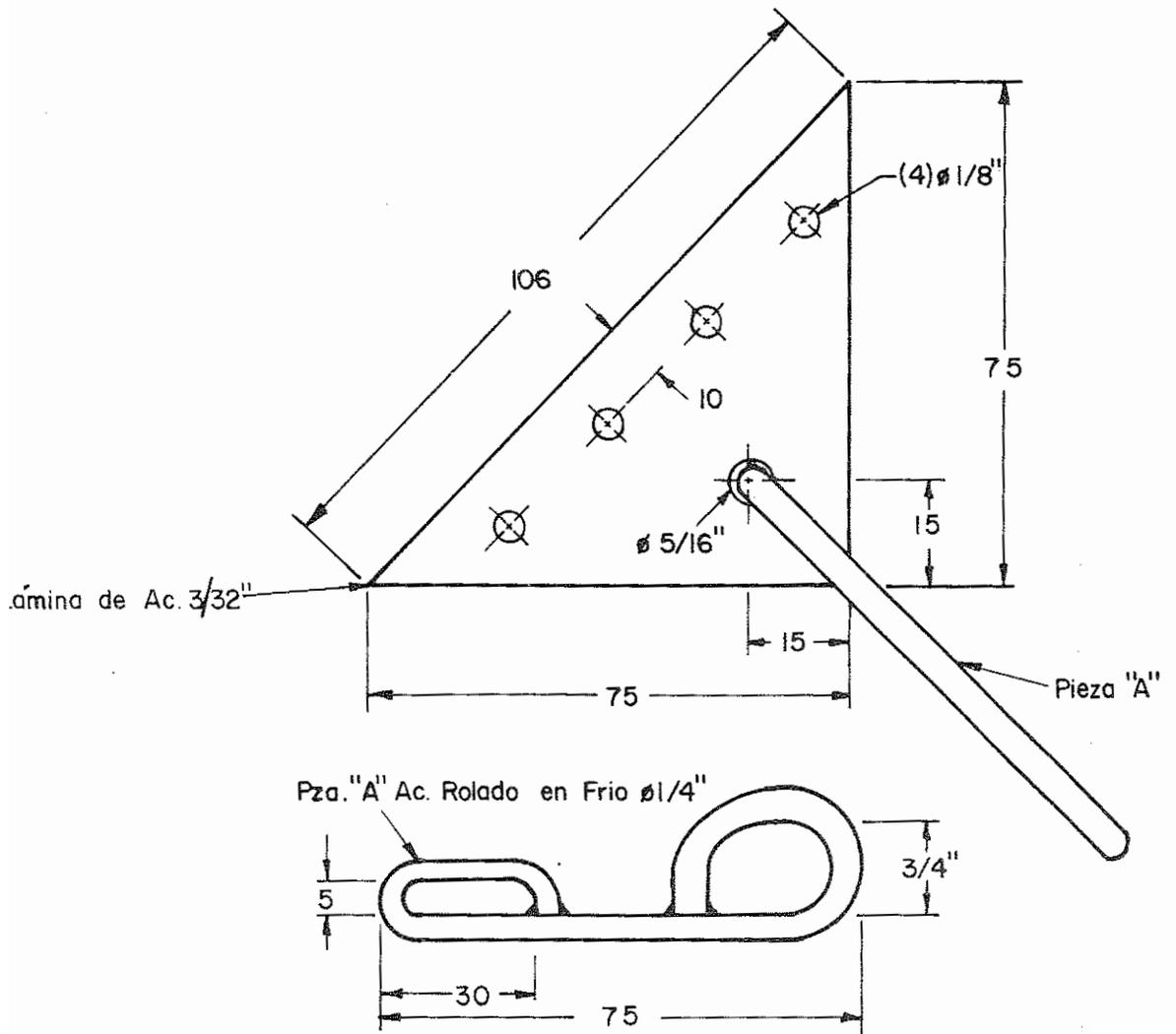


Fig. 3.7 PIEZAS PARA SUJECION DE TENSORES

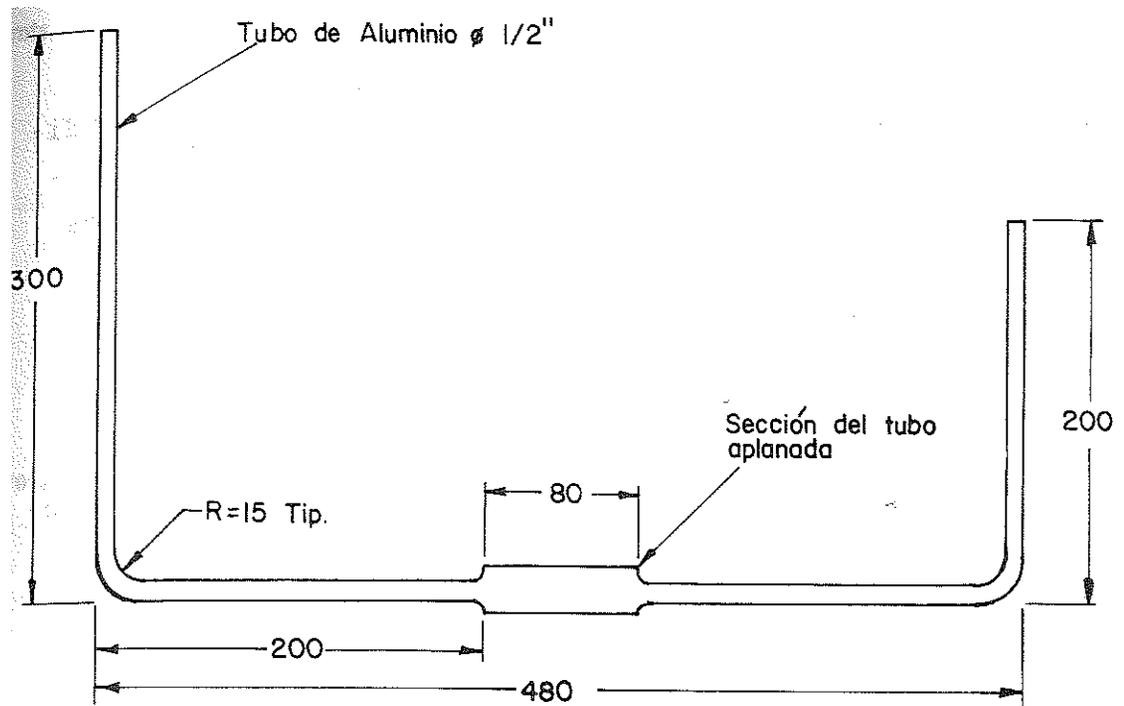
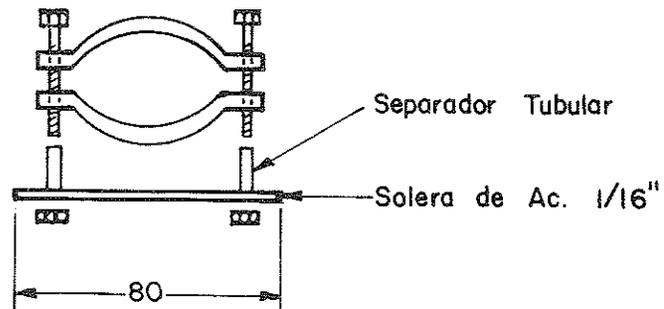


Fig. 3.8 SOPORTES PARA SENSORES ANEMOMETRICOS AL MASTIL TELESCOPIABLE



3.9 SUJETADORES PARA SOPORTES DE SENSORES ANEMOMETRICOS AL MASTIL TELESCOPIABLE.

3.2.2 Distribución de los sensores anemométricos

De acuerdo a los requisitos en cuanto a las mediciones anemométricas a realizar mencionadas en el capítulo anterior, se consideró conveniente distribuir los sensores a lo largo del mástil telescópico, a las alturas mostradas en la figura 3.10.

3.2.3 Distribución del espacio interior del vehículo

La solución presentada en la figura 3.11, fue seleccionada para satisfacer las necesidades mencionadas del interior del vehículo, en ella se observan 12 diferentes módulos y en la tabla 3.3 se describen estos en cuanto a sus funciones y elementos que los integran.

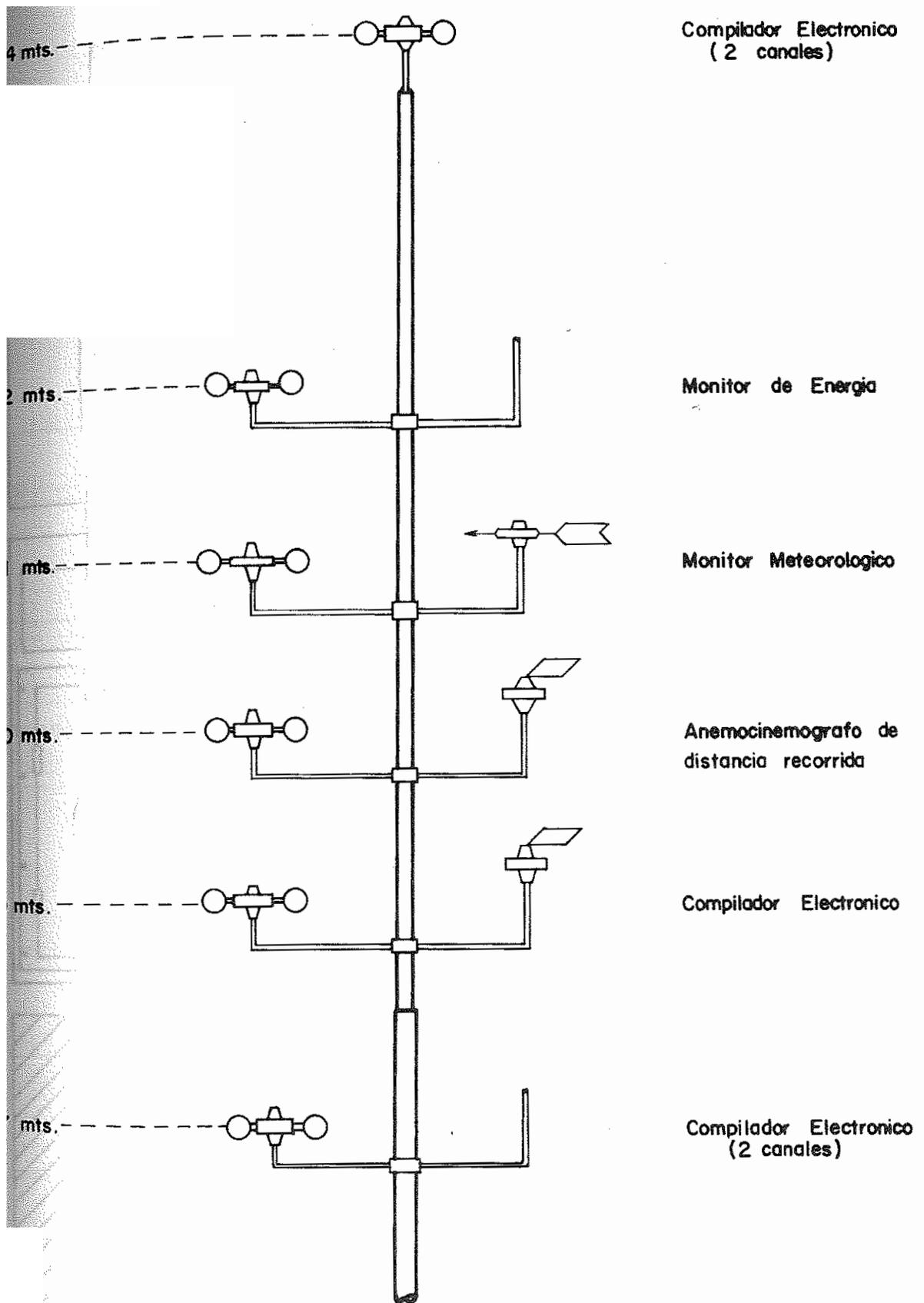


Fig. 3.10 DISTRIBUCION DE SENSORES ANEMOMETRICOS EN EL MASTIL TELESCOPIABLE.

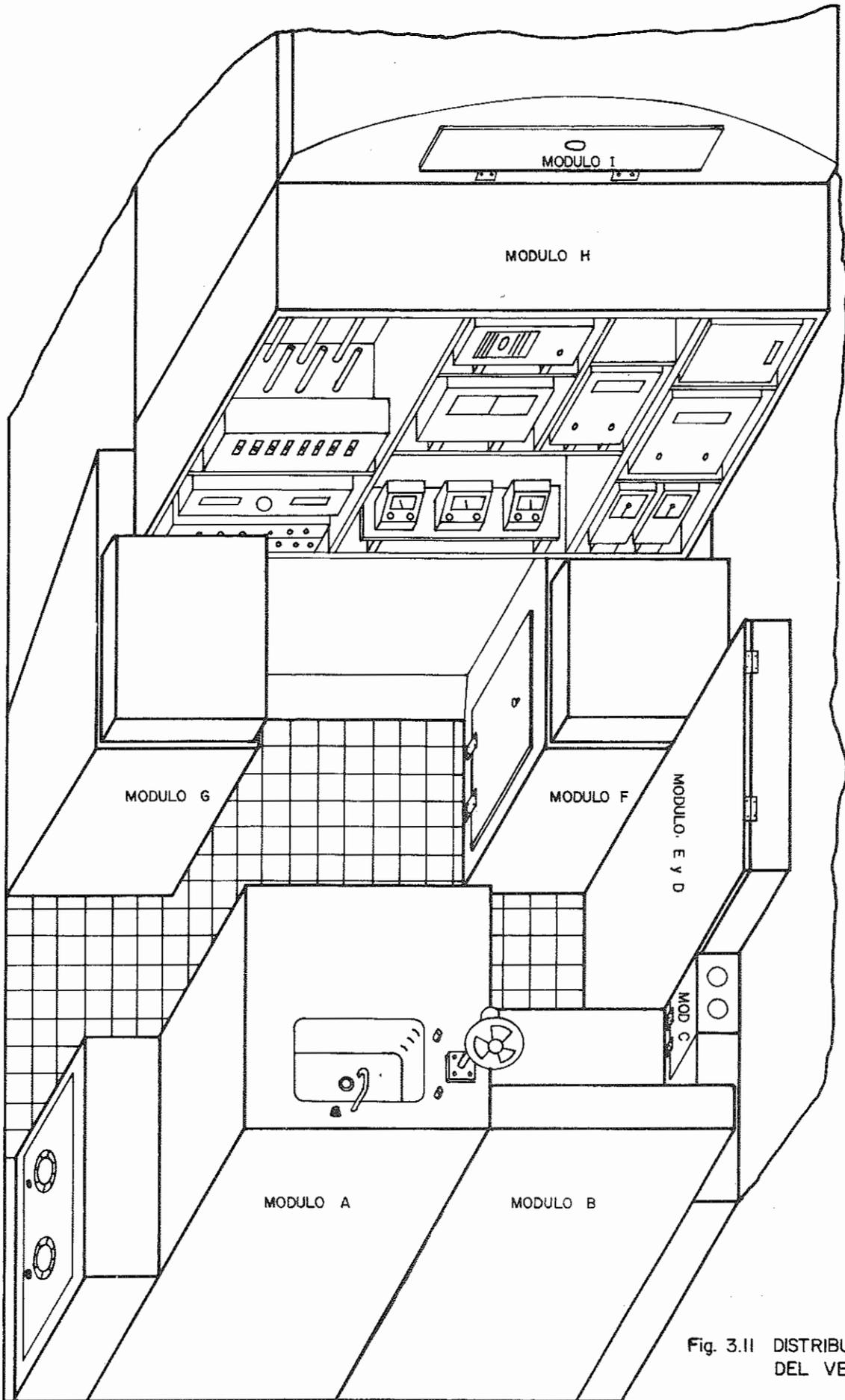
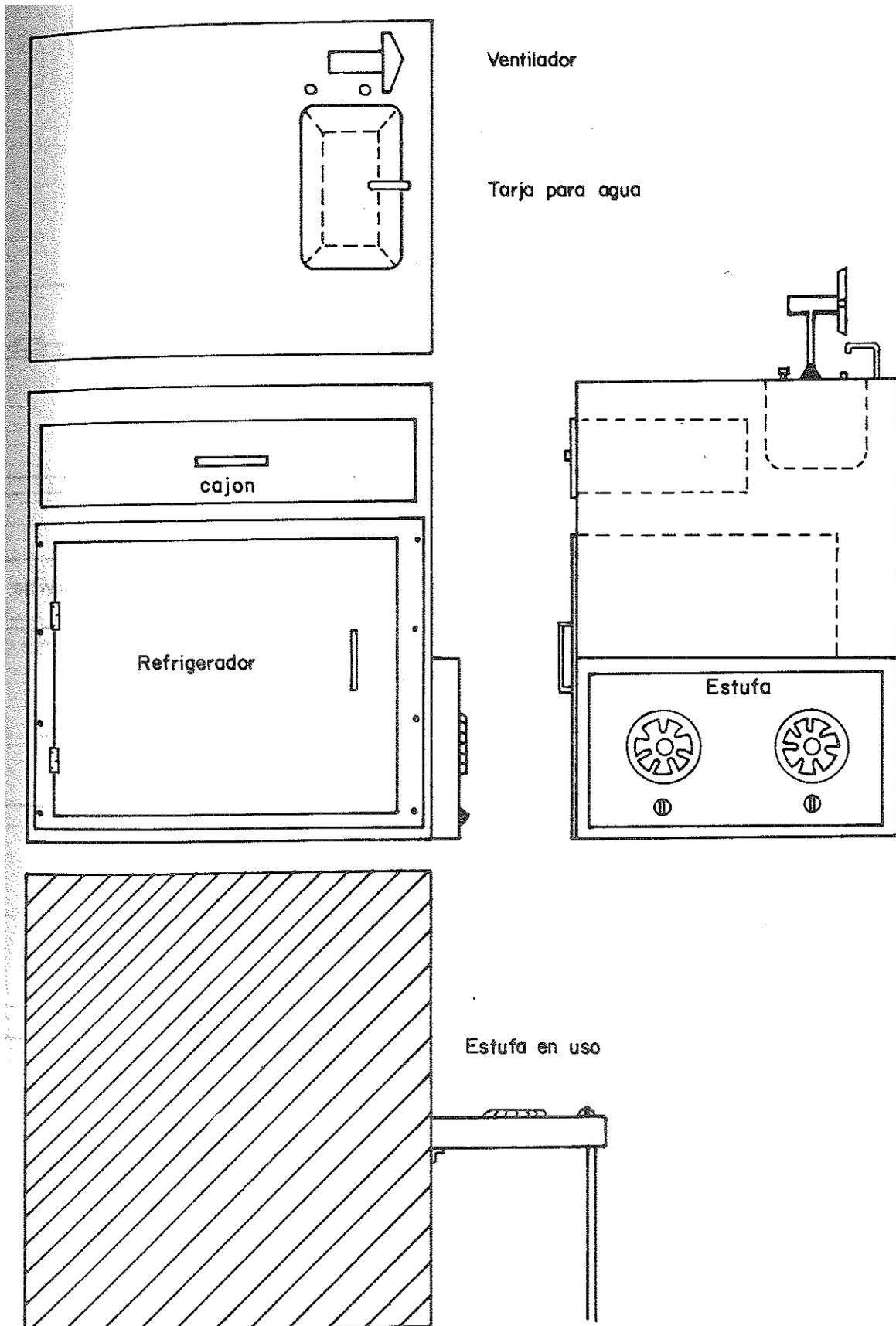


Fig. 3.II DISTRIBUCION INTERIOR DEL VEHICULO

Fig. 3.12 BOSQUEJO DEL MODULO "A"



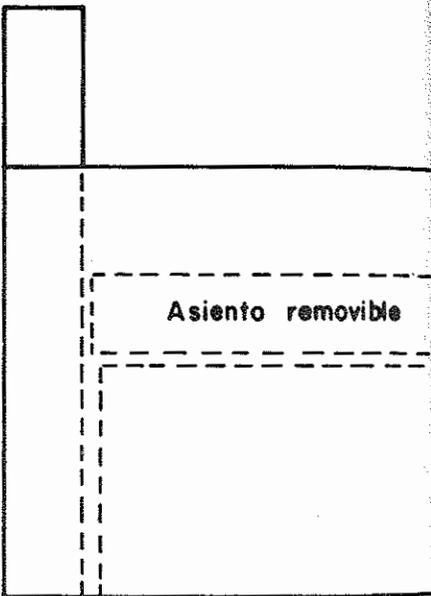
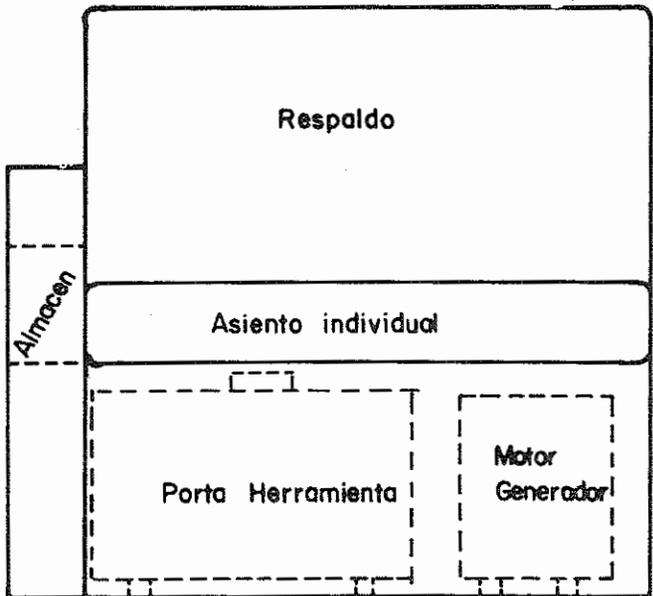
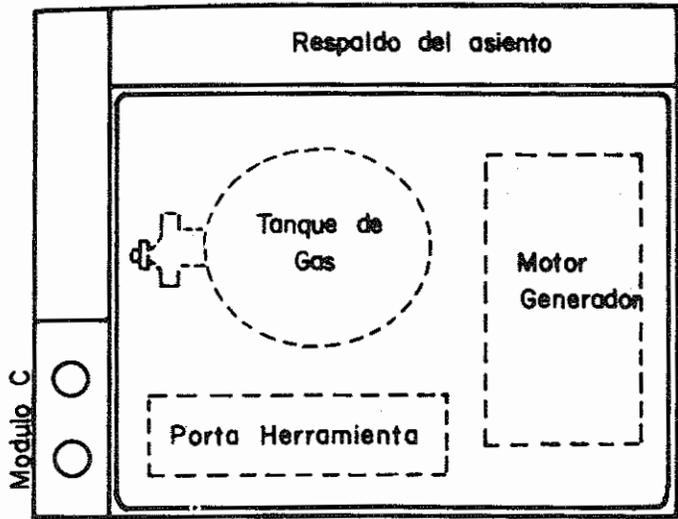


Fig. 3.13 BOSQUEJO DE LOS MODULOS B y C

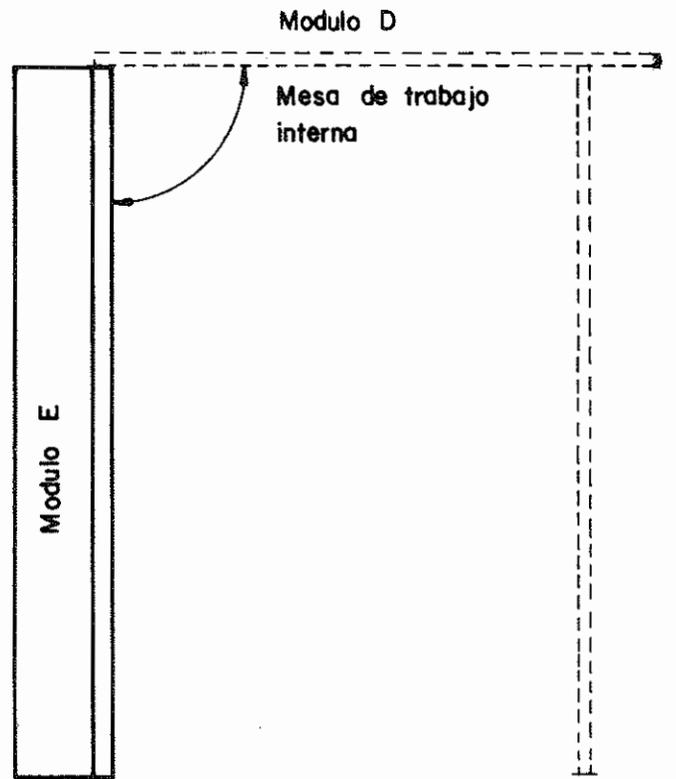
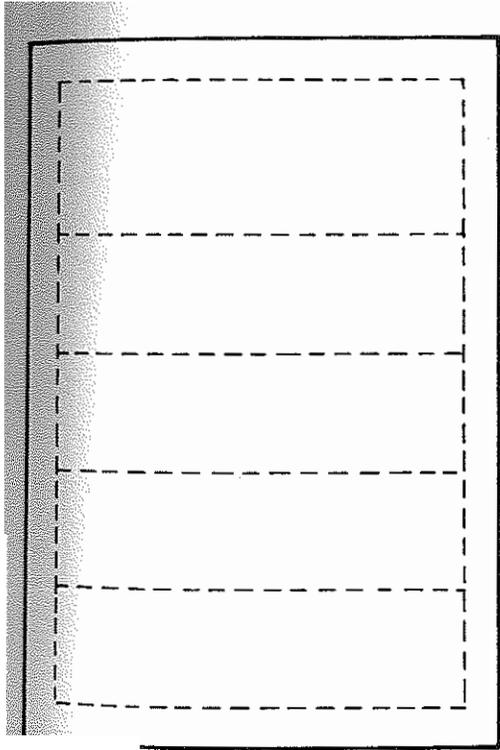
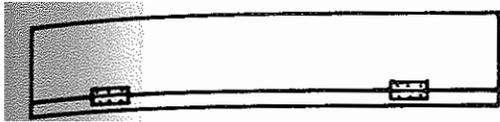


Fig. 3.14 BOSQUEJO DE LOS MODULOS D y E

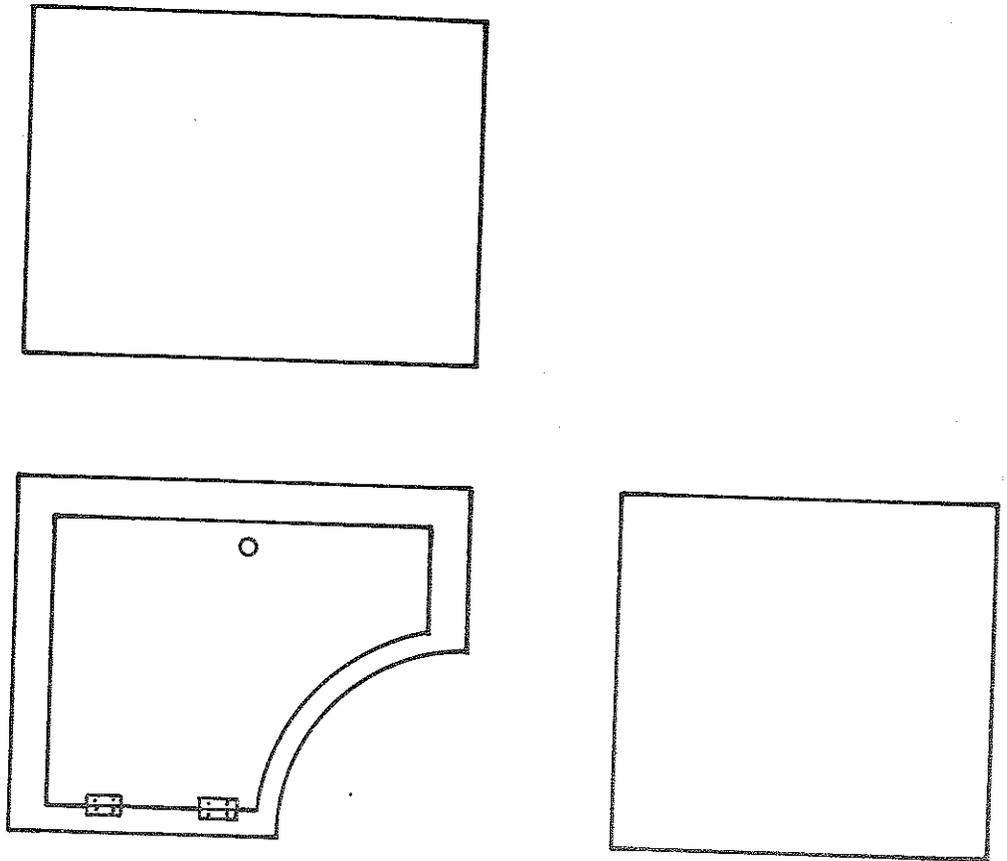


Fig. 3.15 BOSQUEJO DE UN MODULO F o G

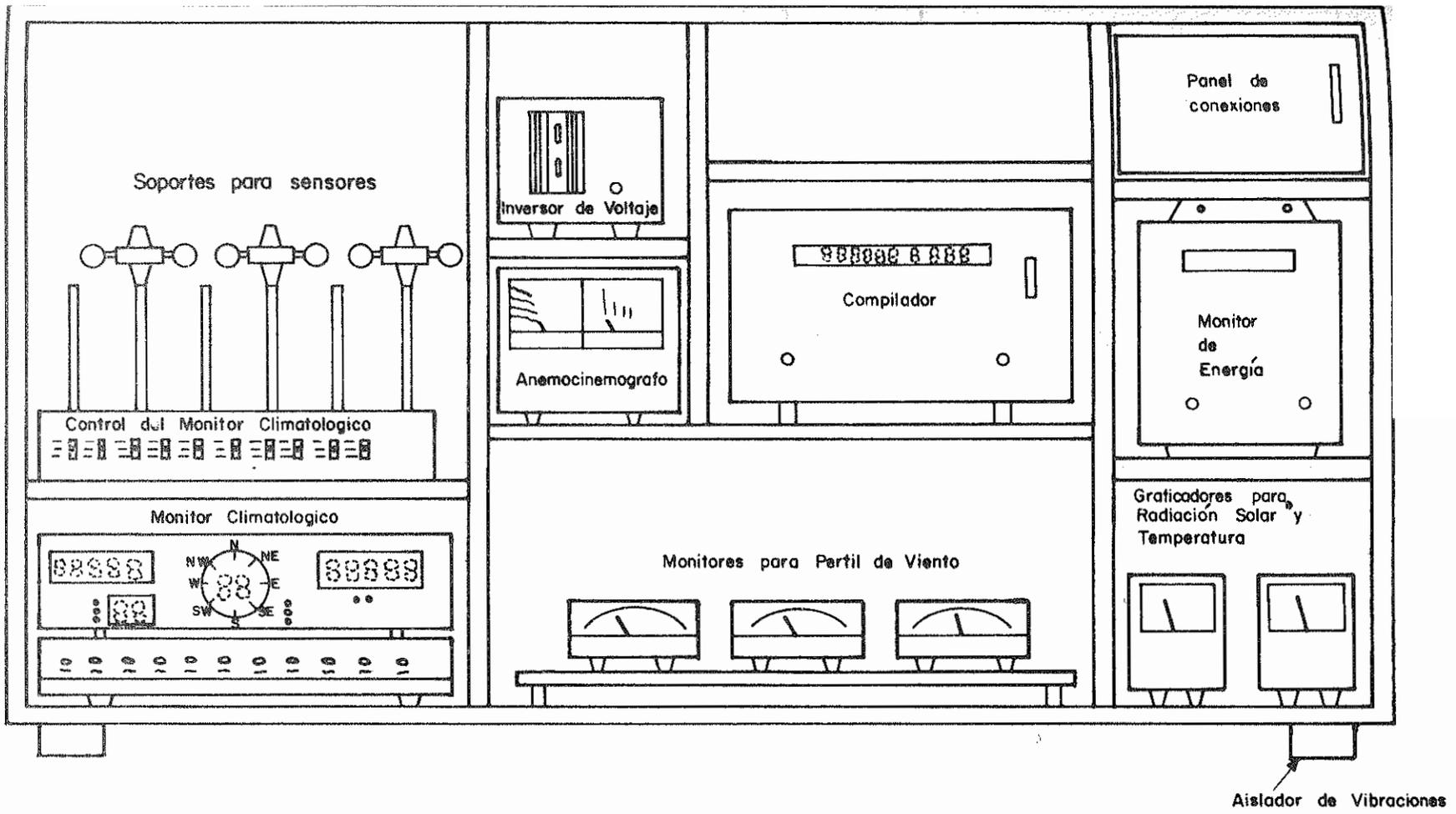


Fig. 3.16 ANAQUEL PARA INSTRUMENTACION

Fig. 3.17 BOSQUEJO DEL MODULO I

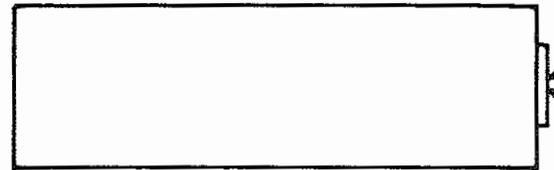
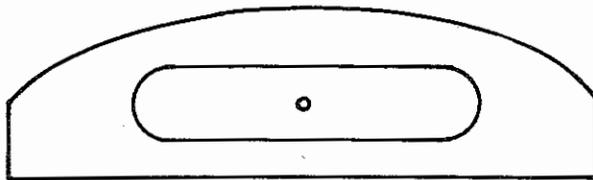
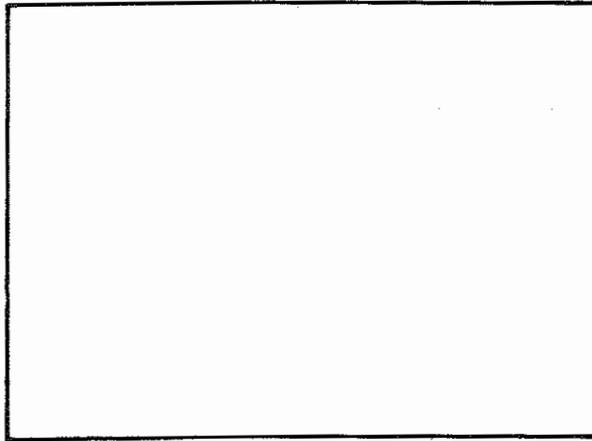
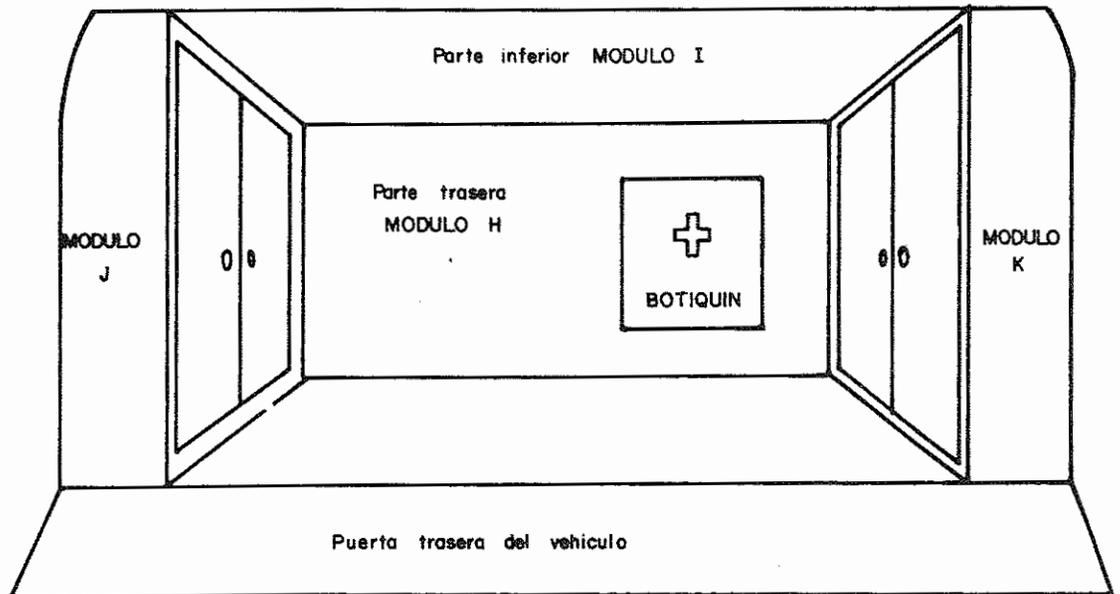


Fig. 3.18 BOSQUEJO DE LOS MODULOS J y K



DESCRIPCIÓN DE LOS MÓDULOS DE LA DISTRIBUCIÓN INTERIOR
 TABLA 33

MÓDULO	FUNCIONES QUE REALIZA	ELEMENTOS INTEGRADOS	COMENTARIOS	FIGURA
A	Cocineta	<ul style="list-style-type: none"> - Estufa de gas de dos quemadores. - Refrigerador de corriente directa. - Taraja para agua - Cajón para alimentos no refrigerables. - Ventilador - Control para operación de bomba eléctrica para suministro de agua a la tarja. 	La estufa es abastible y su localización se escogió para que el vapor y grasa de los alimentos cocinados circule hacia el exterior, evitando así acumulación de grasa en la instrumentación.	3.12
B	<ul style="list-style-type: none"> - Asiento individual para un tercer pasajero. - Asiento para uso de la mesa de trabajo interna. - Almacén en su parte interior. 	Ninguno	Como almacén transporta: <ul style="list-style-type: none"> - Tanque de gas de 6 kg. - Motor-generator de 400 watts. - Maletín para herramienta de instalación y mantenimiento de instrumentación. 	3.13
C	<ul style="list-style-type: none"> - Brazo del asiento del módulo B. - Almacén 	Portadores de vasos	Como almacén transporta instrumentos de dibujo.	3.13

DESCRIPCION DE LOS MODULOS DE LA DISTRIBUCION INTERIOR
 TABLA 3.3

MODULO	FUNCIONES QUE REALIZA	ELEMENTOS INTEGRADOS	COMENTARIOS	FIGURA
D	Mesa de trabajo interna	- Tubo para soporte de pie.	Es abatible con objeto de que al no ser utilizada ocupe un espacio mínimo y a la vez sirva como tapa del anaquel del módulo E.	3.14
E	-Anaquel con repisas para almacén..	Ninguno	Como almacén transporta: libretas, mapas, escuadras, calculadoras y otros.	3.14
F	- Almacén	Ninguno	En el se transporta: - Utencilios de cocina - Lámparas portátiles - Cuerdas - Señales de auxilio - Cascos de seguridad - Cinturones de seguridad. - Guantes aislantes.	3.15
G	- Almacén	Ninguno	En el se transporta: - Bateria automotriz extra. - Herrajes varios para instalación. - Caja metálica para herramienta de trabajo semi-pesado.	3.15

DESCRIPCION DE LOS MODULOS DE LA DISTRIBUCION INTERIOR
TABLA 33

MODULO	FUNCIONES QUE REALIZA	ELEMENTOS INTEGRADOS	COMENTARIOS	FIGURA
H	<ul style="list-style-type: none"> - Anaqueel para instrumentación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Anemocinemoógrafo - Compilador electrónico con dirección. - Compilador electrónico de dos canales. - Monitor climatológico - Monitor de energía - Inversor de voltaje - Soportes para sensores anemométricos. - Graficadores - Panel de conexiones 	<p>Este anaquel cuenta con protección para movimientos bruscos y vibraciones, esto se realizó aislándolo mecánicamente del resto del vehículo por medio de gomas amortiguadoras.</p>	3.16
I	<ul style="list-style-type: none"> - Guarda-equipaje 	Ninguno	Utilizado para transporte del equipaje del personal.	3.17
J,K	<ul style="list-style-type: none"> - Almacén 	Ninguno	<p>Se utilizan para transporte de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Herrajes varios - Alambre galvanizado. - Marro - Toldo de nylon - Cables eléctricos - Otros. 	3.18
L	<p>Como se puede observar en la figura 3.18, queda un espacio considerable entre los módulos H,I,J y K. Este espacio esta aislado del espacio destinado a trabajo interno y solamente se tiene acceso a él por la parte trasera del vehículo; debido a su gran amplitud, se utiliza para el transporte de casa de campaña, sacos para dormir y todo objeto de transporte eventual.</p>			

3.2.4 Distribución del espacio exterior del vehículo

En la figura No. 3.19 se muestra la distribución seleccionada para el exterior del vehículo, en ella se pueden observar 8 módulos diferentes y en la tabla 3.4 se describen estos en cuanto a funciones que realizan y elementos que los integran.

DESCRIPCION DE LOS MODULOS DE LA DISTRIBUCION EXTERIOR
TABLA 3.4

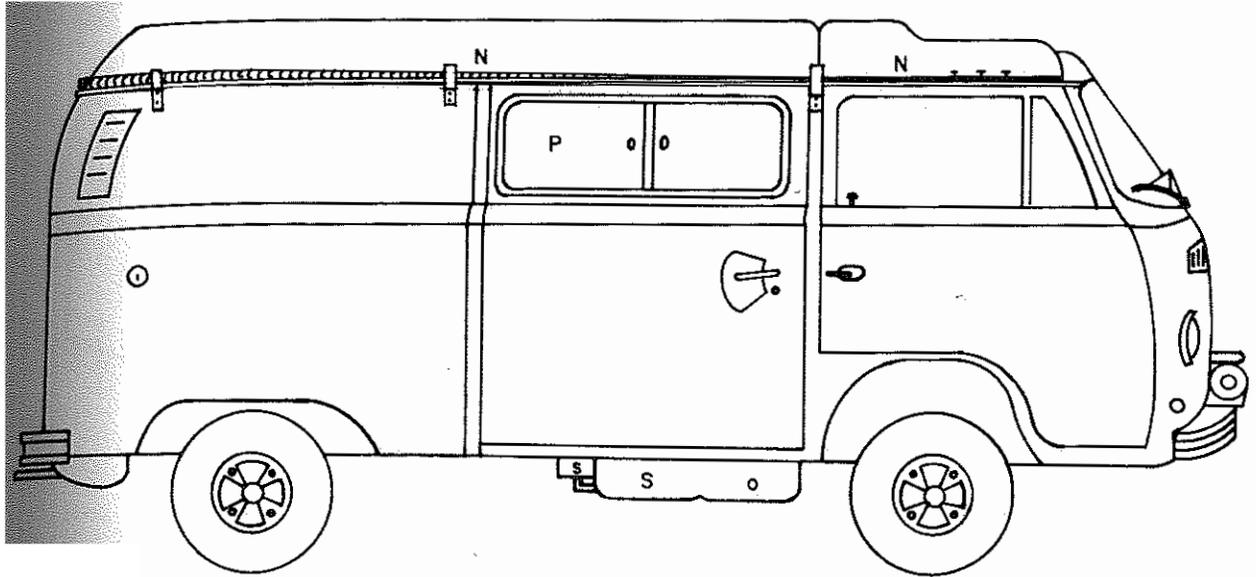
MODULO	FUNCIONES QUE REALIZA	ELEMENTOS INTEGRADOS	COMENTARIOS	FIGURA
L	- Soporte para traslado del mástil telescópico.	Tres piezas iguales	Para su uso, el mástil telescópico debe ser modificado de acuerdo a la figura No.3.21	3.20 3.22
M	- Mesa externa de trabajo.	- Soportes para piso - Canal para instalación.	La mesa es removible y se guarda en el interior del vehículo cuando no se utiliza.	3.23
N	- Domo telescópico - Mayor altura en el interior del vehículo. - Cama de emergencia - Entre el techo del vehículo y el domo, se obtiene un nuevo espacio de transporte, el cual se utiliza para: la mesa exterior y tubería para soporte de la estufa, de la mesa exterior y del toldo de protección.	- Tablas para cama - Parrilla - Colchón de poliuretano de 4".	Es abatible y se eleva para proporcionar mayor altura en el interior del vehículo, comercialmente se utiliza para acondicionar la parte superior del vehículo como cama para dos personas, de esta forma puede utilizarse también como compartimiento de estancia, cuando por alguna emergencia se tenga que permanecer sin instalar la casa de campaña.	3.24 3.25 3.26

Continuación.....

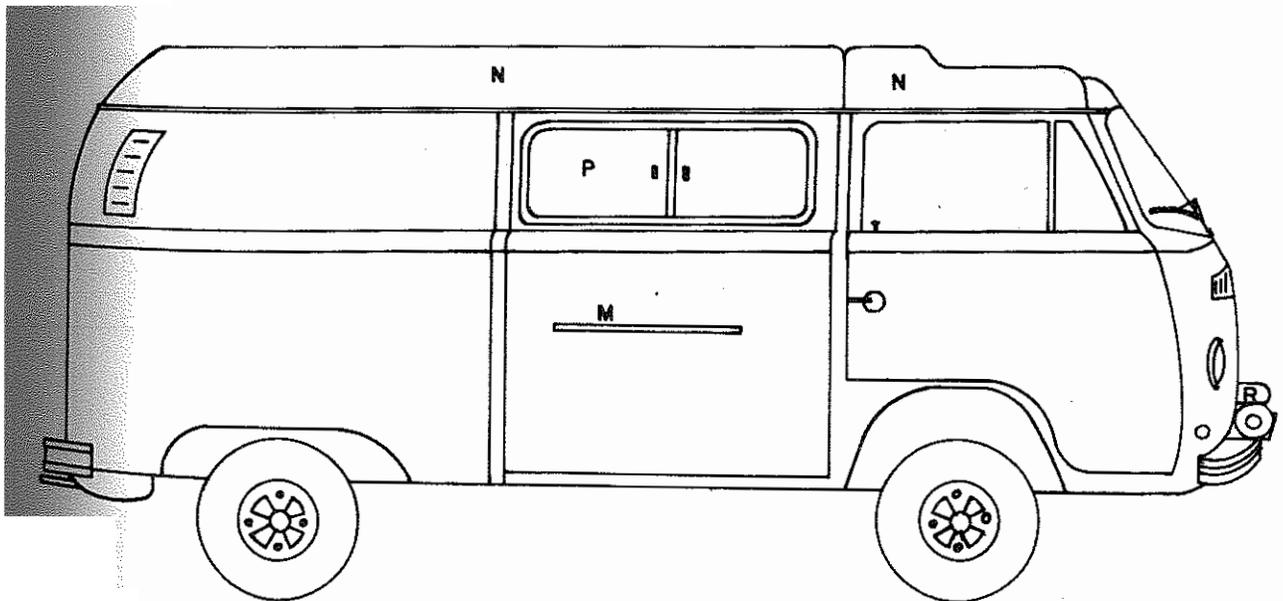
DESCRIPCION DE LOS MODULOS DE LA DISTRIBUCION EXTERIOR
 TABLA 3.4

MODULO	FUNCIONES QUE REALIZA	ELEMENTOS INTEGRADOS	COMENTARIOS	FIGURA
O	- Toldo de nylon para protección de la mesa exterior de trabajo.	Ninguno	Es removible y se fija al vehículo por medio de una moldura integrada a la carrocería de este último.	3.27
P	- Ventanas corredizas	Mosquitero	Ninguno	3.19
Q	- Faros para niebla	Ninguno	Ninguno	3.19
R	- Winch con motor eléctrico.	Estructura acoplada al chasis del vehículo.	Este se utiliza básicamente para izar el mástil telescópico y otros trabajos eventuales.	3.19
S	- Depósito para agua potable. - Bomba eléctrica	Ninguno	Ninguno	3.19

Fig. 3.19 Distribución Exterior del Vehículo



Vista lateral contraria al conductor



Vista lateral lado del conductor

Fig. 3.20 SOPORTES PARA MASTIL TELESCOPIABLE

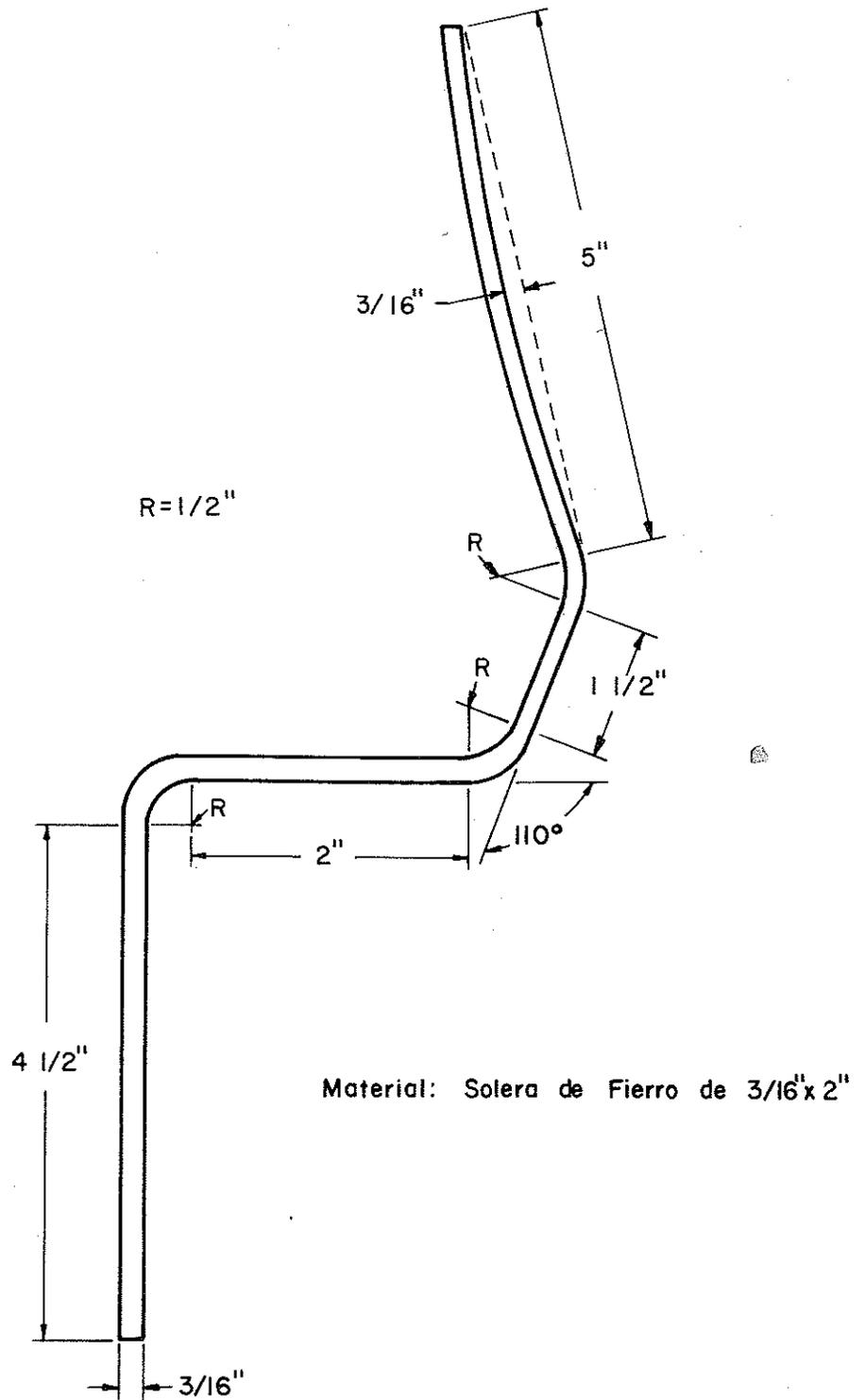


Fig. 3.21 ACONDICIONAMIENTO DEL MASTIL TELESCOPIABLE

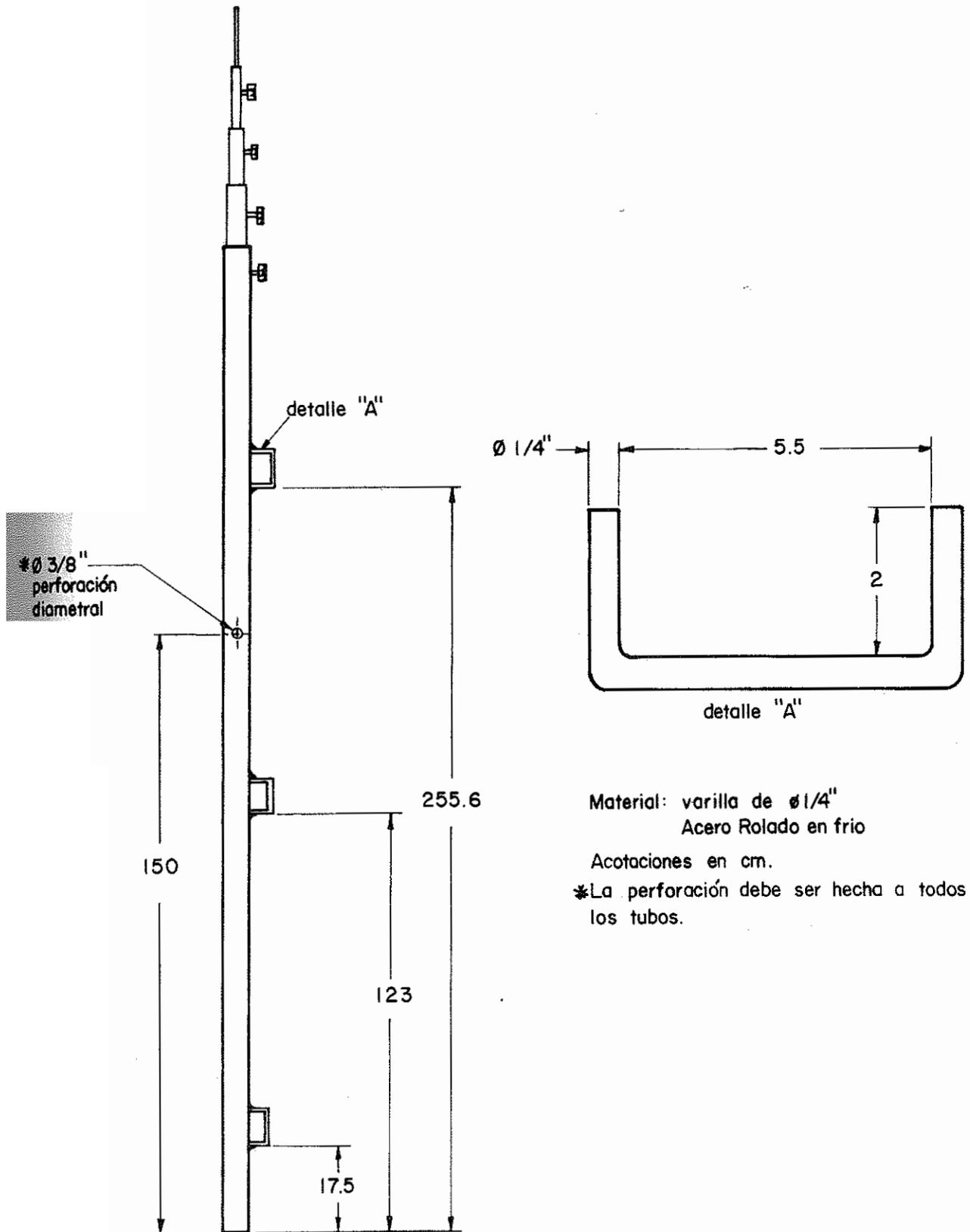
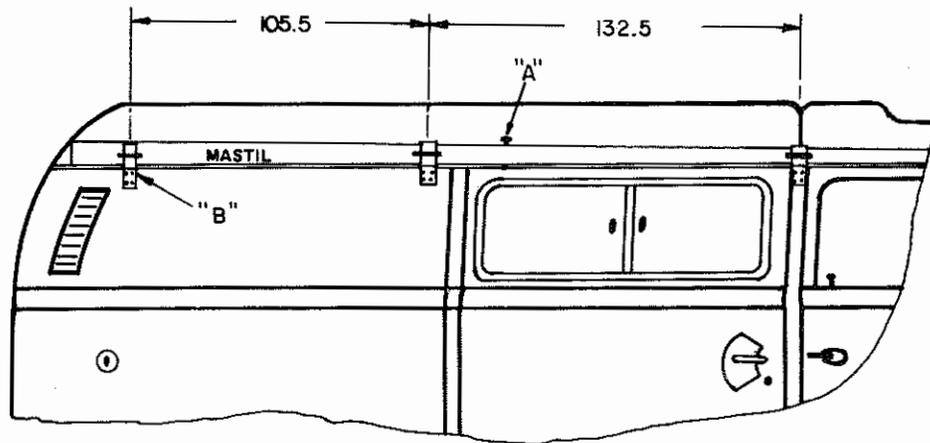
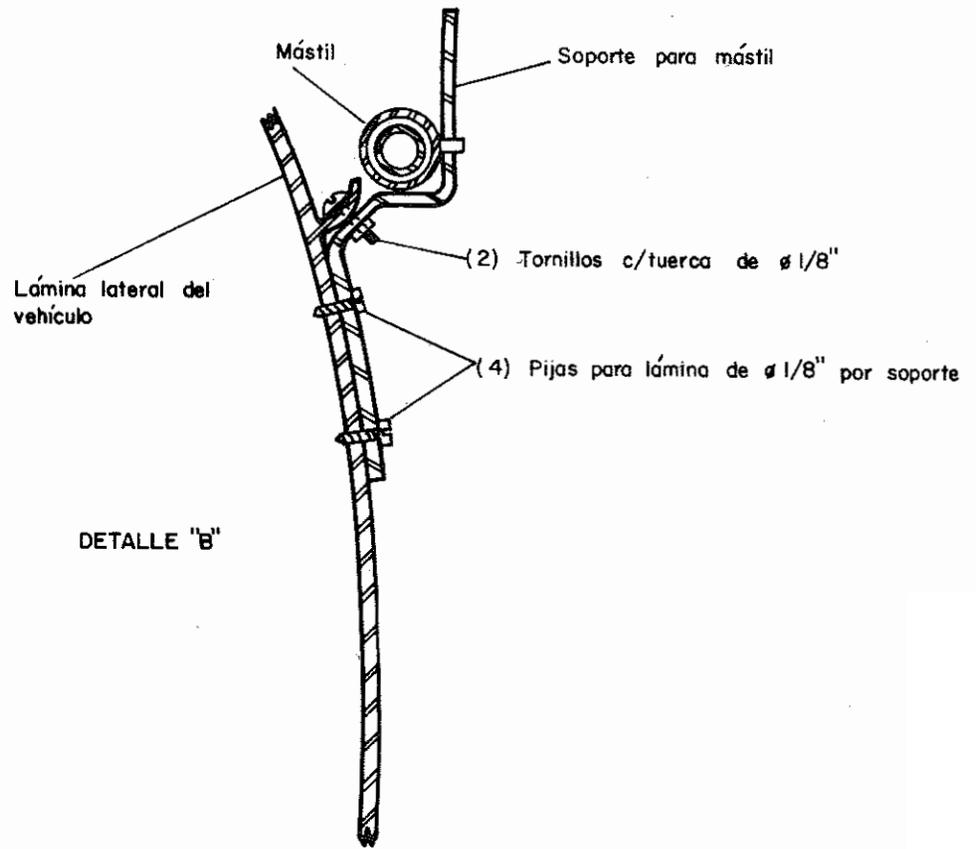


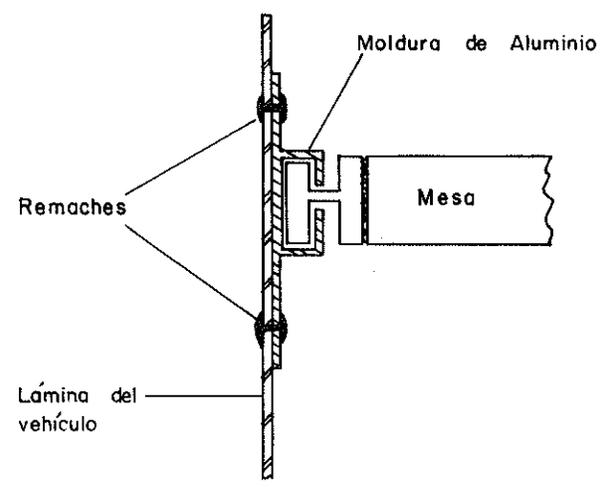
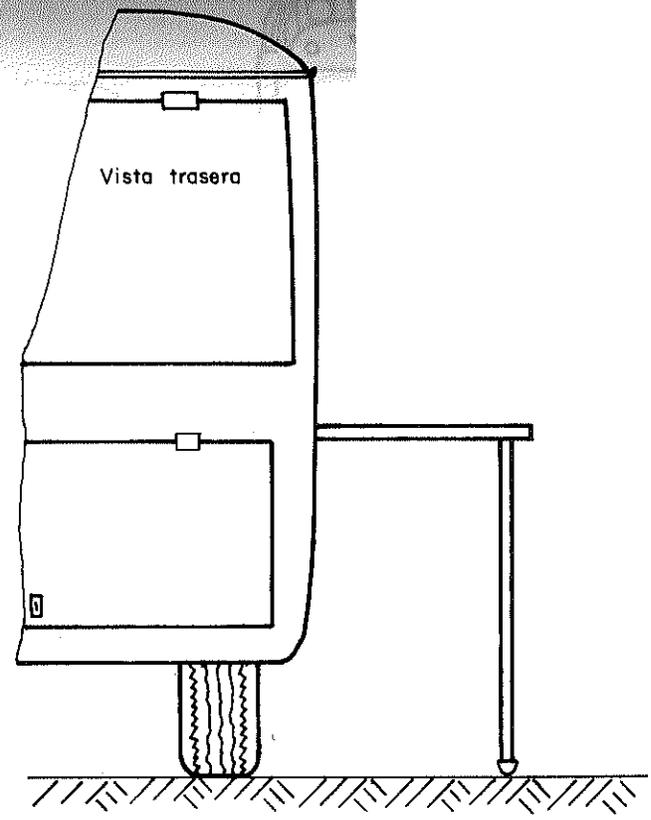
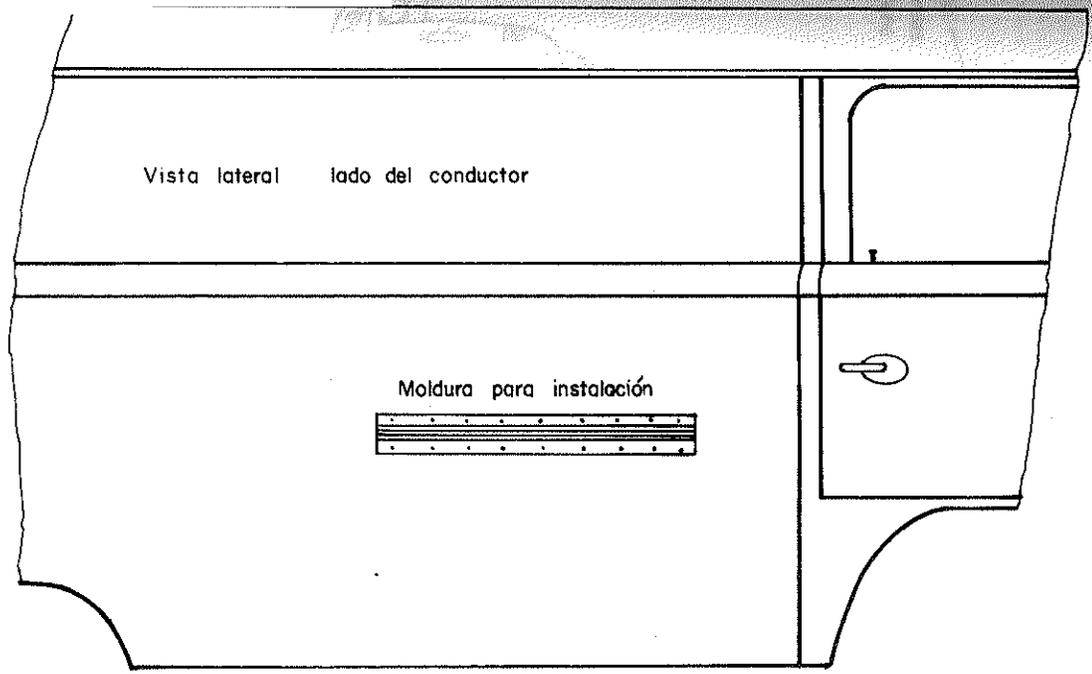
Fig. 3.22 INSTALACION DE SOPORTES PARA EL MASTIL TELESCOPIABLE



Acot.: en cm

"A" = Tornillo de $\phi 1/4"$ para evitar deslizamiento de los tubos interiores en el transporte.

Fig. 3.23 MESA PARA TRABAJOS EXTERNOS



Detalle de montaje

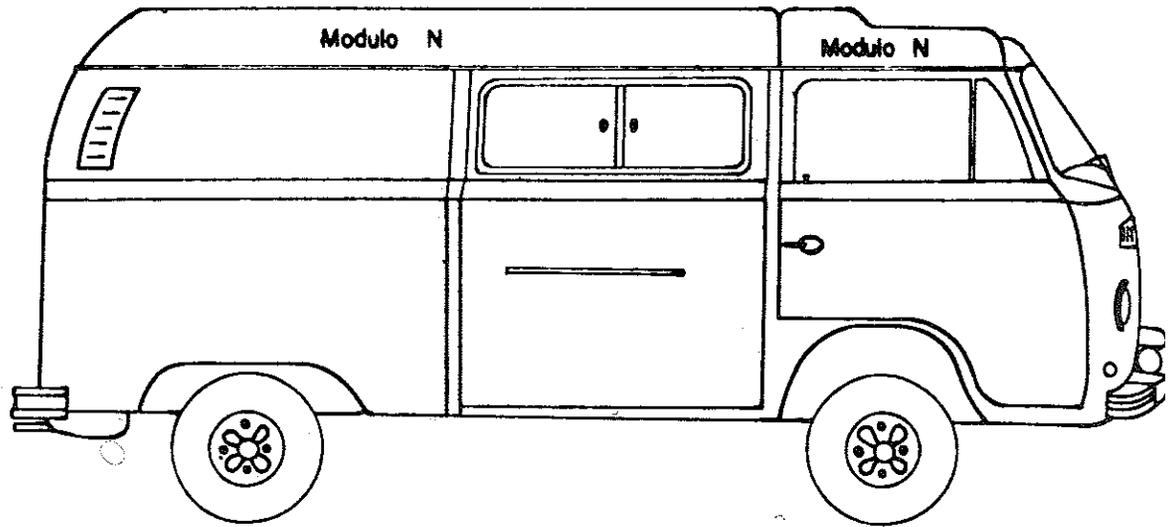


Fig. 3.24 DOMO TELESCOPIABLE ABATIDO

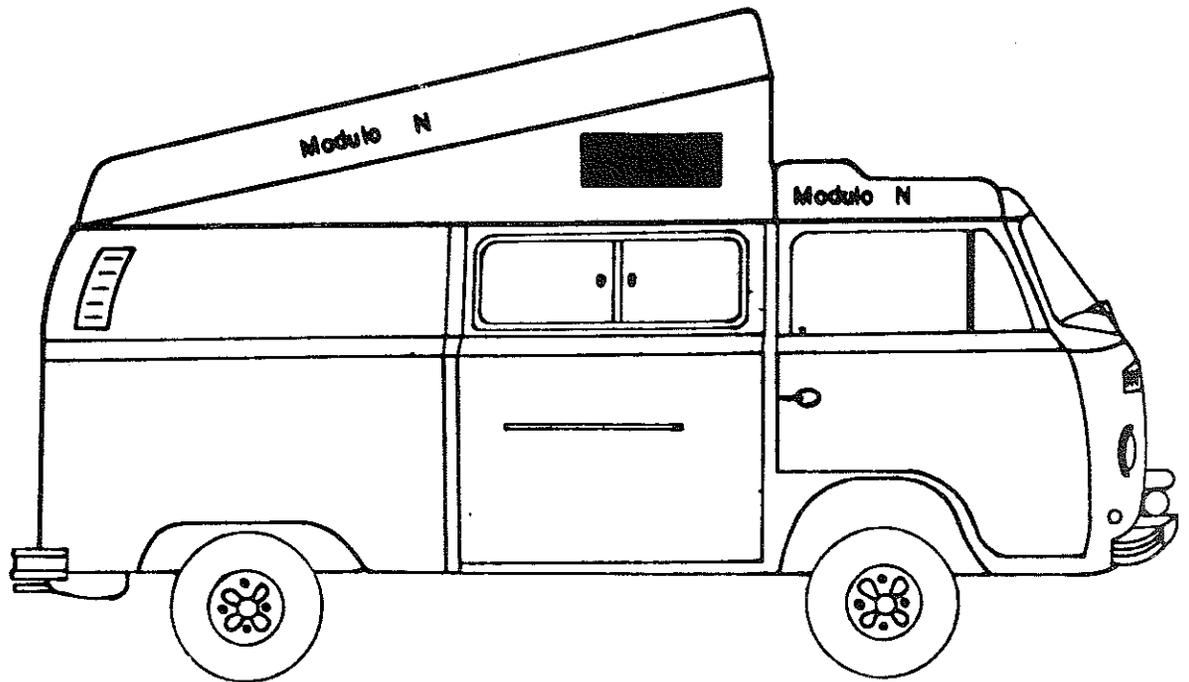


Fig. 3.25 DOMO TELESCOPIABLE LEVANTADO

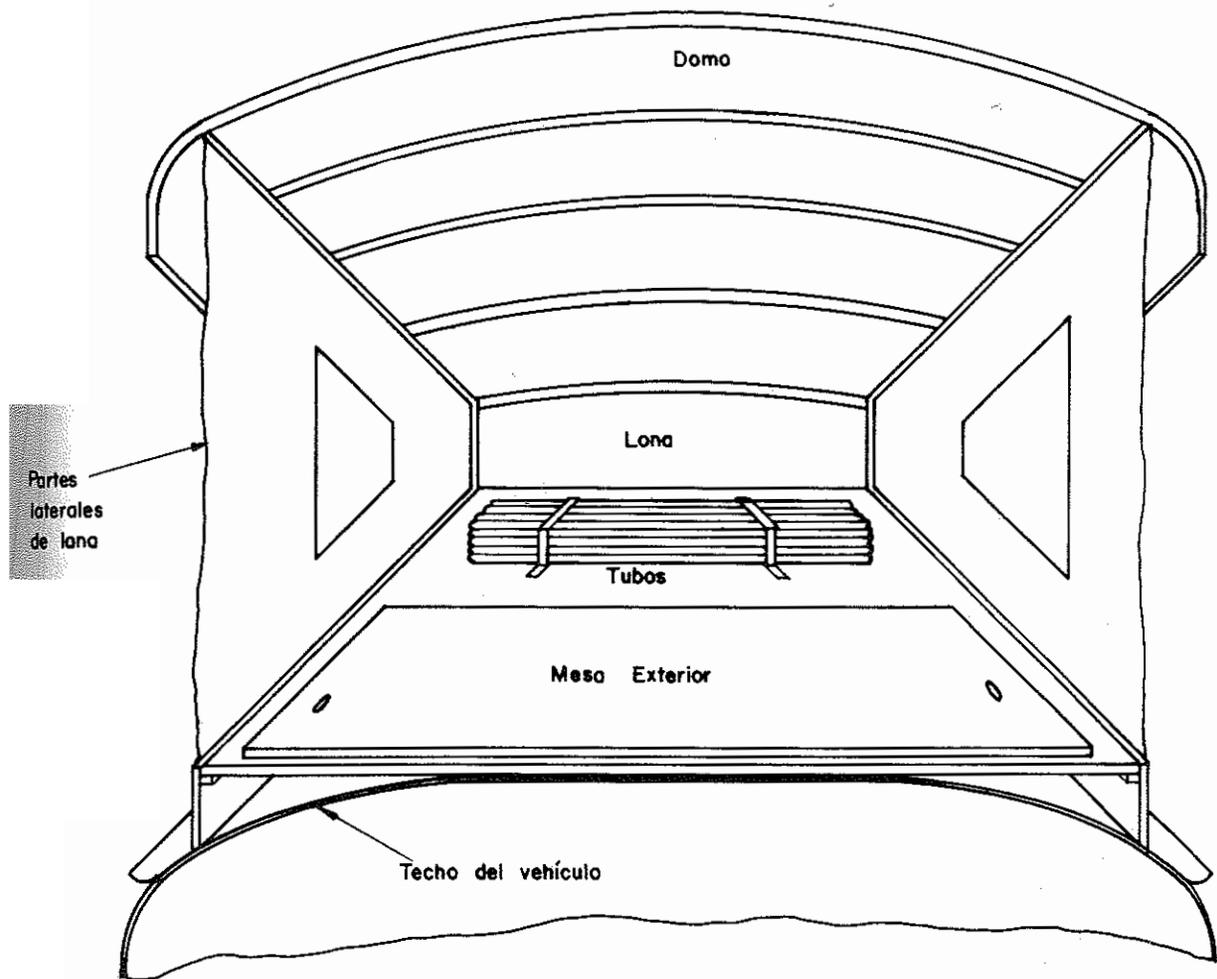


Fig. 3.26 INTERIOR DEL MODULO "N" CON EL DOMO LEVANTADO

Vista Trasera

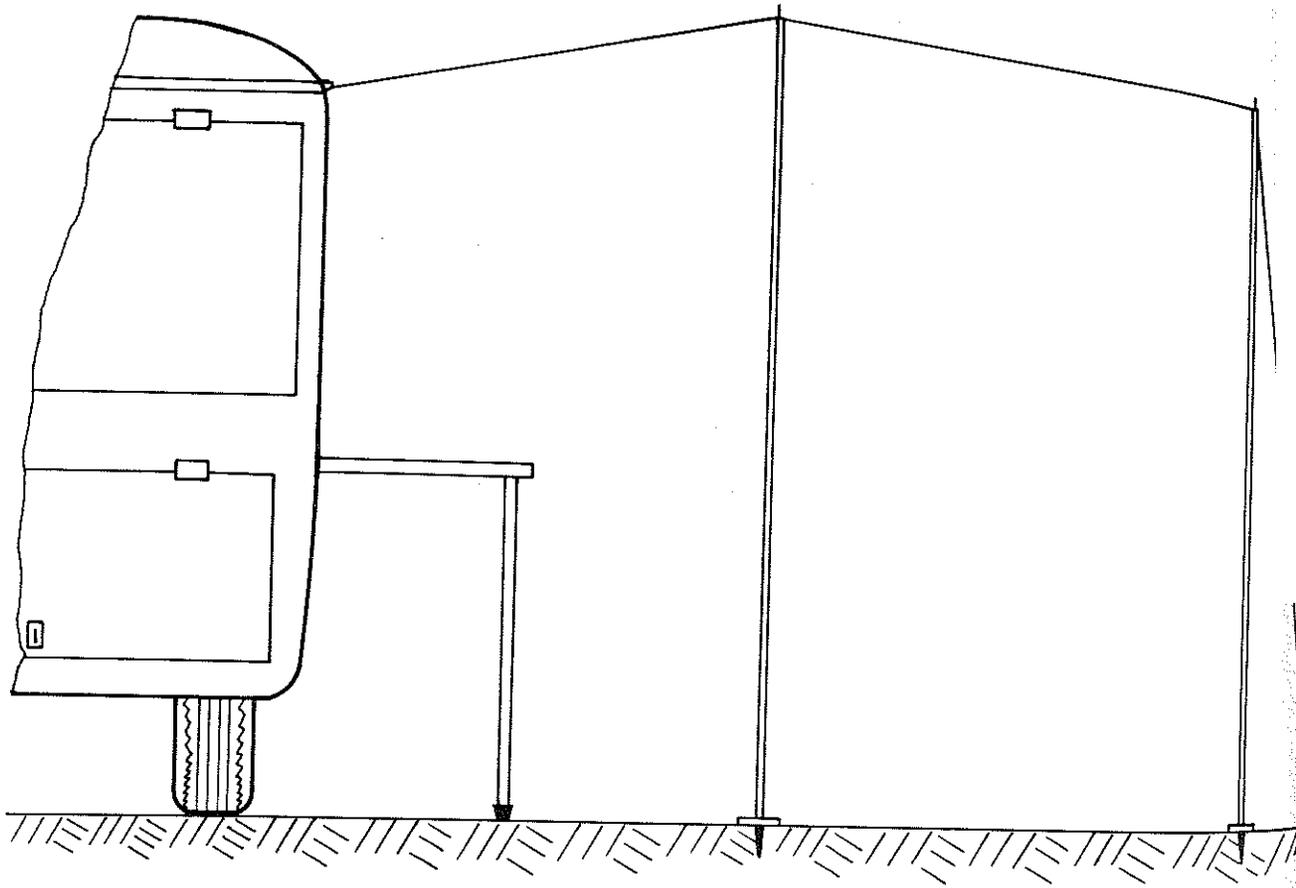


Fig. 3.27 TOLDO PARA PROTECCION DE LA MESA EXTERIOR

3.2.5 Instalación eléctrica

Como se mencionó anteriormente, todos los cables para instalación de la instrumentación, se encuentran terminados en el panel de conexiones del módulo H, esto con el objeto de que todas las modificaciones y pruebas del equipo sean realizadas a través de sus terminales localizadas en ese panel; de ahí mismo, se obtiene una salida con un cable múltiple terminado con un conector con el objeto de facilitar la instalación; en las figuras 3.28 y 3.29 se muestran los diagramas de instalación eléctrica de la instrumentación e instalación eléctrica general respectivamente.

Fig. 3.28 DIAGRAMA ELECTRICO A BLOQUES DE LA INSTRUMENTACION

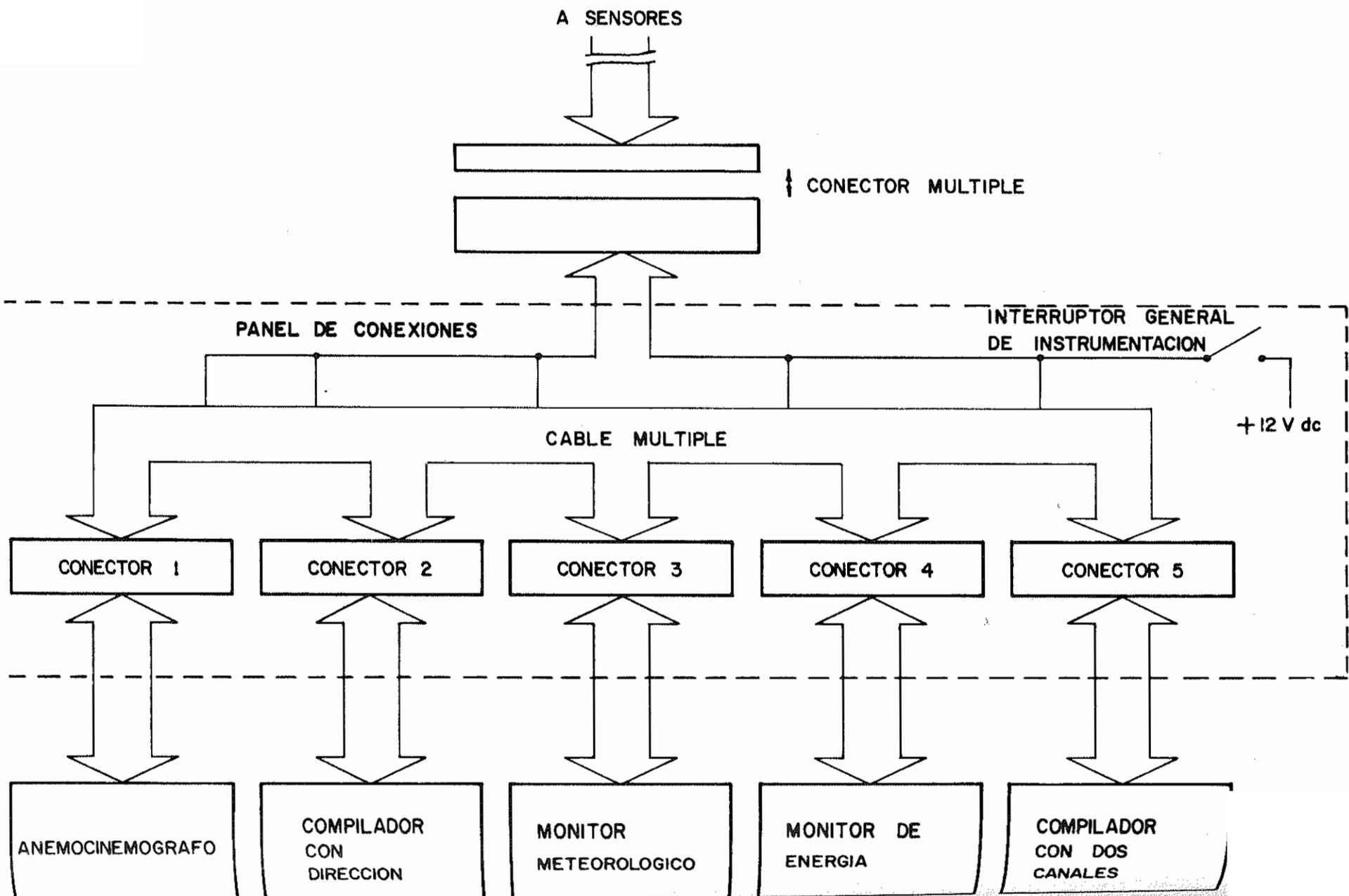
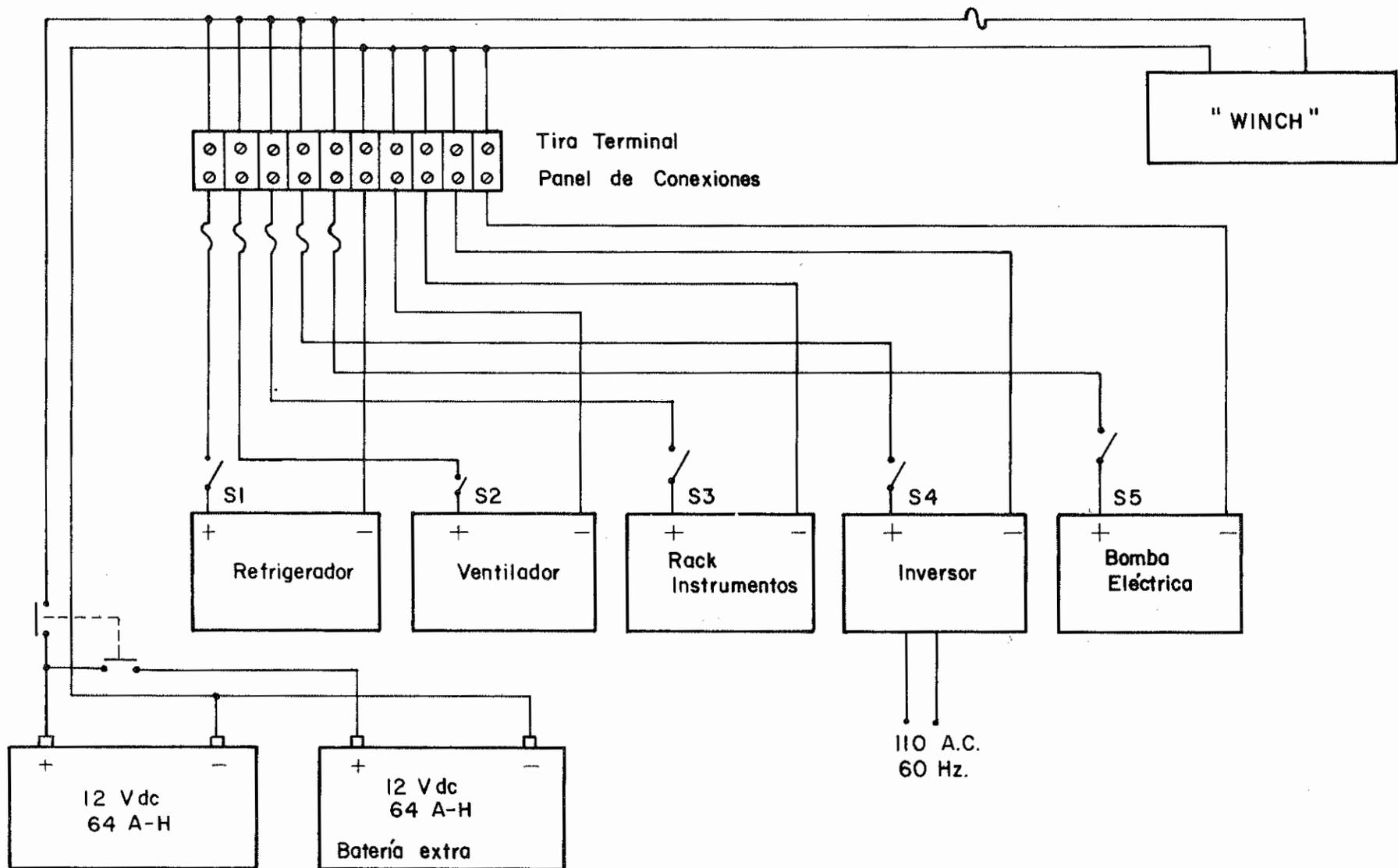


Fig. 3.29 DIAGRAMA ELECTRICO GENERAL



CAPITULO 4

OPERACION DEL LABORATORIO MOVIL

4.1 Preparativos antes de salir al lugar de operación

Esta sección, trata de aquellos preparativos básicos que deberán hacerse antes de realizar una medición con un laboratorio móvil de meteorología eólica; esto con el objeto de evitar omisiones o posibles fallas una vez que se ha llegado al sitio de instalación, ya que ello repercutiría como una gran pérdida de tiempo ó en casos extremos, en la falta de adquisiciones de información fundamental.

4.1.1 Verificación del funcionamiento del instrumental

Es muy importante que el equipo instalado en el laboratorio, esté en óptimas condiciones antes de iniciar el viaje, para ello se requerirá dar mantenimiento preventivo a éstos y comprobar su calibración. Para lo anterior, es recomendable que se elabore un programa que deberá respetar los manuales correspondientes proporcionados por los fabricantes de los equipos utilizados, cuidando que dicho programa contemple todas las posibles pruebas que sean requeridas.

No sobra mencionar que la limpieza del laboratorio, es de primordial importancia para su correcto funcionamiento, ya que la acumulación de polvo y grasa sobre ó en el interior de la instrumentación, puede ocasionar fallas dependiendo del tipo de equipo utilizado; obviamente los sensores instalados en el exterior del vehículo, se verán afectados por condiciones climáticas variadas, ocasionando efectos indeseables como corrosión, oxidación y acumulación de polvo: a estos deberá ponerse atención especial.

El programa de verificación que se realice, puede estar basado en una simulación de operación real de cada uno de los equipos, bajo condiciones controladas que permitan establecer si los datos adquiridos por cada uno de ellos, son veraces.

4.1.2 Verificación del Funcionamiento del Servicio

De igual forma, deberá verificarse que todos los equipos de servicio del laboratorio (estufa, refrigerador, lámparas, etc.), operen correctamente; recomendándose también la elaboración de una secuencia de verificación para que no se omita ninguno de ellos.

4.1.3 Comprobación de la Presencia de Equipo Requerido

Es necesario que se cuente con un inventario completo y detallado de todo el equipo con que se habilitó el laboratorio, agrupando este según las divisiones mencionadas en las especificaciones de diseño (Capítulo 2) que son:

- Equipo requerido para mediciones de variables meteorológicas
- Equipo requerido para adquisición de datos complementarios.
- Herramienta requerida para instalación y mantenimiento de instrumentación
- Herramienta requerida para instalación de sensores, soportes de los mismos y para instalación y operación del equipo de estancia
- Equipo requerido para satisfacer necesidades de estancia.
- Accesorios requeridos para instalación de sensores

- Equipo requerido para albergue
- Equipo de seguridad para protección del personal
- Aditamentos de seguridad para prevención o auxilio en posibles accidentes o fallas del vehículo
- Otros

La verificación de la presencia de cada uno de los objetos inventariados deberá realizarse minuciosamente, obteniéndose obviamente como resultado de ello, un buen control del equipo y confiabilidad en la expedición.

4.1.4 Adquisición del Material de Instalación

En el aspecto del material de instalación, deberá ponerse especial cuidado, ya que se utiliza material de consumo ó bien material que pudo dañarse en una instalación previa, por lo que aquí se recomienda elaborar una lista que contenga la cantidad mínima que deberá llevarse de cada uno de dichos materiales, teniendo en cuenta que "mínimo" se entienda por una cantidad que lleva implícito un factor de seguridad.

Un ejemplo de este material puede ser: alambre para mástiles arriostrados, cinta de aislar para conexiones, cables diversos para instalaciones improvisadas, cuerdas, etc.

4.2 Instalación

En esta sección, se recomiendan varios aspectos, que son resultado de experiencias previas en instalaciones que se han realizado hasta la fecha.

4.2.1 Determinación del Punto Optimo de Medición

Obviamente la región en que se realizará la medición, debió ser estudiada de antemano en cuanto a planos topográficos y de carreteras con que se cuenten, el punto de medición debe señalarse a priori en dichos mapas, tomando en cuenta un fácil acceso al mismo (de ser posible). Sin embargo una vez que se ha llegado al sitio de medición, se deberá de reestudiar el punto marcado, tomándose ahora en cuenta todos los obstáculos encontrados in situ como pueden ser construcciones, árboles u otros objetos que pudieran afectar la medición a realizar.

Casi siempre, el problema principal son construcciones no especificadas en los planos topográficos y árboles, ya que estos dos crean serios efectos turbulentos que pueden inducir a la adquisición de datos erróneos en cuanto a velocidad y dirección del viento. Para evitar esto, se recomienda instalar los sensores anemométricos en un punto que sea el centro de un círculo de radio igual a 10 veces la altura de instalación del anemómetro, en el cual no existan obstáculos; (pueden despreciarse obstáculos muy aislados con alturas inferiores a 4 mts.), esta circunstancia es muy difícil encontrar en sitios con una gran densidad de árboles altos, por lo que para esos casos, se deberá considerar un incremento en la altura de instalación del anemómetro o bien la selección de otro punto.

4.2.2 Instalación de Servicios Generales del Laboratorio Móvil

Una vez que se ha decidido cual será el punto en el que se instalará el mástil que soportará los sensores anemométricos, se deberá proceder a la instalación de los servicios generales del laboratorio móvil, entendiéndose por estos, los aditamentos para estancia y de seguridad general.

Los pasos que se recomienda seguir son los siguientes:

- 1º Instalación de la casa de campaña
- 2º Poner en el interior de la casa de campaña lo siguiente:
 - Bolsas para dormir
 - Lámparas de emergencia
 - Rompevientos para bajas temperaturas
 - Impermeables

- 3º Instalación de la estufa

Una vez terminado esto, se asegura la satisfacción de las necesidades básicas, teniendo resguardo y alimentación a la mano en caso de algún imprevisto tal como: lluvia, accidentes ó simplemente fin del día.

Si al término de lo anterior, se dispone aún de 4 hrs. (como mínimo) antes de la puesta del sol, se podrá tomar la iniciativa de realizar la instalación de los sensores de los equipos (siempre y cuando se cuente con una secuencia organizada de los pasos a seguir), de lo contrario, se recomienda esperar al día siguiente.

4.2.3 Preparación para Elevación del Mástil Telescópico

A partir de esta sección, se ejemplificará la instalación de los sensores anemométricos, con la instalación del mástil con que fue habilitado el laboratorio móvil del I.I.E., si se utiliza este tipo de mástiles u otros muy similares, se podrán seguir estas secciones como guía de instalación; de lo contrario se recomienda elaborar un documento de instalación específico de la torre ó mástil a utilizar, respetando los puntos mencionados a continuación que sean aplicables.

Los herrajes y accesorios que se mencionan aquí son aquellos con los que fue habilitado el laboratorio móvil del I.I.E. y esto se presentan descriptiva y gráficamente en las figuras 3.1 a 3.10 del capítulo 3.

La secuencia recomendada para la preparación y elevación del mástil telescópico, es la siguiente:

- a) Coloque la base del mástil telescópico justamente en el punto donde se alzaré éste y clávese en el suelo utilizando para ello el marro.
- b) Médase una distancia de 5 mts., a partir de la base y trácese sobre el piso una circunferencia de ese radio tal como se muestra en la figura 4.1.

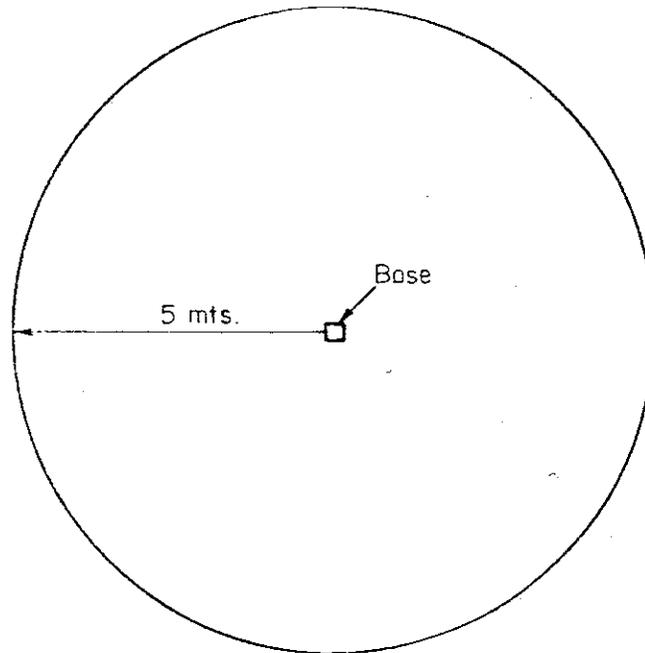
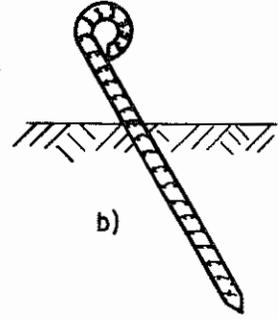
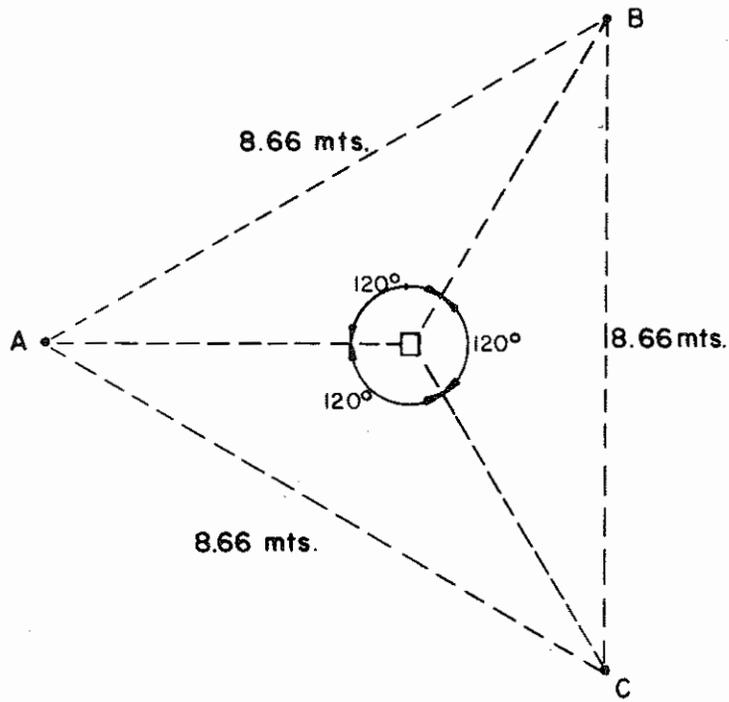
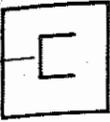


Fig 4.1

- c) Seleccione un punto sobre esa circunferencia, contrario a la cara cerrada de la base (figura 4.2a), y clávese una de las anclas para vientos, con una inclinación de 45° (figura 4.2b), este punto se marca como punto "A" en la Figura 4.2c.
- d) Sobre los puntos "B" y "C" de la figura 4.2c, clávense las otras dos anclas, estos puntos pueden localizarse por medio de una brújula o midiendo la distancia marcada en la figura 4.2c a partir del punto "A" y sobre la circunferencia trazada.
- e) Una vez terminados los pasos anteriores, se deberá quitar el mástil telescópico de su base en el vehículo, y sin sacar sus secciones, deberá recostarse sobre el suelo, poniendo su sección más ancha dentro de la base y su sección más delgada apuntando hacia el lado contrario al punto "A" (ver figura 4.3).

Base (vista superior)



c)

Fig. 4.2 LOCALIZACION DE PUNTOS PARA CLAVADO DE ANCLAS.

- f) Ya que la altura del mástil telescopiable, (requerida en condiciones normales) es de 13 mts., y cada sección es de 3 mts. de longitud, las primeras cuatro secciones se utilizan de 2.75 mts. y la quinta de 2 mts.; para ello, se aflojan los tornillos de sujeción entre secciones extendiendo cada una de ellas a las medidas requeridas y apretando nuevamente los tornillos de sujeción.
- g) Ahora se insertan las arandelas para sujeción de "Vientos" (figura 3.4), en cada una de las secciones correspondientes.
- h) Igualmente, se insertan las piezas para sujeción de tensores a las anclas (figura 3.7), y en seguida los tensores sobre estas (ver figura 3.1).
- i) Se pasa el alambre galvanizado, por los orificios de las arandelas de sujeción y se hace un amarre (o bien puede utilizarse un gancho, lo cual hará más versátil la instalación). Ver figura 4.4.

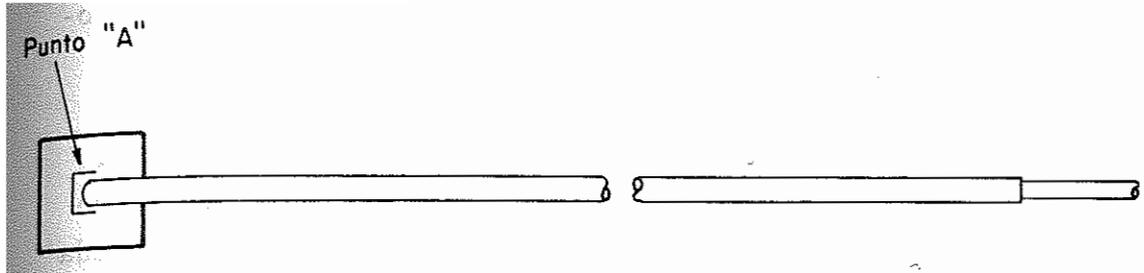


Fig. 4.3

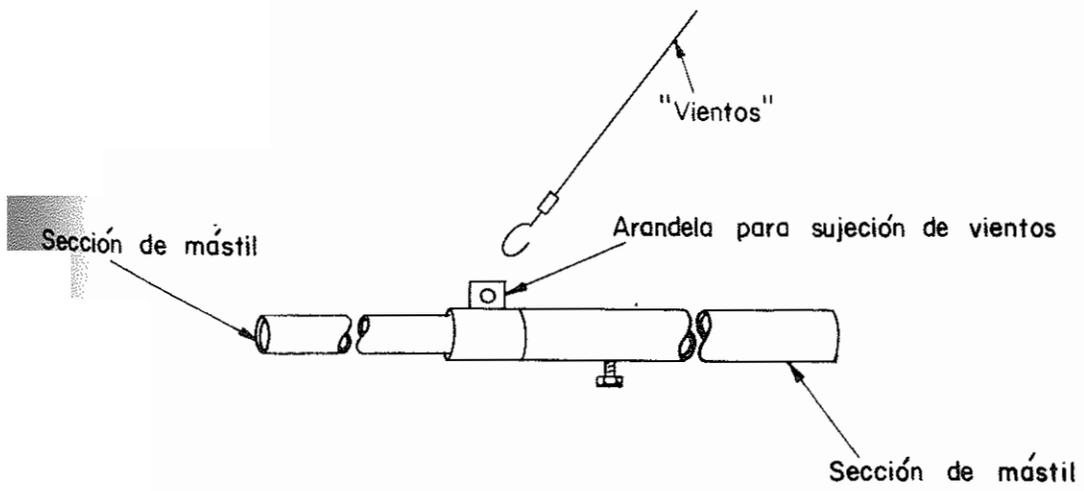


Fig. 4.4

- j) Se corta el alambre galvanizado a la medida requerida para cada uno de los vientos (ver tabla 4.1) más 1.0 mts. de exceso para amarres. Los vientos pueden ser preparados de antemano a las medidas requeridas, sin embargo, esto no es recomendable, ya que debido a las irregularidades en el terreno, estas dimensiones pueden variar.
- k) En seguida se pasa el otro extremo del alambre por los "Ojillos" en los tensores, haciéndose un amarre manual en forma ligera, de tal manera que este pueda deshacerse fácilmente con las manos. (Nótese que esto solamente podrá hacerse para los "Vientos" anclados a los puntos B y C y no para los del punto A.

Hasta este punto, la secuencia de instalación del mástil debe ser interrumpida y se deberá pasar a la instalación de los sensores anemométricos; ó bien estos pueden programarse con las operaciones anteriores en forma simultánea, en caso de creerse conveniente. (Esto se podrá llevar a cabo cuando los operadores adquieran experiencia en las instalaciones).

LONGITUD DE VIENTOS MINIMA	
NIVEL	(MTS.)
1	5.83
2	7.62
3	9.86
4	12.31

TABLA 4.1

4.2.4 Instalación y Cableado de Sensores

A partir de este momento, el vehículo deberá acercarse al punto "A" tal como se muestra en la figura 4.5.

- a) Mídanse y márchense en forma longitudinal las distancias de la base del mástil a las alturas de instalación de sensores especificadas en la figura 3.10.
- b) Colóquense los soportes para sensores anemométricos (figura 3.8), con sus respectivos sujetadores (figura 3.9), tal como se muestra en la figura 4.6. Es deseable que todos los soportes se instalen en líneas paralelas.
- c) Colóquense los sensores anemométricos y los sensores para dirección de viento sobre sus soportes respectivos y sujétense. Es muy importante que todos los sensores para dirección del viento queden orientados en el mismo sentido con respecto a su norte (generalmente marcado en ellos). Para que al levantarse el mástil estos puedan ser orientados simultáneamente hacia el norte geográfico.
- d) Una vez que todos los sensores han sido instalados, se procederá a realizar el cableado de estos. Para ello es recomendable, que se haya preparado de antemano una sección de cable múltiple terminada en un conector múltiple, que tenga dimensiones y forma apropiada, un bosquejo de un cable de este tipo se muestra en la figura 4.7. Este cable deberá realizarse específicamente para cada laboratorio móvil en particular,

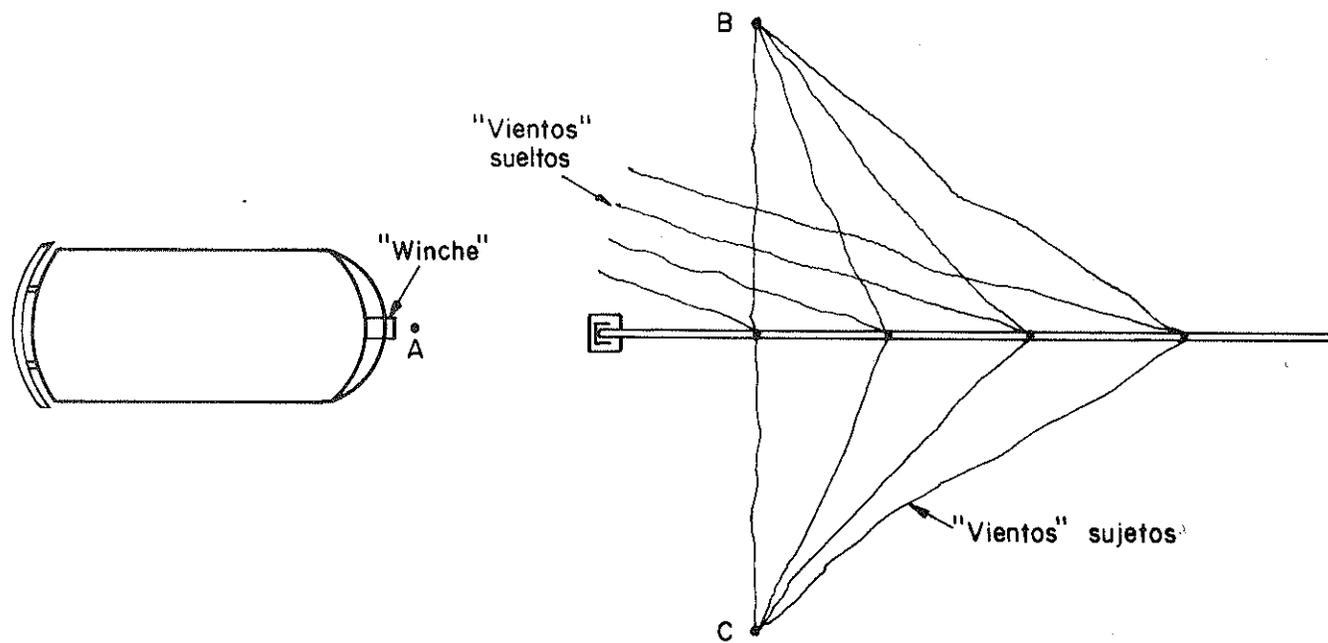


Fig. 4.5

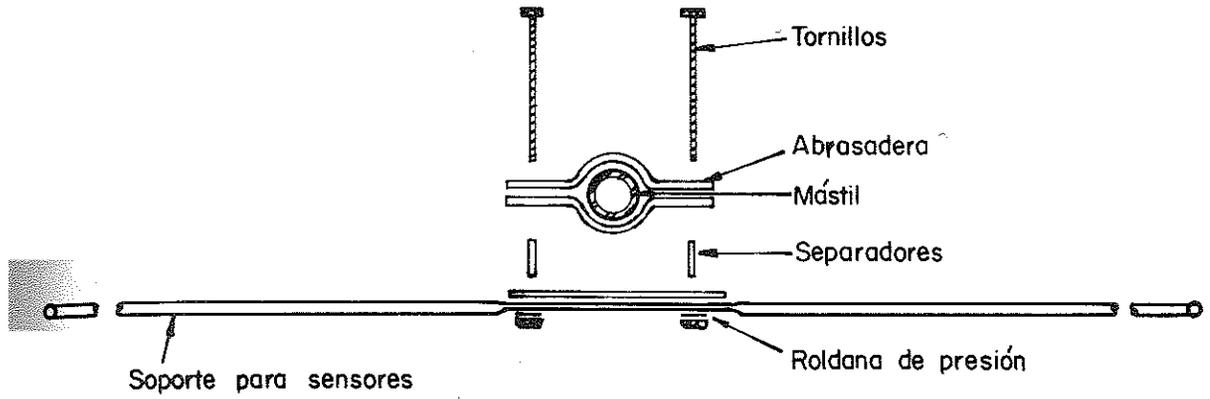


Fig. 4.6

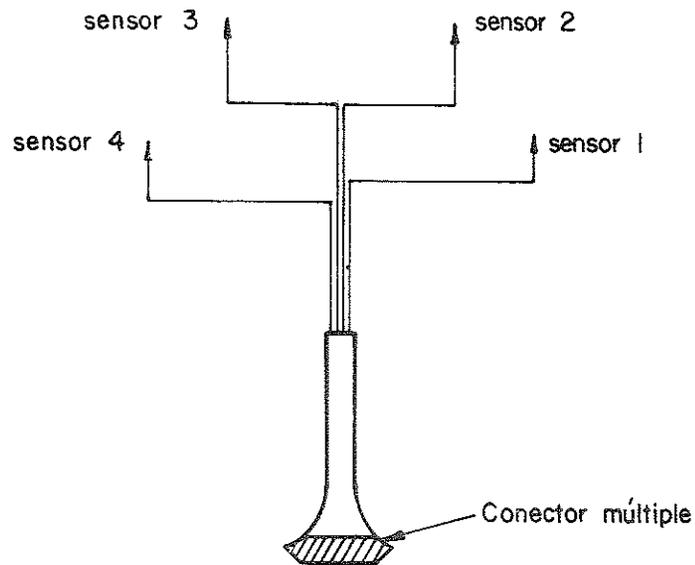


Fig. 4.7

ya que las formas y números de cables a cada sensor, dependerán de los sensores de la instrumentación seleccionada.

- e) Al finalizar lo anterior, se deberá unir este conector múltiple al conector de la salida del vehículo, esto obviamente por medio de un cable múltiple terminado en dos conectores múltiples, teniendo este una longitud mínima de 15 mts.

(Para referencia ver capítulo 3, Instalación eléctrica del laboratorio móvil del I.I.E.)

Se recomienda fijar el cable al mástil con cinta adhesiva de aislar, a tramos regulares de 2 mts.

4.2.5 Verificación del Funcionamiento

A partir de este punto, es muy importante que antes de levantar el mástil, se verifique el correcto alambrado y funcionamiento del sistema, ya que una falla no detectada en este momento, ocasionaría tener que realizar la maniobra de bajar el mástil y volverlo a elevar nuevamente después de corregir la falla.

Para evitar lo anterior se deberán realizar las siguientes actividades:

- a) Accióñese el interruptor general del rack de instrumentación, encendiendo todos los equipos a utilizar.
- b) Seleccione uno a uno cada equipo con sus sensores correspondientes y verifique que operen correctamente. Esto generalmente, se puede llevar a cabo haciendo girar con la mano los anemómetros y observando la respuesta en los equipos. Para los sensores de dirección del viento, se deberá proporcionar manualmente un giro de 360° y se verificará que todas las direcciones sean registradas.
- c) Al finalizar lo anterior y componer las fallas si es que las hubo, se deberá apagar el interruptor general y proseguir con la instalación.

4.2.6 Elevación del Mástil

Para elevar el mástil, una vez que se terminó su preparación y los pasos anteriores, se utiliza el "winch" instalado en el vehículo. Este método es opcional, ya que la elevación del mástil puede hacerse sin necesidad de éste pero sin embargo su uso hará más fácil la operación y evitará posibles daños al mástil telescópico.

Los pasos a seguir para la elevación del mástil se enumeran a continuación:

- a) Con el cable de "winch" átese el mástil telescópico a una distancia de 8 mts. a partir de la base del mismo, levantándolo muy lentamente y guiándolo una persona desde su sección inferior. (Ver figura 4.8).
- b) Una vez que los "Vientos" que deben ir al punto A alcancen a llegar a los tensores correspondientes, estos deberán insertarse y estirarse manualmente al máximo posible.
- c) En esta posición, los vientos sujetos a los puntos "B" y "C", empezarán a trabajar, evitando que el mástil tenga movimientos hacia los lados (Ver figura 4.9), para ello estos pueden tensarse manualmente.
- d) A partir de este momento, se deberán ir soltando ó jalando los "Vientos", según se requiera, esto con el objeto de que el mástil adopte una posición vertical, ayudándose obviamente del "winch" cuando esto sea necesario.

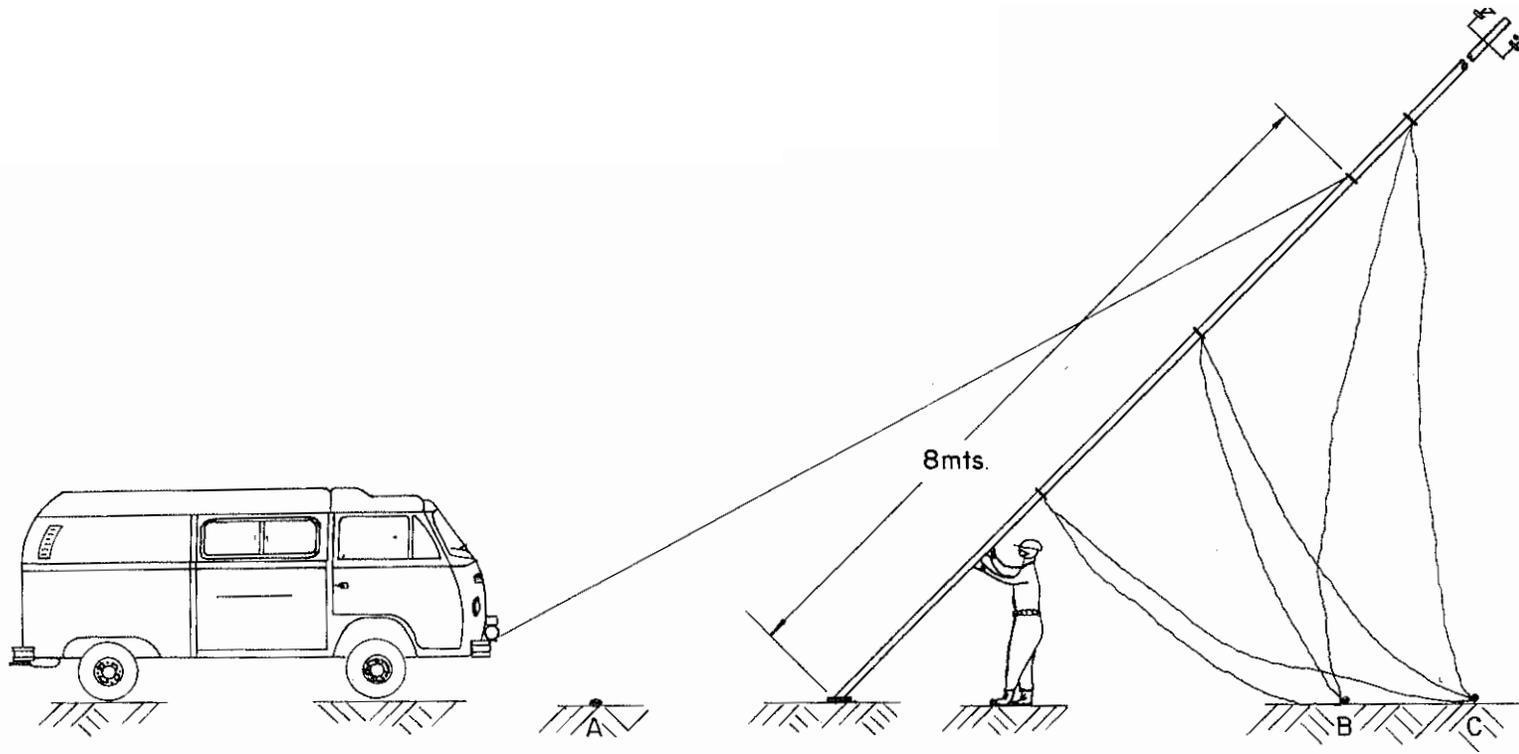


Fig. 4.8

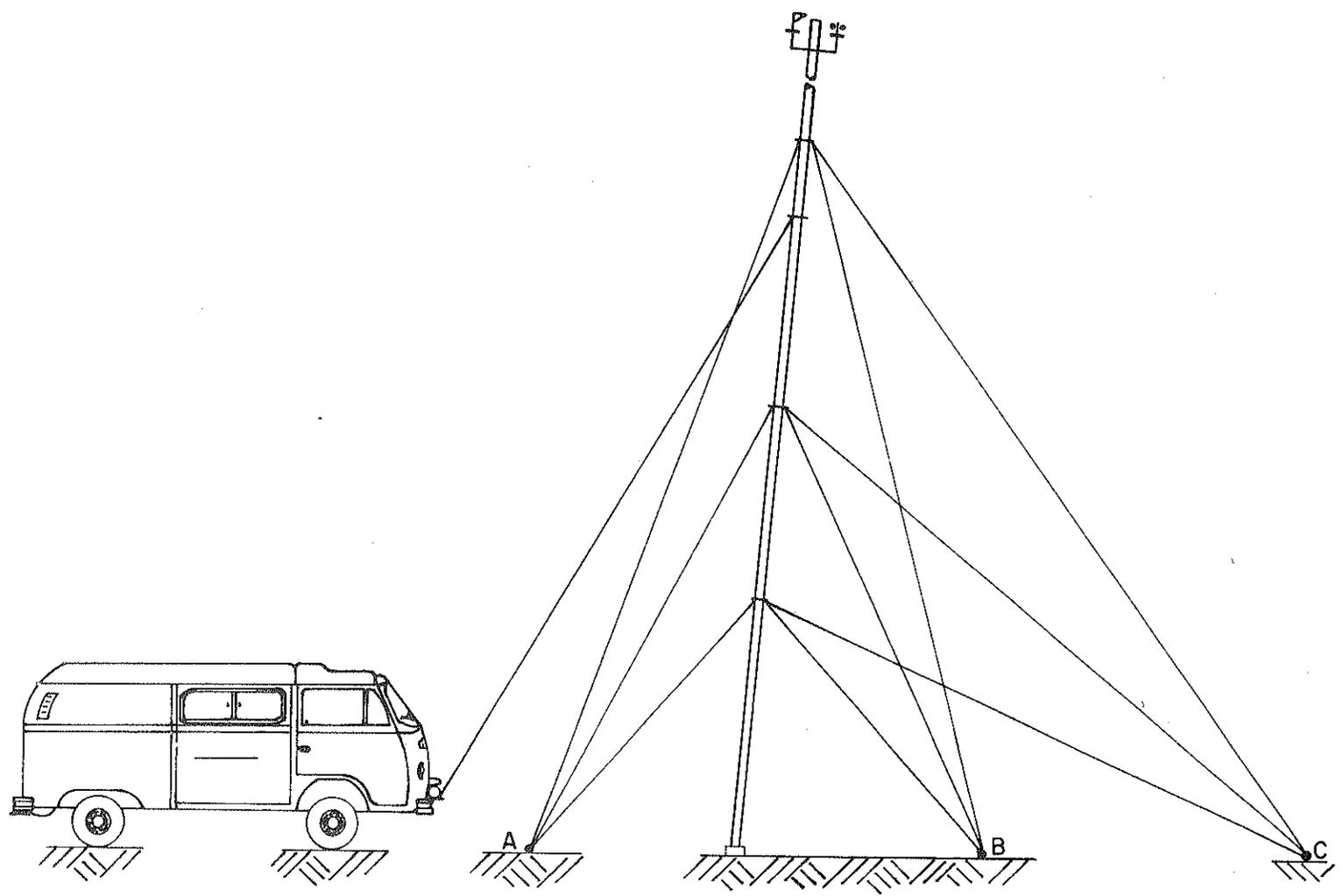


Fig 4.9

- e) Una vez que el mástil tiene una posición casi vertical, deberán hacerse amarres en los tensores, cuidando que estos tengan su máxima elongación posible.
- f) Finalmente el mástil podrá ajustarse a una posición vertical, tensando o aflojando los tensores, según sea necesario y cuidando que todos los vientos queden bien estirados para disminuir al máximo posible la vibración del mástil.
- g) El final de la instalación constante en orientar el mástil de tal manera que el norte marcado en las veletas apunte hacia el norte geográfico.

4.2.7 Instalación de Sensores del Resto del Equipo

Los sensores del resto del equipo, a excepción del piranómetro, deberán instalarse dentro de la garita mencionada en el capítulo 2, la cual deberá proteger a estos de la radiación solar directa, la lluvia, el viento y el polvo, esta garita deberá instalarse lo más cercano posible al vehículo*.

La garita deberá ser apropiada en cuanto a su tamaño; y su construcción o compra dependerá del tipo de equipo seleccionado; algunos equipos tienen los sensores por separado y otros los tienen integrados teniéndose que considerar en el último caso que el equipo entero deberá instalarse dentro de la garita.

*(Muchos de los transductores utilizados en algunos equipos electrónicos funcionan en base a una salida del transductor que consiste en un voltaje analógico del orden del milivolts; si se utiliza un cable eléctrico delgado y largo para transmitir esa información, el resultado puede ser una caída de voltaje que afecte la lectura tomada en el otro extremo de dicho cable, para evitar esto, es necesario calibrar los equipos con cable de la misma longitud y calibre del que se utiliza en el lugar de medición y respetar los calibres de cable mínimos recomendados por el fabricante del equipo, así como sus longitudes máximas).

4.3 Adquisición de Datos

4.3.1 Preparativos

Los preparativos que aquí se mencionan, dependen del tipo de equipo utilizado en el laboratorio móvil. Para mencionarlos se puede clasificar el equipo en cuatro grupos que son:

- GRUPO I. Equipos que almacenan la información adquirida, en forma permanentes tales como: Graficadores, impresores, grabadoras de cinta magnética, memoria electrónica programable (prom o eprom), etc.
- GRUPO II. Equipos que almacenan la información de tal forma que ésta debe ser leída antes de apagar el equipo, tales como: Equipos Electrónicos con memoria RAM.
- GRUPO III. Equipos para los cuales se requiere realizar vaciados de información después de un cierto tiempo de operación relativamente corto como cambio de hoja de papel para gráfica.
- GRUPO IV. Equipos para los cuales la única información recuperable, es que esta esté presente en el momento de observación del equipo, estos generalmente son monitores de valores instantáneos (por ejemplo termómetros de mercurio).

Si se utilizan exclusivamente equipos del grupo I, obviamente se preferirá realizar el vaciado de datos una vez que se ha regresado al lugar normal del trabajo, contándose

ahí con el tiempo necesario para poner la información en el formato deseado (Capítulo 5).

Sin embargo en el caso de los equipos de los grupos II, III y IV, la información deberá ser recuperada en el sitio de medición, por lo cual se recomienda que de antemano se realicen formatos adecuados, que permitan obtener la información en una forma confiable y ordenada.

En la figura 4.10, se muestran los formatos utilizados para el vaciado de datos de aquellos equipos utilizados en el laboratorio móvil del IIE, y que pertenecen a los grupos II, III y IV.

FORMA 1

REGISTRO DE DATOS DEL COMPILADOR DE TRES CANALES

Lugar:

Fecha:

Formuló:

ALTURA DE ANEMOMETROS

CANAL 1

CANAL 2

CANAL 3

BIN	CANAL 1	CANAL 2	CANAL 3
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			

FORMA 2

REGISTRO DE DATOS DE TEMPERATURA, PRESION Y HUMEDAD RELATIVA,
PARA MEDICIONES CON EL LABORATORIO MOVIL DE METEOROLOGIA EOLICA.

Lugar:

Fecha:

Formuló:

Hora	Temperatura (C)	Presión (mmH ₂ S)	Humedad (%)
8: -	-----	-----	-----
8:15	-----	-----	-----
8:30	-----	-----	-----
8:45	-----	-----	-----
9: 0	-----	-----	-----
9:15	-----	-----	-----
9:30	-----	-----	-----
9:45	-----	-----	-----
10: 0	-----	-----	-----
10:15	-----	-----	-----
10:30	-----	-----	-----
10:45	-----	-----	-----
11: 0	-----	-----	-----
11:15	-----	-----	-----
11:30	-----	-----	-----
11:45	-----	-----	-----
12: 0	-----	-----	-----
12:15	-----	-----	-----
12:30	-----	-----	-----

FORMA 3

REGISTRO DE VALORES MAXIMO Y MINIMOS DIARIOS, DE LAS VARIABLES MEDIDAS CON EL LABORATORIO MOVIL

Lugar:

Fecha:

Formuló:

Fecha -----

VARIABLE	MAXIMO	HORA	MINIMO	HORA
TEMP.	-----	-----	-----	-----
PRES.	-----	-----	-----	-----
R. SOL	-----	-----	-----	-----
H. REL.	-----	-----	-----	-----
V. VIENTO	-----	-----	-----	-----

Fecha -----

VARIABLE				
TEMP.	-----	-----	-----	-----
PRES.	-----	-----	-----	-----
R. SOL	-----	-----	-----	-----
H. REL.	-----	-----	-----	-----
V. VIENTO	-----	-----	-----	-----

Fecha -----

VARIABLE				
TEM.	-----	-----	-----	-----
PRES.	-----	-----	-----	-----
R. SOL	-----	-----	-----	-----
H. REL	-----	-----	-----	-----
V. VIENTO	-----	-----	-----	-----

Fecha -----

VARIABLE				
TEMP.	-----	-----	-----	-----
PRES.	-----	-----	-----	-----
R. SOL	-----	-----	-----	-----
H. REL.	-----	-----	-----	-----
V. VIENTO	-----	-----	-----	-----

Fecha -----

VARIABLE				
TEM.	-----	-----	-----	-----
PRES.	-----	-----	-----	-----
R. SOL	-----	-----	-----	-----
H. REL.	-----	-----	-----	-----
V. VIENTO	-----	-----	-----	-----

4.3.2 Toma de Datos

Ya que uno de los objetivos de una medición, es buscar el grado de correlación entre series de datos de diferentes variables medidas (Capítulo 3), es necesario que las muestras tomadas de cada una de las variables coincidan en el tiempo, tomando en cuenta esto, se preferirá que la adquisición de datos de todas las variables, comience simultáneamente y que dichos datos sean representativos de períodos de tiempo consecutivos espaciados uniformemente.

De acuerdo a lo anterior, en la operación del laboratorio móvil, todos los equipos deberán ser preparados de antemano para que estos permanezcan listos para funcionar a una hora determinada que de preferencia será a las 8:00 A.M. Esto implica la preparación de rollos de papel para graficadores, limpieza de memoria para equipos electrónicos u otros; lo anterior puede ser laborioso dependiendo del equipo utilizado y se considera necesario, comenzar la inicialización del equipo, por lo menos media hora antes del inicio de adquisición de datos.

Una vez que se ha comenzado la adquisición de datos por medio del equipo utilizado, se procederá a la recopilación de datos complementarios, para lo cual se puede utilizar el siguiente programa de actividades:

- Primer día.- Instalación
- Segundo día.- Inicio de operación y elaboración de encuesta (5 cuestionarios como mínimo)
- Tercer día.- Elaboración de planos topográficos básicos
- Cuarto día.- Adquisición de datos de evidencia ecológica
- Quinto día.- Anotación de observaciones importantes

4.3.3 Final de la Medición

En el último día de la medición, se dará por terminada ésta a la misma hora del día en que se inició, para ello toda la información adquirida, deberá ser vaciada en los formatos correspondientes para aquellos equipos en los cuales esto sea necesario.

Como se mencionó en el capítulo 1, es deseable que se deje instalado un anemocinemógrafo durante 3 meses para realizar una corroboración del pronóstico energético a partir de los datos adquiridos.

En el caso de optar por dicha instalación, se deberá realizar el siguiente procedimiento para ello:

1. Apague el interruptor general de alimentación en el panel general de conexiones.
2. Apague todos aquellos equipos que no estén conectados a dicho interruptor
3. Recoja todo el equipo o sensores instalados en la garita meteorológica
4. Desconecte el conector múltiple del cable de sensores anemométricos
5. Baje el mástil telescopiable de acuerdo a las siguientes instrucciones:
 - a) Con referencia a la figura 4.9, quite el "viento" superior del mástil en el punto "A" y átelo al extremo del cable del "winch", cuidando que este quede tenso.
 - b) Quite los otros dos vientos restantes en el punto "A" y déjelos libres.

- c) Afloje suavemente el cable del "winch", permitiendo que el mástil baje por si solo.
 - d) Al llegar a la altura suficiente, tome el mástil con las manos y suelte el cable del "winch" completamente.
6. Remueva todos los soportes para sensores anemométricos dejando únicamente el instalado a 10 mts. de altura.
 7. Quite el cable múltiple
 8. Coloque el nuevo sensor anemométrico a instalar, con su cable fijado al mástil con cinta de aislar adhesiva a tramos regulares de 2 mts.
 9. Realice la instalación del equipo que se dejará durante 3 meses.
 10. Compruebe el correcto funcionamiento del equipo
 11. Levante nuevamente el mástil siguiendo las instrucciones de la instalación inicial.
 12. Por último guarde todo lo utilizado en la instalación, en sus lugares correspondientes de almacenamiento y verifique por medio del inventario, la presencia de todo el equipo, instrumental y herramienta.

CAPITULO 5

PROCESAMIENTO DE DATOS

5.1 Introducción

En el presente capítulo, se describe en detalle la metodología utilizada para el procesamiento de datos básicos y obtención de resultados.

Dicho procesamiento, se realiza a partir de ecuaciones y modelos matemáticos, que por su tipo requieren el uso de computadoras o minicomputadoras, para que el tiempo utilizado en ello, sea aceptable.

Sin embargo, tal como se mencionó anteriormente, se requerirá revisar y aplicar aspectos cualitativos y criterios, los cuales no pueden ser manejados por una computadora.

De acuerdo a lo anterior, este capítulo se dividió en cuatro partes que son:

- 5.2 Organización de la base de datos para los programas utilizados.
- 5.3 Procesamiento computacional de la información
- 5.4 Análisis cualitativo de la situación
- 5.5 Secuencia de procesamiento para obtención de resultados
- 5.6 Corroboración del pronóstico a tres meses inmediatos
- 5.7 Formato para el reporte final de evaluación de casos.

5.2 Organización de la Base de Datos para los Programas Utilizados

A partir de las formas de adquisición de datos mencionados en el capítulo 4, se deberán realizar formatos apropiados para la inserción de la información a la computadora.

Los programas de cómputo utilizados, se diseñaron para utilizar solamente una base de datos común a todos ellos, esto con objeto de simplificar el proceso. El lenguaje utilizado para la elaboración de estos es el "Basic".

El conjunto de variables que integran la base de datos son:

Temperatura	-----	T	(°C)
Presión	-----	P	(mm Hg)
Velocidad del viento	----	V	(mts./seg.)
Radiación solar	-----	R	(W-H/m2)
Humedad relativa	-----	H	(%)
Dirección del viento	----	D	0 - 7 *

*Donde:	0	Norte	4	-	Sur
	1	N.E.	5	-	S.O.
	2	Este	6	-	Oeste
	3	S.E.	7	-	N.O.

El formato utilizado para la base de datos es simplemente:

```
DATA T1, P1, V1, R1, H1, D1
DATA T2, P2, V2, R2, H2, D2
      ⋮      ⋮      ⋮      ⋮      ⋮      ⋮
      ⋮      ⋮      ⋮      ⋮      ⋮      ⋮
DATA Tn, Pn, Vn, Rn, Hn, Dn
```

Donde: n = número total de datos tomados para cada variable en el período de medición.

T1, P1, V1, R1, H1, D1,
T2, P2, V2, R2, H2, D2, Y así sucesivamente, deberán ser datos medidos simultáneamente o representativos del mismo intervalo de tiempo.

IMPORTANTE: Si denotamos como "M" el número de días en que se adquirieron datos, la relación n/M deberá ser número entero, y corresponderá al número de datos por cada día.

T1, P1, V1, R1, H1 y D1 con su hora de inicio de adquisición de datos, corresponderá al origen de un día considerado por los programas, por lo que los resultados a nivel diario entregados deberá tomarse como tal. En otras palabras, si T1, P1, V1, R1, H1 y D1 tienen su origen a las 8:00 a.m., los resultados a nivel diario, corresponderán a los datos consecutivos hasta las 8:00 a.m., del día siguiente.

5.3 Procesamiento Computacional de la Información

El paquete de programas de cómputo que se utiliza consta de 6 de ellos; es posible integrar todos los programas en uno solo, pero dado que por decisiones tomadas en el estudio cualitativo de la situación (sección 5.4), los valores de entrada para cada programa, pueden ser modificados dependiendo de los resultados que se espera obtener; se decidió dejarlos por separado, siendo ello otra ventaja ya que podrán ser utilizados en sistemas de poca capacidad de memoria.

Los resultados que se espera obtener de cada programa se enumeran a continuación:

Programa "Evalúa. Bas"

- Velocidad media del viento para el período total de medición.
- Desviación estandar de los datos de velocidad del viento para el período total de medición.
- Factor de forma "k" para la distribución de probabilidad de Weibull.
- Temperatura media del período total de medición.
- Presión media del período total de medición.
- Densidad del aire media para el período total de medición.
- Energía total disponible del viento por unidad de área, para el período total de medición, con su debida corrección por densidad del aire.
- Energía solar total disponible por unidad de área para el período total de medición.

Programa "Pronos. Bas"

- Cálculo de la energía total disponible del viento por unidad de área, a partir de la distribución de probabilidad de Weibull, con parámetros de entrada: Factor de forma k y velocidad media \bar{v} . Para un período de tiempo deseado y una densidad del aire representativa del período.

Programa "Patrones. Bas"

- Cálculo de los patrones de distribución diarios para cada una de las variables medidas.
- Elaboración de gráficas (opcional)

Programa "Rugoso. Bas"

- Cálculo de la rugosidad de la superficie a partir del modelo modificado de la potencia Mikhail y Justus (1979) con datos de entrada de velocidades medias del viento a dos alturas diferentes, medidas simultáneamente.

Programa "Perfiles. Bas"

- Extrapolación de la velocidad media del viento con sus respectivos factores de distribución k y c para la función de densidad de probabilidad de Weibull; para diferentes alturas, a partir de datos conocidos a una altura y la rugosidad de la superficie.
- Gráfica del perfil de velocidades de viento (opcional)

Programa "Meteoro. Bas"

- Cálculo de los factores de correlación entre las diferentes variables medidas a nivel diario.

- Cálculo de los factores de autocorrelación para variables iguales en días diferentes.
- Cálculo de los factores de correlación mínimos esperados en cada caso.

Los programas computacionales utilizados, son descritos detalladamente en el "Manual de Meteorología Eólica" al que se hace referencia al inicio de este documento, la información que ahí se presenta es:

Descripción teórica del programa

- Diagrama de bloques
- Lista de variables
- Listado del programa

5.4 Análisis Cualitativo de la Situación

Los datos complementarios mencionados en el capítulo 1, tales como la encuesta, los datos de observatorios meteorológicos cercanos al sitio de medición y todas aquellas observaciones realizadas en el período de tiempo de adquisición de datos; juegan un papel muy importante en lo acertado del pronóstico energético a largo plazo.

Todos los resultados de los programas computacionales, son completamente válidos, sí se aplican al período de tiempo de adquisición de datos, sin embargo para uso de estos resultados en el pronóstico energético a largo plazo, no todos ellos deben considerarse como aplicables.

A continuación, se describen algunos criterios, que se pueden aplicar a los resultados obtenidos en los programas computacionales, con objeto de determinar la validez de ellos. Estos criterios han sido obtenidos por experiencia en mediciones de sitios con diferentes características, en cuanto al comportamiento del viento se refiere; así como de resultados expuestos en literatura de otros países del mundo.

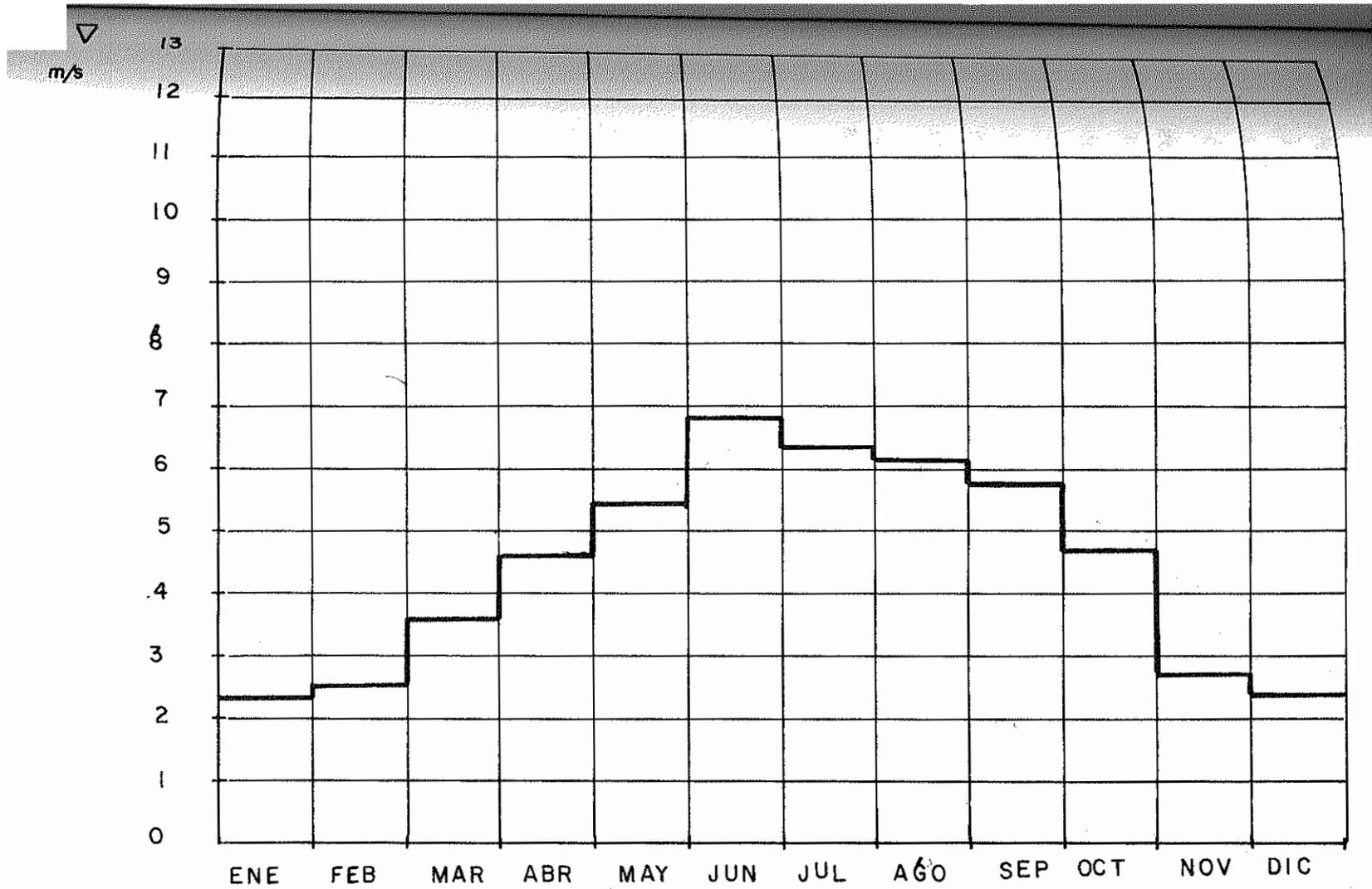
Velocidad Media del Viento.- Obviamente, la velocidad media del viento calculada para el período de medición, no será representativa de un período mensual, estacional o anual, por lo que para poder realizar un pronóstico energético a largo plazo, se deberán tomar en cuenta, los datos complementarios de que se disponga dándoles el siguiente orden de importancia.

1. Observatorios meteorológicos cercanos
2. Aeropuertos

3. Otras instituciones
4. Particulares
5. Datos obtenidos por escala de Beaufort
6. Datos obtenidos por evidencia ecológica
7. Datos obtenidos por encuesta

Los valores de velocidad media adquiridos, deberán graficarse contra el tiempo, con objeto de observar las variaciones a nivel mensual o estacional a lo largo del año, obteniéndose una gráfica similar a la mostrada en la figura 5.1.

Las variaciones a nivel estacional, deberán ser corroboradas con los datos arrojados por la encuesta.



GRAFICA PARA DATOS COMPLEMENTARIOS DE \bar{V}

FIGURA 5.1

El valor de la velocidad media del viento, que ha de utilizarse para el pronóstico energético a largo plazo, deberá ser obtenido a partir de dichos datos complementarios, por lo que se deberá estudiar sobre mapas topográficos, la localización de los observatorios meteorológicos cercanos de los que se adquirieron datos y si hay o no factores orográficos que impidan la aplicación directa de los datos obtenidos.

Un aspecto importante que se debe considerar, es la altura sobre el nivel del mar de dichos observatorios así como la altura del sitio en cuestión, ya que éstas influirán considerablemente sobre los valores de las velocidades medias obtenidas. Sin embargo si es preciso, los datos obtenidos podrán ser normalizados a la altura sobre el nivel del mar del sitio en cuestión, utilizando para ello las tablas proporcionadas en el "Manual de Meteorología Eólica" con un valor estimado cualitativamente para la rugosidad de la superficie. En caso de que esto sea requerido, la gráfica 5.1 deberá incluir los valores normalizados de los datos.

FACTOR DE FORMA k . Este resultado, es sin duda, uno de los más importantes para la evaluación energética a largo plazo. Como se dijo anteriormente, el valor obtenido de k , puede ser característico del sitio, para períodos de tiempo que pueden ser mensuales, estacional y en algunos casos anuales, ya que su cálculo, depende únicamente de la relación de la desviación estandar de datos de velocidad media del viento adquiridos para intervalos cortos de tiempo a la velocidad media del viento calculada a partir de dichos datos. Este valor es conocido como el coeficiente de variación.

Sin embargo, se requiere, de un método cualitativo para determinar, el período de tiempo en el cual el valor calculado puede ser aplicable, así como los valores de dicho factor que se han de utilizar para otros intervalos de tiempo.

El método utilizado consiste en la aplicación del "Método del Tipo de Varianza", explicado en la sección 1.3.7 del "Manual de Meteorología Eólica", endicho método, se presentan tres relaciones para el cálculo del factor de forma k en función de la velocidad media del viento, las cuales son:

$$k = \begin{array}{ll} 1.05 \bar{V}^{1/2} & \text{varianza baja} \\ 0.94 \bar{V}^{1/2} & \text{varianza media} \\ 0.73 \bar{V}^{1/2} & \text{varianza alta} \end{array}$$

Gráficamente, estas relaciones son mostradas en la figura 5.2.

Como primera aproximación para el pronóstico energético, una vez que se calcularon los valores de la velocidad

GRAFICA DEL FACTOR DE FORMA VS. VELOCIDAD MEDIA
PARA VARIANZA BAJA, MEDIA Y ALTA.

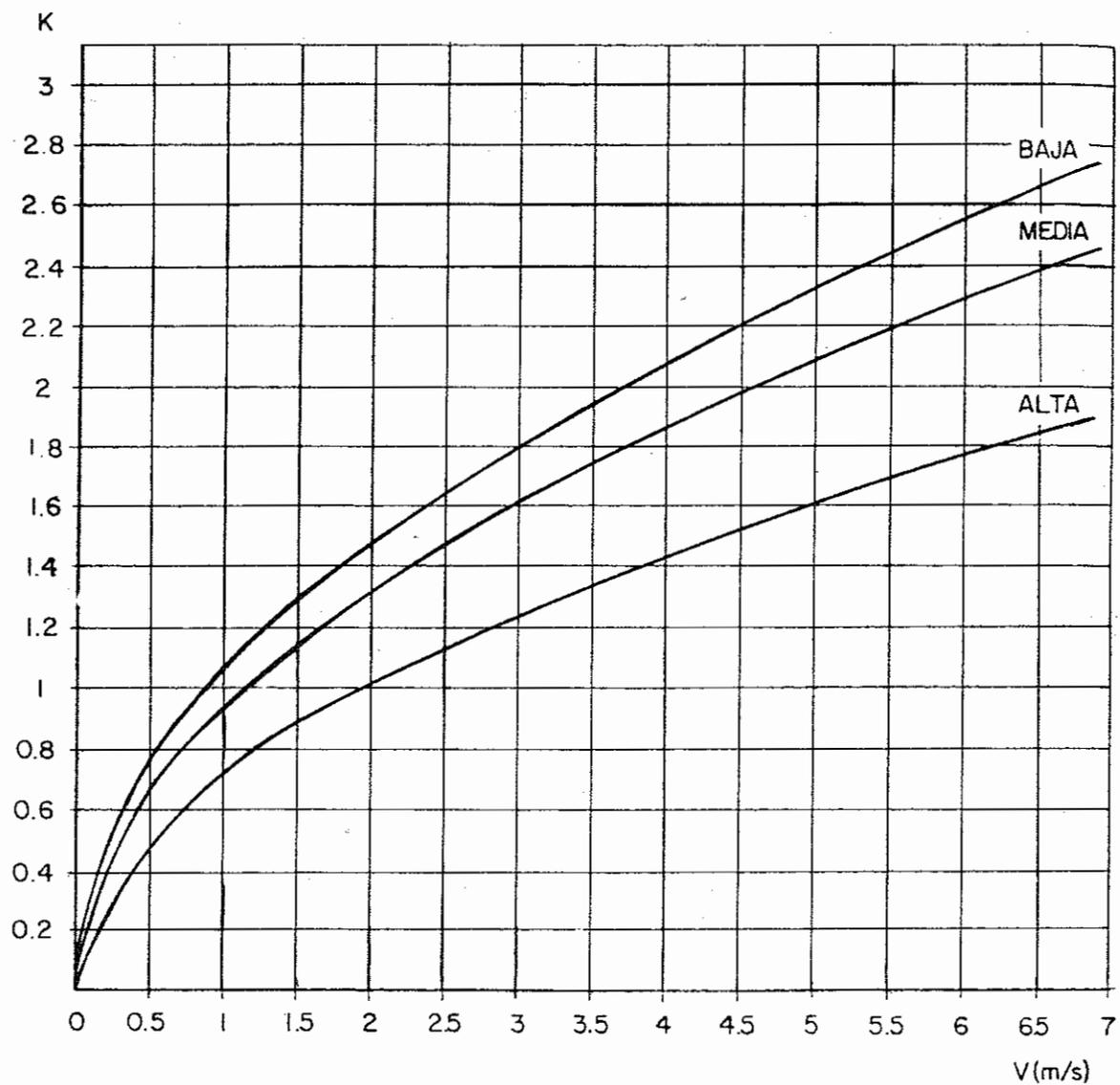


FIGURA 5.2

media del viento y del factor de forma k , para el período de tiempo en que se adquirieron los datos; utilizando la figura 5.2 se determina el tipo de varianza característico del sitio, la curva seleccionada será utilizada para la determinación de los nuevos valores de k en función de las velocidades medias del viento representativas del período de tiempo en el que se desea hacer el pronóstico. Por ejemplo supongamos que de los datos adquiridos en un sitio se obtienen los siguientes valores:

$$\bar{V} = 3 \text{ m/seg.}$$

$$k = 1.8$$

En la gráfica 5.2 éstas coordenadas corresponden a la curva de varianza baja. Supongamos también que del análisis cualitativo de los datos complementarios para velocidad media del viento, se obtiene un valor de $\bar{V} = 5.0 \text{ m/seg.}$ representativo de un período mensual; si deseamos realizar el pronóstico energético para dicho período, haciendo uso de la figura 5.2, se obtiene el valor correspondiente de k para una $\bar{V} = 5.0 \text{ m/seg.}$ sobre la curva de varianza baja, lo cual corresponde a $k = 2.35$, finalmente el pronóstico energético para el supuesto período mensual se realizaría con los valores $\bar{V} = 5.0 \text{ m/seg.}$ y $k = 2.35$.

- Factor de escala c.- El valor de dicho parámetro, depende directamente de los valores utilizados para el factor de forma y la velocidad media del viento, por lo que su precisión, dependerá de la precisión de estos otros.
- Temperatura media, presión media y densidad del aire.- Obviamente al igual que la velocidad media del viento para el período de medición, los valores obtenidos de estos parámetros, no serán representativos de períodos estacionales o anuales; sin embargo, estos datos son muy conocidos en casi todas las regiones de un país y pueden encontrarse fácilmente como datos complementarios.

Así, para la evaluación energética a largo plazo, deberá considerarse el período de tiempo en el que se desea hacer (mensual, estacional ó anual) y obtener los datos de temperatura media y presión media, correspondiente para el cálculo de la densidad del aire típica del período en cuestión.

En el peor de los casos, cuando no se puedan obtener estos datos, se podrá utilizar el valor medido en el período de adquisición de datos (realizando una corrección cualitativa dependiendo de la estación en que fueron tomados). El porcentaje de error ocasionado por ello no es muy considerable.

- Rugosidad de la superficie.- Este resultado, es válido para todo tiempo, siempre y cuando se haya realizado la instalación de sensores de acuerdo a los recomendados. Un hecho que reforzaría la validez de este, sería que durante el período de adquisición de datos, la dirección dominante del viento, coincida con la dirección dominante a lo largo del tiempo. Este hecho se puede comprobar observando los indicios de evidencia ecológica en cuanto a dirección del viento se refiere.

Perfiles de velocidad de viento y valores de k y c extrapolados.- La validez de estos resultados dependerá únicamente de los valores utilizados de velocidad media del viento, factor de forma k y rugosidad de la superficie, de los cuales se habló anteriormente.

5.5 Secuencia de Procesamiento para Obtención de Resultados

El manejo del paquete de programas de cómputo, para la obtención de resultados de interés, a corto y largo plazo, se describe a continuación; presentándose en la figura 5.3, un diagrama de flujo general que resumen dicho manejo en forma compacta.

Una vez que se ha realizado la organización de la base de datos con su respectivo archivo, el primer paso consiste en procesar los datos por medio del programa "Evaluá. Bas", obteniéndose entre otros resultados de interés; el de velocidad media del viento y el factor de forma k de la distribución de probabilidad de Weibull.

Después de esto, se procede a realizar un análisis cualitativo de la situación de acuerdo a lo explicado en la sección anterior para determinar los nuevos valores de \bar{V} , k , y ρ_{tip} a utilizar para el pronóstico energético a largo plazo. Una vez determinados dichos valores el pronóstico se realiza utilizando el programa Pronos. Bas.

Por otro lado, el archivo de datos es aplicado al Programa Patrones. Bas, para obtener los patrones de distribución diario de las variables medidas, y para la determinación de su veracidad, se aplica el mismo archivo al programa Meteoro.Bas, del cual se obtendrán los coeficientes de correlación bivariante y de autocorrelación.

La otra secuencia de procesamiento, corresponde a la obtención del valor de la rugosidad de la superficie (Z_0) por medio del programa "Rugoso.Bas", con dicho valor y los valores encontrados en el análisis cualitativo de la

situación para pronóstico energético, se podrán obtener los perfiles de velocidad de viento correspondientes, con la extrapolación requerida para los valores de los factores de distribución k y c a diferentes alturas sobre el terreno, utilizando para ello el programa Perfiles.Bas. A partir de estos resultados es posible que se desee realizar un pronóstico energético a otra altura diferente a la de medición, por lo que para ello, los resultados del programa Perfiles.Bas podrán ser aplicados directamente al programa Pronos.Bas.

Finalmente los resultados obtenidos son analizados y se procede a la elaboración de un reporte de los mismos de acuerdo al formato presentado en la sección 5.7.

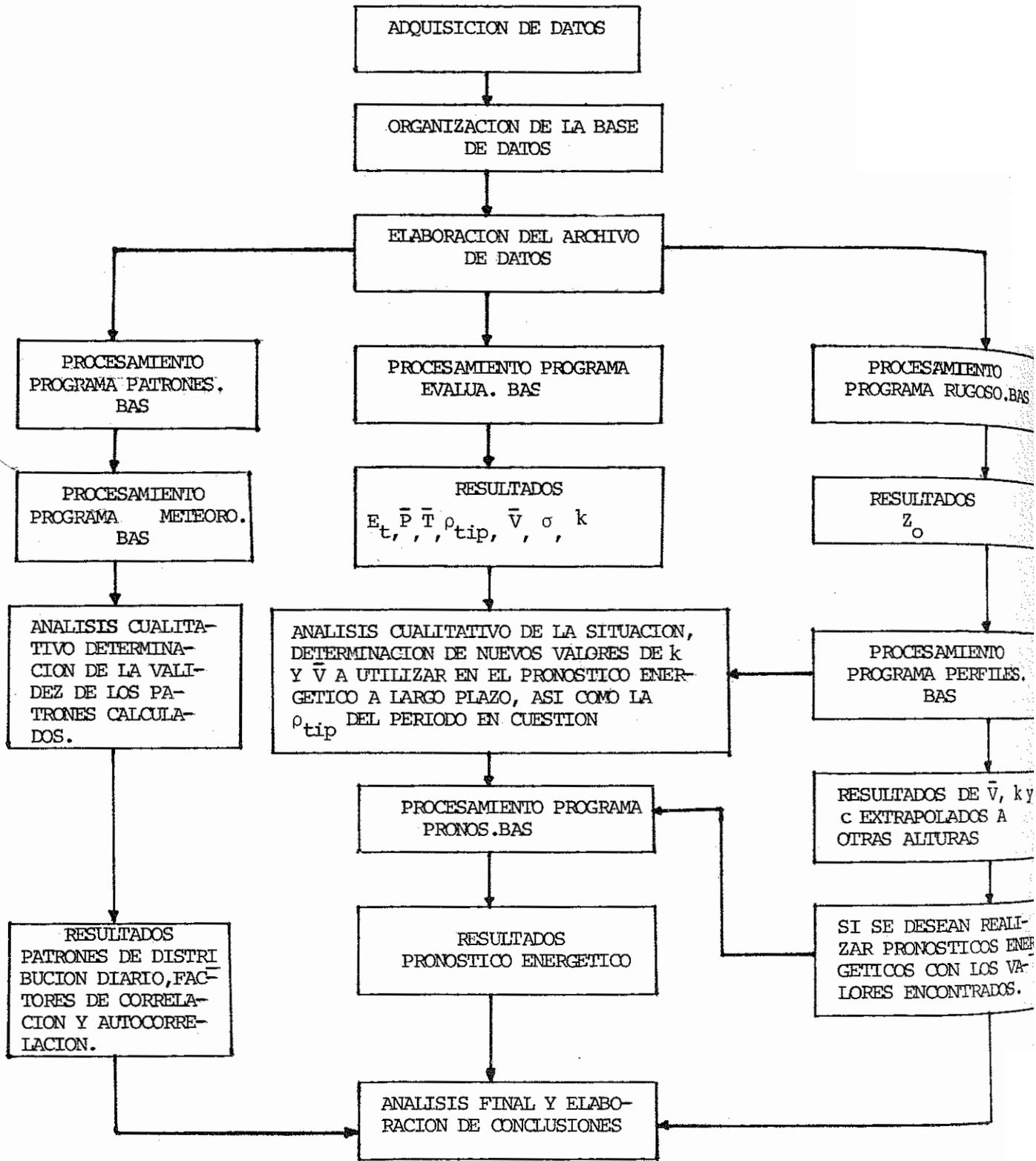


FIGURA 5.3

5.6 Corroboración del Pronóstico a Tres Meses Inmediatos

De acuerdo a lo expresado en el capítulo 1, es deseable que se realice un pronóstico energético eólico a tres meses inmediatos a la medición; para ello, es necesario que se obtengan los valores a utilizar en los programas de cómputo tanto para el factor de forma k , la velocidad media del viento y la densidad del aire para el período en cuestión, de acuerdo a lo explicado en este capítulo.

Al final de los tres meses de adquisición de datos, con el anemocinemómetro instalado, los datos adquiridos deberán ser procesados con el programa Evalúa.Bas, obteniéndose así, la energía eólica disponible por unidad de área para este período así como también el factor de forma correspondiente; estos datos comparados con los estimados, darán un índice de error en la estimación, lo cual reforzará la seguridad del método utilizado ó motivará a un estudio a fondo de la situación, según sea el resultado.

De igual forma, la información adquirida en este tiempo, podrá ser procesada con los programas de cómputo; Meteor.Bas y Patrones.Bas, con el objeto de verificar la existencia ó nó de el patrón de distribución de velocidades de viento.

5.7 Formato para el Reporte Final de Estudio de Casos

En esta sección, se presenta una forma para realizar el reporte final cuando se lleva a cabo un estudio de caso.

El formato consta de una sección general que concretiza el estudio realizado, la cual está dividida en 6 bloques; éstos se describen en seguida de acuerdo a su contenido:

- Bloque I Datos generales propios del reporte
- Bloque II Datos generales del lugar donde se realizaron las mediciones
- Bloque III Características generales de la medición realizada
- Bloque IV Resultados básicos que se obtuvieron para el período de medición
- Bloque V Resultados del pronóstico energético realizado con los correspondientes datos iniciales para períodos mensuales o estacionales
- Bloque VI Compendio de los resultados para la descripción de la mecánica del viento de superficie propia del sitio.

En la última parte del formato, se enumeran los anexos que debe incluir dicho reporte para su completa documentación, debiéndose marcar en ella si fueron incluidos o no.

A continuación, se describe el contenido que debe llevar cada uno de los anexos:

- ANEXO I. Corresponde directa y exclusivamente a los resultados del programa Evalúa.Bas.

ANEXO II. Formato para el resumen de la encuesta realizada

ANEXO III. En este anexo, se deberán presentar los datos complementarios obtenidos para la velocidad media del viento en períodos mensuales o estacionales de acuerdo a la siguiente secuencia:

- a) Breve descripción de las fuentes de datos
- b) Datos adquiridos
- c) Forma gráfica de los datos adquiridos
(figura 5.1)
- d) Descripción del análisis cualitativo realizado y enumeración de las decisiones tomadas para la determinación del valor de las velocidades medias a utilizar en el pronóstico energético a largo plazo.
- c) Listado de los valores de \bar{V} a utilizar en el pronóstico energético

Datos complementarios para temperatura y presión o densidad del aire. Estos deberán ser presentados de acuerdo al siguiente formato:

- a) Breve descripción de las fuentes de datos
- b) Listado de datos adquiridos
- c) Descripción del análisis cualitativo realizado y enumeración de decisiones tomadas para la determinación de los valores de densidad del aire a utilizar en el pronóstico energético a largo plazo.
- d) Lista de valores de densidad del aire a utilizar para el pronóstico energético a largo plazo.

ANEXO IV. Resultados del pronóstico energético para cada uno de los períodos de tiempo en que éste fué realizado. (Programa Pronos.Bas)

Resultados del programa Rugoso.Bas para cálculo de la rugosidad de la superficie.

Resultados del programa Perfiles.Bas para todos aquellos períodos de tiempo en que se realizó el pronóstico energético.

Resultados de pronóstico energético a otras alturas si se realizó alguno.

Resultados de corroboración del pronóstico a largo plazo y comentarios al respecto.

Planos topográficos básicos realizados y comentarios al respecto.

Fotografías del sitio.

ANEXO V. Conclusiones y Recomendaciones.

RESULTADOS BASICOS OBTENIDOS PARA EL PERIODO DE MEDICION

* VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO:	-----	(M/S)
* DESVIACION ESTANDAR (VIENTO)	-----	(M/S)
* FACTOR DE FORMA CALCULADO	-----	(ADIM)
* TEMPERATURA MEDIA:	-----	(C)
* PRESION MEDIA:	-----	(mmHg)
* HUMEDAD RELATIVA MEDIA:	-----	(%)
* DENSIDAD DEL AIRE TIPICA:	-----	(KG/M3)
* ENERGIA EOLICA TOTAL DISPONIBLE:	-----	(W-H/M2)
* ENERGIA EOLICA PROMEDIO DIARIA :	-----	(W-H/M2)
* ENERGIA SOLAR TOTAL DISPONIBLE :	-----	(W-H/M2)
* ENERGIA SOLAR PROMEDIO DIARIA :	-----	(W-H/M2)
* RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE :	-----	(MTS)
* TIPO DE VARIANZA ENCONTRADA:	-----	

P R O N O S T I C O E N E R G E T I C O

* PERIODO	+ VEL.MED.	+ K	+ DENS.	+ ENERGIA DISPONIBLE
	+ (M/S)	+ (ADIM)	+ (KG/M3)	+ (KW-H/M2)
* ENERO	+	+	+	+
* FEBRERO	+	+	+	+
* MARZO	+	+	+	+
* INV.	+	+	+	+
* ABRIL	+	+	+	+
* MAYO	+	+	+	+
* JUNIO	+	+	+	+
* PRIM.	+	+	+	+
* JULIO	+	+	+	+
* AGOSTO	+	+	+	+
* SEPTIEM.	+	+	+	+
* VERANO	+	+	+	+
* OCTUBRE	+	+	+	+
* NOV..	+	+	+	+
* DIC..	+	+	+	+
* OTOÑO	+	+	+	+

ESTACION MOVIL DE CLIMATOLOGIA EOLICA

EVALUACION Y CARACTERIZACION PRELIMINAR
DEL POTENCIAL ENERGETICO EOLICO

Relación de Anexos de Información Complementaria

Lugar: _____

Período de Medición: _____

Formuló: _____

Contenido

Elaborado

- | | |
|---|--------------------------|
| 1. Resumen de datos básicos colectados | <input type="checkbox"/> |
| 2. Resumen de Encuesta | <input type="checkbox"/> |
| 3. Información metereológica adicional | |
| 3.1 Información complementaria sobre el viento | <input type="checkbox"/> |
| 3.2 Información complementaria sobre temperatura y presión. | <input type="checkbox"/> |
| 3.3 Gráficos de variable climatológicas medidas | <input type="checkbox"/> |
| 3.4 Análisis de correlación parámetros metereológicos medidos | <input type="checkbox"/> |
| 4. Evaluación y caracterización energética | |
| 4.1 Tabla de pronóstico energético | <input type="checkbox"/> |
| 4.2 Rugosidad superficial | <input type="checkbox"/> |
| 4.3 Perfil vertical de velocidades y distribución de weibull estacional | <input type="checkbox"/> |
| 4.4 Pronóstico energético a diferentes alturas | <input type="checkbox"/> |
| 5. Conclusiones y recomendaciones | <input type="checkbox"/> |

RESUMEN DE LA ENCUESTA

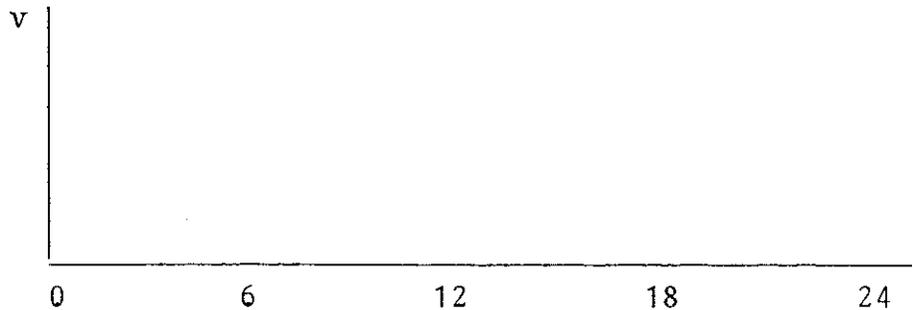
Lugar: _____

Número de encuestas realizadas: _____

Se detecta la existencia de un patrón de distribución diario

Si No

Tipo de patrón diario detectado



Dirección dominante del viento: _____

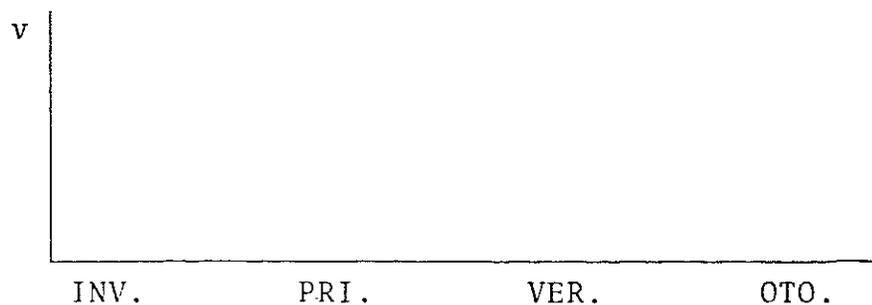
Intensidad según la escala de Beaufort que se considera alcanzan los vientos fuertes _____

Horas al día de viento _____

Se detectó estacionalidad referida a la magnitud del viento

Si No

Tipo de patrón estacional detectado



ANEXO 2 (Cont.)

Cual es la dirección dominante del viento en:

Primavera _____

Verano _____

Otoño _____

Invierno _____

Existen otros lugares cercanos donde existan vientos fuertes

Si No

Descripción de los mismos

CAPITULO 6

ESTUDIO DE CASOS

En este capítulo, se presentan a manera de ejemplos 2 casos en los cuales se llevó a cabo una medición, con el laboratorio móvil de metereología eólica del Instituto de Investigaciones Eléctricas de México.

Cabe mencionar, que dichas expediciones, fueron realizadas con el objeto de probar las funciones del laboratorio móvil, así como los métodos utilizados para la adquisición de datos; por ello algunos de los datos tomados, no fueron obtenidos de acuerdo a los métodos que aquí se recomienda, ya que estos últimos son el resultado de la experiencia obtenida en dichas mediciones.

Los sitios se escogieron a propósito con características diferentes; el primero de ellos, "Chilpancingo, Gro." es un sitio localizado en el sur del país en una valle colindante a la sierra madre del sur, el segundo, "Kruzsio, B.C.N." es un sitio localizado en el noreste del país en la costa del pacífico.

Los reportes respectivos se presentan a continuación, de acuerdo al formato recomendado.

**ESTUDIO DE CASO
CHILPANCINGO, GRO:
MEXICO**

Junio de 1983
Instituto de Investigaciones Eléctricas
División Fuente de Energía
Departamento de Fuentes No Convencionales

RESULTADOS BASICOS OBTENIDOS PARA EL PERIODO DE MEDICION

* VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO:	3.06	(M/S)
* DESVIACION ESTANDAR (VIENTO)	2.63	(M/S)
* FACTOR DE FORMA CALCULADO	1.1773	(ADIM)
* TEMPERATURA MEDIA:	24.2	(C)
* PRESION MEDIA:	643.5	(mmHg)
* HUMEDAD RELATIVA MEDIA:		(%)
* DENSIDAD DEL AIRE TIPICA:	1.0063	(KG/M3)
* ENERGIA EOLICA TOTAL DISPONIBLE:	2112.25	(W-H/M2)
* ENERGIA EOLICA PROMEDIO DIARIA :	704.08	(W-H/M2)
* ENERGIA SOLAR TOTAL DISPONIBLE :	15186.40	(W-H/M2)
* ENERGIA SOLAR PROMEDIO DIARIA :	5062.15	(W-H/M2)
* RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE :	0.05	(MTS)
* TIPO DE VARIANZA ENCONTRADA:	ALTA	

P R O N O S T I C O E N E R G E T I C O

* PERIODO	+ VEL.MED.	+ K	+ DENS.	+ ENERGIA DISPONIBLE
	+ (M/S)	+ (ADIM)	+ (KG/M3)	+ (KW-H/M2)
* ENERO	+ 3.80	+ 1.42	+ 1.00	+ 58.084
* FEBRERO	+ 5.00	+ 1.63	+ 1.00	+ 107.599
* MARZO	+ 5.30	+ 1.68	+ 1.00	+ 122.977
* INV.	+	+	+	+ 288.624
* ABRIL	+ 5.05	+ 1.64	+ 1.00	+ 109.953
* MAYO	+ 5.50	+ 1.71	+ 1.00	+ 134.155
* JUNIO	+ 4.55	+ 1.55	+ 1.00	+ 97.060
* PRIM.	+	+	+	+ 331.168
* JULIO	+ 4.35	+ 1.52	+ 1.00	+ 78.350
* AGOSTO	+ 3.75	+ 1.41	+ 1.00	+ 56.420
* SEPTIEM.	+ 4.70	+ 1.58	+ 1.00	+ 93.380
* VERANO	+	+	+	+ 228.150
* OCTUBRE	+ 4.05	+ 1.46	+ 1.00	+ 67.190
* NOV.,.	+ 3.30	+ 1.32	+ 1.00	+ 43.000
* DIC.,.	+ 3.65	+ 1.39	+ 1.00	+ 53.260
* OTO\O	+	+	+	+ 163.45

DESCRIPCION DE LA MECANICA DEL VIENTO DE SUPERFICIE

* EXISTEN PATRONES DE	S I	N O	
* VELOCIDAD DE VIENTO	XXX	---	
* DIRECCION DE VIENTO	XXX	---	
* TEMPERATURA	XXX	---	
* RADIACION SOLAR	XXX	---	
* PRESION	XXX	---	
* HUMEDAD RELATIVA	XXX	---	

* EXISTE CORRELACION ENTRE:

	TEMP.	PRES.	RAD.SOL	HUM.REL.
* VEL.VIEN.	D	I	N	I
* TEMP.		I	D	I
* PRES.			I	D
* RAD.SOL.				I

* DONDE: D= CORRELACION DIRECTA
 * I= CORRELACION INVERSA
 * N= NO HAY CORRELACION

* DIRECCION DOMINANTE DEL VIENTO ENCONTRADA SURESTE

* EL TIPO DE VIENTO EN EL SITIO ES CLASIFICADO COMO:

* LOCAL XXX
 * DE ALTURA
 * MIXTO

* SI ES LOCAL ESTE SE CLASIFICA COMO:

* TIPO VALLE-MONTANA
 * BRISA MARINA
 * OROGRAFICO XXX
 * OTROS

* LOS RESULTADOS PUEDEN SER REPRESENTATIVOS DE UNA
 * REGION QUE COMPRENDE : UNICAMENTE EN LA CANADA DONDE ESTA SITUADO
 * EL SITIO.

ESTACION MOVIL DE CLIMATOLOGIA EOLICA

EVALUACION Y CARACTERIZACION PRELIMINAR
DEL POTENCIAL ENERGETICO EOLICO

Relación de Anexos de Información Complementaria

Lugar: CHILPANCINGO, GRO

Período de Medición: 1º a 3-diciembre-81

Formuló: Ing. Marco Antonio R. Borja Diaz

Contenido

Elaborado

- | | |
|---|-------------------------------------|
| 1. Resumen de datos básicos colectados | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 2. Resumen de Encuesta | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 3. Información metereológica adicional | |
| 3.1 Información complementaria sobre el viento | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 3.2 Información complementaria sobre temperatura y presión. | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 3.3 Gráficos de variable climatológicas medidas | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 3.4 Análisis de correlación de parámetros metereológicos medidos. | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4. Evaluación y caracterización energética | |
| 4.1 Tabla de pronóstico energético | <input type="checkbox"/> |
| 4.2 Rugosidad superficial | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4.3 Perfil vertical de velocidades y distribución de weibull estacional | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4.4 Pronóstico energético a diferentes alturas | <input type="checkbox"/> |
| 5. Conclusiones y Recomendaciones | |

RESUMEN DE DATOS COLECTADOS

```

*****
***** RESULTADOS DEL PROGRAMA EVALUO.BAS *****
*****
+++++
* LUGAR DONDE SE RECOPIARON LOS DATOS : *
* CHILFANCINGO GRO. *
* *
* PERIODO DE MEDICION : *
* 1-XII-81 3-XII-81 *
* *
* NUMERO DE DIAS CON DATOS: 3 *
* NUMERO DE DATOS POR DIA : 50 *
* *
* VELOCIDAD MEDIA DEL PERIODO : *
* 3.06267 (MTS./SEG.) *
* *
* DESVIACION ESTANDAR DEL PERIODO (VIENTO) *
* 2.63529 (MTS./SEG.) *
* *
* FACTOR DE FORMA K PARA LA DISTRIBUCION DE WEIBULL: *
* 1.1773 (ADIM.) *
* *
* ENERGIA DEL VIENTO TOTAL DISPONIBLE DEL PERIODO : *
* 2112.25 (W-H/M2) *
* *
* ENERGIA DEL VIENTO TOTAL PROMEDIO DIARIA : *
* 704.083 (W-H/M2) *
* *
* TEMPERATURA MEDIA DEL PERIODO : *
* 24.2133 (C) *
* *
* PRESION MEDIA DEL PERIODO : *
* 643.507 (mmHg) *
* *
* DENSIDAD DEL AIRE TIPICA DEL PERIODO : *
* 1.00635 (Kg/M3) *
* *
* ENERGIA SOLAR TOTAL DEL PERIODO : *
* 15186.4 (W-H/M2) *
* *
* ENERGIA SOLAR PROMEDIO DIARIA : *
* 5062.15 (W-H/M2) *
*****

```

ANEXO 2

RESUMEN DE LA ENCUESTA

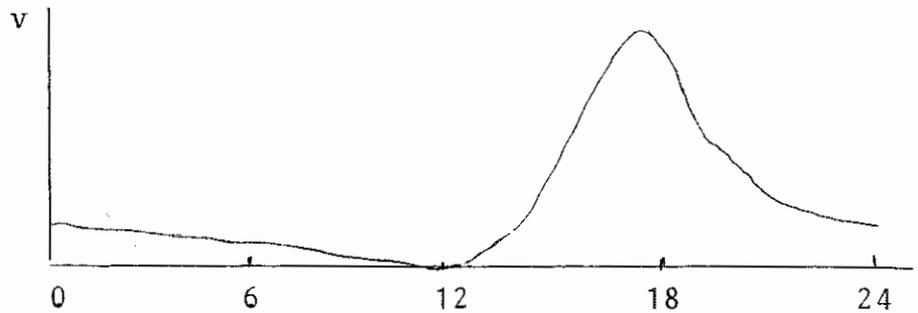
Lugar: CHILPANCINGO, GRO

Número de encuestas realizadas: 3

Se detecta la existencia de un patrón de distribución diario

Si No

Tipo de patrón diario detectado



Dirección dominante del viento: Noroeste

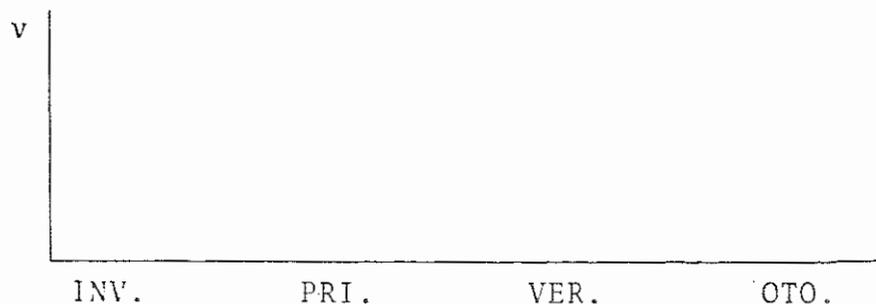
Intensidad según la escala de Beaufort que se considera alcanzan los vientos fuertes 20 m/s

Horas al día de viento 6'

Se detectó estacionalidad referida a la magnitud del viento

Si No

Tipo de patrón estacional detectado



ANEXO 2 (Cont.)

Cual es la dirección dominante del viento en:

Primavera XXX

Verano XXX

Otoño XXX

No se adquieren

Invierno

Existen otros lugares cercanos donde existan vientos fuertes

Si

No

No se adquirió

Descripción de los mismos

3. INFORMACION METEREOLÓGICA ADICIONAL

3.1 Información complementaria sobre el viento de superficie

3.1.1 Fuente de datos adicionales

La fuente de datos complementarios, corresponde a un observatorio Metereológico del Servicio Metereológico Nacional.

Dicho observatorio, está localizado en la misma cañada en que está situada la ciudad de Chilpancingo, Gro. aproximadamente a 3 km., de distancia del sitio donde se realizó la medición, presentando una buena localización únicamente para la medición de las velocidades de viento que fluye a lo largo de dicha cañada.

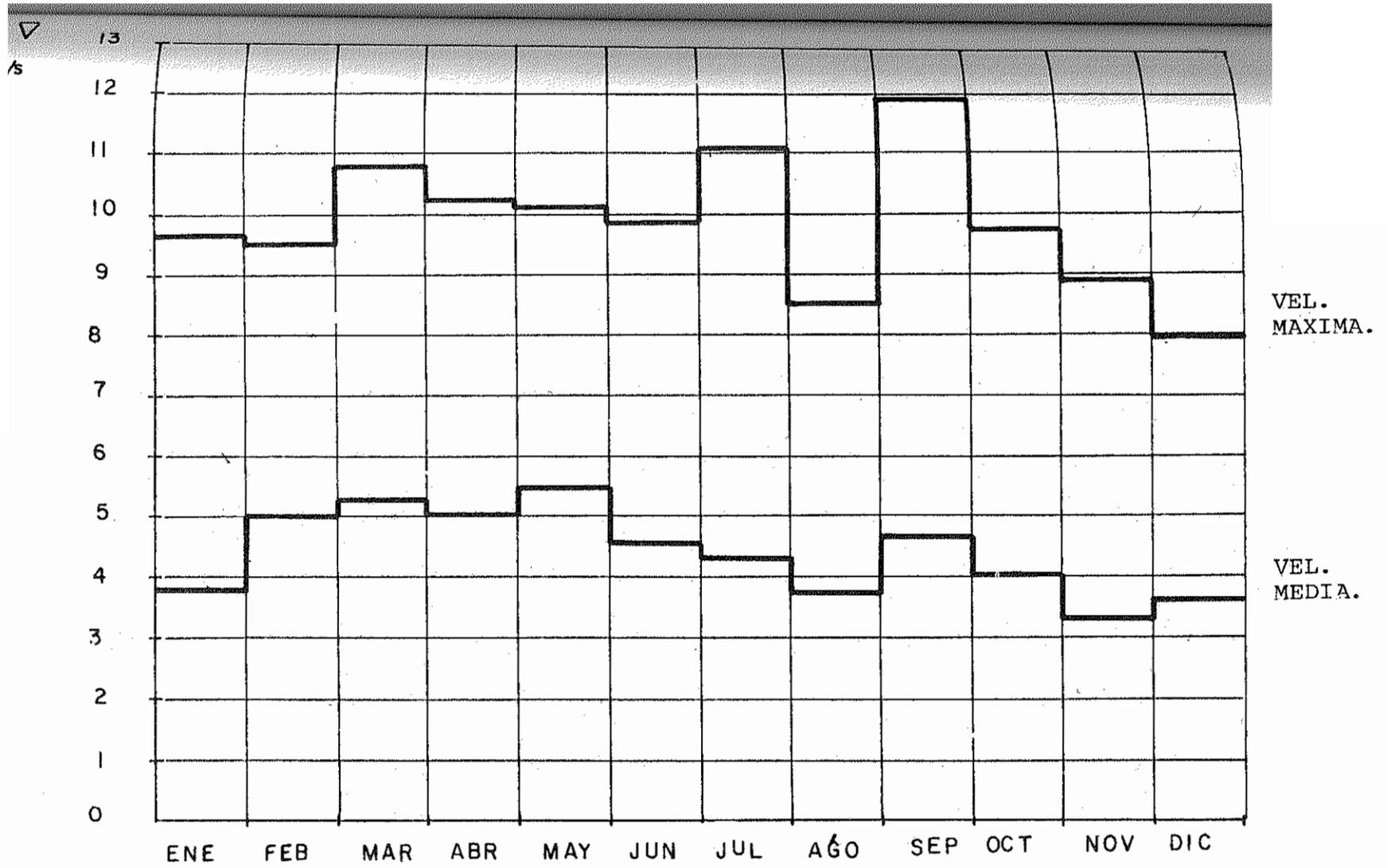
3.1.2 Datos adquiridos

Velocidad media del viento (mts./seg.), 1961-1976

ENERO	FEBRERO	MARZO	INVIERNO	
3.8	5.0	5.3	4.7	
ABRIL	MAYO	JUNIO	PRIMAVERA	
5.05	5.5	4.55	5.03	
JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	VERANO	ANUAL
4.35	3.75	4.7	4.27	4.42
OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	OTOÑO	
4.5	3.3	3.65	3.67	

Velocidad máxima del viento (mts./seg.), 1961-1976

ENERO	FEBRERO	MARZO	INVIERNO	
9.65	9.53	10.82	10.0	
ABRIL	MAYO	JUNIO	PRIMAVERA	
10.27	10.17	9.87	10.1	
JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	VERANO	
11.06	8.55	11.49	10.37	
OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	OTOÑO	
9.78	8.89	7.98	8.88	



GRAFICA PARA DATOS COMPLEMENTARIOS DE \bar{V}

3.1.3 Descripción del análisis cualitativo realizado y enumeración de las decisiones tomadas para la determinación del valor de las velocidades medias a utilizar en el pronóstico energético a largo plazo.

Debido a que los resultados arrojados por la encuesta, las observaciones realizadas en cuanto a evidencia ecológica y los resultados del patrón de dirección de viento, coinciden en que la dirección dominante del viento es el noroeste, coincidiendo que la velocidad medida en el observatorio meteorológico es representativa como primera aproximación del flujo preponderante en la cañada.

Sin embargo debido a que los datos corresponden a promedios mensuales a lo largo de 15 años, es evidente que si se utilizan estas velocidades para pronóstico energético mensual, los resultados deberán considerarse como la mínima cantidad de energía disponible para dicho período.

Por otro lado, los datos de velocidad media son concordantes con los datos de velocidad máxima si se considera que existe un patrón de distribución diario a lo largo del año con períodos de calma relativamente altos.

Por lo anterior, se toma la decisión de utilizar directamente las velocidades medias mensuales proporcionadas, para realizar el pronóstico energético a largo plazo a nivel mensual.

3.2 Información complementaria de temperatura, y presión

3.2.1 Fuente de Información

"Atlas del Agua"

Publicado por la Secretaría de Recursos Hidráulicos
(1976)

3.2.2 Datos Adquiridos

Presión atmosférica ajustada al nivel del mar
(1941-1970)

Media Anual	-----	759 mmHg
Enero	-----	760 mmHg
Abril	-----	758 mmHg
Julio	-----	759 mmHg
Octubre	-----	760 mmHg

Temperatura (1941-1970)

Media Anual	-----	22°C
Enero	-----	20°C
Abril	-----	22°C
Julio	-----	24°C
Octubre	-----	20°C

Debido a que no se presentan cambios considerables en los valores medios de temperatura y presión a nivel anual, para el cálculo de la energía eólica disponible, se toma el valor medido durante la adquisición de datos.

3.3 Gráficos de Variables Climatológicas Medidas

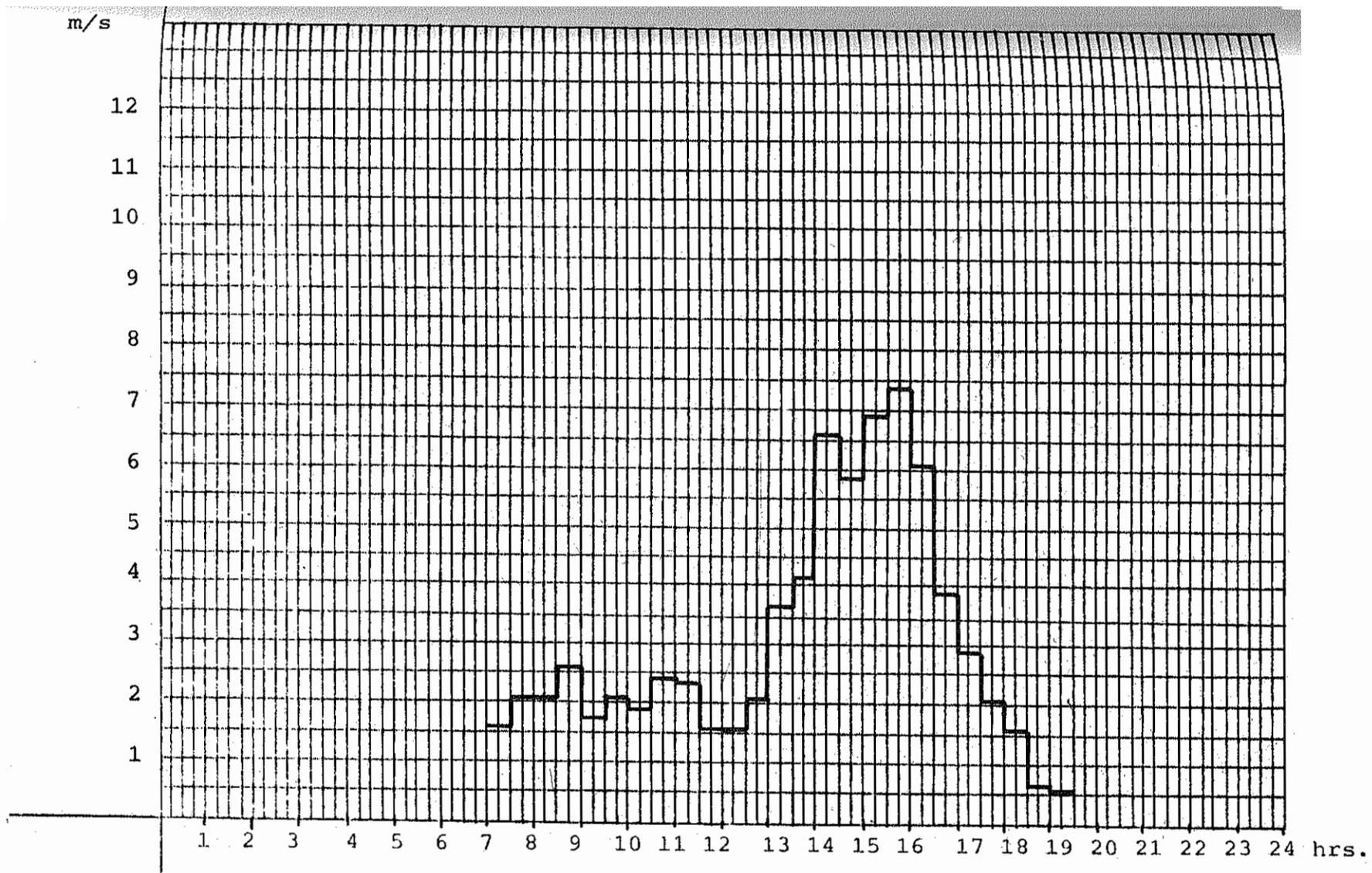
Lugar: CHILPANCINGO GRO.

Fecha de inicio y fin de toma de datos: 1º a 3 diciembre-81

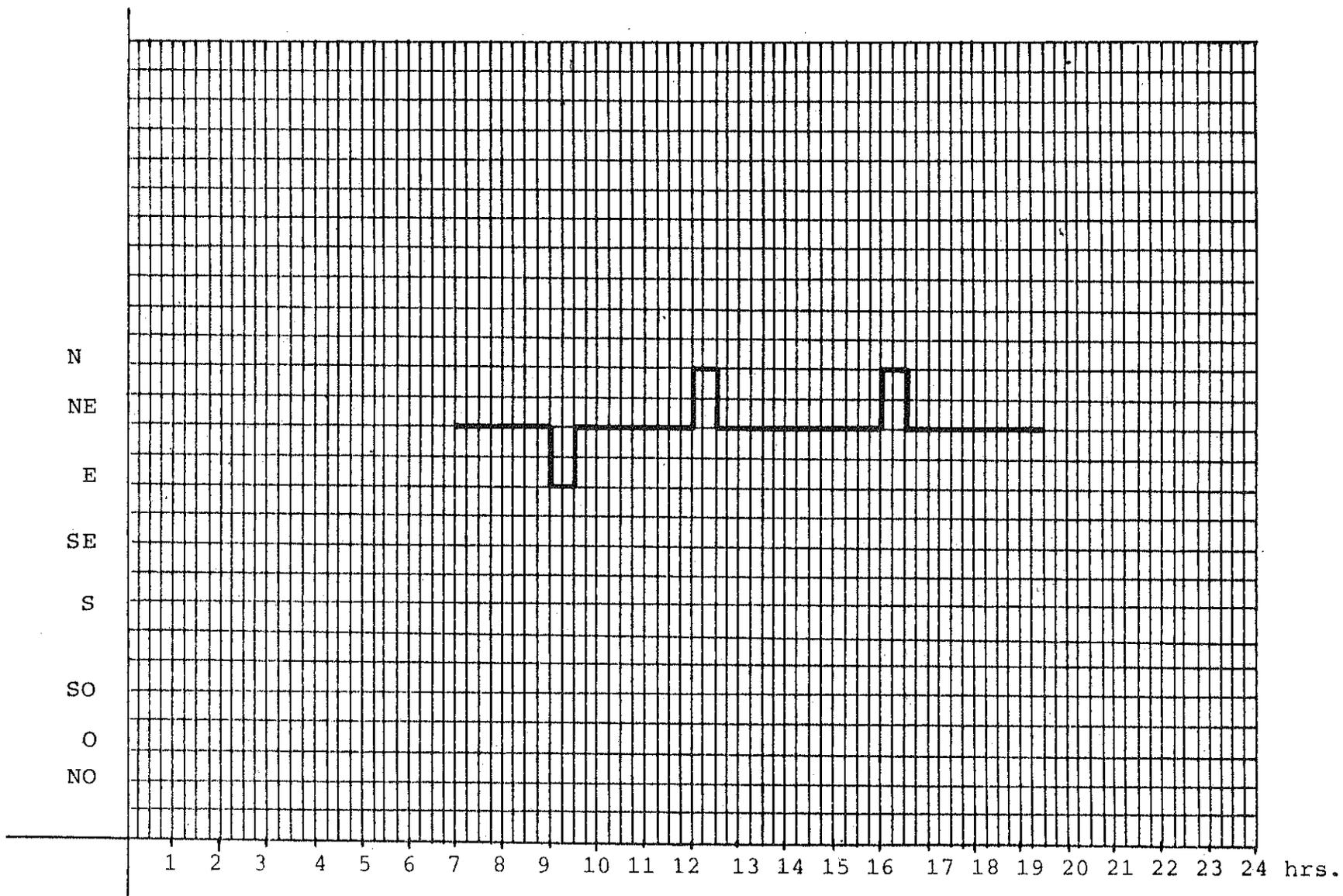
Número de días con datos: 3

Número de datos por día : 50

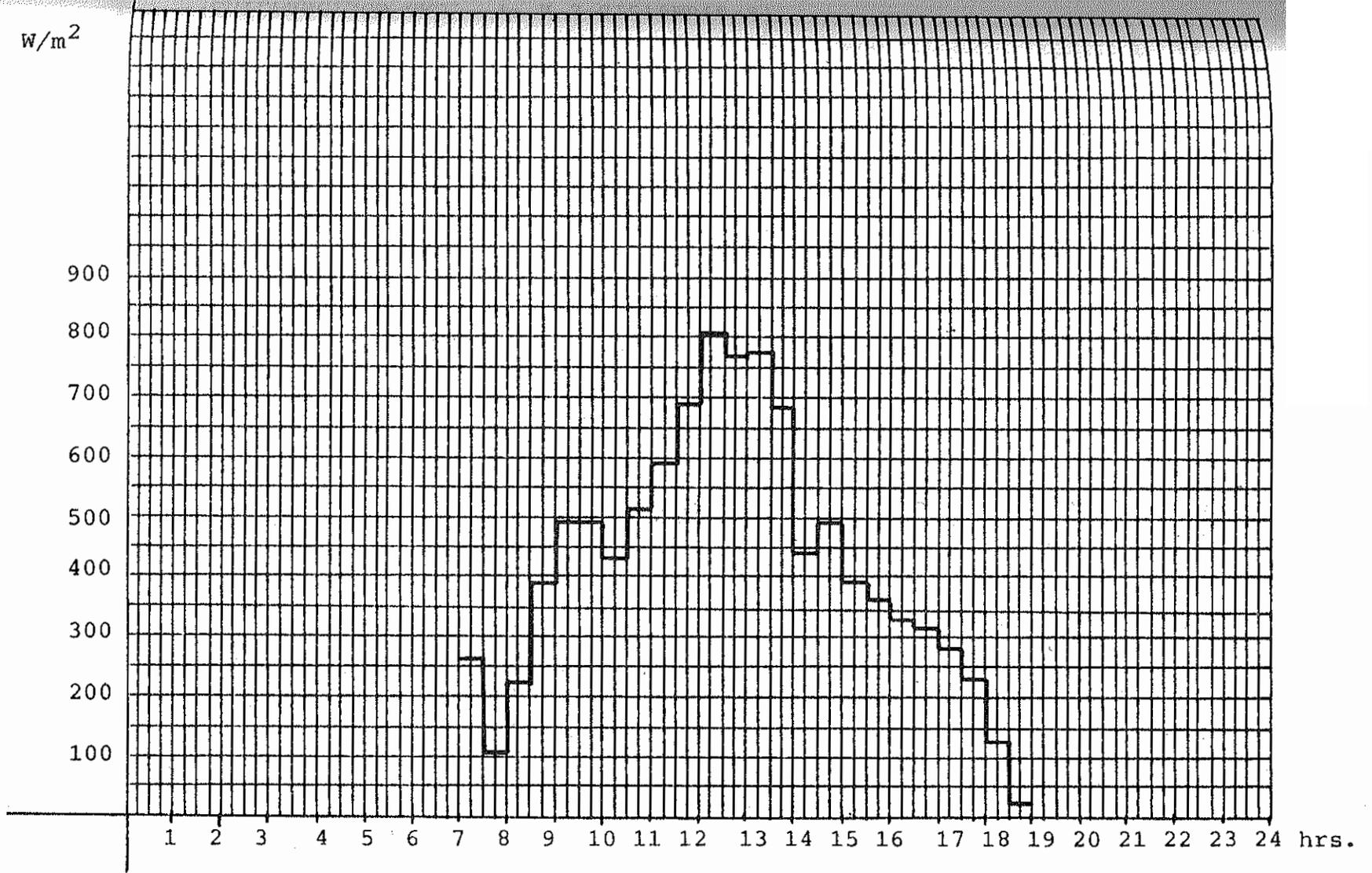
Obtenidas del Programa PATRONES-BAS.



PATRON DE DISTRIBUCION DIARIO ENCONTRADO PARA VELOCIDAD DEL VIENTO
 CHILPANCINGO GRO. 1º a 3 diciembre-81

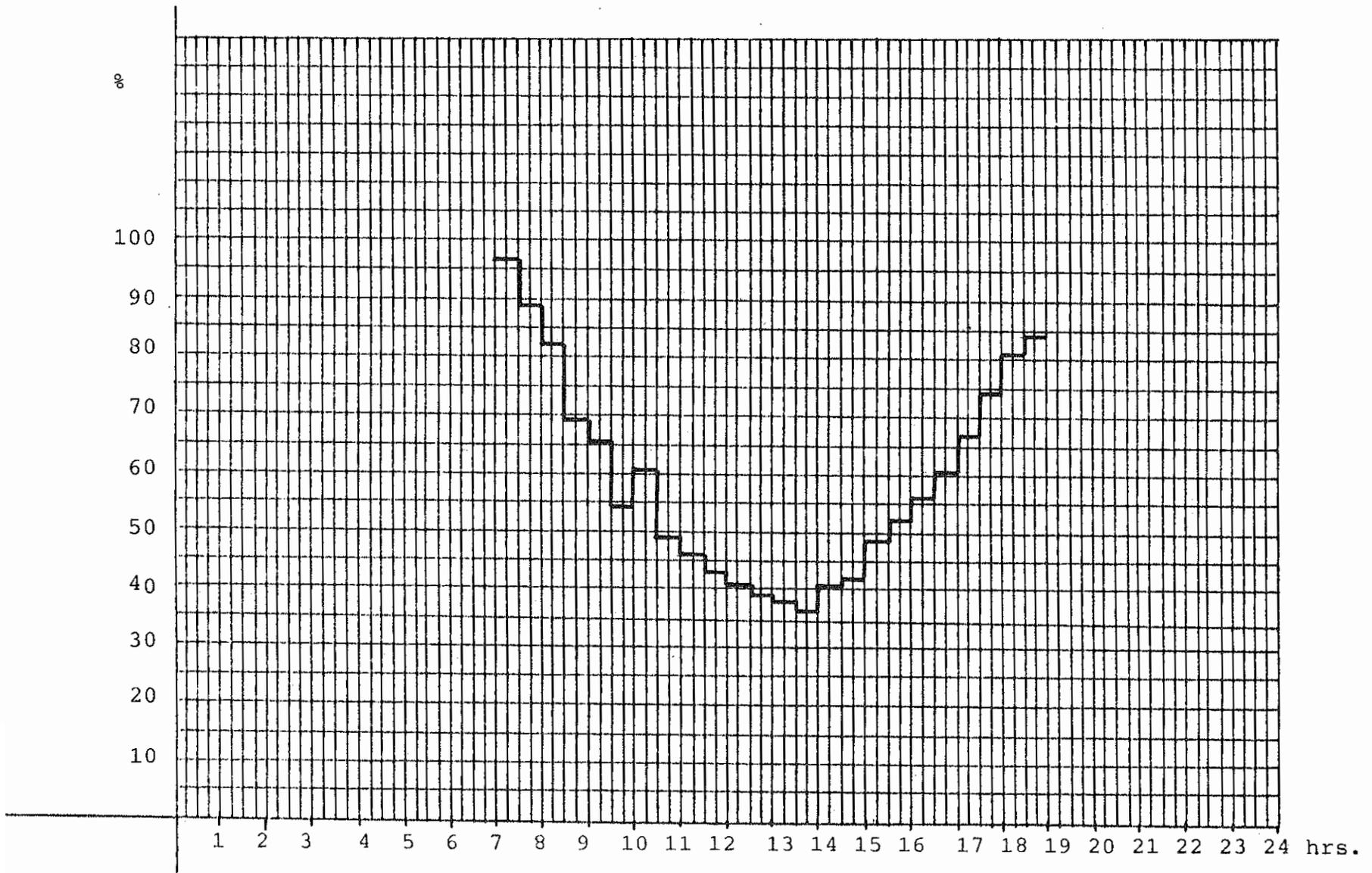


PATRON DE DISTRIBUCION DIARIO ENCONTRADO PARA DIRECCION DEL VIENTO
 CHILPANCINGO GRO 1º a 3 diciembre-81



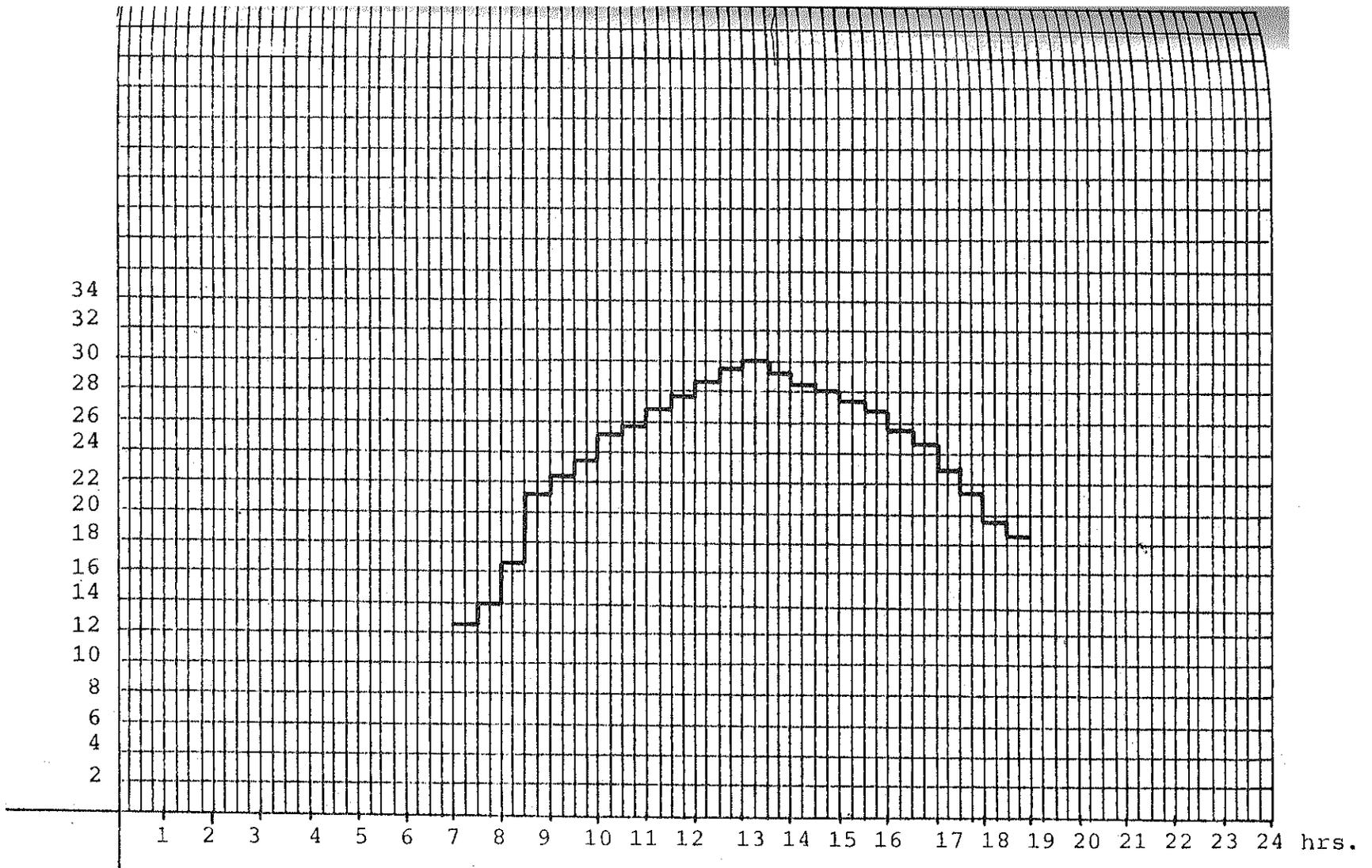
PATRON DE DISTRIBUCION DIARIO ENCONTRADO PARA RADIACION SOLAR GLOBAL
 CHILPANCINGO GRO. 1º a 3 diciembre-81

81-9



PATRON DE DISTRIBUCION DIARIO ENCONTRADO PARA HUMEDAD RELATIVA.

CHILPANCINGO GRO. 1º a 3 diciembre-81

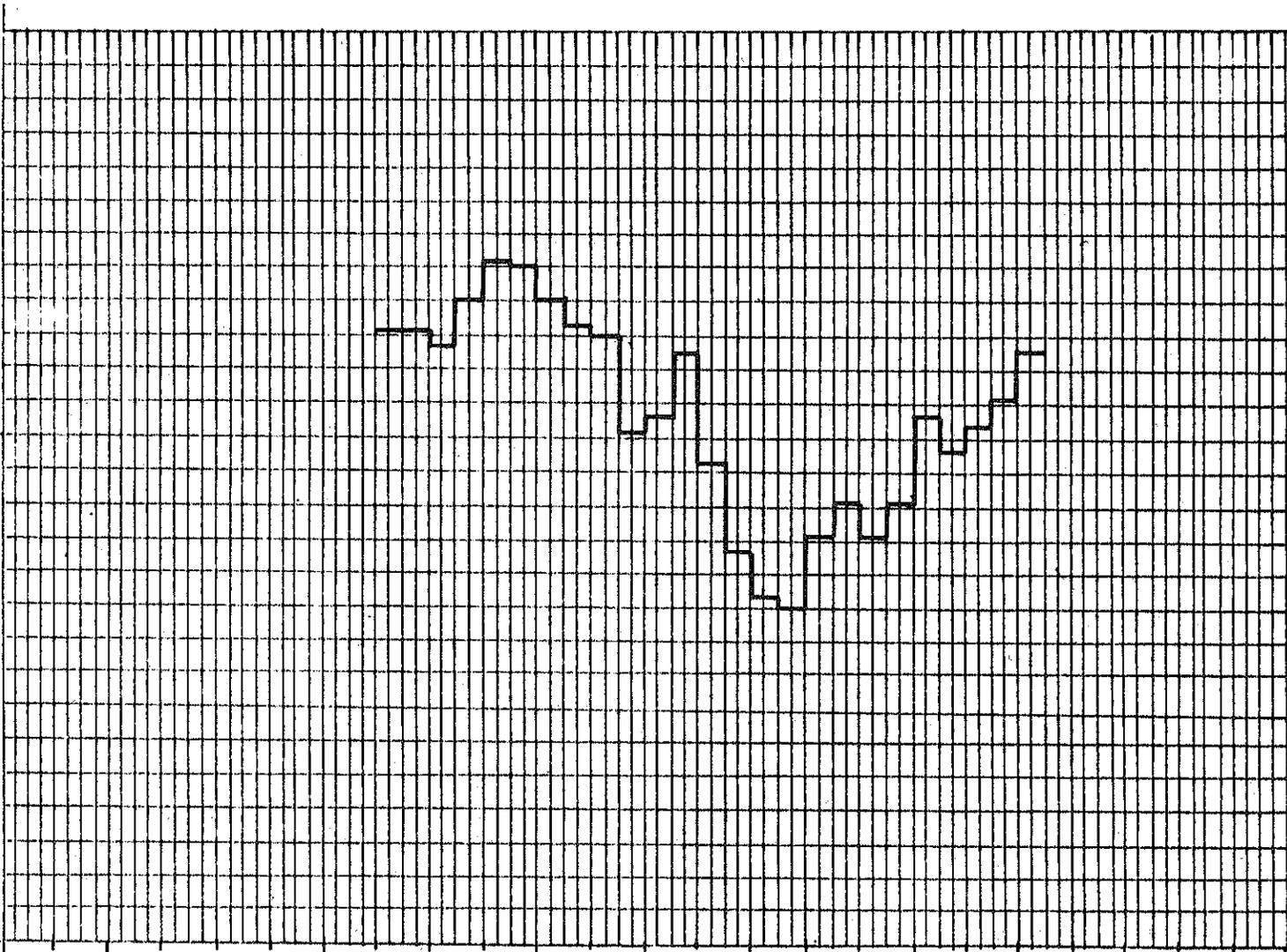


PATRON DE DISTRIBUCION DIARIO ENCONTRADO PARA TEMPERATURA

CHILPANCINGO GRO. 1º a 3 diciembre-81

mmHg.

649
648
647
646
645
644
643
642
641
640
639
638
637
636
635
634
633
632
631
630



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 hrs.

PATRON DE DISTRIBUCION DIARIO ENCONTRADO PARA PRESION.

CHILPANCINGO GRO. 1º a 3-diciembre-81

ANEXO 3 (Cont.)

3.4 Análisis de Correlación de Parámetros Climatológicos Medidos.

Lugar: CHILPANCINGO GRO.

Fecha de inicio y fin: 1º-diciembre-81 - 3-diciembre-81

Número de días con datos: 3

Número de datos por día : 50

Hora de inicio y fin de toma de datos:

		VALORES MEDIOS DIARIOS				
		DESVIACION ESTANDAR DIARIA				
	DIA	TEMP. (°C)	PRES. (mb)	HUM.R. (%)	R.SOL. (W/m ²)	VIENTO (m/s)
VALOR MEDIO	1	24.28	643.32	57.36	432.35	2.54
DESVIACION EST.	1	5.09	2.33	17.70	301.82	2.70
VALOR MEDIO	2	24.52	643.04	59.08	403.56	2.42
DESVIACION EST.	2	4.79	4.12	18.84	274.48	1.54
VALOR MEDIO	3	23.84	644.16	59.44	379.01	4.23
DESVIACION EST.	3	5.00	3.49	18.67	281.29	3.08

RESULTADOS PARA EL PERIODO TOTAL DE MEDICION

	TEMP.	PRES.	HUM.R.	R.SOL.	VIENTO
VALOR MEDIO	24.21	643.51	58.63	404.97	3.06
DESVIACION ESTANDAR	4.94	3.41	18.31	285.01	2.64

ANEXO 3 (Cont.)

COEFICIENTES DE CORRELACION (C.C)
 COEFICIENTE MINIMOS DE CORRELACION (C.C.M.)

DIA: 1

		TEMPERATURA	PRESION	HUMEDAD	RAD.SOLAR
VIENTO	C.C.	0.56	-0.60	-0.61	0.15
	C.C.M.	0.19	0.17	0.17	0.27
TEMPERATURA	C.C.		-0.69	-0.93	0.54
	C.C.M.		0.14	0.04	0.20
PRESION	C.C.			0.64	-0.38
	C.C.M.			0.16	0.24
HUMEDAD	C.C.				-0.51
	C.C.M.				0.20

DIA: 2

VIENTO	C.C.	0.27	-0.11	-0.47	0.17
	C.C.M.	0.25	0.27	0.21	0.27
TEMPERATURA	C.C.		-0.65	-0.95	0.81
	C.C.M.		0.16	0.03	0.09
PRESION	C.C.			0.52	-0.34
	C.C.M.			0.20	0.24
HUMEDAD	C.C.				-0.92
	C.C.M.				0.04

DIA: 3

VIENTO	C.C.	0.56	-0.73	-0.46	0.07
	C.C.M.	0.19	0.13	0.22	0.27
TEMPERATURA	C.C.		-0.53	-0.96	0.64
	C.C.M.		0.20	0.02	0.16
PRESION	C.C.			0.42	-0.06
	C.C.M.			0.23	0.27
HUMEDAD	C.C.				-0.77
	C.C.M.				0.11

ANEXO 3 (Cont.)

COEFICIENTES DE CORRELACION Y MINIMOS ESPERADOS
PARA VARIABLES IGUALES ENTRE DIAS DIFERENTES

DIA: 1 CON DIA: 2

	COEFICIENTE DE CORRELACION	MINIMO ESPERADO
Temperatura	.978357	.122527E-01
Presión	.85501	.769664E-01
Humedad	.814484	.963281E-01
Rad. solar	.757966	.12176
Viento	.301942	.260077

DIA: 2 CON DIA: 3

Temperatura	.905918	.513134E-01
Presión	.7838	.110362
Humedad	.881256	.639259E-01
Rad. solar	.896616	.561114E-01
Viento	.160727E-01	.286092

ANEXO 4 (Cont.)

4.2 Rugosidad Superficial

En ésta medición no se utilizó el método que aquí se recomienda para el cálculo de la rugosidad de la superficie, para ello, se utilizó la tabla presentada en el Manual de Meteorología que relaciona un valor de rugosidad que fue encontrado al respecto correspondiente a 0.05 mts. para una superficie con árboles bajos.

ANEXO 4 (Cont.) 4.3 Perfil vertical de velocidades y distribución de weibull mensual

Resultados Programa PERFILES-BAS

Lugar: CHILPANCINGO GRO.

Altura de medición: 10 M.

Coefficiente de rugosidad utilizado: .05

ALTURA M	E N E R O			F E B R E R O			M A R Z O			A B R I L		
	v m/s	k Adim.	c m/s	v m/s	k Adim.	c m/s	v m/s	k Adim.	c m/s	v m/s	k Dim.	c m/s
10	3.80	1.42	4.18	5.00	1.63	5.58	5.30	1.68	5.93	5.05	1.64	5.64
12	3.96	1.44	4.36	5.19	1.66	5.80	5.49	1.71	6.16	5.24	1.67	5.86
14	4.20	1.46	4.52	5.35	1.68	5.99	5.66	1.73	6.35	5.40	1.69	6.05
16	4.22	1.48	4.66	5.48	1.70	6.15	5.80	1.75	6.51	5.54	1.71	6.21
18	4.32	1.50	4.79	5.61	1.72	6.29	5.93	1.77	6.66	5.66	1.73	6.35
20	4.42	1.51	4.90	5.72	1.74	6.41	6.04	1.79	6.79	5.77	1.75	6.48
22	4.51	1.53	5.00	5.82	1.75	6.53	6.14	1.81	6.90	5.87	1.76	6.59
24	4.59	1.54	5.09	5.91	1.77	6.63	6.23	1.82	7.01	5.96	1.78	6.70
26	4.66	1.55	5.18	5.99	1.78	6.73	6.32	1.83	7.11	6.05	1.79	6.80
28	4.73	1.56	5.26	6.07	1.79	6.82	6.40	1.85	7.20	6.12	1.80	6.89
30	4.79	1.57	5.34	6.14	1.80	6.91	6.47	1.86	7.29	6.20	1.82	6.97
32	4.85	1.58	5.41	6.21	1.82	6.98	6.54	1.87	7.37	6.26	1.83	7.05
34	4.91	1.59	5.47	6.27	1.83	7.06	6.61	1.88	7.44	6.33	1.84	7.12
36	4.96	1.60	5.54	6.33	1.84	7.13	6.67	1.89	7.51	6.39	1.85	7.19
38	5.02	1.61	5.60	6.39	1.85	7.19	6.73	1.90	7.58	6.45	1.86	7.26
40	5.06	1.62	5.65	6.44	1.86	7.25	6.78	1.91	7.64	6.50	1.87	7.32
42	5.11	1.63	5.71	6.49	1.87	7.31	6.83	1.92	7.70	6.55	1.88	7.38
44	5.15	1.63	5.76	6.54	1.87	7.37	6.88	1.93	7.76	6.60	1.89	7.44
46	5.20	1.64	5.81	6.59	1.88	7.42	6.93	1.94	7.82	6.65	1.89	7.49
48	5.24	1.65	5.86	6.64	1.89	7.48	6.98	1.95	7.87	6.69	1.90	7.54

ANEXO 4 (Cont.) 4.3 Perfil vertical de velocidades y distribución de weibull mensual

Resultados Programa PERFILES-BAS

Lugar: CHILPANCINGO GRO.

Altura de medición: 10 M.

Coefficiente de rugosidad utilizado: .05

ALTURA M	E N E R O			F E B R E R O			M A R Z O			A B R I L		
	v m/s	k Adim.	c m/s	v m/s	k Adim.	c m/s	v m/s	k Adim.	c m/s	v m/s	k Dim.	c m/s
50	5.28	1.65	5.90	6.68	1.90	7.50	7.02	1.96	7.92	6.74	1.91	7.59
52	5.32	1.66	5.95	6.72	1.91	7.57	7.06	1.97	7.97	6.78	1.92	7.64
54	5.35	1.67	5.99	6.76	1.91	7.62	7.10	1.97	8.01	6.82	1.93	7.69
56	5.39	1.67	6.03	6.80	1.92	7.66	7.14	1.98	8.06	6.86	1.93	7.73
58	5.42	1.68	6.07	6.84	1.93	7.71	7.18	1.99	8.10	6.89	1.94	7.77
60	5.45	1.69	6.11	6.87	1.94	7.75	7.22	1.99	8.14	6.93	1.95	7.81

ANEXO 4 (Cont.) 4.3 Perfil vertical de velocidades y distribución de weibull mensual

Resultados Programa PERFILES-BAS

Lugar: CHILPANCINGO GRO.

Altura de medición: 10 M.

Coefficiente de rugosidad utilizado: 05

ALTURA M	M A Y O			J U N I O			J U L I O			A G O S T O		
	v m/s	k Adim.	c m/s	v m/s	k Adim.	c m/s	v m/s	k Adim.	c m/s	v m/s	k Dim.	c m/s
10	5.50	1.71	6.17	4.55	1.55	5.06	4.35	1.52	4.83	3.75	1.41	4.12
12	5.70	1.74	6.39	4.73	1.58	5.26	4.52	1.54	5.03	3.91	1.43	4.30
14	5.86	1.76	6.59	4.88	1.60	5.44	4.67	1.57	5.20	4.04	1.45	4.46
16	6.01	1.78	6.75	5.01	1.62	5.59	4.80	1.59	5.35	4.16	1.47	4.60
18	6.14	1.80	6.90	5.13	1.63	5.73	4.91	1.60	5.48	4.27	1.49	4.72
20	6.25	1.82	7.03	5.23	1.65	5.85	5.02	1.62	5.60	4.36	1.50	4.83
22	6.36	1.84	7.15	5.33	1.67	5.96	5.11	1.63	5.71	4.45	1.52	4.93
24	6.45	1.85	7.26	5.41	1.68	6.06	5.19	1.65	5.81	4.53	1.53	5.03
26	6.54	1.87	7.36	5.49	1.69	6.16	5.27	1.66	5.90	4.60	1.54	5.11
28	6.62	1.88	7.45	5.57	1.70	6.24	5.35	1.67	5.98	4.67	1.55	5.19
30	6.69	1.89	7.54	5.64	1.72	6.32	5.41	1.68	6.06	4.74	1.56	5.27
32	6.76	1.90	7.62	5.70	1.73	6.40	5.48	1.69	6.14	4.80	1.57	5.34
34	6.83	1.92	7.70	5.77	1.74	6.47	5.54	1.70	6.21	4.85	1.58	5.40
36	6.89	1.93	7.77	5.82	1.75	6.54	5.60	1.71	6.27	4.91	1.59	5.47
38	6.95	1.94	7.84	5.88	1.76	6.60	5.65	1.72	6.34	4.96	1.60	5.53
40	7.01	1.95	7.90	5.93	1.77	6.66	5.70	1.73	6.40	5.01	1.61	5.58
42	7.06	1.96	7.96	5.98	1.77	6.72	5.75	1.74	6.45	5.05	1.61	5.64
44	7.11	1.97	8.02	6.03	1.78	6.77	5.80	1.75	6.51	5.10	1.62	5.69
46	7.16	1.98	8.07	6.07	1.79	6.83	5.84	1.76	6.56	5.14	1.63	5.74
48	7.20	1.98	8.13	6.12	1.80	6.88	5.89	1.76	6.61	5.18	1.64	5.79

ANEXO 4 (Cont.) 4.3 Perfil vertical de velocidades y distribución de weibull mensual

Resultados Programa PERFILES-BAS

Lugar: CHILPANCINGO GRO.

Altura de medición: 10 M.

Coefficiente de rugosidad utilizado: 05

ALTURA M	M A Y O			J U N I O			J U L I O			A G O S T O		
	v m/s	k Adim.	c m/s	v m/s	k Adim.	c m/s	v m/s	k Adim.	c m/s	v m/s	k Dim.	c m/s
50	7.25	1.99	8.18	6.16	1.81	6.93	5.93	1.77	6.66	5.22	1.64	5.83
52	7.29	2.00	8.23	6.20	1.81	6.97	5.97	1.78	6.70	5.26	1.65	5.88
54	7.33	2.01	8.27	6.24	1.82	7.02	6.00	1.78	6.75	5.29	1.66	5.92
56	7.37	2.02	8.32	6.28	1.83	7.06	6.04	1.79	6.79	5.33	1.66	5.96
58	7.41	2.02	8.36	6.31	1.83	7.10	6.08	1.80	6.83	5.36	1.67	6.00
60	7.45	2.03	8.40	6.35	1.84	7.14	6.11	1.80	6.87	5.39	1.67	6.04

ANEXO 4 (Cont.) 4.3 Perfil vertical de velocidades y distribución de weibull mensual

Resultados Programa PERFILES-BAS.

Lugar: CHILPANCINGO GRO.

Altura de medición: 10 M.

Coefficiente de rugosidad utilizado: 05

ALTURA M	S E P T I E M B R E			O C T U B R E			N O V I E M B R E			D I C I E M B R E		
	v m/s	k Adim.	c m/s	v m/s	k Adim	c m/s	v m/s	k Adim.	c m/s	v m/s	k Dim.	c m/s
10	4.70	1.58	5.23	4.05	1.46	4.47	3.30	1.32	3.58	3.65	1.39	4.00
12	4.88	1.61	5.44	4.22	1.48	4.66	3.45	1.34	3.75	3.81	1.41	4.18
14	5.03	1.63	5.62	4.36	1.50	4.83	3.57	1.36	3.90	3.94	1.43	4.34
16	5.17	1.65	5.78	4.48	1.52	4.97	3.68	1.38	4.03	4.06	1.45	4.47
18	5.29	1.67	5.92	4.59	1.54	5.10	3.78	1.39	4.14	4.16	1.47	4.59
20	5.39	1.68	6.04	4.69	1.55	5.22	3.87	1.41	4.25	4.25	1.48	4.70
22	5.49	1.70	6.15	4.78	1.57	5.32	3.95	1.42	4.34	4.34	1.49	4.80
24	5.58	1.71	6.25	4.86	1.58	5.42	4.03	1.43	4.43	4.42	1.51	4.90
26	5.66	1.73	6.35	4.94	1.59	5.51	4.09	1.44	4.51	4.49	1.52	4.98
28	5.74	1.74	6.44	5.01	1.61	5.59	4.16	1.45	4.59	4.56	1.53	5.06
30	5.81	1.75	6.52	5.08	1.62	5.67	4.22	1.46	4.66	4.62	1.54	5.13
32	5.87	1.76	6.60	5.14	1.63	5.74	4.28	1.47	4.72	4.68	1.55	5.20
34	5.94	1.77	6.67	5.20	1.64	5.81	4.33	1.47	4.79	4.74	1.56	5.27
36	5.99	1.78	6.74	5.25	1.65	5.87	4.38	1.48	4.85	4.79	1.57	5.33
38	6.05	1.79	6.80	5.31	1.65	5.93	4.43	1.49	4.90	4.84	1.58	5.39
40	6.10	1.80	6.86	5.36	1.66	5.99	4.47	1.50	4.96	4.89	1.58	5.45
42	6.15	1.81	6.92	5.40	1.67	6.05	4.52	1.50	5.01	4.93	1.59	5.50
44	6.20	1.82	6.98	5.45	1.68	6.10	4.56	1.51	5.06	4.98	1.60	5.55
46	6.25	1.83	7.03	5.49	1.69	6.15	4.60	1.52	5.10	5.02	1.61	5.60
48	6.29	1.83	7.08	5.53	1.69	6.20	4.64	1.53	5.15	5.06	1.61	5.65

ANEXO 4 (Cont.) 4.3 Perfil vertical de velocidades y distribución de weibull mensual

Resultados Programa PERFILES-BAS

Lugar : CHILPANCINGO GRO.

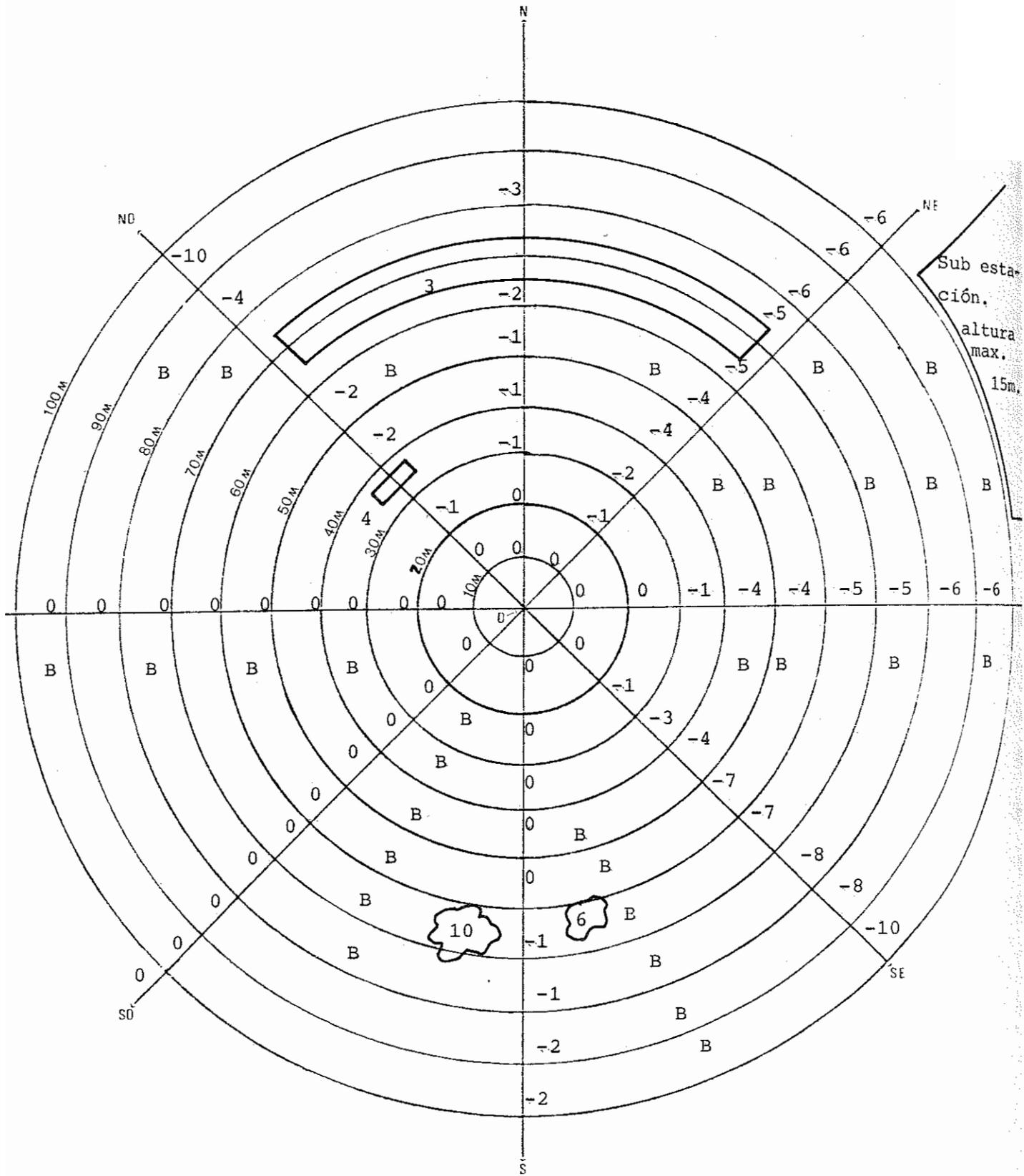
Altura de medición: 10 M.

Coefficiente de rugosidad utilizado: 05

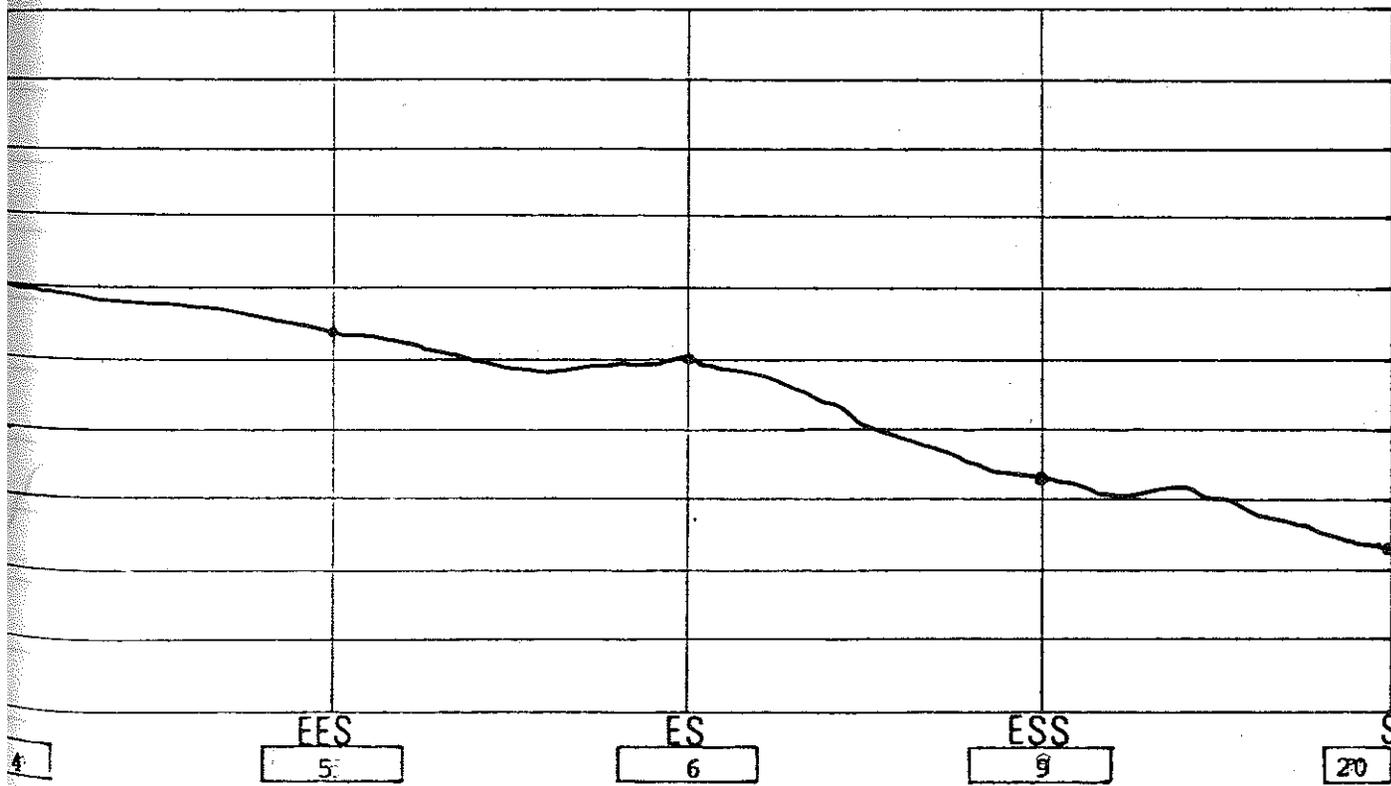
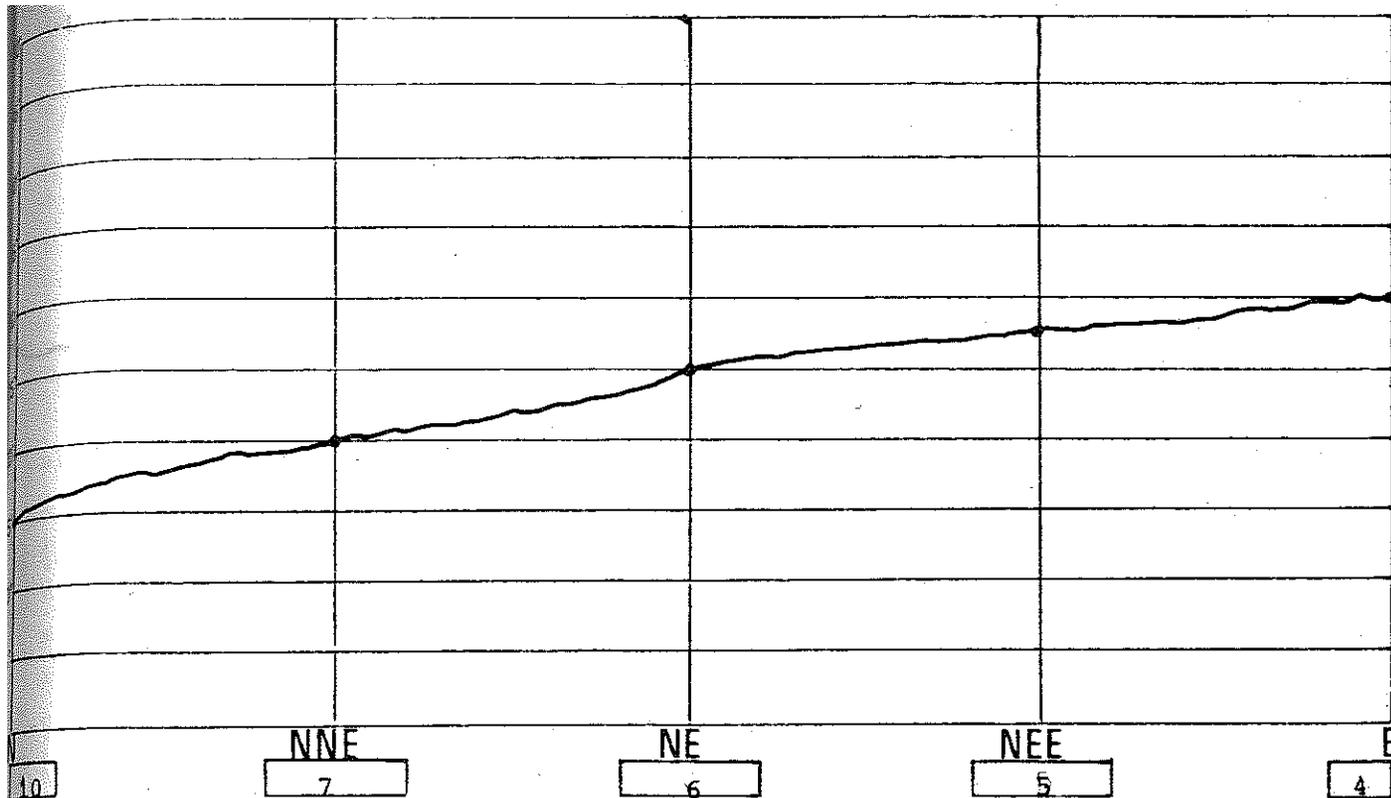
ALTURA M	S E P T I E M B R E			O C T U B R E			N O V I E M B R E			D I C I E M B R E		
	v m/s	k Adim.	c m/s	v m/s	k Adim.	c m/s	v m/s	k Adim.	c m/s	v m/s	k Dim.	c m/s
50	6.33	1.84	7.13	5.57	1.70	6.25	4.68	1.54	5.19	5.10	1.62	5.69
52	6.37	1.85	7.18	5.61	1.71	6.29	4.71	1.54	5.23	5.14	1.63	5.73
54	6.41	1.86	7.22	5.65	1.71	6.33	4.75	1.55	5.28	5.17	1.63	5.78
56	6.45	1.86	7.26	5.69	1.72	6.38	4.78	1.56	5.31	5.21	1.64	5.82
58	6.49	1.87	7.31	5.72	1.73	6.42	4.81	1.56	5.35	5.24	1.64	5.86
60	6.52	1.88	7.35	5.75	1.73	6.46	4.84	1.57	5.39	5.27	1.65	5.89

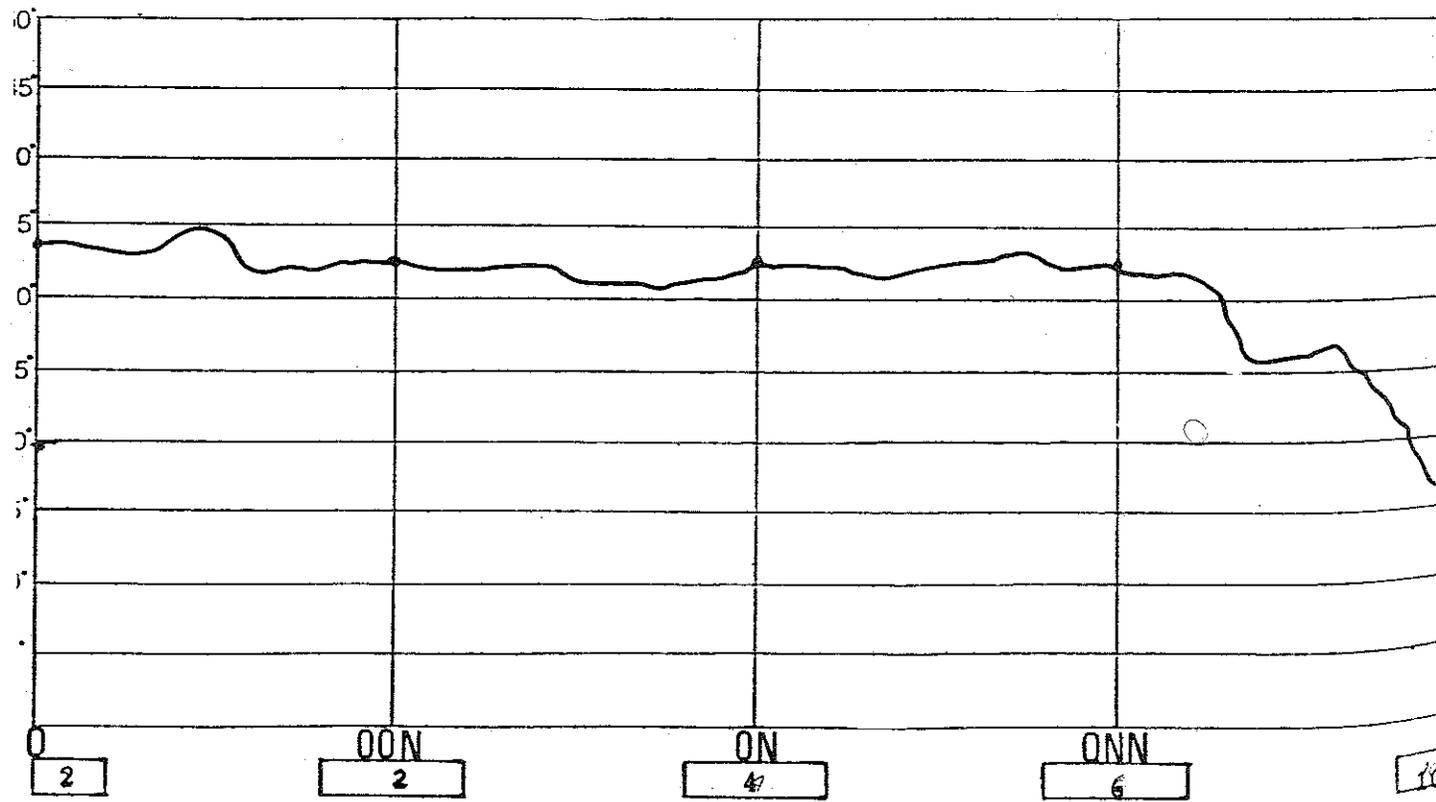
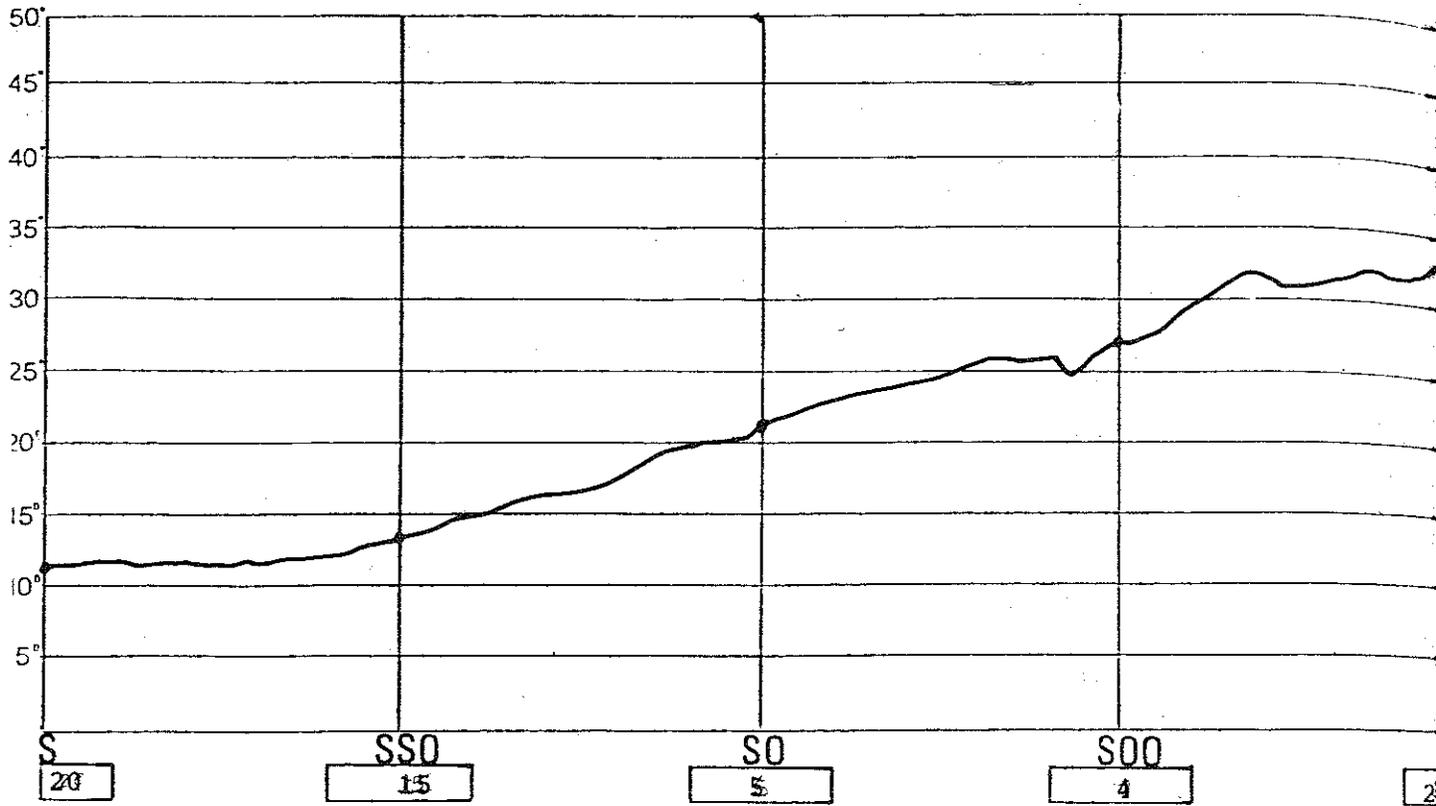
Corroboración del Pronóstico

	Energía Disponible Kw-H/m2		% Error
	Medida	Estimada	
Período			
Febrero	134.098	119.001	11.25
Marzo	135.731	122.977	9.39



PLANO PARA LA LOCALIZACION DE OBSTACULOS O FACTORES
QUE PUEBAN AFECTAR LAS MEDICIONES DE VIENTO.





**ESTUDIO DE CASO
KRUTSIO, B.C.N.
MEXICO**

Junio de 1983
Instituto de Investigaciones Eléctricas
División Fuente de Energía
Departamento de Fuentes No Convencionales

 *
 * REPORTE FORMULADO POR: ING. MARCO ANTONIO R. BORJA DIAZ
 * FECHA DE FORMULACION : JUNIO DE 1983
 * NUMERO CONSECUTIVO : 2 (DOS)
 *

D A T O S G E N E R A L E S

 *
 * NOMBRE DEL LUGAR: KRUTSIO, B.C.N.
 * LOCALIZACION GEOGRAFICA: 28°46'20" 114°20'40"
 * Latitud Longitud
 *
 * ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR: 5 (MTS.)
 * TIPO DE CLIMA: DESERTICO
 * TEMPERATURA MEDIA ANUAL : 20.0° (C)
 * PRESION MEDIA ANUAL : 761.0 (mmHg)
 * HUMEDAD RELATIVA MEDIA ANUAL: 67.0 (%)
 * PRECIPITACION PLUVIAL MEDIA ANUAL: 100.0 (mm)
 * TIPO DE VEGETACION: XEROFITA (SUELO ARCILLOSO Y SALINO)
 *
 * ACCESO: A TRAVES DE LA CARRETERA TRANSPENINSULAR POR UNA
 * DESVIACION A 50KM. DEL POBLADO "ROSARITO".
 *

C A R A C T E R I S T I C A S G E N E R A L E S D E L A M E D I C I O N R E A L I Z A D A

 *
 * FECHA DE INICIO Y FIN DE ADQUISICION DE DATOS :
 * 22-1-82 a 28-1-82
 * NUMERO DE DIAS CON DATOS: 4
 * NUMERO DE DATOS POR DIA : 42
 * HORA DE INICIO DE ADQUISICION DE DATOS: 7:00
 * BASE DE TIEMPO DE TOMA DE DATOS: 15 minutos
 * ALTURA DE MEDICION ANEMOMETRICA: 10 (MTS.)
 *

BORJA DIAZ

114°20'40"

Longitud

(MTS.)

(C)

(mmHg)

(%)

(mm)

Y SALINO)

POR UNA

ALIZADA

ATOS :

7:00

atos

(MTS.)

RESULTADOS BASICOS OBTENIDOS PARA EL PERIODO DE MEDICION

* VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO:	2.96	(M/S)	*
* DESVIACION ESTANDAR (VIENTO)	1.57361	(M/S)	*
* FACTOR DE FORMA CALCULADO	1.98831	(ADIM)	*
* TEMPERATURA MEDIA:	18.2143	(C)	*
* PRESION MEDIA:	759.887	(mmHg)	*
* HUMEDAD RELATIVA MEDIA:		(%)	*
* DENSIDAD DEL AIRE TIPICA:	1.21283	(KG/M3)	*
* ENERGIA EOLICA TOTAL DISPONIBLE:	1216.84	(W-H/M2)	*
* ENERGIA EOLICA PROMEDIO DIARIA :	304.21	(W-H/M2)	*
* ENERGIA SOLAR TOTAL DISPONIBLE :	15366.6	(W-H/M2)	*
* ENERGIA SOLAR PROMEDIO DIARIA :	3841.65	(W-H/M2)	*
* RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE :	0.017	(MTS)	*
* TIPO DE VARIANZA ENCONTRADA:	BAJA		*

P R O N O S T I C O E N E R G E T I C O

* PERIODO + VEL.MED. + K + DENS. + ENERGIA DISPONIBLE					
* + (M/S) + (ADIM)+(KG/M3) + (KW-H/M2)					
* ENERO + + + +					
* FEBRERO + + + +					
* MARZO + + + +					
* INV. + 3.29 + 1.90 + 1.225 + 94.8705					
* ABRIL + + + +					
* MAYO + + + +					
* JUNIO + + + +					
* PRIM. + 5.63 + 2.49 + 1.225 + 337.681					
* JULIO + + + +					
* AGOSTO + + + +					
* SEPTIEM.+ + + +					
* VERANO + 6.12 + 2.59 + 1.225 + 466.776 mínimo					
* OCTUBRE + + + +					
* NOV.. + + + +					
* DIC.. + + + +					
* OTONO + 3.29 + 1.90 + 1.225 + 94.8795 máximo					

DESCRIPCION DE LA MECANICA DEL VIENTO DE SUPERFICIE

* EXISTEN PATRONES DE :	S I	N O
* VELOCIDAD DE VIENTO	XXX	---
* DIRECCION DE VIENTO	XXX	---
* TEMPERATURA	XXX	---
* RADIACION SOLAR	XXX	---
* PRESION	---	XXX
* HUMEDAD RELATIVA	XXX	---

* EXISTE CORRELACION ENTRE:

	TEMP.	PRES.	RAD.SOL	HUM.REL.
* VEL.VIEN.	D	N	N	I
* TEMP.		I	D	I
* PRES.			I	D
* RAD.SOL.				I

* DONDE: D= CORRELACION DIRECTA
 * I= CORRELACION INVERSA
 * N= NO HAY CORRELACION

* DIRECCION DOMINANTE DEL VIENTO ENCONTRADA OESTE

* EL TIPO DE VIENTO EN EL SITIO ES CLASIFICADO COMO:

* LOCAL -----
 * DE ALTURA -----
 * MIXTO XXX

* SI ES LOCAL ESTE SE CLASIFICA COMO:

* TIPO VALLE-MONTAÑA	---
* BRISA MARINA	XXX
* OROGRAFICO	---
* OTROS	ALTURA

* LOS RESULTADOS FUEDEN SER REPRESENTATIVOS DE UNA
 * REGION QUE COMPRENDE : LA COSTA OESTE DE LA PENINSULA DE BAJA
 * CALIFORNIA POR LO MENOS 100 KM. HACIA EL NORTE Y HACIA EL SUR.

ESTACION MOVIL DE CLIMATOLOGIA EOLICA

EVALUACION Y CARACTERIZACION PRELIMINAR
DEL POTENCIAL ENERGETICO EOLICO

Relación de Anexos de Información Complementaria

Lugar: KRUTSIO B.C.N.

Período de Medición: 25 a 28-enero-82

Formuló: Ing. Marco Antonio R. Borja Diaz

Contenido

Elaborado

- | | |
|---|-------------------------------------|
| 1. Resumen de datos básicos colectados | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 2. Resumen de Encuesta | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 3. Información metereológica adicional | |
| 3.1 Información complementaria sobre el viento | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 3.2 Información complementaria sobre temperatura y presión | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 3.3 Gráficos de variable climatológicas medidas | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 3.4 Análisis de correlación de parámetros metereológicos medidas | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4. Evaluación y caracterización energética | |
| 4.1 Tabla de pronóstico energético | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4.2 Rugosidad superficial | <input type="checkbox"/> |
| 4.3 Perfil vertical de velocidades y distribución de weibull estacional | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4.4 Pronóstico energético a diferentes alturas | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 5. <u>Conclusiones y Recomendaciones</u> | |

RESUMEN DE DATOS COLECTADOS

```
*****
***** RESULTADOS DEL PROGRAMA EVALUABAS *****
*****
+++++
* LUGAR DONDE SE RECOPIARON LOS DATOS :
*
* KRUTSIO B.C.N.
*
* PERIODO DE MEDICION :
* 25-I-82 28-I-82
*
* NUMERO DE DIAS CON DATOS: 4
* NUMERO DE DATOS POR DIA : 42
*
* VELOCIDAD MEDIA DEL PERIODO :
* 2.96309 (MTS./SEG.)
*
* DESVIACION ESTANDAR DEL PERIODO (VIENTO)
* 1.57361 (MTS./SEG.)
*
* FACTOR DE FORMA K PARA LA DISTRIBUCION DE WEIBULL:
* 1.98831 (ADIM.)
*
* ENERGIA DEL VIENTO TOTAL DISPONIBLE DEL PERIODO :
* 1216.84 (W-H/M2)
*
* ENERGIA DEL VIENTO TOTAL PROMEDIO DIARIA :
* 304.21 (W-H/M2)
*
* TEMPERATURA MEDIA DEL PERIODO :
* 18.2143 (C)
*
* PRESION MEDIA DEL PERIODO :
* 759.887 (mmHg)
*
* DENSIDAD DEL AIRE TIPICA DEL PERIODO :
* 1.21283 (Kg/M3)
*
* ENERGIA SOLAR TOTAL DEL PERIODO :
* 15366.6 (W-H/M2)
*
* ENERGIA SOLAR PROMEDIO DIARIA :
* 3841.65 (W-H/M2)
*****
```

ANEXO 2

RESUMEN DE LA ENCUESTA

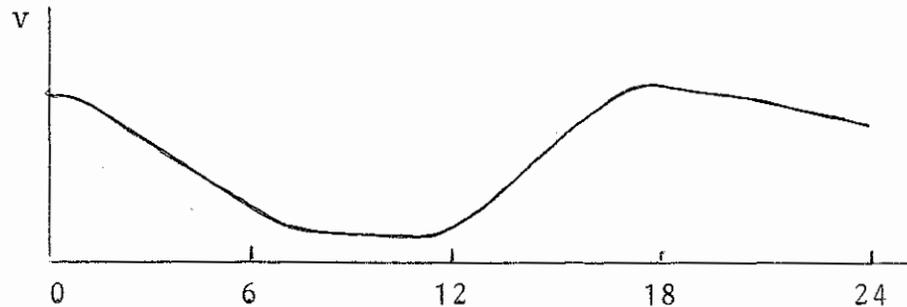
Lugar: KRUTSIO B.C.N.

Número de encuestas realizadas: 3

Se detecta la existencia de un patrón de distribución diario

Si No

Tipo de patrón diario detectado



Dirección dominante del viento: Oeste

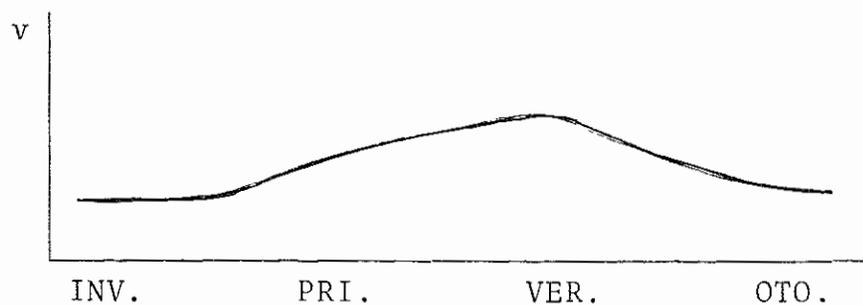
Intensidad según la escala de Beaufort que se considera alcanzan los vientos fuertes 25 m/s

Horas al día de viento 18

Se detectó estacionalidad referida a la magnitud del viento

Si No

Tipo de patrón estacional detectado



ANEXO 2 (Cont.)

Cual es la dirección dominante del viento en:

Primavera Oeste

Verano Oeste

Otoño Oeste

Invierno Oeste

Existen otros lugares cercanos donde existan vientos fuertes

Si No

Descripción de los mismos

LA COSTA OESTE DE LA PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA

3. INFORMACION METEOROLOGICA ADICIONAL

3.1 Información complementaria sobre el viento de superficie

3.1.1 Fuente de datos adicionales

"Evaluación Preliminar del Potencial Energético Eólico, en Krutsio, Baja California Norte, según mediciones en escala de Beaufort".

Autores: Ing. Enrique Caldera Muñoz
Ing. Ricardo Saldaña Flores

Informe anual 1980 del proyecto: "Aprovechamiento de la Energía Eólica".

Anexo # 3

Instituto de Investigaciones Eléctricas
División Fuentes de Energía
Departamento Fuentes No-Convencionales de Energía

3.1.2 Datos Adquiridos

Período	Velocidad Media del Viento
20-I-80 a 21-II-80	3.29 m/s
I-IV-80 a 30-IV-80	5.14 m/s
I -V-80 a 31- V-80	6.12 m/s

Además de dichos datos, se obtuvieron otros de observatorios meteorológicos localizados en la península, tales como, la Isla de Guadalupe B.C.N., La Paz, B.C.S., Puerto Cortés, B.C.S. y Ensenada B.C.N.; San Pedro Martir, B.C.N. Aunque dichos observatorios están localizados a distancias muy grandes del punto en estudio, se observó que todos ellos coinciden en un incremento en la velocidad media del viento en las estaciones primavera y verano, siendo este incremento aproximadamente en un 40% de la velocidad media del viento en invierno. Lo cual puede notarse que es corroborado por la encuesta y las mediciones en la escala de Beaufort.

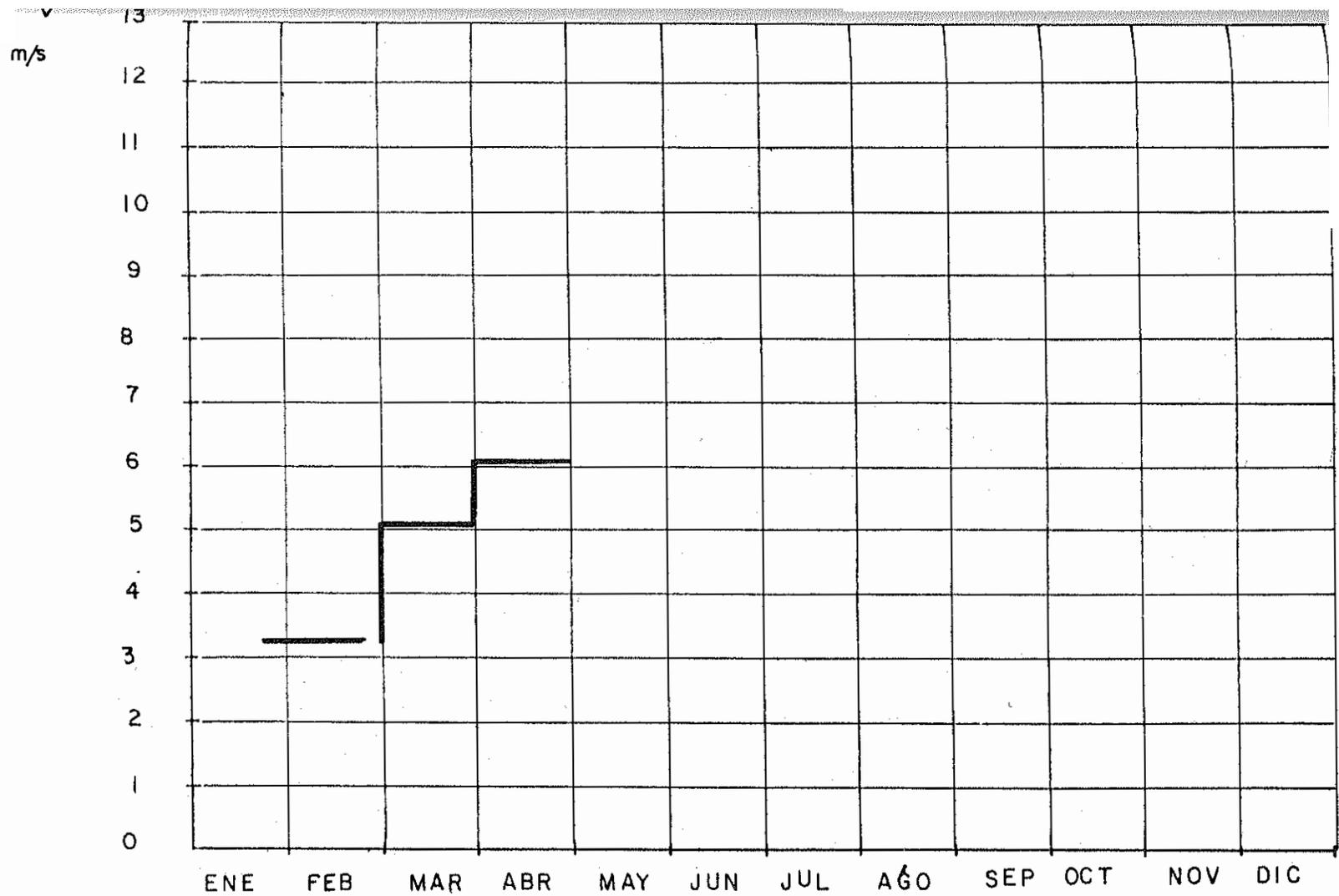
ANEXO 3 (Cont.)

- 3.1.3 Descripción del análisis cuantitativo realizado y enumeración de las decisiones tomadas para la determinación del valor de las velocidades medias a utilizar en el pronóstico energético a largo plazo.

De acuerdo a lo expresado en el acápite 3.1.2, como primera aproximación para el pronóstico energético se toma el valor de la velocidad media del viento (medida según escala de Beaufort), para el período enero-febrero como la representativa del período invernal; y el valor media de los meses abril y mayo para el período de primavera. Ya que el período de verano es, según la encuesta en el que se presentan los vientos más intensos, se toma el valor de la velocidad media del mes de mayo, entendiéndose que el valor de energía disponible estimado a partir de dicha velocidad será el mínimo esperado; finalmente ya que el período de otoño es el menos ventoso, se utiliza la misma velocidad del período invernal entendiéndose que la energía disponible estimada a partir de dicha velocidad, será la máxima esperada.

- 3.1.4 Listado de los valores a utilizar en el pronóstico energético a largo plazo.

Período	Velocidad Media del Viento(m/s)
Invierno	3.29
Primavera	5.63
Verano	6.12
Otoño	3.29



GRAFICA PARA DATOS COMPLEMENTARIOS DE \bar{V}

ANEXO 3 (Cont.)

3.2 Información complementaria de temperatura, y presión

3.2.1 Fuente de información:

"Atlas del Agua"

Publicado por la Secretaría de Recursos
Hidráulicos(1976)

3.2.2 Datos adquiridos:

Presión Atmosférica

Ajustada al nivel del Mar (1941-1970)

Media Anual	-----	762 mmHg
Enero	-----	763 mmHg
Abril	-----	762 mmHg
Julio	-----	760 mmHg
Octubre	-----	760 mmHg

Temperatura (1941-1970)

Media Anual	-----	20°C
Enero	-----	15°C
Abril	-----	18°C
Julio	-----	24°C
Octubre	-----	20°C

En este caso, por tratarse de una costa, cuya temperatura media anual es de 20°C y de acuerdo a los datos complementarios obtenidos, resulta obvio que el valor a utilizar para la densidad del aire con la estimación de la energía disponible, sea tomado como el valor estandar o sea 1.225 kg/m³., para cualquier período deseado.

ANEXO 3 (Cont.)

3.3 Gráficos de Variables Climatológicas Medidas

Lugar: Krutsio B.C.N.

Fechas de inicio y fin de toma de datos:

25-enero-82 al 28-enero-82

Número de días con datos: 4

Número de datos por día: 42

Obtenido del Programa PATRONES-BAS

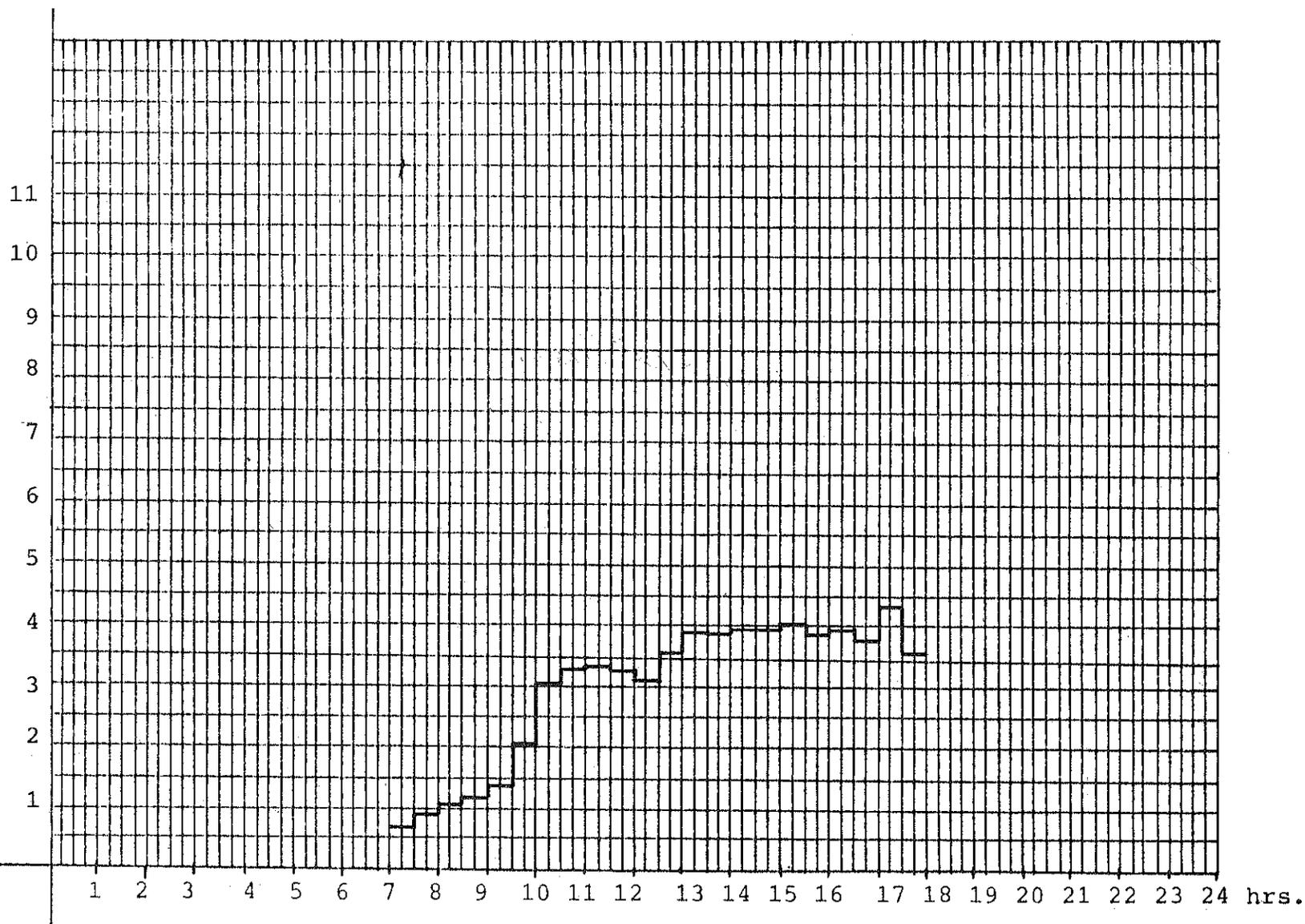
presión

762 mmHg
763 mmHg
762 mmHg
760 mmHg
760 mmHg

20°C
15°C
10°C
5°C
0°C

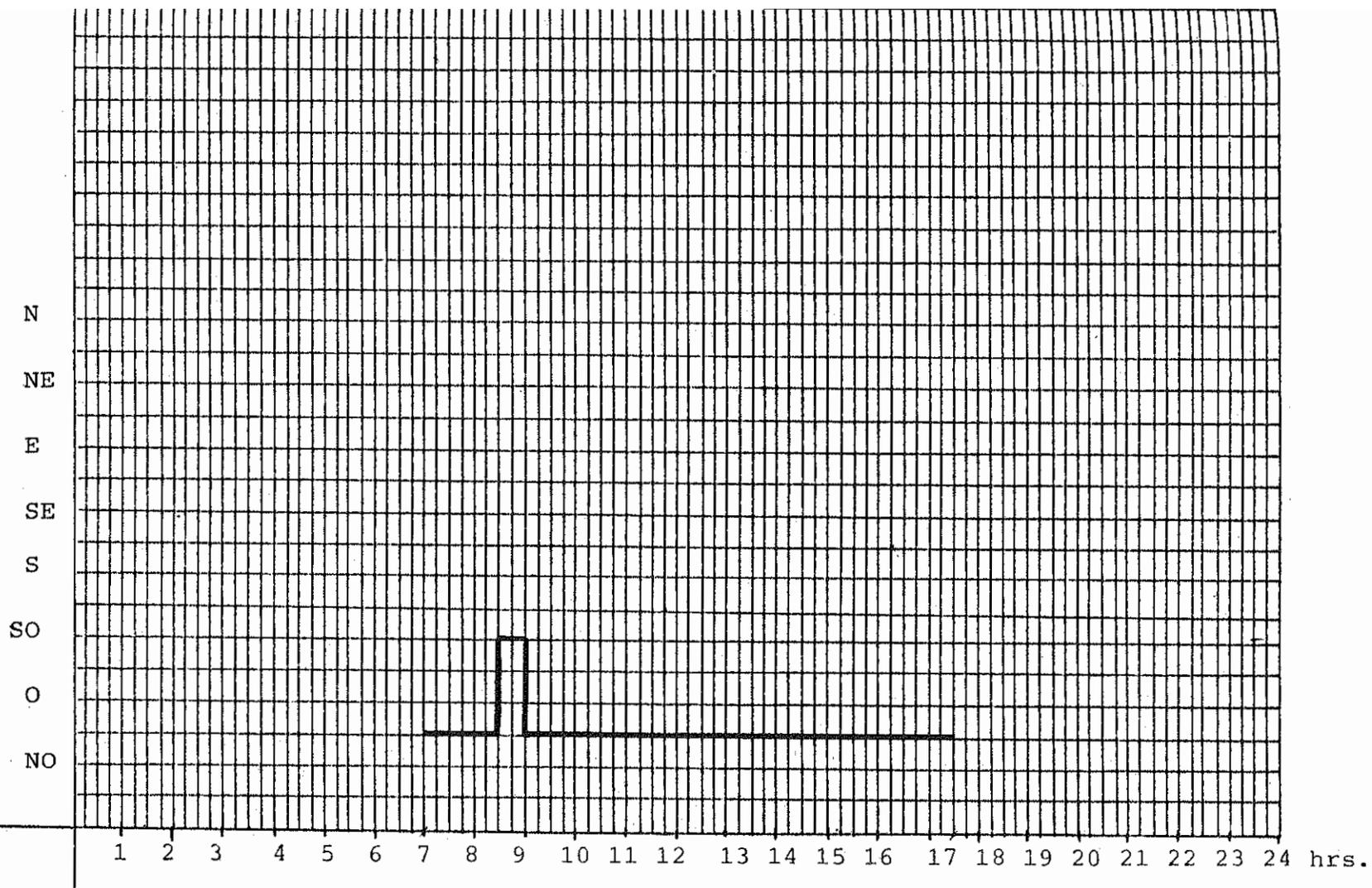
... cuya tempe-
... rdo a los da-
... obvio que el
... aire con la
... ra tomado como
... para cualquier

m/s



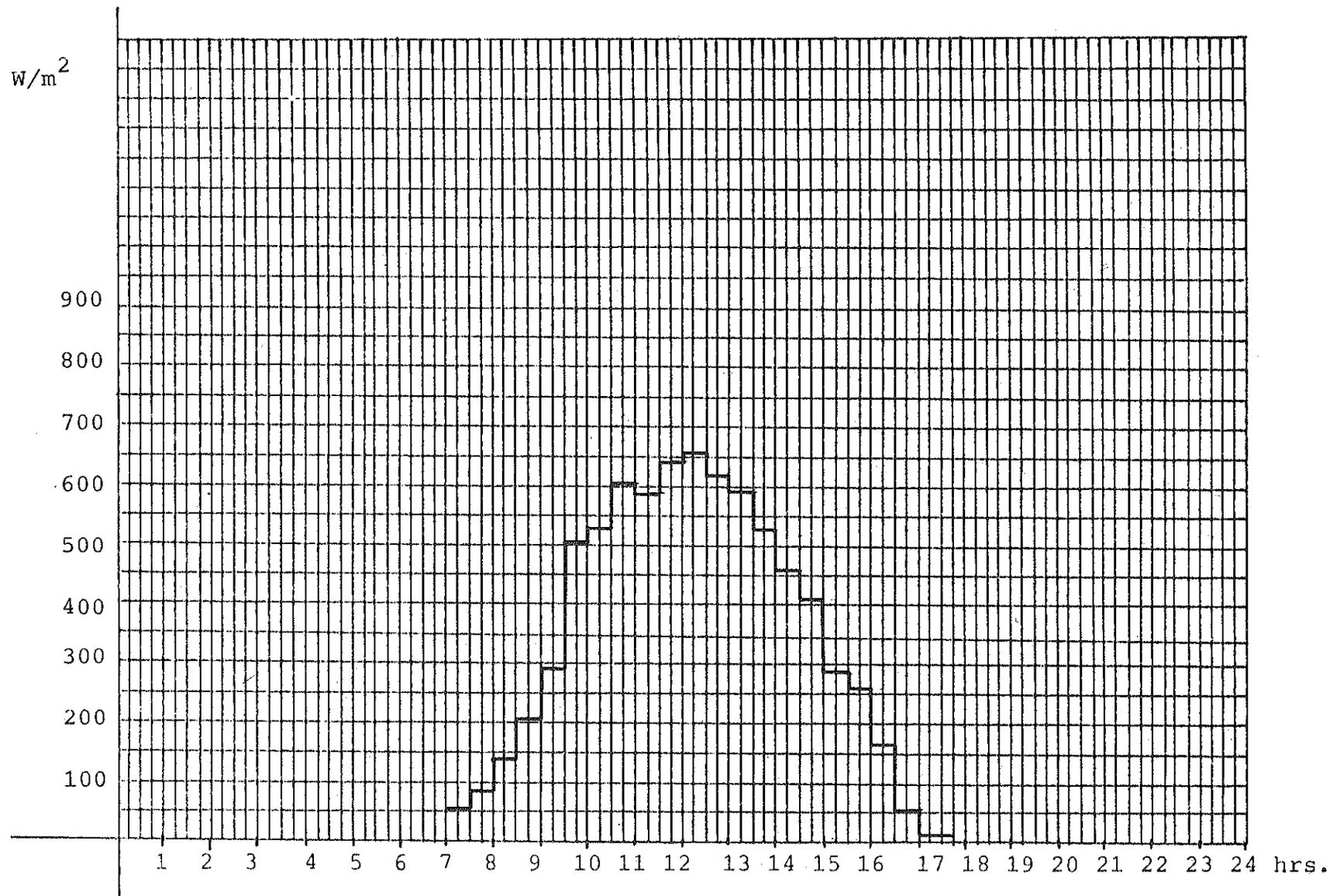
PATRON DE DISTRIBUCION DIARIO ENCONTRADO PARA VELOCIDAD DEL VIENTO

KRUTSIO B.C.N. 25 a 28 enero - 82

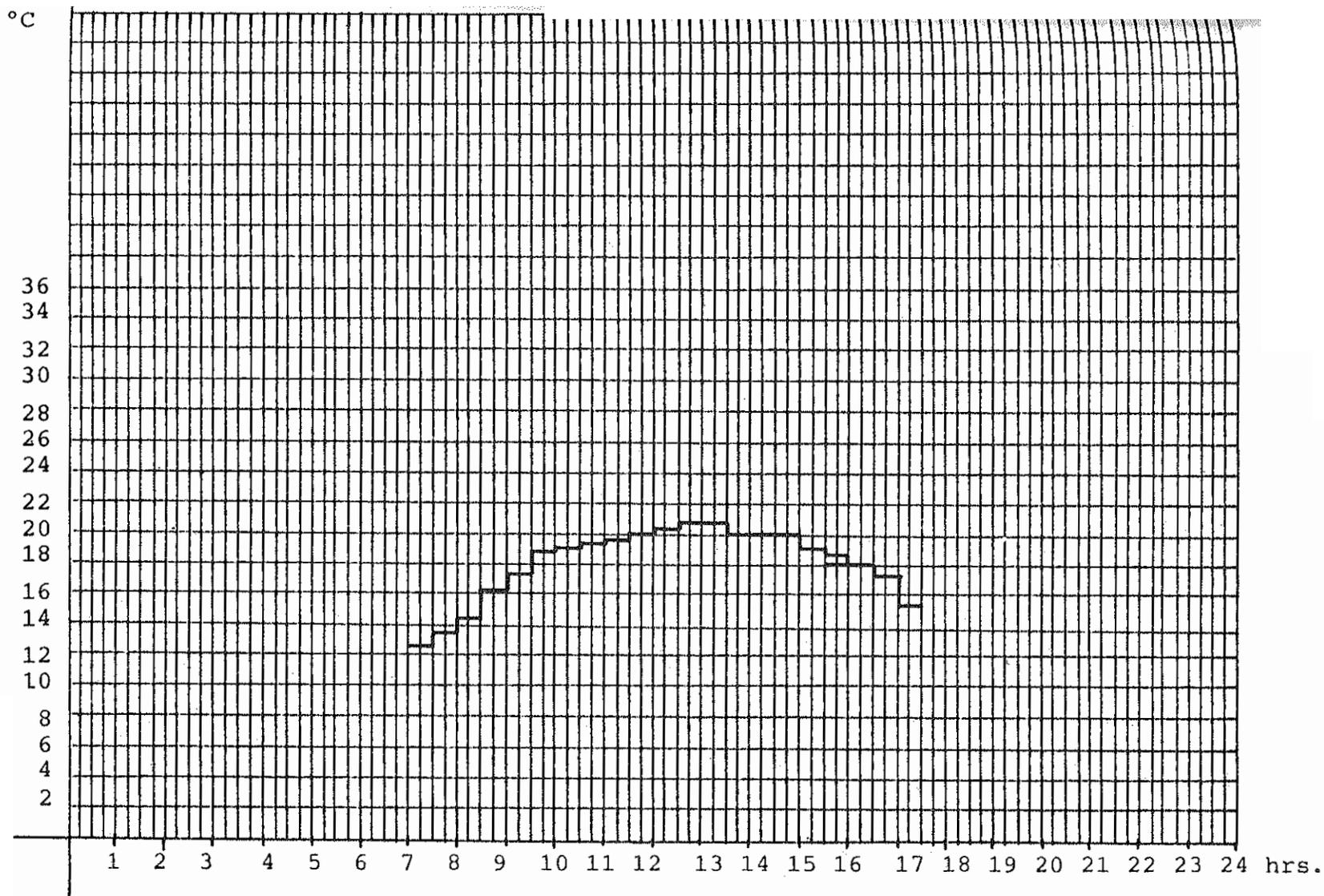


PATRON DE DISTRIBUCION DIARIO ENCONTRADO PARA DIRECCION DEL VIENTO.

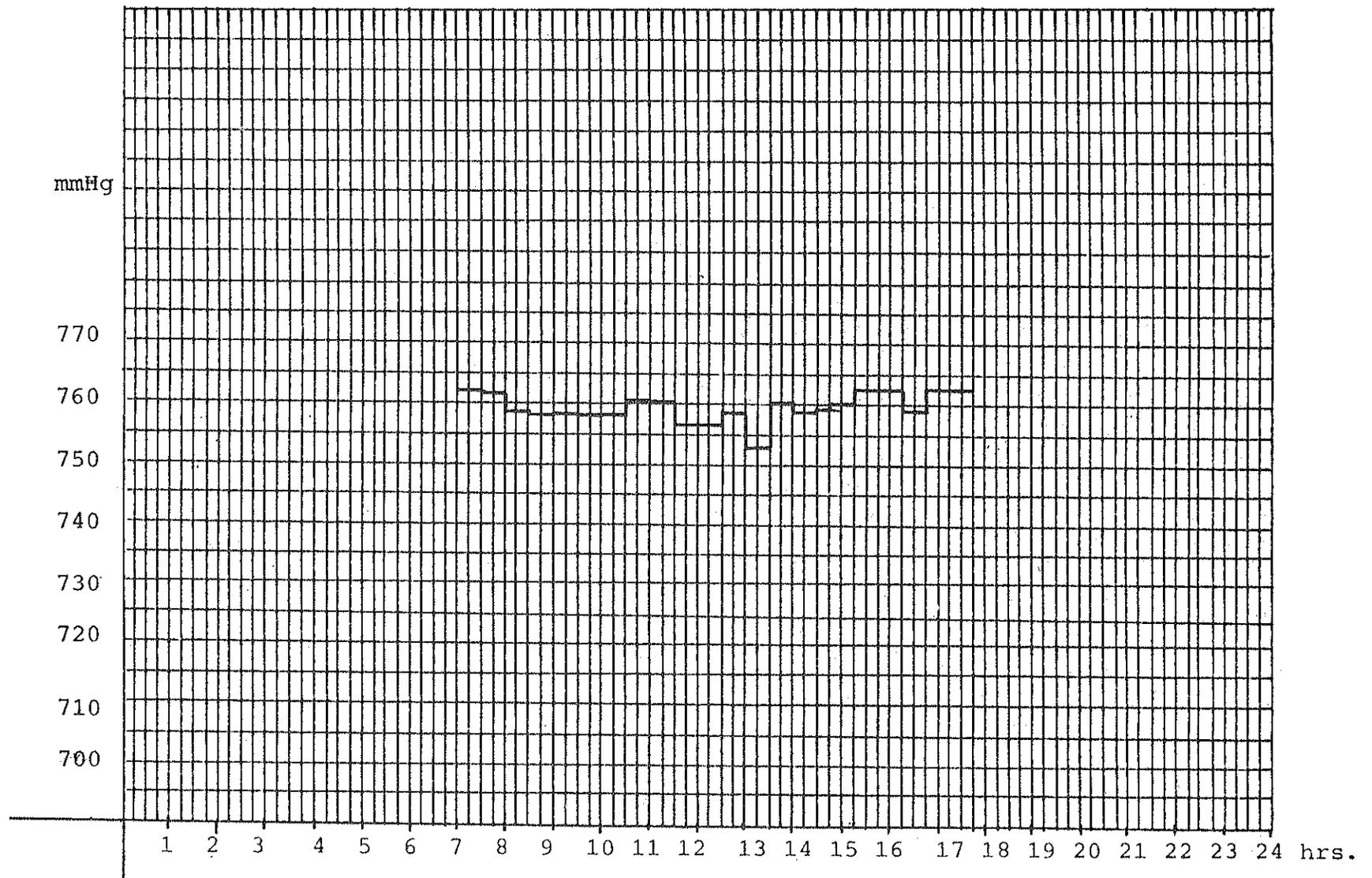
KRUTSIO B.C.N. 25 a 28 enero-82



PATRON DE DISTRIBUCION DIARIO ENCONTRADO PARA RADIACION SOLAR GLOBAL
 KRUTSIO B.C.N. 25 a 28 enero - 82

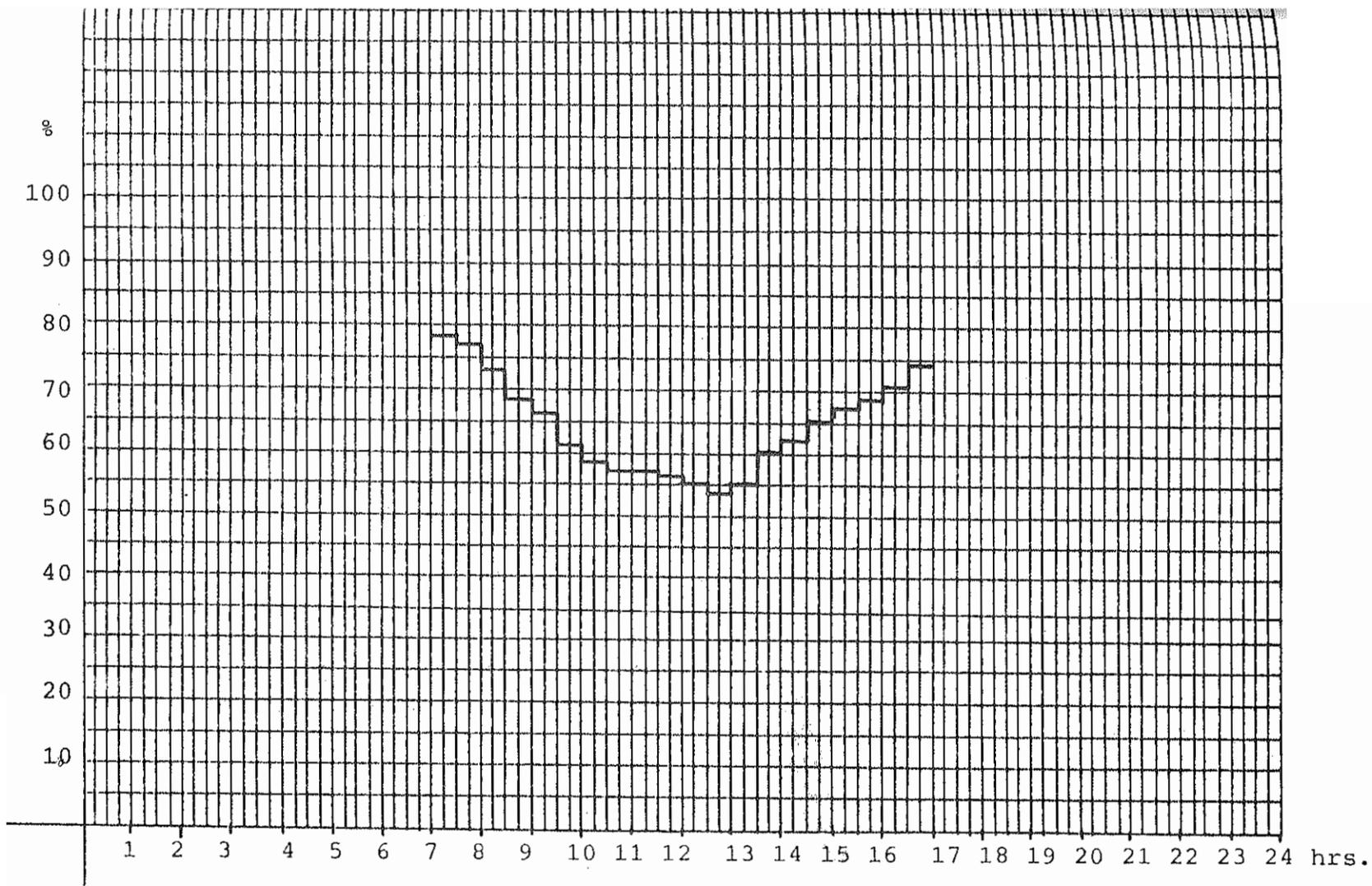


PATRON DE DISTRIBUCION DIARIO ENCONTRADO PARA TEMPERATURA
 KRUTSIO B.C.N. 25 a 28 enero - 82



PATRON DE DISTRIBUCION DIARIO ENCONTRADO PARA PRESION

KRUTSIO B.C.N. 25 a 28 enero - 82



PATRON DE DISTRIBUCION DIARIO ENCONTRADO PARA HUMEDAD RELATIVA.

KRUTSIO B.C.N. 25 a 28 enero - 82

ANEXO 3 (Cont.)

3.4 Análisis de Correlación de Parámetros Meteorológicos Medidos.

LUGAR : KRUTSIO B.C.N.

FECHA DE INICIO Y FIN DE APLICACION: 25-I-82 28-I-82

NUMERO DE DIAS CON DATOS: 4

NUMERO DE DATOS POR DIA : 42

HORA DE INICIO Y FIN DE TOMA DE DATOS:

VALORES MEDIOS DIARIOS
DESVIACION ESTANDAR DIARIA

	DIA	TEMP. (°C)	PRES. (mb)	HUM.R. (%)	R.SOL. (W/m ²)	VIENTO (m/s)
VALOR MEDIO	1	21.29	748.71	47.14	468.39	1.93
DESVIACION EST.	1	3.38	9.10	10.41	244.18	1.04
VALOR MEDIO	2	18.08	761.45	72.81	407.89	2.77
DESVIACION EST.	2	2.71	5.41	11.52	280.88	1.61
VALOR MEDIO	3	17.95	764.05	68.10	439.78	2.87
DESVIACION EST.	3	2.70	1.21	9.86	295.05	1.43
VALOR MEDIO	4	15.62	765.33	68.21	147.44	4.29
DESVIACION EST.	4	1.78	0.66	5.82	104.01	1.21

RESULTADOS PARA EL PERIODO TOTAL DE MEDICION

	TEMP.	PRES.	HUM.R.	R.SOL.	VIENTO
VALOR MEDIO	18.21	759.89	64.07	365.87	2.86
DES. ESTANDAR	3.36	8.48	13.82	272.94	1.58

ANEXO 3 (Cont.)

COEFICIENTES DE CORRELACION (C.C.)
 COEFICIENTES MINIMOS DE CORRELACION (C.C.M.)
 DIA: 1

		TEMPERATURA	PRESION	HUMEDAD	RAD. SOLAR
VIENTO	C.C.	0.62	-0.09	-0.00	0.17
	C.C.M.	0.19	0.30	0.30	0.29
TEMPERATURA	C.C.		-0.45	-0.42	0.72
	C.C.M.		0.24	0.25	0.15
PRESION	C.C.			0.38	-0.52
	C.C.M.			0.26	0.22
HUMEDAD	C.C.				-0.55
					0.21

COEFICIENTES DE CORRELACION (C.C.)
 COEFICIENTES MINIMOS DE CORRELACION (C.C.M.)
 DIA: 2

		TEMPERATURA	PRESION	HUMEDAD	RAD. SOLAR
VIENTO	C.C.	0.34	0.13	-0.35	-0.01
	C.C.M.	0.27	0.29	0.26	0.30
TEMPERATURA	C.C.		-0.23	-0.98	0.80
	C.C.M.		0.28	0.01	0.11
PRESION	C.C.			0.28	-0.52
	C.C.M.			0.28	0.22
HUMEDAD	C.C.				-0.80
	C.C.M.				0.11

COEFICIENTES DE CORRELACION (C.C.)
 COEFICIENTES MINIMOS DE CORRELACION (C.C.M.)
 DIA: 3

		TEMPERATURA	PRESION	HUMEDAD	RAD. SOLAR
VIENTO	C.C.	0.82	-0.80	-0.66	0.25
	C.C.M.	0.10	0.11	0.17	0.28
TEMPERATURA	C.C.		-0.61	-0.93	0.84
	C.C.M.		0.19	0.04	0.09
PRESION	C.C.			0.57	-0.44
	C.C.M.			0.20	0.24
HUMEDAD	C.C.				-0.96
	C.C.M.				0.02

COEFICIENTES DE CORRELACION (C.C.)
 COEFICIENTES MINIMOS DE CORRELACION (C.C.M.)
 DIA: 4

		TEMPERATURA	PRESION	HUMEDAD	RAD. SOLAR
VIENTO	C.C.	0.57	0.19	-0.60	0.11
	C.C.M.	0.20	0.29	0.19	0.30
TEMPERATURA	C.C.		0.10	-0.97	0.80
	C.C.M.		0.30	0.02	0.11
PRESION	C.C.			-0.04	-0.05
	C.C.M.			0.30	0.30
HUMEDAD	C.C.				-0.82
	C.C.M.				0.10

ANEXO 3 (Cont.)

COEFICIENTES DE CORRELACION Y MINIMOS ESPERADOS
PARA VARIABLES IGUALES ENTRE DIAS DIFERENTES

DIA: 1 CON DIA: 2

	COEFICIENTE DE CORRELACION	MINIMO ESPERADO
TEMPERATURA	.640122	.184294
PRESION	.644753E-01	.310935
HUMEDAD	-.17956	.302166
RAD. SOLAR	.914582	.510625E-01
VIENTO	.390064	.264727

COEFICIENTES DE CORRELACION Y MINIMOS ESPERADOS
PARA VARIABLES IGUALES ENTRE DIAS DIFERENTES

DIA: 2 CON DIA: 3

	COEFICIENTE DE CORRELACION	MINIMO ESPERADO
TEMPERATURA	.876399	.724145E-01
PRESION	.497081E-01	.311461
HUMEDAD	.881882	.694045E-01
RAD. SOLAR	.965524	.211582E-01
VIENTO	.820523	.10202

COEFICIENTES DE CORRELACION Y MINIMOS ESPERADOS
PARA VARIABLES IGUALES ENTRE DIAS DIFERENTES

DIA: 2 CON DIA: 4

	COEFICIENTE DE CORRELACION	MINIMO ESPERADO
TEMPERATURA	.839961	.091942
PRESION	.247121	.293165
HUMEDAD	.935475	.389938E-01
RAD. SOLAR	.83961	.921259E-01
VIENTO	.914809	.050933

ANEXO 4

4. EVALUACION Y CARACTERIZACION ENERGETICA

4.1 TABLA DE PRONOSTICO ENERGETICO

Lugar: Krutsio B.C.N.

Formuló: Ing. Marco A.R. Borja D. Fecha: 25 a 28-enero-82

PERIODOS	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO
Horas del período	2160	2160	2160	2160
Factor de forma k	1.9	2.49	2.59	1.9
\bar{V}	3.29	5.63	6.12	3.29
Factor de escala calculado (c')	3.70729	6.34695	6.89226	3.70729
Densidad de aire (Kg/m ³)	1.225	1.225	1.225	1.225
Energía total calculada kWh/m ²)	94.8705	373.681	466.776	94.8705

ANEXO 4 (Cont.)

4.2 Rugosidad Superficial

En ésta medición, no se utilizó el método que aquí se recomienda para el cálculo de la rugosidad de la superficie, para ello, se utilizó la tabla presentada en el Manual de Meteorología que relaciona un valor de rugosidad con el tipo de terreno. El valor que fué encontrado al respecto, corresponde a 0.017 mts. para una superficie de "Estepa".

ANEXO 4 (Cont.) 4.3 Perfil vertical de velocidades y distribución de weibull estacional

RESULTADOS PROGRAMA PERFILES-BAS

LUGAR KRUTSIO B.C.N.

ALTURA DE MEDICION 10 M.

COEFICIENTE DE RUGOSIDAD UTILIZADO 0.17

P E R I O D O

ALTURA M	PRIMAVERA			VERANO			OTOÑO			INVIERNO		
	V m/s	k Adim.	c m/s	V m/s	k Adim.	c m/s	V m/s	k Adim.	c m/s	V m/s	k Adim.	c m/s
10	5.63	2.49	6.35	6.12	2.59	6.89	3.29	1.90	3.71	3.29	1.90	3.71
12	5.80	2.53	6.53	6.29	2.63	7.08	3.42	1.93	3.85	3.42	1.93	3.85
14	5.94	2.57	6.69	6.44	2.67	7.24	3.53	1.96	3.98	3.53	1.96	3.98
16	6.06	2.60	6.82	6.57	2.70	7.38	3.62	1.98	4.09	3.62	1.98	4.09
18	6.17	2.63	6.94	6.68	2.73	7.51	3.71	2.00	4.18	3.71	2.00	4.18
20	6.27	2.65	7.05	6.78	2.76	7.62	3.78	2.02	4.27	3.78	2.02	4.27
22	6.35	2.68	7.15	6.87	2.78	7.71	3.85	2.04	4.35	3.85	2.04	4.35
24	6.43	2.70	7.24	6.95	2.81	7.80	3.92	2.06	4.42	3.92	2.06	4.42
26	6.51	2.72	7.32	7.02	2.83	7.89	3.98	2.07	4.49	3.98	2.07	4.49
28	6.57	2.74	7.39	7.09	2.85	7.96	4.03	2.09	4.55	4.03	2.09	4.55
30	6.64	2.76	7.46	7.16	2.87	8.03	4.09	2.10	4.61	4.09	2.10	4.61
32	6.70	2.77	7.53	7.22	2.89	8.10	4.14	2.12	4.67	4.14	2.12	4.67
34	6.75	2.79	7.59	7.28	2.90	8.16	4.18	2.13	4.72	4.18	2.13	4.72
36	6.81	2.81	7.64	7.33	2.92	8.22	4.23	2.14	4.77	4.23	2.14	4.77
38	6.86	2.82	7.70	7.38	2.93	8.27	4.27	2.15	4.82	4.27	2.15	4.82
40	6.90	2.84	7.75	7.43	2.95	8.33	4.31	2.16	4.86	4.31	2.16	4.86
42	6.95	2.85	7.80	7.47	2.96	8.38	4.35	2.17	4.91	4.35	2.17	4.91
44	6.99	2.86	7.85	7.52	2.98	8.42	4.38	2.18	4.95	4.38	2.18	4.95
46	7.03	2.88	7.89	7.56	2.99	8.47	4.42	2.19	4.99	4.42	2.19	4.99
48	7.07	2.89	7.93	7.60	3.00	8.51	4.45	2.20	5.02	4.45	2.20	5.02
50	7.11	2.90	7.97	7.64	3.02	8.55	4.48	2.21	5.06	4.48	2.21	5.06

4.3

ANEXO 4 (Cont.)

RESULTADOS PROGRAMA PERFILES-BAS

LUGAR KRUTSIO B.C.N.

ALTURA DE MEDICION 10 M.

COEFICIENTE DE RUGOSIDAD UTILIZADO 0.17

P E R I O D O

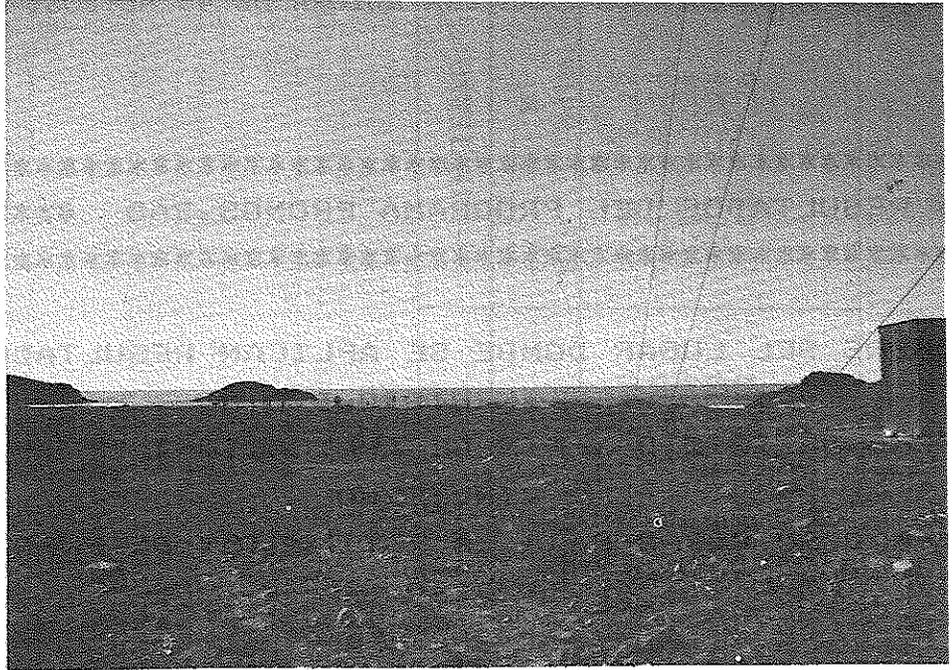
ALTURA M	PRIMAVERA			VERANO			OTOÑO			INVIERNO		
	V m/s	k Adim.	c m/s	V m/s	k Adim.	c m/s	V m/s	k Adim.	c m/s	V m/s	k Adim.	c m/s
52	7.14	2.91	8.01	7.67	3.03	8.59	4.51	2.22	5.10	4.51	2.22	5.10
54	7.18	2.92	8.05	7.71	3.04	8.63	4.54	2.23	5.13	4.54	2.23	5.13
56	7.21	2.93	8.09	7.74	3.05	8.65	4.57	2.24	5.16	4.57	2.24	5.16
58	7.24	2.95	8.12	7.77	3.06	8.70	4.60	2.25	5.19	4.60	2.25	5.19
60	7.28	2.96	8.15	7.81	3.07	8.73	4.63	2.26	5.22	4.63	2.26	5.22

ANEXO 4

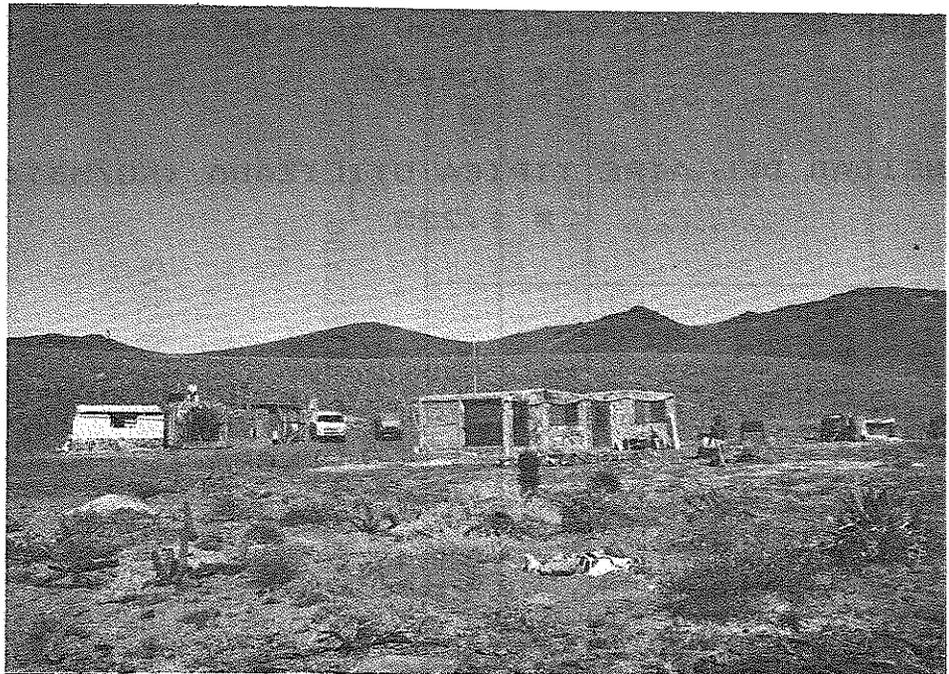
4.4 Pronóstico energético a diferentes alturas

ESTIMACION REALIZADA PARA UNA ALTURA DE 45 METROS.

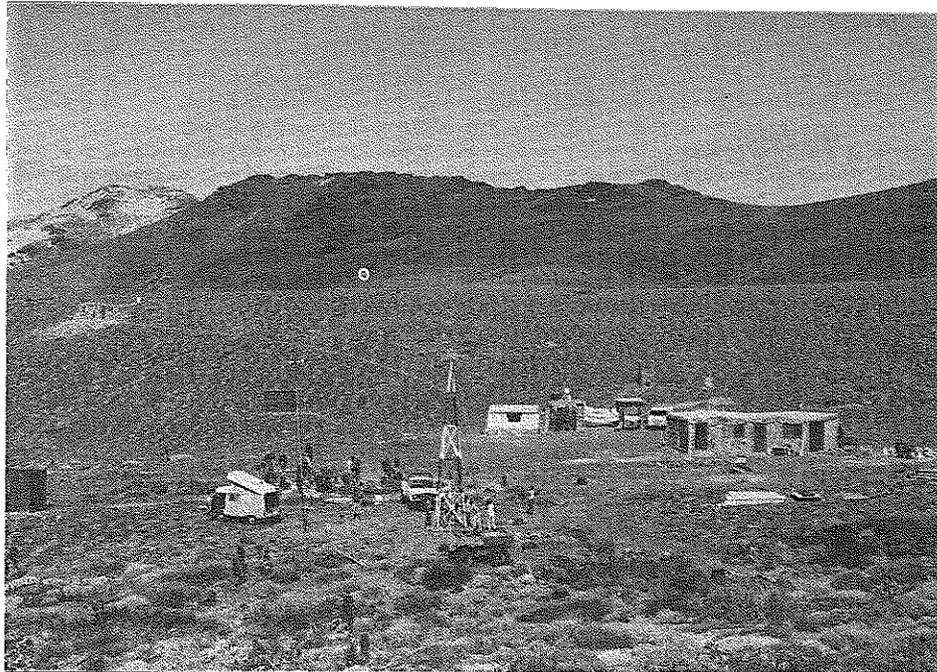
```
*****
*** RESULTADOS DEL PROGRAMA PRONOS.BAS ***
*****
*
* NOMBRE DEL LUGAR DONDE SE APLICAN RESULTADOS: *
*
*          *KRUTSID.B.C.N.
*
* FECHA DE INICIO Y FIN DE APLICACION:      *
*
*          *INVIERNO
*
* TIEMPO EN HORAS PARA LA ESTIMACION DE ENERGIA: *
*
*          * 2160
*
*
* FACTOR DE FORMA UTILIZADO (K), (ADIMENSIONAL): *
*
*          * 2.99
*
* VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO UTILIZADA (M/SEG.): *
*
*          * 7.54
*
*
* FACTOR DE ESCALA CALCULADO (C), (MTS./SEG.): *
*
*          * 8.4467
*
*
* DENSIDAD DEL AIRE TIPICA UTILIZADA (KG/M3): *
*
*          * 1.225
*
*
*
*
* ENERGIA TOTAL DISPONIBLE CALCULADA (KW-H/M2): *
*
*          * 798.407
*
*
*
*****
```



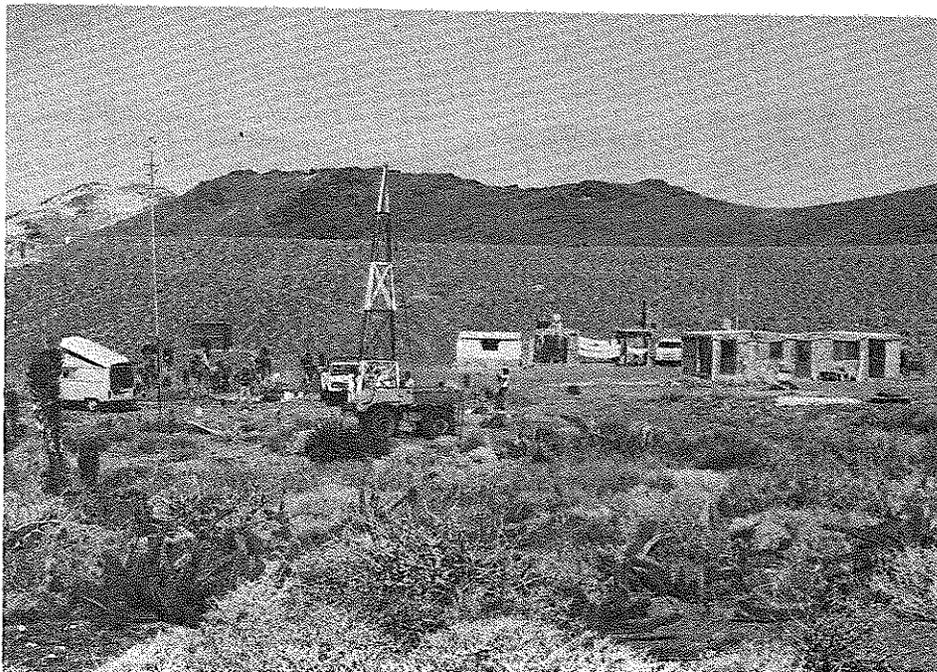
KRUTSIO B.C.N.



KRUTSIO B.C.N.



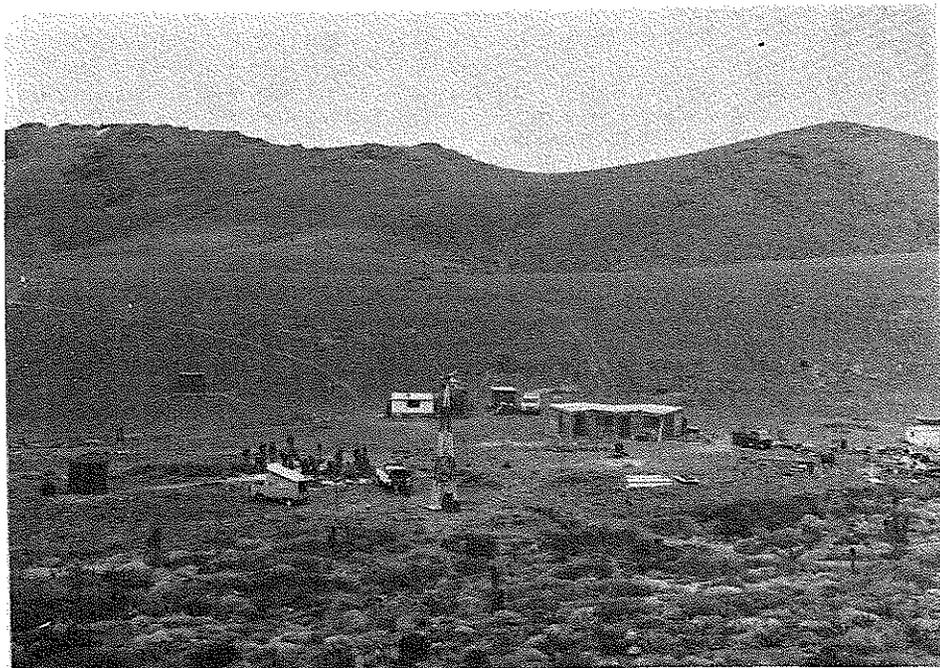
KRUTSIO B.C.N.



KRUTSIO B.C.N.



KRUTSIO B.C.N.



KRUTSIO B.C.N.

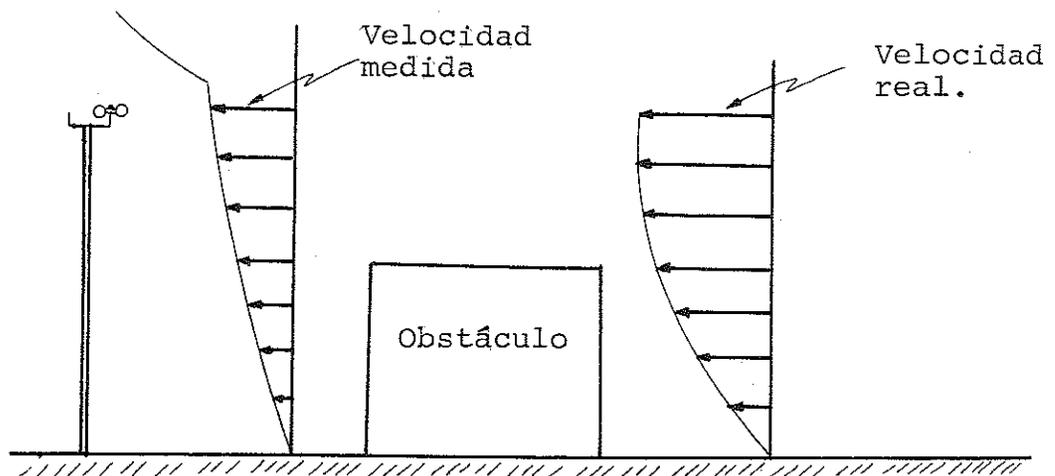
ANEXO I

"INSTRUCTIVO PARA LA ELABORACION DE UN PLANO PARA LOCALIZACION DE OBSTACULOS O FACTORES QUE PUDIERAN MODIFICAR LAS MEDICIONES REALIZADAS"

En la página se anexa una forma en la cual se han dibujado ejes que corresponden a 8 rumbos geográficos y 10 círculos con céntricos que representan una distancia radial medida desde el origen a intervalos regulares de 10 metros.

Sobre esta forma se elaborará un plano que permita localizar los obstáculos o factores que pudieren modificar las mediciones realizadas.

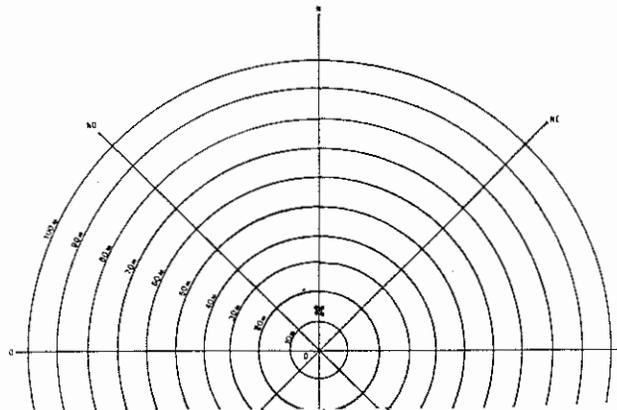
Es importante hacer notar al encargado de llenar este cuestionario, que NO solamente aquellos obstáculos que se encuentren a una altura igual o mayor que los sensores, pueden modificar las mediciones realizadas, ya que un obstáculo menor puede influir en el perfil de velocidades de viento como se ilustra en la figura siguiente:



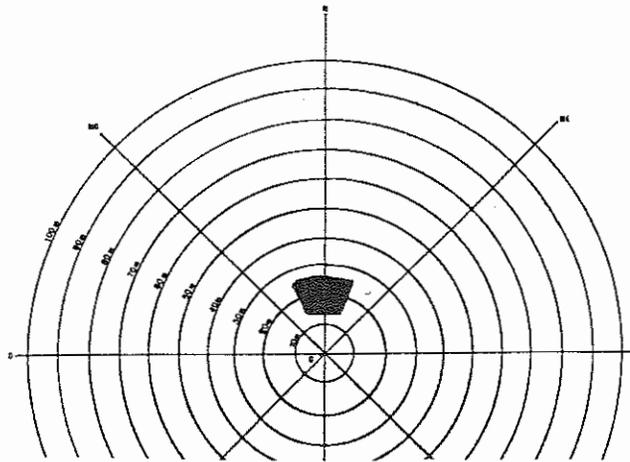
Por lo que es importante que se marquen todos los obstáculos de cualquier altura, despreciando aquellos inferiores a 2 metros ya que estos se definirán en función de la rugosidad del terreno.

PARA LA ELABORACION DEL PLANO SIGA LAS SIGUIENTES INSTRUCCIONES.

1. Sitúese en la base del mástil o torre que sostiene los sensores anemométricos. Este punto corresponderá al origen de los ejes de la página del cuestionario, marcado con letra "0".
2. Con una brújula determine la dirección norte.
3. Observe en esa dirección (Norte) el primer obstáculo mayor de 2 metros y mida la distancia hacia él.
4. En el plano de la hoja ponga un punto sobre el eje norte a la distancia medida al primer obstáculo mayor de 2 metros (la distancia en el plano se marca con 10 círculos concéntricos marcados cada 10 metros), por ejemplo si la distancia al obstáculo fué 15 metros en la dirección norte, se deberá marcar según la siguiente figura:



5. Determine las dimensiones del obstáculo (largo y ancho) y dibuje el obstáculo de la siguiente forma.



Como se puede ver este obstáculo de forma cuadrada mide 10 mts. de ancho (de 15 mts a 25 mts), y el frente se marcará de acuerdo a la dirección en la brújula de sus extremos vistos a lo ancho.

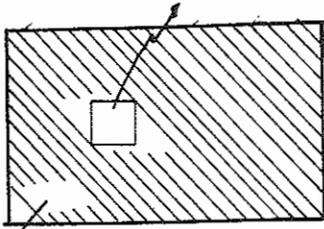
6. Determine la altura de dicho obstáculo y marquela en el centro de el dibujo correspondiente en el plano. Para la estimación de alturas de obstáculos es recomendable el uso de equipo topográfico como teodolitos, hipsómetros, etc.
7. Con objeto de estandarizar los dibujos de los obstáculos se presenta a continuación una lista de símbolos que deberá ser utilizada en la elaboración de este plano.



altura estimada
en metros.

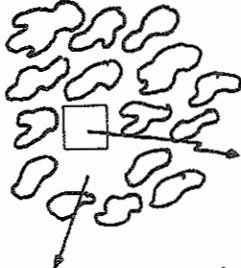
ARBOLES Y ARBUSTOS MAYORES
DE 3 METROS.

altura promedio.



altura máxima.

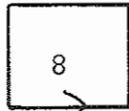
CONSTRUCCIONES MUY JUNTAS



altura
promedio
en metros.

altura máxima
en metros.

GRUPOS DE ARBOLES

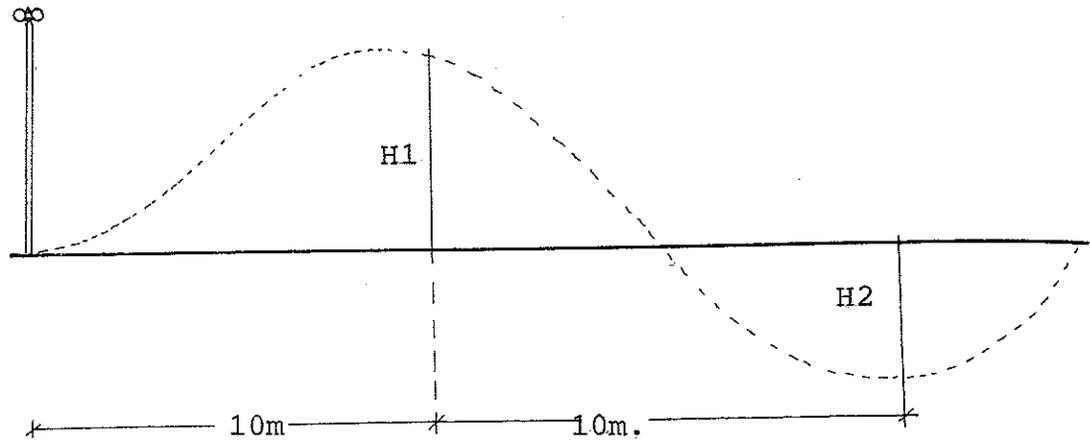


altura estimada
en metros.

CONSTRUCCIONES AISLADAS.

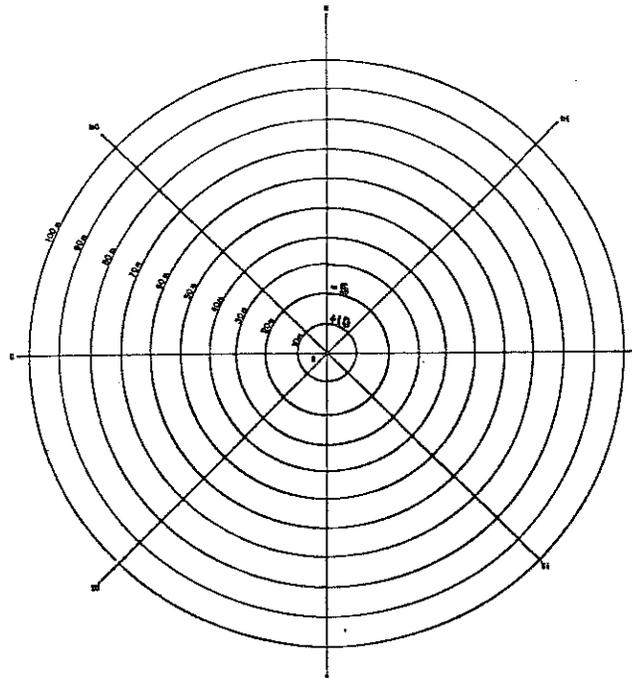
8. Una vez que dibujó el primer obstáculo continúe con los colocados atrás de él hasta una distancia de 100 metros.
9. Es necesario conocer la elevación del terreno, para lo cual se deberá medir las elevaciones o depresiones del terreno

de acuerdo al siguiente ejemplo:



Si $H1 = 10$ mts. y $H2 = 5$ mts

En el plano sobre los círculos concéntricos se deberá marcar $H1$ y $H2$ de la siguiente forma:



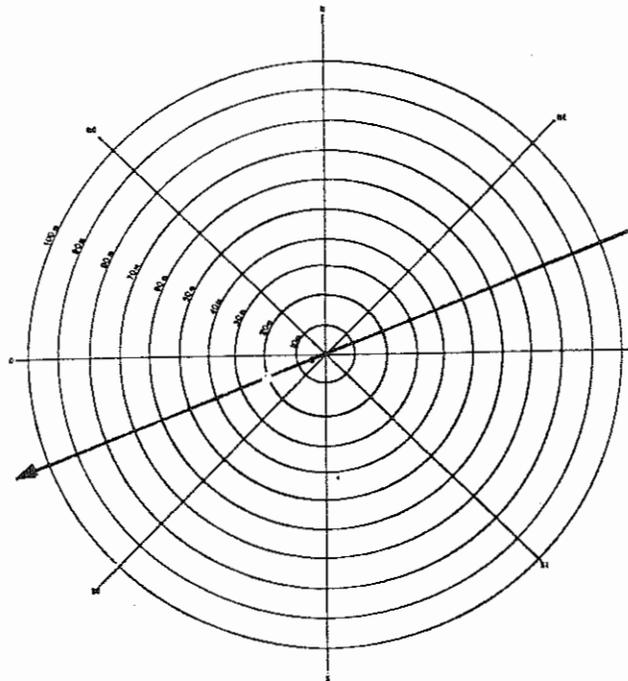
Esto deberá hacerse únicamente para los 8 rumbos marcados en el plano.

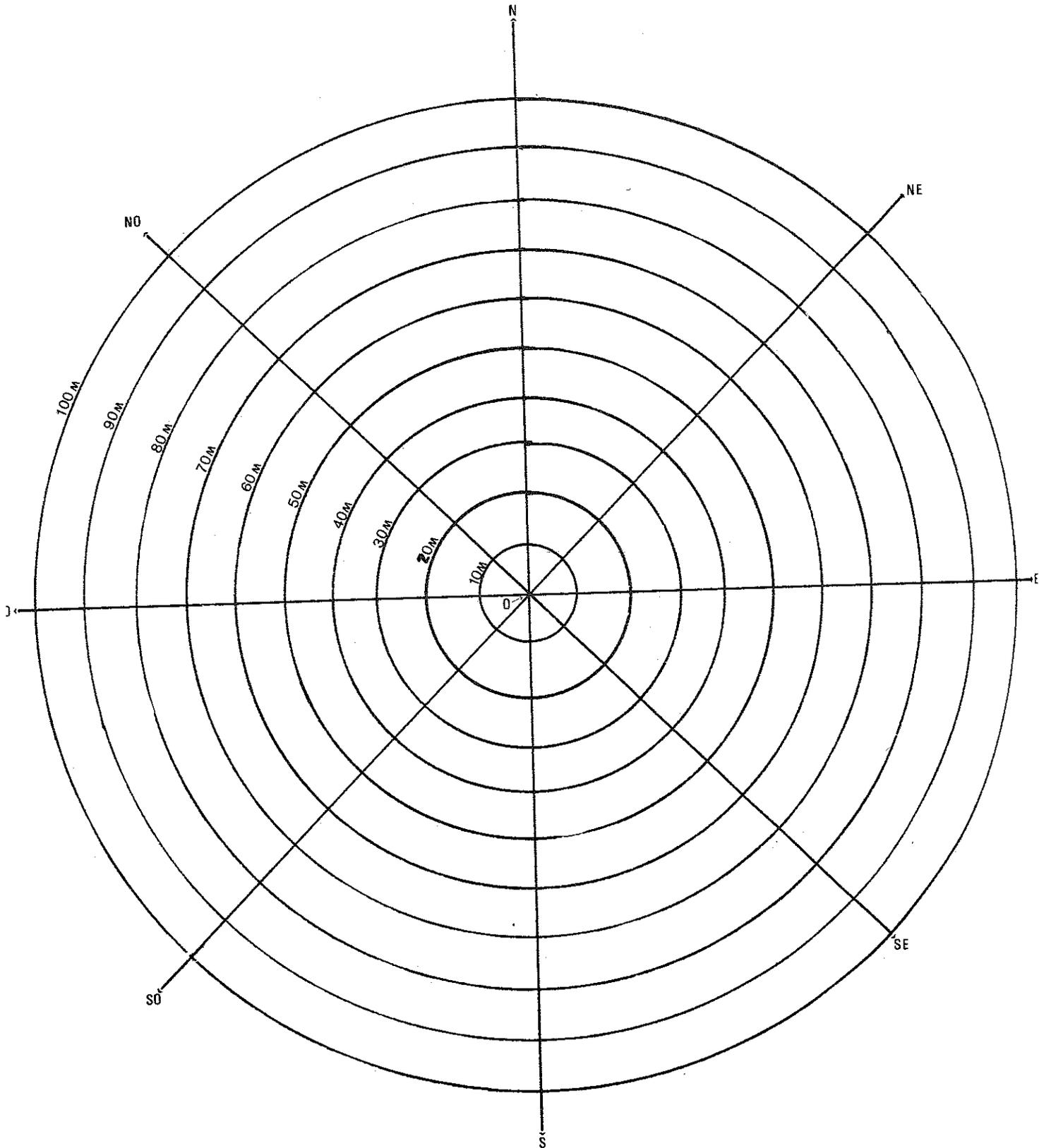
10. Una vez que terminó con la dirección norte continúe el procedimiento haciendo un giro de 360 grados.
11. Con objeto de catalogar la rugosidad del terreno ponga letras encerradas en un círculo de los lugares que usted crea conveniente de acuerdo a la siguiente clasificación.

- A Superficie lisa (océano, arena, lagos)
- B Hierba corta o barbecho
- C Hierba alta o sembrados cortos
- D Sembrados altos o árboles cortos
- E Bosques altos con muchos árboles
- F Suburbios o pequeñas ciudades

Por lo menos ponga 20 letras en el plano aunque se repitan en cualquier número de casos.

12. Por último marque la dirección dominante del viento con una flecha que cruce por la orgien y que tenga el sentido apuntando hacia donde va el viento como en la siguiente figura.



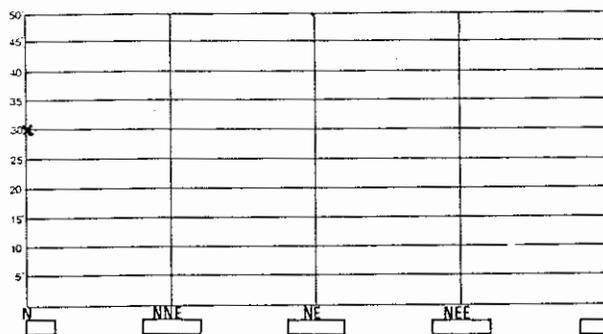


PLANO PARA LA LOCALIZACION DE OBSTACULOS O FACTORES QUE PUE DAN AFECTAR LAS MEDICIONES DE VIENTO.

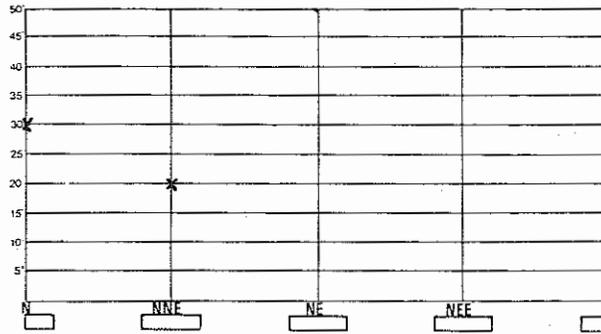
"INSTRUCCIONES PARA LA ELABORACION DE UN PLANO QUE PERMITA ESTIMAR LA REPRESENTATIVIDAD DE LAS LECTURAS TOMADAS DE VELOCIDAD Y DIRECCION DEL VIENTO A NIVEL REGIONAL".

En la página se tiene una forma en la cual se marcan en línea recta los desplazamientos angulares a partir de la dirección norte (eje horizontal), en el eje vertical se tiene una escala para desplazamientos angulares de elevación. Utilizando instrumentación topográfica proceda a elaborar dicho plano de acuerdo a las siguientes instrucciones:

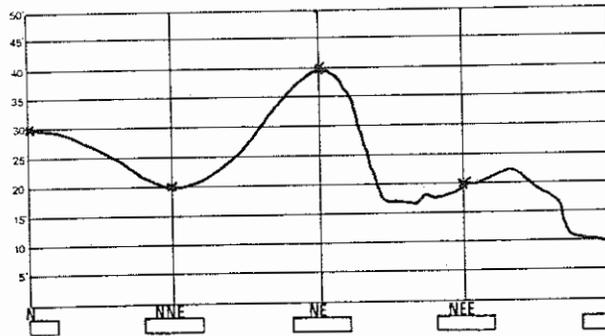
1. Con una brújula determine la dirección norte, colocándose en la base de la torre que sostiene a los sensores*.
2. Mida el ángulo de elevación de la formación topográfica (cerro, colina, etc.), más alejada de acuerdo a su línea de vista.
3. Ponga un punto en el plano de acuerdo al siguiente ejemplo:



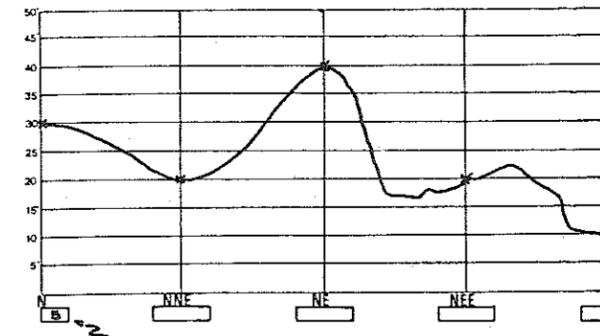
4. Mida el ángulo de elevación en la dirección NNE y grafique un punto de la misma manera que en el siguiente ejemplo:



5. Repita lo anterior para cada uno de los 16 rumbos y luego una esos puntos de acuerdo a la forma topográfica observada; como en el ejemplo siguiente:



6. Dirija su vista nuevamente al norte y estime la distancia a la formación topográfica observada, anote esta distancia en kilómetros en el cuadro inferior a la dirección, como en el ejemplo siguiente.

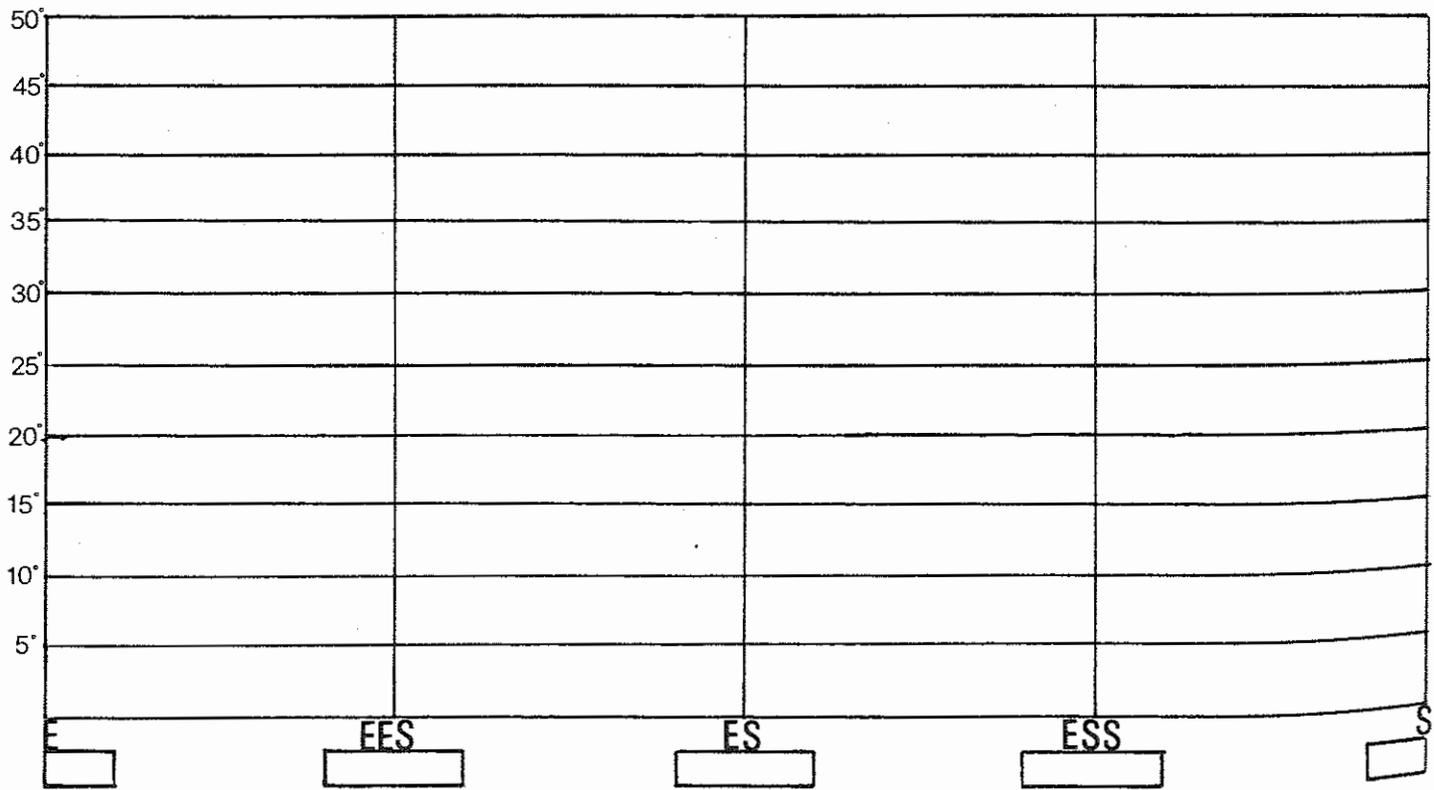
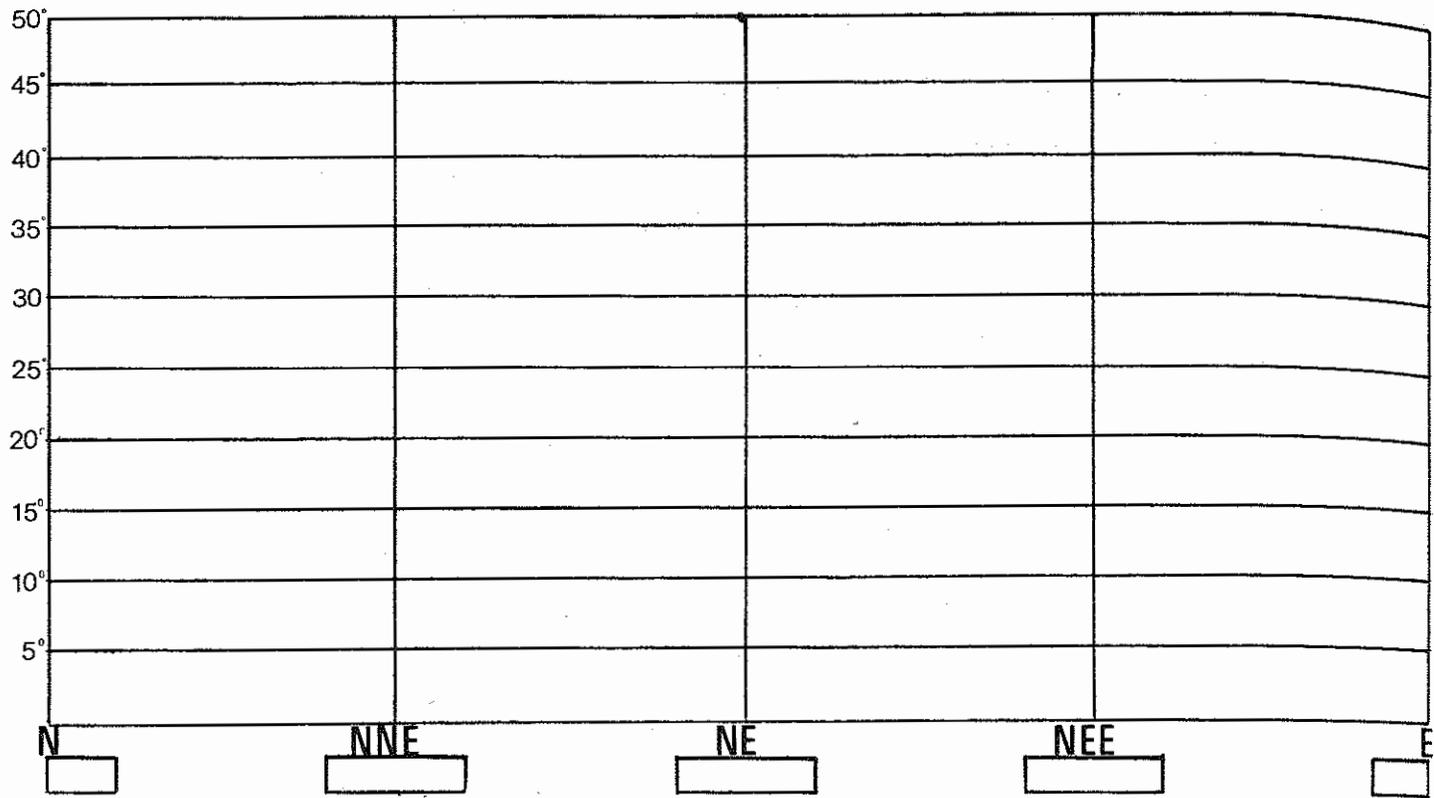


7. Repita este procedimiento para las 16 direcciones marcadas.

A continuación se presenta el formato para elaboración de los planos mencionados.

y luego
observada;

latancia a
latancia en
como en el



ANEXO II

**COMPENDIO DE MODELOS MATEMATICOS Y ECUACIONES UTILIZADAS
PARA EL CALCULO DE RESULTADOS DE INTERES**

ECUACIONES UTILIZADAS PARA OBTENCION DE RESULTADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DIRECTO DE LOS DATOS ADQUIRIDOS

- Velocidad media del viento para el período total de medición

$$\bar{V} = \frac{\sum_{i=1}^N V_i}{N} \quad (\text{mts./seg.}) \quad \text{-----} \quad (1)$$

- donde: V_i = Velocidades medias del viento a intervalos de 15 minutos
 N = Número de muestras tomadas para el período total de medición.

- Desviación estandar de los datos de velocidad media del viento para el período total de medición

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N V_i^2 - \left(\frac{\sum_{i=1}^N V_i}{N}\right)^2}{N}} \quad (\text{mts./seg.}) \quad \text{-----} \quad (2)$$

- donde: V_i = Idem al anterior
 N = Idem al anterior

- Temperatura media del período total de medición

$$\bar{T} = \frac{\sum_{i=1}^N T_i}{N} \quad (^\circ\text{C}) \quad \text{-----} \quad (3)$$

- donde: T_i = Temperaturas medias tomadas para intervalos de 15 minutos
 N = Número de muestras tomadas para el período total de medición.

- Presión media del período total de medición

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^N P_i}{N} \quad (\text{mmHg}) \quad \text{-----} \quad (4)$$

donde: P_i = Presiones medias para intervalos de 15 minutos.

N = Número de muestras tomadas para el período total de medición

- Humedad relativa media del período total de medición

$$\bar{H} = \frac{\sum_{i=1}^N H_i}{N} \quad (\%) \quad \text{-----} \quad (5)$$

donde: H_i = Humedades relativas medias para intervalos de 15 minutos

N = Número de muestras tomadas para el período total de medición.

- Densidad del aire típica del período total de medición

$$\rho_{\text{tip}} = 1.225 \left(\frac{288.13}{\bar{T}} \right) \left(\frac{P}{760} \right) \quad (\text{kg/m}^3) \quad \text{-----} \quad (6)$$

donde: \bar{T} = Temperatura media del período ($^{\circ}\text{K}$)

\bar{P} = Presión media del período (mmHg)

- Energía eólica total disponible por unidad de área para el período total de medición.

$$\frac{E_{total}}{A} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{8} \rho_i V_i^3 \quad (W-H/m^2) \quad \text{-----} \quad (7)$$

donde: V_i = Velocidades medias del viento para in
tervalos de 15 minutos (mts./seg.)
 N = Número de muestras de velocidad tomadas
durante el período total de medición
 ρ_i = Densidad del aire para el intervalo de
tiempo de toma de nuestra V_i .

- Factor de forma "k" de la función de densidad de pro
babilidad de Weibull, calculado a partir del método
de desviación estandar y velocidad media.

$$k = \left(\frac{\sigma}{\bar{V}} \right)^{-1.086} \quad (\text{adimensional}) \quad \text{-----} \quad (8)$$

donde: \bar{V} y σ tienen el mismo significado que la velo
cidad media y desviación estandar calculados
en las ecuaciones 1 y 2.

- Factor de escala "c" de la función de densidad de
probabilidad de Weibull.

$$c = \frac{\Gamma(1+1/k)}{\bar{V}} \quad (\text{mts./seg.}) \quad \text{-----} \quad (9)$$

donde: k = El factor de forma de la función de
densidad de probabilidad de Weibull.

\bar{V} = Velocidad media del viento

- Energía solar total disponible por unidad de área para el período de medición

$$ES_{total} = \sum_{i=1}^N E_i (W-H/m^2) \text{ ----- (10)}$$

donde: E_i = Energía solar total para intervalos de tiempo de 15 minutos.

N = Número de muestras de E_i para el período total de medición

ECUACIONES UTILIZADAS PARA EL PRONOSTICO ENERGETICO

- Energía total disponible por unidad de área para un tiempo T

$$E_{total} \text{ disponible} = \frac{1}{2} \rho T \int_0^{\infty} V^3 P(V) dV (W-H/m^2) \text{ ----- (11)}$$

donde: ρ = Densidad del aire típica para el período de tiempo en que se hace la estimación (kg/m³)

T = Período de tiempo en que se desea hacer la estimación (horas)

V = Velocidad del viento (mts./seg.)

$P(V)$ = Es la función de densidad de probabilidad de Weibull

- Función de densidad de probabilidad de Weibull

$$P(V) = \left(\frac{k}{c}\right) \left(\frac{V}{c}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{V}{c}\right)^k} \text{ (seg./mts.) ----- (12)}$$

donde: k = Factor de forma (adimensional)

c = Factor de escala en (mts./seg.)

V = Velocidad del viento en (mts./seg.)

Ecuación para el cálculo de la rugosidad de la superficie a partir de mediciones de velocidad media del viento a dos alturas diferentes (modelo de Mikhail y Justus)

$$z_o = \frac{(z \cdot z_a)^{0.5}}{\text{Exp} \frac{1}{\frac{\ln \frac{\bar{V}}{\bar{V}_a}}{\ln \frac{z}{z_a}} + \left[0.088 / (1 - 0.088 \ln(z_a/10)) \right] \ln \frac{\bar{V}_a}{6}}} \text{ (m) } \text{---(13)}$$

donde: \bar{V}_a = Velocidad media del viento en m/s, a la altura z_a .

\bar{V} = Velocidad media del viento en m/s, a la altura z .

- Ecuación para la extrapolación de la velocidad media del viento a diferentes alturas sobre el terreno.

$$\bar{V} = \bar{V}_a \left[z/z_a \right]^{\alpha_p} \text{ (m/s) } \text{----- (14)}$$

donde: \bar{V} = Velocidad media del viento en m/s, medida a la altura z_a .

\bar{V} = Velocidad media del viento en m/s, estimada a la altura z .

$$\alpha_p = 1/\ln(z_g/z_o) - \left[0.088 / (1 - 0.088 \ln(z_a/10)) \right] \ln(\bar{V}_a/6)$$

z_o = Rugosidad de la superficie en metros

$$z_g = (z \cdot z_a)^{0.5}$$

- Ecuación para la extrapolación del factor de forma k de la función de densidad de probabilidad de Weibull para diferentes alturas sobre el terreno.

$$k = k_1(1-0.088 \ln (Z_a/10))/(1-0.088 \ln (Z/10)) \text{-----} (15)$$

donde: k_1 = Factor de forma conocido a la altura Z_a
 k = Factor de forma calculado a la altura Z

- Ecuación para el cálculo de factores de correlación de series de datos.

$$r = \frac{\sqrt{\sum xy}}{\sqrt{\sum x^2} \sqrt{\sum y^2}} \text{-----} (16)$$

donde: r = Factor de correlación

x = $X - \bar{X}$ donde X (*) es un dato de una variable y \bar{X} es la media aritmética de todos los datos de esa variable.

y = $Y - \bar{Y}$ donde Y (*) es un dato de otras variables y \bar{Y} es el promedio aritmético de todos los datos de esa variable.

(*) X y Y corresponden a un mismo intervalo de tiempo con un mismo origen

- Criterio utilizado para que el factor de correlación tenga un significado físico.

$$r \geq 3F \quad \text{si } r \geq 0$$

$$r \leq -3F \quad \text{si } r \leq 0$$

donde: $F = 0.6745 (1-r^2) / \sqrt{N}$

y N es el número de datos de cada serie