

27/17



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Ciencias

"LA NORMAL BIVARIADA APLICADA A UN
FENOMENO CLIMATOLOGICO"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

A C T U A R I O

P R E S E N T A :

MARIA CONCEPCION FRAGOSO VILLARRUEL

MAYO - 1988



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

INTRODUCCION

CAPITULO I: DESCRIPCION DEL FENOMENO.

1.1 NATURALEZA Y ESTRUCTURA DEL HURACAN.....	1
1.2 SU MOVIMIENTO	5
1.3 TECNICAS DE PRONOSTICO DE TRAYECTORIA	
- TECNICAS EMPIRICAS	8
- TECNICAS DINAMICAS	9
- TECNICAS ESTADISTICAS	10

CAPITULO II: SELECCION DE LA TECNICA

2.1 JUSTIFICACION DE LA TECNICA ESTADISTICA	13
2.2 DESCRIPCION DE LA TECNICA MEDIANTE EL METODO DE ANALOGIAS.....	15

CAPITULO III: LA NORMAL BIVARIADA APLICADA AL MODELO.

3.1 DESCRIPCION DEL MODELO.....	17
3.2 EL PRONOSTICO.....	27
3.3 EVALUACION DEL MODELO.....	56

ANEXOS.....	63
-------------	----

BIBLIOGRAFIA.....	77
-------------------	----

INTRODUCCION.

Uno de los fenómenos climatológicos de mayor frecuencia y que más afectan directamente al territorio nacional, por estar éste limitado con el Océano Pacífico y el -- Océano Atlántico es el denominado huracán o tifón que es como se le conoce cerca del Sur de Australia, Océano Indico, sur de la India y Taiguan; en el Japón se le conoce como vecindad. Este fenómeno cobra vital importancia por los enormes daños que causa con sus fuertes vientos y sus intensas lluvias. Por ejemplo, en 1970 uno de ellos toco Bangladesh provocando la muerte de aproximadamente 3,000,000 personas; otro de ellos toco la Paz Baja California en 1968 -- siendo el causante de la muerte de miles de personas, así - como cuantiosos daños materiales.

Actualmente el hombre intenta crear modelos teóricos sobre su nacimiento, duración y trayectoria, para así, poder controlarlos y algún día aprovecharlos.

En éste trabajo de tesis se plantea un modelo analógico, el que utiliza la NORMAL BIVARIADA para obtener la posible trayectoria que un huracán seguirá en las proximas 24, 48, 72 y 96 horas.

C A P I T Ú L O I.

DESCRIPCION DEL FENOMENO

1.1 NATURALEZA Y ESTRUCTURA DEL HURACAN.

Durante los meses de mayo a noviembre, en el hemisferio norte, en una región oceánica llamada "ZONA INTERTROPICAL DE CONVERGENCIA", Fig. (1.1), cerca del ecuador terrestre, donde se juntan los vientos provenientes del norte y del sureste, se reunen enormes masas de aire y de vapor de agua formándose una mancha que comenzará a desplazarse preferentemente hacia el norte, creando a partir de la superficie y hasta una altura aproximada de tres kilómetros una gran zona de baja presión, siendo esta mancha nubosa una tormenta tropical.

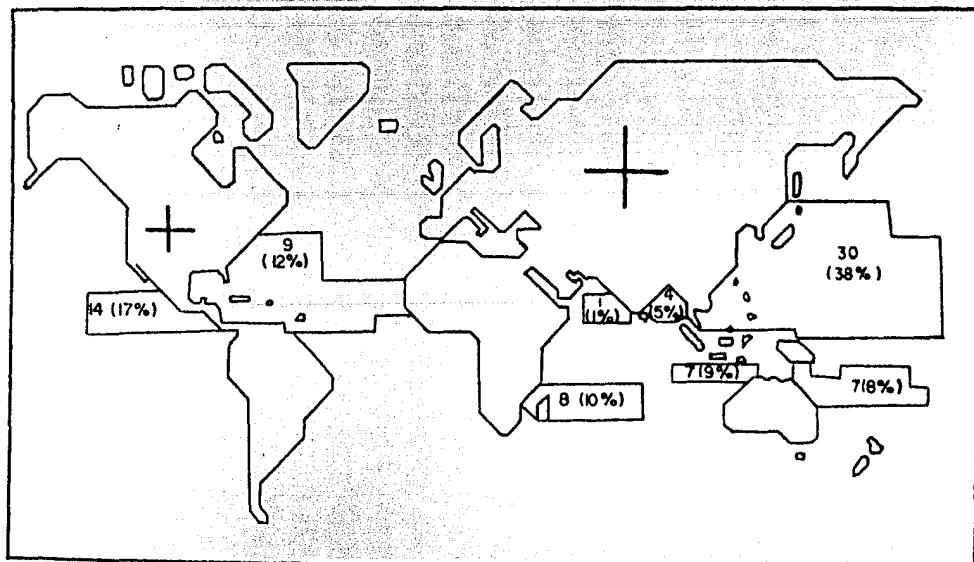


FIG. 1.1 LA FRANJA REPRESENTA LA ZONA INTERTROPICAL DE CONVERGENCIA. EL PORCENTAJE ANUAL DE OCURRENCIA Y NUMERO PROMEDIO DE HURACANES.

En esta etapa los vientos giran a una velocidad de apenas 34 nudos (un nudo equivale a una milla náutica -- por hora ó 1,870 metros por hora). Conforme se desplaza esta tormenta tropical, a lo largo de su camino puede encontrarse con aguas a temperaturas de 27°C sobre la superficie del mar, incrementándose enormemente la intensidad de los vientos, alcanzando velocidades de 40 nudos.

Si ahora se contempla desde arriba, un remolino de nubes habrá tomado perfectamente su forma, y en su centro habrá una región circular vacía, llamada "el ojo del huracán", conforme pasa el tiempo, si la temperatura superficial del mar que encuentra en su camino no desciende, habrá nacido un huracán, que tendrá una capacidad de soplar con vientos superiores a los 63 nudos y su "ojo" estará perfectamente formado con grandes bandas nubosas en forma de espiral a su alrededor. En su base, sobre la superficie del mar, succionará enormes cantidades de aire y vapor de agua, debido a la menor presión reinante en ella y que saldrá por su parte superior, como lo muestra la Fig. (1.2).

En un estudio oceanográfico efectuado para el Océano Atlántico, se encontró que el 95% de las tormentas tropicales que alcanzan la intensidad de huracán se encuentran en aguas oceánicas que tienen temperaturas de 28°C, además de que la capa entre la superficie del mar y los 60 metros de profundidad tienen una diferencia de temperatura de 4°C. Esto significa que si únicamente la superficie del mar está caliente a 28°C, la tormenta no tiene una fuente de calor lo suficientemente grande como para evolucionar --

y convertirse en huracán.

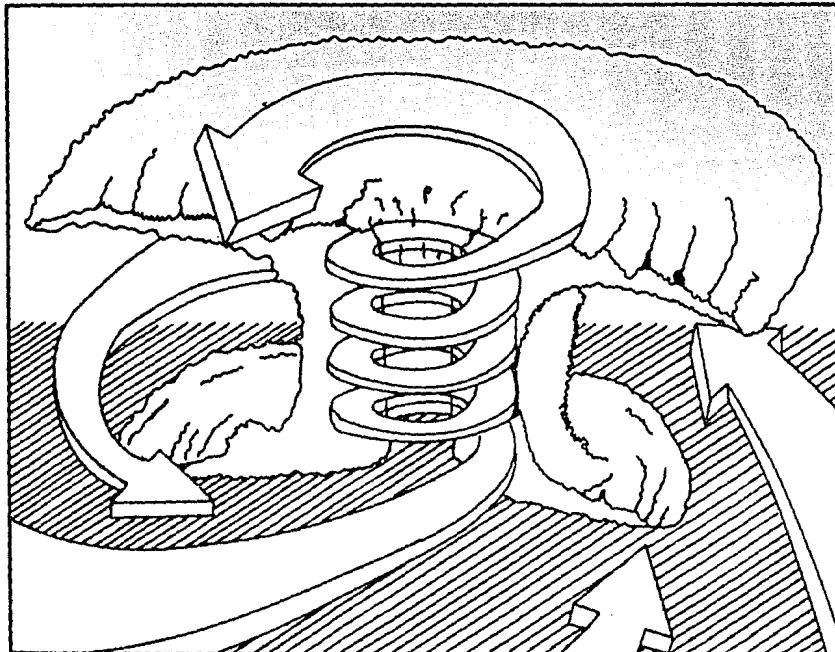


FIG. 1.2 FORMACION INTERNA Y EXTERNA DE UN HURACAN.

Otro hecho interesante de estos fenómenos, es que pueden formarse dos o tres al mismo tiempo en una misma área y a veces de ellos pueden acercarse hasta formar un sistema binario, girando cada uno de ellos sobre su propio eje y a la vez, en un eje común a una distancia media entre sus centros, pudiendo llegar a juntarse en uno solo.

1.2 MOVIMIENTOS.

Los posibles movimientos que en su trayectoria un huracán puede tener son muy variados, algunos muy simples y otros bastante complejos que para describirlos es necesario exemplificarlos, tal como se muestra en la Fig. (1.3). Otros posibles movimientos pueden ser combinaciones de algunos de éstos, aquí solo se describirán los más generales y más comunes para el Océano Pacífico, cerca del Territorio Nacional.

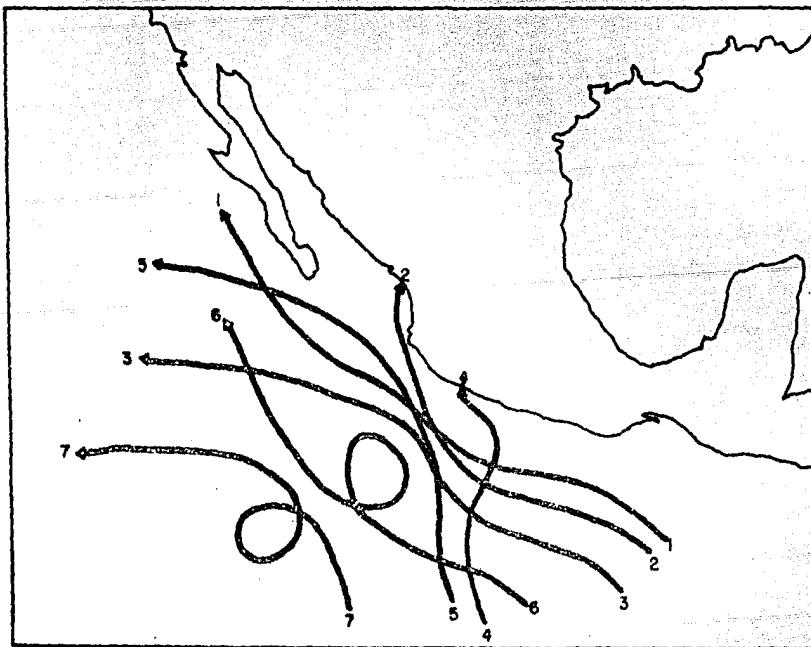


FIG. 1.3 LAS TRAYECTORIAS MAS FRECUENTES QUE HA ---
TENIDO UN HURACAN.

Los casos 1 , 2 y 3 inicialmente son similares por ser paralelos a la costa, pero finalmente el primero continúa hacia el norte, el segundo se desvía al noreste para penetrar al Continente y el tercero se desvía hacia el oeste para disiparse en el Océano.

Los casos 4 y 5 son movimientos perpendiculares al Continente, pudiendo como en el cuarto caso penetrar directamente a tierra o como en el quinto, desviarse hacia el noreste para perderse en el Océano.

También puede ocurrir que el huracán tenga una trayectoria en la que se forme un rizo, el cual puede ser grande o pequeño para después continuar con la misma dirección que llevaba al principio, como es el caso 6 , o pudiendo cambiar completamente de curso como en el caso 7 .

Es importante citar que en todos los casos descritos anteriormente, puede el huracán en cualquier punto de su trayectoria estacionarse un lapso de tiempo.

Como parte de la descripción del posible movimiento que un huracán puede tener, hay que mencionar la velocidad con que se mueve, siendo su velocidad promedio de aproximadamente entre 14 y 20 kilómetros por hora. Cuando su movimiento es lento, la velocidad varía entre cero y cinco kilómetros por hora. También puede alcanzar velocidades máximas hasta de 55 kilómetros por hora.

Las causas que provoca esta variabilidad en el movimiento

miento de un huracán, puede deberse a la influencia que sufre del medio ambiente en que se desarrolla según la época del año, tal como : la temperatura de la superficie del mar, el alejamiento a la zona intertropical de convergencia, el movimiento general de la atmósfera y otros factores que en la actualidad apenas se empiezan a estudiar.

Otra de las características que presentan en su movimiento los huracanes, es la frecuencia con que ocurren en determinadas áreas del Océano Pacífico, permitiendo ésto una cuantificación de todos los huracanes que han ocurrido y por tanto una clasificación de esta zona en pequeñas áreas donde la posibilidad de ocurrencia está dada en una estadística -- ver Fig. (1.1). Usando este resultado podemos decir que la posibilidad de tener un huracán al norte del Pacífico es casi nula a comparación de la posibilidad tan grande que existe de tenerlo al sur del Pacífico.

1.3 TECNICAS DE PRONOSTICO DE TRAYECTORIA DE HURACANES.

Para determinar la trayectoria que puede seguir un huracán, es necesario saber lo que está ocurriendo dentro y fuera de él, pero el conocimiento de lo que pueda ocurrir en un momento dado es muy difícil, ya que los fenómenos atmosféricos no están aún rigurosamente definidos, por lo que es necesario en base a observaciones de una serie de datos que permitan determinar la variabilidad tanto de su medio ambiente como de él. Actualmente existen tres técnicas para el pronóstico de la trayectoria de huracanes, las que se denominan Empíricas, Dinámicas y Estadísticas.

TECNICAS EMPIRICAS.

Las técnicas empíricas a su vez se dividen en varias categorías, que también en combinación pueden lograr un pronóstico de trayectoria de huracanes de 12 hasta 24 horas, y estas son:

PERSISTENCIA: En ésta se considera que los efectos integrados a todas las fuerzas que conducen a los huracanes durante un cierto período pasado, deberá continuar en un mismo tiempo futuro. La persistencia se toma como el movimiento suavizado del huracán entre 12 y 24 horas. Un pronóstico de persistencia de mayor orden, puede ser hecho tomando en cuenta los cambios de dirección y rapidez ocurridos 24 horas antes.

CLIMATOLOGIA: Este hace uso de la repetividad --

temporal y especial de las trayectorias obtenidas de los -
patrones sinópticos que gobiernan los huracanes. Esta téc-
nica desplaza o mueve el huracán en dirección resultante -
de la rapidez media escalar, para una localización y época
del año.

SINOPTICAS: Hay dos tipos de pronósticos que --
pueden considerarse sinópticos, uno es mediante el uso con-
vencional de observaciones sinópticas de presión, tempera-
tura, humedad, viento y otros parámetros meteorológicos.
El otro considera lo mismo, además de la fotografía de sa-
télites.

FOTOGRAFIA DE SATELITES: Se basa en el hecho de
relacionar principalmente los cambios de las característi-
cas de las nubes asociadas con los huracanes para los cam-
bios futuros en la dirección del movimiento para determi-
nar la dirección del movimiento del huracán, se ha observa-
do que la nubosidad avanza en la dirección del mismo, así
la fotografía de las nubes cbservadas por los satélites o
el reporte de precipitación de las estaciones costeras ade-
lante de los huracanes, a veces da una buena indicación de
la dirección de la trayectoria del huracán.

TECNICAS DINAMICAS.

El procedimiento para obtener un pronóstico apli-
cando la técnica dinámica, se basa en datos observados pa-
ra así resolver numéricamente las ecuaciones hidrodinámi-
cas para el periodo de tiempo deseado del pronóstico.

Estas técnicas resultan del hecho de que un movimiento del huracán es precisamente una función de la corriente directriz en la cual el huracán está sumergido. Por tanto, los modelos desarrollados consideran que la circulación del huracán es sustraída del flujo total y la tormenta es manejada como un vórtice puntual, o también la circulación del huracán es reemplazado por un predeterminado vórtice que es simétrico y no interacciona.

Los modelos dinámicos requieren de dos mallas, una para representar el medio ambiente del huracán y la otra para analizar el vórtice puntual del huracán, la que se irá moviendo conforme el huracán avanza. En cada punto de las mallas se tiene los datos observados proporcionados por satélites y estaciones cercanas, para las zonas oceánicas donde no se tienen datos de sondeo de vientos, éstos se obtienen de un análisis subjetivo del campo de vientos.

Un modelo dinámico no depende de las relaciones estadísticas entre un huracán actual y un huracán pasado, esto es, las variaciones en el curso futuro de un huracán deben ser precedidas implicitamente por medio de las ecuaciones de movimiento e independientes de los detalles del comportamiento de un huracán pasado.

TECNICAS ESTADISTICAS.

El pronóstico obtenido para el movimiento de un huracán utilizando la técnica estadística, se puede dividir en dos categorías que son:

ANALOGICAS: Una tormenta actual es asociada con otras trayectorias parecidas, esto permite inferir lo que puede hacer en el futuro la tormenta actual. Estos modelos utilizan el método de analogías que consiste en capitalizar la habilidad para identificar familias de trayectorias de huracanes, a través de una serie de algoritmos de computación.

El desarrollo y uso operacional de un modelo analógico, requiere de disponibilidad de un archivo histórico de trayectorias de huracanes.

Una importancia característica de los modelos analógicos, es que el pronóstico se presenta en términos de elipses de probabilidad y adicionalmente dan una adecuada cantidad de información de diagnóstico.

Los modelos son relativamente fáciles para su implementación, solo requieren un mínimo de tiempo de procesamiento en la computadora, pero si un máximo de información. Adecuadamente interpretados sus resultados, ellos representan la mejor probabilidad para un primer pronóstico estimado disponible para el meteorólogo.

REGRESION: Los modelos que utilizan la regresión incorporan un mecanismo de predicción que requiere de datos sinópticos más recientes, que son seleccionados de la climatología y la persistencia; y datos pronosticados por otros modelos. Así, si hay suficientes datos disponibles, se desarrollan conjuntos separados de ecuaciones de regresión que representan diferentes patrones sinópticos.

CAPITULO II.

SELECCION DE LA TECNICA.

REQUERIMIENTOS DE LAS TECNICAS.

TECNICAS EMPIRICAS: Estas requieren de datos sinópticos en tiempo real, obtenidos por estaciones meteorológicas y satélites, además de un claro conocimiento de la naturaleza de toda esta información para realizar todos los análisis meteorológicos necesarios.

TECNICAS DINAMICAS: Al igual que las técnicas empíricas, requieren de los mismos datos sinópticos a tiempo real, es decir lo más cercano al tiempo en que va a elaborarse el pronóstico y en particular datos de estaciones meteorológicas de radio sondeo en zonas oceánicas.

TECNICAS ESTADISTICAS: Requieren de un archivo histórico de huracanes suficientemente grande y confiable, que contenga las posiciones y fechas correspondientes de cada huracán; disponibilidad de un equipo de cómputo y además de conocimientos de métodos estadísticos que puedan aplicarse a la información que contiene el archivo histórico.

En base al análisis de los requerimientos y material disponible, se concluyó que el uso de las técnicas dinámicas y empíricas no son aplicables en nuestro medio, debido a que se carece del volumen suficiente de datos sinópticos a tiempo real, dado que el número de estaciones meteorológicas es insuficiente y las que se tienen no están bien distribuidas y en particular se carece de ellas en las zonas oceánicas.

2.1 JUSTIFICACION DE LA TECNICA ESTADISTICA.

Para poder seleccionar con éxito la técnica y así - resolver el problema de obtener un pronóstico para la posible trayectoria de un huracán, se procedió a analizar el material disponible así como los requerimientos que cada técnica emplea para resolver el problema.

MATERIAL DISPONIBLE:

- 1.- Archivo histórico de huracantes que incluye la información del período 1921 a 1980, que contiene las coordenadas de cada punto de las trayectorias de los huracanes, siendo el lapso de tiempo entre punto y punto de 12 horas; las fechas correspondientes, o sea el año, el mes y el día; así como el nombre como fueron registradas (ver Anexo A).
- 2.- Datos disponibles en tiempo real, de huracanes que estén ocurriendo en el momento.
- 3.- Equipo y conocimiento de cómputo.
- 4.- Conocimiento de técnicas estadísticas, naturaleza de los datos.
- 5.- Información de 13 estaciones meteorológicas de radiosondeo distribuidas en el Territorio Nacional.

Por otro lado las técnicas dinámicas para la solución de las ecuaciones hidrodinámicas que plantean, requieren de mucho tiempo de procesamiento en la computadora, lo que implica un costo elevado en la elaboración del pronóstico; sin embargo a pesar del costo, el análisis que hace es bastante profundo, pues conjunta tanto el meteorológico como el numérico.

En resumen, a falta de información sinóptica a --- tiempo real, se tiene información histórica de huracanes, esto justifica la selección de la técnica estadística mediante el método de analogías, ya que se cubre ésta con el material disponible y por ello nuestras necesidades. El pronóstico obtenido por esta técnica, requiere de un mínimo de tiempo - en su implantación y en su procesamiento en la computadora.

2.2 DESCRIPCION DEL METODO DE ANALOGIAS.

Entenderemos por analogía, la relación de semejanza que permita establecer visiones de conjunto entre realidades distintas. Este principio de semejanza se establece en el - método de analogías, dada la existencia de un conjunto de -- eventos los cuales deben ser semejantes en naturaleza a un -- patrón, por tanto entenderemos el método de analogías a la -- identificación de eventos que sean semejantes con respecto al patrón.

Al conjunto de eventos lo llamaremos archivo de datos, el cual debe ser construido con eventos concretos y contables o medibles.

El método de analogías requiere de construir y diseñar un algoritmo que permita de manera sistemática seleccionar del archivo aquellos datos semejantes a un patrón, para así obtener una muestra que sea lo más representativa. El -- algoritmo debe ser elaborado en base a patrones de comparación, los cuales van a depender del problema a resolver.

Es necesario tener presente que la confiabilidad -- y el tamaño de la muestra obtenida por el algoritmo, va a depender en mucho de la forma de cómo se definan los parámetros y sus rangos, ya que en el caso de que éstos definan el problema de manera muy general, la muestra obtenida puede no ser representativa y en caso de ser muy específicos la muestra -- puede ser muy confiable pero muy pequeña, aún cuando se cuente con un archivo de datos lo suficientemente grande.

Las ventajas de utilizar un algoritmo, es que permite la selección de la muestra de una manera muy confiable, y por otro lado el proceso de obtención de la muestra es muy rápida.

Una vez obtenida la muestra de los datos análogos al patrón, puede suceder que la información que da sea o no suficiente para la solución del problema, en este último caso hay la opción de aplicar a la muestra obtenida cualquier otra técnica, la cual puede ser estadística, analítica o de cualquier otra índole.

C A P I T U L O III.

LA NORMAL BIVARIADA APLICADA AL MODELO .

3.1 DESCRIPCION DEL MODELO.

Como se vió en el capítulo anterior, el método de analogías consiste en seleccionar un conjunto de eventos que cumplan con ciertas características de semejanza a un patrón, las cuales estarán definiendo el problema a resolver. En este caso se tendrá como conjunto de eventos, un archivo de posiciones de trayectorias de huracanes históricos o pasados y como patrón las posiciones de un huracán actual.

Para encontrar aquellas trayectorias de huracanes históricos que exhiban características de semejanza al huracán actual, será necesario establecer parámetros de comparación que definen al patrón, para nuestro propósito se establecieron los siguientes: La posición geográfica dada por la latitud y longitud de la última posición observada del huracán actual, así como las de 12 y 24 horas anteriores, la fecha de la última posición observadas, estos parámetros de com-

PARAMETROS DE COMPARACION	RANGOS DE ACEPTACION
LATITUD	$\pm 2.0^\circ$
LONGITUD	$\leq 1.5^\circ$
DIA JULIANO	± 90 DIAS.

TABLA 1. PARAMETROS Y RANGOS DE ACEPTACION.

paración están limitados por los rangos de aceptación definidos en la tabla 1. Con el fin de seleccionar el conjunto de trayectoria de huracanes que sean semejantes al huracán actual.

ALGORITMO PARA LA EXTRACCION DE LA MUESTRA.

Una búsqueda sistemática en el archivo histórico es iniciada con la extracción del huracán histórico, para empezar la comparación de los parámetros del huracán actual con los parámetros del huracán histórico, esto es, se compara la última posición observada del huracán actual -- con cada una de las posiciones del huracán histórico, al -

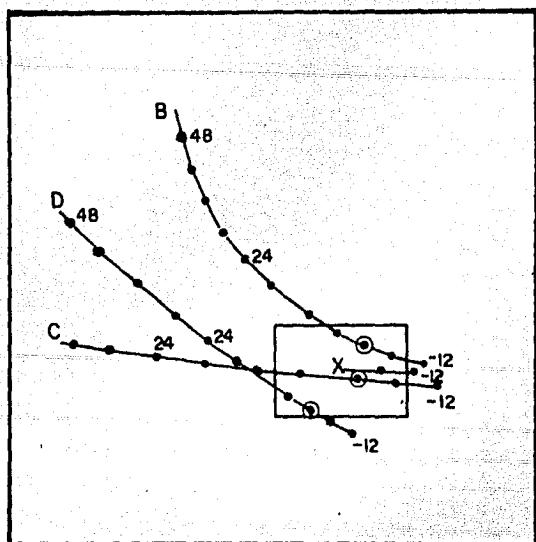


FIG. 3.1 POSICIONES DE HURACANES QUE SE ENCUENTRAN DENTRO DE LOS RANGOS DE ACEPTACION.

mismo tiempo es comparado el parámetro día julian o del huracán actual con el del huracán histórico, como se muestra en la Fig. (3.1)

Obteniéndose así la mejor posición análoga del -- huracán histórico al huracán actual. Para continuar con el análisis de ese huracán histórico pero ahora con las posiciones de 12 y 24 horas después.

Es importante que se conozca también el comportamiento que tuvieron las trayectorias de los huracanes que fueron análogos, mediante las posiciones de 12 y 24 horas - después de la mejor posición análoga, ya que si se recuerda lo que se pretende obtener es el comportamiento que sigue - en su movimiento la trayectoria del huracán actual en las - 24 horas posteriores, por esta razón es necesario que se -- continúe con el análisis de las posiciones de 12 y 24 horas después de la mejor análoga, puede ocurrir que no se tengan las posiciones de 12 y 24 horas después de la mejor análoga, debido a que los parámetros de comparación son limitados -- por rangos de aceptación, o por que la posición análoga sea la penúltima o última del huracán histórico, en estos casos se procederá a ser calculada.

Una vez completada la muestra con las posiciones no existentes, se cuenta entonces, con un conjunto de posiciones que fueron análogas al huracán actual, dando este -- conjunto tantas alternativas como posiciones contenidas en él, así que lo que la muestra nos proporciona no es suf---

ciente. Se procederá entonces a recurrir a una técnica estadística, basada en la construcción de regiones (elipses) de confianza bajo la hipótesis de normalidad. A continuación se esboza la construcción de dichas regiones:

La expresión de la función de densidad normal multivariada con p variables aleatorias independientes es:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_p) = \frac{1}{(2\pi)^{p/2} \sigma_1 \dots \sigma_p} \exp^{-1/2} \sum_{i=1}^p \left(\frac{x_i - \mu_i}{\sigma_i} \right)^2$$

si escribimos

$X' = [x_1, x_2, \dots, x_p]$ el vector de variables aleatorias

$\mu' = [\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_p]$ el vector de medias

y $B = \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & \sigma_p^2 \end{pmatrix}$ la matriz de covarianzas.

en general la densidad conjunta será:

$$f(\underline{x}) = \frac{1}{(2\pi)^{1/2p} |\Sigma|^{1/2}} \exp^{-1/2} [(\underline{x} - \underline{\mu})' \Sigma^{-1} (\underline{x} - \underline{\mu})]$$

Un caso especial de la distribución normal multivariada es la normal bivariada, es decir para $p = 2$. Sean x_1 y x_2 variables aleatorias las cuales se suponen tienen una distribución normal conjunta.

$$X' = [x_1, x_2] \quad \mu' = [\mu_1, \mu_2]$$

la matriz de covarianza

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sigma_{11} & \sigma_1 & \sigma_2 \\ \sigma_2 & \sigma_1 & \sigma_{22} \end{pmatrix}$$

y la matriz inversa de covarianza

$$\Sigma^{-1} = \frac{1}{1 - \rho^2} \begin{pmatrix} 1 & -\rho \\ -\rho & \frac{\sigma_1 \sigma_2}{\sigma_{11}} \\ -\rho & \frac{1}{\sigma_{22}} \\ \frac{\sigma_1 \sigma_2}{\sigma_{11}} & \frac{1}{\sigma_{22}} \end{pmatrix}$$

el coeficiente de correlación entre x_1 y x_2 está dada como:

$$\rho_{12} = \frac{\sigma_{12}}{\sqrt{\sigma_{11} \sigma_{22}}} = \frac{\sigma_{12}}{\sigma_1 \sigma_2}$$

donde σ_{11} es la varianza de x_1 y σ_{22} es la varianza de x_2 y ρ el coeficiente de correlación entre x_1 y x_2 .

Por tanto la función de densidad normal bivariada tiene la siguiente expresión:

$$f(x_1, x_2) = \frac{1}{2\pi \sigma_1 \sigma_2 \sqrt{1 - \rho^2}} \exp \left\{ \frac{1}{2} \frac{1}{1 - \rho^2} \left[\left(\frac{x_1 - \mu_1}{\sigma_1} \right)^2 - 2\rho \left(\frac{x_1 - \mu_1}{\sigma_1} \right) \left(\frac{x_2 - \mu_2}{\sigma_2} \right) + \left(\frac{x_2 - \mu_2}{\sigma_2} \right)^2 \right] \right\}$$

La función de densidad es constante sobre las elipsoides, donde el exponente de la función igualada a una constante C resulta ser la ecuación de un elipsoide.

$$(\underline{x} - \underline{\mu})' \Sigma^{-1} (\underline{x} - \underline{\mu}) = C$$

para todo valor positivo C en un espacio euclíadiano p-dimensional.

El centro de cada elipsoide está en el punto $\underline{\mu}$, la forma del elipsoide está determinada por Σ y el tamaño -- (dados Σ) por C.

Se puede caracterizar la forma del elipsoide localizando las direcciones de los ejes y su tamaño de la siguiente forma:

para cualquier punto \underline{x} , la distancia al cuadrado hasta el centro del elipsoide es :

$$(\underline{X} - \underline{\mu})' (\underline{X} - \underline{\mu})$$

como el punto \underline{X} debe estar sobre el elipsoide satisface:

$$(\underline{X} - \underline{\mu})' \Sigma^{-1} (\underline{X} - \underline{\mu}) = C$$

entonces se puede plantear el problema de:

maximizar $(\underline{X} - \underline{\mu})' (\underline{X} - \underline{\mu})$

sujeto a

$$(\underline{X} - \underline{\mu})' \Sigma^{-1} (\underline{X} - \underline{\mu}) = C$$

Para que las longitudes tengan su valor máximo, es necesario que sus derivadas con respecto al elemento de \underline{X} sean cada una igualadas a cero:

$$f(\underline{X}) = (\underline{X} - \underline{\mu})' (\underline{X} - \underline{\mu}) - \lambda [(\underline{X} - \underline{\mu})' \Sigma^{-1} (\underline{X} - \underline{\mu}) - C]$$

$$\frac{\partial f(\underline{X})}{\partial \underline{X}} = 2(\underline{X} - \underline{\mu}) - 2\lambda \Sigma^{-1} (\underline{X} - \underline{\mu})$$

de donde las coordenadas de las longitudes de los ejes deben satisfacer la ecuación:

$$[I - \lambda \Sigma^{-1}] (\underline{X} - \underline{\mu}) = \underline{0}$$

y como Σ es no singular, multiplicando a la izquierda por Σ

$$[\Sigma - \lambda I] (\underline{X} - \underline{\mu}) = \underline{0}$$

multiplicando por la izquierda por $4(\underline{X} - \underline{\mu})'$

$$4(\underline{X} - \underline{\mu})' [I - \lambda \Sigma^{-1}] (\underline{X} - \underline{\mu}) = \underline{0}$$

$$4(\underline{X} - \underline{\mu})' (\underline{X} - \underline{\mu}) - 4\lambda(\underline{X} - \underline{\mu})' \Sigma^{-1} (\underline{X} - \underline{\mu}) = \underline{0}$$

$$4(\underline{X} - \underline{\mu})' (\underline{X} - \underline{\mu}) = 4\lambda(\underline{X} - \underline{\mu})' \Sigma^{-1} (\underline{X} - \underline{\mu})$$

y como $(\underline{X} - \underline{\mu})' \Sigma^{-1} (\underline{X} - \underline{\mu}) = C$

$$4(\underline{X} - \underline{\mu})' (\underline{X} - \underline{\mu}) = 4\lambda C$$

por tanto la longitud de los ejes del elipsoide están dados por:

$$L = 2 \sqrt{(\underline{X} - \underline{\mu})' (\underline{X} - \underline{\mu})} = 2 \sqrt{\lambda C}$$

$$L_1 = 2 \sqrt{\lambda_1 C} \quad \text{y} \quad L_2 = 2 \sqrt{\lambda_2 C}$$

donde λ_1, λ_2 son los valores característicos de Σ y α_1, α_2 son los vectores característicos correspondientes, así las direcciones de los ejes están determinados por los vectores característicos.

Los estimadores de máxima verosimilitud de μ y Σ

en la función de densidad normal multivariada son:

Si $\underline{x}_1, \underline{x}_2, \dots, \underline{x}_N$ es una muestra aleatoria con $N < p$

$$\bar{\underline{x}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \underline{x}_i = \begin{pmatrix} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^1 x_{1i} \\ \vdots \\ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^p x_{pi} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \bar{x}_1 \\ \vdots \\ \bar{x}_p \end{pmatrix}$$

$$\hat{\Sigma} = S = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\underline{x}_i - \bar{\underline{x}})(\underline{x}_i - \bar{\underline{x}})'$$

es la matriz

de covarianza muestral.

Una región del $(1-\alpha) \times 100\%$ de confianza para el vector de medias es:

$$N(\bar{\underline{x}} - \underline{\mu})' S^{-1} (\bar{\underline{x}} - \underline{\mu}) \leq T_o^2$$

que corresponde a un elipsoide con centro en $\bar{\underline{x}}$ y donde T_o^2 es el cuantil $(1 - \alpha/2)$ de una T^2 de Hotelling, utilizando la relación:

$$F = \frac{N-p}{p(N-1)} T^2$$

se puede utilizar una distribución $F_{(p, N-p)}$ esto es:

$$N \left(\bar{X} - \underline{\mu} \right)' S^{-1} \left(\bar{X} - \underline{\mu} \right) \leq \frac{p(N-1)}{N-p} F_{(p, N-p)}^{1-\alpha}$$

siendo ésta la que se utiliza en el programa, donde los parámetros poblacionales son:

\bar{x}_1 : media de x (longitud) de la coordenada

\bar{x}_2 : media de y (latitud) de la coordenada

V_{x_1} : desviación estandar de la coordenada x

V_{x_2} : desviación estandar de la coordenada y

$V_{x_1^2}$: varianza de la coordenada x

$V_{x_2^2}$: varianza de la coordenada y

$\rho_{x_2 x_1}$: coeficiente de correlación entre las coordenadas
(x, y).

3.2 PRONOSTICO.

Se construyó un programa en el cual, se sistematizó la técnica utilizada para la obtención del pronóstico, el cual requiere de los siguientes datos de entrada.

- 1.- Un archivo histórico de huracanes.
- 2.- Datos generales del huracán actual.

PROCESO DEL PROGRAMA:

El proceso empieza con la extracción del primer huracán registrado en el archivo histórico, para ser calculado el día juliano, que consiste en obtener el día acumulado, es decir, cuenta los días transcurridos a partir del día primero de enero a la fecha en que fué registrada, tomando en cuenta si es o no año bisiesto, esto con el fin de poder ser comparado este parámetro.

Hace una identificación de la hora en que fué registrada la última posición del huracán actual y las horas que han transcurrido a partir de que se recibió la información y la hora en que se procesa ésta, ya que si han transcurrido más de 6 horas, ésta se toma como la de 12 horas antes. También se hace con el objeto de identificar si el pronóstico que se está calculando es el de las cero o las de 12 horas.

El proceso continúa al empezar a comparar los parámetros del huracán actual con los del huracán histórico,

y si el huracán histórico contribuye con más de una posición a la muestra, ésta es almacenada. Procediendo a preguntarse --- por la existencia de las posiciones de 12 y 24 horas después a la que escogió como la más análoga, en el caso de que las tenga, se procederá a ser calculadas en forma lineal. Este proceso es iterado tantas veces como huracanes se tengan registrados en el archivo histórico.

Así, una vez de haber hecho esta selección con cada una de las tormentas del archivo histórico, se preguntará si existe suficiente información en la muestra, es decir, si hay más de 10 posiciones acumuladas en la muestra, se procederá a calcular el pronóstico, ya que una de las condiciones principales para seguir, es que deben de existir mínimo 10 posiciones, de lo contrario se omitirá un letrero que indica "ANALOGIAS INSUFICIENTES", y el proceso se da por terminado. Pero en el caso de que la muestra obtenida contenga más de 10 posiciones, se procederá a asignarle la probabilidad al área correspondiente.

Procediendo a ser calculados los estimadores de los -- parámetros a partir de la muestra, siendo éstos: la media, varianza, desviación estandar, coeficiente de correlación correspondientes a x_1 , x_2 . Ya calculados estos estimadores, entrará a una subrutina donde calculará la elipse de probabilidad siendo el centro de la elipse μ , para el pronóstico de 24 horas, todo este proceso es iterado tres veces más, ya que el pronóstico es calculado para 48, 72 y 96 horas más. Pero ahora para el pronóstico de 48 horas, supone que la última --

posición observada del huracán actual es la que pronosticó - para las 24 horas, y así consecutivamente para el pronóstico de las 72 y 96 horas.

Cuando ha obtenido los pronósticos de las 24, 48, 72 y 96 horas, entra a una subrutina de graficación, la cual omite dos tipos de reporte. El primero contiene las gráficas de las elipses correspondientes al pronóstico de 24, 48, 72 y 96 horas, las cuales representan las áreas más probables del movimiento del huracán, siendo la unión de los centros de las elipses la trayectoria más probable del movimiento del huracán, por ser los centros de las elipses las latitudes y longitudes medias. Donde la ubicación de las elipses estarán dadas por el coeficiente de correlación, es decir, si el coeficiente de correlación es positivo, la ubicación de la elipse será hacia el oriente, si el coeficiente de correlación es negativo, la ubicación de la elipse será al poniente, y si el coeficiente de correlación es igual a cero tendremos una circunferencia. Junto con las gráficas de las elipses es graficado el contorno de la República Mexicana, con el fin de que sea más fácil la ubicación del resultado esto es, de una manera visual se facilite la ubicación de las áreas de probabilidad y por tanto la posible trayectoria que en su movimiento el huracán pueda seguir con respecto a la costa de la República Mexicana. --- Ver Reporte 1.

El segundo reporte contiene las coordenadas correspondientes a los lugares geométricos de las elipses, --

así como el total de tormentas que fueron análogas junto --
con las posiciones totales de la muestra. Ver Reporte 2.

MODELO PARA DETERMINAR LA TRAYECTORIA DE HURACANES.

NOMBRE DE LA TORMENTA O HURACAN LIZA
ULTIMA POSICION OBSERVADA 13.0N 110.0W
HORA 02 DIA 21 MES 10

PRONOSTICO A 24 HORAS BASADO EN 90 ANALOGIAS CON 193 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 13.7N 114.3W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 14.6N 115.7W 12.8N 112.9W
COORDENADAS DEL EJE MENOR 14.9N 113.6W 12.5N 115.0W

PRONOSTICO A 48 HORAS BASADO EN 80 ANALOGIAS CON 172 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 15.1N 118.5W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 15.5N 124.9W 14.7N 112.1W
COORDENADAS DEL EJE MENOR 18.3N 118.5W 12.0N 118.6W

PRONOSTICO A 72 HORAS BASADO EN 66 ANALOGIAS CON 147 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 16.3N 121.3W

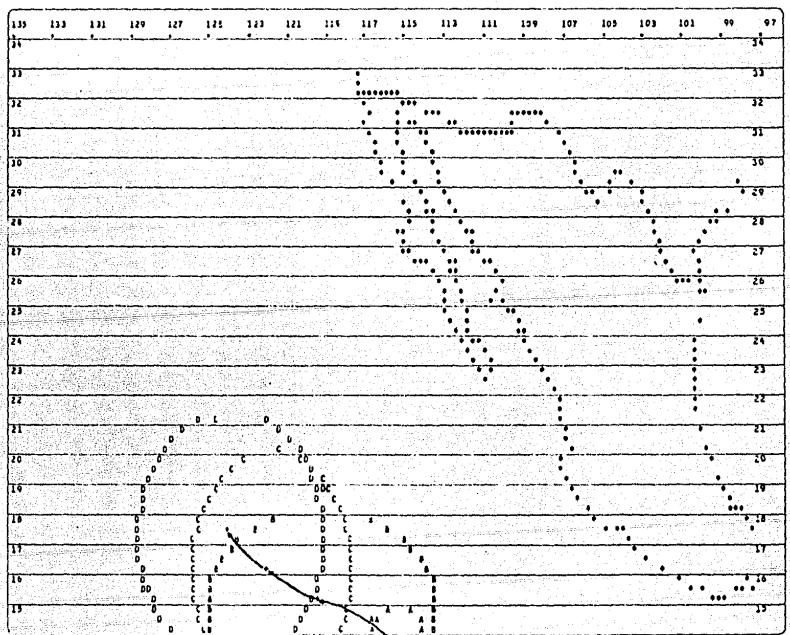
COORDENADAS DEL EJE MAYOR 16.5N 125.7W 16.1N 116.9W
COORDENADAS DEL EJE MENOR 20.3N 121.1W 12.3N 121.5W

PRONOSTICO A 96 HORAS BASADO EN 53 ANALOGIAS CON 122 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 17.5N 123.6W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 19.1N 118.5W 15.8N 128.6W
COORDENADAS DEL EJE MENOR 21.4N 124.6W 13.6N 122.6W

REPORTE 2.- COORDENADAS DE LOS LUGARES GEOMETRICOS A 24, 48, 72 Y 96 HORAS, ASI COMO EL TOTAL DE TORMENTAS QUE FUERON ANALOGAS Y SUS CORRESPONDIENTES POSICIONES.



REPORTE 1.- GRAFICA DE LAS ELIPSES CORRESPONDIENTES AL PRONOSTICO DE 24 HORAS (A), 48 HORAS (B), 72 HORAS (C) Y 96 HORAS (D), SIENDO EL SIMBOLO "+" EL CENTRO DE LAS ELIPSES.

MODELO PARA DETERMINAR LA TRAYECTORIA DE HURACANES.

NOMBRE DE LA TORMENTA O HURACAN LIZA
ULTIMA POSICION OBSERVADA 13.3N 112.8W
HORA 122 DIA 21 MES 10

PRONOSTICO A 24 HORAS BASADO EN 230 ANALOGIAS CON 498 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 14.7N 117.2W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 14.9N 123.1W 14.6N 111.4W
COORDENADAS DEL EJE MENOR 16.2N 117.2W 13.2N 117.2W

PRONOSTICO A 48 HORAS BASADO EN 225 ANALOGIAS CON 539 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 16.6N 121.5W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 16.8N 131.9W 16.3N 111.1W
COORDENADAS DEL EJE MENOR 19.5N 121.5W 13.6N 121.5W

PRONOSTICO A 72 HORAS BASADO EN 172 ANALOGIAS CON 437 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 17.9N 123.8W

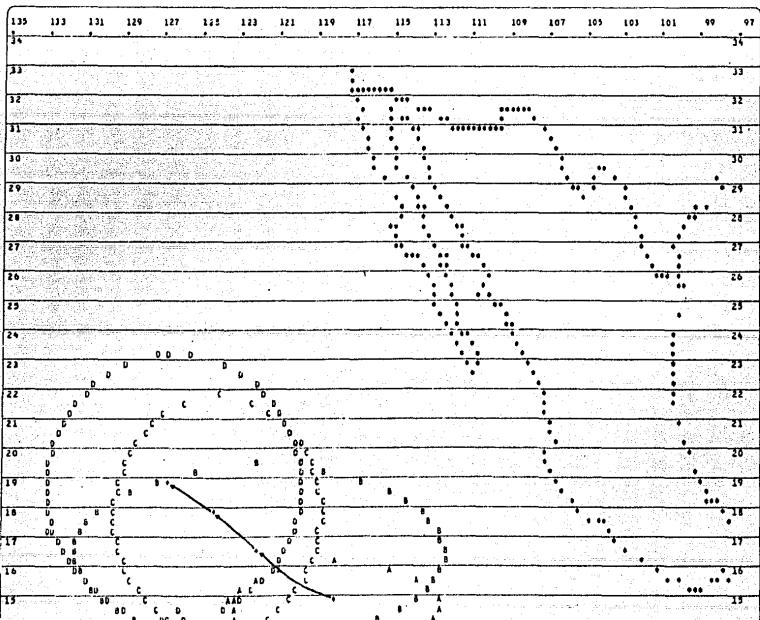
COORDENADAS DEL EJE MAYOR 18.1N 129.6W 17.6N 118.0W
COORDENADAS DEL EJE MENOR 21.9N 123.7W 13.9N 123.9W

PRONOSTICO A 96 HORAS BASADO EN 135 ANALOGIAS CON 345 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 18.8N 126.3W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 20.3N 119.0W 17.3N 133.5W
COORDENADAS DEL EJE MENOR 23.2N 126.7W 14.5N 125.9W

REPORTE 2.- COORDENADAS DE LOS LUGARES GEOMETRICOS A 24, 48, 72 Y 96 HORAS, ASI COMO EL
TOTAL DE TORMENTAS QUE FUERON ANALOGAS Y SUS CORRESPONDIENTES POSICIONES.



REPORTE 1.- GRAFICA DE LAS ELIPSES CORRESPONDIENTES AL PRONOSTICO DE 24 HORAS (A), 48 HORAS (B), 72 HORAS (C) Y 96 HORAS (D), SIENDO EL SIMBOLO "+" EL CENTRO DE LAS ELIPSES.

MODELO PARA DETERMINAR LA TRAYECTORIA DE HURACANES.

NOMBRE DE LA TORMENTA O HURACAN LIZA
ULTIMA POSICION OBSERVADA 14.3N 115.0W
HORA 0Z DIA 22 MES 10

PRONOSTICO A 24 HORAS BASADO EN 289 ANALOGIAS CON 602 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 16.0N 119.4W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 16.1N 128.6W 16.0N 110.2W
COORDENADAS DEL EJE MENOR 17.6N 119.4W 14.5N 119.4W

PRONOSTICO A 48 HORAS BASADO EN 247 ANALOGIAS CON 502 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 17.9N 122.1W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 17.9N 131.3W 17.8N 112.9W
COORDENADAS DEL EJE MENOR 21.0N 122.1W 14.8N 122.1W

PRONOSTICO A 72 HORAS BASADO EN 187 ANALOGIAS CON 389 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 19.3N 123.9W

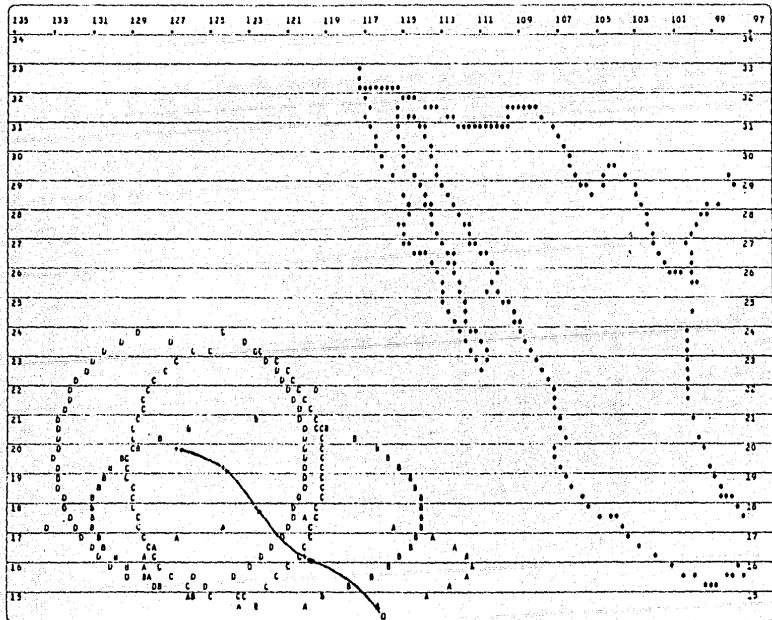
COORDENADAS DEL EJE MAYOR 20.6N 118.5W 18.0N 129.2W
COORDENADAS DEL EJE MENOR 23.5N 124.7W 15.1N 123.1W

PRONOSTICO A 96 HORAS BASADO EN 138 ANALOGIAS CON 281 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 19.8N 126.3W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 22.0N 119.0W 17.5N 133.6W
COORDENADAS DEL EJE MENOR 23.8N 126.9W 15.7N 125.8W

REPORTE 2.- COORDENADAS DE LOS LUGARES GEOMETRICOS A 24, 48, 72 Y 96 HORAS ASI COMO EL TOTAL DE TORMENTAS QUE FUERON ANALOGAS Y SUS CORRESPONDIENTES POSICIONES.



REPORTE 1.- GRAFICA DE LAS ELIPSES CORRESPONDIENTES AL PRONOSTICO DE 24 HORAS (A), 48 HORAS (B), 72 HORAS (C) Y 96 HORAS (D), SIENDO EL SIMBOLO "+" EL CENTRO DE LAS ELIPSES.

MODELO PARA DETERMINAR LA TRAYECTORIA DE HURACANES.

NOMBRE DE LA TORMENTA O HURACAN LIZA
ULTIMA POSICION OBSERVADA 14.5N 116.9W
HORA 12Z DIA 22 MES 10

PRONOSTICO A 24 HORAS BASADO EN 268 ANALOGIAS CON 674 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 15.8N 120.4W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 16.1N 122.5N 15.4N 118.2W
COORDENADAS DEL EJE MENOR 17.2N 120.3W 14.3N 120.4W

PRONOSTICO A 48 HORAS BASADO EN 231 ANALOGIAS CON 569 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 17.2N 123.3W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 17.5N 128.4W 17.0N 118.2W
COORDENADAS DEL EJE MENOR 20.1N 123.3W 14.3N 123.4W

PRONOSTICO A 72 HORAS BASADO EN 176 ANALOGIAS CON 459 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 18.5N 125.4W

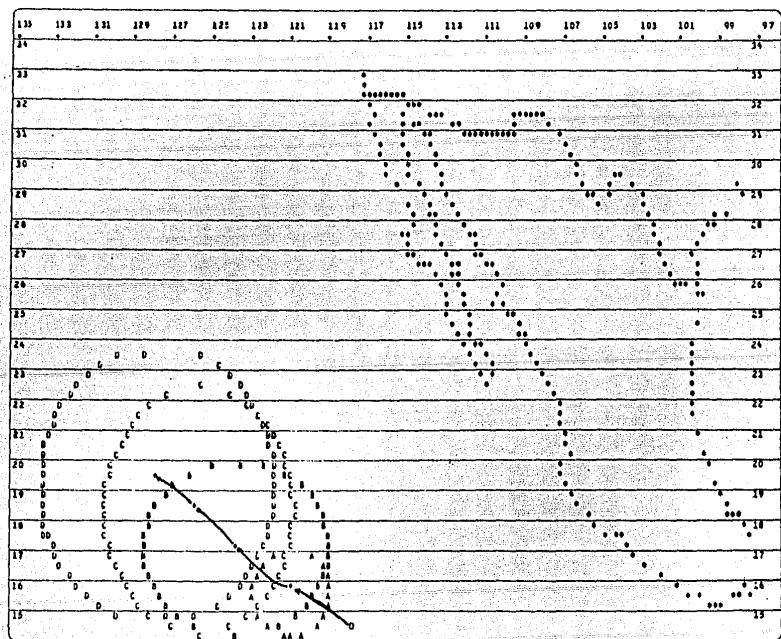
COORDENADAS DEL EJE MAYOR 18.6N 120.2W 18.5N 130.6W
COORDENADAS DEL EJE MENOR 22.5N 125.4W 14.5N 125.4W

PRONOSTICO A 96 HORAS BASADO EN 128 ANALOGIAS CON 340 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 19.3N 127.7W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 20.9N 121.2W 17.7N 134.2W
COORDENADAS DEL EJE MENOR 23.7N 128.4W 14.9N 127.1W

REPORTE 2.- COORDENADAS DE LOS LUGARES GEOMETRICOS A 24, 48, 72 Y 96 HORAS, ASI COMO EL
TOTAL DE TORMENTAS QUE FUERON ANALOGAS Y SUS CORRESPONDIENTES POSICIONES.



REPORTE 1.- GRAFICA DE LAS ELIPSES CORRESPONDIENTES AL PRONOSTICO DE 24 HORAS (A), 48 HORAS (B), 72 HORAS (C) Y 96 HORAS (D), SIENDO EL SIMBOLO "+" EL CENTRO DE LAS ELIPSES.

MODELO PARA DETERMINAR LA TRAYECTORIA DE HURACANES.

NOMBRE DE LA TORMENTA O HURACAN LIZA
ULTIMA POSICION OBSERVADA 15.3N 119.0W
HORA 02 DIA 23 MES 10

PRONOSTICO A 24 HORAS BASADO EN 292 ANALOGIAS CON 691 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 16.9N 123.1W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 17.0N 132.0W 16.8N 114.1W
COORDENADAS DEL EJE MENOR 18.5N 123.1W 15.4N 123.1W

PRONOSTICO A 48 HORAS BASADO EN 246 ANALOGIAS CON 578 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 18.5N 125.0W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 18.5N 131.7W 18.4N 118.4W
COORDENADAS DEL EJE MENOR 21.6N 125.0W 15.4N 125.0W

PRONOSTICO A 72 HORAS BASADO EN 185 ANALOGIAS CON 439 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 19.6N 127.8W

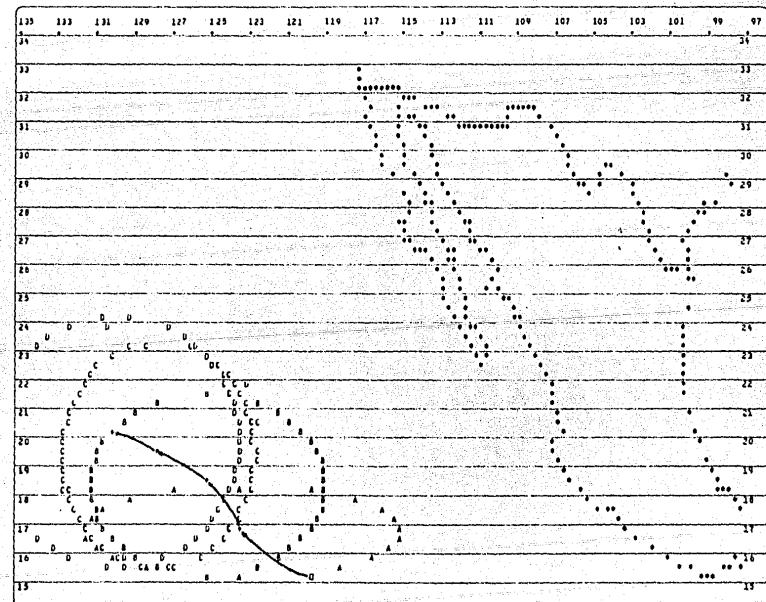
COORDENADAS DEL EJE MAYOR 20.8N 122.4W 18.4N 133.1W
COORDENADAS DEL EJE MENOR 23.4N 128.3W 15.7N 127.2W

PRONOSTICO A 96 HORAS BASADO EN 128 ANALOGIAS CON 313 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 20.0N 130.2W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 21.9N 122.9W 18.1N 137.4W
COORDENADAS DEL EJE MENOR 24.0N 130.6W 16.0N 129.7W

REPORTE 2.- COORDENADAS DE LOS LUGARES GEOMETRICOS A 24, 48, 72 Y 96 HORAS, ASI COMO EL
TOTAL DE TORMENTAS QUE FUERON ANALOGAS Y SUS CORRESPONDIENTES POSICIONES.



REPORTE 1.- GRAFICA DE LAS ELIPSSES CORRESPONDIENTES AL PRONOSTICO DE 24 HORAS (A), 48 HORAS (B), 72 HORAS (C) Y 96 HORAS (D), SIENDO EL SIMBOLO "+" EL CENTRO DE LAS ELIPSSES.

MODELO PARA DETERMINAR LA TRAYECTORIA DE HURACANES.

NOMBRE DE LA TORMENTA O HURACAN LIZA
ULTIMA POSICION OBSERVADA 15.7N 121.0W
HORA 12[DIA 23 MES 10

PRONOSTICO A 24 HORAS BASADO EN 262 ANALOGIAS CON 716 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 16.9N 124.4W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 17.0N 131.6W 16.8N 117.1W
COORDENADAS DEL EJE MENOR 18.5N 124.4W 15.4N 124.4W

PRONOSTICO A 48 HORAS BASADO EN 219 ANALOGIAS CON 598 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 18.1N 127.3W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 18.2N 132.8W 18.1N 121.7W
COORDENADAS DEL EJE MENOR 21.1N 127.3W 15.2N 127.3W

PRONOSTICO A 72 HORAS BASADO EN 168 ANALOGIAS CON 461 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 19.2N 129.8W

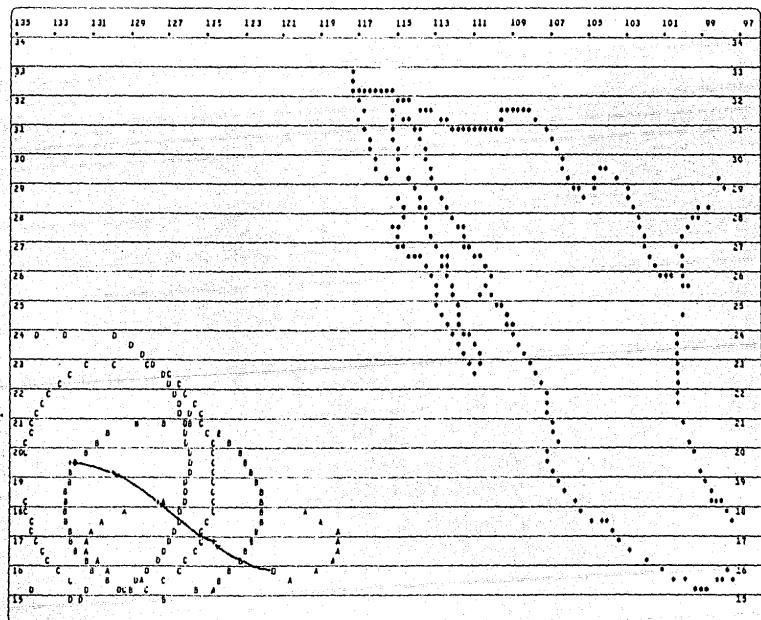
COORDENADAS DEL EJE MAYOR 19.8N 124.3W 18.5N 135.0W
COORDENADAS DEL EJE MENOR 23.2N 130.1W 15.2N 129.5W

PRONOSTICO A 96 HORAS BASADO EN 119 ANALOGIAS CON 325 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 19.6N 132.2W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 21.3N 125.7W 17.9N 138.7W
COORDENADAS DEL EJE MENOR 24.0N 132.9W 15.2N 131.5W

REPORTE 2.- COORDENADAS DE LOS LUGARES GEOMETRICOS A 24, 48, 72 Y 96 HORAS, ASI COMO EL
TOTAL DE TORMENTAS QUE FUERON ANALOGAS Y SUS CORRESPONDIENTES POSICIONES.



REPORTE 1.- GRAFICA DE LAS ELIPSSES CORRESPONDIENTES AL PRONOSTICO DE 24 HORAS (A), 48 HORAS (B), 72 HORAS (C) Y 96 HORAS (D), SIENDO EL SIMBOLO "+" EL CENTRO DE LAS ELIPSSES.

MODELO PARA DETERMINAR LA TRAYECTORIA DE HURACANES.

NOMBRE DE LA TORMENTA O HURACAN LIZA
ULTIMA POSICION OBSERVADA 16.2N 123.0W
HORA 0Z DIA 24 MES 10

PRONOSTICO A 24 HORAS BASADO EN 275 ANALOGIAS CON 753 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 17.5N 126.5W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 17.5N 121.6W 17.4N 131.3W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 19.0N 126.5W 15.9N 126.5W

PRONOSTICO A 48 HORAS BASADO EN 227 ANALOGIAS CON 612 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 18.7N 129.2W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 19.0N 124.6W 18.4N 133.7W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 21.7N 129.3W 15.7N 129.0W

PRONOSTICO A 72 HORAS BASADO EN 176 ANALOGIAS CON 464 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 19.6N 131.9W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 20.8N 126.3W 18.4N 137.5W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 23.4N 132.4W 15.8N 131.4W

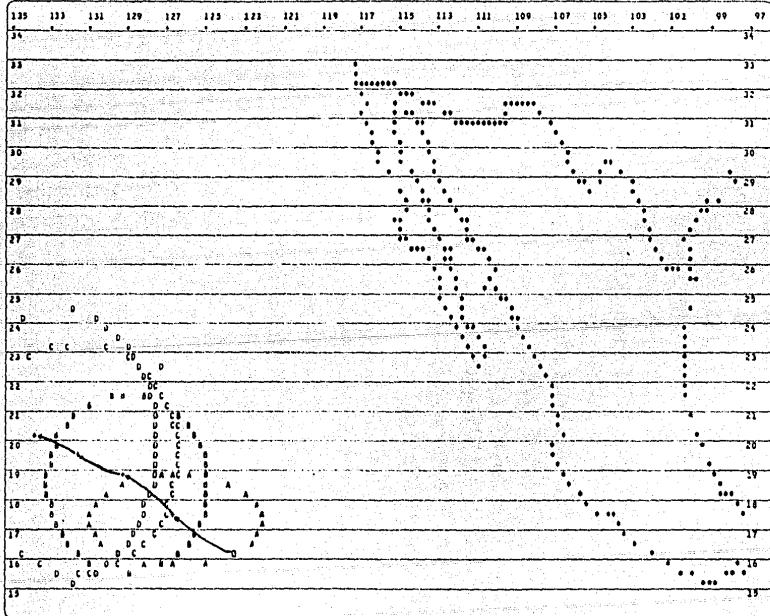
PRONOSTICO A 96 HORAS BASADO EN 119 ANALOGIAS CON 310 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 20.0N 134.1W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 22.6N 127.1W 17.4N 141.0W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 24.3N 135.1W 15.7N 133.2W

REPORTE 2.- COORDENADAS DE LOS LUGARES GEOMETRICOS A 24, 48, 72 Y 96 HORAS, ASI COMO EL TOTAL DE TORMENTAS QUE FUERON ANALOGAS Y SUS CORRESPONDIENTES POSICIONES.



REPORTE 1.- GRAFICA DE LAS ELIPSSES CORRESPONDIENTES AL PRONOSTICO DE 24 HORAS (A), 48 HORAS (B), 72 HORAS (C) Y 96 HORAS (D), SIENDO EL SIMBOLO "+" EL CENTRO DE LAS ELIPSSES.

MODELO PARA DETERMINAR LA TRAYECTORIA DE HURACANES.

NOMBRE DE LA TORMENTA O HURACAN LIZA
ULTIMA POSICION OBSERVADA 16.8N 124.7W
HORA 12Z DIA 24 MES 10

PRONOSTICO A 24 HORAS BASADO EN 274 ANALOGIAS CON 719 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 18.0N 127.7W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 18.0N 132.9W 18.0N 122.5W
COORDENADAS DEL EJE MENOR 19.6N 127.7W 16.4N 127.7W

PRONOSTICO A 48 HORAS BASADO EN 219 ANALOGIAS CON 572 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 19.1N 129.9W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 19.9N 124.5W 18.4N 135.3W
COORDENADAS DEL EJE MENOR 22.1N 130.1W 16.2N 129.8W

PRONOSTICO A 72 HORAS BASADO EN 168 ANALOGIAS CON 426 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 20.0N 132.5W

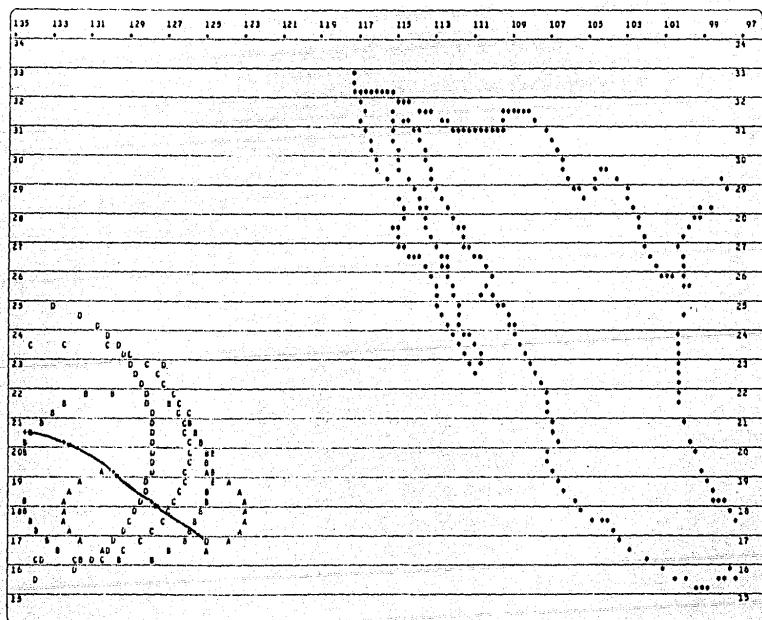
COORDENADAS DEL EJE MAYOR 21.2N 125.6W 18.9N 139.4W
COORDENADAS DEL EJE MENOR 23.7N 132.8W 16.3N 132.3W

PRONOSTICO A 96 HORAS BASADO EN 103 ANALOGIAS CON 269 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 20.4N 134.8W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 22.9N 127.4W 17.9N 142.1W
COORDENADAS DEL EJE MENOR 24.5N 135.5W 16.2N 134.1W

REPORTE 2.- COORDENADAS DE LOS LUGARES GEOMETRICOS A 24, 48, 72 Y 96 HORAS, ASI COMO EL TOTAL DE TORMENTAS QUE FUERON ANALOGAS Y SUS CORRESPONDIENTES POSICIONES.



14
REPORTE 1.- GRAFICA DE LAS ELIPSSES CORRESPONDIENTES AL PRONOSTICO DE 24 HORAS (A), 48 HORAS (B), 72 HORAS (C) Y 96 HORAS (D), SIENDO EL SIMBOLO "+" EL CENTRO DE LAS ELIPSSES.

MODELO PARA DETERMINAR LA TRAYECTORIA DE HURACANES.

NOMBRE DE LA TORMENTA O HURACAN LIZA
ULTIMA POSICION OBSERVADA 17.5N 126.5W
HORA 02 DIA 25 MES 10

PRONOSTICO A 24 HORAS BASADO EN 263 ANALOGIAS CON 648 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 18.8N 129.5W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 19.1N 133.0W 18.5N 126.1W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 20.6N 129.5W 17.0N 129.6W

PRONOSTICO A 48 HORAS BASADO EN 211 ANALOGIAS CON 497 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 20.0N 131.0W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 20.2N 126.2W 19.8N 137.6W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 23.0N 131.9W 17.0N 131.8W

PRONOSTICO A 72 HORAS BASADO EN 155 ANALOGIAS CON 357 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 20.8N 134.4W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 22.4N 127.2W 19.2N 141.5W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 24.6N 134.7W 17.1N 134.0W

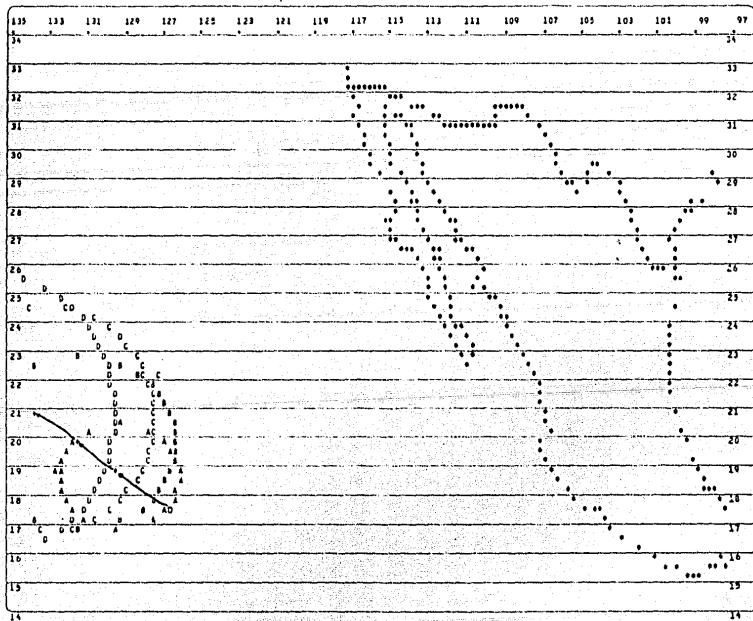
PRONOSTICO A 96 HORAS BASADO EN 92 ANALOGIAS CON 216 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 21.0N 136.8W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 23.6N 129.3W 18.5N 144.1W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 25.3N 137.5W 16.8N 136.0W

REPORTE 2.- COORDENADAS DE LOS LUGARES GEOMETRICOS A 24, 48, 72 Y 96 HORAS, ASI COMO EL TOTAL DE TORMENTAS QUE FUERON ANALOGAS Y SUS CORRESPONDIENTES POSICIONES.



REPORTE 1.- GRAFICA DE LAS ELIPSES CORRESPONDIENTES AL PRONOSTICO DE 24 HORAS (A), 48 HORAS (B), 72 HORAS (C) Y 96 HORAS (D), SIENDO EL SIMBOLO "+" EL CENTRO DE LAS ELIPSES.

MODELO PARA DETERMINAR LA TRAYECTORIA DE HURACANES.

NOMBRE DE LA TORMENTA O HURACAN LIZA
ULTIMA POSICION OBSERVADA 18.1N 128.3W
HORA 12Z DIA 25 MES 10

PRONOSTICO A 24 HORAS BASADO EN 234 ANALOGIAS CON 571 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 19.3N 131.4W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 19.6N 135.1W 18.9N 127.6W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 21.0N 131.3W 17.5N 131.4W

PRONOSTICO A 48 HORAS BASADO EN 183 ANALOGIAS CON 426 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 20.3N 133.7W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 20.8N 128.9W 19.9N 138.5W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 23.2N 133.9W 17.5N 133.5W

PRONOSTICO A 72 HORAS BASADO EN 121 ANALOGIAS CON 292 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 21.2N 136.3W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 23.2N 129.6W 19.1N 142.9W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 24.7N 136.8W 17.6N 135.8W

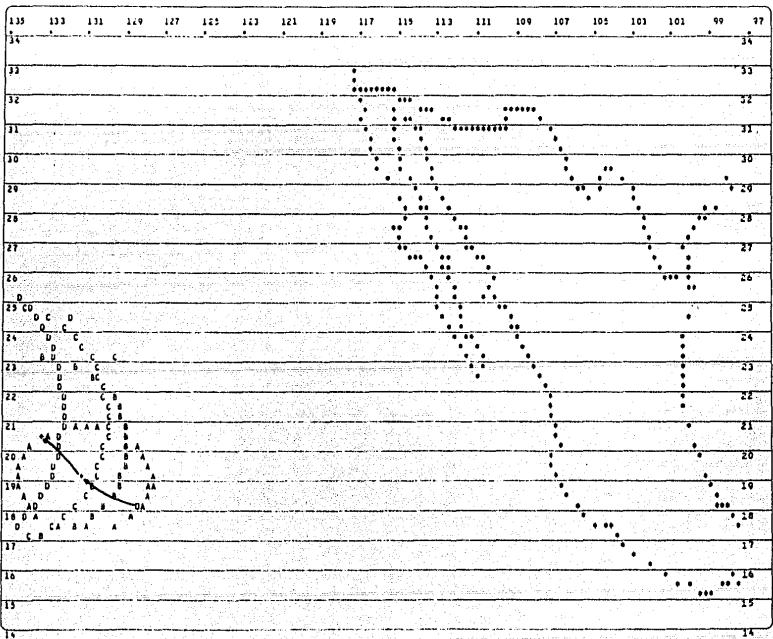
PRONOSTICO A 96 HORAS BASADO EN 80 ANALOGIAS CON 175 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 21.5N 139.2W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 24.5N 132.1W 18.6N 146.2W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 25.8N 140.3W 17.3N 138.2W

REPORTE 2.- COORDENADAS DE LOS LUGARES GEOMETRICOS A 24, 48, 72 Y 96 HORAS, ASI COMO EL
TOTAL DE TORMENTAS QUE FUERON ANALOGAS Y SUS CORRESPONDIENTES POSICIONES.



REPORTE 1.- GRÁFICA DE LAS ELÍPSES CORRESPONDIENTES AL PRONÓSTICO DE 24 HORAS (A), 48 HORAS (B), 72 HORAS (C) Y 96 HORAS (D), SIENDO EL SÍMBOLO "+" EL CENTRO DE LAS ELÍPSES.

MODELO PARA DETERMINAR LA TRAYECTORIA DE HURACANES.

NOMBRE DE LA TORMENTA O HURACAN LIZA
ULTIMA POSICION OBSERVADA 18.8N 130.6W
HORA 0Z DIA 26 MES 10

PRONOSTICO A 24 HORAS BASADO EN 203 ANALOGIAS CON 467 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 20.0N 134.2W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 20.6N 137.3W 19.4N 131.0W
COORDENADAS DEL EJE MENOR 21.6N 134.0W 18.4N 134.3W

PRONOSTICO A 48 HORAS BASADO EN 148 ANALOGIAS CON 338 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 21.2N 136.9W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 21.8N 131.4W 20.5N 142.3W
COORDENADAS DEL EJE MENOR 24.0N 137.0W 18.4N 136.8W

PRONOSTICO A 72 HORAS BASADO EN 100 ANALOGIAS CON 215 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 22.1N 139.3W

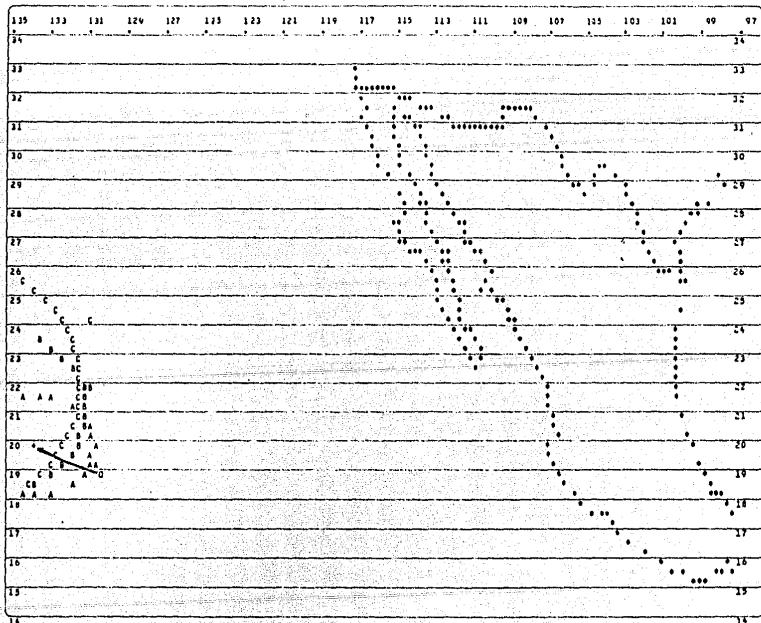
COORDENADAS DEL EJE MAYOR 24.3N 131.1W 20.0N 147.4W
COORDENADAS DEL EJE MENOR 26.0N 139.7W 18.3N 138.9W

PRONOSTICO A 96 HORAS BASADO EN 54 ANALOGIAS CON 112 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 22.5N 142.5W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 25.8N 135.4W 19.2N 149.4W
COORDENADAS DEL EJE MENOR 27.1N 143.9W 18.0N 141.1W

REPORTE 2.- COORDENADAS DE LOS LUGARES GEOMETRICOS A 24; 48, 72 Y 96 HORAS, ASI COMO EL
TOTAL DE TORMENTAS QUE FUERON ANALOGAS Y SUS CORRESPONDIENTES POSICIONES.



REPORTE 1.- GRAFICA DE LAS ELIPSES CORRESPONDIENTES AL PRONOSTICO DE 24 HORAS (A), 48 HORAS (B), 72 HORAS (C) Y 96 HORAS (D), SIENDO EL SIMBOLO "+" EL CENTRO DE LAS ELIPSES.

MODELO PARA DETERMINAR LA TRAYECTORIA DE HURACANES.

NOMBRE DE LA TORMENTA O HURACAN LIZA
ULTIMA POSICION OBSERVADA 20.0N 133.0W
HORA 12Z DIA 26 MES 10

PRONOSTICO A 24 HORAS BASADO EN 163 ANALOGIAS CON 251 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 21.9N 136.5W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 22.4N 140.0W 21.5N 132.9W
COORDENADAS DEL EJE MENOR 23.7N 136.4W 20.2N 136.6W

PRONOSTICO A 48 HORAS BASADO EN 140 ANALOGIAS CON 151 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 23.4N 138.5W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 24.8N 132.2W 22.0N 144.7W
COORDENADAS DEL EJE MENOR 26.9N 138.9W 19.9N 138.1W

PRONOSTICO A 72 HORAS BASADO EN 55 ANALOGIAS CON 78 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 24.6N 140.6W

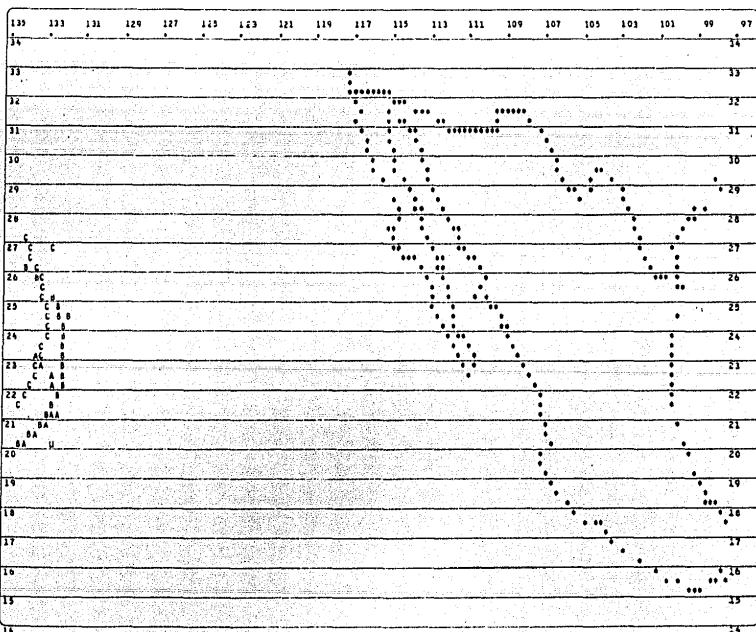
COORDENADAS DEL EJE MAYOR 27.0N 133.2W 22.1N 147.9W
COORDENADAS DEL EJE MENOR 28.9N 141.5W 20.2N 139.8W

PRONOSTICO A 96 HORAS BASADO EN 23 ANALOGIAS CON 37 POSICIONES

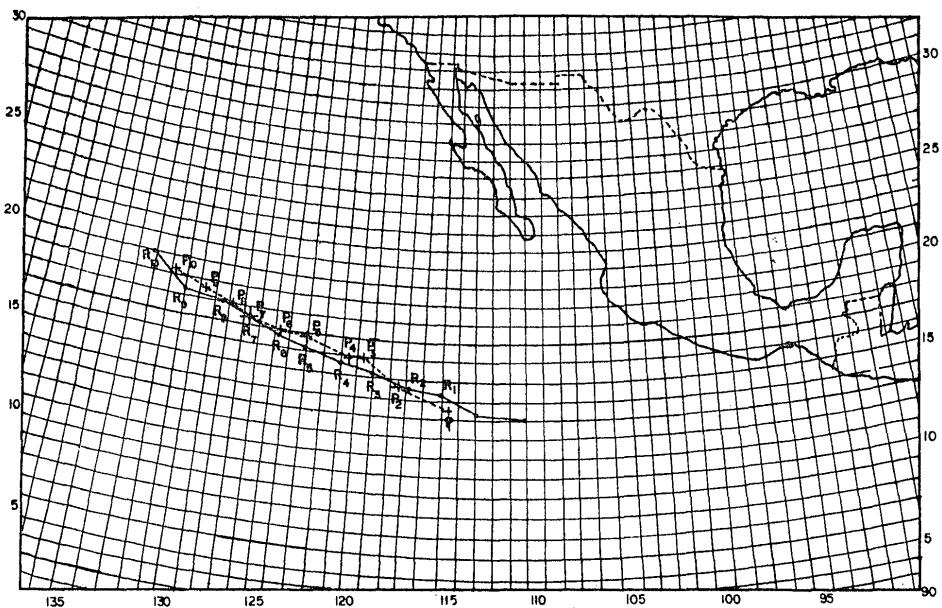
COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 24.9N 143.4W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 29.1N 139.7W 20.8N 147.0W
COORDENADAS DEL EJE MENOR 27.2N 147.2W 22.7N 139.8W

REPORTE 2.- COORDENADAS DE LOS LUGARES GEOMETRICOS A 24, 48, 72 Y 96 HORAS, ASI COMO EL TOTAL DE TORMENTAS QUE FUERON ANALOGAS Y SUS CORRESPONDIENTES POSICIONES.



REPORTE 1.- GRAPICA DE LAS ELIPSES CORRESPONDIENTES AL PRONOSTICO DE 24 HORAS (A), 48 HORAS (B), 72 HORAS (C) Y 96 HORAS (D), SIENDO EL SIMBOLO "+" EL CENTRO DE LAS ELIPSES.



+ ES EL PUNTO PRONOSTICADO (LINEA PUNTEADA ES LA TRAYECTORIA PRONOSTICADA)

. ES EL PUNTO REAL (LINEA CONTINUA ES LA TRAYECTORIA REAL)

3.3 EVALUACION DEL MODELO.

Una verificación del pronóstico obtenido por el modelo, fué hecha para ver la eficiencia del pronóstico, así como del modelo, mediante una comparación entre la posición real observada y la posición pronosticada, ésto se empezó haciendo con los huracanes que iban ocurriendo en el momento, pero se tenía que esperar que transcurrieran 24 horas para la comparación, no siendo ésto una manera rápida ni eficiente para la evaluación, además de que eran pocos los casos ocurridos. Así que se optó por recurrir a la información de los huracanes que se tienen registrados en el archivo histórico, no teniendo ya que esperar que transcurrieran 24 horas para la comparación, además de que es lo suficientemente grande como para obtener una estadística buena del comportamiento del pronóstico.

Aprovechando toda esta información, se construyó un programa adicional para esta evaluación, el cual considera como hipótesis lo siguiente: "que el centro de la elipse obtenida por el programa que calcula el pronóstico, es el punto geométrico más conveniente para compararlo con la posición real observada", de esta manera para el programa se determinaron los siguientes parámetros de evaluación:

- 1.- La distancia que existe entre el centro de -

la elipse pronosticada al punto real observado, "D" ver Fig. (3.2).

2.- La apertura del ángulo " \emptyset ", formado por el punto real observado y el centro de la elipse pronosticada, teniendo como vértice el punto inicial, ver Fig. (3.2).

3.- Un coeficiente de calificación que va en función de la distancia y el ángulo.

4.- Si la posición real observada es o no un elemento del conjunto de puntos del área de la elipse de pronóstico, ver Fig. (3.3) y (3.4).

Para llevar a cabo la evaluación, los parámetros de evaluación deben de cumplir con los rangos de aceptación mostrados en la tabla 2.

PARAMETROS DE EVALUACION	RANGOS DE ACEPTACION
DISTANCIA	$\leq 2^\circ$ latitud
ANGULO	$0 \leq \emptyset \leq 90^\circ$
COEFICIENTE DE CALIFICACION	$75 \leq C(D, \emptyset) \leq 100$
ELEMENTOS DE LA ELIPSE	1 SI 0 NO

TABLA 2. PARAMETROS QUE SE UTILIZARON PARA LA EVALUACION DEL MODELO.

Se calcula la distancia D que existe entre la posición real observada con la posición del centro de la ellipse pronosticada, así como el ángulo que guardan entre sí -- las posiciones, tomándose como vértice la última posición observada.

Una vez obtenidos los parámetros anteriores, se determina un coeficiente de calificación, el cual puede tomar valores de 0 a 100. Siendo 100 el valor máximo que es cuando la dirección $D = 0$ y cuando no hay variación en la dirección pronosticada, es decir $\theta = 0$. Donde el coeficiente de calificación se determina mediante:

$$C = CD + C\theta$$

$$CD = 50 \left(1 - \frac{D}{2} \right) \text{ para } D \leq 2^\circ \text{ latitud}$$

$$C\theta = 50 \left(1 - \frac{\theta}{90} \right) \text{ para } \theta \leq 90^\circ$$

Cuando la distancia D y el ángulo θ exeden en 2° latitud y 90° respectivamente, se asignará el valor de cero al coeficiente de calificación.

Es indicado mediante los dígitos 1 y 0, si la posición real observada es o no respectivamente un elemento del área de la ellipse de probabilidad, ver Fig. (3.5).

Obteniendo el programa los resultados mostrados en la Tabla 3.

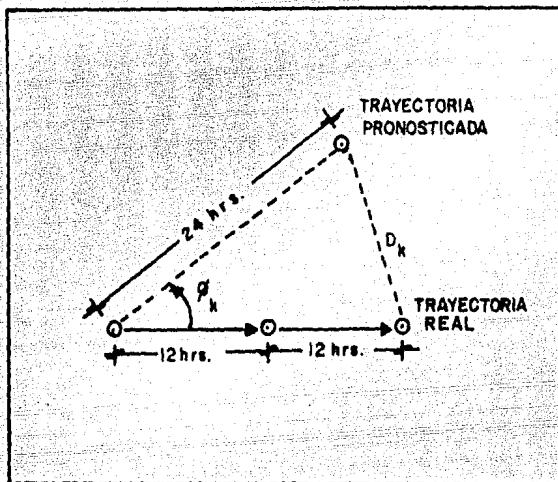


FIG. (3.2.) LA DISTANCIA "D" ES EL SEGMENTO QUE
UNE EL PUNTO REAL OBSERVADO DE 24 -
HORAS DESPUES A LA ULTIMA POSICION
OBSERVADA CON EL PUNTO PRONOSTICADO
A 24 HORAS. Y θ ES EL ANGULO QUE -
FORMAN ESTOS DOS PUNTOS SIENDO SU --
VERTICE LA ULTIMA POSICION REAL - - -
OBSERVADA.

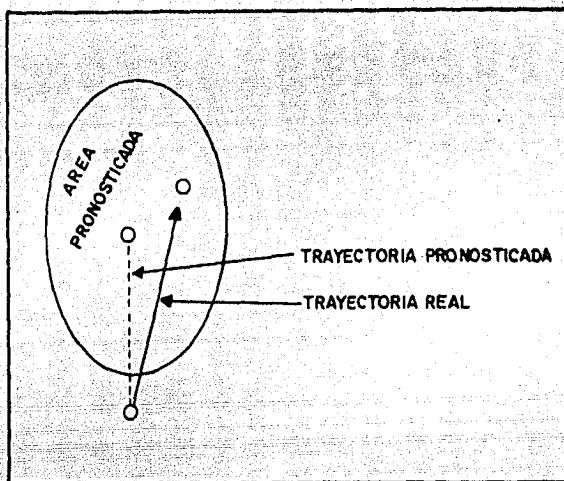


FIG. (3.3) PRIMER CASO. EL PUNTO REAL OBSERVADO DE LA TRAYECTORIA, CAE DENTRO DEL AREA PRONOSTICADA A 24 HORAS.

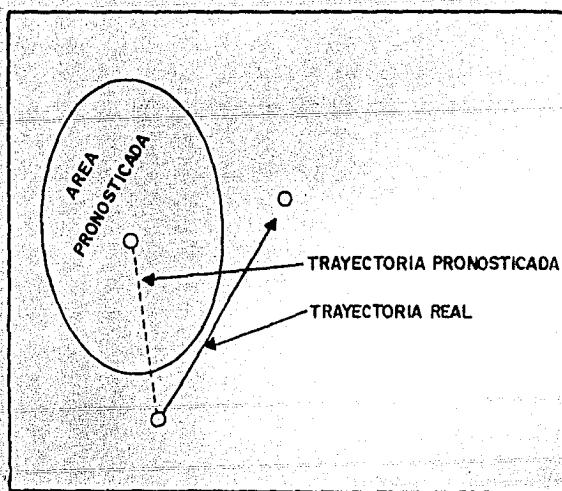


FIG. (3.4) SEGUNDO CASO. EL PUNTO REAL OBSERVADO DE LA TRAYECTORIA, CAE FUERA DEL AREA PRONOSTICADA A 24 HORAS.

TABLA 3: Resumen por frecuencia y porcentajes de los parámetros de Evaluación.

Total de Pronósticos computados = 2071 (100%).

Total de Puntos reales que fueron elementos del Área de la Elipse = 1641 (79.7%).

Total de Puntos reales que no fueron elementos del Área de la Elipse = 437 (21.3%).

ANGULO D DISTANCIA ϕ	(0,30)	(30,60)	(60,90)	(90,+)	FRECUENCIA	PORCENTAJE
[0.0,0.5]	158	0	0	0	150	7.6 %
[0.5,1.0]	377	2	1	0	380	18.4 %
[1.0,1.5]	399	23	4	0	426	20.6 %
[1.5,2.0]	311	60	8	3	382	18.5 %
[2.0,2.5]	203	66	10	2	281	13.5 %
[2.5,3.0]	85	55	10	3	153	7.4 %
[3.0,3.5]	47	29	8	6	90	4.3 %
[3.5,4.0]	22	22	10	10	64	3.0 %
[4.0, +]	48	25	28	37	138	6.7 %
FRECUENCIA	1650	282	79	61	---	---
PORCENTAJE	79.7%	13.6%	3.8%	2.9%	---	---

PARAMETRO C(ϕ ,D)	FRECUENCIA	PORCENTAJE
(0, 25)	749	35.8%
(25, 50)	268	12.8%
(50, 75)	695	33.8%
(75,100)	375	17.9%

A N E X O S

A. ARCHIVO HISTORICO.

La función principal del archivo histórico, es --- apoyar fundamentalmente a dos programas: El programa que -- pronostica la trayectoria del huracán, el otro que se utiliza para la evaluación del primero, con el fin de calificar - la técnica usada en el modelo para la obtención del pronóstico de trayectoria de huracanes.

La información recopilada para el archivo histórico, fué proporcionada por el Centro de Ciencias de la Atmósfera (U.N.A.M.) y el Servicio Meteorológico de la S.A.R.H. - Actualmente se cuenta con información desde 1921 a 1980, teniendo 4860 posiciones correspondientes a 498 tormentas registradas en ese período. Referente a esta información, es importante mencionar lo siguiente:

1.- La información de las posiciones de las tormentas registradas en el período 1921 a 1948, corresponden - a cada 24 horas, es decir se tiene una posición por día, sin embargo no se cuenta con la especificación del grado de intensidad con que se registró cada tormenta.

2.- Las posiciones de las tormentas de 1949 a --- 1980 ya se tiene cada 12 horas, es decir se cuenta con dos - posiciones por día, además se especifica el grado de intensidad de cada tormenta.

3.- En la información de 1960 a 1980 las tormentas pueden identificarse por el nombre que se les fué dado.

4.- La información de 1975 a 1980 es más completa, ya que cuenta con: fecha, posiciones de cada doce horas, nombre, grado de intensidad, dirección de la tormenta y viento máximo. El dato que detecta el grado de intensidad de la tormenta, es el viento o racha máxima, y que es reportado a partir de ésta fecha.

La clasificación de información está dada en tres tipos, que son manejados dentro del archivo en tres tipos de registros que se componen de la información siguiente:

1.- El primer registro o llave de acceso, contiene los datos generales de la información recopilada hasta -- ahora y estos son: el total de tormentas registradas, total de posiciones de las tormentas, el año en que fué registrada la primera tormenta y el año en que fué registrada la última tormenta.

2.- El segundo registro contiene la información general de la tormenta y ésta es: el año en que ocurrió, -- el número progresivo que le corresponde en ese año, número de posiciones registradas, el grado de intensidad.

3.- El tercer registro contiene la información -- por cada posición de la tormenta como es: la latitud y longitud de la posición, dirección de la trayectoria, y el viento o racha máxima.

PROGRAM OPUSZD 74/E40 DPT=1 FTN 4.8+630 19/05/87 19:26:38 PAOC 2
 1 IDUMP = 1
 2 PCAC (7,7) JU,NOP,,F,F,J
 3 FORMAT(15.1,7,231)
 4 .
 5 DO 52729 L=1,U
 6 READ(7,4001)DAY(I),JNO(I),LDC(I)
 7 FORMAT(12+10x,F4.1,Z12)
 8 JIN=J+1
 9 JIN=J+1
 10 READ(7,4001)X(I),JIN+4,I
 11 FORMAT(1E+12,E2.1,I3)R11
 12 52729 CONTINUE
 13 C LECTURA DEL CONTORNO DE LA REPUBLICA MEXICANA
 14 DD 6001 14+61,151
 15 READ(7,40001)MAP(JJJ,KJJ),K=1,61
 16 6001 CONTINUE
 17 6000 FORMAT(6I11)
 18 K0 = 1M
 19 K1 = 1
 20 DJ = 5002 JK=61,151
 21 DC = 6002 JK=1,61
 22 IF(MAP(KM,J1,E0,I1)) GO TO 6003
 23 MAP(JK,JP)= KB
 24 GO TO 6002
 25 DC = 6001 JK=1,61
 26 6002 CONTINUE
 27 6001
 28 DC = 6004 JK=1,60
 29 DC = 6004 KM1,D1
 30 6004 MAP(JJ,V)=KB
 31 C LLEGADA LECTURA DE IMPRESION DEL MAPA
 32 C1300 FORMAT(15K,*#PASSED DE SPASS = ,,14)
 33 K= JU+2-J
 34 17 LCC(KM)=1,V(K=1)
 35 DC(1)=1,JU
 36 DC(1)=1,JU
 37 LCC(J+1)+1,DC(J+1)+1,UP(J)
 38 N2AD (7,6000) IMPRE
 39 C
 40 IF(MAP(JK,J1,E0,I1)) OSM(TQ_001)
 41
 42 5001 CAPTAT(46,23)* INFORMACION HISTORICA)
 43 DC 5002 KM= 1,JU
 44 K1 = JYR(KL)= 1900
 45 K1 = LCC(KL)
 46 K1= LCC(V(K=1))-1
 47 K1 = LCC(KL)
 48 K1 = LCC(KL)
 49 K1 = LCC(KL)
 50 TPA(1)=1,VI 4020,4021,4020
 51 4020 PC(2)= 3P
 52 DC(1)=0,PZ
 53 4021 CONTINUE
 54 4022 CONTINUE
 55 JK = LEYML
 56 I=(DAY(KL)-JK)/5003,5005,5006

PROGRAM OPUS20

74/E40 DFT=1

FTN 4+8+650

19/08/87 19:26:38

PAGE 3

```
115      5005 K2= 0
        GO TO 5007
5005 K2=1
5007 CONTINUE
      SDPM =0.
120      D1 4023 JC=1+12
      SDPM = SDM*REF(JC)
      KP=JC
      I=1+JC
      L=JC+GE+DAY(KL1)) GO TO 4024
4023 CONTINUE
4024 CONTINUE
      RTB = SDM - JK
      IDIA = 4E1KPI-RTB
      IF(IDIA>FO.01 GO TO 4023
      IDIA=4026
130      4025 K2= KHM
      IDIA = PFK(KP)
4026 CONTINUE
      PRINT 5006,KH=KS,KP,IDA=K1
5006 F2PNAT15+0H,AM=+15,2E,14H,TORRENTE NUM.=15+2E,3H,ME$=+13+2E,4HD
135      +13+2E,16H,HORA IN=CSTAL,DBS.,14,1HZ,19HPDS+C+ONES,LAT=LON
      *6)
      PRINT 5009,(Y(L)(XL1),L=L+K1,MT)
5009 F2PNAT15+1ZP,1)
5002 CONTINUE
C   TERMINA IMPRESION DE INFORMACION
140
C
901 JFLAG = C
IF(ILOUMP,GE,100) GO TO 90
10 UC 12 IP1=IPRDG
  HUNIPD=C
  IFCSIPD=0.0
  IFCSIPD=0.0
  HFIPD=0
  HFIPD=0
  SWXIPD=0.0
150  SWYIPD=0.0
  VSIPD=0.0
  DSIPD=0.0
  DSYIPD=0.0
  VIPSIPD=0.0
  VIPSIPD=0.0
  ACYI1P1=0.0
  ACYI1P1=0.0
  DSYI1P1=0
  DSYI1P1=0
155
12 CONTINUE
160  C
  IF(JFLAG)13+13,17
13 TPRC01 = 4
  IDL*=1OUMP+1
C
155: PE01=1CC1INAME,1HR,10A,NC11F05,1413Y1,YC0,YC12,YC12,YC24,YC2
  **,TFLC
1001 F2PNAT17+13+6F5+1,13)
      PRINT 4001
      PRINT 4006
4006 F2PNAT//,10X,31H,MODELO PARA DETERMINAR LA TRAYECTORIA DE WIR133H
      *CS,1/
```

PROGRAM OPUS20 74/E40 OPT=1 FTH 4.8+650 19/05/87 10:26:38 PAGE 4

```

JHR = IHR # 100
DAG = MDW(MD1)* IDA + FLOAT(IHR)/24+0
1 IF (IHISTT1=2116,14)16
14 GO TO (15,15,16,16), IP05
15 XA (IP05+C1+C24) /22.0
16 YC12 = (YC1 + YC24) /22.0
16 CONTINUE
PRINT 4007,NAME,YC0,XC0,IHR,IDA,MD
4007 COPPIECA,3H NOMBRE DE LA TORMENTA O HURACAN ,AT,/20X,25HULITI
*4H2. POSICION OBSERVADA,3XFC.,,1HN,F6.1,1HW,,/20X,5MHORA ,15,1HZ,10
*4H2. FECHA,1Z,105XAHMES ,12,111
17 CONTINUE
18 DO 60 J= 1,JU
195 C
      HDP = 2
      IPASS=1
      C ***** TARJETAS DE PRUEBA ***** 0000000000
      C 20 PRINT 1500,IPASS
190 1500 FUPMAT15X#FASTREO DE IPASS * #,I41
      20 TF (IPASS,0)10,21
      C
21 NFIAK = 13C(1)
      NL = 13C(1)
      NU = 13C(1)-2
      NC (NU-NL)60/22,22
      C
22 DO 2301 IP=1,IPROOT
      IP(IP)=0
2201 CONTINUE
      C ***** TARJETAS DE PRUEBA ***** 0000000000
      C "P INT 1501,HL,NU
      C1501 FCRMAT15C#,VALOR_DE_NL = #,13#, VALOR_DE_NU = #,13#
      NC 30 N=NL,NU
205 C
      IHISTA = KNO(HL,HL,IHISTT1)
      IXM = (NU-1)/2+1
      IPROD = MINC14,IPRDG,IPROOT,IXM
      DAA = DAY(2)+0.5*(H-HEPIST)
210 C
      C
      HDP = 3
      20 TO 201
23 IF (IPASS) 30+30+24
215 24 CONTINUE
      INIT = 0
      IF (IHISTA)2300+2300,2301
      2300 IF (IHISTA)2301+2301,2302
2202 INIT = 1
2301 CCNTIFUP
      IF (JF145*INIT)2401,2401,30
2401 CCNTIFUP
      C
      1= (IHISTA,GT,0) GO TO 26
      26 XA (IP1+C1) /17.0
      25 XA (IP1+C0
      27 TO 27
      C ***** TARJETAS DE PRUEBA ***** 0000000000
  
```

PROGRAM OPUS29 74/840 MPT=1 FTN 4.8/650 19/08/87 19:26:38 PAGE 5

```

230      C26 PRINT 1902,IMISTA,IPROGA,IPOS
C1402 FORMAT(10X,#VALOR DE IMISTA = #,12,#VALOR DE IPROGA = #,12,#VALOR
C     +DE IPOS = #,12)
26 CALL PRECT(IIMISTA,IPROGA,IPOS)
27 CONTINUE
28      TX = 3.50 * TY*DSTY
29      IIX = 3.50 * TX*DSTY
30      IYY = 3.50 * BY*DSTY
31      IJX = 3.50 * 3*X*DSDA
32      IJC = 3.50 * 3*Y*DSDA
33      PRBA = PRD01(IIX)+PRD02(IITX)+PRD03(IIY)+PRD04(IIX)+PRD05(IID)
240      C DO 29 IP = 1,IPROGA
250      VA(IP) = Y(NR2*IP) + TY
260      IAFY(IIP) = 1
270      IZ = MAX(1,IY(IIP))
280      IYB = MAX(IIL,IZ)
290      XA(IP) = XH*Z*IP + (XA(IP)+TX)/ACDS(IYB)
300      ICLAS = 12*IP+ 3*IPOS + IMISTA -14
310      YK = SFY(ICLAS)*RKA
320      YL = SFY(ICLAS)*RLA
330      WSK(IP) = WSK(IP)*XK(IP)*YK
340      SWV(IP) = SWV(IP)*XK(IP)*YL
350      WSX(IP) = WSX(IP)*YA(IP)*XK(IP)*YK
360      WSY(IP) = WSY(IP)*YA(IP)*YL
370      WTY(IP) = WTY(IP)*YA(IP)*XK(IP)*YL
380      SWC(IP) = SWC(IP) + YC(IP)*WKA
390      JP(IP) = NR1IP+1
400      IF(JP(IP) .GT. 10) GO TO 403
410      C 29 CONTINUE
420      C 30 CONTINUE
430      C DO 36 IP = 1,IPROGA
440      IF(IP .EQ. IP1) 37,37,33
450      C 33 CONTINUE
460      IF(IP .EQ. NIP(IP)+1)
470      NTIP = NIP(IP)+NP(IP)
480      NIP(IP) = NIP(IP)+INIT
490      C 36 CONTINUE
500      C 37 CONTINUE
510      C 40 CONTINUE
520      C
530      C
540      C
550      C
560      C
570      C
580      C
590      C
600      C
610      C
620      C
630      C
640      C
650      C
660      C
670      C
680      C
690      C
700      C
710      C
720      C
730      C
740      C
750      C
760      C
770      C
780      C
790      C
800      C
810      C
820      C
830      C
840      C
850      C
860      C
870      C
880      C
890      C
900      C
910      C
920      C
930      C
940      C
950      C
960      C
970      C
980      C
990      C

```

PROGRAM OPUS20

74/840 OPR=1

FTN 4+8+650

19/08/87 17:26:38

PAGE 7

```

      DO 61C3 M=1,20
 6103 HAF(K)= XPNUN
      PRINT 6104,(HAF(K),K=1,20)
 6104 K=1,A=1,I=1,J=1,K=1,L=1
      KL= 4
      KB= 2
      PRINT 6105, MAR(1), (HAF(J+1),J=0,130),MAR(1)
 6105 FORMAT(1X,1Z13.0A1,1Z)
      IF(I>L) GO TO 6107
      IF(J>K) GO TO 6109
      PRINT 6106,(HAF(J+1),J=0,130)
 6106 FORMAT(1X,1Z13.0A1,1Z)
      GO TO 6109
 6107 PRINT 6105, HAF(K), (HAF(I+N,J),J=0,130), MAR(KB)
      N= 1,KL=3
      GO TO 6109
 6109 CONTINUE
 6108 CONTINUE
 6109 PRINT 6104,(HAF(K),K=1,20)
      HAF(1)=135
      HAF(135)=135
      HAF(133)=220
      HAF(134)=220
      HAF(135)= HAF(134)-2
 6120 CONTINUE
 6121 PRINT 6102,(HAF(K),K=1,20)
 6108 FORMAT(1X,1Z13.0A1)
 6110 FORMAT(1X,1Z13.0H) * SIMBOLOS USADOS CORRESPONDEN A / / 20X,9TH *
 * CNTPF DE LA ELPSE DE PRONOSTICO, / / 20X,49H A = LIMITES DE LA ELPSP
 170 * DE PRONOSTICO A 24 HRS, / / 20X,49H B = LIMITES DE LA ELPSP DE P
 * RONOSTICO A 48 HRS, / / 20X,49H C = LIMITES DE LA ELPSE DE PRONOSTICO
 * DE 72 HRS, / / 20X,49H D = LIMITES DE LA ELPSE DE PRONOSTICO A 96
 * HPS, / / 20X,49H E = LIMITES DE LA ELPSE DE PRONOSTICO A 192
      DC 550 JP = 1,61
      DC 550 JP = 1,151
      IF(HAF(JK,P)>HE, 1H) HAF(JK,P)= 1H
 375 360 CONTINUE
      IF(I>L) GO TO 73,71
 71 CONTINUE
 72 IF(IFLAG>7) 1901,90,901
 73 PRINT 74
 74 FORMAT(1X,1Z13H *** ANALOGIAS INSUFICIENTES *** ,/ / 20X,20H) EXT
      STOP P(BUSI$)(C1)
      STCP
 195
 201 IPASS=1
      IF(NOF>2) 202,222,222
 202 CONTINUE
      GO TO 301
 300
 222 TPR = 0.5*(YIN)+ YCO +1.0
      YB = MIN0(A0,TPR)
      TX = FCD - X(IN)*ACOS(YB)
      YF = ASCL(TX)-SC(L1)*254+224+300
 305
 224 TY = YCO -YIN
      IF(ABS(TY)= SC(L1)) 226,225,300
 225
 226 NY = 0.0

```

PROGRAM OPUS20 7/4/90 07:1 FTH 4.8+650 19/08/97 19:26:38 PAGE 6
 YP = SWY([P])/SWY([P])
 SIGY = SWY([P]*SIN(SQ1([P]))/SWY([P])= YP*VE[5]
 SIGX = 3*GIVW3XGQ1([P])/SWX([P])= XFO[XF]
 AAA = NF([P])
 200 FGT = SQT1(AAA/(AAA-1.0))
 SIGY = FGT*SIGY
 SIGX = FGT*SIGX
 DGT = 1.0/(1.0-SIGX)= XF*SWCY([P])/(SWX([P])+SIGX+SIGY)
 YFCST1([P])= XF
 YFCST1([P])= VE
 IZC = VE *D+5
 IYE = MIN(0.40,1CC)
 SIGX = SIGX*ACDS(IYB)
 ITIME = 2401P
 300 FGT = FGT*(1.0-XF*1.0*SIGX*RHD*YK([1]),YA([3]),XA([1]),XA([3]))
 YA([2])= 2.0*VE*YA([1])
 XA([2])= 2.0*VE*XA([1])
 XA([2])= 2.0*VE*XA([1])
 XA([4])= 2.0*VE*YA([1])
 XA([4])= 2.0*VE*YA([1])
 DT = 0.05*IMH([1])
 IYB = MIN(0.40,1CC)
 IYDCH = YA([1HM])-YA([1ACDS(IYB)])
 400 XA([1HM]) = XF + XOLDN
 510 ITIME = 2401P
 PRIM = 0.01*DFLT(M,[HE([P]),MT([P])
 4000 FCPM=AT(2DX,30)COORDENADAS DEL EJE MAYOR A+15,5MHORAS,10HBSADD EN ,IS,9HANALORIA
 P+15,5MHORAS A+15,5MHORAS,10HBSADD EN ,IS,9HANALORIA
 P+INT(450*Y,F,X),
 511 4000 FCPM=AT(2DX,40)COORDENADAS DEL CENTRO DE LA FLIPSE ,FO=1,IHM,FG
 *1,1H*1/4)
 PRINT(YA([1]),YA([1]),YA([1]),YA([1]))
 4010 FCPM=AT(2DX,30)COORDENADAS DEL EJE MAYOR ,FO=1,IHM,FG,FO=1,IHM,
 P+15,5MHORAS A+15,5MHORAS,10HBSADD EN ,IS,9HANALORIA
 P+15,5MHORAS A+15,5MHORAS,10HBSADD EN ,IS,9HANALORIA
 320 CALL INTFR([IP,XF,YF])
 GO TO 66
 66 JUMP=IHM([P])+
 66 CONTINUE
 325 KS = 11134 - YOL/2.0 + 140.0 + 1
 XS = J11352-XOL)/2.0 + 192.0 + 1
 IF(XS < 0.0, 0 + 140.0, KS) = 1E-61160 TO 500
 GO TO 501
 330 IF(YM*0.01, 0 + 140.0, KS + 1E-61160)MAP(KS,XP)=1HO
 503 CONTINUE
 11134 = 135
 DO 6100 JK=2,20
 MAFK(JK) = MAFK(JK - 1)+2
 6100 CONTINUE
 MAFK(1) = 34
 DO 6101 J=2,21
 MAFK(J) = MAP(JB-13-1
 6101 CONTINUE
 PRINT 4001
 PRINT 6102*(MAFK(K),K=1+20)
 6102 FCPM=AT(1Y,19([3],1),[3])
 K2LN = 14,

PROGRAM OPUS20 74/840 CPT=1 FTH 4+8+650 19/08/87 17:26:39 PAGE 8
 400 BY = 0.0
 BY24 = 0.0
 TFI(M1STA) 230,230,227
 227 IP0 = 0.2*(Y(H-1)+YC12+1)+0
 405 IYB = MIN(40,IP0)
 BY = (YC12-X(H-1))+ACOS(IYB)-TX
 IF(IAB(32)+SC(4)) 220,228,300
 C
 228 BY* YC12 -Y(H-1)= TY
 IF(IAB(32)*SC(4)) 230,230,300
 C 230 DD = DAA
 TFA(B5(D0)=182,5) 234,234,231
 231 IF(D0) 232,234,232
 415 232 DD = CD -730
 233 DD = 182,5
 234 IF(D0) 231,SC(5)) 230,238,300
 236 TFI(M1STA=1)301,301,238
 C
 420 238 IP1 = 0.2*(Y(H-2)+YC24+1.0)
 IYB = MIN(40,IP1)
 BY24 = (YC24-X(H-2))+ACOS(IYB)- TX
 BY24 = -YC24 -Y(H-2)= TY
 424 GO TO 301
 C
 300 TPASS = 0
 301 IF(NOE = 2110,2023
 90 CONTINUE
 END

CARD NR. SEVERITY DETAILS DIAGNOSIS OF PROBLEM
 430 I 104 HN=INNER LOOP BEGINNING AT THIS CARD IS ENTERED FROM OUTSIDE ITS RANGE.
 430 I 204 HN=INNER LOOP BEGINNING AT THIS CARD IS ENTERED FROM OUTSIDE ITS RANGE.

SYMBOLIC REFERENCE MAP (P=1)
 ENTRY POINTS
 0216 OPUS20

VARIABLES	IN	TYPE	RELLOCATION	10411	ACOS	REAL	ARRAY
10335	AAA	REAL	//	21	BY24	REAL	
0	BY	REAL	//	20	BY24	REAL	
1	BY	REAL	//				
10277	CRT1	REAL		10261	DAA	REAL	
2	DAY	REAL	//	12575	DAY	REAL	
3	DD	REAL	//	10171	DSR1	REAL	ARRAY
10170	DSR1	REAL		10172	DSR0	REAL	

```

SUBROUTINE PREDCT 74/840 OPT=1          FTH 4.8/650   19/08/87 19:26:18  PAGE  1
1      SUBROUTINE PREDCT (IMIST,IPROG,IPOS)
2      CPPOH,BX,Y,TX,TY,DxDAC,YCO,IC,G,YA(4),BY24,BY24
3      G0 TO 100,110,120,130,140,150,160,170,180,190,195,200,210,220,230,240,250,260,270,280,290,295,300,310,320,330,340,350,360,370,380,390,395,400,410,420,430,440,450,460,470,480,490,495,500,510,520,530,540,550,560,570,580,590,595,600,610,620,630,640,650,660,670,680,690,695,700,710,720,730,740,750,760,770,780,790,795,800,810,820,830,840,850,860,870,880,890,895,900,910,920,930,940,950,960,970,980,990,995,1000,1010,1020,1030,1040,1050,1060,1070,1080,1090,1100,1110,1120,1130,1140,1150,1160,1170,1180,1190,1200,1210,1220,1230,1240,1250,1260,1270,1280,1290,1300,1310,1320,1330,1340,1350,1360,1370,1380,1390,1400,1410,1420,1430,1440,1450,1460,1470,1480,1490,1500,1510,1520,1530,1540,1550,1560,1570,1580,1590,1600,1610,1620,1630,1640,1650,1660,1670,1680,1690,1700,1710,1720,1730,1740,1750,1760,1770,1780,1790,1800,1810,1820,1830,1840,1850,1860,1870,1880,1890,1900,1910,1920,1930,1940,1950,1960,1970,1980,1990,1995,2000,2010,2020,2030,2040,2050,2060,2070,2080,2090,2095,2100,2110,2120,2130,2140,2150,2160,2170,2180,2190,2200,2210,2220,2230,2240,2250,2260,2270,2280,2290,2300,2310,2320,2330,2340,2350,2360,2370,2380,2390,2395,2400,2410,2420,2430,2440,2450,2460,2470,2480,2490,2495,2500,2510,2520,2530,2540,2550,2560,2570,2580,2590,2595,2600,2610,2620,2630,2640,2650,2660,2670,2680,2690,2695,2700,2710,2720,2730,2740,2750,2760,2770,2780,2790,2795,2800,2810,2820,2830,2840,2850,2860,2870,2880,2890,2895,2900,2910,2920,2930,2940,2950,2960,2970,2980,2990,2995,3000,3010,3020,3030,3040,3050,3060,3070,3080,3090,3095,3100,3110,3120,3130,3140,3150,3160,3170,3180,3190,3200,3210,3220,3230,3240,3250,3260,3270,3280,3290,3295,3300,3310,3320,3330,3340,3350,3360,3370,3380,3390,3395,3400,3410,3420,3430,3440,3450,3460,3470,3480,3490,3495,3500,3510,3520,3530,3540,3550,3560,3570,3580,3590,3595,3600,3610,3620,3630,3640,3650,3660,3670,3680,3690,3695,3700,3710,3720,3730,3740,3750,3760,3770,3780,3790,3795,3800,3810,3820,3830,3840,3850,3860,3870,3880,3890,3895,3900,3910,3920,3930,3940,3950,3960,3970,3980,3990,3995,4000,4010,4020,4030,4040,4050,4060,4070,4080,4090,4095,4100,4110,4120,4130,4140,4150,4160,4170,4180,4190,4195,4200,4210,4220,4230,4240,4250,4260,4270,4280,4290,4295,4300,4310,4320,4330,4340,4350,4360,4370,4380,4390,4395,4400,4410,4420,4430,4440,4450,4460,4470,4480,4490,4495,4500,4510,4520,4530,4540,4550,4560,4570,4580,4590,4595,4600,4610,4620,4630,4640,4650,4660,4670,4680,4690,4695,4700,4710,4720,4730,4740,4750,4760,4770,4780,4790,4795,4800,4810,4820,4830,4840,4850,4860,4870,4880,4890,4895,4900,4910,4920,4930,4940,4950,4960,4970,4980,4990,4995,5000,5010,5020,5030,5040,5050,5060,5070,5080,5090,5095,5100,5110,5120,5130,5140,5150,5160,5170,5180,5190,5195,5200,5210,5220,5230,5240,5250,5260,5270,5280,5290,5295,5300,5310,5320,5330,5340,5350,5360,5370,5380,5390,5395,5400,5410,5420,5430,5440,5450,5460,5470,5480,5490,5495,5500,5510,5520,5530,5540,5550,5560,5570,5580,5590,5595,5600,5610,5620,5630,5640,5650,5660,5670,5680,5690,5695,5700,5710,5720,5730,5740,5750,5760,5770,5780,5790,5795,5800,5810,5820,5830,5840,5850,5860,5870,5880,5890,5895,5900,5910,5920,5930,5940,5950,5960,5970,5980,5990,5995,6000,6010,6020,6030,6040,6050,6060,6070,6080,6090,6095,6100,6110,6120,6130,6140,6150,6160,6170,6180,6190,6195,6200,6210,6220,6230,6240,6250,6260,6270,6280,6290,6295,6300,6310,6320,6330,6340,6350,6360,6370,6380,6390,6395,6400,6410,6420,6430,6440,6450,6460,6470,6480,6490,6495,6500,6510,6520,6530,6540,6550,6560,6570,6580,6590,6595,6600,6610,6620,6630,6640,6650,6660,6670,6680,6690,6695,6700,6710,6720,6730,6740,6750,6760,6770,6780,6790,6795,6800,6810,6820,6830,6840,6850,6860,6870,6880,6890,6895,6900,6910,6920,6930,6940,6950,6960,6970,6980,6990,6995,7000,7010,7020,7030,7040,7050,7060,7070,7080,7090,7095,7100,7110,7120,7130,7140,7150,7160,7170,7180,7190,7195,7200,7210,7220,7230,7240,7250,7260,7270,7280,7290,7295,7300,7310,7320,7330,7340,7350,7360,7370,7380,7390,7395,7400,7410,7420,7430,7440,7450,7460,7470,7480,7490,7495,7500,7510,7520,7530,7540,7550,7560,7570,7580,7590,7595,7600,7610,7620,7630,7640,7650,7660,7670,7680,7690,7695,7700,7710,7720,7730,7740,7750,7760,7770,7780,7790,7795,7800,7810,7820,7830,7840,7850,7860,7870,7880,7890,7895,7900,7910,7920,7930,7940,7950,7960,7970,7980,7990,7995,8000,8010,8020,8030,8040,8050,8060,8070,8080,8090,8095,8100,8110,8120,8130,8140,8150,8160,8170,8180,8190,8195,8200,8210,8220,8230,8240,8250,8260,8270,8280,8290,8295,8300,8310,8320,8330,8340,8350,8360,8370,8380,8390,8395,8400,8410,8420,8430,8440,8450,8460,8470,8480,8490,8495,8500,8510,8520,8530,8540,8550,8560,8570,8580,8590,8595,8600,8610,8620,8630,8640,8650,8660,8670,8680,8690,8695,8700,8710,8720,8730,8740,8750,8760,8770,8780,8790,8795,8800,8810,8820,8830,8840,8850,8860,8870,8880,8890,8895,8900,8910,8920,8930,8940,8950,8960,8970,8980,8990,8995,9000,9010,9020,9030,9040,9050,9060,9070,9080,9090,9095,9100,9110,9120,9130,9140,9150,9160,9170,9180,9190,9195,9200,9210,9220,9230,9240,9250,9260,9270,9280,9290,9295,9300,9310,9320,9330,9340,9350,9360,9370,9380,9390,9395,9400,9410,9420,9430,9440,9450,9460,9470,9480,9490,9495,9500,9510,9520,9530,9540,9550,9560,9570,9580,9590,9595,9600,9610,9620,9630,9640,9650,9660,9670,9680,9690,9695,9700,9710,9720,9730,9740,9750,9760,9770,9780,9790,9795,9800,9810,9820,9830,9840,9850,9860,9870,9880,9890,9895,9900,9910,9920,9930,9940,9950,9960,9970,9980,9990,9995,10000,10010,10020,10030,10040,10050,10060,10070,10080,10090,10095,10100,10110,10120,10130,10140,10150,10160,10170,10180,10190,10195,10200,10210,10220,10230,10240,10250,10260,10270,10280,10290,10295,10300,10310,10320,10330,10340,10350,10360,10370,10380,10390,10395,10400,10410,10420,10430,10440,10450,10460,10470,10480,10490,10495,10500,10510,10520,10530,10540,10550,10560,10570,10580,10590,10595,10600,10610,10620,10630,10640,10650,10660,10670,10680,10690,10695,10700,10710,10720,10730,10740,10750,10760,10770,10780,10790,10795,10800,10810,10820,10830,10840,10850,10860,10870,10880,10890,10895,10900,10910,10920,10930,10940,10950,10960,10970,10980,10990,10995,11000,11010,11020,11030,11040,11050,11060,11070,11080,11090,11095,11100,11110,11120,11130,11140,11150,11160,11170,11180,11190,11195,11200,11210,11220,11230,11240,11250,11260,11270,11280,11290,11295,11300,11310,11320,11330,11340,11350,11360,11370,11380,11390,11395,11400,11410,11420,11430,11440,11450,11460,11470,11480,11490,11495,11500,11510,11520,11530,11540,11550,11560,11570,11580,11590,11595,11600,11610,11620,11630,11640,11650,11660,11670,11680,11690,11695,11700,11710,11720,11730,11740,11750,11760,11770,11780,11790,11795,11800,11810,11820,11830,11840,11850,11860,11870,11880,11890,11895,11900,11910,11920,11930,11940,11950,11960,11970,11980,11990,11995,12000,12010,12020,12030,12040,12050,12060,12070,12080,12090,12095,12100,12110,12120,12130,12140,12150,12160,12170,12180,12190,12195,12200,12210,12220,12230,12240,12250,12260,12270,12280,12290,12295,12300,12310,12320,12330,12340,12350,12360,12370,12380,12390,12395,12400,12410,12420,12430,12440,12450,12460,12470,12480,12490,12495,12500,12510,12520,12530,12540,12550,12560,12570,12580,12590,12595,12600,12610,12620,12630,12640,12650,12660,12670,12680,12690,12695,12700,12710,12720,12730,12740,12750,12760,12770,12780,12790,12795,12800,12810,12820,12830,12840,12850,12860,12870,12880,12890,12895,12900,12910,12920,12930,12940,12950,12960,12970,12980,12990,12995,13000,13010,13020,13030,13040,13050,13060,13070,13080,13090,13095,13100,13110,13120,13130,13140,13150,13160,13170,13180,13190,13195,13200,13210,13220,13230,13240,13250,13260,13270,13280,13290,13295,13300,13310,13320,13330,13340,13350,13360,13370,13380,13390,13395,13400,13410,13420,13430,13440,13450,13460,13470,13480,13490,13495,13500,13510,13520,13530,13540,13550,13560,13570,13580,13590,13595,13600,13610,13620,13630,13640,13650,13660,13670,13680,13690,13695,13700,13710,13720,13730,13740,13750,13760,13770,13780,13790,13795,13800,13810,13820,13830,13840,13850,13860,13870,13880,13890,13895,13900,13910,13920,13930,13940,13950,13960,13970,13980,13990,13995,14000,14010,14020,14030,14040,14050,14060,14070,14080,14090,14095,14100,14110,14120,14130,14140,14150,14160,14170,14180,14190,14195,14200,14210,14220,14230,14240,14250,14260,14270,14280,14290,14295,14300,14310,14320,14330,14340,14350,14360,14370,14380,14390,14395,14400,14410,14420,14430,14440,14450,14460,14470,14480,14490,14495,14500,14510,14520,14530,14540,14550,14560,14570,14580,14590,14595,14600,14610,14620,14630,14640,14650,14660,14670,14680,14690,14695,14700,14710,14720,14730,14740,14750,14760,14770,14780,14790,14795,14800,14810,14820,14830,14840,14850,14860,14870,14880,14890,14895,14900,14910,14920,14930,14940,14950,14960,14970,14980,14990,14995,15000,15010,15020,15030,15040,15050,15060,15070,15080,15090,15095,15100,15110,15120,15130,15140,15150,15160,15170,15180,15190,15195,15200,15210,15220,15230,15240,15250,15260,15270,15280,15290,15295,15300,15310,15320,15330,15340,15350,15360,15370,15380,15390,15395,15400,15410,15420,15430,15440,15450,15460,15470,15480,15490,15495,15500,15510,15520,15530,15540,15550,15560,15570,15580,15590,15595,15600,15610,15620,15630,15640,15650,15660,15670,15680,15690,15695,15700,15710,15720,15730,15740,15750,15760,15770,15780,15790,15795,15800,15810,15820,15830,15840,15850,15860,15870,15880,15890,15895,15900,15910,15920,15930,15940,15950,15960,15970,15980,15990,15995,16000,16010,16020,16030,16040,16050,16060,16070,16080,16090,16095,16100,16110,16120,16130,16140,16150,16160,16170,16180,16190,16195,16200,16210,16220,16230,16240,16250,16260,16270,16280,16290,16295,16300,16310,16320,16330,16340,16350,16360,16370,16380,16390,16395,16400,16410,16420,16430,16440,16450,16460,16470,16480,16490,16495,16500,16510,16520,16530,16540,16550,16560,16570,16580,16590,16595,16600,16610,16620,16630,16640,16650,16660,16670,16680,16690,16695,16700,16710,16720,16730,16740,16750,16760,16770,16780,16790,16795,16800,16810,16820,16830,16840,16850,16860,16870,16880,16890,16895,16900,16910,16920,16930,16940,16950,16960,16970,16980,16990,16995,17000,17010,17020,17030,17040,17050,17060,17070,17080,17090,17095,17100,17110,17120,17130,17140,17150,17160,17170,17180,17190,17195,17200,17210,17220,17230,17240,17250,17260,17270,17280,17290,17295,17300,17310,17320,17330,17340,17350,17360,17370,17380,17390,17395,17400,17410,17420,17430,17440,17450,17460,17470,17480,17490,17495,17500,17510,17520,17530,17540,17550,17560,17570,17580,17590,17595,17600,17610,17620,17630,17640,17650,17660,17670,17680,17690,17695,17700,17710,17720,17730,17740,17750,17760,17770,17780,17790,17795,17800,17810,17820,17830,17840,17850,17860,17870,17880,17890,17895,17900,17910,17920,17930,17940,17950,17960,17970,17980,17990,17995,18000,18010,18020,18030,18040,18050,18060,18070,18080,18090,18095,18100,18110,18120,18130,18140,18150,18160,18170,18180,18190,18195,18200,18210,18220,18230,18240,18250,18260,18270,18280,18290,18295,18300,18310,18320,18330,18340,18350,18360,18370,18380,18390,18395,18400,18410,18420,18430,18440,18450,18460,18470,18480,18490,18495,18500,18510,18520,18530,18540,18550,18560,18570,18580,18590,18595,18600,18610,18620,18630,18640,18650,18660,18670,18680,18690,18695,18700,18710,18720,18730,18740,18750,18760,18770,18780,18790,18795,18800,18810,18820,18830,18840,18850,18860,18870,18880,18890,18895,18900,18910,18920,18930,18940,18950,18960,18970,18980,18990,18995,19000,19010,19020,19030,19040,19050,19060,19070,19080,19085,19090,19100,19110,19120,19130,19140,19150,19160,19170,19180,19190,19195,19200,19210,19220,19230,19240,19250,19260,19270,19280,19290,19295,19300,19310,19320,19330,19340,19350,19360,19370,19380,19390,19395,19400,19410,19420,19430,19440,19450,19460,19470,19480,19490,19495,19500,19510,19520,19530,19540,19550,19560,19570,19580,19590,19595,19600,19610,19620,19630,19640,19650,19660,19670,19680,19690,19695,19700,19710,19720,19730,19740,19750,19760,19770,19780,19790,19795,19800,19810,19820,19830,19840,19850,19860,19870,19880,19890,19895,19900,19910,19920,19930,19940,19950,19960,19970,19980,19990,19995,20000,20010,20020,20030,20040,20050,20060,20070,20080,20090,20095,20100,20110,20120,20130,20140,20150,20160,20170,20180,20190,20195,20200,20210,20220,20230,20240,20250,20260,20270,20280,20290,20295,20300,20310,20320,20330,20340,20350,20360,20370,20380,20390,20395,20400,20410,20420,20430,20440,20450,20460,20470,20480,20490,20495,20500,20510,20520,20530,20540,2
```

SUBROUTINE	PRDCT	74/640 OPT=1	FTN 4,8+650	19/08/87 19:26:38	PAGE	2
60		736 XA(2)=-(0.102 + (BX*0.713E-2 + DD*DAC*0.199E-6)*DAC) 738 XA(1)=-(C_0102 +(Bx*0.307E-2 + DD*DAC*0.208E-7)*DAC) GU TO 400				
c		240 GU TO(258+256+254+252),IPRIG 242 XA(4)=-(1.327 + DD*XCO*XCO*0.264E-5 + BX*DAC*0.00897) 244 XA(3)=-(0.212E-7 + 6.09E-8 + C_103*DD*DAC*1.E-3 246 XA(2)=-(0.315 + 1.539E-8 + DD*DAC*0.199E-6) 248 XA(1)=-(0.217E-7 + 0.007*Bx*XCO) GU TO 400				
70	c	310 GU TO (310,320,330,340),TPDS 312 XA(4)=-(1.326,314,316,312),IPRIG 314 XA(3)= 0.244 -(18.539E-8 + 0.116*DD*XCO*XCO*1.E-5 316 XA(2)=-(0.193 - 2.739E-8 318 XA(1)= 0.0259 -(0.312E8X + 0.2829*BX24) GU TO 400				
80	c	320 GU TO (326,328,325,322),IPRIG 322 XA(4)=-(1.321-(1L.05*BX + 0.271*DD)*XCO*XCO*1.E-5 324 XA(3)= 0.123 -(0.0199*BX*XCO + DD*XCO*XCO*0.126E-5) 326 XA(2)= 0.134 + 2.086*BX 328 XA(1)=-(0.057 + 1.284*BX) GU TO 400				
90	c	330 GU TO (336,338,334,332),IPRIG 332 XA(4)=-(C_033 - 0.027*Bx*XCO - (0.273+DD)*XCO*XCO + 2.51*BY24*DAC*DCA *C1*1.E-5) 334 XA(3)= -(0.371 + 0.0243*BX*XCO + DD*XCO*XCO*0.147E-5) 336 XA(2)= -(0.00212E-4 + 0.013393*BX*DD - DD*DAC*DCA*0.189E-6) 338 XA(1)= -(0.0135 + 0.00448*XCO) GU TO 400				
100	c	340 GU TO (348,346,344,342),IPRIG 342 XA(4)=-(0.006 + 0.024*BX*XCO + DD*XCO*XCO*0.275E-5 + BY24*DAC*DAC* *0.753*1.E-4) 344 XA(3)= -(C_313 + 0.0178*X*XCO + DD*XCO*XCO*0.137E-5) 346 XA(2)= -(C_01700 + 8*XCO**XCO*0.105E-3 + DD*DAC*DAC*0.22F-6) 348 XA(1)= 0.149 -BX*XCO*1E9*0.599E-4 + (DAC*DAC*0.176E-5 + 0.125*DAC*0. *0.312*3)*1.E-5 GU TO 400 END				

CARD NR. SEVERITY DETAILS DIAGNOSIS OF PROBLEM

1 AI IF STATEMENT MAY BE MORE EFFICIENT THAN A 2 OR 3 BRANCH COMPUTER GO TO STATEMENT.

SUBROUTINE	INTEN	74/840	DPT=1	FTN 4.8/650	19/08/87	19:26:38	PAGE	1
1								
SUBROUTINE INTEP(IP,XF,YF)								
COMMON MAP1(151,61),MAP12(22),MAP121								
IP(IP .LE. 1)K1 = 1MA								
IF(IP .LE. 1)K1 = 1MA								
IF(IP .LE. 3)K1 = 1MC								
IF(IP .LE. 4)K1 = 1MD								
KP = ((33 - YF)/20)*50 + 1								
KS = ((135 - XF)/20)*50 + 1								
IF(YF .GT. 0 .AND. KP .LE. 61)GO TO 1								
GO TO 1								
1 IF(KS .GT. "0" AND. KS .LE. 151)MAP(KS,KP)=1H								
3 CONTINUE								
DO 70 X = 1, 6								
L = (X-1)*YF + YF								
L = (X-1)*YF + YF								
KS = ((135-X)/20)*50 + 1;5								
IF(KP .GT. 0 .AND. KP .LE. 61)GO TO 2								
GO TO 20								
2 IF(KS .GT. 0 .AND. KS .LE. 151)MAP(KS,KP)=K1								
A = SCR1(YA(2)-YA(1))+2.0*(XA(2)-XA(1))/9.0/2.0								
3 = SCR1(YA(4)-YA(3))+2.0*(XA(4)-XA(3))/9.0/2.0								
C = XA(1)-XF								
D = XA(1)-XF								
E = XA(1)-XF								
F = XA(1)-XF								
G = XA(1)-XF								
DELT = C*D - F*D								
DO 77 J=1,62								
X = XA(1) + (J-1)/3.0								
Y = YF								
ADIS = A**2 + C**2 + A**2 + D**2								
ADIS = -2.*YAF + B**2 + F*D + A**2 + C*D								
CDIS = -2.*YAF + B**2 + F*D + A**2 + C*D + DELT + 2.*B**2 + A**2 / E								
DISC = -2.*YAF + B**2 + F*D + A**2 + C*D								
FIDISC = -2.*YAF + B**2 + F*D + A**2 + C*D								
68 X1 = (-B**2 + F*D + A**2 + C*D) / (2.* + ADIS) + XF								
X2 = (-B**2 + F*D + A**2 + C*D) / (2.* + ADIS) + XF								
KP = ((134 - X1)/20)*50 + 1;5								
KS = ((134 - X2)/20)*50 + 1;5								
IF (KS.GT.0 .AND. KS .LE. 151)MAP(KS,KP)=K1								
KS = ((135 - X1)/20)*50 + 1;5								
IF (X1.GT.0 .AND. KS .LE. 151)MAP(KS,KP)=K1								
77 CONTINUE								
RETURN								
END #ABSENT#								

CARD NO. SEVERITY DETAILS DIAGNOSIS OF PROBLEM

55 1 NO END CARD, END LINE ASSUMED

SUBROUTINE ELAXIS 74/040 UPT=1 FTN 4+8+650 19/08/87 19.26+38 PAGE 1

```

      SUBROUTINE ELAXIS(YB,XB,SY,SX,RHO,YU,YL,XU,XL)
      CHI = 1.365
      T = 1.-Z
      SU = SQT((T + (Z,0*RHO*Z))(Z,0*RHO*Z))
      SU = SU/(1.0 - DPHI)
      VU = SQT((L,0*RHO*PHI)*(CHI/(SU*SL-2.0*RHO*SL+1.0)))
      VL = SQT((L,0*RHO*PHI)*(CHI/(SL*SL-2.0*RHO*SL+1.0)))
      YU = YB + SU*VU*SL
      XL = XB + SL*VL*SL
      YU = YB + VU*SY
      VL = VL + VU*SY
      IF((YL-YB)*(YU-YB) + (XU-XB)*(XL-XB) - (YL-YB)*(YU-YB) - (XL-XB)*(XL-XB))<0.1334*4
      3 Z = YL
      YL = YL
      YU = YU
      SL = SL
      XL = XL
      XU = XU
      XU = C
      4 RETURN
      END
  
```

SYMBOLIC REFERENCE MAP (R=1)

ENTRY POINTS

3 ELAXIS

VARIABLES	SH	TYPE	RELOCATION	O	RHO	REAL	F,P,
76 CHI		REAL				REAL	
100 SU		REAL		100	0	REAL	
77 SY		REAL			0	REAL	F,P,
0 SY		REAL	F,P,		0	REAL	
102 VL		REAL		101	VU	REAL	
0 YB		REAL	F,P,		0	XL	F,P,
0 YL		REAL	F,P,		0	YL	F,P,
78 Z		REAL	F,P,		0	YU	REAL

EXTERNALS

CORT	TYPE	ARGS
	REAL	1 LIBRARY

STATEMENT LABELS

O	3	INACTIVE	66	4
---	---	----------	----	---

STATISTICS

PPD?24 LENGTH	1048	66
34300.CM USL0		

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Hope J. R. and Neumann Ch. J. (1970)
An operational technique for relating the movement of
existing tropical cyclones to past tracks.
- 2.- Robert W. Pett January 1974
Tropical cyclone movements forecasts based on observa-
tion from satellites.
Environmental prediction research facility
(Navy) Monterey, California.
- 3.- Banner I. Miller and Peter P. Chase
Prediction of hurricane motion by statistical methods.
- 4.- Morrison, D.F. (1967)
Multivariate statistical methods
Mc. Graw-Hill.
- 5.- Información proporcionada por El Centro de Ciencias -
de la Atmósfera (UNAM) y Secretaría de Agricultura y
Recursos Hidráulicos.