

# **I TALLER LATINOAMERICANO SOBRE REDUCCION DE LOS EFECTOS DE LOS DESASTRES NATURALES EN LA INFRAESTRUCTURA ENERGETICA**

## **CRITERIOS DE DISEÑO EN INFRAESTRUCTURAS ENERGETICAS Y SU COMPORTAMIENTO DURANTE DESASTRES NATURALES**

**Ing. Ambrosio Ramos**

**INSTITUTO DE RECURSOS HIDRAULICOS Y ELECTRIFICACION FAX (507) 262-9469**

### **I. INTRODUCCION**

El Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación de la República de Panamá es la institución responsable, por ley, de la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica en todo el país, a excepción del sistema que opera la Comisión del Canal de Panamá. También es responsable de autorizar y regular el otorgamiento de los contratos de concesiones a terceros para la generación privada. El IRHE se hizo cargo de la responsabilidad de la mayor parte del servicio eléctrico en 1972, construyendo la primera planta hidroeléctrica de 150 MW (Central Hidroeléctrica Ascanio Villalaz) y la primera línea de 230 KV en 1976.

Las estructuras que componen el sistema eléctrico se pueden resumir en el cuadro No. 1.

### **II. CRITERIOS DE DISEÑO UTILIZADOS EN LA REPUBLICA DE PANAMA POR EL INSTITUTO DE RECURSOS HIDRAULICOS Y ELECTRIFICACION (IRHE)**

Los criterios de diseño utilizados en los distintos tipos de estructuras, que utiliza el IRHE, para las obras de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica se establecen de acuerdo a las normas de ingeniería nacionales e internacionales. Entre las normas usadas como base para el diseño y construcción de estructuras están:

1. Diseño Estructural de la República de Panamá (REP-94, SPIA)
2. American Concrete Institute (ACI)
3. American Institute of Steel Construction (AISC)
4. National Electrical Safety Code (NESC)
5. American National Standards Institute (ANSI)

6. Código Antisísmico de Panamá (SPIA)
7. American Society of Civil Engineers (ASCE)
8. Rural Electrification Administration (REA)

Entre los aspectos que se desean destacar en este trabajo son los criterios de diseño para las cargas extraordinarias debido a eventos naturales, tal es el caso de los vientos huracanados, crecidas de los ríos y movimientos sísmicos.

Para realizar un análisis comparativo de los distintos tipos de estructuras y los criterios de carga utilizados se hará referencia a dos conceptos que reflejan el efecto del evento extraordinario, estos son:

#### **Aceleración sísmica:**

Aceleración horizontal de la tierra debido a un movimiento sísmico, medido en función de la gravedad de la tierra  $g$  (9.8 m/seg<sup>2</sup>)

#### **Velocidad del viento:**

Viento a 10 metros de altura sobre terreno abierto, medido en metros por segundo (m/s), kilómetros por hora (kmh) o millas por hora (mph).

Estos conceptos permiten al ingeniero establecer las fuerzas del fenómeno sobre la estructura y, al considerarlas en la acción conjunta con otras fuerzas, escoger la condición más desfavorable. En base a esta condición se dimensionará y detallará la estructura.

#### **Obras de Generación:**

En forma general podemos aplicar los criterios indicados en la Tabla N° 1 como los parámetros

establecidos actualmente, de acuerdo la revisión de 1994 del Reglamento de Diseño Estructural del Panamá para los nuevos diseños estructurales. Aunque en las obras hidráulicas intervienen una gran cantidad de disciplinas como la mecánica de rocas, ingeniería de presas, hidráulica, geotécnica y otras que, en base a investigaciones, establecen los criterios de diseño para cada estructura en particular. Hemos incluido estos criterios en la tabla N° 1.

Para las estructuras del sistema eléctrico ya existentes en la República de Panamá hemos encontrado distintos criterios utilizados en el diseño, tanto sísmico como de viento, los cuales han ido evolucionando a medida que conocemos mejor las características propias de nuestra región y la probabilidad de ocurrencia de un evento.

### **Líneas de Transmisión**

Los criterios de carga utilizados para el diseño de las líneas de transmisión están regulados por un comité especial del "American Society of Civil Engineers" (ASCE) - "Guidelines for Electrical Transmission Line Structural Loading", "National Electrical Safety Code" (NESC) y los valores críticos de diseño son establecidos para cada proyecto en especial, la Tabla N°2 resume la información sobre las líneas existentes.

La velocidad del viento es el factor más importante en el diseño de las estructuras para las líneas de transmisión y al principio se usaron valores muy conservadores, los que han sido revisados actualmente para lograr proyectos más económicos.

### **Líneas de Distribución**

Los criterios para el diseño de líneas de distribución aérea, con postes de madera y de concreto pretensados, se han establecido con los códigos de "National Electrical Safety Code" (NESC) y de "Rural Electrification Administration" (REA), ambas de los Estados Unidos de Norte América.

### **Subestaciones eléctricas**

Las normas utilizadas para las estructuras metálicas de soporte para los equipos electromecánicos y

estructuras de anclaje son las del manual de acero de la AISC, "Specification for the Design, Fabrication and Erection of Structural Steel for Buildings" y del "National Bureau of Standards" ("Safety Rules for the Installation and Maintenance of Electric Supply and Communication Lines".

## **III. REGISTROS HISTORICOS DE EVENTOS NATURALES**

Con el objeto de comparar los efectos registrados de fenómenos naturales hemos realizado una recopilación de información meteorológica y sísmica, a través del Departamento de Hidrometeorología del IRHE y del Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá, haciendo énfasis en datos técnicos que puedan ser usados en la determinación de cargas sobre las estructuras.

### **1. LOS SISMOS**

En Panamá no se han experimentado los grandes terremotos de otros países del istmo centroamericano, sin embargo, son importantes los efectos destructivos que la historia recoge desde 1800 como consecuencia de los movimientos sísmicos. Para los efectos de esta comparación hemos recurrido a un catálogo resumido en donde se presentan valores de magnitud e intensidad de sismos importantes en la región.

Actualmente se cuenta con poca información instrumental sobre la aceleración superficial horizontal y vertical del terreno durante sismos. Para el técnico que debe evaluar los efectos del movimiento telúrico sobre una estructura, transformarlos en fuerzas y determinar los esfuerzos a que son sometidos los materiales de que esta construida, resulta impreciso hacer uso de la información recogida de documentos históricos de los desastres como fundamento para hacer tesis de diseño estructural. No obstante, en este trabajo, para dar inicio a una forma de interpretación, hemos utilizado los datos obtenidos de la referencia 3 y le hemos incorporado la aceleración horizontal calculada (tabla N° 5) en base a los datos disponibles, a saber:

#### **a) Aceleración-Intensidad**

Basado en la grado de intensidad de los daños, la

escala de Mercalli Modificada, brinda mucha información sobre los terremotos. Los investigadores han tratado de relacionar el parámetro aceleración máxima del terreno, que es una medida instrumental, con la intensidad observada, que es una medida subjetiva. En la tabla N° 5 se ha obtenido el promedio de las ecuaciones propuesta por cuatro autores:

$$\log (ah) = 0.333(Imm) - 0.50 \text{ Gutenberg y Richter (1956)}$$

$$\log (ah) = 0.360(Imm) - 0.16 \text{ Ambrasseys (1974)}$$

$$\log (ah) = 0.300(Imm) + 0.14 \text{ Trifunac y Brady (1975)}$$

$$\log (ah) = 0.276(Imm) + 0.248 \text{ Sauter (1977)}$$

ah = aceleración horizontal pico (cm/seg<sup>2</sup>)

Imm = Intensidad sísmica en la escala de Mercalli Modificada

Aunque conocemos que estas ecuaciones varían mucho unas de otras, las hemos utilizado como una forma de obtener valores técnicos de información subjetiva. El promedio de estos valores dividido por la aceleración de la gravedad de la tierra (9.78 cm/s<sup>2</sup>) se presentan en la tabla N° 5 y se grafican en la Figura N° 1.

#### b) Aceleración-Magnitud

La intensidad de movimiento del terreno a determinada distancia de la fuente se expresa mediante relaciones empíricas de atenuación. Siendo la aceleración un parámetro adecuado para describir la intensidad, los investigadores han propuesto relaciones empíricas entre la aceleración máxima del terreno, la magnitud del evento y la distancia epicentral. La magnitud es una medida obtenida de información de sismógrafos y la más común es la escala de Richter. El promedio de dos fórmulas se presenta en la tabla N° 5:

$$A = 1080 e^{0.5 \cdot M} \quad \text{Donovan (1973)}$$

$$(Rf + 25)^{1.32}$$

$$A = 5600 e^{0.8 \cdot M}$$

$$(Rf + 40)^2 \quad \text{Esteban y Villaverde (1974)}$$

En donde A es la aceleración en cm/s<sup>2</sup>, M es la magnitud Richter y Rf la distancia al hipocentro. Para esta tabla se escogió el paralelo 8.5°N como centro de ubicación de la mayoría de las estructuras del sistema energético nacional y de

esta forma poder calcular la distancia desde el epicentro para las fórmulas anteriores. La figura N° 2 resume gráficamente los valores de aceleración calculados.

## VIENTOS

En la tabla N° 6 y N° 7 se presentan tabulados los registros de vientos máximos históricos y vientos máximos asociados a huracanes, respectivamente. Esta información instrumental, del Departamento de Hidrometeorología del IRHE, nos permite conocer con mucha precisión la magnitud de las alteraciones meteorológicas en nuestro medio, la figura N° 3 recoge gráficamente este comportamiento.

## IV. COMPARACION DE LOS CRITERIOS DE DISEÑO Y LOS REGISTROS HISTORICOS

### a) Sismos:

Las figuras N° 1 y N° 2 muestran los valores calculados de la aceleración sísmica de acuerdo a los criterios establecidos en la sección anterior; aunque como hemos explicado, estos valores son aproximados nos sirven de guía para una evaluación.

Como podemos observar en las tablas de la N° 1 a la N° 4 los criterios de diseño establecen valores de aceleración sísmica desde 0.08 a 0.3g para la mayoría de las estructuras, a diferencia de la presa de Fortuna que es de 0.4g. La mayor parte de los sismos indicados estuvieron por debajo de 0.1g y una mínima cantidad llegó a estar entre el rango de 0.1 a 0.3g. Para dos casos distintos se estima que pudo haber una aceleración mayor a 0.3g, no obstante se debe tomar en cuenta que las estructuras tienen un factor de seguridad sobre los esfuerzos que resiste el material o factor de sobrecarga, en la tabla N° 8 se presentan algunos valores comunes de estos factores.

Los valores que se dan en las figuras N° 1 y N° 2 nos indican que las estructuras del sistema energético nacional no han estado en peligro de falla por razones de fuerzas sísmicas, ya que desde 1934 no hay grandes aceleraciones, inclusive, de ser exactos los valores, pareciera conveniente revisar los criterios de diseño para algunos casos. De acuerdo a la historia presentada aquí y a los

*criterios de diseño establecidos, no hay evidencias de que los factores de seguridad para este evento sea bajo, más bien es alto, para las estructuras del IRHE.*

#### **b) Vientos**

*Los registros de vientos son más precisos y más confiables que los de sismos, la tabla N° 6 y la figura N° 3 resumen la información de vientos máximos. Al comparar estos valores con los criterios de diseño establecidos en la sección C notamos que sólo en dos ocasiones en 16 años es superada la marca de 30 m/s y en el resto de los registros se mantiene por debajo de 25 m/s. Es importante anotar que estos son rachas instantáneas y no fuerzas de viento mantenidas, las cuales son mucho menor.*

*Las líneas de torres y de postes de 115 kv tienen valores de diseño alcanzados en varias ocasiones por las rachas máximas, mientras que en las otras estructuras sólo fueron superados por dos ocasiones en 16 años de registros. Al igual que en el caso de sismos, las estructuras fueron diseñadas para cargas de viento con factores de sobrecarga y diferentes combinaciones de carga, escogiendo las condiciones más desfavorable. Los valores de sobre carga que se han utilizado en las estructuras del IRHE se presentan en la tabla N° 9.*

*Como vemos en la tabla N° 9 los factores de sobrecarga para postes están por el orden de 3 a 4, lo que indica que estas estructuras soportan vientos mucho más allá de los indicados para el diseño en la sección B y aún en el caso de las rachas de 34 m/s no superaría los esfuerzos de resistencia de los materiales. Como podemos apreciar, aunque hay velocidades de viento que superan los valores de diseño, no ha habido casos de falla en las líneas de transmisión por vientos, pero sí se han dado casos de fallas de postes de madera y hormigón en las líneas de distribución.*

*Esto último nos debe hacer pensar que probablemente se han dado vientos superiores a los indicados y condiciones que aumenten las fuerzas sobre la línea.*

## **V. EXPERIENCIAS DEL COMPORTAMIENTO DE ESTRUCTURAS DURANTE EVENTOS NATURALES**

### **Plantas de Generación**

*Tal como lo indicamos en la introducción, el IRHE, se responsabilizó de la mayoría de las plantas desde 1976, a partir de esta fecha no ha habido casos de suspensión de la energía eléctrica por motivos de fenómenos naturales en algunas de las plantas de generación hidroeléctrica o termoeléctrica.*

### **Líneas de Transmisión**

*De los 911 kms de líneas de transmisión, la mayoría de ellos en torres reticuladas de acero, no se registra ningún caso de falla estructural, fundación o conductores por motivos relacionados a sismos o vientos fuertes. La tabla N° 10 presenta una estadística de fallas en la línea de 230 kv, en ella podemos apreciar algunos casos de salida de algún circuito eléctrico por motivos de descargas eléctricas durante tormentas o causas indirectas de fenómenos atmosféricos, siendo el tiempo de reconexión promedio para estos casos de 48 minutos.*

*Se han presentado casos aislados de torres de acero afectadas en su fundación por la inundaciones de los ríos aledaños, pero en ningún caso ha ocurrido colapso, pues ha habido tiempo para corregir el daño y cambiar la fundación. También se han presentado movimientos en la fundación de torres, los cuales pueden estar relacionados a movimientos sísmicos, pero no fueron peligrosos y se pudo realizar las corrección sin dificultad.*

### **Líneas de Distribución**

*Las líneas de distribución, de postes de madera y postes de concreto pretensado, han sido los que mayormente se han visto afectados durante las tormentas. No obstante ha sido un poco difícil coleccionar la información que permita analizar el comportamiento de las estructuras y el modo de falla, sobre todo para conocer el grado de influencia del fenómeno natural sobre el mecanismo de colapso del poste. La falla de los conductores, por ejemplo, conlleva a una posible*

*falla o caída de varios postes consecutivos, el deslizamiento del terreno, también puede llevar a un colapso de una parte de la líneas*

*Los daños reportados por tormentas atmosféricas involucran una variedad de tipos de colapsos, entre ellos:*

- 1. Postes partidos por fuertes vientos. Durante un tornado en la Ciudad de Panamá en julio de 1992 se dio la falla de varios postes, aunque no se reportaron vientos mayores a los ya indicados en los registros de vientos.*
- 2. Postes caídos por ramas de arboles sobre la línea.*
- 3. Postes caídos por desestabilización de la fundación debido a tormenta.*
- 4. Postes caídos por liquefacción del terreno durante movimiento sísmico en Bocas del Toro*

*El tiempo de reconexión, menos estudiado y con mas variables que en el caso de las líneas de transmisión, se estima en dos horas. La existencia de líneas antiguas con postes en malas condiciones es un factor que debe ser tomado en cuenta ya que en muchas ocasiones ha sido esta condición la que ha favorecido el colapso.*

## **VI. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN**

*Considerando que este tema dentro de la institución es completamente nuevo, sería necesario reunir esfuerzos para recolectar la información, que si existe, y orientarla hacia el estudio de los Efectos de los Desastres Naturales en la estructuras energéticas.*

### **Medidas de Prevención:**

- 1. Junto con las instituciones que se dedican al estudio del los desastres naturales, establecer zonas de riesgos en todo el país para la evaluación de las características propias. En Panamá existe un estudio reciente del Instituto de Estudios Nacionales de la Universidad de Panamá, que ha incursionado en el tema y ha adelantado algunos aspectos. El complementar esta base con información técnica y el llegar a desarrollar criterios de*

*diseño propios para cada región nos serviría para estar mejor preparados y ser más económicos en la puesta en ejecución de las medidas.*

- 2. Recolectar toda la información de los casos de fallas del sistema energético, con especial énfasis en aquellos ocasionados directa o indirectamente por los elementos de la naturaleza y sus perturbaciones. Se requiere conocer que criterio de diseño fue superado para poder hacer las correcciones del caso.*
- 3. Los criterios de diseño para las líneas de distribución deben ser revisadas, ya que son las más afectadas, lo mismo que el comportamiento de los postes de madera de hormigón a la acción de fuerzas extraordinarias como la de tornados. El diseño del conductor eléctrico y los herrajes deben ser analizados con los mismos criterios que la estructura de soporte*
- 4. Estudiar la experiencias de otros países de Centroamérica y la forma como han manejado los desastres naturales para poner en ejecución planes similares.*

### **Medidas de Mitigación**

- 1. Crear y evaluar las estrategias de reconexión del sistema eléctrico local o nacional a la velocidad necesaria para disminuir los efectos sobre la población.*
- 2. Preparar procedimientos de emergencias y rutinarios, levantando informes sobre el funcionamiento de estos procedimientos y las formas de mejorarlo.*
- 3. Programas de educación a la población sobre los cuidados y las medidas que se deben tener durante la caída de líneas de transmisión y distribución. Estos instrucciones se deben dar a conocer también durante la ocurrencia de un desastre natural.*
- 4. Incorporar a la institución a la Red Nacional de Información e Investigación*

*de Desastres Naturales.*

5. *Mantener las reservas de equipo y materiales mínimas que pudieran ser necesarias en el restablecimiento oportuno de la energía eléctrica después de la ocurrencia de un fenómeno natural extraordinario.*

## **VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

1. *Nuestro país ha tenido menos efectos de desastres naturales que el resto de los países de Centroamérica, por lo que también estamos menos preparados para enfrentarlos.*
2. *La recolección de datos sobre desastres naturales y su estudio se hace necesaria para la preparación de políticas de prevención y mitigación.*
3. *El estudio de los casos de fallas de nuestro sistema eléctrico y las experiencias de nuestros vecinos centroamericanos nos debe llevar a mejorar nuestros criterios para el diseño y construcción de las estructuras que lo conforman.*
4. *Salvo en los casos de postes de líneas de distribución, el resto de las estructuras del sistema eléctrico parecen estar adecuadamente dimensionados para las fuerzas extremas de vientos y sismos.*
5. *Los costos de un proyecto están relacionados con los criterios de diseño establecidos, de manera que debe dictarse una política institucional que fije el alcance a que se pretende llegar en esta materia.*

**CUADRO N° 1**  
**COMPONENTES DEL SISTEMA ELECTRICO**

<i>Plantas Hidroeléctricas</i>	
Capacidad Instalada	546 MW
Central Hidroeléctrica Edwin Fábrega (Fortuna)	300 MW
Central Hidroeléctrica Ascanio Villalaz (Bayano):	150 MW
Central Hidroeléctrica Estrella y Los Valles:	90 MW
Otras	6 MW
Capacidad de Embalse	
Presa Fortuna	170 mm <sup>3</sup>
Presa de Bayano:	4,000 mm <sup>3</sup>
Obras Subterráneas	
Túneles:	24 kms
<i>Plantas Térmicas</i>	
Capacidad Instalada	319 MW
Central 9 de Enero	244 MW
Subestación Panamá	40 MW
Otras	35 MW
<i>Subestaciones Eléctricas</i>	
S/E 230/115/34.5 kV	268 MVA
S/E 115/43.8/13.8 kV	1,649 MVA
S/E 44/13.8 kV	157 MVA
S/E 34 5/13.8/4.16 kV	122 MVA
Líneas de Transmisión	911 kms
L/T 230 kv	577 kms
L/T 115 kv	322 kms
L/T 44 kv	12 kms
Líneas de Distribución	8,027 kms
L/D 35.4 y 19.9 kv	3,240 kms
L/D 13.8 y 7.6 kv	4,239 kms
L/D 6 6, 4.16 y 2.4 kv	548 kms

**TABLA N°1  
CRITERIOS DE DISEÑO PARA OBRAS DE GENERACION**

<i>Estructura</i>	<i>Aceleración Sísmica (g)</i>	<i>Velocidad de Viento (m/s)</i>	<i>Comentarios</i>
<i>Edificaciones</i>	0.08 a 0.25	22.5 a 27.0	Tabla A-1, A-3
<i>Plantas</i>	0.08 a 0.25	22.5 a 27.0	Tabla A-1, A-3
<i>Obras Subterráneas</i>	0.3	N/A	.
<i>Equipo Electromecánico</i>	0.3	N/A	
<i>Presas</i>	0.3 a 0.4	N/A	1, 2

**TABLA N°2  
CRITERIO DE DISEÑO PARA LINEA DE TRANSMISION**

<i>Estructura</i>	<i>Aceleración Sísmica (g)</i>	<i>Velocidad Viento (m/s)</i>	<i>Comentarios</i>
<i>Torres 230 kv</i>	0.3	29	
<i>Torres 115kv</i>	0.3	21	
<i>Postes 115kv</i>	0.3	22	

**TABLA N°3  
CRITERIO DE DISEÑO PARA LINEA DE DISTRIBUCION**

<i>Estructura</i>	<i>Aceleración Sísmica (As/gravedad)</i>	<i>Velocidad Viento (m/s)</i>	<i>Comentarios</i>
<i>Postes de Madera</i>	N/A	27	
<i>Postes de Cemento</i>	N/A	27	

**TABLA N°4  
CRITERIO DE DISEÑO PARA SUBESTACION ELECTRICA**

<i>Estructura</i>	<i>Aceleración Sísmica (g)</i>	<i>Velocidad de Viento (m/s)</i>	<i>Comentarios</i>
<i>Estruct. de Anclaje</i>	0.3	34.5	
<i>Estruct. de Soporte</i>	0.3	34.5	

<sup>1</sup>Report on Dynamic Analysis of la Fortuna Dam, Geotechnical Engineers Inc., 1979

<sup>2</sup>Proyecto Hidroeléctrico Tabasara, Feasibility Study, Acres Internationald Limited, 1982



**TABLA N° 5**  
**LISTADO CRONOLOGICO DE EVENTOS SISMICOS SENTIDOS EN PANAMA**  
**1985 - 1900**

FECHA	INTENSID	MAGNIT	COORDENADAS		PROF.	ACELERACIO	ACELERACIO
	(MM)		NORTE	OESTE		(km)	(g)
							(g)
10-dic-85	4	3.80	9.50	78.89	0.0	0.018	0.008
20-abr-85	5	5.60	8.97	77.52	40.0	0.037	0.059
5-ene-85	5	6.10	10.17	80.02	33.0	0.037	0.018
7-jul-84	4	4.10	8.26	77.45	33.0	0.018	0.041
26-nov-83	4	5.60	7.38	82.26	10.0	0.018	0.022
23-sep-83	4	5.60	8.42	83.49	42.0	0.018	0.193
3-abr-83	7	6.50	8.63	83.07	20.0	0.159	0.287
19-ago-82	5	6.20	6.72	82.68	10.0	0.037	0.017
24-ago-79	6	6.10	8.95	83.48	40.0	0.076	0.086
1-jul-79	7	6.50	8.31	82.90	28.0	0.159	0.230
1-jul-78	5	5.70	9.32	78.12	12.0	0.037	0.034
11-jul-76	8	7.00	7.40	78.12	3.0	0.333	0.055
6-dic-74	7	5.20	8.30	82.35	46.0	0.159	0.094
13-jul-74	8	7.30	7.74	77.68	12.0	0.333	0.107
20-ene-71	7	5.60	8.70	79.22	33.0	0.159	0.122
5-dic-70	4	5.30	9.80	79.70	20.0	0.018	0.015
9-jul-63	4	6.10	8.50	83.00	31.0	0.018	0.402
18-sep-62	7	7.00	7.50	82.30	33.0	0.159	0.062
26-jul-62	6	6.80	7.50	82.70	33.0	0.076	0.054
4-jun-62	6	6.40	7.50	80.90	54.0	0.076	0.042
12-mar-62	7	6.70	8.25	83.04	30.0	0.159	0.217
19-sep-61	5	6.40	6.70	82.40	33.0	0.037	0.019
6-dic-60	5	6.00	8.20	82.60	25.0	0.037	0.117
12-may-60	6	6.50	7.50	81.00	0.0	0.076	0.045
28-mar-60	3	6.30	7.50	82.00		0.009	0.039
9-abr-59	5	6.30	7.00	82.00		0.037	0.023
9-feb-58	4		8.00	79.50		0.018	0.002
15-ago-57	5	6.70	10.00	80.00		0.037	0.030

TABLA N° 5 (continuación)

FECHA	INTENSID (MM)	MAGNIT	COORDENADAS		PROF. (km)	ACELERACIO (g)	ACELERACIO (MAGNITUD)
			NORTE	OESTE			
10-jul-57	3	6.70	7.70	82.60		0.009	0.067
8-abr-57	6	6.30	8.50	83.00		0.076	0.460
20-ago-56	7	6.30	7.17	79.80		0.159	0.027
13-mar-56	4	6.80	7.00	82.00		0.018	0.032
7-ene-53	4		9.50	83.00		0.018	0.001
9-jul-52	2	6.25	7.10	82.40		0.004	0.024
16-may-52	4	6.90	6.70	78.90		0.018	0.026
25-abr-52		6.40	8.10	83.20		0.001	0.118
6-ene-51	6	7.00	7.50	80.50		0.076	0.062
5-ene-51	3	6.70	7.00	81.00		0.009	0.030
18-ago-49	6	6.50	8.50	83.00		0.076	0.528
3-jun-45	6	7.00	8.60	82.60		0.076	0.458
2-may-43	5	7.10	7.00	80.00		0.037	0.039
5-dic-41	6	7.50	8.50	83.00		0.076	1.057
9-mar-41	5	5.60	7.50	80.75	0.0	0.037	0.025
27-nov-39	4	5.75	7.30	80.00		0.018	0.022
9-mar-36	5					0.037	0.000
30-nov-35	5	6.30	10.00	79.50		0.037	0.023
21-jul-34	6	6.70	8.25	82.50		0.076	0.217
17-jul-34	9	7.70	8.00	82.50	0.0	0.702	0.229
21-nov-33	6	6.00	8.00	83.00		0.076	0.072
29-ago-30	5		8.00	83.00		0.037	0.002
8-mar-30	5	6.25	9.75	78.75		0.037	0.028
10-ago-27	4	7.00	5.00	82.50		0.018	0.011
20-mar-20	5					0.037	0.000
26-abr-16	8	7.30	9.60	82.00		0.333	0.067
8-feb-16	6					0.076	0.000
26-nov-15	6					0.076	0.000
28-may-14	7	7.50	7.10	79.90		0.159	0.055
1-oct-13	8	7.50	7.50	80.75		0.333	0.087
21-dic-10	5					0.037	0.000
20-ene-05	5					0.037	0.000
20-dic-04	5	8.30	8.50	83.00	25.0	0.037	1.869
20-ene-04		7.90	7.00	79.00			

FIGURA N° 1

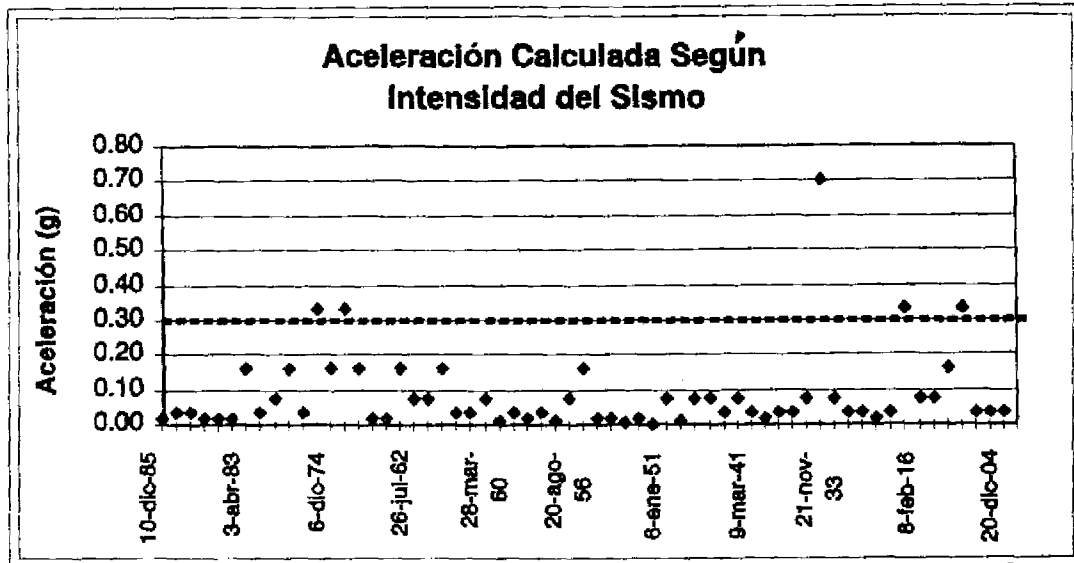


FIGURA N° 2

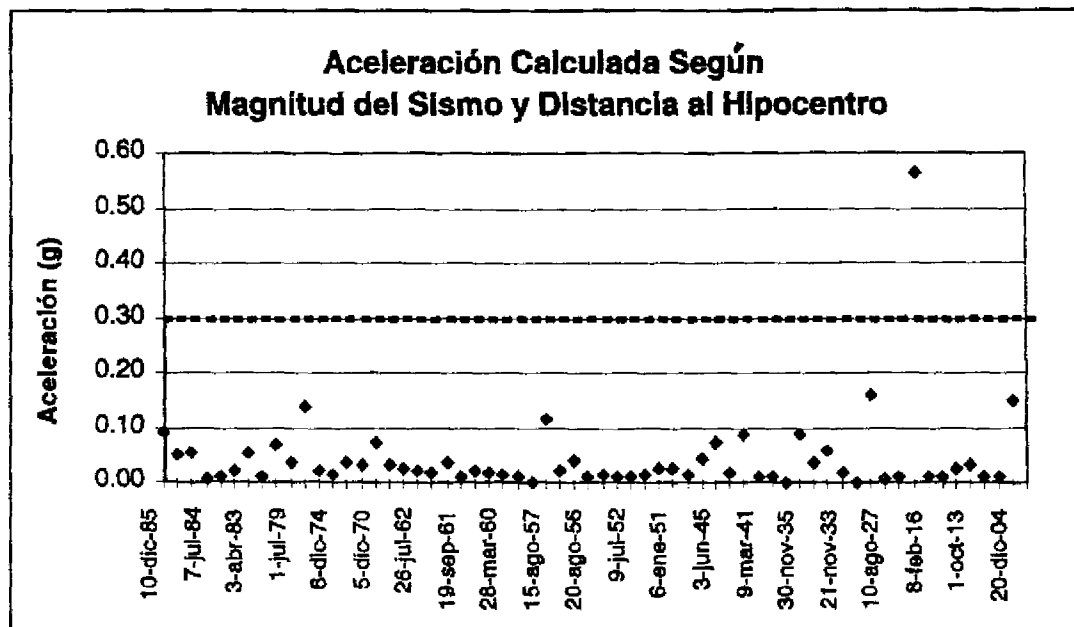
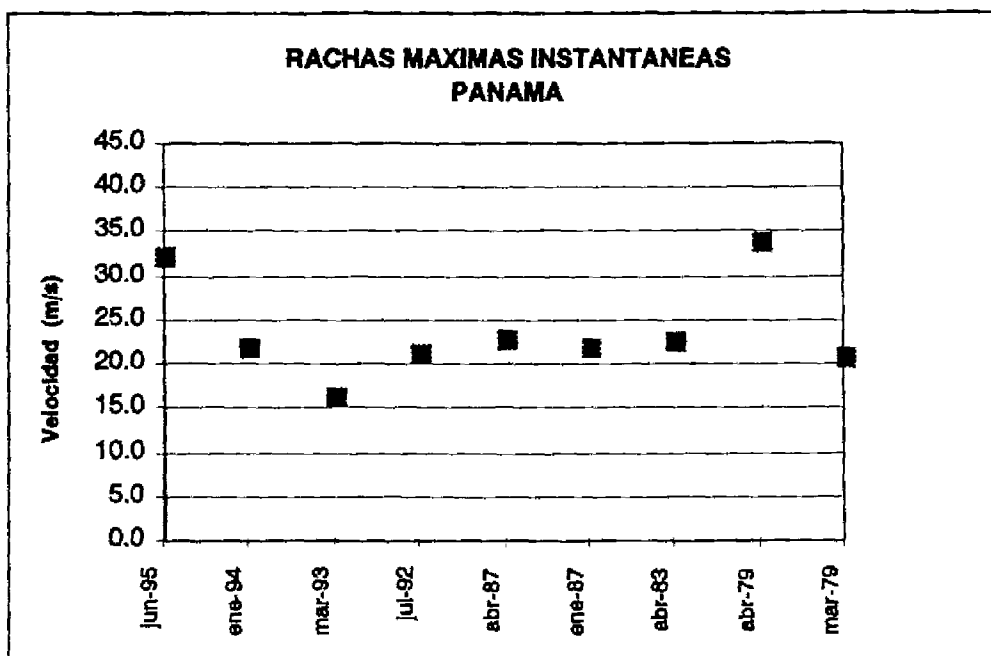


FIGURA N° 3



**TABLA Nº 6**  
**REGISTROS METEOROLOGICOS DE VIENTOS MAXIMOS**

ESTACION	FECHA	LATITUD	LONGITUD	RAFAGA MAXIMA INSTANTANEA		
				(m/s)	(kmh)	(mph)
David	jun-95	8°24'	82°25'	32.4	116.6	72.5
Los Santos	ene-94	7°57'	80°25'	22.1	79.6	49.4
Paítilla	mar-93	8°58'	79°31'	16.5	59.4	36.9
Bocas del Toro	jul-92	9°20'	82°15'	21.3	76.7	47.7
Santiago	abr-87	8°05'	80°58'	23.0	82.8	51.5
David	ene-87	8°24'	82°25'	22.0	79.2	49.2
Ojo de Agua	abr-83	8°12'	81°31'	22.7	81.7	50.8
Tocumen	abr-79	9°03'	79°22'	34.0	122.4	76.1
Antón	mar-79	8°23'	80°16'	21.0	75.6	47.0

**TABLA Nº 7**  
**VIENTOS MAXIMOS ASOCIADOS A HURACANES**

HURACAN	FECHA	VELOCIDAD			COMENTARIOS
		(m/s)	(kmh)	(mph)	
GILBERT	15-sep-88	18 - 25.0	64.8 - 90.0	40.2 - 55.9	inundaciones
JUANA	21-oct-88	18 - 26.6	64.8 - 96.0	40.2 - 59.7	inundaciones
ALMA	15-jun-70	17.8 - 20	64.0 - 72.0	39.8 - 44.7	caída de postes
tornado	12-ago-86				caída de postes

**TABLA Nº 8**  
**FACTORES DE SOBRECARGA PARA SISMOS**

ESTRUCTURA / MATERIAL	F. S.
HORMIGON REFORZADO (ACI)	1.43 - 1.87
ACERO ESTRUCTURAL (AISC)	1.6 - 2.0
TORRES DE TRANSMISION	2.0
POSTES DE MADERA	N/A
POSTES DE HORMIGON	1.43 - 1.87

**TABLA Nº 9**  
**FACTORES DE SOBRECARGA PARA CARGAS DE VIENTO**

ESTRUCTURA / MATERIAL	F. S.
HORMIGON REFORZADO (ACI)	1.3 - 1.7
ACERO ESTRUCTURAL (AISC)	1.6 - 2.0
TORRES DE TRANSMISION (NESC)	2.5
POSTES DE MADERA (NESC)	3.0 - 4.0
POSTES DE HORMIGON (NESC)	2.67 - 4.0
RETENIDAS	2.67

**TABLA Nº 10**  
**FALLAS EN LA LINEA DE 230KV**

FECHA	DURACION HH:MM	CAUSAS
3/13/90	0:10	FALLA DE EQUIPO
4/15/90	0:01	FALLA DE EQUIPO
4/15/90	0:05	FALLA DE EQUIPO
4/15/90	0:01	FALLA DE EQUIPO
4/15/90	0:01	FALLA DE EQUIPO
4/25/90	0:02	FALLA DE EQUIPO
4/15/90	0:01	FALLA DE EQUIPO
4/26/90	0:03	FALLA DE EQUIPO
4/26/90	0:03	FALLA DE EQUIPO
4/26/90	0:10	FALLA DE EQUIPO
4/26/90	0:03	FALLA DE EQUIPO
4/26/90	0:03	FALLA DE EQUIPO
4/26/90	0:03	FALLA DE EQUIPO
4/28/90	0:01	FALLA DE EQUIPO
4/28/90	0:01	FALLA DE EQUIPO
4/28/90	0:01	FALLA DE EQUIPO
4/29/90	0:03	FALLA DE EQUIPO
4/29/90	0:01	FALLA DE EQUIPO
4/29/90	0:01	FALLA DE EQUIPO
4/29/90	0:28	FALLA DE EQUIPO
6/1/90	13:00	FALLA DE EQUIPO
6/1/90	1:38	FALLA DE EQUIPO
6/15/90	0:42	FALLA DE EQUIPO
6/23/90	1:23	FALLA DE EQUIPO
6/27/90	0:10	FALLA DE EQUIPO
6/27/90	0:03	FALLA DE EQUIPO
10/17/90	0:01	FALLA DE EQUIPO
10/19/90	1:14	FALLA DE EQUIPO
11/9/90	0:00	FALLA DE EQUIPO
5/17/90	0:00	FALLA DE EQUIPO
6/1/90	0:02	FALLA DE EQUIPO
7/18/90	0:00	FALLA DE EQUIPO
8/16/91	0:44	FALLA DE EQUIPO
9/15/91	0:00	FALLA DE EQUIPO
9/29/91	0:02	FALLA DE EQUIPO
1/22/92	0:10	<b>RAMA DE ARBOL TOCO</b>
1/28/92	0:20	FALLA DE EQUIPO
2/28/92	0:05	<b>QUEMA CERCA DE LA S/E PANAMA</b>
3/13/92	0:59	DESCONOCIDA
3/13/92	0:00	DESCONOCIDA
3/13/92	0:00	DESCONOCIDA
3/31/92	0:08	DESCONOCIDA
3/31/92	0:04	DESCONOCIDA
3/31/92	0:21	DESCONOCIDA
3/31/92	0:17	DESCONOCIDA
4/1/92	0:03	DESCONOCIDA

Continuación Tabla 10

FECHA	DURACION HH:MM	CAUSAS
4/1/92	0:08	DESCONOCIDA
4/1/92	0:06	DESCONOCIDA
4/1/92	0:08	DESCONOCIDA
4/2/92	0:18	DESCONOCIDA
4/12/92	0:57	DESCONOCIDA
4/12/92	0:01	DESCONOCIDA
4/12/92	0:02	DESCONOCIDA
4/12/92	0:01	DESCONOCIDA
4/13/92	0:04	DESCONOCIDA
4/15/92	0:00	DESCONOCIDA
4/15/92	0:00	DESCONOCIDA
4/15/92	0:04	DESCONOCIDA
4/15/92	0:00	DESCONOCIDA
4/19/92	0:11	DESCONOCIDA
4/20/92	0:01	DESCONOCIDA
4/20/92	0:59	DESCONOCIDA
4/20/92	0:03	DESCONOCIDA
4/20/92	0:05	DESCONOCIDA
4/20/92	0:01	DESCONOCIDA
4/20/92	0:01	DESCONOCIDA
4/29/92	0:04	DESCONOCIDA
5/20/92	0:02	FALLA DE EQUIPO
5/26/92	0:07	FALLA DE EQUIPO
9/26/92	0:00	DESCONOCIDA
12/28/92	0:45	OTRA
1/31/93	0:03	VANDALISMO- EN TORRE 906
2/9/93	0:16	DESCONOCIDA
2/26/93	0:13	FUEGO CERCA DE S/E
3/22/93	0:44	DESCONOCIDA
6/11/93	1:20	TORMENTA EN EL AREA
7/28/93	5:08	FALLA DE EQUIPO
8/4/93	0:01	FALLA DE EQUIPO
9/7/93	1:15	FALLA DE EQUIPO
9/7/93	0:07	TORMENTA ELECTRICA EN LA CIUDAD DE PANAMA
9/11/93	0:10	DESCONOCIDA
9/20/93	0:01	DESCONOCIDA
9/22/93	0:28	DESCONOCIDA
9/24/93	1:00	DESCONOCIDA. POSIBLEMENTE TORMENTA
10/12/93	0:59	ARBOL ENTRE LAS TORRES 830 Y 831
10/30/93	0:15	FALLA DE EQUIPO