

096998

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

VELOCIDADES DE VIENTO PARA LA REGION METROPOLITANA  
Y POTENCIALMENTE URBANA DE SAN SALVADOR

SEMINARIO DE GRADUACION  
TRABAJO DESARROLLADO POR

ROGELIO ERNESTO GODÍNEZ GONZÁLEZ

PREVIO A LA OPCIÓN AL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

DICIEMBRE DE 1979



SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA

T  
551.518  
G 585v

SEMINARIO DE GRADUACIÓN

TRABAJO PRESENTADO POR

ROGELIO ERNESTO GODÍNEZ GONZÁLEZ

PREVIO A LA OPCIÓN AL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL

ASESOR Y DIRECTOR DEL SEMINARIO:

ING. ROBERTO OSWALDO SALAZAR MARTÍNEZ



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR : ING. FÉLIX ANTONIO ULLOA

SECRETARIO GENERAL : LIC. RICARDO ERNESTO CALDERÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO A.I. : ING. FÉLIX ANTONIO ULLOA

SECRETARIO A.I. : LIC. MANUEL DE JESÚS BAIRES

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR DE LA ESCUELA: ING. ROBERTO OSWALDO SALAZAR MARTÍNEZ

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

A la Universidad de El Salvador, por concederme realizar mis estudios como becario interno remunerado de primera clase en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura en la Escuela de Ingeniería Civil (después de cumplir con los requisitos exigidos y comprobados exhaustivamente) desde el inicio de mi carrera y luego albergarme en su seno como docente en la mencionada Escuela, con lo cual me siento sumamente en deuda moralmente. En lo posible trataré de servirle en la mejor forma con miras a la superación de su enseñanza.

Rogelio Ernesto Godínez González

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

El presente Trabajo de Graduación es el resultado del esfuerzo, conjunto de la Escuela de Ingeniería Civil (Universidad de El Salvador), Servicio Meteorológico Nacional (Ministerio de Agricultura y Ganadería) y el autor.

Deseo patentizar sinceros agradecimientos al Ing. Roberto Oswaldo Salazar Martínez, Asesor del presente Seminario, por su orientación en el conocimiento del problema y que en todo caso estuvo presto para poder seguir adelante hasta finalizar este trabajo; también lo hago extensivo al Ingeniero Leopoldo Reyes Rivera, quien colaboró en la primera fase en el desarrollo de éste.

A todos los profesores de la Escuela de Ingeniería Civil que supieron darme los conocimientos básicos.

Particularmente agradezco al Señor Miguel Angel Molina, del Servicio Meteorológico Nacional quien proporcionó toda la información del Banco de datos del mismo y me acompañó en los trabajos de campo, así como también aportó sugerencias, sin su colaboración la mitad de este trabajo no hubiera sido posible completarla.

Con toda sinceridad agradezco y reconozco la dura tarea que realizó la señora Irma González v. de Castellón, en sus horas libres, quien mecanografió incansablemente los varios borradores que sin su ayuda no hubiera sido posible la publicación de este trabajo y que también estuvo pendiente para alentarme y seguir adelante, a la Sra. Estela Silva de Landaverde que también estuvo pendiente para alentarme en el desarrollo del mismo. A la vez expreso muestras de gratitud a los que en una u otra forma me brindaron su apoyo y colaboración para la realización de este trabajo.-

Rogelio Ernesto Godínez González

A mi mamáíta

María Presentación González v. de Godínez,  
en reconocimiento a sus sacrificios por -  
verme formado.-

## TABLA DE CONTENIDOS

	Pág. N°
Reconocimiento.....	i-ii
Indice.....	iii
CAPITULO I -	
Introducción.....	1
Antecedentes.....	3
Objetivos.....	4
Alcances.....	5
PARTE I	
REVISION DE CONCEPTOS	
CAPITULO II - Dinámica Meteorológica.	
Las Fuerzas Fundamentales.....	6
La Fuerza Gradiente de Presión.....	6
La Fuerza Gravitacional.....	9
La Fuerza de Fricción o Fuerza de Viscosidad.....	11
Marco de Referencia no Newtoniano y Fuerzas Aparentes.....	15
La Fuerza Centrífuga.....	16
La Gravedad Efectiva.....	18
La Fuerza de Coriolis.....	19
La Ecuación del Movimiento.....	20
CAPITULO III - Movilidad de las Masas de Aire.	
El Aire.....	26
Origen de la Velocidad.....	26
Cartas de Registro.....	29

Exposición de Instrumentos para Determinar el Viento en la - Superficie.....	29
Variación de la velocidad de Diseño con la altura y exponentes sugeridos para la Ley de Potencia. ....	31-33
CAPITULO IV - Distribución de Probabilidad.-	
Distribución de Probabilidades de Velocidades Extremas.....	36
Distribución de Probabilidad para las más Grandes velocidades - de Viento Anualmente.....	38
Forma de Estimar el Valor de la Velocidad ( $v$ ) y los parámetros $\gamma$ , $\mu$ y $\sigma$ .....	40
PARTE II	
CAPITULO V - Resultados y Análisis Gráficos de Velocidades.	
Velocidades de Viento Investigadas para la Región de San Salva- dor y Análisis Gráfico. ....	46
CAPITULO VI - Conclusiones y Recomendaciones.	
Conclusiones .....	70
Recomendaciones.....	72
CAPITULO VII- Referencias .....	
	73
APENDICE A	
Tablas Cronológicas de Eventos Atmosféricos y sus Resultados:	
a) En El Salvador.....	78
b) En otros países del Mundo.....	86
y Comentarios.....	86
ANEXO I	
Tablas de Vientos Escala Beaufort. ....	96



ANEXO II

Dirección del Viento: Equivalentes en Puntos de la Brújula y en  
Decenas de Grados de la Clave 0977. .... 98-

ANEXO III

Mapa de El Salvador Conteniendo la Red Meteorológica Salvadoreña. 100

ANEXO IV

Registro Típico de Viento. Carta Anemográfica. .... 102

## I N T R O D U C C I O N

La atmósfera terrestre está influenciada por una diversidad de factores - en los que no se sabe en forma sistemática su comportamiento, esto es, que las masas de aire contenidas en ella deben atenerse a este comportamiento. Así, se dice que las masas de aire se mueven aleatoriamente es decir, al azar. Sin embargo, ha sido posible conocerles a través de ciertas condiciones ideales para poder cuantificarles, pues dada su principal característica de movilidad, se les ha incluido en el estudio de la Dinámica. Así, al estudiar el fenómeno de viento que es un problema de dinámica, conviene estudiar particularmente las fuerzas que influyen en el movimiento de fluido atmosférico para mostrar cómo las involucra la segunda Ley de Newton -- del movimiento y aclarar cómo ésta sigue siendo válida en un sistema de referencia rotando. Una correlación de todas estas fuerzas explica la variación de la velocidad en la atmósfera libre (la ecuación de Momentum).

La velocidad es la manifestación de la movilidad de las masas de aire lo cual destaca que la variable de cuantificación sea ésta para poder estimar las fuerzas a las que estarán sometidos los elementos ubicados en la superficie terrestre. Solicitaciones extremas tienen estos elementos cuando grandes irregularidades ocurren en la atmósfera libre.

El fenómeno natural Viento, produce estas fuerzas que estructuralmente hablando se les llama cargas de viento, y forman parte de las llamadas cargas vivas o no permanentes; éstas tienen similitud con las cargas de sismo, etc. es decir, forman parte de las cargas dinámicas o cargas laterales en una estructura.

En el presente trabajo se muestran y estudian las variaciones de velocidad destacando las extremas y su variación con la altitud del terreno natural - ilustrando así curvas con tendencias similares a las de DAVENPORT (1960), - sin dar su exponente de variación. Además se presenta una cronología de -- eventos y sus resultados al hacer efectiva su acción (APENDICE A) lo cual - claramente demuestra que nuestra región, El Salvador, está afectado por la acción del viento y debe ser tomado en cuenta para no poner en peligro las vidas humanas, las edificaciones, etc.

Un criterio adecuado en utilización de los resultados da la pauta para un diseño racional y una edificación en lo posible fuera de peligro de daños dado que aún no se ha adoptado un reglamento conteniendo normas reguladoras para el efecto de este fenómeno para esta región, El Salvador.-

## A N T E C E D E N T E S

- . El fenómeno de los vientos en nuestro medio, se da en las épocas más sobresalientes de tiempo, esto es, invierno y en verano.
- . En nuestro medio los vientos soplan desarrollando velocidades considerables, razón por la cual las presiones que generan hace necesario cuantificarlas.
- . Las estructuras cuando se diseñan por viento se hace utilizando especificaciones de códigos que señalan en forma aproximada las velocidades de diseño. Hasta el momento no se dispone de un mapa de velocidades máximas para El Salvador, ni para zonas específicas.
- . En nuestro país hay un potencial de crecimiento bastante considerable tanto económico-social-industrial, etc. lo cual implica un crecimiento acelerado en la construcción de estructuras sencillas y de altura considerable, y por la tecnología, la tendencia a utilizar materiales cada vez más ligeros con miras económicas.
- . Nuestro grado actual en investigación del comportamiento de las estructuras debido a cargas producidas por viento es casi nula, ya que se ha hecho poco uso de los datos existentes en el Banco de Datos del Servicio Meteorológico Nacional.
- . En San Salvador, principalmente, hay una tendencia de crecimiento vertical, razón por la cual se hace necesario considerar efecto de viento.
- . Los techos y cielos falsos de las edificaciones principalmente de uno a cinco plantas son en su mayoría bastante ligeros, lo cual coloca en desventaja a los habitantes de la edificación, al hacerse efectiva la acción del viento.
- . En el interior del país se realizan muchas obras de infraestructura de mucha importancia siendo las que más se destacan últimamente, el diseño de puentes para paso de carreteras y pasos a niveles en el desarrollo de vías urbanas, construcción de silos de almacenaje de granos básicos.

- . En Construcción de tanques de almacenamiento de agua, antenas para microondas, antenas para radio, etc., en su diseño se hace necesario considerar la acción del viento.
- . Otros proyectos de infraestructura surgirán en vías de desarrollo en la cual se proyectarán estructuras de bastante consideración, razón por la cual se deberá considerar efecto de viento.

OBJETIVOS:

Investigar velocidades máximas de viento para diseños de edificaciones -- de cualquier razón de esbeltez para el diseño por cargas laterales y además para el diseño de cargas para superficies expuestas (techos, paredes, ventanas, etc.).

Hacer una representación gráfica de las mismas con los propósitos antes expuestos.

ALCANCE:

La investigación abarcó la región urbana de San Salvador, representando -- en ella puntos de interés como Aeropuerto de Ilopango, El Matazano (Colonia Santa Lucía), Instituto Salvadoreño del Seguro Social, Universidad de El Salvador; y Zonas potencialmente urbanas como los alrededores del Volcán de San Salvador, particularmente se consideró el punto denominado -- El Boquerón por su altitud tratando de presentar una forma de variación -- de velocidad con altura según la región.

PARTE I

REVISIÓN DE CONCEPTOS

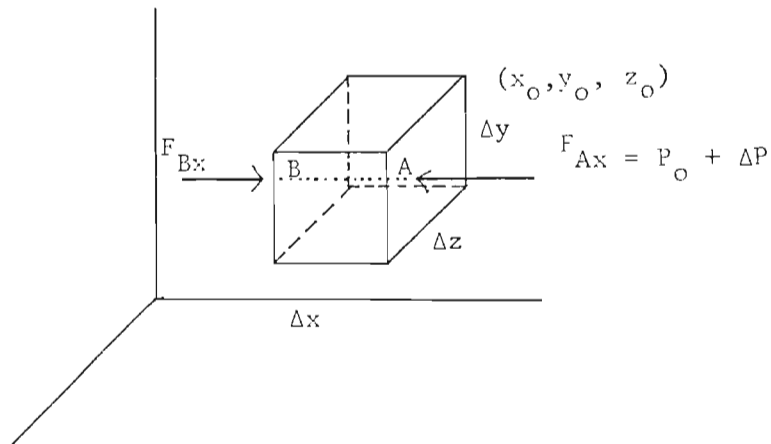
CAPITULO II

DINÁMICA METEOROLÓGICA

La Segunda Ley de Newton, del Movimiento establece que la proporción de cambio de momentum de un objeto referido a un sistema de coordenadas fijo y en el espacio, es igual a la suma de todas las fuerzas actuando sobre él mismo. Para movimiento atmosférico de interés meteorológico, las fuerzas primeramente son: La fuerza gradiente de presión, la fuerza gravitacional y la fricción. Si, como es el caso usual, el movimiento es referido a un sistema de coordenadas rotando con respecto a la Tierra, la Segunda Ley de Newton le permite ser inmóvil con tal que haya aplicadas ciertas fuerzas aparentes, la fuerza centrífuga y las fuerzas de Coriolis, que están incluidas entre las actuantes.

LA FUERZA GRADIENTE DE PRESION:

Considérese una partícula elemental de aire cuyas coordenadas son conocidas --  $(X_0, Y_0, Z_0)$  .



Debido al movimiento molecular al azar, el momentum es continuamente comunicado a las paredes del volumen elemental circundando de aire. Este momentum transferido por unidad de área, es justamente la presión ejercida en las paredes del volumen elemental por el aire circundante. Si la presión al centro del elemento de volumen es designada por  $P_0$ , entonces la presión en la pared marcada con A en la figura, puede ser expresado en una expansión de la serie de Taylor, de

la siguiente forma:

$$P_o + \frac{\partial P}{\partial X} \frac{\Delta X}{2} + \text{términos de orden superior}$$

y despreciando los términos de orden superior, en la expansión, la fuerza de presión actuando en el elemento de volumen en la pared A es:

$$\frac{-F_{AX}}{A} = P_o \frac{\partial P}{\partial X} \cdot \frac{\Delta X}{2}$$

$$F_{AX} = -(P_o + \frac{\partial P}{\partial X} \frac{\Delta X}{2}) \Delta Y \Delta Z$$

Siendo  $A = \Delta Y \Delta Z$  (Area de lapared)

Similarmente, la fuerza de presión en el elemento de volumen en la pared B es:

$$F_{BX} = +(P_o - \frac{\partial P}{\partial X} \frac{\Delta X}{2}) \Delta Y \Delta Z$$

Por consiguiente, la componente neta en la dirección X de la fuerza de presión actuando en el volumen es:

$$\begin{aligned} F_X &= F_{AX} + F_{BX} \\ &= - (P_o + \frac{\partial P}{\partial X} \frac{\Delta X}{2}) \Delta Y \Delta Z + (P_o - \frac{\partial P}{\partial X} \frac{\Delta X}{2}) \Delta Y \Delta Z \\ &= | -P_o - \frac{\partial P}{\partial X} \frac{\Delta X}{2} + P_o - \frac{\partial P}{\partial X} \frac{\Delta X}{2} | \Delta Y \Delta Z \\ &= -2 ( \frac{\partial P}{\partial X} \frac{\Delta X}{2} ) \Delta Y \Delta Z \\ &= - \frac{\partial P}{\partial X} \Delta X \Delta Y \Delta Z \end{aligned}$$

$F_X = - \frac{\partial P}{\partial X} \Delta X \Delta Y \Delta Z$
--



Pero la masa ( $m$ ) del elemento de volumen es simplemente la densidad ( $\rho$ ) veces el volumen, es decir,  $m = \rho \Delta X \Delta Y \Delta Z$ . Así, la componente X de la fuerza gradiente de presión por unidad de masa es:

$$\frac{F_X}{m} = - \frac{\frac{\partial P}{\partial X} \Delta X \Delta Y \Delta Z}{\rho \Delta X \Delta Y \Delta Z}$$

$$\frac{F_X}{m} = - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial X}$$

Y similarmente, puede demostrarse que las componentes y y Z de la fuerza gradiente de presión por unidad de masa son respectivamente:

$$\frac{F_Y}{m} = - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial Y}$$

$$\frac{F_Z}{m} = - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial Z}$$

Así que la fuerza gradiente total por unidad de masa es:

$$\frac{F_X}{m} \hat{i} + \frac{F_Y}{m} \hat{j} + \frac{F_Z}{m} \hat{k} = - \frac{1}{\rho} \left( \frac{\partial}{\partial X} \hat{i} + \frac{\partial}{\partial Y} \hat{j} + \frac{\partial}{\partial Z} \hat{k} \right) P$$

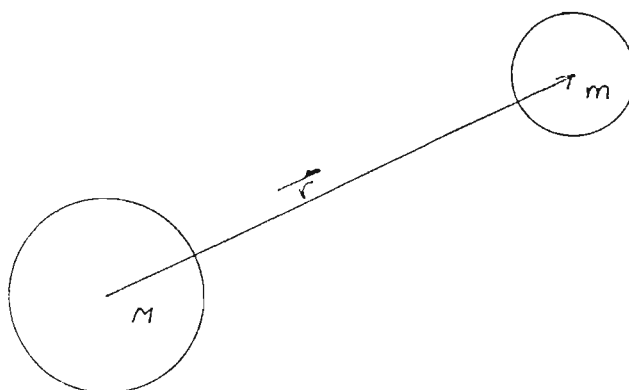
$$\frac{1}{m} (F_X \hat{i} + F_Y \hat{j} + F_Z \hat{k}) = - \frac{1}{\rho} \left| \vec{\nabla} P \right|$$

$$\frac{\vec{F}}{m} = - \frac{1}{\rho} \left| \vec{\nabla} P \right|$$

Es importante notar que esta fuerza es proporcional al gradiente del campo de presión, no a la presión propiamente dicha.

## LA FUERZA GRAVITACIONAL

La ley de la Gravitación Universal de Newton, establece que dos elementos de masas cualquiera en el Universo se atraen entre sí con una fuerza proporcional a sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa. Así, si dos elementos de masa  $M$  y  $m$ , están separadas por una distancia  $r = |\vec{r}|$  (con el vector  $\vec{r}$  dirigido hacia  $m$  como se muestra en la figura ),



Entonces la fuerza ejercida por la masa  $M$  sobre la masa  $m$  debido a la gravitación, es:

$$\vec{F}_g = - \frac{G M m}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}$$

$$\vec{F}_g = - \frac{G M m}{r^2} \cdot \vec{e}_r$$

Donde:  $G$  : es una constante universal llamada constante gravitacional.

$\vec{e}_r$  : Vector unitario en la dirección de  $r$ .

La Ley de Gravitación como se expresó en la ecuación anterior, es aplicable únicamente para masas supuestas puntuales. Puesto que para objetos de

extensión finita  $\vec{r}$  puede variar de una parte del objeto a otra debido a su irregularidad. Sin embargo, para masas específicamente simétricas, la expresión anterior puede ser aplicada si  $|\vec{r}|$  es interpretada como la distancia entre los centros de la esfera.

Así, si  $M$  = masa de Tierra

y  $m$  = masa de un elemento de la atmósfera,

entonces la fuerza por unidad de masa ejercida, en la atmósfera por la atracción gravitacional de la tierra es:

$$\frac{\vec{F}}{m} \equiv \vec{g}^* = - \frac{GM}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}$$

En Meteorología Dinámica esto es usual para emplear como una coordenada vertical la altura sobre el nivel medio del mar. Si el radio medio de la tierra es designado por  $a$  y la distancia sobre el nivel medio del mar es designada por  $Z$ , entonces despreciando las desviaciones de la forma de esfericidad de la tierra, se puede escribir que  $r = a + z$ .

Por consiguiente, puede escribirse que

$$\vec{g}^* = \frac{\vec{g}_0^*}{\left(1 + \frac{z}{a}\right)^2}$$

Siendo

$$\vec{g}_0^* = - \frac{GM}{a^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}$$

Es el valor de la fuerza gravitacional al nivel medio del mar.

Para aplicaciones Meteorológicas,  $Z$  es mucho más pequeña comparada con  $a$ , así que con un error despreciable podemos hacer

$$\frac{z}{a} \approx 0$$

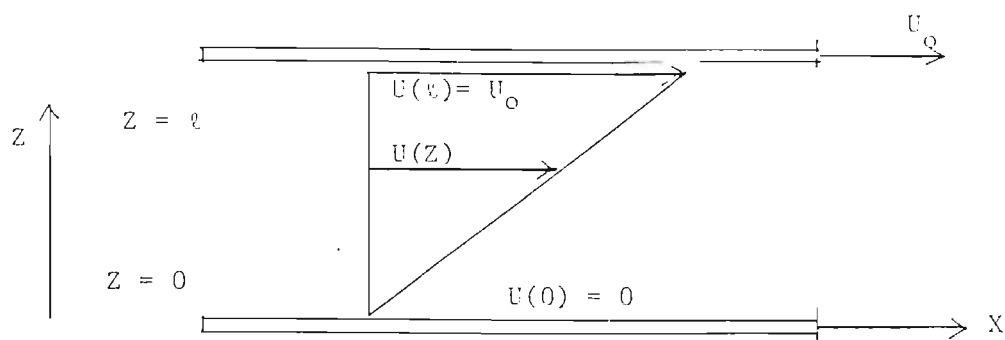
$$\text{Y luego: } \vec{g}^* = \frac{\vec{g}_0^*}{(1 + 0)}$$

$$\vec{g}^* = \vec{g}_0^*$$

Y simplemente tratamos la fuerza gravitacional como una constante.

#### LA FUERZA DE FRICCIÓN O FUERZA DE VISCOSIDAD.

De una completa discusión de la fuerza de viscosidad podría resultar un poco complicado el análisis de estas fuerzas, sin embargo, el concepto físico puede ser ilustrado con bastante simplicidad en la siguiente forma: considérese una capa de fluido incompresible confinado entre dos placas horizontales separadas por una distancia como se muestra en la siguiente figura:



La placa inferior está fija y la superior se está moviendo en la dirección de X con una velocidad  $U_0$ . Se encuentra que la fuerza tangencial requerida para mantener la placa superior en movimiento uniforme es proporcional al área de la placa, a la velocidad y al inverso de la distancia que separa las placas. Así, se puede escribir que:

$$F = \mu \frac{A U_0}{l}$$

Donde  $\mu$ : es una constante de proporcionalidad llamada coeficiente de viscosidad dinámica.

Esta fuerza debe ser exactamente igual a la fuerza ejercida por la placa superior sobre el fluido inmediatamente abajo de ella. Para un estado de movimiento uniforme, toda la capa horizontal de fluido debe ejercer la misma fuerza en el fluido inferior. Por consiguiente, tomando en el límite cuando el espesor de la capa de fluido tiende a reducirse hasta un valor casi cero, puede escribir que:

$$\lim_{\Delta Z \rightarrow 0} F = \lim_{\Delta Z \rightarrow 0} \mu A \frac{\Delta U}{\Delta Z}$$

$$F = \mu A \lim_{\Delta Z \rightarrow 0} \frac{\Delta U}{\Delta Z}$$

$$F = \mu A \frac{\partial U}{\partial Z}$$

$$\frac{F}{A} = \mu \frac{\partial U}{\partial Z}$$

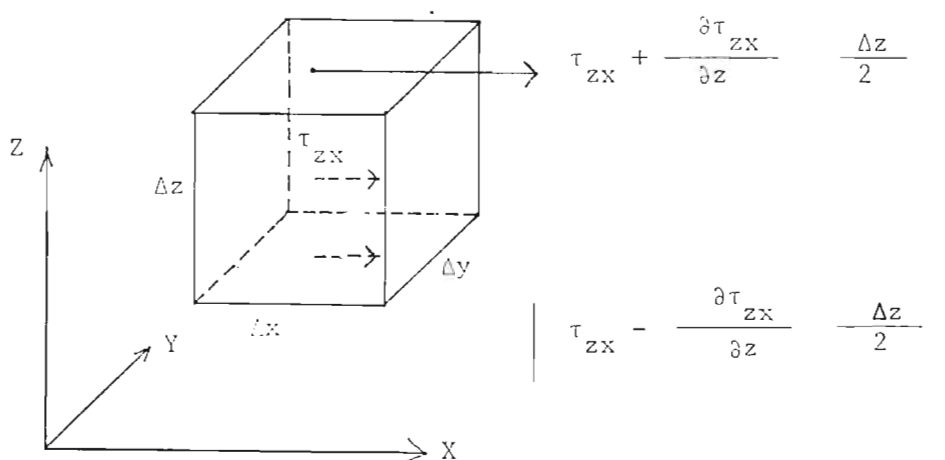
$$\therefore \tau_{ZX} = \mu \frac{\partial U}{\partial Z}$$

Siendo  $\tau_{ZX}$  : La fuerza viscosa por unidad de Area o componente de esfuerzo cortante en la dirección de X debida al corte de la componente de velocidad en la dirección X.

Desde el punto de vista molecular estos esfuerzos cortantes resultan de un transporte neto de momentum en dirección descendente provocado por el movimiento al azar de las moléculas, debido a que el momentum medio X se incrementa con la altura, las moléculas descendiendo a través de un plano horizontal, en cualquier instante pasando hacia arriba a través del plano. Así, hay un transporte neto de momentum X hacia abajo. Este transporte de momentum hacia abajo por unidad de tiempo por unidad de área, es el esfuerzo cortante.

En un simple estado bidimensional de estado de movimiento estacionario como el caso analizado, no hay fuerzas viscosas netas actuando en los elemen

tos de fluido dado que los esfuerzos cortantes actuando en la sección de -- frontera superior de cada elemento de fluido es exactamente igual y opuesta a la que actúa en la sección frontera inferior. Para el caso más general de no estacionario bidimensional flujo de corte en un fluido incompresible, se puede calcular la fuerza viscosa neta considerando un elemento diferencial de volumen de fluido centrado en el punto  $(X_0, Y_0, Z_0)$  y con lados  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ,  $\Delta Z$  así:



Si el esfuerzo cortante actuando a través del centro del elemento es designado como  $\tau_{zx}$ , entonces el esfuerzo actuando en la sección frontera superior se puede escribir como:

$$\tau_{zx} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} \cdot \frac{\Delta z}{2}$$

Mientras que el esfuerzo actuando en la sección frontera inferior es:

$$\tau_{ZX} - \frac{\partial \tau_{ZX}}{\partial Z} \cdot \frac{\Delta Z}{2}$$

La fuerza viscosa neta en el elemento de volumen actuando en la dirección de X es entonces:

$$\begin{aligned} & \left( \tau_{ZX} + \frac{\partial \tau_{ZX}}{\partial Z} \cdot \frac{\Delta Z}{2} \right) \Delta Y \Delta X - \left( \tau_{ZX} - \frac{\partial \tau_{ZX}}{\partial Z} \cdot \frac{\Delta Z}{2} \right) \Delta Y \Delta X \\ &= \tau_{ZX} \Delta Y \Delta X + \frac{\partial \tau_{ZX}}{\partial Z} \frac{\Delta Z \Delta Y \Delta X}{2} - \tau_{ZX} \Delta Y \Delta X + \frac{\partial \tau_{ZX}}{\partial Z} \cdot \frac{\Delta Z \Delta Y \Delta X}{2} \\ &= 2 \frac{\partial \tau_{ZX}}{\partial Z} \frac{\Delta Z \Delta Y \Delta X}{2} \\ &= \frac{\partial \tau_{ZX}}{\partial Z} \Delta Z \Delta Y \Delta X \end{aligned}$$

dividiendo entre m la expansión anterior se tiene que :

$$\frac{\partial \tau_{ZX}}{\partial Z} \cdot \frac{\Delta Z \Delta Y \Delta X}{\Delta m} = \frac{\partial \tau_{ZX}}{\partial Z} \frac{\Delta \Psi}{\Delta m}$$

pero  $\rho = \frac{\Delta m}{\Delta \Psi} \therefore \frac{\Delta \Psi}{\Delta m} = \frac{1}{\rho}$

y además:  $\tau_{ZX} = m \frac{\partial U}{\partial Z}$

Luego:

$$\frac{\partial \tau_{ZX}}{\partial Z} \cdot \frac{\Delta \Psi}{\Delta m} = \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_{ZX}}{\partial Z} = \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial Z} \left( \mu \frac{\partial U}{\partial Z} \right)$$

$$\text{ó } \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_{ZX}}{\partial Z} = \frac{\mu}{\rho} \frac{\partial^2 U}{\partial Z^2}$$

$$\frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_{ZX}}{\partial Z} = \nu \frac{\partial^2 U}{\partial Z^2}$$

Siendo  $\nu = \frac{\mu}{\rho}$ : coeficiente de viscosidad cinemática.

Para la atmósfera abajo de los 100 kilómetros, la viscosidad cinemática es tan pequeña que la viscosidad molecular es despreciable excepto en una --

delgada capa que dista unos pocos centímetros de la superficie terrestre - donde el corte vertical es muy grande. Fuera de esta superficie molecular--frontera la capa de momentum es transferida principalmente por movimiento - turbulento con remolino.

En fluidos turbulentos tales como la atmósfera es a menudo útil dibujar la pequeña escala de remolinos turbulento como "burbujas" discretas de fluido las cuales se mueven alrededor todas juntas en la gran escala del campo de flujo y transfieren momentum verticalmente en una manera análoga a las moléculas en viscosidad molecular. Por la demás semejanza, los efectos disipativos de la pequeña escala de movimientos turbulentos puede ser representada definiendo un coeficiente de viscosidad de remolino. Así la relación:

$$\frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_{ZX}}{\partial Z} = \nu \frac{\partial^2 U}{\partial Z^2}$$

Puede ser utilizada también para flujo turbulento con tal que el coeficiente de viscosidad de remolino sea utilizado en lugar de viscosidad molecular.

MARCO DE REFERENCIA NO NEWTONIANO Y FUERZAS "APARENTES".

Al discutir sobre el movimiento atmosférico, es natural utilizar un marco de referencia el cual es fijo con respecto a la tierra rotando. La primera Ley de Newton del movimiento establece que si una masa en movimiento uniforme relativo a un sistema de coordenadas fijo en el espacio, se mantendrá - en movimiento uniforme en ausencia de cualquier fuerza. Tal movimiento está referido como para movimiento inercial, y el marco de referencia fijo es un inercial o marco de referencia Newtoniano. Es claro, sin embargo, queẽ- un objeto en reposo con respecto a la rotación de la tierra, no está en reposo o en movimiento uniforme relativo a un sistema de coordenadas fijo en el espacio. Por lo tanto, el movimiento que parece ser movimiento inercial

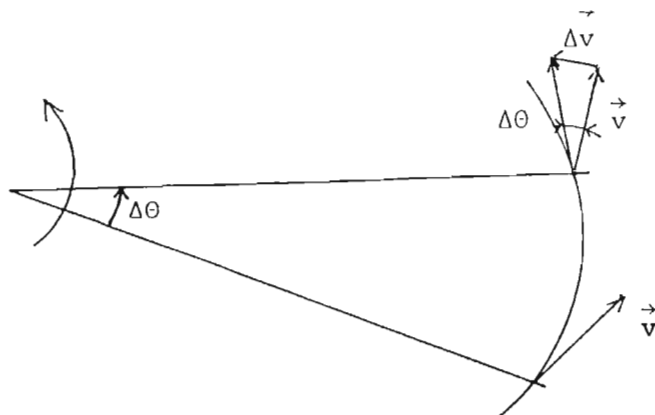


para un observador en la tierra rotando, el mismo marco de referencia, está realmente en movimiento acelerado. Por consiguiente, el marco rotando es un marco de referencia no Newtoniano. Las Leyes de Newton del Movimiento pueden únicamente ser aplicadas en un marco semejante si la aceleración del sistema de coordenadas es tomada en cuenta. El modo más satisfactorio de incluir el efecto de aceleración del sistema de coordenadas es introducir fuerzas "APARENTES" en el enunciado de la Segunda Ley de Newton. Estas fuerzas aparentes son la reacción inercial las cuales provienen a causa de la aceleración de las coordenadas.

Para un sistema de coordenadas en rotación uniforme, dos fuerzas "aparentes" son requeridas. La fuerza centrífuga y la fuerza de Coriolis.

#### LA FUERZA CENTRIFUGA

Considérese una bola de masa  $m$  la cual está unida por una cuerda y gira a través de un círculo de radio  $r$  a una velocidad angular constante  $\omega$ . Desde el punto de vista de un observador en un espacio fijo, la velocidad de la bola es constante, pero la dirección de viaje está continuamente cambiando, así que, esta velocidad no es constante. Para calcular la aceleración, deberá considerarse el cambio de velocidad  $\Delta \vec{v}$  el cual ocurre para un incremento de tiempo  $\Delta t$  durante el cual la bola rota y describe un ángulo  $\Delta \theta$  como se muestra en la figura:



Como  $\theta$  es también el ángulo entre los vectores  $\vec{v}$  y  $\vec{v} + \Delta\vec{v}$ , la magnitud de  $\Delta\vec{v}$  es:

$$|\Delta\vec{v}| = |\vec{v}| \Delta\theta$$

Dividendo por  $\Delta t$  y haciendo que en el límite  $\Delta t \rightarrow 0$ ,  $\Delta\vec{v}$  se acerca cuanto más, al eje de rotación y casi coinciden y se obtiene que:

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt} = |\vec{v}| \frac{d}{dt} \left( -\frac{\vec{r}}{r} \right)$$

Pero:  $|\vec{v}| = \omega r$  y  $\frac{dv}{dt} = \omega$

Así que:  $\frac{d\vec{v}}{dt} = \omega r \cdot \omega \cdot \left( -\frac{\vec{r}}{r} \right)$

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = -\omega^2 \vec{r}$$

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} \therefore -\vec{a} = \omega^2 \vec{r}$$

y  $\vec{F} = m \vec{a} \therefore -\vec{F}_r = m\omega^2 \vec{r}$

Por lo tanto, visto desde coordenadas fijas el movimiento es de aceleración uniforme dirigida hacia el eje de rotación, e igual al cuadrado de la velocidad angular veces la distancia del eje de rotación. Esta aceleración es llamada Aceleración Centrípetra, y es causada por la bola al halar la cuerda hacia afuera. Puede ahora suponerse que se observa el movimiento con un sistema de coordenadas rotando con la bola. En este sistema rotando, la bola fija, pero hay actuando una fuerza inmóvil sobre la bola, esto es, la que hala la cuerda. Por tanto, para aplicar la segunda Ley de Newton, para describir el movimiento relativo para este sistema de coordenadas rotando, deberá incluirse una fuerza aparente adicional, la fuerza centrífuga, la cual balancea la fuerza de la cuerda sobre la bola. Así, la fuerza centrífuga es equivalente a la reacción inercial de la bola sobre la cuerda y es

exactamente igual y opuesta a la fuerza centrípeta.

#### GRAVEDAD EFECTIVA

Una partícula de masa  $m$  en reposo sobre la superficie terrestre, observada en un marco de referencia rotando con respecto a la tierra, está sujeta a una fuerza centrífuga igual a:

$$\vec{F}_c = \Omega^2 \vec{R}$$

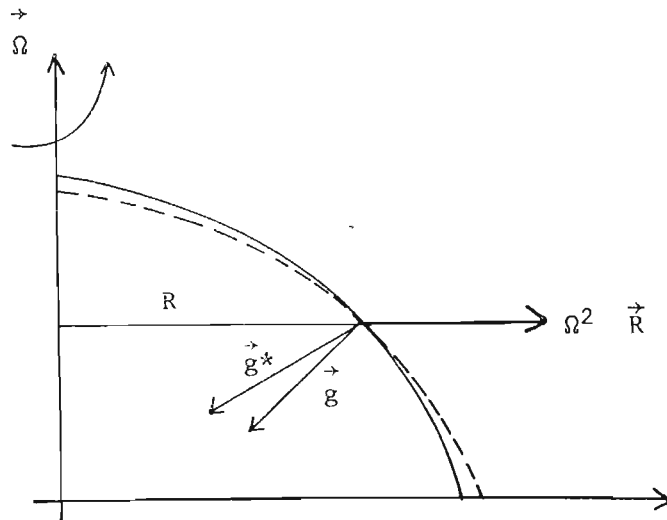
Siendo  $\Omega$  : la velocidad angular de rotación de la tierra.

$R$  : la distancia de rotación del eje de rotación para la partícula.

Así, el peso de la partícula de masa  $m$  en reposo sobre la superficie terrestre, es la fuerza de reacción de la tierra sobre la partícula, y sería menor que la fuerza gravitacional  $\vec{F}_g = m\vec{g}^*$  porque la fuerza centrífuga en parte balancea la fuerza gravitacional. Es, por lo tanto, conveniente combinar el efecto de fuerza gravitacional y fuerza centrífuga, definiendo una gravedad efectiva  $\vec{g}$ , tal que:

$$\vec{g} \equiv \vec{g}^* + \Omega^2 \vec{R}$$

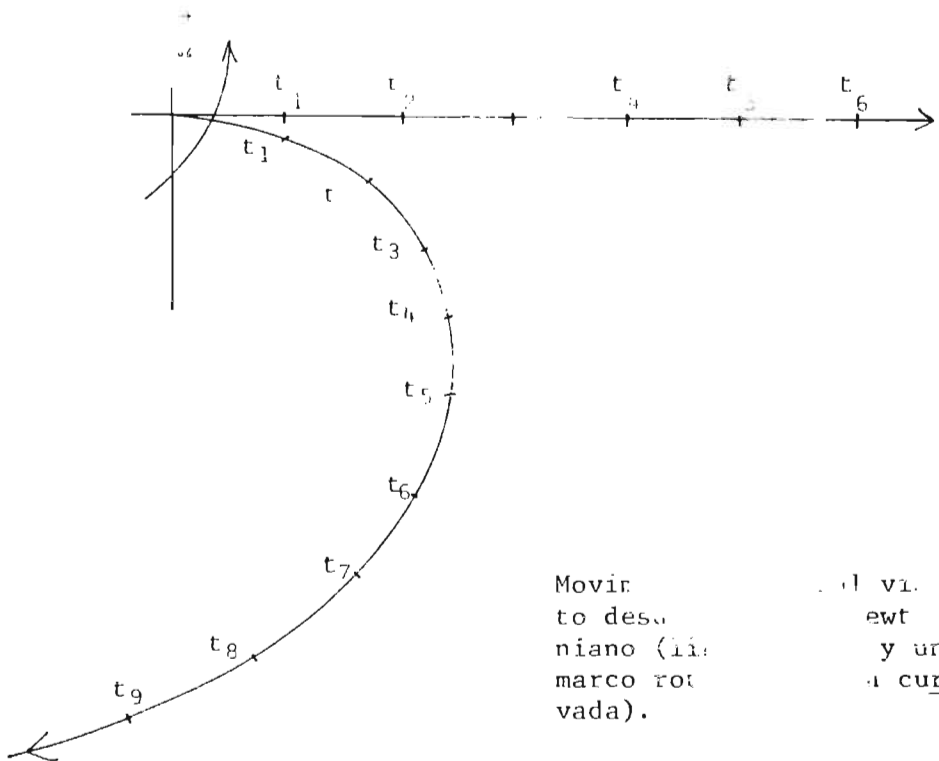
La aceleración gravitacional está dirigida hacia el centro de la tierra mientras la fuerza centrífuga está dirigida hacia afuera del eje de rotación. - Por lo tanto, excepto en los polos y en el Ecuador, la gravedad efectiva no está dirigida hacia el centro de la tierra,



LA FUERZA DE CORIOLIS

Se ha visto ya que la Segunda Ley de Newton puede ser aplicada en coordenadas rotando para describir un objeto en reposo con respecto al sistema rotando con tal que una fuerza aparente, la fuerza centrífuga este incluida entre las fuerzas actuando sobre el objeto. Si el objeto se está moviendo con respecto al sistema, una fuerza adicional aparente, la fuerza de Coriolis, es requerida para que la Segunda Ley de Newton se mantenga válida.

Supóngase, que un objeto está puesto en movimiento uniforme con respecto a un sistema de coordenadas inerciales. Si el objeto es observado desde un sistema rotando con el eje de rotación perpendicular al plano de movimiento, la trayectoria parecería ser curvada de la siguiente manera.



## LA ECUACION DEL MOVIMIENTO (La Ecuación de Momentum)

En un marco de referencia inercial, la Segunda Ley de Newton del Movimiento puede ser expresada como

$$\vec{F}_R = m\vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt}$$

$$\frac{\vec{F}_R}{m} = \frac{d\vec{v}}{dt} \quad (\text{fuerza resultante por unidad de masa})$$

$$\text{o} \quad \Sigma \frac{\vec{F}}{m} = \frac{d\vec{v}}{dt} \quad (\text{Suma de fuerzas reales actuando por unidad de masa})$$

La transformación de la ecuación de momentum a un sistema coordenado rotando, requiere una relación entre la derivada total de un vector en un marco de referencia inercial y la correspondiente derivada total en un sistema rotando.

Para derivar esta relación, sea  $\vec{A}$  un vector cualquiera cuyas coordenadas ortogonales en un marco de referencia inercial se expresan como:

$$\vec{A} = A'_x \hat{i}' + A'_y \hat{j}' + A'_z \hat{k}'$$

Si  $\frac{d_a \vec{A}}{dt}$  es la derivada total de  $\vec{A}$  en el marco inercial, se puede escribir que

$$\frac{d_a \vec{A}}{dt} = \frac{dA'_x}{dt} \hat{i}' + \frac{dA'_y}{dt} \hat{j}' + \frac{dA'_z}{dt} \hat{k}'$$

y en función de los componentes del sistema rotante,

$$\frac{d_a \vec{A}}{dt} = \frac{dA'_x}{dt} \hat{i}' + \frac{dA'_y}{dt} \hat{j}' + \frac{dA'_z}{dt} \hat{k}' + A'_x \frac{d\hat{i}'}{dt} + A'_y \frac{d\hat{j}'}{dt} + A'_z \frac{d\hat{k}'}{dt}$$

Pero:

$$\frac{dA'_x}{dt} \hat{i}' + \frac{dA'_y}{dt} \hat{j}' + \frac{dA'_z}{dt} \hat{k}' = \frac{d\vec{A}}{dt}$$

es la derivada total del vector  $\vec{A}$  respecto sistema coordenado rotante (es decir, la razón de cambio de  $\vec{A}$  siguiendo el movimiento relativo).

Ahora puesto que  $\hat{i}'$  puede considerarse como un vector de posición de longitud unitaria. Y  $\frac{d\hat{i}'}{dt}$  es la velocidad de  $\hat{i}'$  debido a su rotación. Así, se tendrá que:

$$\frac{d\hat{i}'}{dt} = \vec{\Omega} \times \hat{i}'$$

$$\frac{d\hat{j}'}{dt} = \vec{\Omega} \times \hat{j}'$$

$$\frac{d\hat{k}'}{dt} = \vec{\Omega} \times \hat{k}'$$

entonces se puede escribir que:

$$\frac{d_a \vec{A}}{dt} = \frac{d\vec{A}}{dt} + \vec{\Omega} \times \vec{A}$$

Aplicando el resultado obtenido al hacer la diferencia total del vector  $\vec{A}$  en un sistema rotante, entonces se puede hacer la correspondiente transformación para coordenadas rotando. Así, puede encontrarse una relación para la velocidad absoluta de un objeto rotando sobre la tierra ( $\vec{V}_a$ ) y de tal forma que como:

$$\frac{d_a \vec{A}}{dt} = \frac{d_r \vec{A}}{dt} + \vec{\Omega} \times \vec{A}$$

esta misma forma se puede aplicar a la expresión de la Segunda Ley de Newton y hacer:

$$\frac{d_a \vec{V}_a}{dt} = \Sigma \frac{\vec{F}}{m}$$

de la misma forma se puede operar para un vector de posición  $\vec{r}$  para una parcela de aire rotando sobre la Tierra:

$$\frac{d_a \vec{r}}{dt} = \frac{d\vec{r}}{dt} + \vec{\Omega} \times \vec{r}$$

Pero:

$$\frac{d_a \vec{r}}{dt} \equiv \vec{V}_a \text{ y } \frac{d\vec{r}}{dt} \equiv \vec{V}$$

Así que:

$$\vec{V}_a = \vec{V} + \vec{\Omega} \times \vec{r}$$

La expresión anterior establece que la velocidad absoluta de un objeto rotando sobre la tierra es igual a la velocidad relativa de la tierra ( $\vec{V}$ ) --

más la velocidad debido a la rotación de la tierra,

Entonces aplicando el resultado de  $\vec{A}$  la expresión anterior, se tendrá que:

$$\frac{d_a \vec{V}_a}{dt} = \frac{d_r \vec{V}_a}{dt} + \vec{\Omega} \times \vec{V}_a$$

Luego:

$$\begin{aligned} \frac{d_a \vec{V}_a}{dt} &= \frac{d_r}{dt} (\vec{v} + \vec{\Omega} \times \vec{r}) + \vec{\Omega} \times (\vec{v} + \vec{\Omega} \times \vec{r}) \\ &= \frac{d_r \vec{v}}{dt} + \frac{d_r (\vec{\Omega} \times \vec{r})}{dt} + \vec{\Omega} \times \vec{v} + \vec{\Omega} \times (\vec{\Omega} \times \vec{r}) \\ &= \frac{d_r \vec{v}}{dt} + \frac{d_r \vec{\Omega}}{dt} \times \vec{r} + \vec{\Omega} \times \frac{d_r \vec{r}}{dt} + \vec{\Omega} \times \vec{v} + \vec{\Omega} \times (\vec{\Omega} \times \vec{r}) \\ &= \frac{d_r \vec{v}}{dt} + \vec{\Omega} \times \frac{d_r \vec{r}}{dt} + \vec{\Omega} \times \vec{v} + \vec{\Omega} \times (\vec{\Omega} \times \vec{r}) \\ &= \frac{d_r \vec{v}}{dt} + \vec{\Omega} \times \vec{v} + \vec{\Omega} \times \vec{v} + \vec{\Omega} \times (\vec{\Omega} \times \vec{r}) \\ &= \frac{d_r \vec{v}}{dt} + 2 \vec{\Omega} \times \vec{v} + \vec{\Omega} \times (\vec{\Omega} \times \vec{r}) \end{aligned}$$

Si se analiza el caso particular cuando el vector  $r$  es perpendicular al - eje de rotación y con magnitud igual a la distancia al eje de rotación, se obtiene el siguiente resultado:

$$\vec{\Omega} \times (\vec{\Omega} \times \vec{r}) = \vec{\Omega} \times (\vec{\Omega} \times \vec{R})$$

Aplicando la identidad para el triple producto vectorial  $(\vec{A} \times (\vec{B} \times \vec{C})) = \vec{B} \cdot (\vec{A} \times \vec{C}) - \vec{C} \cdot (\vec{A} \times \vec{B})$ ,

$$\begin{aligned} \text{entonces: } \vec{\Omega} \times (\vec{\Omega} \times \vec{R}) &= \vec{\Omega} \cdot (\vec{\Omega} \times \vec{R}) - \vec{R} \cdot (\vec{\Omega} \times \vec{\Omega}) \\ &= \vec{\Omega} \cdot 0 - \vec{R} \cdot (\Omega^2) \end{aligned}$$

$$= 0 - \vec{R} (\Omega^2)$$

$$\vec{\Omega} \times (\vec{\Omega} \times \vec{R}) = -\Omega^2 \vec{R}$$

Finalmente se llega al siguiente resultado:

$$\frac{d_a \vec{V}_a}{dt} = \frac{d_r \vec{V}}{dt} + 2\vec{\Omega} \times \vec{V} - \Omega^2 \vec{R}$$

Esta expresión, establece que la aceleración siguiendo el movimiento en un sistema inercial es igual a la aceleración siguiendo el movimiento relativo en un sistema rotando más la aceleración de Coriolis más la aceleración centrípeta.

Si se asume que las únicas fuerzas reales actuando en la atmósfera son la fuerza gradiente de presión, la fuerza gravitacional y la fricción, la segunda ley de Newton se puede escribir como:

$$\Sigma \vec{F}_i = \vec{F}_p + \vec{F}_g + \vec{F}_r$$

$$\frac{d_a \vec{V}_a}{dt} = -\frac{1}{\rho} \vec{\nabla} P + \vec{g}^* + \vec{F}_r$$

y como:

$$\frac{d_a \vec{V}_a}{dt} = \frac{d_r \vec{V}}{dt} + 2\vec{\Omega} \times \vec{V} - \Omega^2 \vec{R}$$

y ahora igualando ambas expresiones, se lleva al siguiente resultado:

$$\frac{d_r \vec{V}}{dt} + 2\vec{\Omega} \times \vec{V} - \Omega^2 \vec{R} = -\frac{1}{\rho} \vec{\nabla} P + \vec{g}^* + \vec{F}_r$$

$$\frac{d_r \vec{V}}{dt} = -\frac{1}{\rho} \vec{\nabla} P + \vec{g}^* + \Omega^2 \vec{R} - 2\vec{\Omega} \times \vec{V} + \vec{F}_r$$

$$= -\frac{1}{\rho} \vec{\nabla} P + \vec{g} - 2\vec{\Omega} \times \vec{V} + \vec{F}_r$$

$$\therefore \frac{dV}{dt} = -2\vec{\Omega} \times \vec{V} - \frac{1}{\rho} \vec{\nabla} P + \vec{g} + \vec{F}_r$$



Esta expresión, es el enunciado de la segunda ley de Newton para el movimiento relativo en un sistema coordinado rotando. Establece que la aceleración - siguiendo el movimiento relativo en el marco rotando es igual a la suma de la fuerza de Coriolis, la fuerza gradiente de presión, la gravedad efectiva y la fricción. Esta es la forma de la ecuación de momentum.

### CAPITULO III

#### MOVILIDAD DE LAS MASAS DE AIRE

## EL AIRE

En términos bien generales, puede decirse que el aire no es más que una composición de elementos corpusculares con dimensiones del orden de las micras, todos entre sí se agrupan para formar cantidades que dimensionalmente ocupan un volumen, como tales, poseen características propias, es decir, que algunas de ellas son más ligeras que otras dependiendo de su composición. Así, puede decirse que ellas poseen ciertas densidades; esto si hablamos de ellas en particular, pero macroscópicamente hablando, puede decirse que el aire posee cierta densidad. Refiriéndose a la atmósfera libre puede decirse también que las partículas que la circundan se agrupan entre sí para formar masas y que por acción de algunos factores como temperaturas, presión\*, radiación solar, humedad, etc., dan estas masas características dinámicas, es decir, le dan movilidad.

## ORIGEN DE LA VELOCIDAD.

Si la temperatura y la presión atmosférica fueren uniformes en toda la tierra, el aire se estaría quieto. La radiación solar y el movimiento de rotación de nuestro planeta producen un desequilibrio en la atmósfera, haciendo que las masas de aire se pongan en movimiento.

El aire como una masa que es, sufre la fuerza de atracción de la Tierra y ejerce un peso (presión) sobre la superficie terrestre. La diferencia de presión en la atmósfera provoca el viento. Se observa pues, que la propiedad más sobresaliente del aire es su movilidad, que se manifiesta en los vientos. Puede decirse entonces, que el viento es el aire en movimiento --

---

\* Véase Castillo M., Celauro Antonio Tesis 1969 I.C.

respecto a la superficie terrestre.

#### MEDIDA DE LA VELOCIDAD.

Por su característica de movilidad, el aire puede manifestarse con mayor o menor rapidez dependiendo de cómo se estén comportando los factores que lo afectan y el lugar donde se están generando estas variaciones. Así, se hace necesario cuantificar las fluctuaciones todo el tiempo o en un período de interés considerado, según se consideren los fines de las investigaciones.

Para tener una idea real de las variaciones del aire en su movilidad, se dispone de aparatos que en un principio fueron mecánicos y ahora electrónicos denominados Anemómetro o en forma más sofisticada anemocinemógrafo. Básicamente, dicho aparato consta de un dispositivo de choque con el aire que es accionado en forma rotativa para medir movilidad y otro similar para medir dirección nominado veleta.

Ambas características, velocidad y dirección, se registran simultáneamente en una carta especialmente diseñada para ello obteniéndose así un registro o Anemograma o Carta Anemográfica.

#### DIRECCION DEL VIENTO

La Dirección del viento es el punto del horizonte de "donde sopla" no el punto hacia donde va. Así, para designar la dirección de los distintos vientos, se ha recurrido a los puntos cardinales N (Norte), S (Sur) E (Este) y O (Oeste) y a sus rumbos intermedios. El conjunto de direcciones, se denomina "Rosa de los Vientos".

Para una orientación exacta de cada lugar, puede investigarse la meridiana del lugar: que marca la dirección N-S sobre el Horizonte del lugar\* -.

En el caso nuestro, no estamos interesados en la dirección que presenta. El viento como ya se describió, presenta variadas direcciones en condiciones diferentes. En todo caso, se considerará que puede actuar en cualquier dirección pero que se considera que está actuando en las direcciones convencionales ortogonales, sin considerar dirección exacta excepto las -- descritas.

#### LA VELOCIDAD DEL VIENTO.

La velocidad realmente es un vector. En general, se dice que una partícula posee movimiento curvilíneo cuando su trayectoria no es una línea recta; pero sí solo necesita especificar la magnitud del vector velocidad denominada rapidez y el sentido, dado que es conocida su dirección, entonces puede escribirse que :

$$\Delta v = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad \text{ó} \quad v = \frac{dS}{dt}$$

Siendo la velocidad media y la velocidad instantánea respectivamente.

O sencillamente puede decirse que la velocidad es el espacio a que recorrería en la unidad de tiempo y está dada en metros por segundo, kilómetros por hora, millas por hora, nudos.

#### MEDIDA DE LA VELOCIDAD

En los observatorios meteorológicos, se encuentran instalados instrumentos de medición de velocidad de viento, éstos pueden ser de lectura directa -- o de registro automático. Para nuestros fines, interesa medir velocidades extremas o máximas y velocidades momentáneas o de ráfaga.

---

\* Véase topografía de Miguel Montes de Oca.

El instrumento para medir velocidad de viento es el anemómetro. Para registrar las velocidades se utilizan los anemógrafos y para el caso, nos estamos refiriendo al Anemógrafo FUESS ó Anemocinemógrafo, tipo de aparato que aunque pocos son los instalados en nuestra red de observatorios meteorológicos, son los más completos disponibles para medir las características del viento.

En forma muy breve, puede decirse que esencialmente estos aparatos consisten de:

- a) Una veleta registradora de la dirección del viento.
- b) Un anemómetro registrador de recorrido del viento.
- c) Un anemómetro neumático de flotador registrador de ráfagas y velocidad instantánea .

#### CARTAS DE REGISTRO

Los mecanismos antes citados, actúan graficando los elementos que miden sobre una faja (ver registro típico) que se asienta en el tambor. La dirección del viento en la parte superior, el recorrido del viento en la parte intermedia, y la velocidad instantánea en la parte inferior.

#### EXPOSICION DE LOS INSTRUMENTOS PARA DETERMINAR EL VIENTO EN LA SUPERFICIE

La altura normalizada, para instalar estos instrumentos en terreno llano y libre de obstáculos es de 10 metros sobre el suelo, entendiéndose por descubierta una zona en que la distancia entre el anemómetro y un obstáculo, es igual a diez veces la altura de éste.

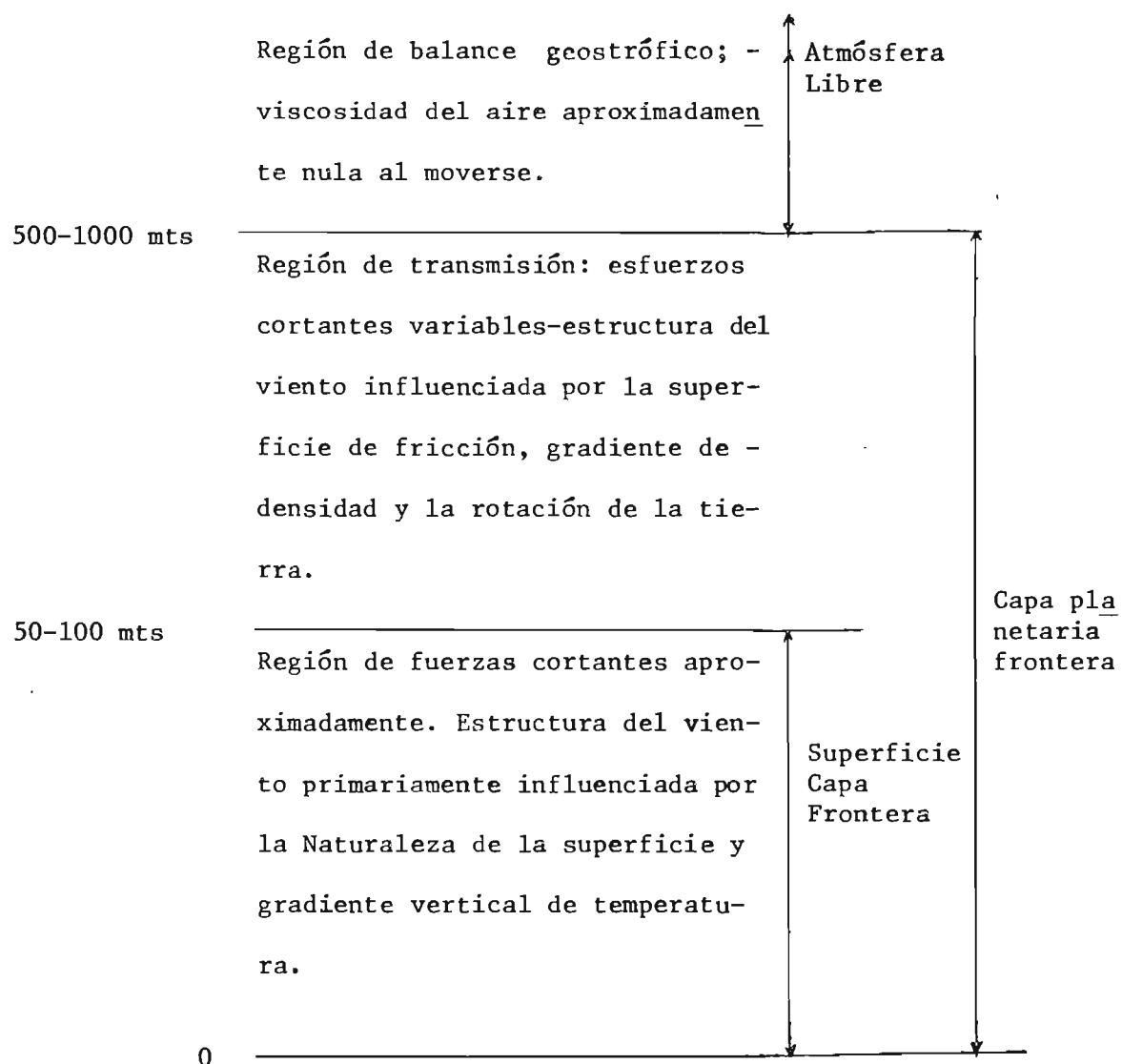
Si la altura no es la definida, las indicaciones de velocidad del viento deberán corregirse con ayuda de una tabla que generalmente se elabora --

para comparar los valores obtenidos a diferentes alturas. Es la siguiente:

Altura Efectiva	Razón
2 metros	1.28
4 "	1.18
10 "	1.00
15 "	0.93
20 "	0.66

## VARIACION DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO CON LA ALTURA

El movimiento del aire fundamentalmente, es una función de la masa, gravedad, gradiente de presión (horizontal y vertical), gradiente de temperatura. En las cercanías de la superficie terrestre, la viscosidad y la rugosidad son factores de gran importancia. Pudiendo existir diferentes comportamientos de las masas de aire en la atmósfera. Sutton concibió diferentes regiones en la atmósfera libre, así, puede diferenciarlas a través de la altura de la la siguiente forma:





Naturalmente, que en estas condiciones las masas de aire al moverse se comportarán diferentes a diferentes alturas. En la región más baja encontrará mayores dificultades para fluir libremente. De esta forma pues, tendremos diferentes tipos de flujo: laminar, uniforme, turbulencias en el caso más extremo, en donde el movimiento del aire es bien azaroso.

Blasius\*(1913), quien encontró resistencia empíricamente formulada para el flujo turbulento de fluidos a través de láminas en tuberías circulares en términos del número de Reynolds.

$$\bar{C}_f = \frac{0.0791}{(\bar{R}_e)^{1/4}}$$

donde  $\bar{C}_f$  es el coeficiente de fricción en la superficie local ( $\bar{C}_f = \frac{\tau_w}{\frac{1}{2} \rho \bar{U}^2}$ )

y  $(\bar{R}_e)$  es el número de Reynolds y  $\tau_w = \mu_w \left[ \frac{\partial u}{\partial y} \right]_y$  son esfuerzos en paredes de la tubería. Basado en la velocidad promedio de flujo  $\bar{U}$ .

Prandtl, propuso un perfil de velocidad de la forma:

$$\frac{u}{U_1} = \left( \frac{u}{\delta} \right)^n$$

donde  $u$  = Velocidad local de vapor.

$U_1$  = Velocidad máxima (por ejemplo al centro de la tubería o en la -  
capa extrema.

$\delta$  = Radio de la tubería o capa frontera en el espesor de la tubería.

Al relacionar las expresiones de Blasius y la de Prandtl con aproximada -  
asunción de  $\tau_w$  basado en consideraciones de flujo uniforme, el índice  $n$   
fue encontrado que era 1/7.

---

\* Para una mejor ilustración del trabajo de Blasius, véase el Apéndice A de la Mecánica de Fluidos de Irving H. Shames.

La ley de potencia más general para el perfil de velocidad está expresado en la siguiente forma:

$$\frac{u}{U_1} = \left( \frac{y}{a} \right)^\alpha$$

donde a: puede ser considerada como la dradiente de altura.

La ley de la "raíz séptima" es utilizada para valores de  $(Re)_a \approx 1.5 \times 10^5$ . Para valores más grandes, el exponente  $\alpha$  decrece progresivamente a  $1/8$  para  $(Re)_a = 4 \times 10^5$ ,  $1/9$  para  $(Re)_a = 1.2 \times 10^6$ . Tales perfiles aplicados sobre flujos a paredes laminares; para flujos en superficies rugosas el índice llega a ser mayor, con un valor de aproximadamente  $1/3$  para paredes muy rugosas.

DAVEMPORT A.G. (1960) encontró que la velocidad varía con la altura para diferentes condiciones de viscosidad y rugosidad en la superficie terrestre, al respecto propuso los siguientes resultados:

#### EXONENTES SUGERIDOS PARA LA LEY DE POTENCIA

DESCRIPCION DEL TERRENO	Exponentes de la Ley de Potencia.
Para campo abierto, zona costera llana, pequeñas islas pradera, llanuras, potreros, tundra, etc.	1/7
Para campos con arboleda, parques, centros - ciudades alrededores de grandes ciudades, zonas de la costa escabrosas.	1/3.5
Para Centros de grandes ciudades.	1/2.5

Unicamente cuando la superficie es relativamente plana, el exponente es  $1/7$  y para superficies según la oposición a la acción del viento el exponente se acerca a la unidad.

## CAPITULO IV

### DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD

DISTRIBUCION DE PROBABILIDADES DE VELOCIDADES  
EXTREMAS

En modernos Códigos de construcción y standards, la velocidad base para diseño están especificadas en términos probabilísticos. En cualquier estación dado en cualquier registro de viento relativo a un número de años están disponibles, una variable aleatoria puede ser definida, la cual consta de la mayor velocidad de viento para todos los años en un registro. Utilizando estos resultados, la acumulativa función de distribución (CDF) de esta variable aleatoria puede, al menos en teoría, ser estimada para caracterizar el comportamiento probabilístico de las mayores velocidades de viento anualmente. La velocidad básica de diseño está entonces definido como la velocidad correspondiente a un valor especificado,  $F_0$ , de la CDF ó, equivalentemente (en vista de la relación  $\bar{N} = \frac{1}{(1-F_0)}$ , en la cual  $\bar{N}$  = intervalo de medio de recurrencia), como la velocidad correspondiente a un especificado intervalo de recurrencia medio. Por ejemplo, la American National Standard A 58.1 especifica que una velocidad básica de viento de diseño correspondiente a un intervalo medio de recurrencia de 50 años -- (Ej. para un valor  $F_0$  de la CDF igual a 0.98, o para una probabilidad de excedencia de la velocidad de viento básica en un año cualquiera es igual a 0.02) es utilizada al proyectar todas las estructuras permanentes, excepto para estructuras con un alto grado de riesgo para la vida y propiedad en caso de falla, para lo cual un intervalo medio de recurrencia de 100 años ( $F_0 = 0.99$ ) debe ser utilizado y estructuras que no tienen ocupación humana o donde hay despreciable riesgo para la vida humana, para lo cual un intervalo medio de recurrencia de 25 años puede ser utilizado --

( $F_0 = 0.96$ ). Una velocidad de viento correspondiente a un  $\bar{N}$  años de un intervalo de recurrencia está comúnmente referido como el viento de  $\bar{N}$  años. Los intervalos medios de recurrencia especificados por los Códigos de Construcción, mejor dicho que están siendo basados en un análisis formal de riesgo (lo cual es una práctica no factible en el presente estado del arte) están seleccionados de una manera tal como la velocidad de viento básica las que por concensum profesional, están juzgadas para ser adecuadas desde el punto de la seguridad. Sin embargo la definición probabilística de velocidad de viento de diseño, en teoría, ofrece la ventaja de asegurar un cierto grado de consistencia al estimar el efecto de las cargas de viento sobre la seguridad estructural. Esto es verdadero en el sentido de que todas las otras condiciones están siendo iguales, si apropiados intervalos medios de recurrencia son utilizados en diseño, la probabilidad de falla de edificios en diferentes vientos climáticos, en término medio, podría ser la misma.

En la aplicación práctica de la aproximación probabilística para la definición de la velocidad de viento de diseño, ciertas dudas importantes pueden surgir. Una de tales dudas pertenecen al tipo de la mejor distribución de probabilidades con viento para modelar el comportamiento probabilístico de las velocidades extremas. Las estipulaciones de The National Building Code of Canada, están basadas en que este mejor comportamiento está modelado por una distribución del tipo I (Gumbel). La American National Standard A 58.1, sin embargo, asume el modelo apropiado es una distribución del Tipo I (ERECHET) con parámetros de localización igual a cero y con especificados parámetros de cola larga.

Una segunda cuestión importante es que los registros pertenezcan a un

período de aproximadamente 20 años, de preferencia, sin embargo, en caso último podría utilizarse un período mínimo de 15 años con bastante confiabilidad, por ejemplo, tales períodos han sido utilizados para el desarrollo de mapas de intensidad de viento en la American National Standard A 58.1 y son suficientes para hacer predicciones de velocidades de viento extremas dignas de confianza.

#### DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD PARA LAS MAS GRANDES VELOCIDADES DE VIENTO ANUALMENTE.

Basados en condiciones probabilísticas, en forma empírica se ha sugerido una distribución de probabilidad asintótica con ilimitada cola superior como un modelo apropiado para el comportamiento de las más grandes velocidades de viento anualmente. Hay dos de estos modelos de distribución conocidos como distribución Tipo I y Tipo II, y cuyas funciones acumulativas de distribución (CDF) son  $F_I(v)$  y  $F_{II}(v)$  respectivamente y son de la forma:

$$F_I(v) = \exp \left[ -\exp \left( -\frac{v-\mu}{\sigma} \right) \right] \text{ para } \begin{array}{l} -\infty < v < \infty \\ -\infty < \mu < \infty \\ 0 < \sigma < \infty \end{array}$$

$$F_{II}(v) = \exp \left[ -\left( \frac{v-\mu}{\sigma} \right)^{-\gamma} \right] \text{ para } \begin{array}{l} \mu < v < \infty \\ -\infty < \mu < \infty \\ -\infty < \sigma < \infty \\ \gamma < 0 \end{array}$$

Siendo  $\mu$  : Parámetro de situación (o de localidad)

$\sigma$  : Parámetro de escala de distribución de probabilidad.

$\gamma$  : Parámetro de longitud de cola (extremo)

$v$  : La mayor velocidad de viento anualmente

Es conveniente en muchas aplicaciones, utilizar la función inversa de la CDF, conocida como la función porcentaje punto (PPF) y para cada una de las dos distribuciones antes apuntadas, la PPF respectiva es:

$$v(F_I) = \mu - \sigma \ln(-\ln F_I) \quad \text{para } 0 < F_I < 1$$

$$v(F_{II}) = \mu + \sigma (-\ln F_{II})^{-\frac{1}{\gamma}} \quad \text{para } 0 < F_{II} < 1$$

Es usual denotar el valor de la CDF  $F_I$  ó  $F_{II}$  como  $P$  y  $v(F) = G_{X_Y}(P)$ , con esta notación, la  $v(F_{II})$  se convierte en:

$$G_{X_Y}(P) = \mu + \sigma (-\ln P)^{-\frac{1}{\gamma}} \quad \text{para } 0 < P < 1$$

La distribución de probabilidad de los más grandes valores de velocidad - depende de la forma fundamental (o inicial) de distribución. Por ejemplo, la distribución de la población madre de velocidades de viento de la cual los mayores valores han sido extraídos. La distribución fundamental es - del tipo exponencial si esta CDF converge hacia la unidad con aumento de valores en forma rápida o más rápida que la CDF de la distribución exponencial o de otro modo, se dice que es del tipo de CAUCHY. Bajo la asunción de independencia estadística, ésta puede comportarse asintóticamente.



FORMA DE ESTIMAR EL VALOR DE LA VELOCIDAD ( $v$ ) Y LOS PARAMETROS  $\gamma$ ,  $\mu$  y  $\sigma$

Dada una variable aleatoria  $X$  con una distribución de probabilidad  $D$  y - dada una muestra entera de tamaño  $n$ , es posible de consideraciones probabilísticas, derivar matemáticamente la distribución del mínimo, segundo mínimo, y generalmente los  $i$ -ésimos mínimos valores de  $X$  en una muestra de tamaño  $n$ .

Hay varias cantidades que pueden ser utilizadas para medir la situación del  $i$ -ésimo mínimo valor de  $X_i$  (la media, la mediana, o la moda). Es conveniente usar la mediana como una medida de situación al calcular el coeficiente de correlación; estas medianas de la distribución del  $i$ -ésimo mínimo valor es denotado por  $M_i(D)$ .

Si la serie fue generada por la distribución  $D$ , entonces al lado de un - factor de situación y un factor de escala,  $X_i$  será aproximadamente igual a  $M_i(D)$  para todo  $i$ , y así la gráfica de  $X_i$  versus  $M_i(D)$  | como para referirse a una gráfica de velocidad máxima ( $v$ ) | será aproximadamente lineal. Esta linealidad se comprobará con valor cercano a la unidad para el coeficiente de correlación ( $r_D$ ). Así, la mejor la conveniente de la distribución,  $D$ , para los datos, es la que cumple ser que el coeficiente de correlación se aproxima a la unidad ( $r_D \approx 1$ ).

Habrá que realizar una cantidad de gráficas de Probabilidad y calcular - su respectivo coeficiente de correlación.

El valor de  $\gamma$  es determinado como el  $\gamma$  el cual produce el más próximo conveniente para la serie de datos observada.

(Los varios valores de  $\gamma$  pueden ser definidos por ejemplo desde 1 a 25 en pasos (escalones) de 1, desde 25 a 50 en pasos de 5, desde 50 a 100 en pasos de 10, desde 100 a 500 en pasos de 50, desde 500 a 1000 en pasos de 250 y  $\gamma = \infty$ ).

El resultado es un valor de  $\gamma$  óptimo, de  $\gamma$  correspondiente para la mejor estimada distribución conveniente.

Una gráfica de probabilidad máxima puede ser obtenida al utilizar el criterio del más "próximo conveniente" cuyo coeficiente de correlación puede ser definido como:

$$r_D = \text{Corr.}(X, M) = \frac{\sum(X_i - \bar{X}) |M_i(D) - \overline{M(D)}|}{\{\sum(X_i - \bar{X})^2 |M_i(D) - \overline{M(D)}|^2\}^{1/2}}$$

$$\text{En el cual } \bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$\overline{M(D)} = \frac{\sum M_i(D)}{n}$$

$n$  = Tamaño de la muestra.

$D$  = Distribución de probabilidad ensayada.

Si una recta de mínimos cuadrados es conveniente para graficar la probabilidad de  $\gamma_{\text{opt}}$ , entonces se puede calcular el intercepto y la pendiente de la línea conveniente que sirve para estimar los parámetros desconocidos  $\mu$  y  $\sigma$  respectivamente.

En términos de  $X_i$  y  $M_i(D)$  los valores estimados de los parámetros  $\mu$  y  $\sigma$  se pueden obtener como:

## EXPLICACION DE CUADROS

Al investigar velocidades máximas de viento, se hizo para las estaciones ITIC-OBSERVATORIO, ILOPANGO-AEROPUERTO, MATRIZ-SOYAPANGO y EL BOQUERON, ya que eran las estaciones disponibles para cubrir el área de estudio propuesta. En todos ellos se muestra la velocidad máxima por mes en cada año y además, la máxima velocidad de cada año en el período de registro que cubre una cubre. De tal forma que puede elegirse fácilmente cuál sería la velocidad sobresaliente en el período de registro.

A la vez en el cuadro de pág. 53 a 55 se muestra en forma comparativa para las estaciones AEROPUERTO-ILOPANGO, ITIC-OBSERVATORIO, las velocidades máximas registradas en la misma forma que se explicó antes pero para un período común de registro de trece años. En este cuadro puede notarse la variación de velocidad con altura. De igual forma para los cuadros de Pág. 56 a 57 la comparación de máximas velocidades se realiza para tres estaciones - para un período reciente de cinco años (1973-1977), de los cuales es posible deducir más claramente algunos perfiles de velocidad para San Salvador.

En el cuadro de Pág. 64 se muestra los valores de ráfaga máxima registrada en un período de catorce años para una de las estaciones de mayor registro ILOPANGO-AEROPUERTO y para la Estación MATRIZ-SOYAPANGO, Pág. 65, más recientemente para un período de registro de cinco años.

Finalmente, un cuadro bien particular en el que se muestra la ocurrencia de la ráfaga y su velocidad, período de duración y la columna de aire que pasó en este determinado período de acción prominente.-

Un resumen de lo expuesto es el siguiente:

CUADROS CONTENIENDO:

Velocidades máximas para Estaciones

ITIC - Observatorio	1955 - 1977	→	23 años
Ilopango-Aeropuerto	1954 - 1970	→	20 años
Matriz-Soyapango	1973 - 1977	→	5 años
El Boquerón	1973 - 1977	→	5 años

Comparación de máximas velocidades para estaciones

ITIC - Observatorio	}	1958 - 1970	→	13 años
Ilopango-Aeropuerto				

Comparación de Máximas velocidades y además según elevación SNMM a la que se encuentran (paradedu--cir perfiles de velocidad e investigar variación de velocidad máxima con la altura (V - H).

Matriz - Soyapango	}			
ITIC - Observatorio		1973 - 1977	→	5 años
El Boquerón				

Ráfagas Máximas

Ilopango-Aeropuerto	1954 - 1970	→	17 años
Matriz-Soyapango	1973 - 1977	→	5 años

Gráficas de Perfiles de Velocidad ( $V_{\text{máx}} - H$ ) máxima para años 1973 - 1977 respectivamente. (5 años).

ESTACION ITIC-OBSERVATORIO

VELOCIDAD MAXIMA DEL VIENTO EN KM/HR

ELEVACION SNMM

ELEVACION ST = 10,008 CODIGO 54

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
1955	-	-	-	19	21	19	15	16	19	24	25	30	30
1956	38	25	27	22	21	16	18	19	17	26	29	27	38
1957	27	22	27	20	23	19	19	20	18	31	28	36	36
1958	33	26	25	21	20	23	16	20	16	22	21	27	33
1959	36	22	30	24	25	23	18	15	21	20	37	33	
1960	34	27	33	29	20	21	19	17	17	19	28	39	39
1961	27	30	36	23	21	19	18	21	19	22	25	25	36
1962	35	20	29	29	22	16	20	16	16	20	26	27	35
1963	25	29	26	20	21	17	16	18	17	21	35	30	35
1964	34	21	20	18	19	16	16	17	18	28	25	26	34
1965	38	32	23	19	21	15	21	20	18	27	24	26	38
1966	31	27	28	18	16	18	18	16	15	28	35	27	31
1967	28	32	23	20	19	19	18	18	17	26	28	29	32
1968	26	29	35	21	18	15	22	19	16	25	30	28	35
1969	24	25	26	20	18	15	17	14	14	15	34	26	34
1970	28	31	23	21	21	18	17	16	19	17	28	26	31
1971	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1972	21	32	26	19	16	18	17	17	17	19	18	35	35
1973	36	28	31	21	22	16	16	16	20	16	24	28	36

ESTACION ITIC-OBSERVATORIO VELOCIDAD MAXIMA DEL VIENTO EN KM/HR ELEVACION SNMM ELEVACION ST = 10,000 COGIDO S4

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
1974	16	31	24	22	18	14	17	19	22	24	24	26	31
1975	26	23	18	18	16	16	16	17	20	20	25	22	26
1976	29	29	23	18	19	18	20	16	18	22	30	25	30
1977	27	27	29	31	18	17	18	15	17	24	24	27	31

ESTACION ILOPANGO-AEROPUERTO VELOCIDAD MAXIMA DEL VIENTO EN KM/HR ELEVACION SMM ELEVACION ST 10,000 CODIGO

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
1954	-	-	26	29	19	24	26	21	24	28	30		30
1955	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1956	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1957				29	21	35	29	36					36
1958	34	34	32	28	29	37	23	25	25	24	24	32	37
1959	34	28	31	27	35	27	22	25	25	20	40	36	40
1960	39	33	34	31	25	27	26	26	36	28	29	43	43
1961	36	40	36	29	25	50	36	36	29	36	32	29	50
1962	40	25	40	36	36	29	29	36	36	29	36	29	40
1963	29	34	36	32	31	28	23	27	35	29	40	40	40
1964	40	29	32	32	36	36	36	29	32	36	36	32	40
1965	43	40	29	31	40	36	43	43	40	36	31	36	43
1966	41	36	38	31	32	31	36	36	32	36	36	38	41
1967	38	41	31	29	32	27	26	26	27	30	37	36	41
1968	29	39	39	31	32	22	25	26	23	33	38	36	39
1969	27	28	32	28	25	36	23	20	22	24	43	33	43
1970	40	44	34	31	28	28	24	23	27	24	38	33	44
1971	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1972	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1973	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ESTACION ILOPANGO-AEROPUERTO VELOCIDAD MAXIMA DEL VIENTO EN Km/Hr. ELEVACION SMMM ELEVACION ST 10,000 CODIGO

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ARO	
1973	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Sin registro
1974	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Hasta 1977



ESTACION MATRIZ-SOYAPANGO

VELOCIDAD MAXIMA DEL VIENTO EN KM/HR.

ELEVACION SNMM 650

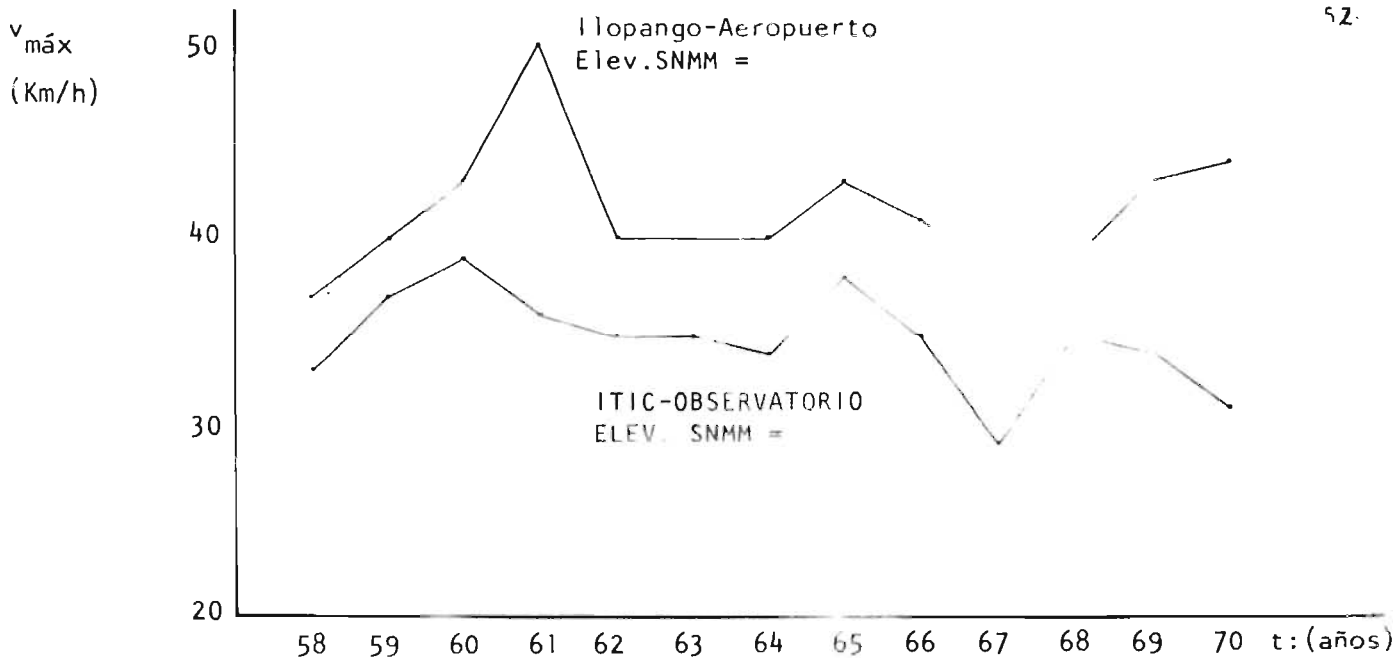
ELEVACION ST 10,000 CODIGO

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
1973	22	18	20	14	14	11	12	11	21	10	18	19	22
1974	18	28	16	17	14	13	14	12	17	14	14	15	28
1975	20	17	15	15	15	12	11	10	12	13	22	15	22
1976	20	21	17	17	16	16	12	12	13	16	18	16	21
1977	17	20	27	26	20	13	14	15	15	15	19	20	27

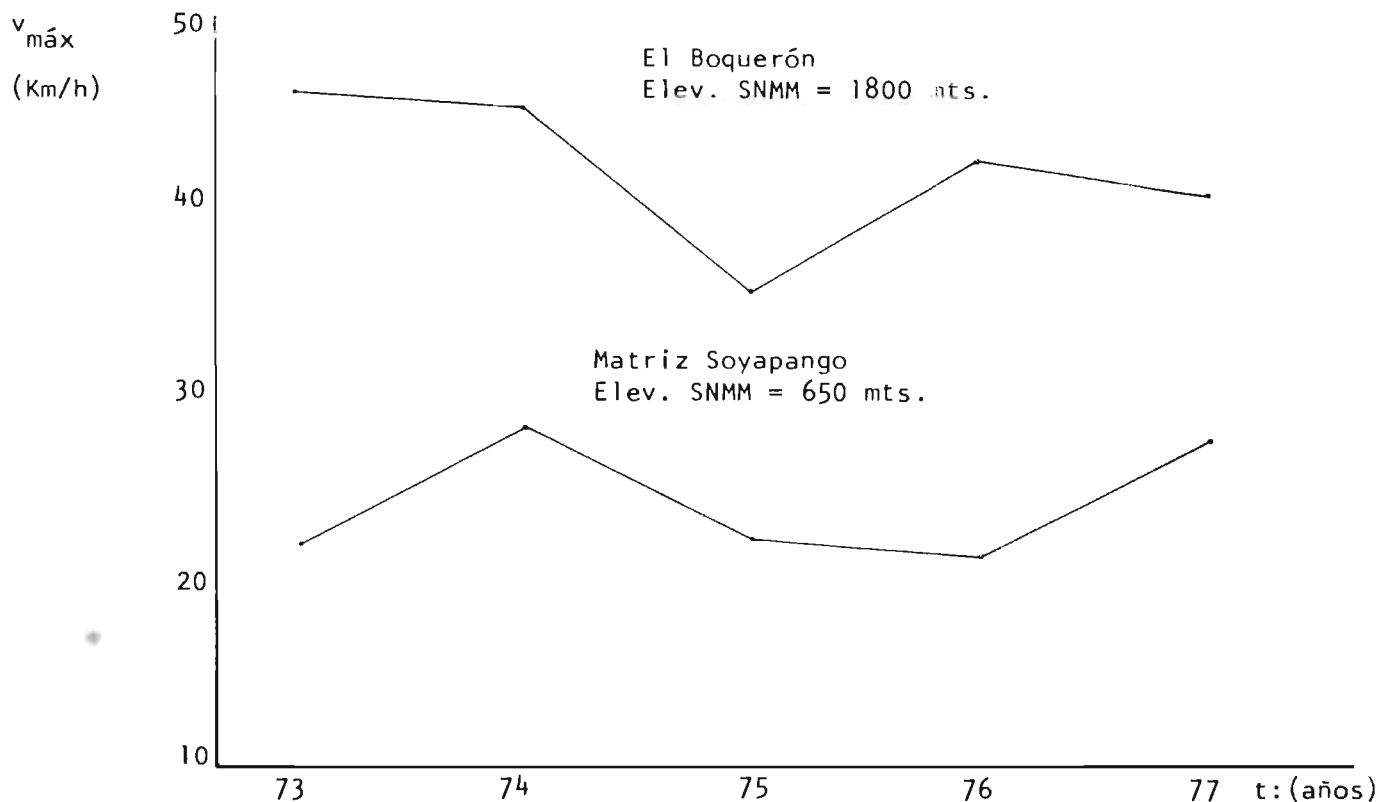
ESTACION EL BOQUERON VELOCIDAD MAXIMA DEL VIENTO EN KM/HR. ELEVACION SNMM 1800 ST 10,00 CODIGO

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ARO
1973	-	-	-	-	-	-	-	26	46	18	37	36	46
1974	26	45	23	24	16	24	22	22	32	32	38	31	45
1975	35	35	18	22	13	28	25	29	-	30	35	34	35
1976	42	40	32	19	22	20	22	20	24	30	39	36	42
1977	39	33	40	34	27	31	32	24	16	30	40	40	40

BIBLIOTECA CENTRAL  
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR



COMPARACION DE VELOCIDADES MAXIMAS PARA ESTACION AEROPUERTO-ILOPANGO E ITIC - OBSERVATORIO PARA PERIODO 1958 - 1970 ( 13 AÑOS ).



COMPARACION DE VELOCIDADES MAXIMAS PARA ESTACION MATRIZ-SOYAPANGO y EL BOQUERON PARA PERIODO 1973 - 1977(5 AÑOS)

VELOCIDAD MAXIMA DE VIENTO PARA LAS ESTACIONES DE AEROPUERTO ILOPANGO Y OBSERVATORIO-ITIC RESPECTIVAMENTE  
 ELEVACION ST = 10.00 METROS  
 V | KM/HORA |

AÑO Y ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO	ELEVACION
1958														
ILOPANGO	34	34	32	28	29	37	23	25	25	24	24	32	37	
ITIC	33	26	25	21	20	23	16	20	16	22	21	27	33	
1959														
ILOPANGO	34	28	31	27	35	27	22	25	25	20	40	36	40	
ITIC	36	22	30	24	25	23	18	15	21	20	37	33	37	
1960														
ILOPANGO	39	33	34	31	25	27	26	26	36	28	29	43	43	
ITIC	34	27	33	29	20	21	19	17	17	19	28	39	39	
1961														
ILOPANGO	36	40	36	29	25	50	36	36	29	36	32	29	50	
ITIC	27	30	36	23	21	19	18	21	19	22	25	25	36	
1962														
ILOPANGO	40	25	40	36	36	20	29	36	36	29	36	29	40	
ITIC	35	20	29	29	22	16	20	16	16	20	26	27	35	
1963														
ILOPANGO	29	34	36	32	31	28	23	27	35	29	40	40	40	
ITIC	25	29	26	20	21	17	16	18	17	21	35	30	35	

VELOCIDAD MAXIMA DE VIENTO PARA LAS ESTACIONES DE AEROPUERTO ILOPANGO Y OBSERVATORIO-ITIC RESPECTIVAMENTE

ELEVACION ST = 10.00 METROS V | KM/HORA

AÑO Y ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ARO	ELEVACION
1964														
ILOPANGO	40	29	32	32	36	36	36	29	32	36	36	32	40	
ITIC	34	21	20	18	19	16	16	17	18	28	25	26	34	
1965														
ILOPANGO	43	40	29	31	40	36	43	43	40	36	31	36	43	
ITIC	38	32	23	19	21	15	21	20	18	27	24	26	38	
1966														
ILOPANGO	41	36	38	31	32	31	36	36	32	36	36	38	41	
ITIC	31	27	28	18	16	18	18	16	15	28	35	27	35	
1967														
ILOPANGO	38	41	31	29	32	27	26	26	27	30	37	36	38	
ITIC	28	32	23	20	19	19	18	18	17	26	28	29	29	
1968														
ILOPANGO	29	39	39	31	32	22	25	26	23	33	38	36	39	
ITIC	26	29	35	21	18	15	22	19	16	25	30	28	35	

VELOCIDAD MAXIMA DE VIENTO PARA LAS ESTACIONES DE AEROPUERTO ILOPANGO Y OBSERVATORIO -ITIC RESPECTIVAMENTE  
ELEVACION ST = 10.00 METROS V | KM/HORA

AÑO Y ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO	ELEVACIONES
1969														
ILOPANGO	27	28	32	28	25	36	23	20	22	24	43	33	43	
ITIC	24	25	26	20	18	15	17	14	14	15	34	26	34	
1970														
ILOPANGO	40	44	34	31	28	28	24	23	27	24	38	33	44	
ITIC	28	31	23	21	21	18	17	16	19	17	28	26	31	

VELOCIDAD MAXIMA DEL VIENTO EN KM/HR. ELEVACION ST = 10.00 METROS

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO	ELEVACION SNRM
1973														
ILOPANGO AEROPUERTO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MATRIZ-SOYAPANGO	22	18	20	14	14	11	12	11	21	10	18	19	22	650.00
ITIC OBSERVATORIO	36	28	31	21	22	16	16	16	20	16	24	28	36	698.00
EL BOQUERON	-	-	-	-	-	-	-	26	46	18	37	36	46	1800.00
1974														
ILOPANGO AEROPUEROT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MATRIZ-SOYAPANGO	18	28	16	17	14	13	14	12	17	14	14	15	28	650.00
ITIC OBSERVATORIO	16	31	24	22	18	14	17	19	22	24	24	26	31	698.00
EL BOQUERON	26	45	23	24	16	24	22	22	32	32	38	31	45	1800.00
1975														
ILOPANGO AEROPUERTO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MATRIZ-SOYAPANGO	20	17	15	15	15	12	11	10	12	13	22	15	22	650.00
ITIC OBSERVATORIO	26	23	18	18	16	16	16	17	20	20	25	22	26	698.00
EL BOQUERON	35	35	18	22	13	28	25	29	-	30	35	34	35	1800.00

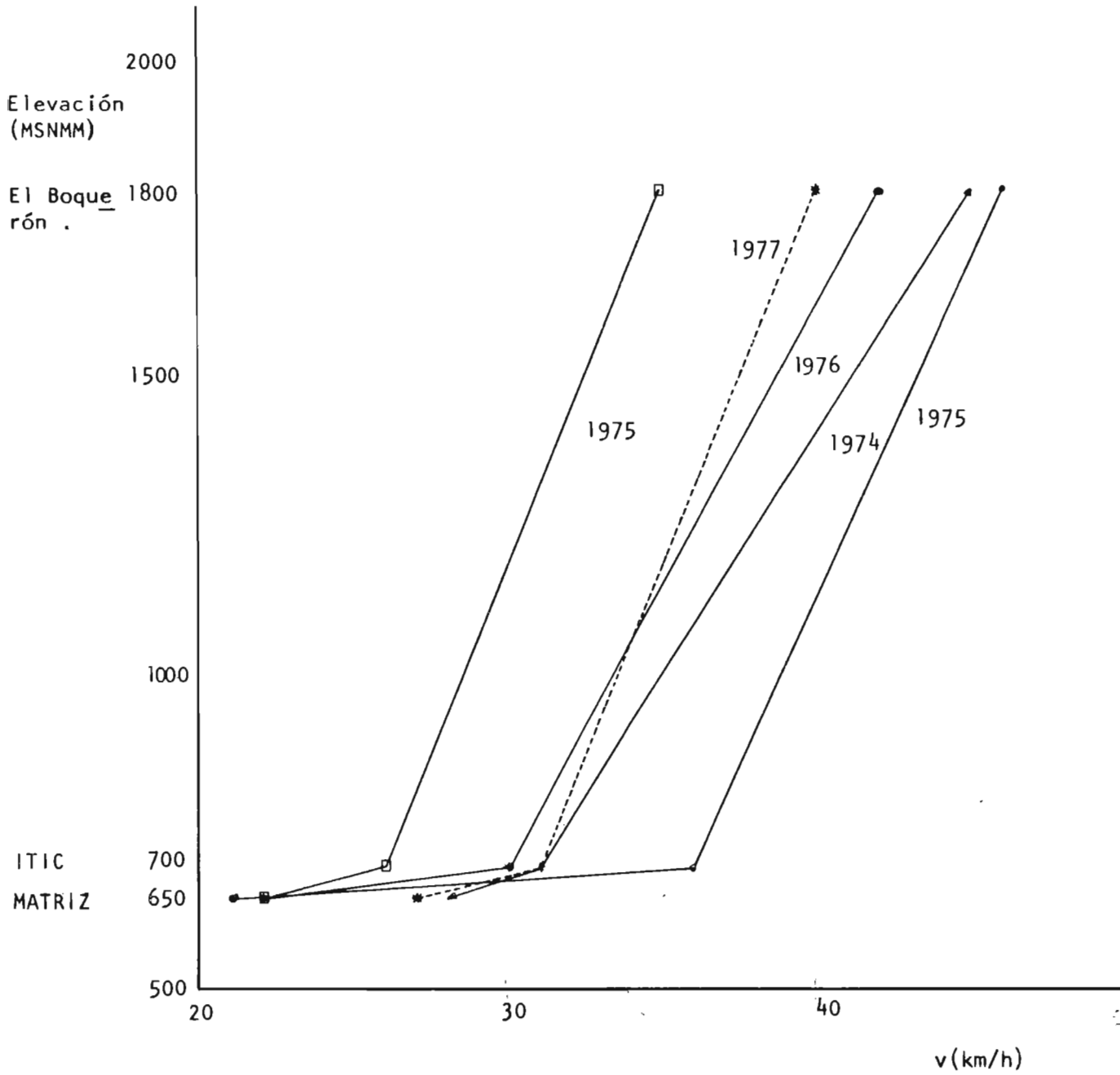
VELOCIDAD MAXIMA DEL VIENTO EN KM/HR.

ELEVACION ST = 10.00 METROS

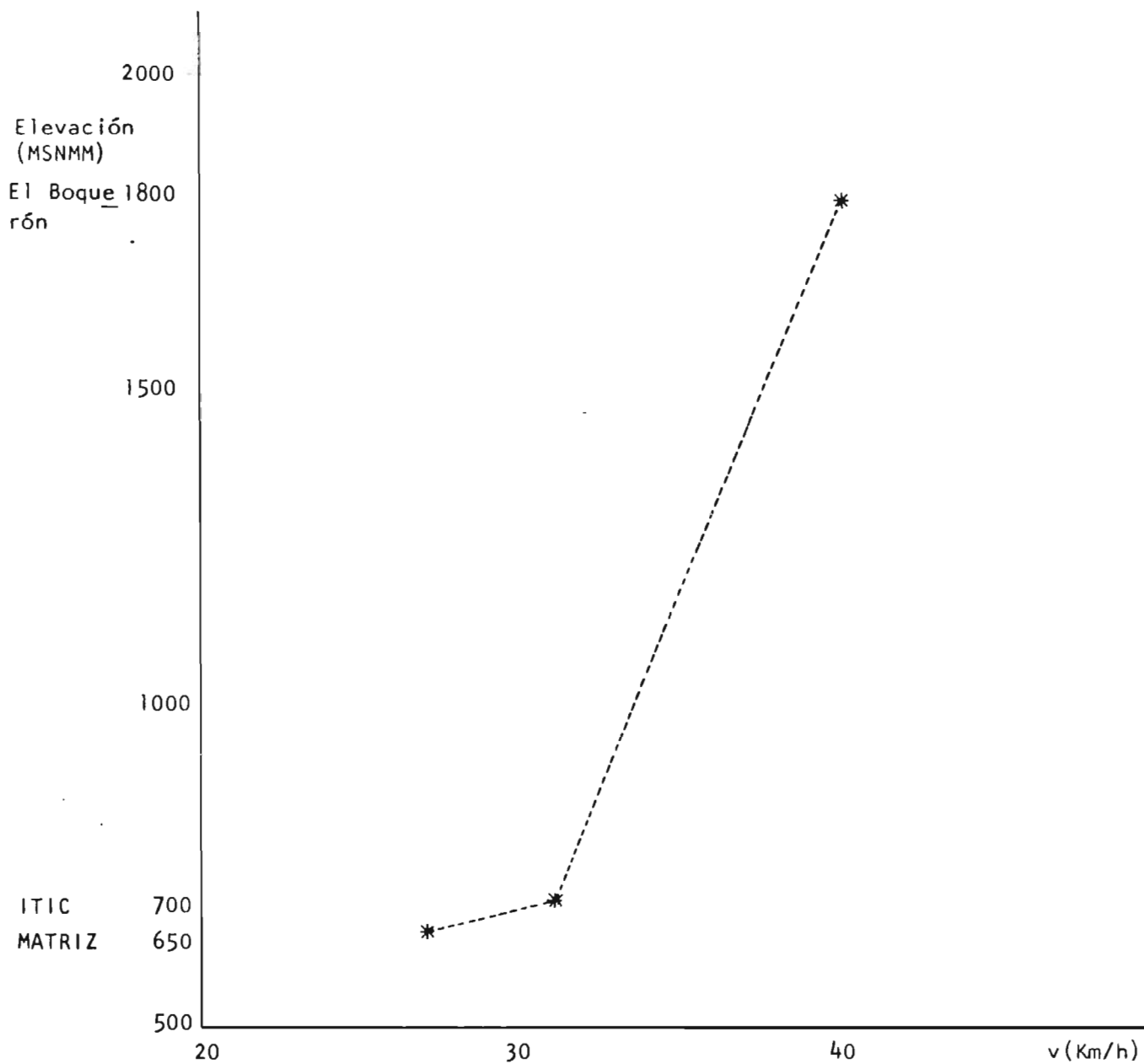
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ARO	ELEVACION SNMNM
1976														
ILOPANGO AEROPUERTO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MATRIZ-SOYAPANGO	20	21	17	17	16	16	12	12	13	16	18	16	21	650.00
ITIC OBSERVATORIO	29	29	23	18	19	18	20	16	18	22	30	25	30	692.00
EL BOQUERON	42	40	32	19	22	20	22	20	24	30	39	36	42	1800.00
1977														
ILOPANGO AEROPUERTO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MATRIZ-SOYAPANGO	17	20	27	26	20	13	14	15	15	15	19	20	27	650.00
ITIC OBSERVATORIO	27	27	29	31	18	17	18	15	17	24	24	27	31	698.00
EL BOQUERON	39	33	40	34	27	31	22	24	16	30	40	40	40	1800.00



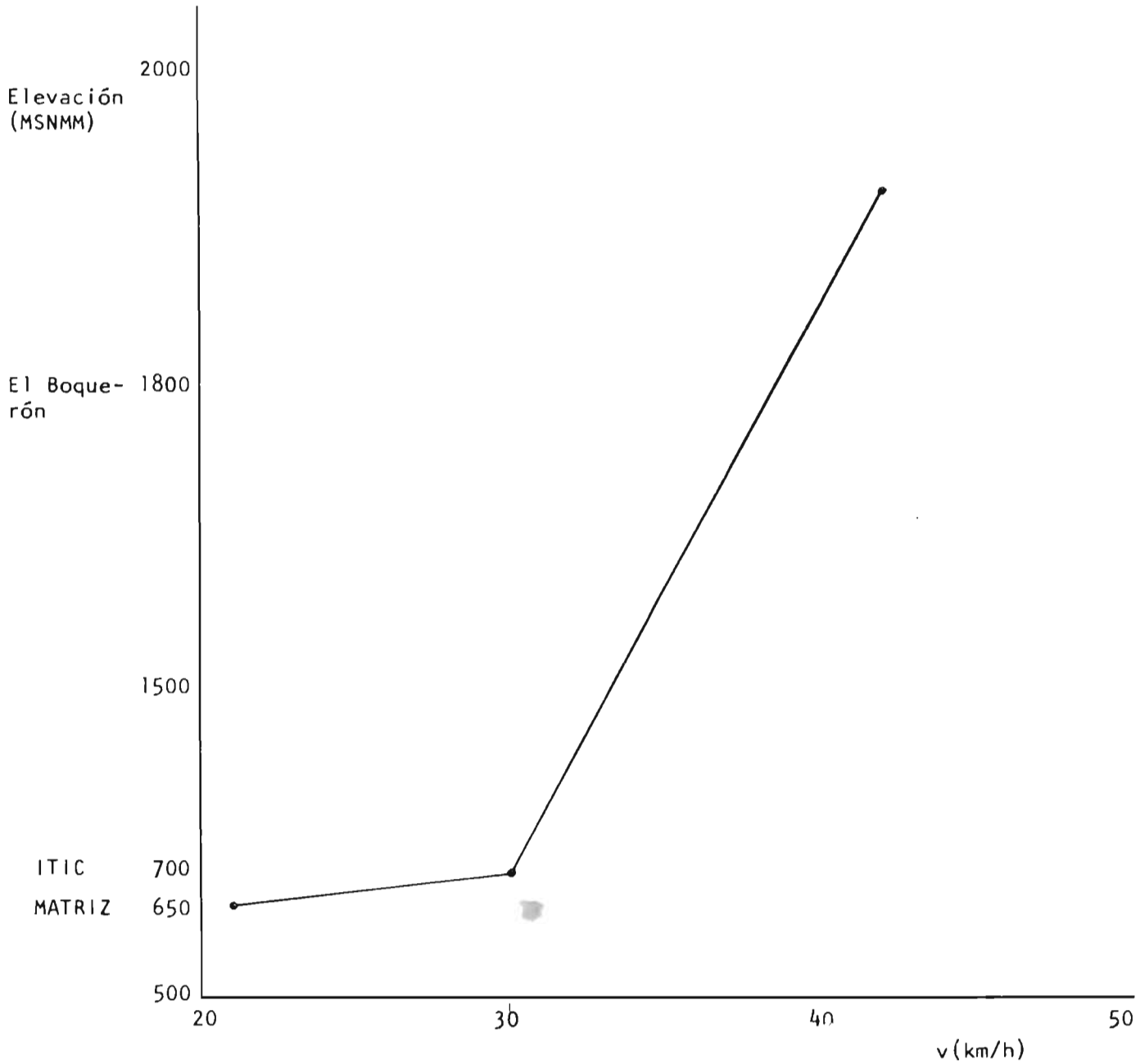
CURVAS DE VARIACION DE LA VELOCIDAD MAXIMA CON LA ALTURA SEGUN AÑO.



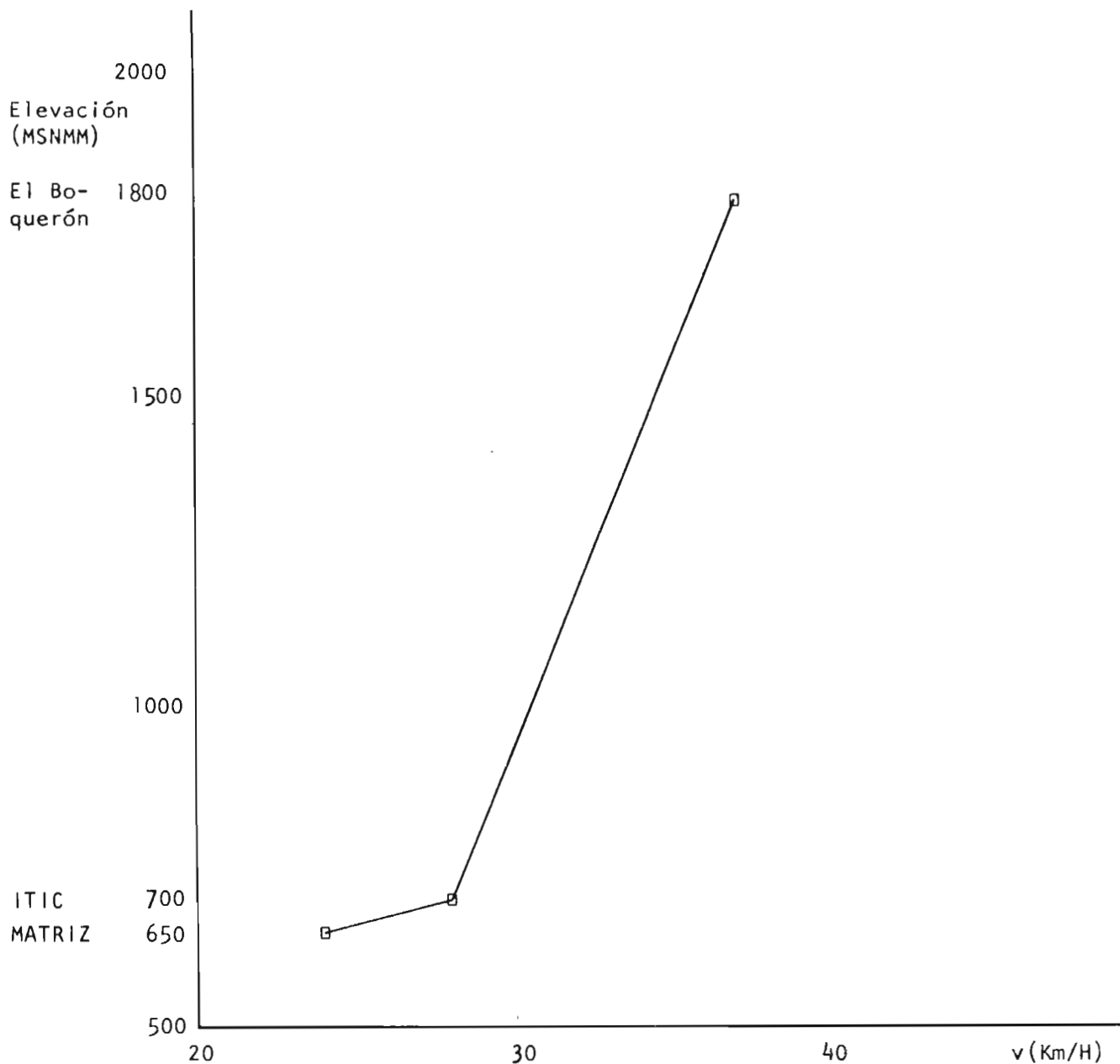
CURVA DE VARIACION DE LA VELOCIDAD MAXIMA CON  
LA ALTURA PARA AÑO 1977



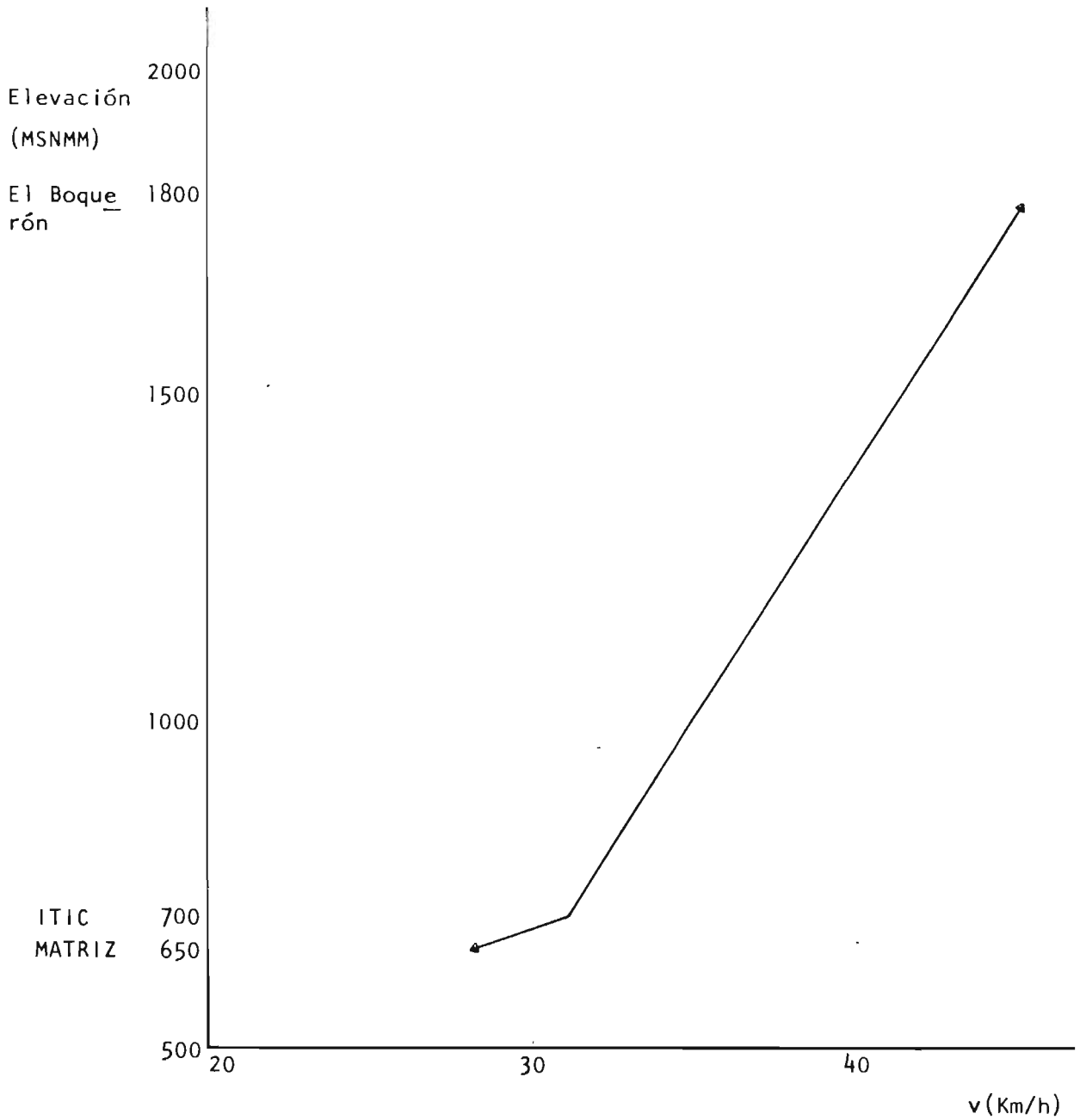
CURVA DE VARIACION DE LA VELOCIDAD MAXIMA CON  
LA ALTURA PARA AÑO 1976



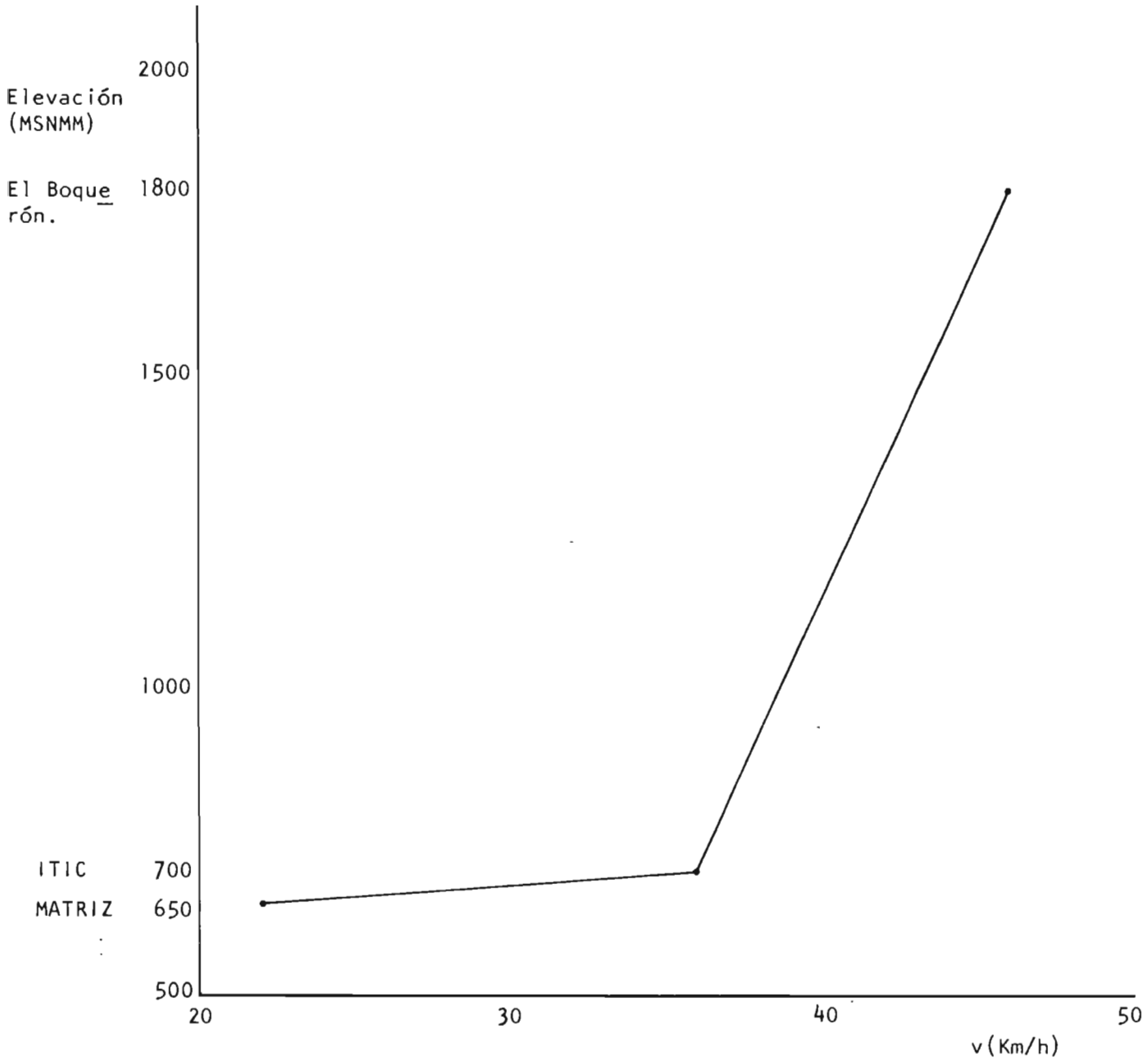
CURVA DE VARIACION DE LA VELOCIDAD MAXIMA CON  
LA ALTURA PARA AÑO 1975



CURVA DE VARIACION DE LA VELOCIDAD MAXIMA CON  
LA ALTURA PARA AÑO 1974



CURVA DE VARIACION DE LA VELOCIDAD MAXIMA CON  
LA ALTURA PARA AÑO 1973



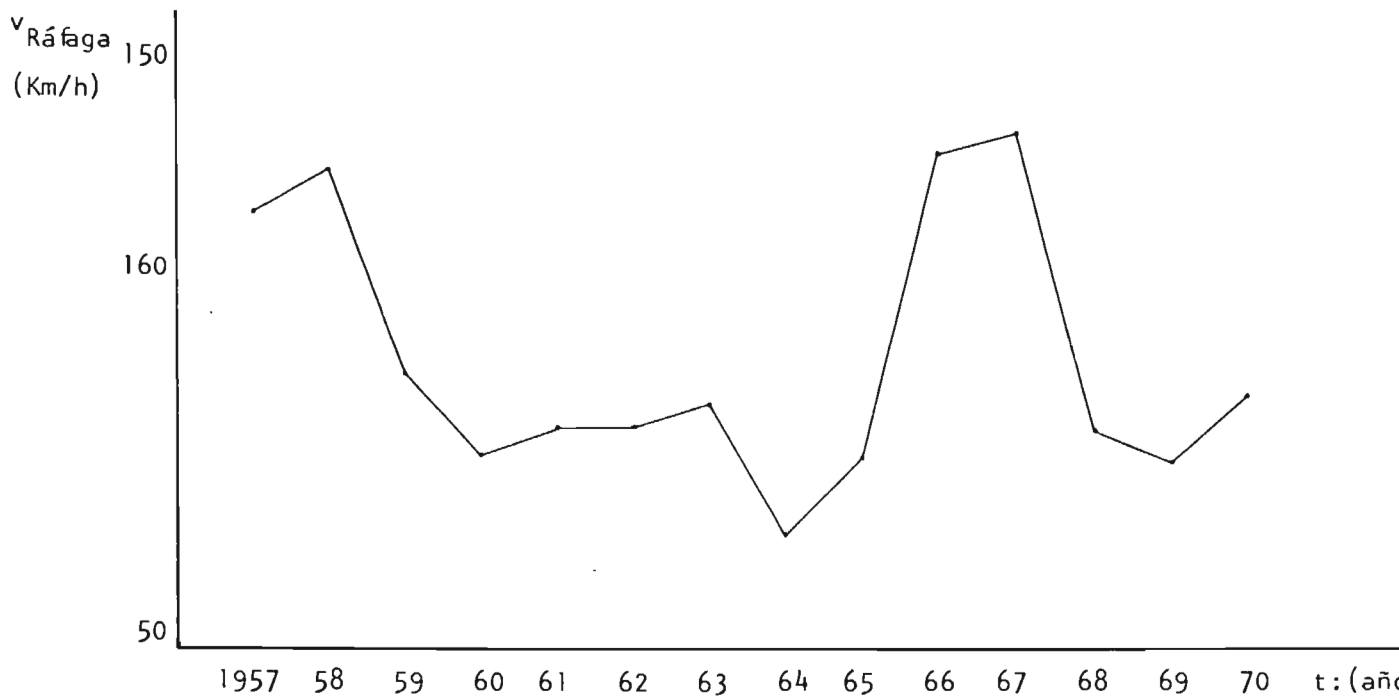
ESTACION ILOPANGO-AEROPUERTO VELOCIDAD DE RAFAGA DEL VIENTO EN KM/HR. ELEVACION SNM ESTACION ST 10.0 CODIGO

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO	
1954	-	-	-	-	-	-	42.0	-	-	-	-	-	-	Sin registro
1955	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Sin registro
1956	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Sin registro
1957								73.8	56.5	100.8	108.0	55.4	108.0	
1958	54.0	47.2	45.0	59.8	67.7	60.1	90.0	113.8	78.5	46.8	63.7	44.6	113.8	
1959	46.8	43.2	52.6	47.9	54.0	72.0	71.3	86.4	72.0	65.9	55.8	53.6	86.4	
1960	54.0	54.4	54.0	69.1	47.2	56.9	68.4	75.6	54.4	52.2	58.0	58.7	75.6	
1961	52.9	51.1	50.4	46.8	48.2	79.2	65.2	54.4	57.6	61.9	49.0	47.5	79.2	
1962	58.0	39.6	50.8	51.5	57.6	68.4	79.2	61.6	72.7	50.4	54.0	46.4	79.2	
1963	43.2	54.0	51.8	49.0	82.8	72.0	76.0	64.8	61.2	64.1	54.0	57.6	82.8	
1964	54.0	44.3	46.8	43.6	57.6	54.0	64.8	50.4	61.9	50.4	50.4	46.8	64.8	
1965	71.3	57.2	45.7	45.0	61.2	57.6	75.2	72.0	72.0	58.0	43.2	47.2	75.2	
1966	52.2	48.2	59.8	45.4	49.7	49.3	68.4	115.9	50.4	50.4	72.0	55.1	115.9	
1967	52.2	64.8	43.2	47.5	54.0	46.8	118.1	72.0	50.4	61.9	51.1	55.4	118.1	
1968	46.8	50.4	56.9	78.8	72.0	61.6	68.4	61.2	58.3	50.4	56.5	52.2	78.8	
1969	43.9	50.8	50.4	46.8	69.8	68.4	74.9	57.6	49.3	46.1	61.9	50.4	74.9	
1970	54.0	60.5	50.4	43.9	72.0	68.4	83.9	54.0	57.6	54.0	51.5	40.0	83.9	
1971	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Sin registro
1972	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Hasta 1977.

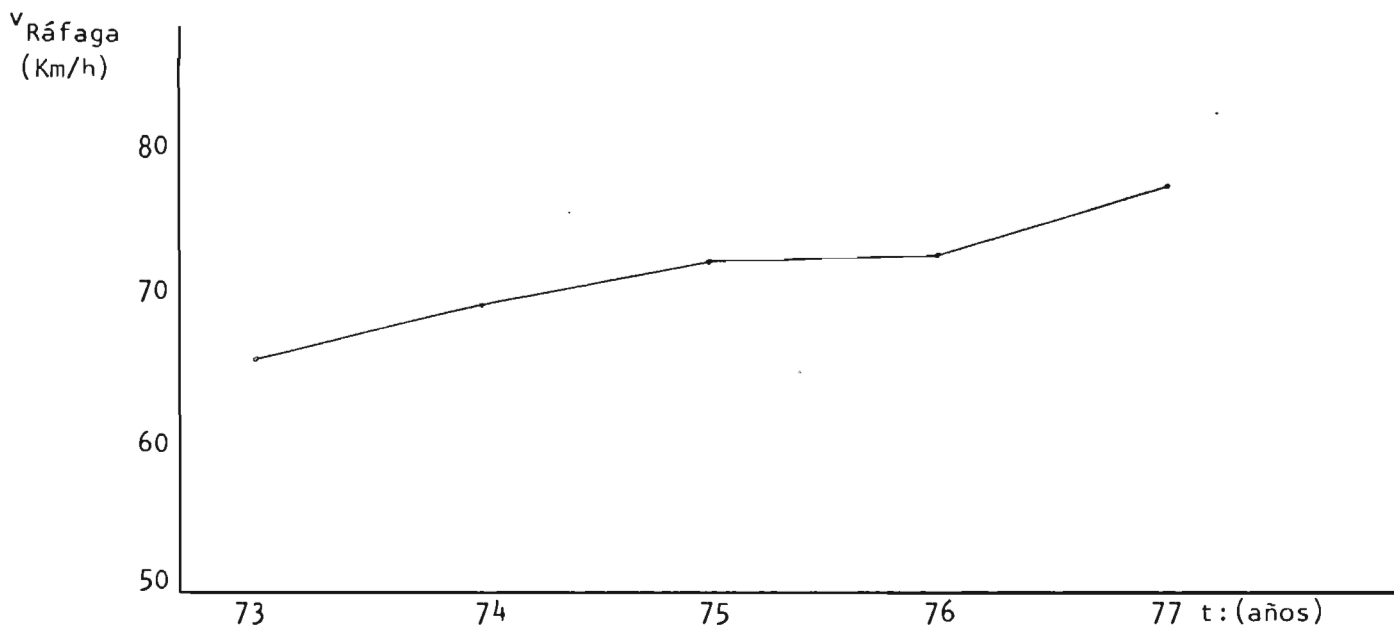
ESTACION MATRIZ-SOYAPANGO VELOCIDAD RAFAGA DEL VIENTO EN Km/Hr. ELEVACION SNMM 650 ELEVACION ST 10.00 CODIGO

V <sub>R</sub>	Km/Hr.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ARO
	1973	65.5	57.2	47.2	57.6	42.5	43.6	62.6	50.4	58.7	39.6	49.3	54.4	65.5
	1974	43.2	63.7	44.6	58.3	38.5	19.1	68.4	56.9	55.8	43.2	45.0	43.2	68.4
	1975	61.6	45.0	36.4	42.8	50.8	50.4	49.7	72.0	43.2	51.48	61.2	40.0	72.0
	1976	53.6	56.9	46.8	38.9	54.7	58.0	56.9	72.4	47.2	43.2	53.6	45.7	72.4
	1977	54.7	53.6	61.6	77.0	41.4	73.8	85.3	57.6	61.9	57.6	56.5	64.4	77.0





VARIACIONES DE VELOCIDAD DE RAFAGA PARA PERIODO DE 14 AÑOS  
(1957 - 1970) PARA ESTACION AEROPUERTO-ILOPANGO.



VARIACIONES DE VELOCIDAD DE RAFAGA PARA PERIODO DE 5 AÑOS  
(1973 - 1977) PARA ESTACION MATRIZ-SOYAPANGO.

TABLA RESUMEN DE VELOCIDAD MAXIMA PARA ESTACIONES ANEMOGRAFICAS  
PRINCIPALES DE EL SALVADOR

E S T A C I O N	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	PERIODO
Santa Ana	74.9	72.0	75.6	93.2	82.8	85.7	72.7	100.8	68.0	75.6	66.6	68.8	100.8	18 años.
Ahuachapán	69.5	76.3	70.6	87.1	61.2	68.4	65.2	73.8	68.8	43.2	54.0	64.8	87.1	7 "
Acajutla	38.9	50.0	42.5	38.9	46.4	50.0	51.8	59.4	51.8	38.9	38.9	38.5	59.4	9 "
Nueva Concepción	91.8	86.4	71.6	72.0	85.0	100.8	69.5	72.4	83.5	57.6	79.2	79.2	100.8	7 "
San Andrés	63.7	65.9	64.1	64.8	68.0	94.7	98.3	104.4	79.6	63.7	59.8	61.2	104.4	6 "
Sta.Cruz Porrillo	72.0	73.8	61.9	62.3	62.6	64.8	76.3	72.0	63.0	54.0	72.0	68.4	76.3	8 "
La Unión	79.2	77.4	68.8	67.0	64.8	86.8	87.5	109.4	93.6	82.8	61.2	62.6	109.4	6 "
Astoria	73.4	68.4	64.8	72.0	82.1	85.7	96.1	77.8	82.4	64.4	67.7	57.6	96.1	7 "

ESTACION : ITIC  
OBSERVATORIO

VELOCIDAD DE RAFAGA DEL VIENTO (Km/h)  
Y COLUMNAS DE AIRE QUE PASA (Km. )  
EN PERIODOS DE 5 MINUTOS

ELEVACION ST = 10.000 METROS  
ELEVACION SNMM =  
CODIGO :

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ARO
1953													
VR	48.2	36.7	-	-	31.3	25.2	48.2	72.0	-	30.6	51.8	49.3	
Número de Contactos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Omitidas
Tiempo Registrado	11:45	16:38	-	-	10:40	10:10	10:16	19.25	-	11:10	11:00	01:06	
Hora-Minutos	11:50	16:43	-	-	10:44	10:15	10:21	19.30	-	11:15	11:30	01:21	
Día de Registro	24	15	-	-	27	7	10	7	-	21	10	15	
Columna de Aire que pasa	4.02	3.06	-	-	2.09	2.1	4.02	6.0*	-	2.55	-	4.11	(ΔC)
1954													
VR	45.7	51.5	48.2	74.5	31.0	45.5	51.2	-	-	-	45.4	-	
Número de Contactos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Omitidos
Tiempo Registrado	16:51	10:49	08:41	21:02	17:13	19:41	20:34	-	-	-	15:25	-	
Hora-Minutos	16:56	10:54	08:46	21:03	17:15	19:46	20:39	-	-	-	15:30	-	
Día de Registro	12	8	16	21	15	24	21	-	-	-	19	-	
Columna de Aire que pasa	3.81	4.29	4.02	1.24 <sup>⊗</sup>	1.03 <sup>⊗</sup>	0.36	4.26 <sup>*</sup>	-	-	-	3.78	-	(ΔC)
1955													
VR	74.5	74.5	33.5	52.9	31.00	37.1	30.1	25.6	31.0	39.6	60.1	60.1	
Número de Contactos	300	300	-	210	120	144	108	96	120	156	240	240	
Hora de Registro	08:04	02:54	10:46	19:32	14:40	13:30	18:05	15:00	16:25	13:05	08:03	10:44	
Día de Registro	25	13	9	1	10	21	31	25	3	22	4	31	
Columna de Aire que pasa	1.24 <sup>⊗</sup>	1.24 <sup>⊗</sup>	0.56 <sup>⊗</sup>	1.76 <sup>⊗</sup>	2.58	-	2.55	2.13	2.58	3.30	1.00 <sup>⊗</sup>	1.00 <sup>⊗</sup>	(ΔC)

⊗ : Δt = 1 min.; \* : Δt = 2 min.; \* Si Δt = 5 min.

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## EN CONCLUSION

Con este trabajo de graduación, se ha pretendido dar inicio al estudio del comportamiento del viento en El Salvador, apoyado en los principios básicos de la Dinámica. Se ha tratado de presentar la validez de la Segunda Ley de Newton del movimiento para el fluido atmosférico sin incurrir en mayor detalle en los factores que afectan la movilidad del aire.

En el estudio se han expuesto algunos criterios que según investigadores - de este fenómeno, han logrado deducir para poder interpretarlo; así, períodos de registro, control estadístico, tratamiento estadístico-probabilístico, de los datos. Al respecto, se ha querido familiarizar al lector con los conceptos básicos.

Los temas aquí presentados aunque contienen conceptos que pueden encontrarse en cualquier tratado de Dinámica y/o Dinámica de Fluidos, éstos se orientan al análisis del fluido atmosférico libre. Se espera que esta presentación sea comprendida con facilidad.

Fundamentalmente se han estudiado las velocidades máximas para la región - de San Salvador en base a los registros disponibles para las estaciones -- que en ella están colocadas, de tal forma que se obtuvieron variaciones de velocidad entre los 20 y 50 Km/H para vientos relativamente moderados dentro de la normalidad de los registros del Servicio Meteorológico Nacional.- Se han presentado muchos casos como los mostrados en las tablas cronológicas de efectos del viento en los que se han alcanzado velocidades hasta - más de los 100 Km/h.

Se tienen registros de velocidades con período de duración corta que pueden ir desde los 42 Km/h a los 118 Km/h, dichos valores son producto de

un período de registro de 17 años . De ahí que velocidades de esa magnitud pueden ser manifestadas en casos de fuertes vientos en esta región.

Un análisis de confiabilidad evidenciaría un porcentaje de ésta, sin embargo basados en el criterio de años mínimos de registro los valores presentados son de bastante confiabilidad (Véase distribución de probabilidades de velocidades extremas).

Por no haber registros adecuados para poder presentar valores de velocidad para períodos de corta duración como tres segundos, cinco o más segundos, - ocho segundos, etc. se han omitido; lo cual indica que debe disponerse de aparatos capaces de obtener estos valores de velocidad-tiempo, ya que en muchos casos en el diseño es el valor que es necesario considerar.

Los valores de velocidad presentados, confirma que en El Salvador es necesario considerar la acción que ejerce el viento sobre los elementos a él - expuestos en la superficie terrestre (edificaciones sencillas o complejas, etc.).

Únicamente se han presentado resultados (valores) de velocidad máxima con la historia respectiva tratando de dar rango de variación para esta región, sin recomendar ningún valor en particular y con la cual el buen criterio - del diseñador decidirá qué valor deberá utilizarse para el caso que se esté analizando.

El autor espera que los resultados de este estudio puedan servir de mucha ayuda a las personas que se dedican al diseño en Ingeniería, como también a las que se dedican a otras disciplinas en las que el efecto del viento - tenga trascendencia es decir, sea importante considerar.

## R E C O M E N D A C I O N E S

A la Escuela de Ingeniería Civil, tratar de continuar con Seminarios de este tipo para conocer más a fondo el comportamiento - del viento en nuestro medio y trabajar en forma conjunta con la Escuela de Ingeniería Mecánica para poder habilitar el túnel de viento existente en esta última, con el objeto de realizar ensayos en modelos.

Al Servicio Meteorológico Nacional, buscar la forma de ampliar la red nacional de registro de vientos, es decir, la colocación de - una mayor cantidad de anemógrafos, ya que en la actualidad sólo - se cuenta con 18 instalados; y además tener una sección especializada de mantenimiento de estos aparatos con el objeto de no interrumpir los registros.-

CAPITULO VII

REFERENCIAS.





- JOHNSON, Norman L.                      Statistics And Experimental Design in  
Engineering and The Physical Science .  
1a. Ed. ED. John Wiley & Sons, Inc.  
Vol. I 1964. U.S.A. -Vol. I.
- KAPLAN, Wilfred                        Cálculo Avanzado, ED C.E.C.S.A.  
10a. Impresión 1972, México.
- McGUIRE, William                        Steel Structures.  
ED. Prince-Hall Englewood Cliff, N.J.  
1968. U.S.A.
- MOSTELLER                                Probability With Statistical Aplications.  
First Published. ED. Addison-Wesley Publishing  
Company, Inc. U.S.A. 1965.
- SHAMES, Irving H.                        La Mecánica de los Fluidos.  
1a. Ed. ED McGraw-Hill de México, S.A. de C.V.  
México, 1978.
- SHAPIRO, ASCHERH                        Formas y Fluidos. 1a. Ed.  
Editorial Universitaria de  
Buenos Aires, Buenos Aires, 1965.
- SOKOLNIKOFF, Iván S.                    Avanced Calculus. ED McGraw-Hill Book  
Company, Inc. N.Y. London. International  
Student Edition 1939. U.S.A.
- SPIEGEL, Murray R.                      Análisis Vectorial y una Introducción al Análisis  
Tensorial. Teoría y Problemas. Serie de Compen--  
dios Schaum.  
ED. McGraw-Hill, S.A. de C.V. 1969, Colombia.

- WHITE, Richard V.                    Structural Engineering. Introduction  
GERGELY, Peter                        Concepts and Analysis.  
SEXSMITH, Robert G.                1a. Edic. Editorial John Wiley & Sons Inc.,  
1a. Edic. 1972.
- Reglamento de las Construcciones de Concreto  
Reforzado (ACI-318-77) y Comentarios.  
1a. Ed. Instituto Mexicano del Cemento y del  
Concreto A.C. México 1979.
- Journal of The Structural Division.  
Proceedings of The American Society of Civil  
Engineers: Vol. 95 N° ST1 Jan. 1969.  
ASCE. USA.
- Journal of The Structural Division.  
Proceedings of The American Society of Civil  
Engineers: Vol 96 N° ST2 Feb. 1970.  
ASCE. USA.
- Journal of The Structural Division.  
Proceedings of The American Society of Civil  
Engineers: Vol. 102 N° ST9 Sept 1976.  
ASCE. USA.
- Journal of The Structural Division  
Proceedings of The American Society of Civil  
Engineers: Vol. 102 N°ST4 April 1976  
ASCE. USA.

APENDICE "A"

FECHA	EVENTO	VELOCIDAD Km/hr.	D A Ñ O S			COMENTARIOS
			EDIFICACION	HUMANOS	OTROS	
1959 3-Mar	Fuertes Vientos	55-60	Edificio del Hotel "El Salvador" se rom- pieron las vidrieras, el techo arrancado y arrastrado varios me- tros.			En San Salvador, en todo el territo- rio nacional.
23-Abr	Fuertes Vientos	89-102*	Techo de duralita de casas construidas por el I.V.U. y otros te- chos de teja arranca- dos.			En San Miguel, al Oriente del país, El Salvador.
4-May	Fuertes Vientos	89-102*	Techos arrancados y - lanzados como a 50 me- tros de distancia. Las edificaciones del In- genio "San Andrés" os- cilaron pero sin ce-- der.			En San Andrés j/San Juan Opico, Ciu- dad Arce; j/Depto. La Libertad, al Occidente del país, El Salvador.
10-Ago	Fuertes Vientos	89-102*	Techos de edificios de Aduana Santa Lucía, de casas particulares y locales comerciales arrancados.			Al Norte de la ciudad de Santa Ana, al Occidente del país, El Salvador.
1960 1°/Ene	Fuertes Vientos	89-102*				En Apaneca, j/Depto. Ahuachapán, El Salvador.
24-Mar	"	60-70			Serios daños	En Santa Ana, al Occidente del país, El Salvador.
8-Ago	Fuertes Vientos	75-88*			Postes telefóni- cos y de electri- cidad, caídos.	En Santa Ana al Occidente del país, El Salvador.

FECHA	EVENTO	VELOCIDAD Km/hr.	D A Ñ O S			COMENTARIOS
			EDIFICACION	HUMANOS	OTROS	
1962 5-mar	Fuertes Vientos		Casas derrumbadas	Sin daños	Arboles caídos.	En Santa Ana, El Salvador.
16-May	Violento espi- ralado.	≈200	Todas las instalacio- nes de la Cía. Algodo- nera L.T.D. (Ø175,000)	Sin daños	8 avionetas to- talmente inservi- bles de 26 y o- tras averiadas. (Ø75,000.00).	En Hacienda "Entrerriños", Depto. La Paz al Oriente del país. A dos kilómetros de distancia se en- contraron láminas de los techos y hie- rros retorcidos; ocurrió a las 13:00 horas.
1963 3-Ene	Fuertes Vientos	62 a 74				En San Miguel, al oriente del país, El Salvador.
22-May	Ciclón o trom- bas	>118*	Techo del mercado arrancado totalmente, vigas hundidas.	Sin daño.	Arboles caídos; pérdidas por un millón de colores -75%. Postes --- alumbrado caídos y dañados.	En Santa Tecla al occidente de San Salvador, tiempo de duración fue 1.5 horas. Se concentró en el centro de la ciu- dad. Pánico general. Afectó también a San Salvador, Ciudad Arce.
11-Sep	Fuertes Vientos		Techos arrancados		Arboles derriba- dos, postes de-- rrribados.	En Santiago de María, al Occidente - del país. Alarma entre vecinos.
1964 4-Ago	Fuertes Vientos	89-102*	Techos volados. Bode- ga del ferrocarril - de Occidente caída.		Arboles caídos.	En Santa Ana, al Occidente del país.

FECHA	EVENTO	VELOCIDAD Km/hr.	D A Ñ O S			COMENTARIOS
			EDIFICACION	HUMANOS	OTROS	
16-Sep 1965.	Fuertes Vientos	>50			Arboles gruesos caídos.	En San Salvador, El Salvador
18-Ene	Fuerte Viento	48-65				En Aeropuerto de Ilopango
18-Ene	Fuerte Viento	89-102*	Techo del parque de Base-Ball totalmente arrancado.			Al Occidente de la ciudad de San Salvador, El Salvador.
19-Ene	Vientor tur- bulentos	50				En San Salvador, turbulencias debido a la diferencia topográfica de las edificaciones o vientos que al en- contrar barreras en los edificios al- tos, rebotan a velocidades de 100 km/h causando daños a viviendas y - derribando árboles.
26-Feb	Fuertes Vientos	84				En San Salvador, Aeropuerto de Ilo- pango.
2-Jun	Fuertes Vientos	50-100	Techos arrancados			En San Salvador, El Salvador.
18-Ago	Fuerte Viento				Cuantiosos da- ños en la ciu- dad.	En San Salvador, El Salvador.
1966 29-Sep	Fuertes Vientos	75-88*	Techos volados			En todo el territorio salvadoreño - fuertes daños.

TABLA A 3a

FECHA	EVENTO	VELOCIDAD Km/hr.	D A Ñ O S			COMENTARIOS
			EDIFICACION	HUMANOS	OTROS	
1967 11-May	Fuertes Vientos	>118*	Edificio con estructura de acero del Beneficio "COSCAFE", dañados. Techos destruidos. Postes de luz eléctrica y teléfono, caídos.			En el Occidente del país, al Norte de Santa Ana.
2-Sep	Fuertes Vientos	75 a 88*	Techos de teja arrancados. Postes de luz eléctrica y teléfonos caídos.			En Santa Ana, El Salvador.
16-Sep	Huracán "Beulah"					Se detectó en El Salvador con velocidad en su vértice de 160 km/h aproximadamente.
21-Oct 1968	Fuertes Vientos	48				En Ilopango, San Salvador.
26-Mar	Fuertes Vientos	89-102*	Muro derribado			En La Unión, al Oriente del país.
21-Ago	Fuertes Vientos	89-102*				En San Salvador, El Salvador.
18-Oct	Fuertes Vientos	48			Arboles arrancados.	En Ilopango, San Salvador, El Salvador.

TABLA A 4a



FECHA	EVENTO	VELOCIDAD Km/hr.	D A Ñ O S			COMENTARIOS
			EDIFICACION	HUMANOS	OTROS	
1968						
22-Nov	Fuerte Viento	89-102*	Muro de más de 20 mt. de alto desplomado.			En San Salvador, El Salvador.
16-Dic	Fuertes Vientos	103 a 117*				En todo el país, se registraron varios daños.
1969						
21-Jul	Una "TROMBA"	>118*	Alcaldía y cárceles dañadas			Al Oriente del país, en San Alejo, j/de San Miguel, El Salvador.
24-Jul	Fuerte Viento	>118*	Casa destechada			En el Oriente del país, en San Miguel. Hubo pánico entre los vecinos de la Ciudad. El Salvador.
21-Nov	Fuertes Vientos	61	Postes teléfono y luz eléctrica caídos. Techos de casas arrancados. Las paredes de las casas oscilaron. Casas de bahareque, caídas.		Rótulos comerciales dañados.	En San Salvador, El Salvador.
22-Nov	Fuerte Viento	89 a 102*	Rótulo de grandes dimensiones, caído.			En Ilopango, j/San Salvador, El Salvador.

TABLA A 5a

FECHA	EVENTO	VELOCIDAD Km/hr.	D A Ñ O S		COMENTARIOS
			EDIFICACION	HUMANOS OTROS	
1970					
5-Feb	Fuerte Viento	50			En Ilopango, j/San Salvador, El Salvador.
27-Jun	Fuerte Viento	89-102*			En el centro de la ciudad de San Salvador, Barrio Concepción.
5-Ago	Huracán "Celia"	145			En El Salvador.
12-Ago	Fuertes Vientos	89-102*	Casas destechadas Extractores de aire arrancados en bodegas. Casas de bahare que destruidas.	Arboles gruesos caídos  Rótulos caídos Arboles caídos Pérdida de --- Ø20,000.00.-	En el Occidente del país en Santa Ana.
9-Sep	Fuertes Vientos		Casas destechadas.		En San Salvador, El Salvador. Madera de los techos arrastradas a unos 25 metros, aproximadamente.
1971					
11-Feb	Fuertes Vientos	50			Grado 7, Escala Beaufort. Temperaturas anormales. T = 9°C. Se esperan llegadas de masas frías de aire. San Salvador.
10-Abr	Tormenta huracanada.	89 - 102*	Postes de luz eléctrica derribados en gran escala.		En San Salvador, Aeropuerto de Ilopango. Electricidad en la industria suspendida.
22-Sep	Huracán "Olivia"				Localizado a 150 km al Sur-Oeste de San Salvador. Velocidad de desplazamiento = 12 Km/h en dirección Nor-Oeste.

TABLA A 6a

FECHA	EVENTO	VELOCIDAD Km/hr.	D A Ñ O S			COMENTARIOS
			EDIFICACION	HUMANOS	OTROS	
1971 22-Nov	Huracán "Olivia"	150 km/h				En El Salvador, en la costa.
1972 10-Mar	Fuerte Viento	103 a 117*	Rótulo derribado Café "Don Pedro".			Al Poniente de San Salvador, hora diurna 2:30 p.m. caso fortuito.
29-Jun	Fuerte Viento	89 a 102*	Postes de luz eléc-- trica derribados.		Arboles derriba- dos.	En Santa Ana, El Salvador. Caso fortuito.
1973 30-Ene	Fuertes Vientos	28-29 en el terri- torio. 45-65 en San Salva- dor.				Ráfagas 75 km/h en El Salvador.
17-Jul	Vientos huraca- nados.	89-102*	Antena de "Radio Tea- tro" caída; en el pie de la cimentación no falló.			
31-Ago	Vientos huraca- nados.	89-102*	Techos arrancados -- "volaron al aire como hojas de papel".		Arboles caídos	En La Unión y Usulután, al Oriente del país, El Salvador.

TABLA A 7 a

FECHA	EVENTO	VELOCIDAD Km/hr.	D A Ñ O S			COMENTARIOS
			EDIFICACIÓN	HUMANOS	OTROS	
1974						
27-Feb	Fuertes Vientos	(35 nudos) 69 Km/h				En todo el territorio nacional(SMN) El Salvador.
22-Sep	Fuertes Vientos	103 a 107*	Postes alumbrado eléctrico, caídos.		Arboles derribados.	En San Salvador, El Salvador.
23-Sep	Fuertes Vientos	>118*	Ranchos arrazados y 3 casas de construcción mixta.			En la costa, En San Diego, El Salvador.
24-Sep	Fuertes Vientos	75 a 88*	Postes de luz eléctrica derribados.		Arboles derribados.	En San Salvador, El Salvador.
* Estos valores de velocidad, se dan en base a la escala BEAUFORT DE VIENTO, en forma aproximada, dado que al ocurrir el caso, no se registró velocidad.						

TABLA A 8a

FECHA	EVENTO	VELOCIDAD Km/hr.	D A Ñ O S			COMENTARIOS
			EDIFICACION	HUMANOS	OTROS	
1959 1°-Mar	Fuertes Vientos.	95	Techos volados, paredes de casas caídas. Postes alumbrado eléctrico y telefónico caídos.		Arboles derribados.	En Halifax, Canadá. Marejadas de 12 metros de alto en los mares de Groenlandia. En Buenos Aires, Argentina.
3-Mar	Fuerte Huracán.					
17-Jun	Tormenta "Beulah"	110-120				Texas Bronswille, Estados Unidos Alarma en toda la ciudad. El epicentro se localizó a 336 km. de Bronswille.
19-Jul	Tornado	95		Centenares de heridos, sin víctimas	Pérdidas por \$5 millones aproximadamente.	En Miami, Estados Unidos.
26-Jul	Fuertes Vientos		Techos de edificios de Aduana Santa Lucía, casas particulares y locales comerciales arrancados.			Texas, Estados Unidos.
18-Sep	Tifón "Sara"	150-280	Casas destruidas	138 muertes	Barcos destrozados y hundidos.	En Tokio, Japón.
29-Sep	Tifón "Yera"	200-220	Ciudades arrasadas.	8 mil muertes y centenares de damnificados.		En Tokio, Japón. Velocidad de desplazamiento 70 km/h.
1960 15-Jul	Fuertes Vientos.	128				En Tegucigalpa, Honduras. Población evacuada.
13-Ago	Huracán "Donna"	130			Vario millones de dólares perdidos.	En New York, Estados Unidos. Velocidad en el vórtice de la perturbación = 210 km/h.

TABLA A 1b

FECHA	EVENTO	VELOCIDAD Km/hr.	D A Ñ O S			COMENTARIOS
			EDIFICACION	HUMANOS	OTROS	
1961						
20-May	Huracán "Ana"	130 a 135				En Miami, Estados Unidos.
16-Ago	Formación de Tormenta Tro- pical.	55				En New Orleans, Estados Unidos.
8-Sep	Huracán "Carla"	200				En New Orleans, Estados Unidos. Las personas huyeron del lugar -- asustadas.
12-Sep	Huracán "Carla"		875 edificios dañados 340 hoteles, 4200 ca- sas destruidas.	28 muertos	Casas rodantes destruidas.	Texas, México.
19-Sep	Huracán "Esther"	240				México.
5-Oct	6a. Tormenta Tropical.	120				En Miami, Estados Unidos. Velocidad de desplazamiento = 71 km por hora.
1º-Nov	Huracán "Haltie"	≈220	Destrucción de más - del 50% de la ciudad	200-300 muer- tos > 10,000 damnificados		
7-Nov	Huracán "Inga"	112				En New Orleans, Estados Unidos Velocidad de desplazamiento = 12 Km/h.
14-Nov	Huracán "Tara"	192			Cuantiosas pér- didas.	En la costa del Pacífico, en Aca- pulco, México.

TABLA A 2b

FECHA	EVENTO	VELOCIDAD Km/hr.	D A Ñ O S			COMENTARIOS
			EDIFICACION	HUMANOS	OTROS	
1962 6-Ene	Tornado		300 casas averiadas.	Un muerto 63 heridos. >1500 da- ñificados. 1 menor muer- to.	Postes derriba- dos.	Florida, Estados Unidos, New York, Estados Unidos, con olas de 7 metros de altura.
1963 10-Ago	Huracán "Arlene" (tormenta).	>135				En Hamilton, Bermuda. Velocidad de desplazamiento = 35 Km/h
22-Ago	2a. Tormenta Tropical. "Baulah"	80				En Miami, Estados Unidos. Tuvo una duración aproximada de 1 hr.
27-Sep	Huracán "Edith"	160				En San Juan Puerto Rico. Velocidad de desplazamiento = 27 Km/h.
21-Sep	Ciclón "Cyndy"	80				Texas, Estados Unidos.
2-Oct	Huracán "Flora"	175-200				San Juan Puerto Rico.
8-Oct	Huracán "Flora"	210	Casas destruidas. Techos arrancados.	2000-4000 muertos; 50,000 a 100,000 da- ñificados.		Haití. Marejadas de 8 a 10 pies de altura.
3-Oct.	Huracán "Flora"		40 % construcciones de la ciudad, des- truidas.	30 muertos.		En Tobago.
7-Oct	Huracán "Flora"	130		34 muertos	400-500 millones de pérdidas en - moneda nacional.	En Cuba.

TABLA A 3b

FECHA	EVENTO	VELOCIDAD Km/hr.	D A Ñ O S			COMENTARIOS
			EDIFICACION	HUMANOS	OTROS	
1964 24-Ago	Huracán "Cleo"	193-200	Más del 50% edificaciones dañadas.	Millones de damnificados.		En Miami, Estados Unidos. Velocidad de desplazamiento=35 Km/h. En Haití.
26-Ago	Huracán "Cleo"	120	Edificaciones dañadas	22 muertos		En Florida, Miami, Estados Unidos. Velocidad de desplazamiento =20 Km/h
28-Ago	Huracán "Cleo"	210				En Miami, Estados Unidos.
8-Sep	Huracán "Dora"	136	Calle con pavimento de concreto, totalmente arrancado.			En Miami, Florida, Estados Unidos. Velocidad de desplazamiento = 100 km/h. Area de operación en esta oportunidad = 400 de diámetro.
14-Sep	Huracán "Gladys"	100	65 casas evacuadas - por destrucción.			En Louisiana, Estados Unidos. Velocidad de desplazamiento=200 Km/h velocidad de ráfaga máxima= 120-130 km/h.
5-Oct	Huracán "Hilda"				Cuantiosas pérdidas.	En Honduras, en Cabo Gracias a Dios, al Norte del país.
10-Nov	Tormenta Tropical					En Italia. No se produjeron daños pero sí causó preocupación a los expertos.
17-Nov	Fuertes Vientos		"Torre de Pisa" entró en vibración.			

TABLA A 4b



FECHA	EVENTO	VELOCIDAD Km/hr.	D A Ñ O S			COMENTARIOS
			EDIFICACION	HUMANOS	OTROS	
1964						
15-Nov	Vientos	10-20 nudos. 40 nudos.				En Londres. En el Báltico.
28-Dic	Fuertes Vientos			>150 muertos	\$40 millones	En Colombo, Ceilán.
1965						
18-Ene	Fuertes Vientos	55				En New York, Estados Unidos.
3-Sep	Tormenta	184				En Miami, Estados Unidos.
24-Dep	Fuertes Vientos	128				En Miami, Estados Unidos. Se alarmaron los habitantes.
28-Sep	Huracán "Hazel"				Cuantiosos daños	En las costas de México.
1966						
7-Jun	Huracán "Alma"			73 muertos		En Honduras.
10-jun	Huracán "Alma"	160			Población destruida.	En Kansas, Florida, Estados Unidos. Causa destrucción.
26-Jun	Huracán "Ella"	80				En Miami, Estados Unidos. Huracán con borrascas.
25-Ago	Huracán "Falth"	145				En San Juan Puerto Rico.
27-Ago	Huracán "Fe"					En San Juan Puerto Rico.

TABLA A 5b

FECHA	EVENTO	VELOCIDAD Km/hr.	D A Ñ O S			COMENTARIOS
			EDIFICACION	HUMANOS	OTROS	
1966						
29-Sep	Huracán "Inés"	>160				En Santo Domingo (Isla).
29-Sep	Huracán "Inés"	240-280	Destrucción	Varios muertos	Sectores aleda- ños a la ciudad distruidos.	En San Juan Puerto Rico.
3-Oct	Huracán "Inés"		Techos arrancados, casas destruidas.			En Haití
3-Oct	Huracán "Inés"			>1500 muertes		En Miami, Estados Unidos. El huracán viajó al centro de Norte América.
1967						
11-Sep	Huracán "Beulah"	120-193- 200		Dejó muer- tes.		En Miami, Estados Unidos.
18-Sep	Huracán "Beulah"	216				En Yucatán, México.
1968						
3-Jul	Tormenta Tropical	80-118				En Miami, Estados Unidos.
17-Oct	Huracán "Gladys"	112				En Miami, Estados Unidos. En Cuba se produjo tormenta tropi- cal ( Vel.> 62 Km/h).
1969						
6-May	Una "Tomba"		Edificio totalmente destechado.	1 hombre lesionado.	9 aviones daña- dos.	En Aeropuerto de San Juan Puerto Rico. Duración de la "Manga", unos pocos minutos.

TABLA A 6b

FECHA	EVENTO	VELOCIDAD Km/hr.	D A Ñ O S			COMENTARIOS
			EDIFICACION	HUMANOS	OTROS	
1969 18-Jul	Huracán "Camille"	200-304	Escombros	300,000 dam- nificados.	Sin electrici- dad. Población Incomunicada.	En New Orleans, Estados Unidos.
3-Sep	Huracán "Fancelia"	120	Edificios de 5-6 pi- sos casi desmantela- dos. Techos, ventanas, puertas, etc. Colonias populares, to- talmente destruidas - por debilitamiento de las construcciones.		Servicios eléc- tricos destrozados.	En Estados Unidos, Miami.  En México.
25-Nov	Huracán "Martha"	80-120				En Panamá.
1970 22-May	Huracán "Alma"	95-120	Edificios destruidos y casi todos averia-	Damnifica-- dos en una - ciudad de -- 20,000 habit.		En Miami, Rafagosa sobre Cuba y Jamaica.
9-Ago	Huracán "Celia"					Texas, Estados Unidos.
1971 15-Sep	Huracán "Edith"					Nicaragua.

TABLA A 7b

FECHA	EVENTO	VELOCIDAD Km/hr.	D A Ñ O S			COMENTARIOS
			EDIFICACION	HUMANOS	OTROS	
1971 21-Sep	Huracán Olivia ó Irene.		Casas destruidas. Techos arrancados.	Varias muertes de personas.	Arboles caídos Navegación. Area suspendida.	En Nicaragua. Velocidades de desplazamiento = 30 y 14 km/h, respectivamente.
9-Sep	Huracán "Edith" FERN	120-185 145				Costa de Nicaragua. A 335 Km de Brownsville Texas, México.
22-Nov	Huracán "Laura"	95 125				En Guatemala, En Honduras. En Cuba. En Belice.
1972 21-Jun	Huracán "Agnes"	150 12-135				En Costa Norte Golfo de México, al Norte de Yucatán, Florida. Velocidad de traslación = 18 kms/h. En Miami. Rafagas hasta 175 km/h.
1973 30-Jul	Huracán "Alice"	55-65 ≈62 Km/h= Cte.				Tormenta tropical.
1974 30-Ago	Tormenta Tropical	>62				En Puerto Rico.
2-Sep	Huracán "Carmen"	100-150 200				En Honduras. Similar a 1961, huracán "Carmen", Haitie, 250 muertes. 150 millones de pérdidas al entrar en Yucatán, México.-Marejadas de 5.0 mt. de alto; estragos incalculables. Ver foto satélite.

TABLA A 8b

FECHA	EVENTO	VELOCIDAD Km/hr.	D A Ñ O S			COMENTARIOS
			EDIFICACION	HUMANOS	OTROS	
5-Sep	Tormenta Tropical "Dolly"	25-42-56				En la zona del Caribe. Dirección Norte. Hacia Miami, Estados Unidos . Se anuncia Huracán ---- "Carmen".
18-Sep	Huracán "Fifi"	150-190 210-22 200 a las 13 GTM.				8-10 pies de marejada normal. En el centro de la returbación. Dirección Noroeste. Duración 48 hrs.
19-Sep	Huracán "Fifi"					Se localizó en el Caribe a 550 km. al Noroeste de San Salvador, en --- Cabo Gracias a Dios.
21-Sep	Huracán "Fifi"					Velocidad de desplazamiento a su paso por Guatemala.

TABLA A 9b

A N E X O I

G R A D O	NOMBRE QUE RECIBEN LOS VIENTOS	TABLA DE VIENTOS ESCALA BEAUFORT DEFINICION DE LOS VIENTOS SEGUN OBERVACIONES HECHAS EN TIERRA.	LIMITES DE VE- LOCIDAD 10 M. DE ALTURA SOBRE TERRENO LLANO Y DESCUBIERTO.
0	Calma	Calma.El humo sube verticalmente.	0 a 0.2 m/s. menor de 1 km/h. menor de 1 nudo
1	Ventolina	Se define la dirección del viento por la del humo, pero no por las veletas.	0.3 a 1.5 m/s 1 a 5 km/h 1 a 3 nudos
2	Flojito	El viento se siente en la cara.Se mueven las hojas de los árboles y las veletas comunes.	1.6 a 3.3 m/s 6 a 11 km/h 4 a 6 nudos.
3	Flojo	Las hojas y ramitas pequeñas de los árboles - se agitan constantemente. Las banderas livianas(banderolas), son extendidas por el viento.	3.4 a 5.4 m/s 12 a 19 km/h 7 a 10 nudos
4	Bonancible mode- rado. Brisa mode- de	Se levanta polvo y los papeles pequeños. Se - mueven las ramas pequeñas de los árboles.	5.5 a 7.9 km/s 20 a 28 km/h. 11 a 16 nudos
5	Fresquito(algo fuerte).	Comienzan a inclinarse los árboles pequeños - con hojas. Se forman pequeñas olas con cres- tas en lagos y lagunas.	8.0 a 0.7 m/s 29 a 38 km/h 17 a 21 nudos
6	Fresco (fuerte) Brisa fuerte	Se mueven las ramas grandes de los árboles. Silvan los hilos del telégrafo. Se utilizan - con dificultad los paraguas.	10.8 a 13.8 m/s 39 a 49 km/h 22 a 27 nudos
7	Frescachón Viento fuerte	Todos los árboles están en movimiento. Es di- fícil andar contra el viento.	13.9 a 17.1 m/s 50 a 61 km/h 28 a 33 nudos.
8	Duro	Se rompen las ramas delgadas de los árboles. Generalmente no se puede andar contra el --- viento.	17.2 a 20.7 m/s 62 a 74 km/h 34 a 40 nudos.
9	Muy duro	Ocurren daños estructurales ligeros en los - edificios (chimeneas derribadas y tejas levan- tadas).	20.8 a 24.4 m/s 75 a 88 km/h 71 a 47 nudos.
10	Temporal	Se observan rara vez en tierra. Arranca árboles y ocasiona daños de considera- ción en los edificios.	24.5 a 28.4 m/s 89 a 102 km/h 48 a 55 nudos.
11	Borrasca	No hay verdadera experiencia en tierra. Ocasiona destrozos en todas partes.	28.5 a 32.6 m/s 103 a 117 km/h 56 a 63 nudos.
12	Huracán	No hay experiencia. Estragos graves y extensos.	32.7 mayor m/s 118 ó mayor km/h 64 ó mayor nudos.

A N E X O    I I

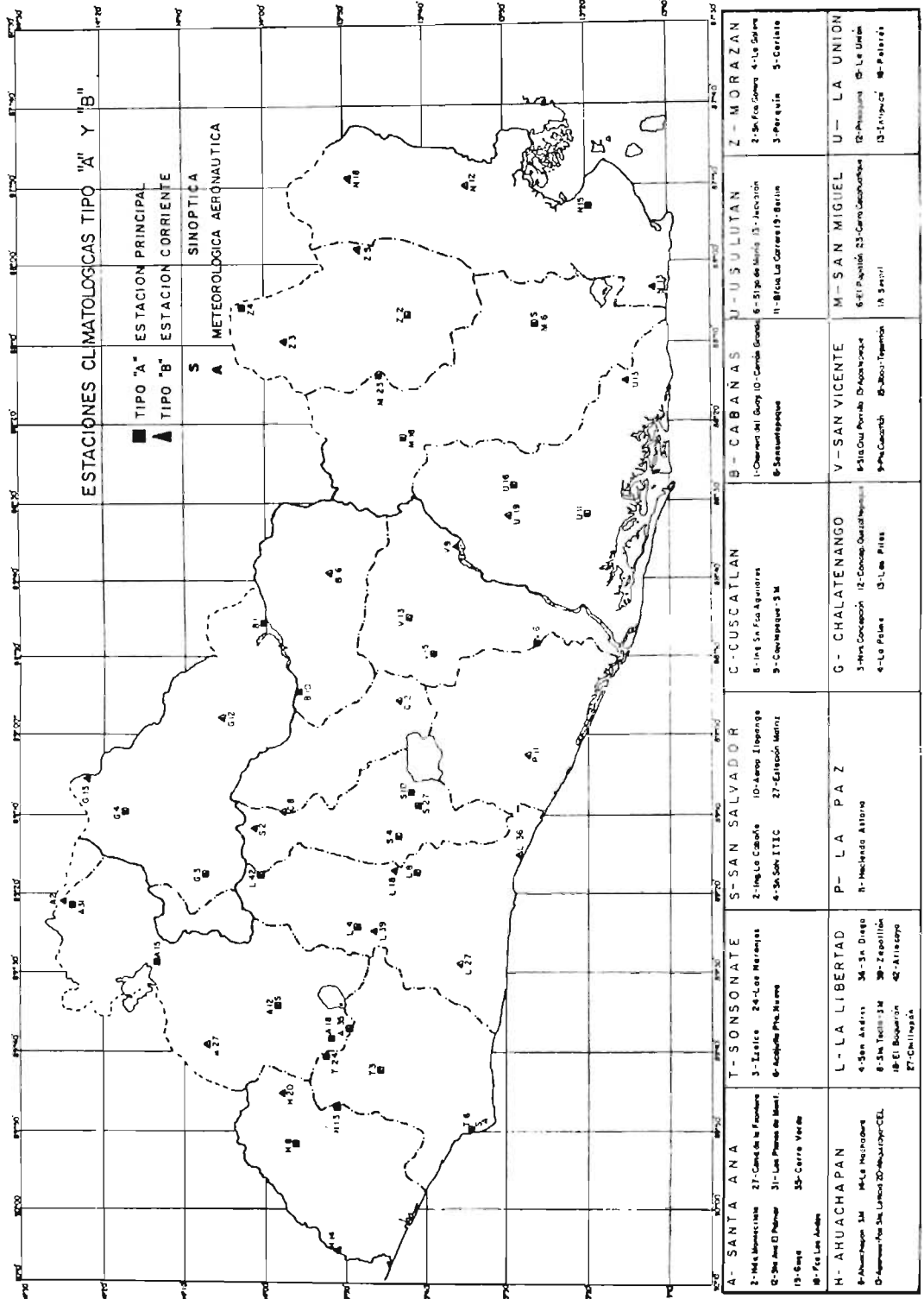


DIRECCION DEL VIENTO: EQUIVALENTES EN PUNTOS DE LA BRUJULA  
Y EN DECENAS DE GRADOS DE LA CLAVE 0977

<u>DIRECCION</u>	°	dd	<u>Dirección</u>	°	dd
Calma	--	00	W hacia S	258.75	26
N hacia el E	11.25	01	W	270	27
NNE	22.5	02	W hacia N	281.25	28
NE hacia el					
N	33.75	03	WNW	292.5	29
NE	45	05	NW hacia W	303.75	30
NE hacia el					
E	56.25	06	NW	315	32
ENE	67.5	07	NW hacia N	326.25	33
E hacia el N	78.75	08	NNW	337.5	34
E	90	09	N hacia W	348.75	36
E hacia el S	101.25	10	N	360	36
ESE	112.5	11	Variable	--	39
SE hacia E	123.75	12			
SE	135	14			
SE hacia S	146.25	15			
SSE	157.5	16			
S hacia E	168.75	17			
S	180	18			
S hacia W	191.25	19			
SSW	201.5	20			
SW hacia S	218.75	21			
SW	225	23			
SW Hacia W	236.25	24			
WSW	247.5	25			

A N E X O   I I I

RED METEOROLOGICA SALVADOREÑA



A N E X O I V

Aufgelegt am: 8:00 H:St. Date on: 13. de Agosto / 78 Colocado e Ext: Matriz -



W  
S

36 03 04 04 04 04 14 16 04 04 32 36

10 Intervalle = 10 km. Windweg

10 Intervalls = 10 km. Windrun

10 intervalos = 10 kms. viento recorrido

kg/m<sup>2</sup>  
100  
80  
60  
40  
30  
20  
10  
5  
0

9 9 8 7 6 4 2 9 9 7 3

m/sec

m/sec

23.3

40  
30  
20  
10