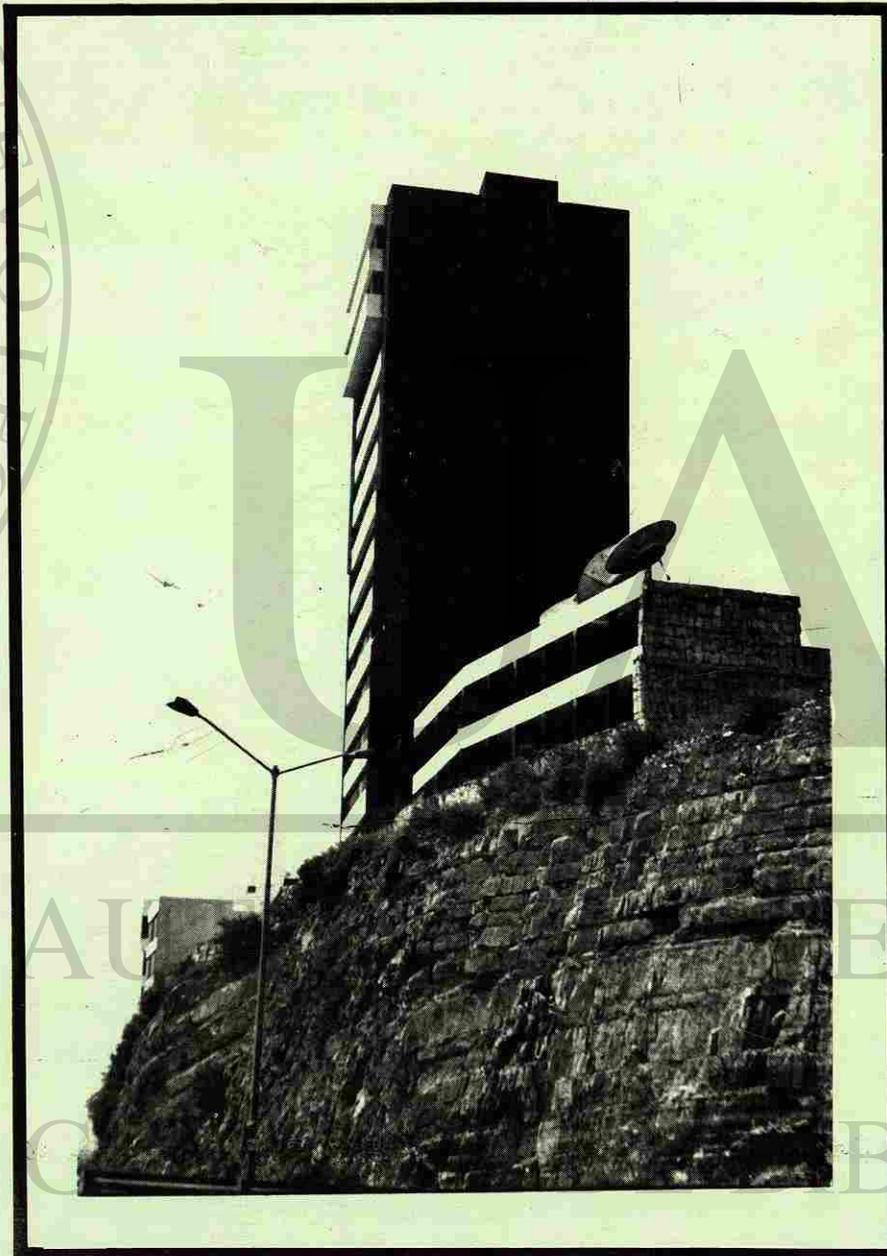


**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

**“ EVALUACION DE RIESGOS POR URBANIZACION EN
ZONAS MONTAÑOSAS DE MONTERREY, N.L.”**



**BENITO MUÑOZ HERNANDEZ
RAUL CONDE RIVERA
JOSE IGNACIO RINCON LOPEZ**

CONVENIOSEP - DGICSA No. 088-01-0178

Monterrey, N.L., México, 1991

EV

DE RIESGOS

POR URBANIZACION

EN

NTAÑOSAS DE MONTE

RREY, N.L."

U.A.N.L.

EN

DE RIESGOS

POR URBANIZACION

EN

NTAÑOSAS DE MONTE

RREY, N.L."

U.A.N.L.

EN

DE RIESGOS

POR URBANIZACION

EN

NTAÑOSAS DE MONTE

RREY, N.L."

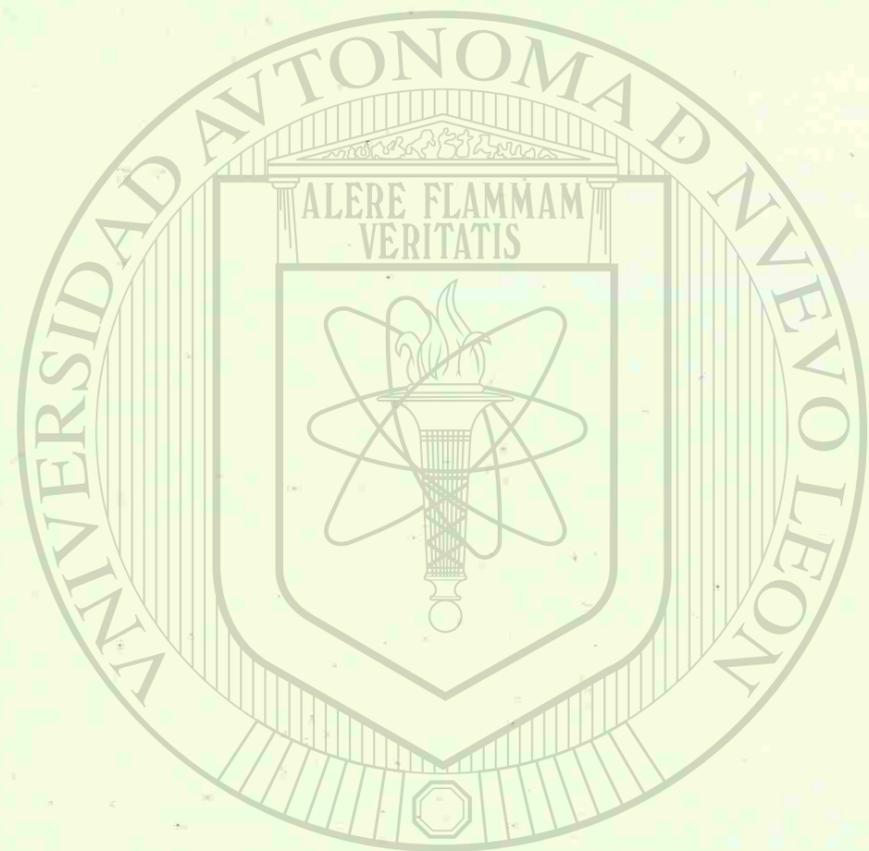
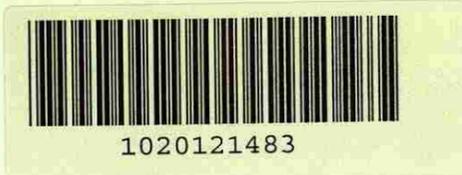
U.A.N.L.

MUÑOZ H.B.

CONDE R.R.

RINCON L.J.I.

F.I.C.



EVALUACION DE RIESGOS POR URBANIZACION EN LAS ZONAS MONTAÑOSAS DE MONTERREY, N.L.

Proyecto Realizado con Apoyo de la Secretaría de Educación Pública
D.F.S.E.A.
Convocatoria No. 048-01-0176

U A N L

AUTORES

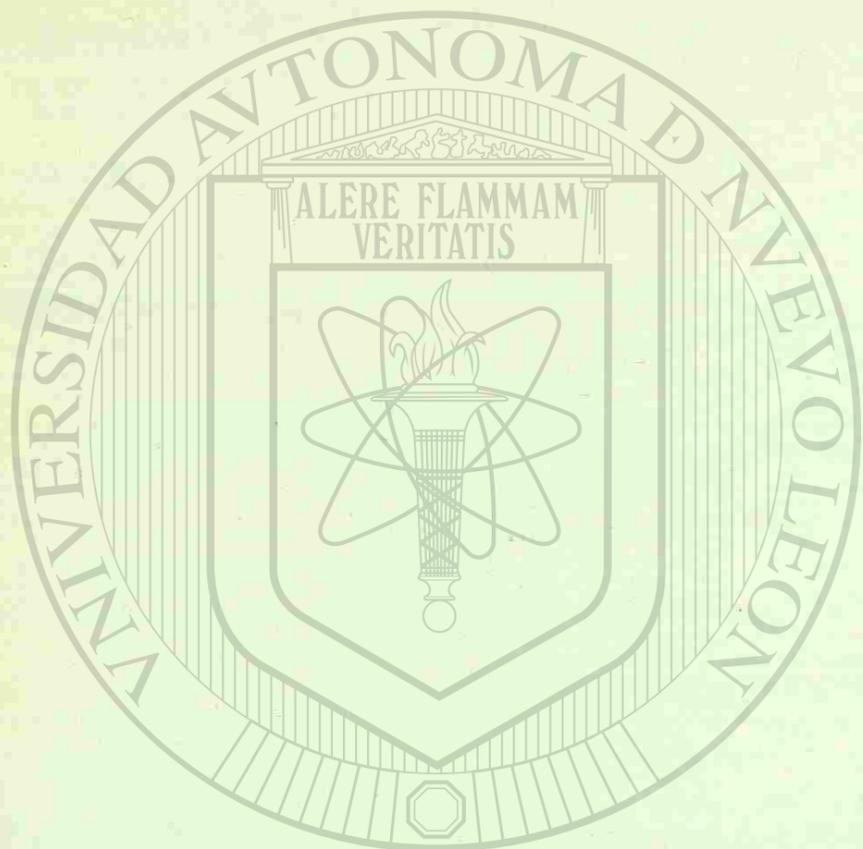
ING. BENITO MUÑOZ HERNANDEZ
ING. RAUL CONDE RIVERA
ING. JOSE IGNACIO RINCON LOPEZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

ABRIL DE 1991



**EVALUACION DE RIESGOS POR
URBANIZACION EN LAS ZONAS
MONTAÑOSAS DE MONTERREY,
N.L.**

Proyecto Realizado con Apoyo
de la Secretaría de Educación Pública
D. G. I. C. S. A.
Convenio No. 088-01-0178

AUTORES

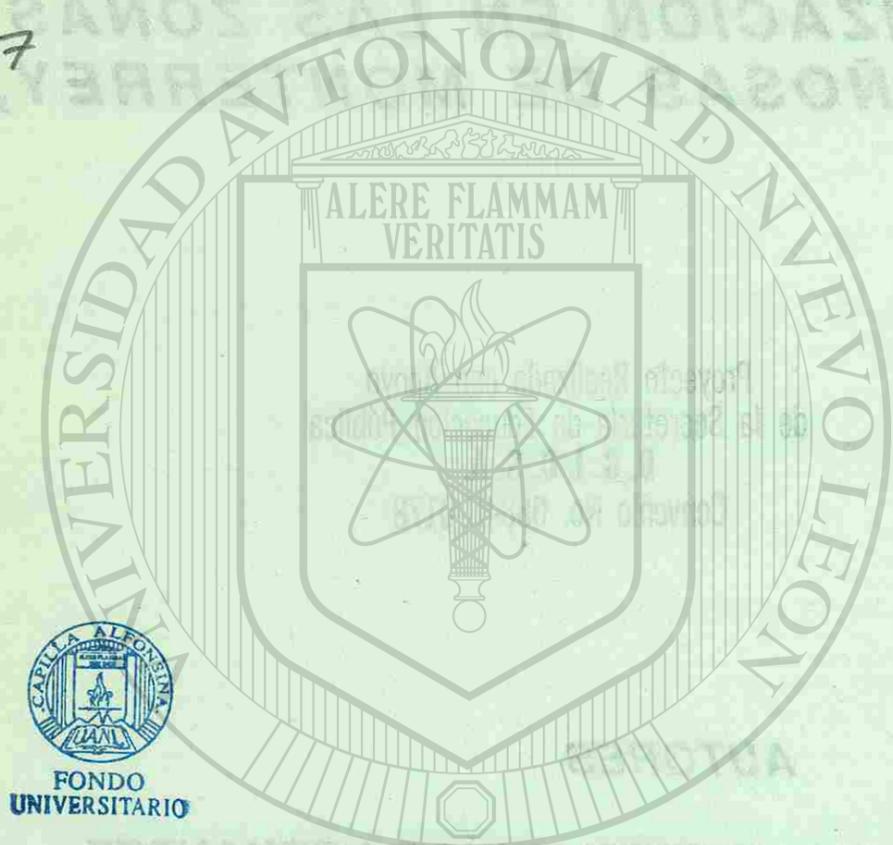
ING. BENITO MUÑOZ HERNANDEZ
ING. RAUL CONDE RIVERA
ING. JOSE IGNACIO RINCON LOPEZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

ABRIL DE 1991

HT127
.7
M8



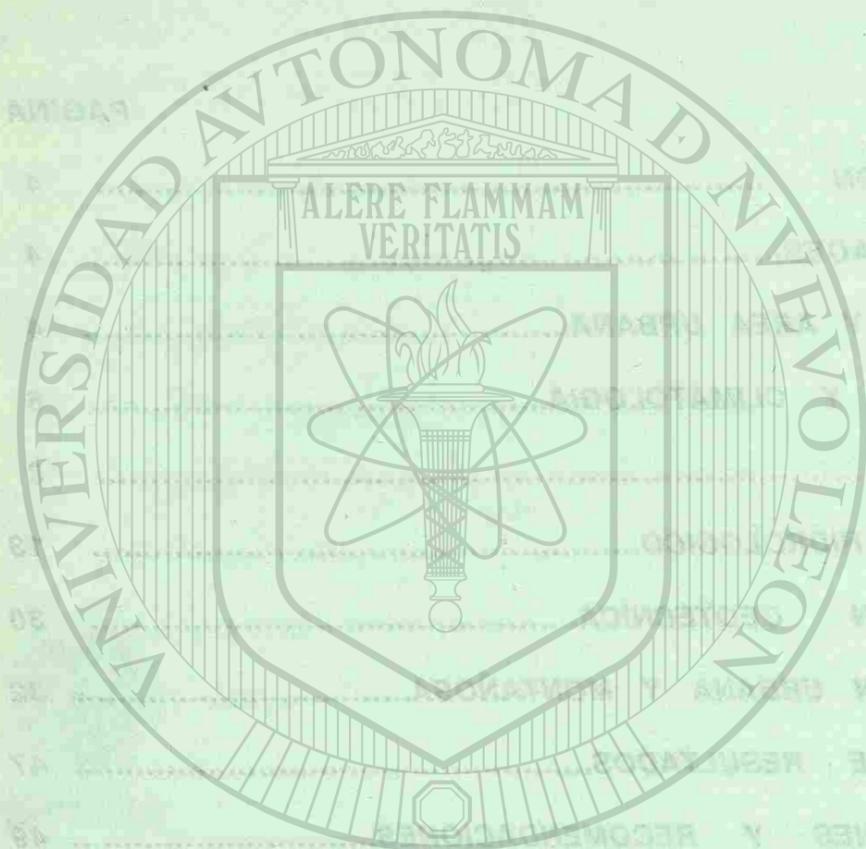
INDICE

	PAGINA
1.-INTRODUCCION	4
2.-GENERALIDADES.....	4
3.-POBLACION Y AREA URBANA.....	4
4.-HIDROLOGIA Y CLIMATOLOGIA.....	6
5.-GEOLOGIA.....	8
6.-ANALISIS HIDROLOGICO.....	13
7.-EXPLORACION GEOTECNICA.....	30
8.-ZONIFICACION URBANA Y MONTAÑOSA.....	32
9.-ANALISIS DE RESULTADOS.....	47
10.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	49
11.-AGRADECIMIENTOS.....	51
12.-REFERENCIAS.....	52
13.-ANEXO A.....	53

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

1.- INTRODUCCIÓN

La Ciudad de Monterrey, capital del estado de Nuevo León, es una de las ciudades de mayor importancia del norte de México. Su desarrollo industrial y urbano ha sido el resultado de un proceso de crecimiento que se inició en el siglo XIX y que se aceleró a partir de la década de 1920. Este crecimiento ha sido el resultado de un proceso de concentración de la población y de la industria en un área urbana que se ha ido expandiendo y modificando a lo largo del tiempo. Este proceso de crecimiento ha sido el resultado de un proceso de concentración de la población y de la industria en un área urbana que se ha ido expandiendo y modificando a lo largo del tiempo.

RESUMEN

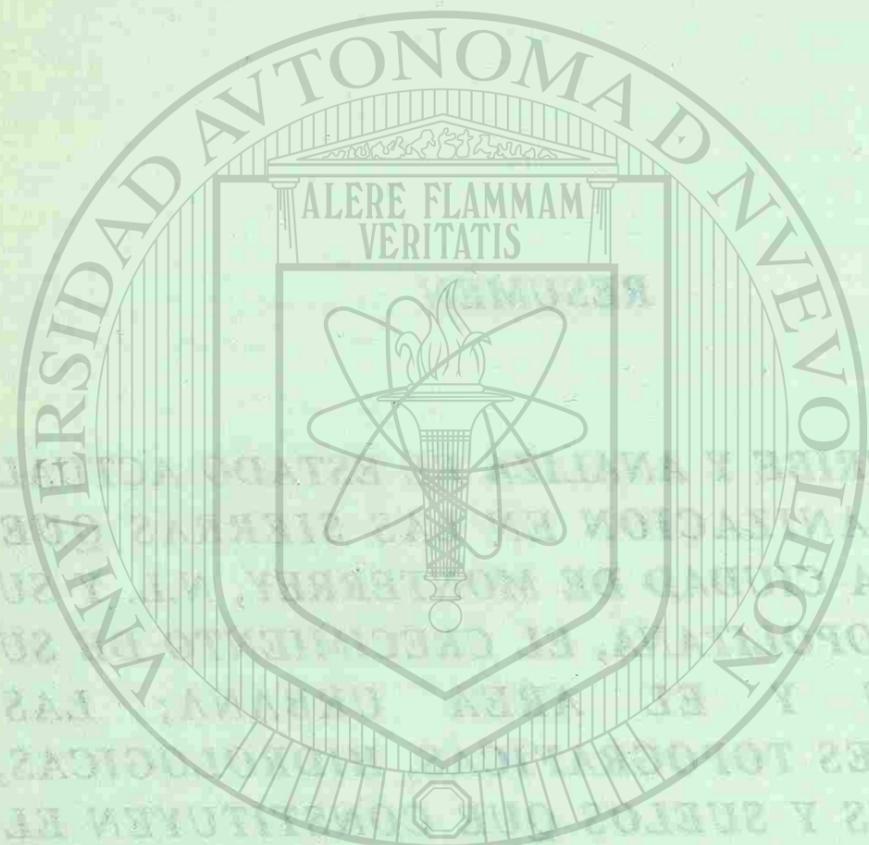
En este estudio se describe y analiza el estado actual de la urbanización en las sierras que bordean la ciudad de Monterrey, N.L. y su área metropolitana, el crecimiento de su población y el área urbana; las condiciones topográficas, hidrologicas, geológicas y suelos que constituyen el marco donde se desarrollan importantes núcleos habitacionales.

SE DESCRIBE Y ANALIZA EL ESTADO ACTUAL DE LA URBANIZACION EN LAS SIERRAS QUE BORDEAN LA CIUDAD DE MONTERREY, N.L. Y SU AREA METROPOLITANA, EL CRECIMIENTO DE SU POBLACION Y EL AREA URBANA; LAS CONDICIONES TOPOGRAFICAS, HIDROLOGICAS, GEOLOGICAS Y SUELOS QUE CONSTITUYEN EL MARCO DONDE SE DESARROLLAN IMPORTANTES NUCLEOS HABITACIONALES.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Los datos estadísticos publicados por la Secretaría de Programación y Presupuesto y el Gobierno del Estado de Nuevo León en el libro "Nuevo León en cifras 1981", se muestran en el gráfico de tendencias demográficas de la Fig. 1, donde se incluye la población de Monterrey y sus municipios.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

1.- INTRODUCCION.

La Ciudad de Monterrey, capital del estado de Nuevo León, al igual que otras ciudades de nuestro país, ha tenido que enfrentar el aumento de población como resultado de su desarrollo industrial que la ha convertido en un polo de desarrollo importante en el norte de México. A consecuencia de esto, se han abierto nuevos asentamientos urbanos para satisfacer la demanda de habitación y el emplazamiento de nuevas industrias, que ha obligado a la expansión de la mancha urbana, tanto en regiones planas del Norte y Noreste, como en regiones montañosas que se emplazan en las laderas de las Sierras que la circundan situadas al Sur y Oeste.

En este trabajo se describen las condiciones topográficas, geológicas, hidrológicas y del suelo de las sierras donde se ubican los núcleos urbanos en que se presenta una variedad de problemas geotécnicos tales como fallas de pavimentos, inundaciones, alteración de la red de drenaje natural por urbanización, fallas de cimentaciones, muros de contención y estabilidad de taludes y construcciones.

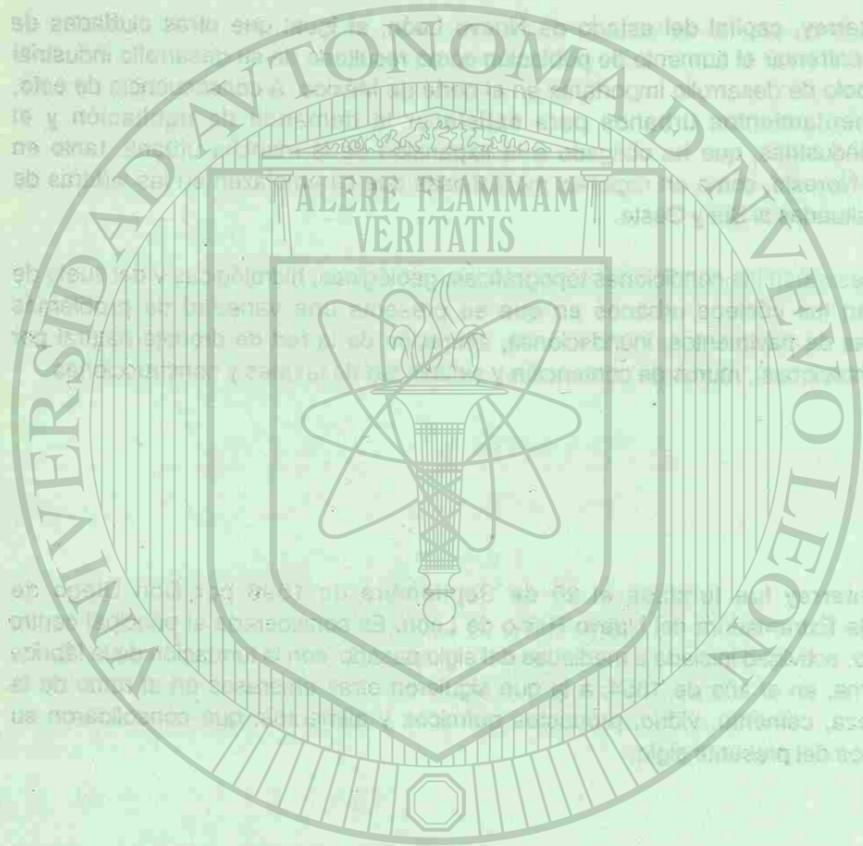
2.- GENERALIDADES.

La Ciudad de Monterrey fue fundada el 20 de Septiembre de 1596 por Don Diego de Montemayor en el Valle de la Extremadura del Nuevo Reino de León. Es considerada el principal centro industrial del Norte de México, actividad iniciada a mediados del siglo pasado con la fundación de la fábrica de productos textiles La Fama, en el año de 1854, a la que siguieron otras empresas en el ramo de la fundición de metales, cerveza, cemento, vidrio, productos químicos y alimentos, que consolidaron su actividad industrial a mediados del presente siglo.

Monterrey se sitúa al borde de la Sierra Madre Oriental en una latitud de 25°40' Norte y 100°19' de longitud Oeste, con una altura de 537 metros sobre el nivel del mar. Su área metropolitana la conforman los municipios de Apodaca, Garza García, Gral. Escobedo, Guadalupe, Monterrey, San Nicolás de los Garza y Santa Catarina, que cubren una área aproximada de 2,117 km² ocupando los valles formados por la Sierra de la Silla, que junto con la Sierra Madre Oriental forman el Cañón del Huajuco en el Sureste, la misma Sierra Madre limita la ciudad al Sur con la Loma Larga entre ellas. La parte Norte y Noreste es plana y de escasa vegetación; al Noroeste se encuentra el Cerro del Topo Chico y al Oeste la Sierra de las Mitras y el Cerro del Obispado. El valle acusa una pendiente de Oeste a Este de 600 a 525 m.s.n.m.

3.- POBLACION Y AREA URBANA.

Los datos estadísticos publicados por la Secretaría de Programación y Presupuesto y el Gobierno del Estado de Nuevo León en el libro "Nuevo León en cifras 1981", se muestran en la gráfica de crecimiento demográfico de la Fig. 1, donde se incluye la población de Monterrey y sus municipios



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

aledaños que conforman su área metropolitana.

El ritmo de crecimiento oscila entre 1.0 y 4.2 % anual para los años desde 1900 hasta 1940, correspondiendo el valor más bajo a la época post-revolucionaria. En 1933 la población era del orden de 160 mil habitantes y solo la ciudad de Monterrey cubría un área de 1826 hectáreas; sus límites eran la Ave. Francisco I. Madero al Norte; las instalaciones de Fundidora Monterrey al Oriente, entonces alejada del área urbana; hacia el poniente las partes bajas del Cerro del Obispado y al Sur el río Santa Catarina, solo rebasado por el incipiente caserío del barrio de San Luisito que se extendía en la margen derecha.

Para 1940 la población aumentó a 212 mil, el área cubierta por la Ciudad era del orden de 3450 hectáreas, ocupando la parte central plana del valle y los núcleos urbanos de los municipios eran caseríos alejados.

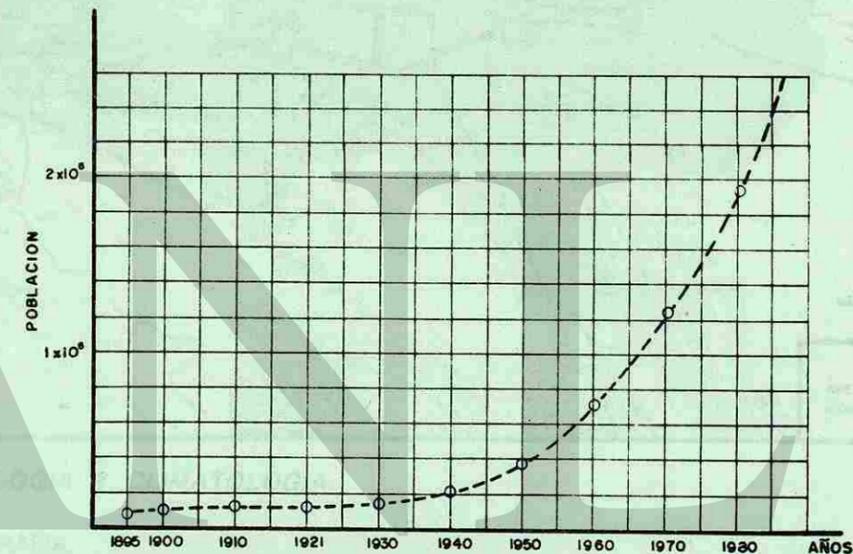
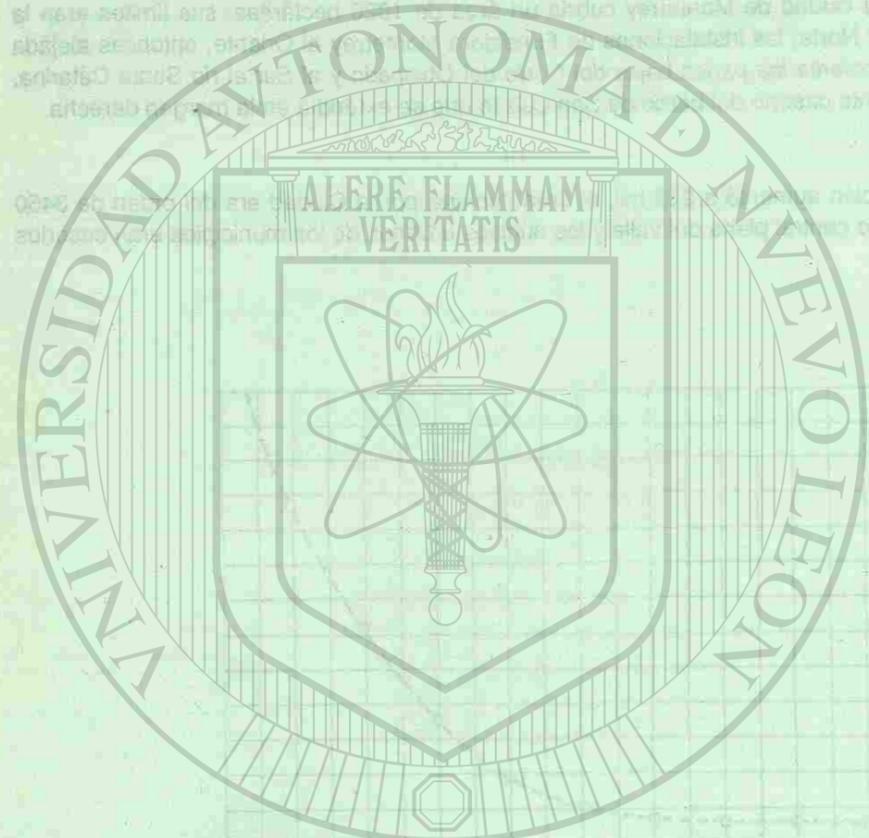
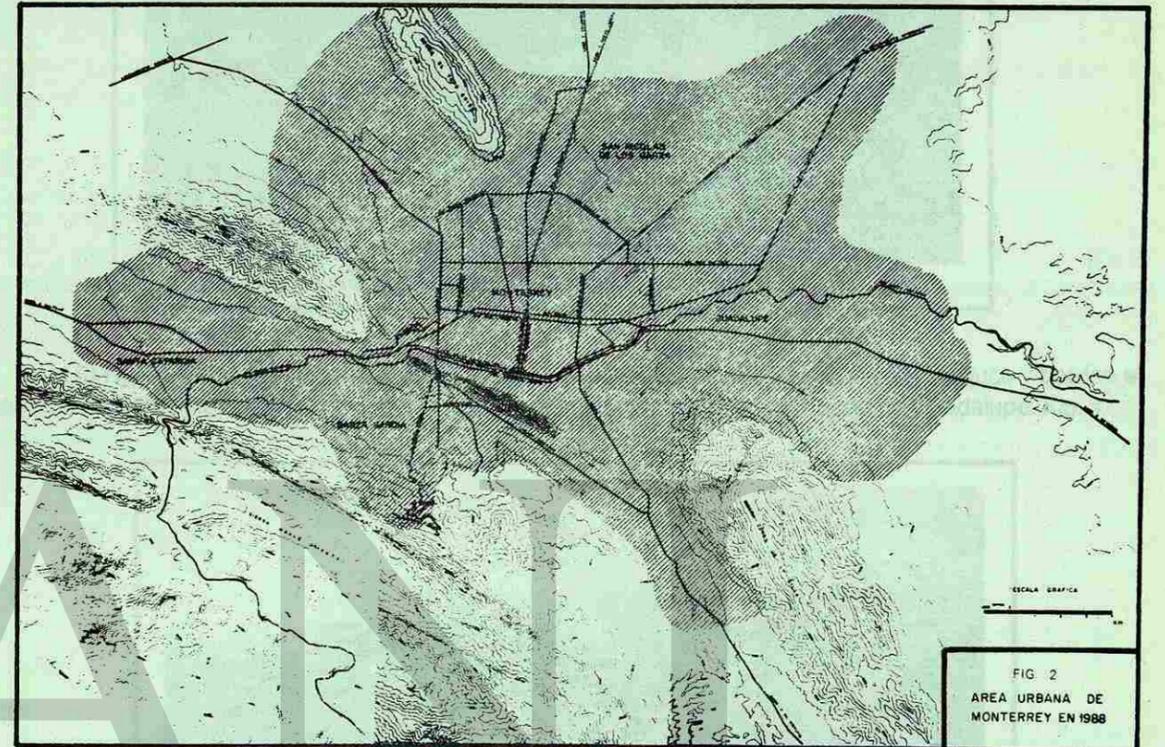


FIG. N°1 POBLACION DEL AREA METROPOLITANA DE MONTERREY
MUNICIPIOS DE: MONTERREY, APODACA, GARZA GARCIA, GRAL. ESCOBEDO, GUADALUPE,
SAN NICOLAS DE LOS GARZA Y SANTA CATARINA

Durante la década de 1940 a 1950 se inició una intensa migración procedente de otros estados que llegaba para trabajar, objetivo que satisfacían por la gran cantidad de industrias y comercios que se iniciaban. Esta llegada masiva provocó un déficit habitacional, dando lugar a la formación de barracas, empezando la invasión de terrenos. Para 1949 la ciudad tenía del orden de 380 mil habitantes y se extendía en un área de 4,580 hectáreas. La tasa de crecimiento llegó a ser del 8% anual. A partir de entonces el crecimiento se ha mantenido y la Ciudad se expandió para llegar a 1979 con una población de un millón 900 mil habitantes en un área de 27,500 hectáreas, desapareciendo los límites municipales formando un todo.



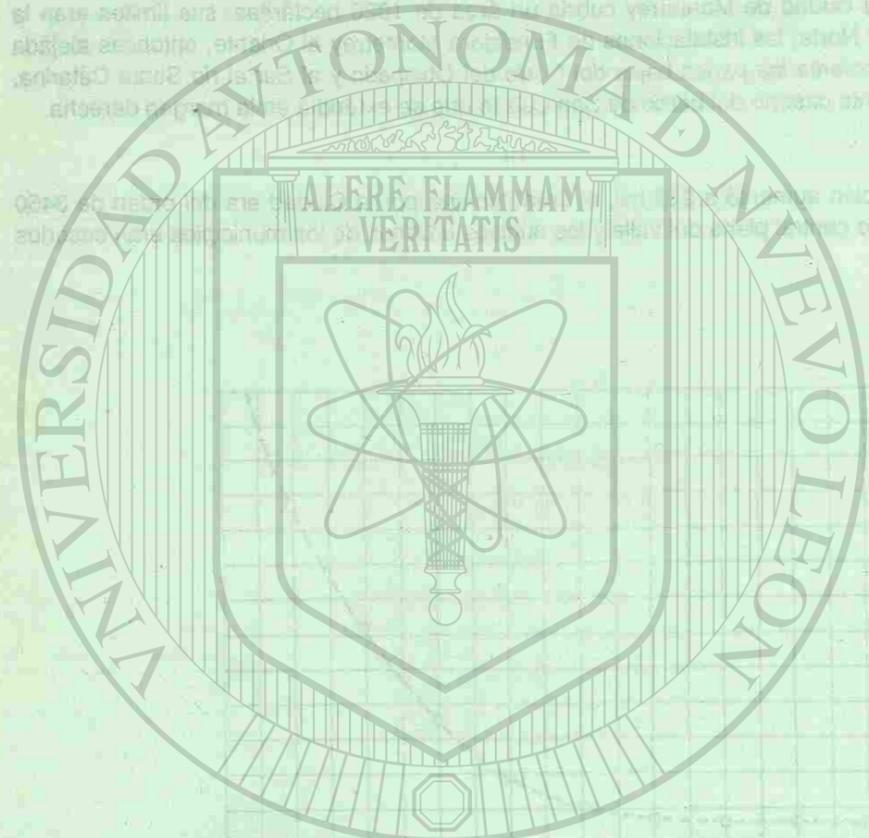
Es a partir de 1960 cuando se comienza la urbanización de manera intensa en la Loma Larga y el Cerro del Obispado, al sur y al poniente de la Ciudad, ocupando no solo sus faldas si no también sus cumbres, ejemplo que prosiguió durante los años siguientes para continuar con los cerros y sierras que bordean a la Ciudad cuya urbanización es motivo de este trabajo. La Fig. 2 muestra el área urbana en 1988.



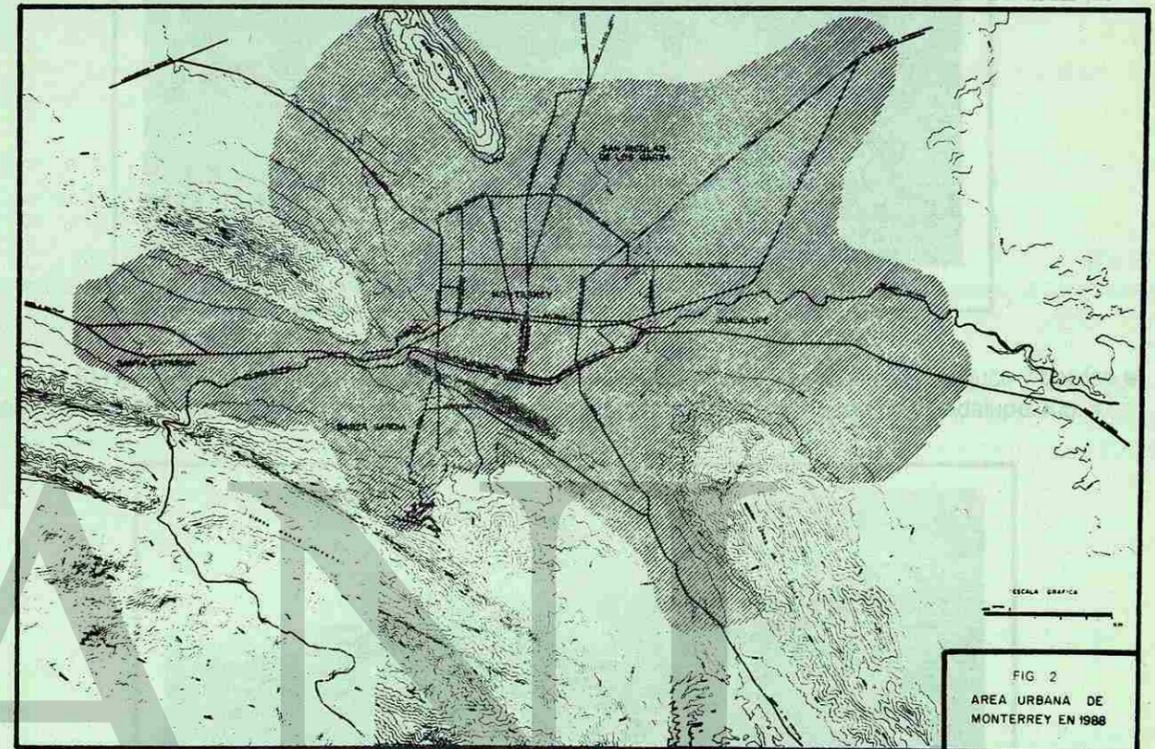
4.- HIDROLOGIA Y CLIMATOLOGIA.

4.1 HIDROGRAFIA.

Cruza la Ciudad el Río Santa Catarina, que nace en la Sierra de San José en el municipio de Santiago a 2,369 msnm, se precipita por el cañón de su nombre y pasando por la Ciudad atraviesa el municipio de Guadalupe para internarse en el de Juárez; se le une por la margen derecha el Río La Silla para desembocar en el Río San Juan. Su pendiente general es de 24 m/km y en el tramo de su paso por la Ciudad es de 8 m/km, lo cual hace que sus escurrimientos sean muy rápidos. Como ejemplo de esto se tienen las estimaciones de caudal y velocidad el 17 de septiembre de 1988, durante el Huracán "Gilberto" calculados en 4,400 m³/seg y 7.0 m/seg respectivamente. Fig. 3.



Es a partir de 1960 cuando se comienza la urbanización de manera intensa en la Loma Larga y el Cerro del Obispado, al sur y al poniente de la Ciudad, ocupando no solo sus faldas si no también sus cumbres, ejemplo que prosiguió durante los años siguientes para continuar con los cerros y sierras que bordean a la Ciudad cuya urbanización es motivo de este trabajo. La Fig. 2 muestra el área urbana en 1988.

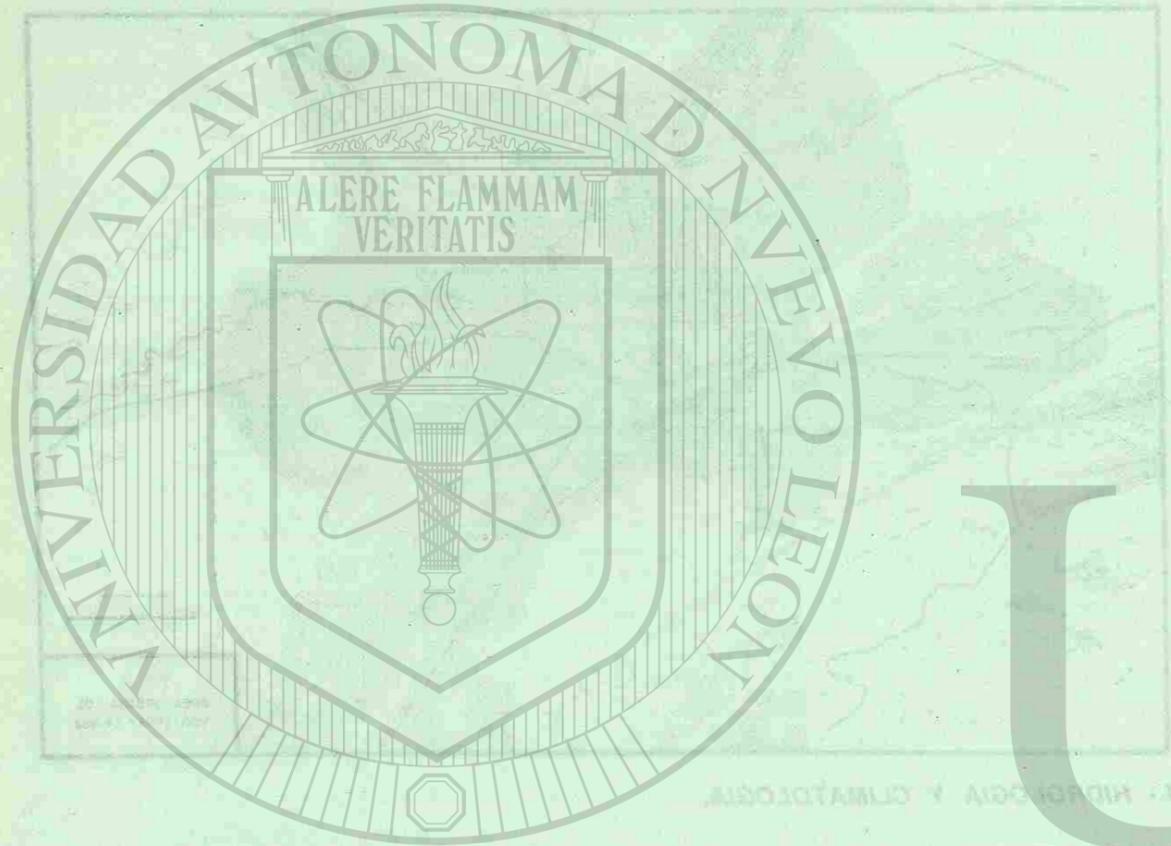


4.- HIDROLOGIA Y CLIMATOLOGIA.

4.1 HIDROGRAFIA.

Cruza la Ciudad el Río Santa Catarina, que nace en la Sierra de San José en el municipio de Santiago a 2,369 msnm, se precipita por el cañón de su nombre y pasando por la Ciudad atraviesa el municipio de Guadalupe para internarse en el de Juárez; se le une por la margen derecha el Río La Silla para desembocar en el Río San Juan. Su pendiente general es de 24 m/km y en el tramo de su paso por la Ciudad es de 8 m/km, lo cual hace que sus escurrimientos sean muy rápidos. Como ejemplo de esto se tienen las estimaciones de caudal y velocidad el 17 de septiembre de 1988, durante el Huracán "Gilberto" calculados en 4,400 m³/seg y 7.0 m/seg respectivamente. Fig. 3.

Como del Océano, al sur y al poniente de la Ciudad, también se encuentran los cerros de la Silla y el Cerro de la Silla, que forman parte de la Sierra Madre Occidental. Durante los meses de invierno y primavera, cuando las lluvias son escasas, el río se reduce a un caudal muy bajo, lo que dificulta la navegación y el uso del agua para riego y consumo humano.



El río Santa Catarina, que nace en el cañón del Huajuco y bordea el Cerro de La Silla para unirse al Río Santa Catarina después de atravesar la Ciudad de Guadalupe.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



Fig. 3 Río Santa Catarina, Sept. 1988

El Río La Silla escurre por la parte Sureste de la Ciudad, nace en el cañón del Huajuco y bordea el Cerro de La Silla para unirse al Río Santa Catarina después de atravesar la Ciudad de Guadalupe.

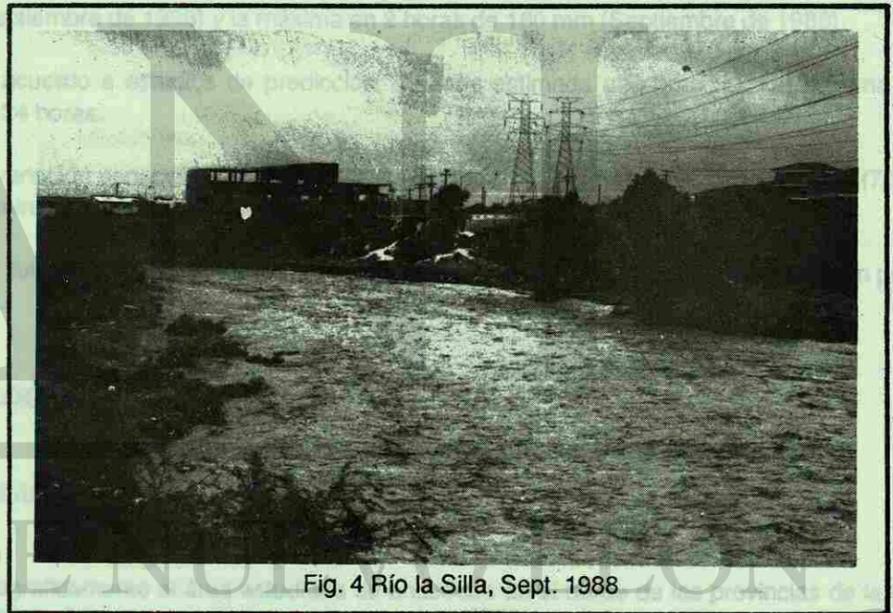
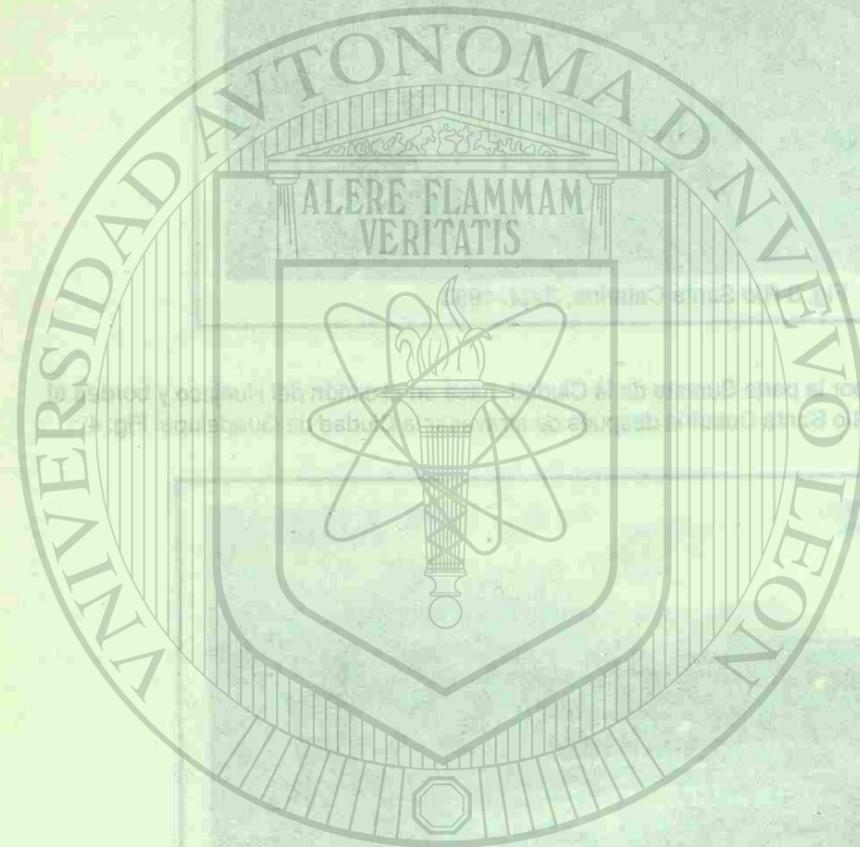


Fig. 4 Río la Silla, Sept. 1988

El Río Pesquería fluye al Norte de Monterrey, cruzando por los municipios de Escobedo, San Nicolás de los Garza y Apodaca, para continuar hacia el Noreste.

Existen además diversos arroyos, siendo los más importantes el Topo Chico al Norte, el Seco al Sur y el Obispado al Oeste, que durante lluvias extraordinarias drenan importantes caudales.



4.2 CLIMA.

El clima de Monterrey es catalogado como seco semicálido con lluvias en verano, extremo, la temperatura media anual es de 22 °C con máxima y mínima de 48 °C y -12 °C. Las temperaturas medias mensuales oscilan entre los 14 °C en Enero y 25 y 30 °C durante los meses de Mayo a Septiembre para luego disminuir hasta 15 °C en Diciembre.

Los vientos dominantes provienen del Este y el Sureste. En invierno predominan los del Norte y Noreste, que en los meses de Febrero y Marzo, son más intensos.

4.3 LLUVIAS.

La lluvia es el fenómeno meteorológico con mayor variabilidad en el área metropolitana de Monterrey, tanto temporal como espacialmente, debido a la posición geográfica que guarda la región con respecto a la fuente principal de humedad, al paso de los ciclones y a lo accidentado de la topografía.

El valor medio anual de la lluvia es de 600 mm, siendo Septiembre el mes de mayor precipitación media con 148 mm y Enero el de menor lluvia con 14.8 mm. El valor máximo de precipitación anual es de 1,303 mm (1967) y el mínimo de 218 mm (1952). La máxima mensual es de 500 mm; la máxima diaria es de 300 mm (Septiembre de 1988) y la máxima en 2 horas de 160 mm (Septiembre de 1986).

De acuerdo a estudios de predicción, se tiene estimada una precipitación máxima probable de 450 mm en 24 horas.

La variación espacial muestra que las lluvias máximas ocurren en la parte Sureste (700 mm/año) y los valores mínimos al Noroeste (400 mm/año).

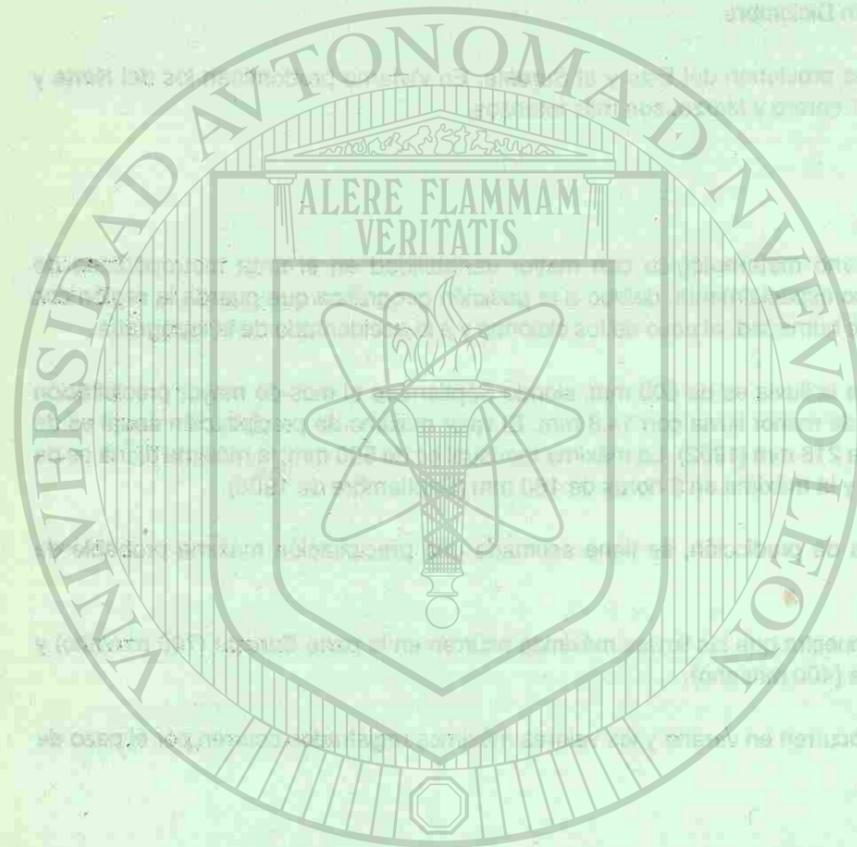
Las lluvias principales ocurren en verano y los valores máximos registrados ocurren por el paso de los ciclones.

5.- GEOLOGIA.

5.1 FISIOGRAFIA.

Fisiográficamente el área estudiada se encuentra en el borde de las provincias de la Sierra Madre Oriental (al Sur y Oeste) y de la Sierras y Cuencas de Coahuila (al Norte y Este) caracterizadas, por altas y escarpadas montañas la primera y la segunda por mas bajas pero no menos escarpadas, ambas constituidas por sedimentos marinos mesozoicos intensamente plegados por los esfuerzos tectónicos de la Revolución Laramide.

En esta región la Sierra Madre Oriental cambia su rumbo, formando una amplia curva, de una dirección SSE-NNW a un E-W casi franco.



5.2 GEOLOGIA HISTORICA.

En la región no se tienen datos de rocas anteriores al Jurásico Superior. Seguramente los mares tuvieron una amplia distribución al final del Paleozoico y principios del Mesozoico por la gran cantidad de afloramientos diseminados de edad Permo-Triásico en el Norte del País, pero la mayor parte de estas evidencias fueron borradas por la orogenia regional de fines del Triásico. Probablemente todo el Noreste de México estuvo formando partes positivas, sujetas a erosión durante el Triásico y Jurásico inferior y medio, y por ende la falta de afloramientos de estas edades.

A principio del Jurásico Superior, las aguas marinas penetraron en los sitios del Geosinclinal Mexicano y el Golfo de Sabinas, después se extendieron rápidamente al Noroeste, Norte y Noreste siendo parcialmente restringidos por los movimientos ascendentes de las masas continentales de esa época, de modo que se desarrollaron condiciones lagunares semicerradas, dando lugar a depósitos evaporíticos que se encuentran formando parte de la base en las serranías de la región (Fm Minas Viejas), seguida por una serie transgresión-regresión-transgresión que originó los depósitos de la Fm Zuloaga regida por el marco paleogeográfico de esa época (Penínsulas de Tamaulipas y Coahuila).

Durante el Jurásico Superior las aguas marinas volvieron avanzar, con una circulación restringida y un importante aporte de terrígenos dando lugar a las lutitas de la formación La Casita. El Jurásico Superior cierra con esta sedimentación transgresiva.

La sedimentación a principio del Cretácico Inferior en la zona de estudio está caracterizada por una mezcla de clásticos finos y de lodos calcáreos de la Fm Taraises, seguida de una época donde los mares fueron tranquilos y someros con la consecuente depositación de un considerable espesor de calizas y calizas dolomíticas de la Fm Cupido, la cual cesó con una considerable entrada de clásticos finos como lo indica la amplia distribución de lutitas y calizas arcillosas de la Fm La Peña.

Los mares del fin del Cretácico Inferior cubrían casi todo el Norte de México con la consiguiente depositación de la Caliza Aurora.

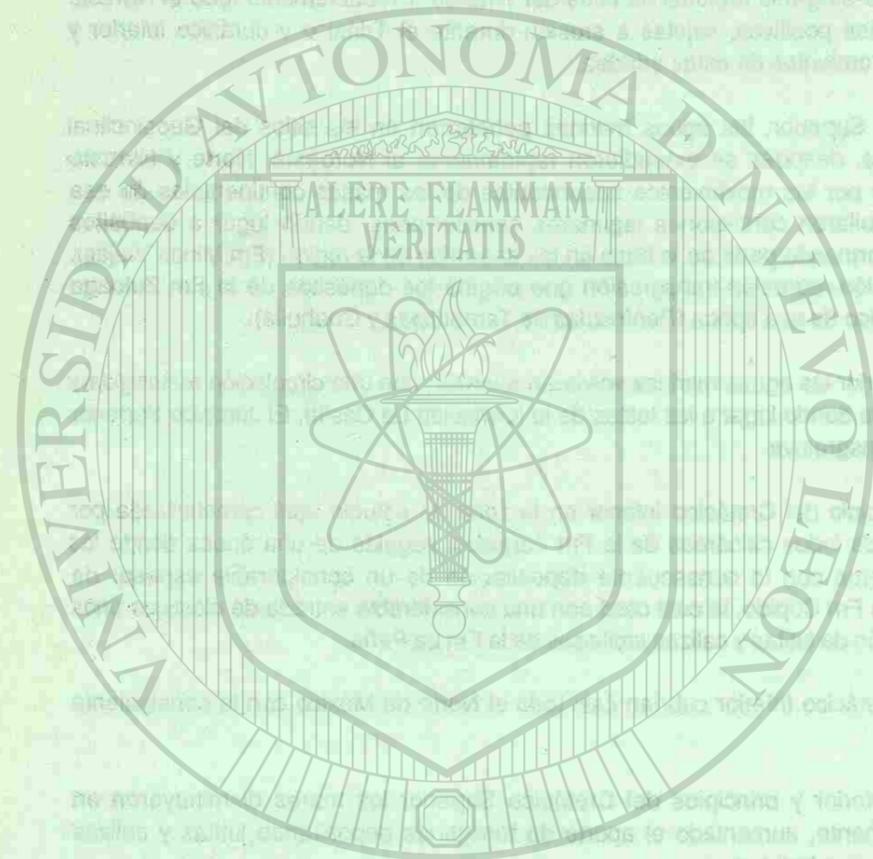
A fines del Cretácico Inferior y principios del Cretácico Superior los mares disminuyeron en profundidad y se retiraron localmente, aumentando el aporte de terrígenos depositando lutitas y calizas arcillosas de las Fm Cuesta del Cura e Indidura.

Durante el final del Cretácico Superior los mares se retiraron aún más y empezaron a ser mayores las cantidades de detritos finos que se depositaron formando las lutitas de la Fm Parras y Fm Difunta.

Durante el Paleoceno, la sedimentación marina cesó en el Norte de México y posiblemente empezaron los esfuerzos compresionales que culminaron la Revolución Laramide. Estos esfuerzos produjeron el plegamiento de todos los sedimentos depositados anteriormente, dando lugar a los anticlinales y sinclinales existentes en el área.

El Terciario Superior se caracterizó por el fallamiento normal de bloques debido a la etapa de distensión después de terminar los esfuerzos compresionales de la Revolución Orogénica anteriormente citada.

El Cuaternario ha sido de erosión de las partes positivas y acumulación en las partes negativas, dando lugar a amplios valles intermontanos rellenos con esos aluviones. Existe cierta gradación entre los



aluviones que forman estos valles, desde los abanicos aluviales al pie de las sierras hasta los materiales más finos mejor clasificados en el centro de los valles.

5.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL.

Durante la Revolución Laramide, los materiales del Mesozoico y anteriores del Noreste de México fueron diversamente deformados de acuerdo con la posición de sus áreas de depósito respecto a los elementos de Paleogeografía previamente existentes.

Así los estratos anteriores horizontales fueron plegados y fallados por las fuerzas de compresión de la misma orogenia en una faja de anticlinales y sinclinales, cuyos ejes son generalmente paralelos al actual frente topográfico de la Sierra Madre Oriental.

Particularmente en el área de Monterrey existen los anticlinales de las Mitras y Topo Chico al Norte, de la Loma Larga y los Muertos al Sur y el de la Silla al Sureste. Todos ellos son alargados y angostos presentando recumbencia los dos últimos, con fuertes deformaciones en una dirección predominante NW-SE, ya erosionados, con escarpadas pendientes donde se nota que los esfuerzos de deformación procedían del Noroeste y fueron perpendiculares a los actuales ejes de los anticlinales.

Existe dos sistemas de fallamientos importantes en el área:

- a) Sistema Transversal. En el cual las fallas tienen un rumbo aproximadamente perpendicular a los ejes de los anticlinales, producidas quizás por la acción de fuerzas diferenciales en todo el terreno, ya que en las partes medias de los mismos hay más deformación que en los extremos.
- b) Sistema Longitudinal. Las fallas son paralelas a los ejes de los anticlinales, producidas por la competencia de algunas rocas al ser sometidas a esfuerzo.

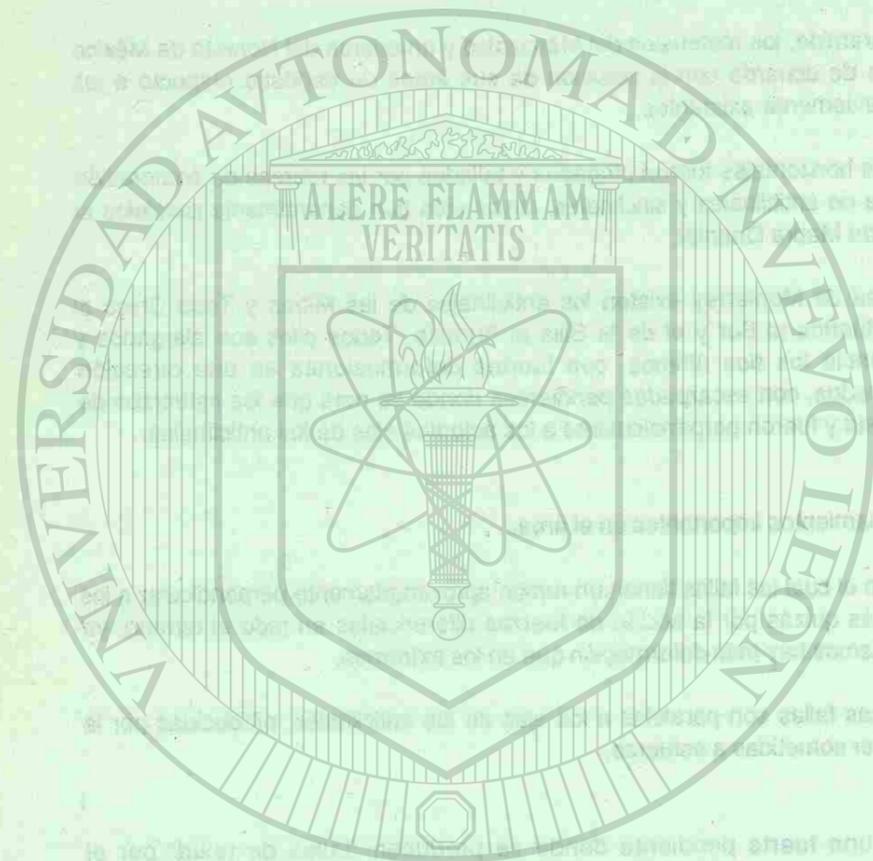
Existe en estas sierras una fuerte pendiente donde se producen "fallas de talud" por el desprendimiento de bloques que caen por la acción de la gravedad.

Debido a la composición química de las rocas dominantes (calcáreas), es común encontrar cavernas de disolución de muy diferentes tamaños, que varían desde milímetros hasta varios cientos de metros tales como las Grutas de García, localizadas al NW del área estudiada.

5.4 ESTRATIGRAFIA.

La sección estratigráfica en la Sierra de los Muertos, está constituida por rocas sedimentarias cuya edad varía desde el Jurásico Superior hasta el reciente, representadas en orden estratigráfico ascendente por las formaciones cuya descripción se da a continuación:

Fm Minas Viejas: Consistente localmente en yesos con intercalaciones delgadas de dolomita, el yeso tiene un color blanco a gris hasta rojizo en donde está contaminado con arcilla roja y arena fina. Únicamente es visible su

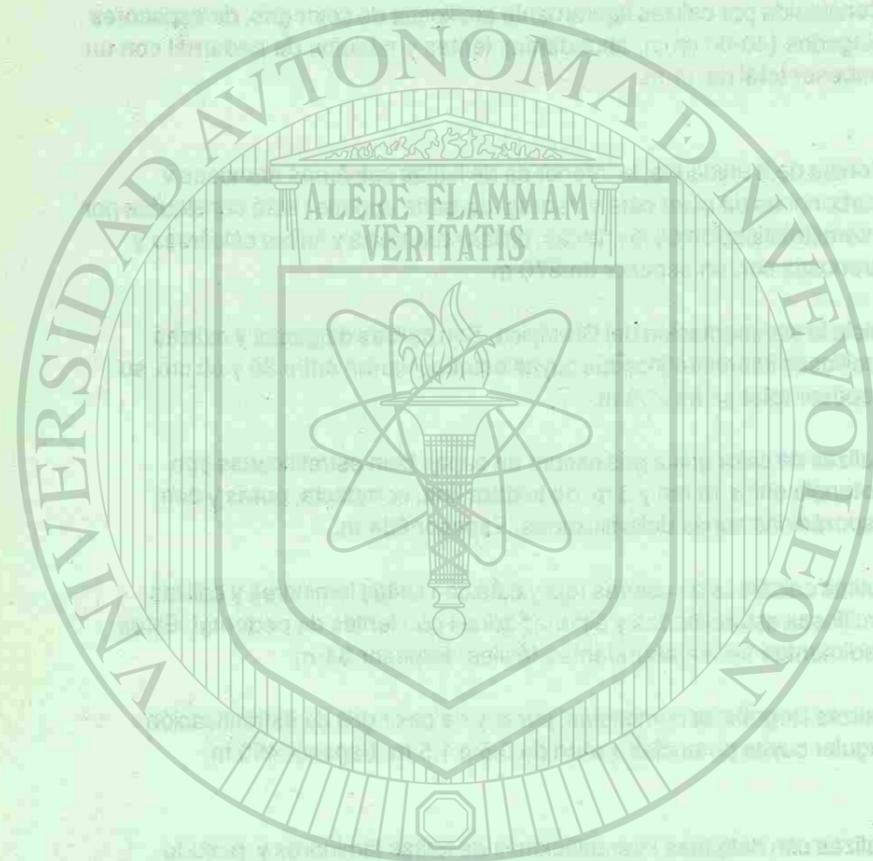


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

contacto superior con la caliza Zuloaga que es algo discordante debido a los efectos de disolución y deslizamiento, por este motivo no es posible conocer su espesor total.

- Fm Zuloaga:** Constituida por calizas ligeramente arcillosas de color gris, de espesores delgados (40-60 cms), abundantes lentes y nódulos de pedernal con un espesor total de 11 m.
- Fm La Casita:** Consta de 2 unidades, la inferior es de lutitas calcáreas arenosas y carbonosas de color café y negras. La parte superior está constituida por interestratificación de areniscas, calizas arenosas y lutitas calcáreas y arenosas con un espesor de 870 m.
- Fm Taraises:** Inicia la sedimentación del Cretácico. Son calizas delgadas y calizas arcillosas interestratificadas cuyas estratos varían entre 30 y 60 cm, su espesor total es de 230 m.
- Fm Cupido:** Calizas de color gris a gris oscuro en capas bien estratificadas, con potencia entre 10 cm y 3 m, de textura fina, compacta, puras y con esporádicas zonas dolomitizadas. Espesor 684 m.
- Fm La Peña:** Lutitas calcáreas de colores rojo y café con lutitas laminares y calizas arcillosas estratificadas y algunas zonas con lentes de pedernal. Estos sedimentos tienen abundantes fósiles. Espesor 34 m.
- Fm Aurora:** Calizas litográficas compactas, puras y de color gris de estratificación regular cuyas potencias varían de 0.5 a 1.5 m. Espesor 450 m.
- Fm Cuesta del Cura:** Calizas con delgadas intercalaciones de lutitas laminares y pseudo estratos de pedernal negro. Las calizas tienen un color gris oscuro, compactas de textura finamente cristalina cuyos estratos varían de 10 a 20 cm. Espesor 140 m.
- Fm Indidura:** Lutitas con zonas interestratificadas de calizas y alternaciones de calizas arcilloarenosas y lutitas. Espesor aproximado 550 m.
- Fm Parras:** Lutita parda frágil y físil que intemperiza en crema, que contiene laminaciones de caliza parda de 5 a 10 cm de espesor. Espesor 1,370 m.
- Aluvi6n:** Est6 constituido por gravas, arenas, limos y arcillas no consolidadas que cubren el valle intermontano.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

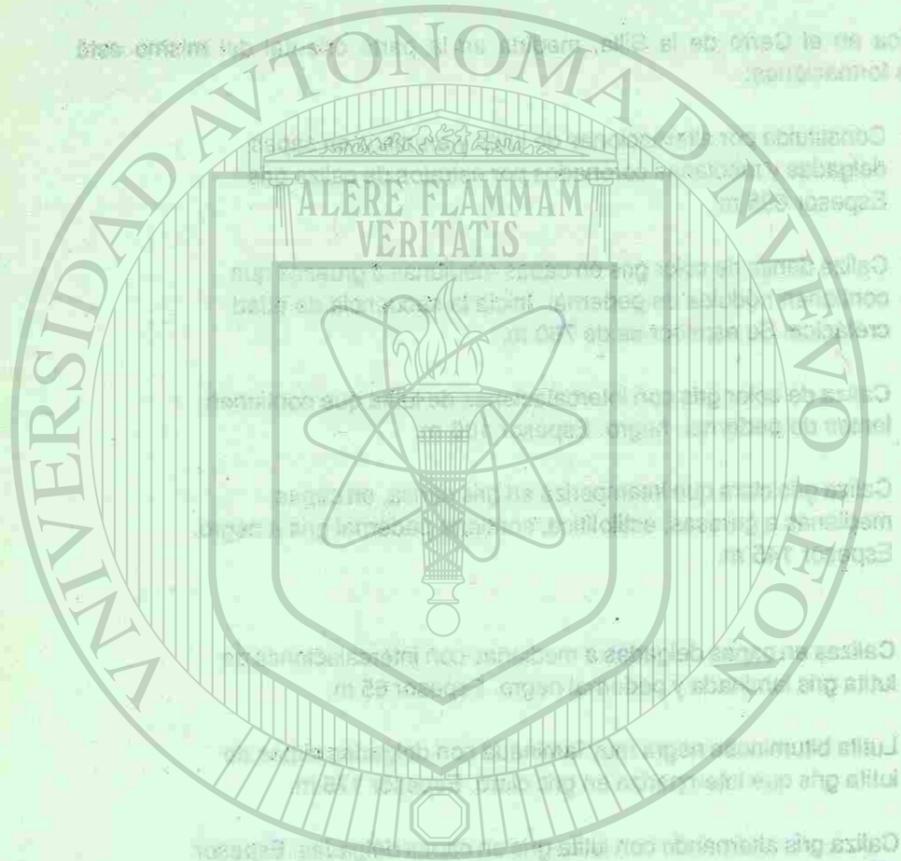
Al acercarse a las sierras se notan claramente los abanicos aluviales formados por la disminución repentina del poder de transporte de una corriente al cambiar abruptamente de pendiente y depositar ahí mismo su carga que está formada por detritos mal clasificados y mal redondeados.

La sección estratigráfica en el Cerro de la Silla, medida en la parte oriental del mismo está representada por las siguientes formaciones:

- Grupo la Casita:** Constituida por alternaciones de lutita y arenisca en capas delgadas y medianas coronados por estratos de caliza gris. Espesor 695 m.
- Serie Coahuila:** Caliza densa de color gris en capas medianas a gruesas que contienen nódulos de pedernal. Inicia la secuencia de edad cretácica. Su espesor es de 760 m.
- Fm La Peña:** Caliza de color gris con intercalaciones de lutita que contienen lentes de pedernal negro. Espesor 100 m.
- Caliza Aurora:** Caliza gris clara que intertemperiza en gris densa, en capas medianas a gruesas, estilolítica, contiene pedernal gris a negro. Espesor 145 m.
- Fm Cuesta del Cura:** Calizas en capas delgadas a medianas con intercalaciones de lutita gris laminada y pedernal negro. Espesor 65 m.
- Fm Agua Nueva:** Lutita bituminosa negra muy laminada con delgadas capas de lutita gris que intertemperiza en gris claro. Espesor 175 m.
- Fm San Felipe:** Caliza gris alternando con lutita gris en capas delgadas. Espesor 95 m.
- Fm Méndez:** Lutita verde a gris verdoso, margosa, que contiene capas intercaladas de caliza gris. Espesor 150 m.

En el mapa geológico del anexo A, se muestran los principales rasgos.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

6. ANALISIS HIDROLOGICO.

Los datos hidrométricos que se recopilaron son lluvias máximas en 24 horas de las Estaciones Monterrey, Topo Chico, Santa Catarina y Las Comitas, de los Municipios Monterrey, San Nicolás de los Garza y Santa Catarina (las dos últimas) respectivamente.

Estos datos fueron medidos en Pluviómetros y las precipitaciones están en milímetros.

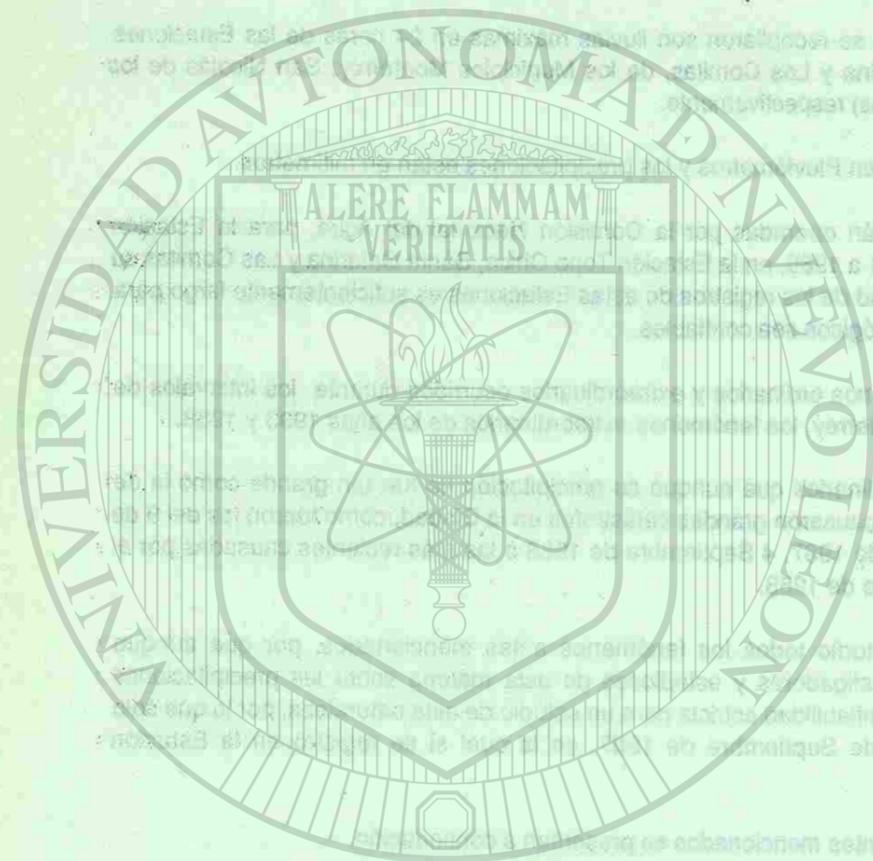
Todas estas Estaciones están operadas por la Comisión Nacional del Agua, para la Estación Monterrey los registros datan de 1921 a 1980, en la Estación Topo Chico, Santa Catarina y Las Comitas su registro es de 1940 a 1980. La longitud de los registros de estas Estaciones es suficientemente largo para que sus análisis estadísticos e Hidrológicos sea confiables.

Los registros son de fenómenos ordinarios y extraordinarios ocurridos durante los intervalos de su período, como en el caso de Monterrey, los fenómenos extraordinarios de los años 1933 y 1938.

Algunos fenómenos extraordinarios que aunque su precipitación no fue tan grande como la de los años 1933 y 1938 en Monterrey, causaron grandes catástrofes en la Ciudad, como fueron las del 9 de Agosto de 1909, 11 de Septiembre de 1967, 4 Septiembre de 1986 o las más recientes causadas por el Huracán Gilberto el 15 de Septiembre de 1988.

No se incluyen en este Estudio todos los fenómenos antes mencionados, por que aunque existen referencias de algunos investigadores y estudiosos de esta materia sobre las precipitaciones ocurridas en estos, no son de una confiabilidad estricta para un estudio de esta naturaleza, por lo que solo se incluye la precipitación del 11 de Septiembre de 1967, en la cual si se registro en la Estación Monterrey.

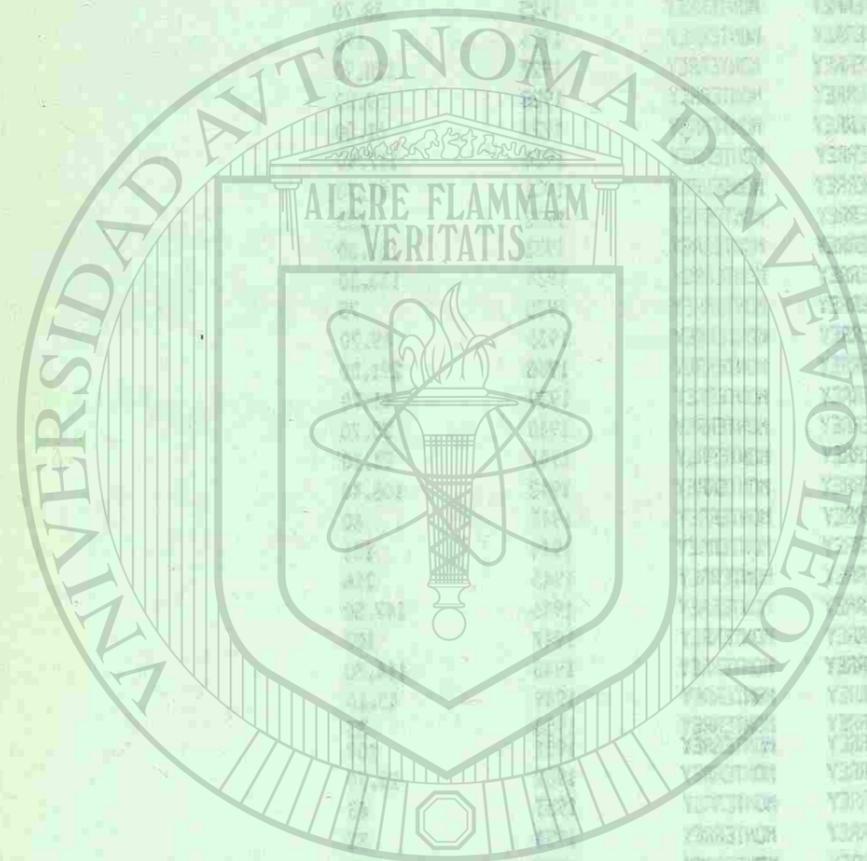
Las Tablas de los registros antes mencionados se presentan a continuación.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

ESTADO	R. HIDROLOGICA	ESTACION	MUNICIPIO	AÑO	LLUVIA EN MM
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1921	91.20
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1922	90
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1923	187
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1924	200
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1925	38.70
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1926	176
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1927	128.90
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1928	59.80
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1929	61.80
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1930	117.90
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1931	41.70
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1932	155
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1933	159.50
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1934	133.30
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1935	75
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1936	69.70
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1938	291.50
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1939	41.70
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1940	70.70
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1941	93.10
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1942	106.40
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1943	60
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1944	151
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1945	216
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1946	147.50
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1947	107
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1948	114.30
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1949	45.10
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1950	33
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1951	109
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1952	29.70
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1953	45
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1954	33
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1955	90
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1956	33
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1957	27
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1958	102.70
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1959	41.20
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1960	53.80
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1961	48
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1962	147.50
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1963	108.70
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1964	140
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1965	49
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1966	105
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1967	143
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1968	73
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1969	64
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1970	71
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1971	82
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1972	72
NUEVO LEON	24	MONTERREY	MONTERREY	1973	140



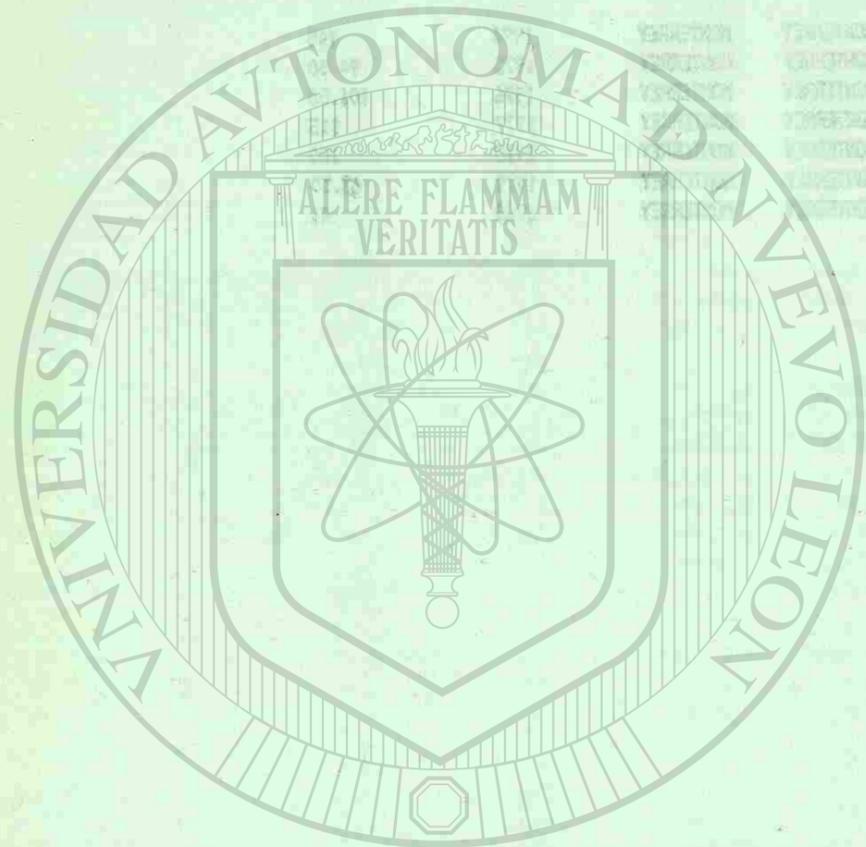
U A N L

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



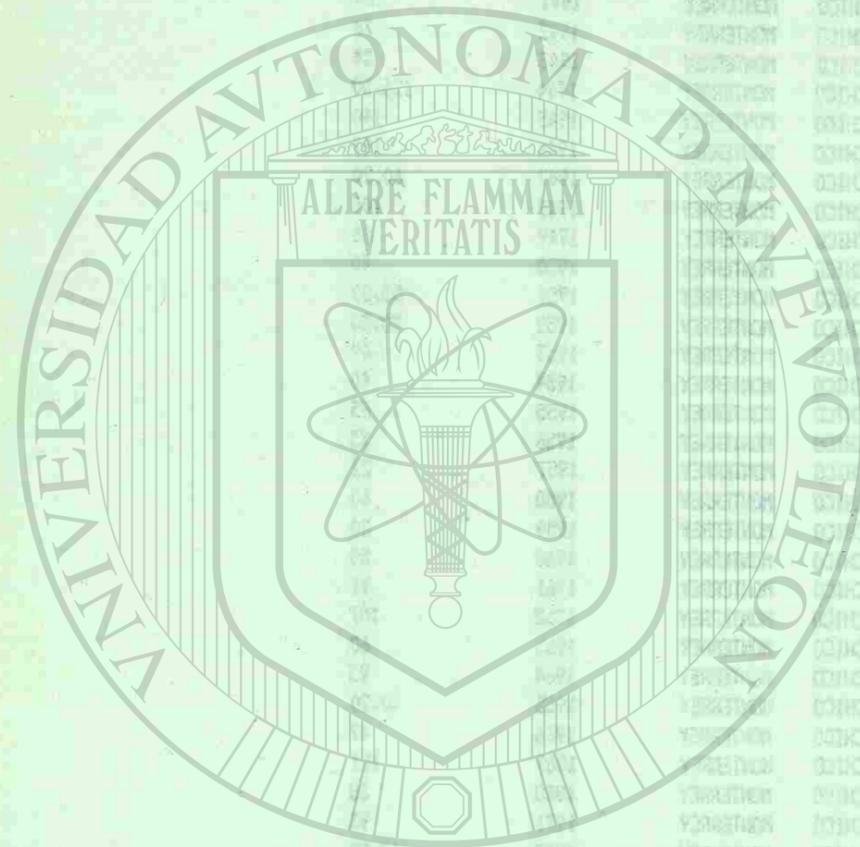
NUEVO LEÓN	24	MONTERREY	MONTERREY	1974	148
NUEVO LEÓN	24	MONTERREY	MONTERREY	1975	94.50
NUEVO LEÓN	24	MONTERREY	MONTERREY	1976	101.50
NUEVO LEÓN	24	MONTERREY	MONTERREY	1977	118
NUEVO LEÓN	24	MONTERREY	MONTERREY	1978	180
NUEVO LEÓN	24	MONTERREY	MONTERREY	1979	63.50
NUEVO LEÓN	24	MONTERREY	MONTERREY	1980	41



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

ESTADO	R. HIDROLOGICA	ESTACION	MUNICIPIO	AÑO	LLUVIA EN MM
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1940	60
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1941	64
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1942	78
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1943	34
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1944	126.50
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1945	140
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1946	187
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1947	60.20
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1948	108
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1949	66
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1950	40
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1951	53.80
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1952	20.50
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1953	49
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1954	40
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1955	65
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1956	33
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1957	22
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1958	60
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1959	20
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1960	50
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1961	91
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1962	107
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1963	60
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1964	95
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1965	40.20
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1966	47
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1967	121
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1968	38
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1971	93
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1972	67.50
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1973	134
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1974	120
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1975	210.10
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1976	54
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1977	124
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1978	110
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1979	48
NUEVO LEÓN	24	TOPO CHICO	MONTERREY	1980	43



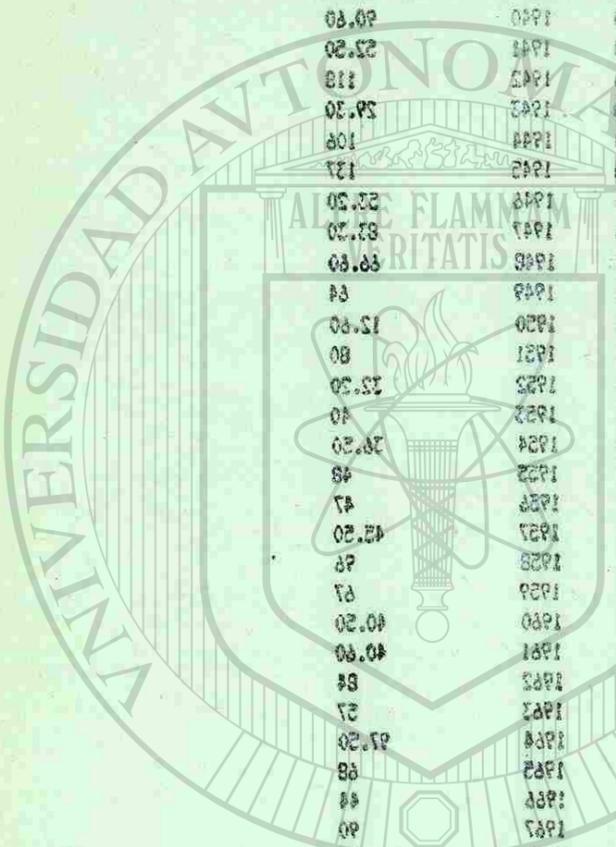
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

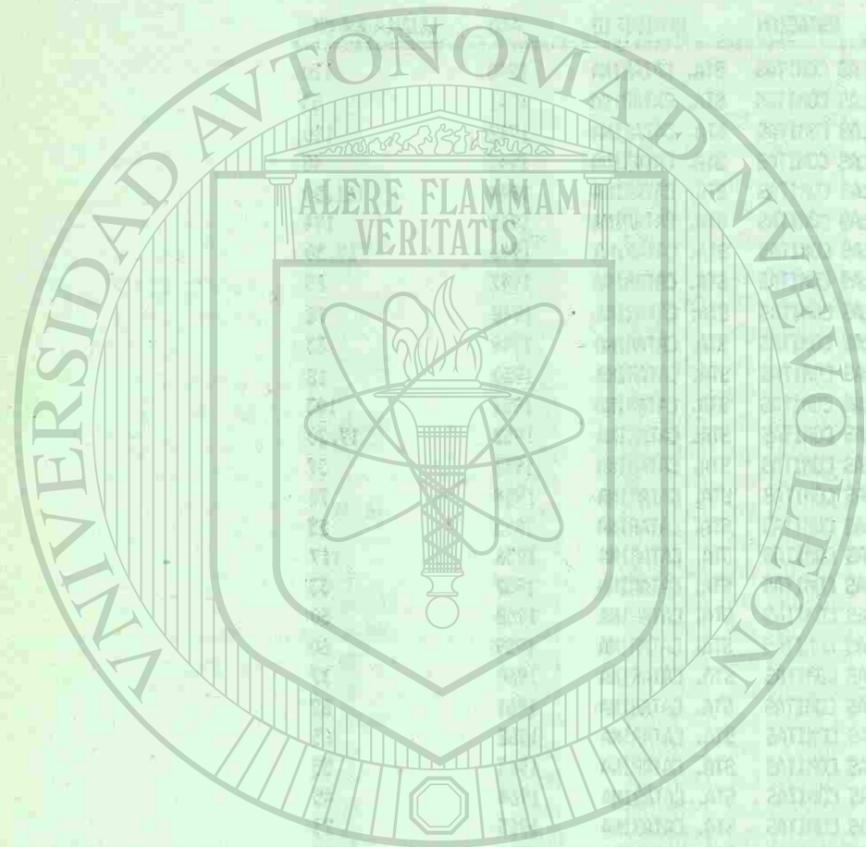
ESTADO	R. HIDROLOGICA	ESTACION	MUNICIPIO	AÑO	LLUVIA EN MM
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1940	90.60
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1941	52.50
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1942	118
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1943	29.30
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1944	106
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1945	137
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1946	53.20
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1947	83.30
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1948	66.60
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1949	64
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1950	12.60
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1951	60
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1952	32.20
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1953	40
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1954	36.50
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1955	48
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1956	47
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1957	45.50
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1958	96
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1959	67
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1960	40.50
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1961	40.60
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1962	84
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1963	57
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1964	97.50
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1965	68
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1966	44
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1967	90
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1968	65
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1969	47
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1970	60.80
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1971	69.50
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1972	42.50
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1973	87
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1974	151.50
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1975	62.10
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1976	68.20
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1977	80.10
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1978	93.50
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1979	59
NUEVO LEÓN	24	STA. CATARINA	STA. CATARINA	1980	99.50

ESTACION	R. HIDROLOGICA	MUNICIPIO	AÑO	LLUVIA EN MM
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1940	120
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1941	53
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1942	100
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1943	48
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1944	161.50
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1945	194
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1946	62.50
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1947	85
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1948	78
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1949	33
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1950	18
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1951	103
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1952	17.20
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1953	57
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1954	78
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1955	55
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1956	117
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1957	33
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1958	50
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1959	60
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1960	37
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1961	62
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1962	65
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1963	55
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1964	45
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1965	23
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1966	25
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1967	62
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1968	42
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1969	111
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1970	35
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1971	40
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1972	42
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1973	95
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1974	52
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1975	35
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1976	43
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1977	126
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1978	31
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1979	49
ESTACION 24	24	STA. CATARINA	1980	57.40

ESTADO	R. HIDROLOGICA	ESTACION	MUNICIPIO	AÑO	LLUVIA EN MM
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1940	120
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1941	53
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1942	100
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1943	48
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1944	161.50
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1945	194
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1946	62.50
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1947	85
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1948	78
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1949	33
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1950	18
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1951	103
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1952	17.20
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1953	57
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1954	78
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1955	55
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1956	117
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1957	33
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1958	50
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1959	60
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1960	37
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1961	62
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1962	65
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1963	55
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1964	45
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1965	23
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1966	25
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1967	62
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1968	42
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1969	111
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1970	35
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1971	40
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1972	42
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1973	95
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1974	52
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1975	35
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1976	43
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1977	126
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1978	31
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1979	49
NUEVO LEON	24	LAS COMITAS	STA. CATARINA	1980	57.40



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCION GENERAL DE BLOQUES



La lluvia se define mediante tres variables: magnitud o lámina, duración y frecuencia. La magnitud de lluvia es la precipitación total ocurrida (en milímetros) en la duración de la tormenta; la frecuencia se expresa por el período de retorno de la lluvia o su intervalo de recurrencia, es el tiempo promedio en años en el cual el evento puede ser igualado o excedido por lo menos una vez el promedio.

Las curvas precipitación- duración-período de retorno, forman una gráfica en las que se concentran las características de la tormenta de la zona o región, con respecto a las variables mencionadas.

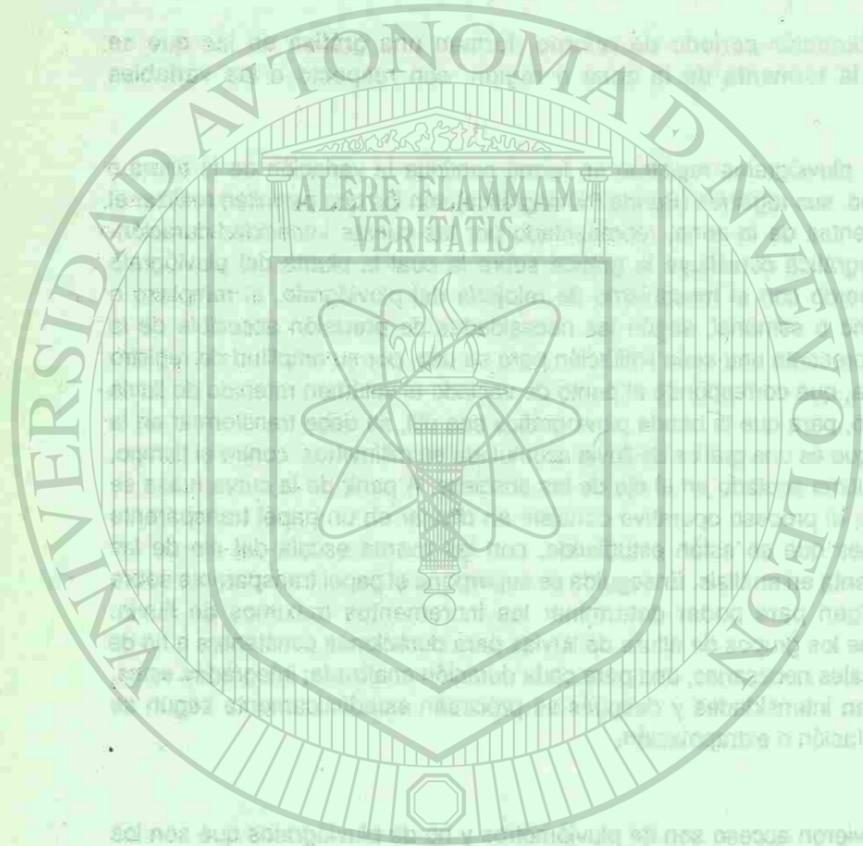
Tomando en cuenta que los pluviógrafos registran en forma continua la variación de la altura o lámina de lluvia con respecto al tiempo, sus registros (Banda Pluviográfica) son los que permiten realizar el análisis más completos de las tormentas de la zona, representado por las curvas intensidad-duración-período de retorno. La banda pluviográfica constituye la gráfica sobre la cual la pluma del pluviógrafo registra la lluvia acumulada. De acuerdo con el mecanismo de relojería del pluviógrafo, el remplazo o cambio de la banda deberá ser diario o semanal, según las necesidades de precisión accesible de la Estación Pluviográfica. Dicha banda presenta una seria limitación para su uso, por su amplitud de registro que es de 10 mm de lluvia acumulada, que corresponde al punto de vaciado al volumen retenido de lluvia para una tormenta real. Debido a esto, para que la banda pluviográfica sea útil, se debe transformar en la llamada Curva-masa de la tormenta, que es una gráfica de lluvia acumulada en milímetros contra el tiempo, desde el inicio de la tormenta, este último acotado en el eje de las abscisas. A partir de la curva masa se pueden obtener las curvas HP-D-TR; el proceso operativo consiste en dibujar en un papel transparente divisiones verticales de las duraciones que se están estudiando, con la misma escala del eje de las abscisas de la curva masa de la tormenta en análisis. Enseguida se superpone el papel transparente sobre la curva masa, desplazando el origen para poder determinar los incrementos máximos de lluvia. Terminando el proceso, se dispone de los grupos de altura de lluvias para duraciones constantes a fin de integrar las series de excedentes anuales necesarias, una para cada duración analizada; integradas estas, las alturas de lluvias se convierten en intensidades y después se procesan estadísticamente según se requieran, con los criterios de interpolación o extrapolación.

Los registros a los que se tuvieron acceso son de pluviómetros y no de pluviógrafos que son los que se necesitan para realizar las curvas HP-D-TR en forma tradicional como se comentó en el párrafo anterior.

Campos, recientemente ha realizado investigaciones en las que a partir de 36 pluviógrafos en toda la República Mexicana, encontró una relación necesaria para aplicar el método de Bell. Además aplica otro criterio para períodos de retorno mayores de 10 años que es el de Chen.

Este es el Método que se aplica en este Estudio, es decir para períodos de retorno de 2, 5 y 10 años, se usa el criterio de Bell. Para períodos de retorno de 20, 50, 100 y 200 años el de Chen.

El primer paso es que con el método general de valores extremos tipo I, se obtienen de la muestra la precipitación con duración de 1440 minutos y dos años de período de retorno.

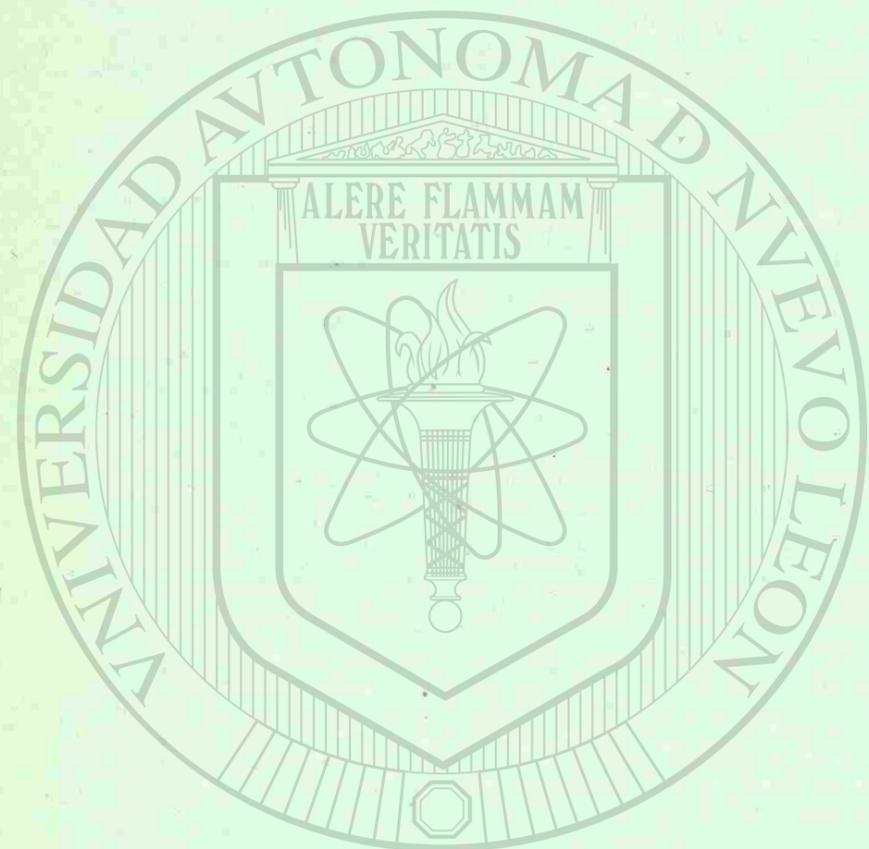


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Toda la secuela de cálculo se presenta en las hojas subsecuentes, hasta llegar finalmente a las curvas HP-D-TR de la zona para el área de estudio.

ESTACIÓN	ALTIMETRIA	ALTIMETRIA	ALTIMETRIA
101	101	101	101
102	102	102	102
103	103	103	103
104	104	104	104
105	105	105	105
106	106	106	106
107	107	107	107
108	108	108	108
109	109	109	109
110	110	110	110
111	111	111	111
112	112	112	112
113	113	113	113
114	114	114	114
115	115	115	115
116	116	116	116
117	117	117	117
118	118	118	118
119	119	119	119
120	120	120	120
121	121	121	121
122	122	122	122
123	123	123	123
124	124	124	124
125	125	125	125
126	126	126	126
127	127	127	127
128	128	128	128
129	129	129	129
130	130	130	130
131	131	131	131
132	132	132	132
133	133	133	133
134	134	134	134
135	135	135	135
136	136	136	136
137	137	137	137
138	138	138	138
139	139	139	139
140	140	140	140
141	141	141	141
142	142	142	142
143	143	143	143
144	144	144	144
145	145	145	145
146	146	146	146
147	147	147	147
148	148	148	148
149	149	149	149
150	150	150	150
151	151	151	151
152	152	152	152
153	153	153	153
154	154	154	154
155	155	155	155
156	156	156	156
157	157	157	157
158	158	158	158
159	159	159	159
160	160	160	160
161	161	161	161
162	162	162	162
163	163	163	163
164	164	164	164
165	165	165	165
166	166	166	166
167	167	167	167
168	168	168	168
169	169	169	169
170	170	170	170
171	171	171	171
172	172	172	172
173	173	173	173
174	174	174	174
175	175	175	175
176	176	176	176
177	177	177	177
178	178	178	178
179	179	179	179
180	180	180	180
181	181	181	181
182	182	182	182
183	183	183	183
184	184	184	184
185	185	185	185
186	186	186	186
187	187	187	187
188	188	188	188
189	189	189	189
190	190	190	190
191	191	191	191
192	192	192	192
193	193	193	193
194	194	194	194
195	195	195	195
196	196	196	196
197	197	197	197
198	198	198	198
199	199	199	199
200	200	200	200

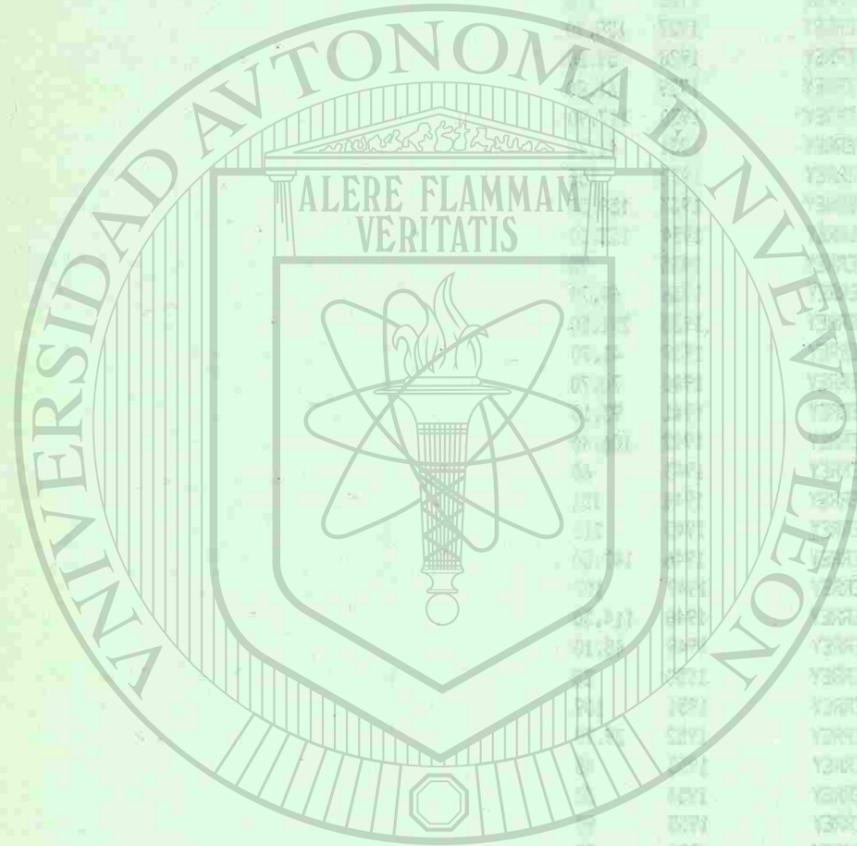


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Precipitaciones en mm.

Municipio	Estación	Año	Precipitación
MONTERREY	MONTERREY	1921	91.20
MONTERREY	MONTERREY	1922	90
MONTERREY	MONTERREY	1923	187
MONTERREY	MONTERREY	1924	200
MONTERREY	MONTERREY	1925	38.70
MONTERREY	MONTERREY	1926	176
MONTERREY	MONTERREY	1927	128.90
MONTERREY	MONTERREY	1928	59.80
MONTERREY	MONTERREY	1929	61.80
MONTERREY	MONTERREY	1930	117.90
MONTERREY	MONTERREY	1931	41.70
MONTERREY	MONTERREY	1932	155
MONTERREY	MONTERREY	1933	159.50
MONTERREY	MONTERREY	1934	133.30
MONTERREY	MONTERREY	1935	75
MONTERREY	MONTERREY	1936	69.70
MONTERREY	MONTERREY	1938	291.50
MONTERREY	MONTERREY	1939	41.70
MONTERREY	MONTERREY	1940	70.70
MONTERREY	MONTERREY	1941	93.10
MONTERREY	MONTERREY	1942	106.40
MONTERREY	MONTERREY	1943	60
MONTERREY	MONTERREY	1944	151
MONTERREY	MONTERREY	1945	216
MONTERREY	MONTERREY	1946	147.50
MONTERREY	MONTERREY	1947	107
MONTERREY	MONTERREY	1948	114.30
MONTERREY	MONTERREY	1949	45.10
MONTERREY	MONTERREY	1950	33
MONTERREY	MONTERREY	1951	109
MONTERREY	MONTERREY	1952	29.70
MONTERREY	MONTERREY	1953	45
MONTERREY	MONTERREY	1954	33
MONTERREY	MONTERREY	1955	90
MONTERREY	MONTERREY	1956	33
MONTERREY	MONTERREY	1957	27
MONTERREY	MONTERREY	1958	102.70
MONTERREY	MONTERREY	1959	41.20
MONTERREY	MONTERREY	1960	53.80
MONTERREY	MONTERREY	1961	48
MONTERREY	MONTERREY	1962	147.50
MONTERREY	MONTERREY	1963	108.70
MONTERREY	MONTERREY	1964	140
MONTERREY	MONTERREY	1965	49
MONTERREY	MONTERREY	1966	105
MONTERREY	MONTERREY	1967	143
MONTERREY	MONTERREY	1968	73
MONTERREY	MONTERREY	1969	64
MONTERREY	MONTERREY	1970	71
MONTERREY	MONTERREY	1971	82
MONTERREY	MONTERREY	1972	72
MONTERREY	MONTERREY	1973	140
MONTERREY	MONTERREY	1974	148
MONTERREY	MONTERREY	1975	94.50



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

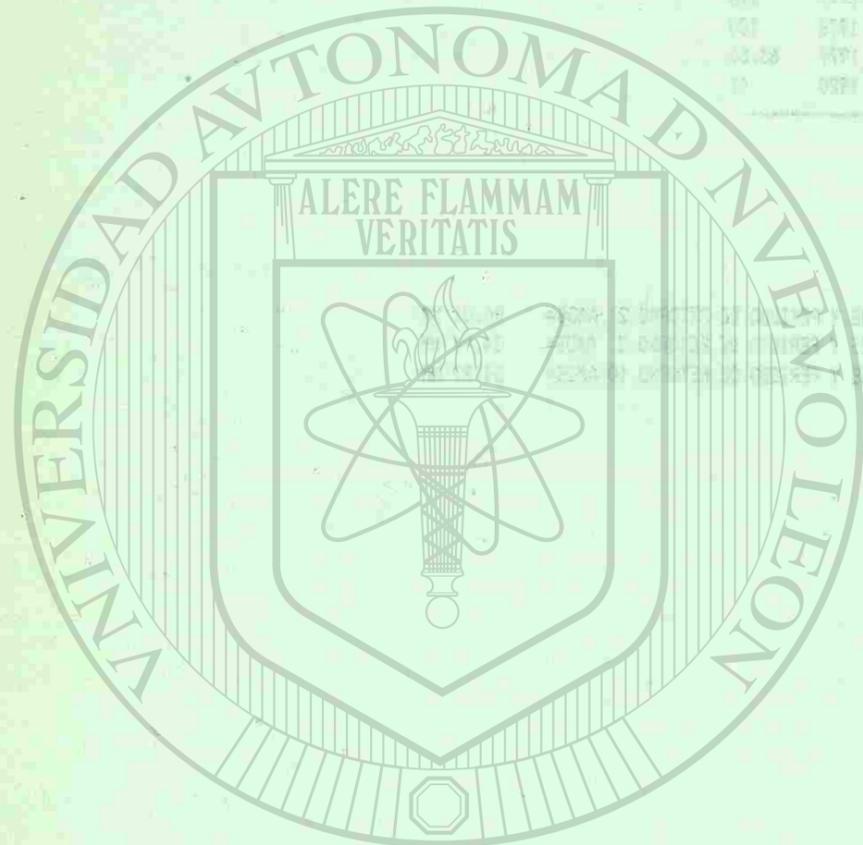
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Municipio	Estación	Año	Precipitación
MONTERREY	MONTERREY	1976	101.50
MONTERREY	MONTERREY	1977	118
MONTERREY	MONTERREY	1978	180
MONTERREY	MONTERREY	1979	63.50
MONTERREY	MONTERREY	1980	41

REGISTRO=	59
DESV. STANDAR=	54.35
MEDIA=	98.59
ALFA=	.02161466
BETA=	73.04867183
RELACION=	.38820000
PRECIPITACION DE DURACION 1440 MINUTOS Y PERIODO DE RETORNO 2 AÑOS=	90.01 MM
PRECIPITACION DE DURACION 60 MINUTOS Y PERIODO DE RETORNO 2 AÑOS=	34.94 MM
PRECIPITACION DE DURACION 60 MINUTOS Y PERIODO DE RETORNO 10 AÑOS=	54.87 MM

JANIL





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

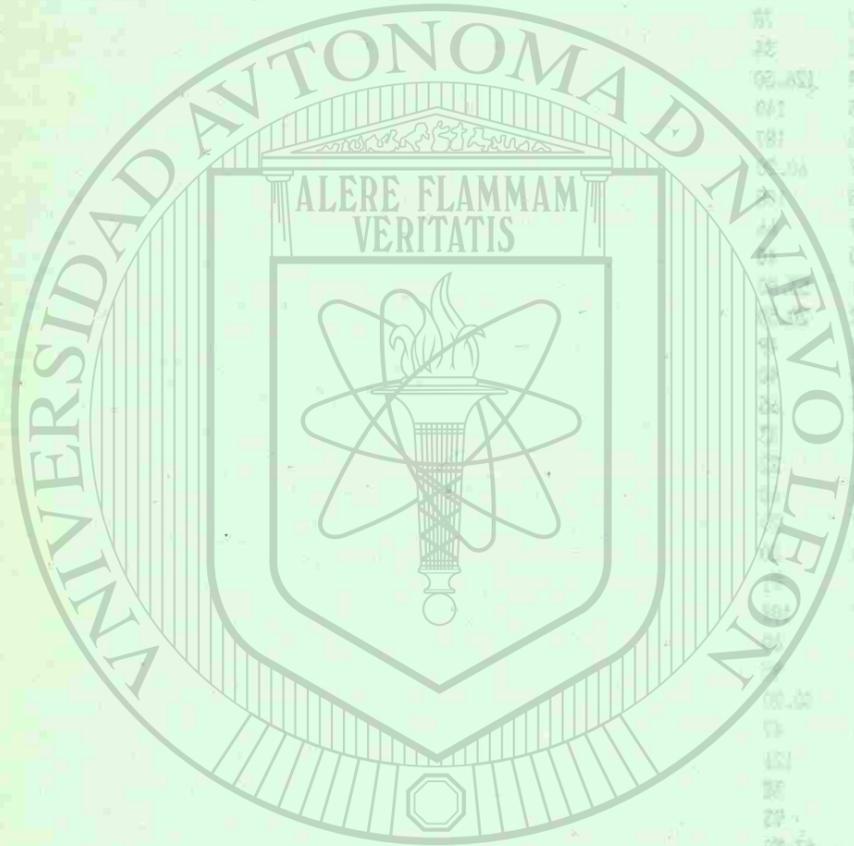
LLUVIAS MAXIMAS EN 24 HORAS

PRECIPITACIONES EN MM.

ESTACION	MUNICIPIO	AÑO	PRECIPITACION
TOPO CHICO	MONTERREY	1940	60
TOPO CHICO	MONTERREY	1941	64
TOPO CHICO	MONTERREY	1942	78
TOPO CHICO	MONTERREY	1943	34
TOPO CHICO	MONTERREY	1944	126.50
TOPO CHICO	MONTERREY	1945	140
TOPO CHICO	MONTERREY	1946	187
TOPO CHICO	MONTERREY	1947	60.20
TOPO CHICO	MONTERREY	1948	108
TOPO CHICO	MONTERREY	1949	66
TOPO CHICO	MONTERREY	1950	40
TOPO CHICO	MONTERREY	1951	53.80
TOPO CHICO	MONTERREY	1952	20.50
TOPO CHICO	MONTERREY	1953	49
TOPO CHICO	MONTERREY	1954	40
TOPO CHICO	MONTERREY	1955	65
TOPO CHICO	MONTERREY	1956	33
TOPO CHICO	MONTERREY	1957	22
TOPO CHICO	MONTERREY	1958	60
TOPO CHICO	MONTERREY	1959	20
TOPO CHICO	MONTERREY	1960	50
TOPO CHICO	MONTERREY	1961	91
TOPO CHICO	MONTERREY	1962	107
TOPO CHICO	MONTERREY	1963	60
TOPO CHICO	MONTERREY	1964	95
TOPO CHICO	MONTERREY	1965	40.20
TOPO CHICO	MONTERREY	1966	47
TOPO CHICO	MONTERREY	1967	121
TOPO CHICO	MONTERREY	1968	38
TOPO CHICO	MONTERREY	1971	93
TOPO CHICO	MONTERREY	1972	67.50
TOPO CHICO	MONTERREY	1973	134
TOPO CHICO	MONTERREY	1974	120
TOPO CHICO	MONTERREY	1975	210.10
TOPO CHICO	MONTERREY	1976	54
TOPO CHICO	MONTERREY	1977	124
TOPO CHICO	MONTERREY	1978	110
TOPO CHICO	MONTERREY	1979	48
TOPO CHICO	MONTERREY	1980	43

REGISTRO=	39
DESV. STANDAR=	44.49
MEDIA=	76.41
ALFA=	.02565456
BETA=	55.21591245
RELACION=	.38820000

PRECIPITACION DE DURACION 1440 MINUTOS Y PERIODO DE RETORNO 2 AÑOS=	69.50 MM
PRECIPITACION DE DURACION 60 MINUTOS Y PERIODO DE RETORNO 2 AÑOS=	26.98 MM
PRECIPITACION DE DURACION 60 MINUTOS Y PERIODO DE RETORNO 10 AÑOS=	42.37 MM



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

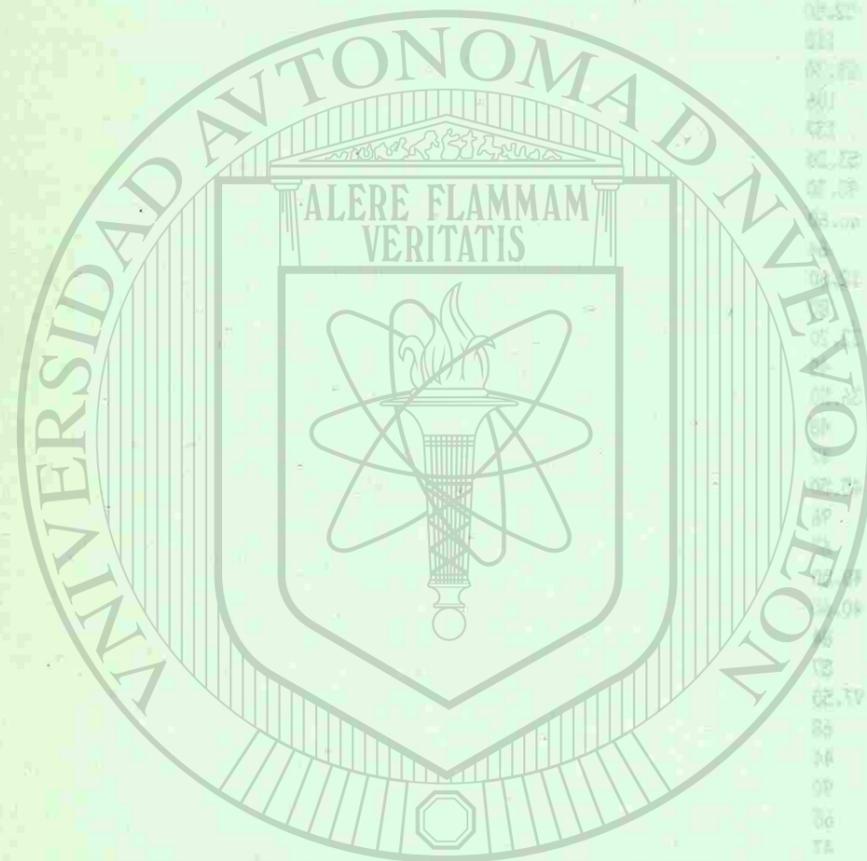
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

PRECIPITACION DE DURACION 1440 MINUTOS Y PERIODO DE RETORNO 2 AÑOS= 64.07 MM
 PRECIPITACION DE DURACION 60 MINUTOS Y PERIODO DE RETORNO 2 AÑOS= 24.87 MM
 PRECIPITACION DE DURACION 60 MINUTOS Y PERIODO DE RETORNO 10 AÑOS= 39.06 MM

LLUVIAS MAXIMAS EN 24 HORA
 PRECIPITACIONES EN MM.

ESTACION	MUNICIPIO	AÑO	PRECIPITACION
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1940	90.60
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1941	52.50
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1942	118
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1943	29.30
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1944	106
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1945	137
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1946	53.20
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1947	83.30
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1948	66.60
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1949	64
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1950	12.60
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1951	80
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1952	32.20
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1953	40
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1954	36.50
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1955	48
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1956	47
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1957	45.50
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1958	96
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1959	67
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1960	40.50
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1961	40.60
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1962	84
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1963	57
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1964	97.50
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1965	68
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1966	44
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1967	90
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1968	65
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1969	47
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1970	60.80
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1971	69.50
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1972	42.50
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1973	87
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1974	151.50
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1975	62.10
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1976	68.20
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1977	80.10
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1978	93.50
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1979	59
STA. CATARINA	STA. CATARINA	1980	99.50

REGISTRO=	41
DESV. STANDAR=	29.16
MEDIA=	68.60
ALFA=	.03913479
BETA=	54.70954708
RELACION=	.38820000
PRECIPITACION DE DURACION 1440 MINUTOS Y PERIODO DE RETORNO 2 AÑOS=	64.07 MM
PRECIPITACION DE DURACION 60 MINUTOS Y PERIODO DE RETORNO 2 AÑOS=	24.87 MM
PRECIPITACION DE DURACION 60 MINUTOS Y PERIODO DE RETORNO 10 AÑOS=	39.06 MM



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

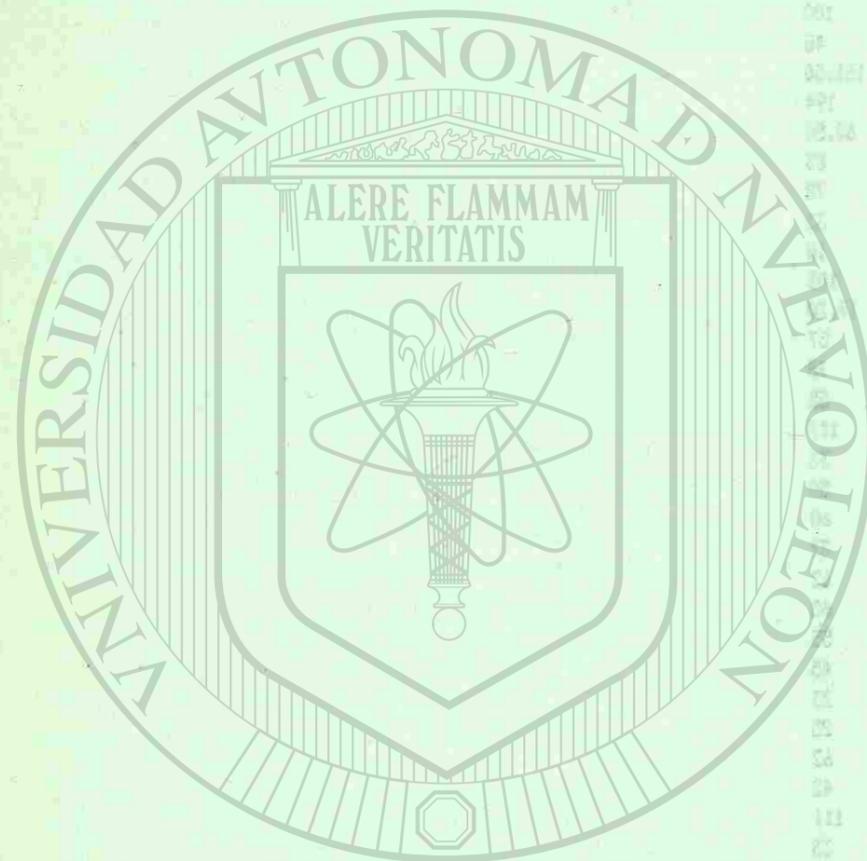
Lluvias Máximas en 24 Horas
Precipitaciones en mm.

ESTACION	MUNICIPIO	AÑO	PRECIPITACION
1940	STA. CATARINA	120	
1941	STA. CATARINA	53	
1942	STA. CATARINA	100	
1943	STA. CATARINA	48	
1944	STA. CATARINA	161.50	
1945	STA. CATARINA	194	
1946	STA. CATARINA	62.50	
1947	STA. CATARINA	85	
1948	STA. CATARINA	78	
1949	STA. CATARINA	33	
1950	STA. CATARINA	18	
1951	STA. CATARINA	103	
1952	STA. CATARINA	17.20	
1953	STA. CATARINA	57	
1954	STA. CATARINA	78	
1955	STA. CATARINA	55	
1956	STA. CATARINA	117	
1957	STA. CATARINA	33	
1958	STA. CATARINA	50	
1959	STA. CATARINA	60	
1960	STA. CATARINA	37	
1961	STA. CATARINA	62	
1962	STA. CATARINA	65	
1963	STA. CATARINA	55	
1964	STA. CATARINA	45	
1965	STA. CATARINA	23	
1966	STA. CATARINA	25	
1967	STA. CATARINA	62	
1968	STA. CATARINA	42	
1969	STA. CATARINA	111	
1970	STA. CATARINA	35	
1971	STA. CATARINA	40	
1972	STA. CATARINA	42	
1973	STA. CATARINA	95	
1974	STA. CATARINA	52	
1975	STA. CATARINA	35	
1976	STA. CATARINA	43	
1977	STA. CATARINA	126	
1978	STA. CATARINA	31	
1979	STA. CATARINA	49	
1980	STA. CATARINA	57.40	

ESTACION MUNICIPIO AÑO PRECIPITACION

LAS COMITAS	STA. CATARINA	1940	120
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1941	53
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1942	100
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1943	48
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1944	161.50
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1945	194
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1946	62.50
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1947	85
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1948	78
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1949	33
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1950	18
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1951	103
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1952	17.20
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1953	57
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1954	78
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1955	55
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1956	117
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1957	33
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1958	50
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1959	60
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1960	37
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1961	62
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1962	65
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1963	55
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1964	45
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1965	23
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1966	25
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1967	62
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1968	42
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1969	111
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1970	35
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1971	40
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1972	42
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1973	95
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1974	52
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1975	35
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1976	43
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1977	126
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1978	31
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1979	49
LAS COMITAS	STA. CATARINA	1980	57.40

REGISTRO=	41
DESV. STANDAR=	38.57
MEDIA=	64.77
ALFA=	.02959405
BETA=	46.40217351
RELACION=	.38820000
PRECIPITACION DE DURACION 1440 MINUTOS Y PERIODO DE RETORNO 2 AÑOS=	58.79 MM
PRECIPITACION DE DURACION 60 MINUTOS Y PERIODO DE RETORNO 2 AÑOS=	22.82 MM
PRECIPITACION DE DURACION 60 MINUTOS Y PERIODO DE RETORNO 10 AÑOS=	35.84 MM



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

PRECIPITACIÓN DE 60 MINUTOS Y PERÍODO DE RETORNO 10 AÑOS
 PRECIPITACIÓN DE 60 MINUTOS Y PERÍODO DE RETORNO 20 AÑOS
 PRECIPITACIÓN DE 60 MINUTOS Y PERÍODO DE RETORNO 30 AÑOS

Después de comparar las curvas de HP-D-Tr de cada una de las estaciones se llega a una conclusión muy importante y que de sobre manera lo entendemos, la zona metropolitana no es meteorológicamente homogénea, dicho en otras palabras para una misma duración de una tormenta la altura de precipitación en milímetros no es igual para la zona de influencia de la estación Monterrey, que en la zona de la estación de Santa Catarina, incluso dentro del mismo Municipio, como se puede observar para la Regiones de las Estaciones Monterrey y Topo Chico.

Numéricamente tenemos el siguiente ejemplo, supóngase un período de retorno de 20 años para una tormenta de 40 minutos de duración.

Duración (minutos)	Estación	Municipio	Altura de lluvias (milímetros)
40	Monterrey	Monterrey	53.55
40	Topo Chico	Monterrey	59.85
40	Sta. Catarina	Sta. Catarina	55.17
40	Las Comitas	Sta. Catarina	50.62

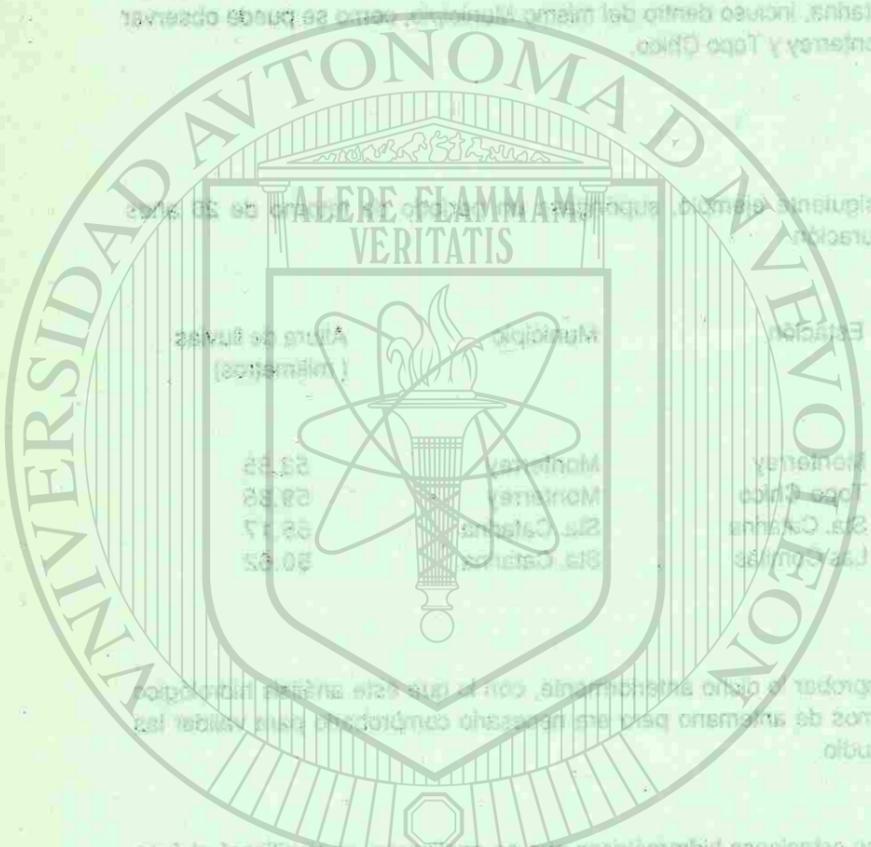
De esta manera se puede comprobar lo dicho anteriormente, con lo que este análisis hidrológico corresponde a una realidad que sabíamos de antemano pero era necesario comprobarlo para validar las curvas HP-D-Tr generadas en este Estudio.

De acuerdo a la ubicación de las estaciones hidrométricas que se analizaron, se zonificará el área metropolitana para la adopción de las curvas HP-D-Tr adecuadas para cada zona.

Esta zonificación queda de la siguiente manera, para el Norte de la Ciudad se adoptarán las curvas generadas por la estación Topo Chico, en el Centro y Sureste las de la estación Monterrey y al Poniente las de la estación Santa Catarina.

Enseguida se estudiaron 30 cauces, de los cuales 12 fueron los más importantes por sus características cualitativas y cuantitativas, estos están repartidos en las zonas ya identificadas como de riesgo hidrológico considerable, los cuales se identifican por un número y aparecen en los planos que se adjuntan en el Anexo A.

Después de comparar las curvas de HP-D-T de cada una de las estaciones se llega a una conclusión muy importante y que de sobre manera lo entendemos, la zona metropolitana no es meteorológicamente homogénea, dicho en otras palabras para una misma duración de una tormenta la altura de precipitación en milímetros no es igual para la zona de influencia de la estación Monterrey que en la zona de la estación de Santa Catarina, incluso dentro del mismo Municipio como se puede observar para la regiones de las Estaciones Monterrey y Topo Chico.



Número de minutos de duración de la tormenta para una duración de 40 minutos de duración.

Estación	Duración (minutos)
Monterrey	40
Topo Chico	40
Santa Catarina	40
Santa Catarina	40

De esta manera se puede comprobar a dicho entendimiento con lo que está siendo investigado corresponde a una realidad que sabemos de antemano para el presente estudio.

De acuerdo a la ubicación de las estaciones hidrométricas que se encuentran en la zona metropolitana para la adopción de las curvas HP-D-T se adopta para cada zona.

Esta conclusión queda de la siguiente manera, para el caso de la Ciudad de Monterrey se adoptan las curvas generadas con la estación Topo Chico, en el caso de Santa Catarina se adopta la estación Santa Catarina.

Enseguida se estudian 30 cauces, de los cuales 12 fueron los más importantes por sus características cualitativas y cuantitativas, estos están reportados en las zonas ya identificadas como de riesgo hidrológico considerable, los cuales se identifican por un número y aparecen en los planos que se adjuntan en el Anexo A.

Las características principales de cada cauce se muestran en la siguiente tabla.

CAUCE N°	LONGITUD EN m	PENDIENTE PROMEDIO	AREA DE APORTACION EN Ha.
1	2850	0.2736	236
2	2450	0.1347	175
3	1400	0.1643	62
4	1650	0.0606	105
5	1800	0.0830	121
6	2950	0.2949	232
7	1950	0.2487	107
8	5250	0.2019	695
9	3000	0.1950	189
10	2000	0.5000	132
11	3100	0.3354	346
12	2750	0.3345	328

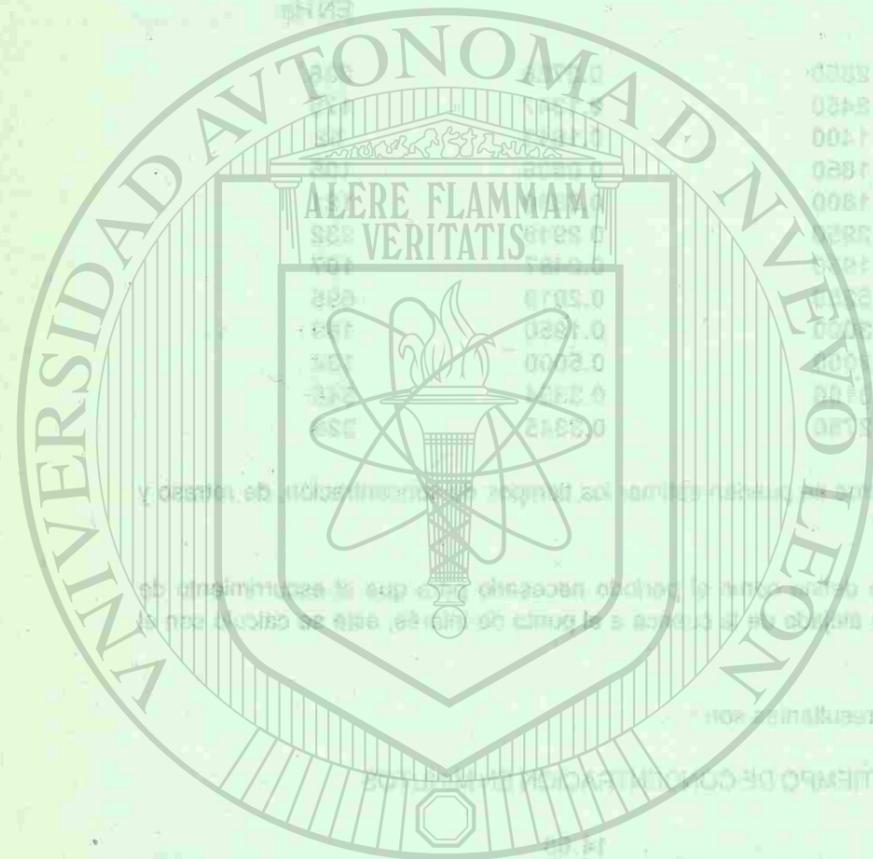
De acuerdo con estos parámetros se pueden estimar los tiempos de concentración, de retraso y pico, para cada uno de los cauces.

El tiempo de concentración se define como el período necesario para que el escurrimiento de una tormenta fluya desde el punto más alejado de la cuenca a el punto de interés, este se calculó con el criterio de Rowe.

Los tiempos de concentración resultantes son:

CAUCE N°	TIEMPO DE CONCENTRACION EN MINUTOS
1	14.68
2	17.17
3	10.34
4	17.22
5	16.29
6	14.65
7	11.37
8	26.42
9	17.40
10	8.86
11	14.48
12	13.22

El tiempo de retraso es el tiempo transcurrido entre el centro de masa de la precipitación y el



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

centro de masa del escurrimiento, entre el primero y el escurrimiento máximo.

Este se calculó con el criterio de la U.S. Soil Conservation Service, los resultados son los siguientes:

CAUCE Nº	TIEMPO DE RETRASO EN MINUTOS
1	8.808
2	10.302
3	6.204
4	10.332
5	9.774
6	8.790
7	6.822
8	15.852
9	10.440
10	5.316
11	8.688
12	7.932

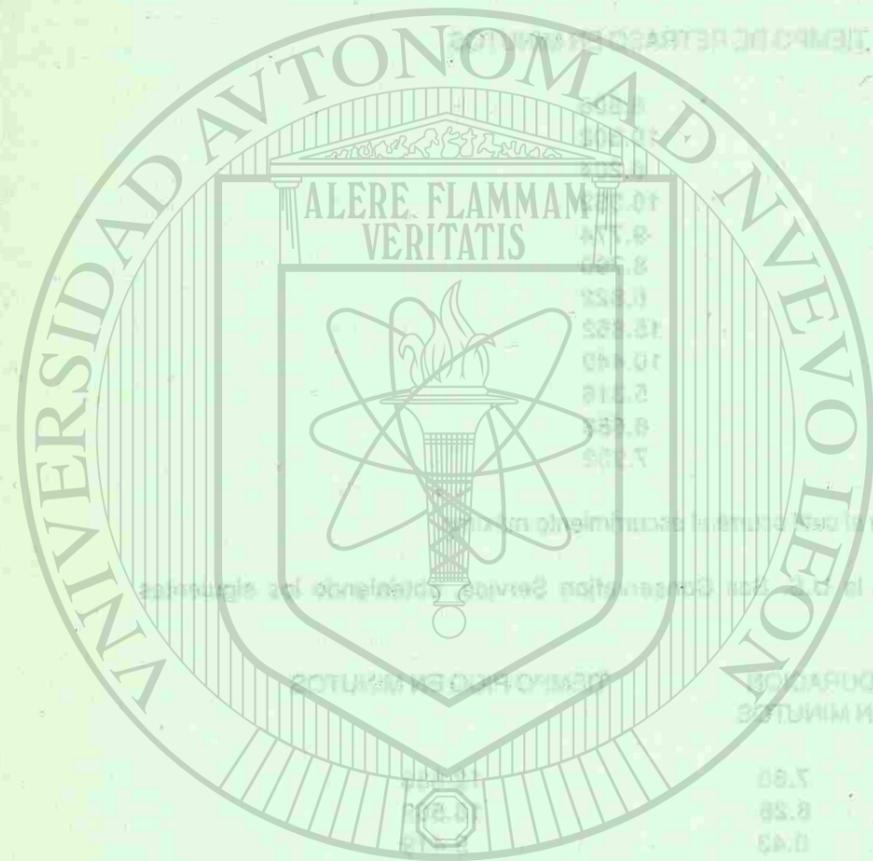
El tiempo pico es el intervalo en el cual ocurre el escurrimiento máximo.

Se analizó con el criterio de la U.S. Soil Conservation Service, obteniendo los siguientes resultados:

CAUCE Nº	DURACION EN MINUTOS	TIEMPO PICO EN MINUTOS
1	7.66	12.638
2	8.28	18.589
3	6.43	9.419
4	8.29	14.486
5	8.07	13.810
6	7.65	12.617
7	6.74	10.193
8	10.28	20.992
9	8.34	9.487
10	5.95	8.292
11	7.61	12.493
12	7.27	11.567

Las duraciones de tormentas en el área metropolitana de acuerdo a algunas observaciones, son en promedio de 45 minutos, las cuales causan catástrofes en sus respectivas áreas de influencia.

Para el análisis de el volúmen de escurrimiento tomaremos una tormenta tipo con duración de 45 minutos y 20 años de período de recurrencia, que es un tiempo razonable para un estudio de este tipo.



Los resultados por cauces y zonas son los siguientes:

CAUCE N°	ZONA	VOLUMEN DE PRECIPITACION M³
1	VALLE	134,742.3
2	VALLE	100,069.2
3	VALLE	35,348.5
4	VALLE	59,884.2
5	MITRAS	68,970.5
6	MITRAS	32,559.2
7	SAN JERONIMO	66,736.8
8	SAN JERONIMO	71,296.8
9	SAN JERONIMO	50,217.2
10	SILLA	74,060.2
11	SILLA	92,126.8
12	SILLA	55,789.1

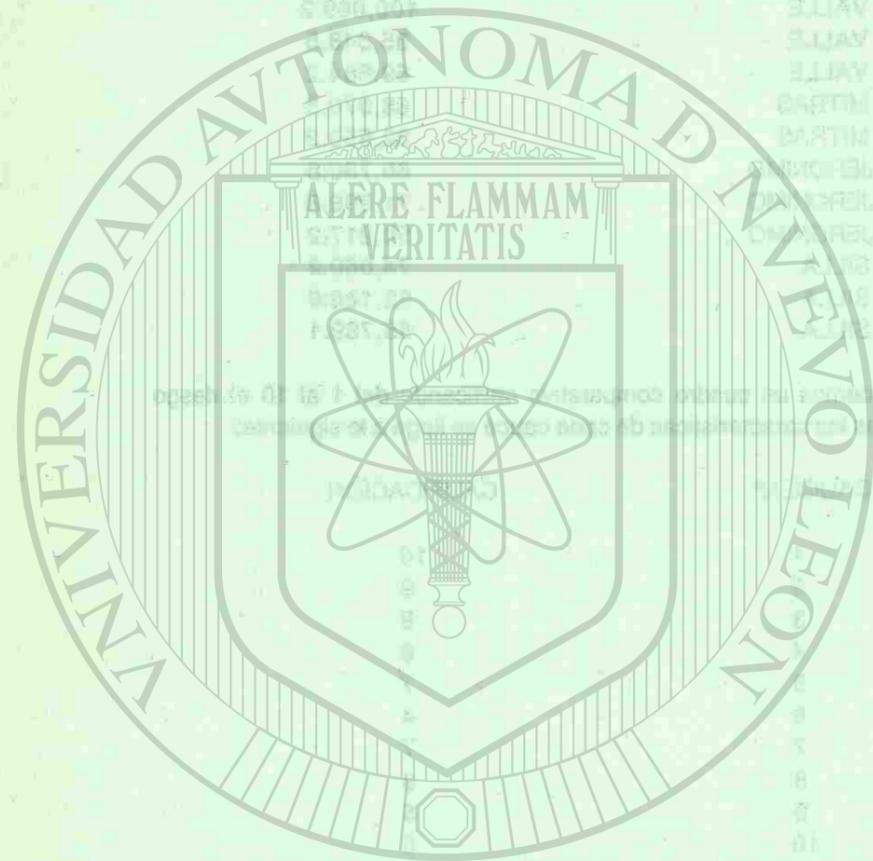
Como se puede observar si hacemos un cuadro comparativo calificando del 1 al 10 el riesgo hidrológico en cada zona, y tomando todas las características de cada cauce se llega a lo siguiente:

ZONA	CAUCE N°	CALIFICACION
VALLE	1	10
VALLE	2	9
VALLE	3	5
VALLE	4	6
MITRAS	5	7
MITRAS	6	4
SAN JERONIMO	7	7
SAN JERONIMO	8	8
SAN JERONIMO	9	5
SILLA	10	8
SILLA	11	9
SILLA	12	6

Es de vital importancia destacar que las actuales estructuras de drenaje pluvial en todas las zonas es insuficiente y en ocasiones no existe.

Cabe también aclarar que en este estudio a los volúmenes de precipitación habrá que restar los de infiltración para llegar a el escurrimiento real, este volumen de infiltración depende básicamente del uso del suelo, contenido de humedad, geología, etc., por lo que su estimación requiere un estudio más puntual de la zona en particular de interés, pues aquí se consideraron grandes zonas en extensión y climatología.

El área necesaria para drenar las tormentas en cada una de las zonas y/o arroyos, se puede



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

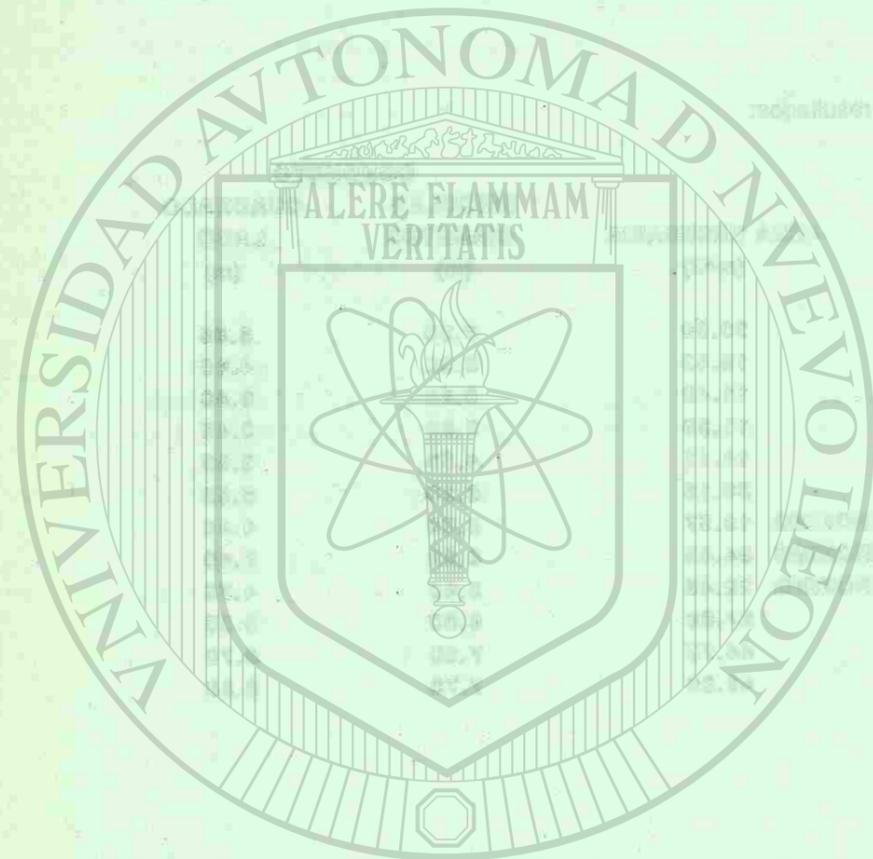
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

calcular de la siguiente manera:

Si tomamos como criterio que la velocidad máxima permisible en un conducto no-erosionable y con sedimentos en arrastre es de 2.5 a 5.0 m/seg; tomaremos la más crítica es decir, 5.0 m/seg de velocidad dentro de las estructuras de drenaje pluvial, los conductos pueden ser circulares, rectangulares o trapezoidales.

La tabla siguiente muestra los resultados:

CAUCE N°	ZONA	AREA NECESARIA (m ²)	CONDUCTO	
			CIRCULAR DIAMETRO (m)	CUADRADO LADO (m)
1	VALLE	30.60	6.30	5.55
2	VALLE	19.43	5.00	4.45
3	VALLE	11.40	3.85	3.40
4	VALLE	11.59	3.90	3.45
5	MITRAS	14.11	4.30	3.80
6	MITRAS	30.16	6.20	5.50
7	CUMBRES-SAN JERONIMO	19.57	5.00	4.45
8	CUMBRES-SAN JERONIMO	54.42	8.32	7.40
9	CUMBRES-SAN JERONIMO	22.46	5.40	4.75
10	SILLA	27.86	6.00	5.30
11	SILLA	44.72	7.60	6.70
12	SILLA	46.39	7.70	6.85



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA

DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIONES

7. EXPLORACION GEOTECNICA

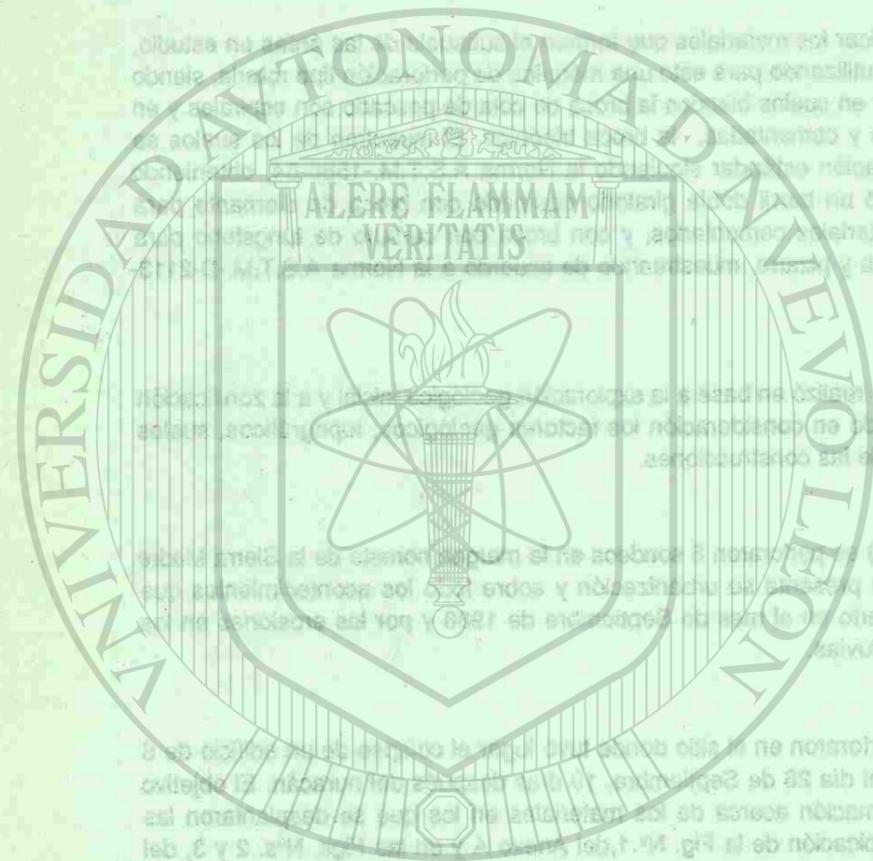
Con el fin de conocer e identificar los materiales que forman el subsuelo de las áreas en estudio, se realizó la perforación de 9 sondeos utilizando para esto una máquina de perforación tipo rotaria, siendo las herramientas usadas para penetrar en suelos blandos la broca de cola de pescado con espirales y en suelos granulares, rocas consolidadas y cementadas, la broca tricónica. El muestreo de los suelos se realizó utilizando el equipo de penetración estándar siguiendo la Norma A.S.T.M.-1586-84, obteniendo muestras alteradas. Además se utilizó un barril doble giratorio equipado con broca de diamante para muestrear en forma inalterada en materiales cementados, y con broca con carburo de tungsteno para muestrear la roca arcillosa del tipo lutita y pizarra, muestreando de acuerdo a la Norma A.S.T.M.-D-2113-87.

La ubicación de los sondeos se realizó en base a la exploración geológica inicial y a la zonificación urbana montañosa propuesta, tomando en consideración los factores geológicos, topográficos, suelos predominantes, densidad y magnitud de las construcciones.

En la zona Valle (Garza García) se perforaron 6 sondeos en la margen noreste de la Sierra Madre Oriental, debido a la problemática que presenta su urbanización y sobre todo los acontecimientos que tuvieron lugar durante el huracán Gilberto en el mes de Septiembre de 1988 y por las erosiones en los taludes cada vez que se presentan las lluvias.

Los Sondeos N°s. 1 y 2, se perforaron en el sitio donde tuvo lugar el colapso de un edificio de 6 niveles, en la Colonia Sierra del Valle el día 26 de Septiembre, 10 días después del huracán. El objetivo de estos trabajos, es de obtener información acerca de los materiales en los que se desplantaron las zapatas del edificio. En el croquis de ubicación de la Fig. N° 1, del Anexo A y en las Figs. N°s. 2 y 3, del mismo Anexo, sus perfiles estratigráficos; estos perfiles muestran una alternancia de gravas y boleas con arcilla en la parte superior, predominan en la parte inferior del sondeo las arcillas y almendrilla (material residual), sobre la lutita fracturada que representa la roca consolidada natural "in situ" mientras que las primeras son productos del arrastre por fenómenos erosivos. La resistencia a la penetración es marcadamente baja en la parte superior, que era el nivel de apoyo de la cimentación del edificio, y a partir de los 4.50 m de profundidad, su resistencia a la penetración es mayor a los 60 golpes por lo cual refleja el grado de cementación de los materiales granulares, sin embargo es de notarse la disminución de la resistencia a las profundidades de 19, 23 y 27 m en el Sondeo N° 2. Los materiales finos en este lugar son clasificados como CL (arcillas de baja plasticidad). El nivel freático se detectó entre 20 y 22.5 m y reflejan el efecto impermeable en la arcilla y la lutita.

En los Sondeos N°s. 3, 4, 5 y 6 se efectuaron en el área de la Colonia San Angel con el objeto de determinar el espesor de los materiales granulares que afloran en la superficie y obtener datos acerca del orden de depositación con el fin de correlacionarlos, detectándose que en la parte baja (Sondeo N° 6), aparecen depósitos interestratificados de gravas empacadas en arcilla con lentes de arcilla café y lutita arcillosa los cuales resisten de 30 a 40 golpes. A estos materiales les subyacen la lutita fracturada y la



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

pizarra gris oscura. Estratificación muy similar a la de los Sondeos N°s 1 y 2, el nivel de aguas freáticas aparece a una profundidad de 22.0 m.

Entre las cotas 795 y 810 (Sondeos N°s 3 y 4) aparecen depósitos de materiales en los cuales predomina la arcilla producto de intemperización de las rocas arcillosas, los cuales cubren a depósitos profundos de gravas calizas, por lo general presentan alta resistencia al esfuerzo cortante, bajo la grava se detecta la arcilla con almendrilla y almendrilla arcillosa producto de intemperización de las rocas arcillosas que aparecen a continuación, el nivel freático en estos sondeos se encontró entre 24.2 y 25.5 m.

En la parte alta del fraccionamiento se efectuó el sondeo N° 5 en la cota 940; en esta área es posible detectar que en los taludes de los cortes aparecen grandes fragmentos de roca caliza con lentes de conglomerado en bolsas de gravas arenosas. Particularmente en esta área, las bolsas de gravas arenosas presentan baja resistencia al esfuerzo cortante debido a la gran cantidad de huecos que aparecen en los fragmentos de roca, como se puede apreciar con las pruebas de penetración efectuadas en donde la resistencia a la penetración varía entre 5 y 12 golpes (0.4 a 0.93 Kg/cm²) y el conglomerado con boleos de caliza presentan resistencias entre 60 y 200 Kg/cm², conforme se incrementa la profundidad, el grado de acomodo de las grava arenosa es mas alto con lo que la resistencia a la penetración estándar, es mayor de 60 golpes (4.6 Kg/cm²). El espesor de estos depósitos es de 39.5 m y descansan sobre la roca arcillosa clasificada como pizarra.

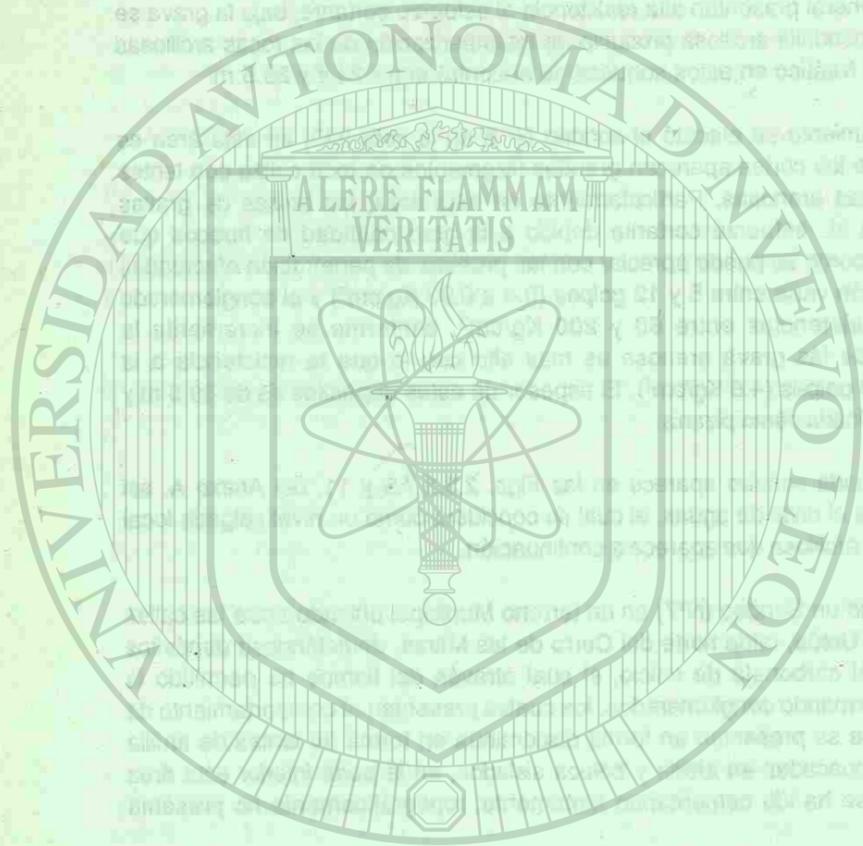
La Estratigrafía a detalle de cada sondeo aparece en las Figs. 2,3,5,7,9 y 11, del Anexo A, así como las profundidades a que aparece el nivel de aguas, el cual se considera como un nivel colgado local debido a la impermeabilidad de la roca arcillosa que aparece a continuación.

En la zona Cumbres se efectuó un Sondeo (N°7) en un terreno Municipal ubicado entre las calles Paseo de los Navegantes y Pedro de Ursúa, falda norte del Cerro de las Mitras, detectándose depósitos de materiales en el que predomina el carbonato de calcio, el cual a través del tiempo ha permitido la cementación de las arcillas y gravas formando conglomerados, los cuales presentan el comportamiento de un concreto pobre, el problema es que se presentan en forma discontinua en forma de lentes de arcilla café rojiza y lutita café, con gravas empacadas en arcilla y boleos aislados, en la parte inferior esta área constituye un depósito de talud que se ha ido cementando lentamente; topográficamente no presenta grandes problemas.

En la zona Mitras (Sondeo N° 8) falda sur del Cerro Mitras, se tienen depósitos de material cementado muy similares a los de la falda norte, detectándose en la parte superficial depósitos de arcilla con gravas y boleos, y gravas y boleos arenosos con arcilla hasta 2.0 m de profundidad, bajo estos parecen los depósitos de conglomerados constituidos por gravas arenosas y boleos cementados por el carbonato de calcio. Depósitos estables que presentan la apariencia de un concreto pobre (60 a 150 Kg/cm²).

La estratigrafía a detalle de este sondeo aparece en la Fig. N° 18 del Anexo A. ®

En la zona del Cerro de la Silla, el Sondeo se realizó en un área municipal (glorieta) entre las calles El Greco y Leonardo Da Vinci, en la Colonia Contry, esta área esta formada por depósitos de talud en los que predomina en la parte superficial las gravas y boleos empacadas en arcilla, arcilla con gravas y boleos con resistencia a la penetración estándar entre 25 y 60 golpes; en la parte intermedia, aparece un depósito de arcilla café rojizo con almendrilla que resiste de 12 a 48 golpes, un lente de caliza gris oscura



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

y a continuación la pizarra gris oscura la cual se detectó hasta la máxima profundidad explorada.

Es importante destacar el hecho de que en la mayor parte del fraccionamiento afloran calizas, conglomerados y caliches y en las áreas de las cañadas se tienen depósitos de gravas y boleos empacados en arcilla, geológicamente esta área no presenta problemas aun cuando en algunas zonas las pendientes son fuertes debido a la cementaciones que proporciona el carbonato de calcio.

La estratigrafía a detalle de este sondeo aparece en la figura N° 9 del Anexo A.

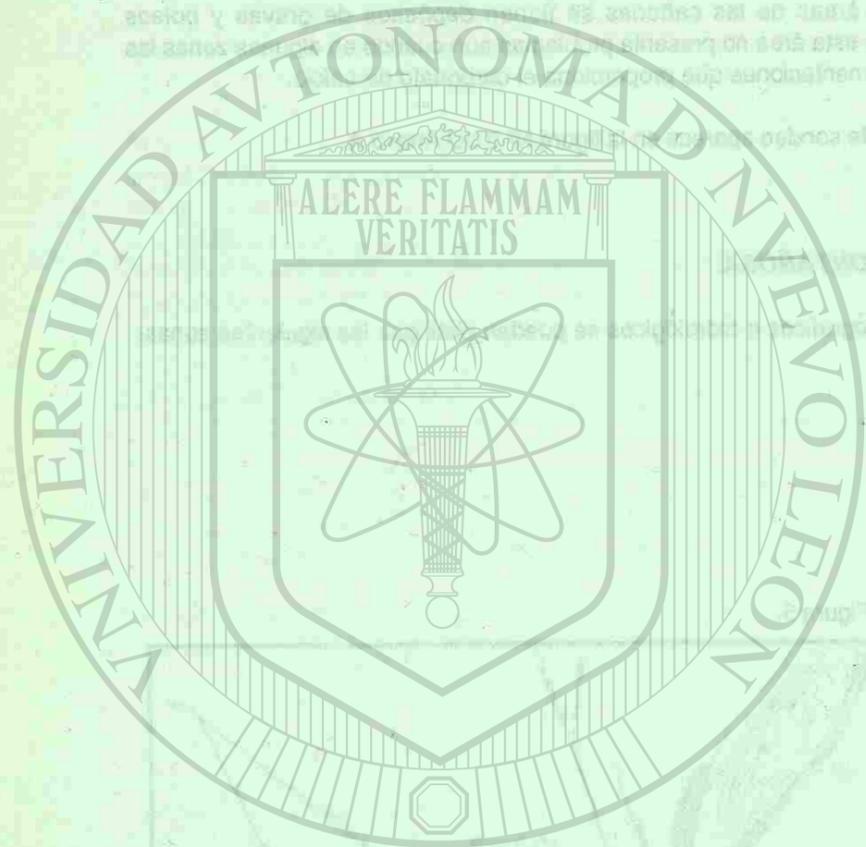
8.- ZONIFICACION URBANA MONTAÑOSA.

Considerando los factores topográficos e hidrológicos se pueden distinguir las siguientes zonas:

- A) Valle
- B) Mitras
- C) Cumbres - San Jerónimo
- D) Topo Chico
- E) Loma Larga
- F) Silla

Su ubicación se muestra en la Figura 5.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECA

A) ZONA VALLE.

Se sitúa a lo largo del frente Noreste de la Sierra Madre Oriental, entre las elevaciones 640 y 1200 metros, comprende los fraccionamientos Villa Montaña, La Cima, Mirasierra, El Rosario, Pedregal del Valle, Villa del Pedregal, Balcones del Valle, Sierra del Valle, San Angel, Residencial Chipinque y Olinalá, entre otros. Son colonias residenciales que revelan un alto nivel económico de sus pobladores. Las construcciones son casas unifamiliares y edificios de departamentos de seis pisos en promedio, principalmente. La dificultades topográficas e hidrológicas han sido resueltas mediante la construcción de calles con desarrollos sinuosos, a base de cortes de elevados taludes, terraplenes, muros de contención y puentes. Las áreas urbanizadas incluyen tanto, lomeríos de la falda de la Sierra, como cañadas o cauces de arroyos de elevadas pendientes. La pendiente topográfica varía desde 5% en la parte baja hasta un máximo de 33% en la parte alta.

A.1) DIVISION DE LA ZONA VALLE.

A nivel local, las rocas aflorantes están representadas por lutita, de las formaciones Parras e Indidura, que son cubiertas por materiales granulares tales como brecha sedimentaria constituida por grandes bloques de caliza y conglomerado fracturados que, en algunas partes, presentan boleos y gravas con cementación parcial y en otras una mezcla de arcilla y gravas en estado suelto. La Fig. 5.1 muestra la sección geológica esquemática.

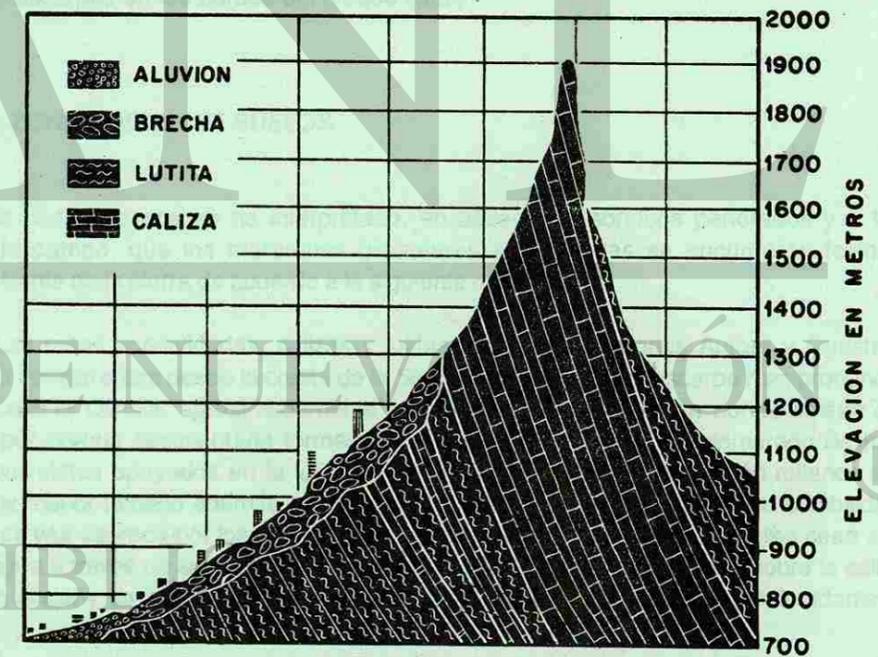
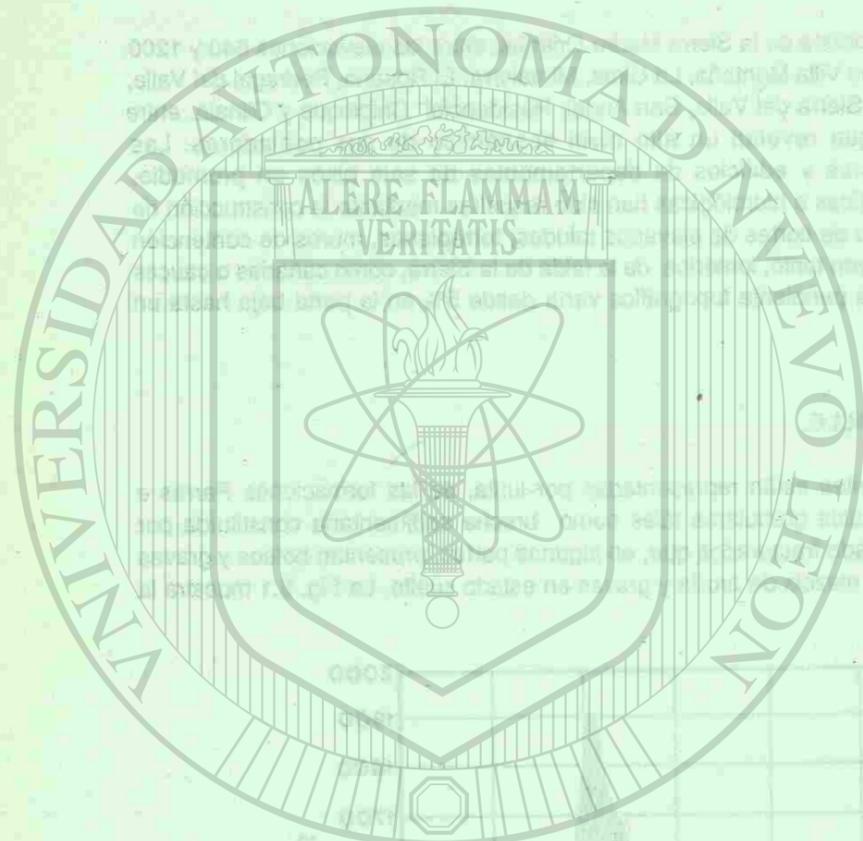


Fig. 5.1 Sección geológica de la Sierra Madre Oriental



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

La distribución superficial de los materiales granulares esta condicionada por los patrones de drenaje antiguos, es decir que estos depósitos se encuentran ocupando las depresiones de los cauces de arroyos que drenaban las faldas de la sierra en épocas geológicas pretéritas, por lo cual su distribución horizontal no es uniforme en toda el área pero que en términos generales se pueden distinguir las siguientes SUBZONAS:

- a).- San Angel
- b).- Balcones del Valle
- c).- Villa Montaña

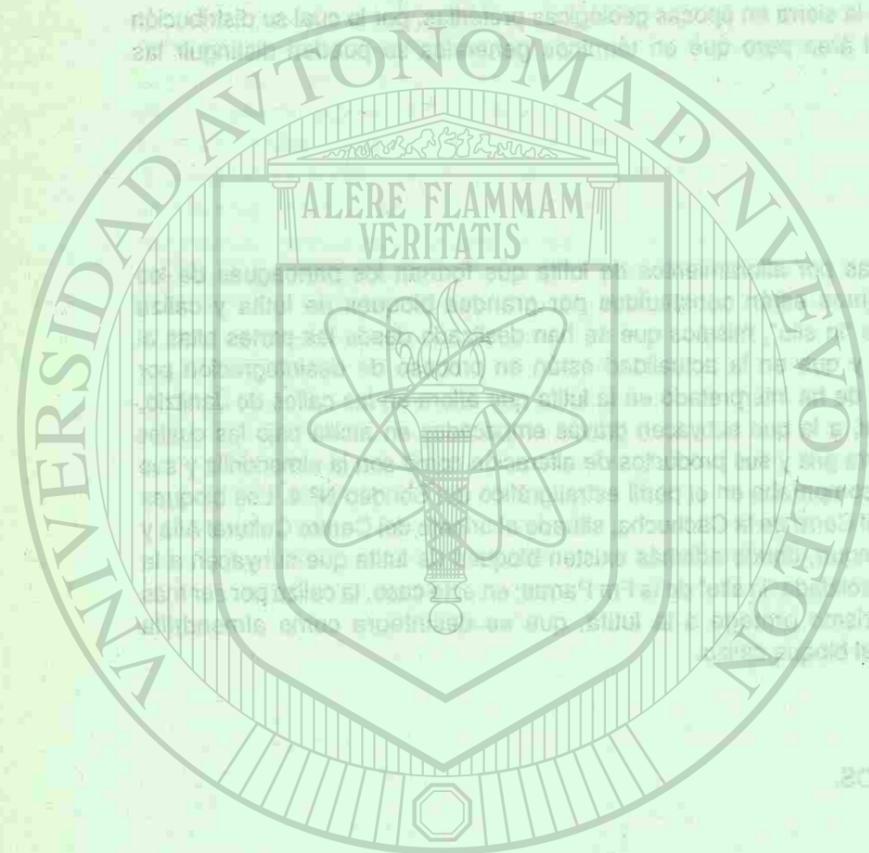
Estas subzonas están limitadas por afloramientos de lutita que forman los parteaguas de los arroyos. Algunos de estos afloramientos están constituidos por grandes bloques de lutita y caliza superpuestos a las rocas consolidadas "in situ", mismos que se han deslizado desde las partes altas al desprenderse de su posición original y que en la actualidad están en proceso de desintegración por intemperismo y erosión. Esta situación se ha interpretado en la lutita que aflora en las calles de Janitzio, Tajín y Uxmal de la Colonia San Angel, a la que subyacen gravas empacadas en arcilla bajo las cuales aparece nuevamente la lutita como pizarra gris y sus productos de alteración como son la almendra y sus fragmentos con arcilla, este hecho se comprueba en el perfil estratigráfico del Sondeo N° 4. Los bloques de caliza se encuentran expuestos en el Cerro de la Cachucha, situado al oriente del Centro Cultural Alfa y del Fraccionamiento Residencial Chipinque, donde además existen bloques de lutita que subyacen a la caliza y son discordantes de la roca consolidada "in situ" de la Fm Parras; en este caso, la caliza por ser mas resistente a la erosión y al intemperismo protege a la lutita, que se desintegra como almendra produciendo escarpes en los bordes del bloque calizo.

A.2) ZONIFICACION DE SUELOS.

Para cada subzona se ha interpretado, en base a los sondeos perforados y a la exploración geológica de campo, que los materiales granulares superficiales se encuentran formando bandas paralelas al frente de la sierra de acuerdo a la siguiente distribución:

1º Las rocas consolidadas, calizas y lutitas, de las Formaciones Aurora y Cuesta del Cura en posición casi vertical aflora desde la cresta de la Sierra hasta la base del escarpe mas pronunciado en límite Sur de la Colonia Olinalá, aproximadamente en la elevación 1200 m, en donde limitan con la unidad constituida por brecha sedimentaria formada por bloques de caliza y conglomerado de hasta 10 m de diámetro equivalente apoyados en la lutita de la Fm Indidura; sus huecos están rellenos de fragmentos angulosos de menor tamaño además de gravas y arcilla. Tiene alta porosidad y su estabilidad es buena a menos que se vea alterada por los cortes en las calles y que los fragmentos menores sean arrastrados por el flujo del agua a través de sus huecos. El límite inferior de esta unidad se ubica sobre la calle Uxmal en la Colonia San Angel y en la calle Monte Olimpo de la Colonia Villa Montaña aproximadamente en la cota 900 m.

2º Topográficamente inferior a la anterior se identifica una unidad de bloques de conglomerado y



caliza de diámetros hasta de 2.0 m cuyos huecos están rellenos de gravas angulosas y arenas principalmente, además de arcillas. El afloramiento típico de esta unidad se presenta en la Colonia San Angel en las calles Escorial, Alhambra y Aranjuez. Esta unidad se ha identificado en el Sondeo N° 5 y en forma aproximada se ubica entre las cotas 800 y 900 m. Este material se encuentra en estado de reposo con un ángulo de 30° y son muchos los problemas que presenta en los taludes para alojar las calles y las excavaciones realizadas para el desplante de las cimentaciones.

3° La unidad mas baja de materiales granulares esta constituida por arcilla con gravas, además de bloques de lutita, caliza y conglomerado distribuidos erráticamente, en algunas áreas existe una capa de conglomerado que cubre las arcillas dando la impresión de ser un material altamente resistente a profundidad pero que en realidad solo aparece en los primeros metros; tiene una cementación variable, desde un estado suelto hasta una consolidación total. El afloramiento típico de este conglomerado se encuentra en la Colonia Sierra del Valle, entre las calles Sierra Nevada y Sierra del Valle, en los alrededores del sitio donde se colapso el Edificio de 6 pisos el 26 de Septiembre de 1988. Esta unidad se ha detectado en los Sondeos N°s 1, 2, 3 y 6 en los cuales se determinó un espesor promedio de 26.0 m hasta la lutita franca.

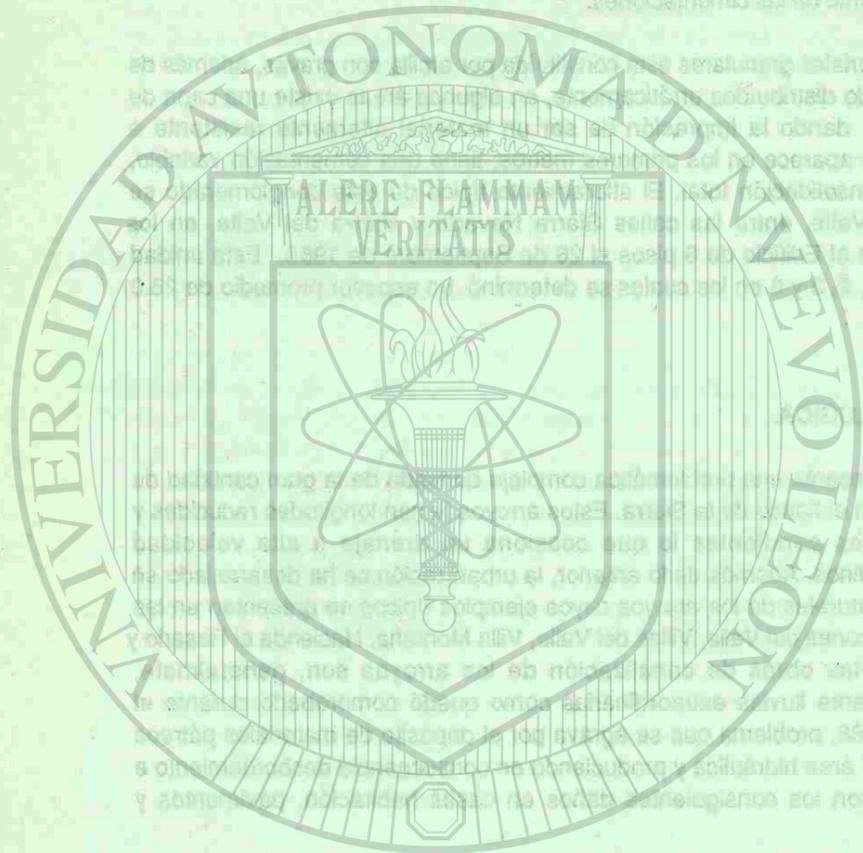
A.3) PROBLEMATICA HIDROLOGICA.

Hidrológicamente esta zona presenta una problemática compleja derivada de la gran cantidad de arroyos que drenan el agua de lluvia en el flanco de la Sierra. Estos arroyos tienen longitudes reducidas y cuencas pequeñas pero con grandes pendientes lo que ocasiona un drenaje a alta velocidad produciendo erosión de los materiales finos. Además de lo anterior, la urbanización se ha desarrollado en algunas áreas ocupando los cauces naturales de los arroyos cuyos ejemplos típicos se presentan en las Colonias Barrancas de Tampiquito, Balcones del Valle, Villas del Valle, Villa Montaña, Hacienda el Rosario y Residencial Chipinque entre otras; las obras de canalización de los arroyos son, generalmete, insuficientes para drenar el agua durante lluvias extraordinarias como quedó comprobado durante el Huracán Gilberto en Septiembre de 1988, problema que se agrava por el depósito de materiales pétreos en alcantarillas y canales reduciendo el área hidráulica y produciendo en consecuencia desbordamiento e inundaciones de áreas urbanizadas con los consiguientes daños en casas habitación, pavimentos y demás estructuras.

A.4) TIPOS DE CIMENTACION.

Las cimentaciones han sido resueltas a base de zapatas aisladas y cimiento continuo con muro de block, reforzados ligeramente para solucionar los desniveles. Normalmente se desplantan en brechas sedimentarias, aprovechando la relativa estabilidad de los bloques de caliza que en ocasiones, llegan a tener dimensiones hasta de 10 m o más. La profundidad de desplante de estas cimentaciones es mínima llegando a ser superficial cuando los bloques de caliza se encuentran aflorando en la superficie. Estas condiciones se llegan a presentar no solo para construcciones ligeras de 1 ó 2 niveles, si no también en edificios de departamentos de hasta 8 niveles.

En los lugares donde la lutita aflora, la cimentación se desplanta a 1 ó 2 metros de profundidad, dependiendo de su grado de alteración, o bien en forma superficial.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
 DIRECCIÓN GENERAL DE BI



Fig. 6 Azolve por escurrimiento en arroyos

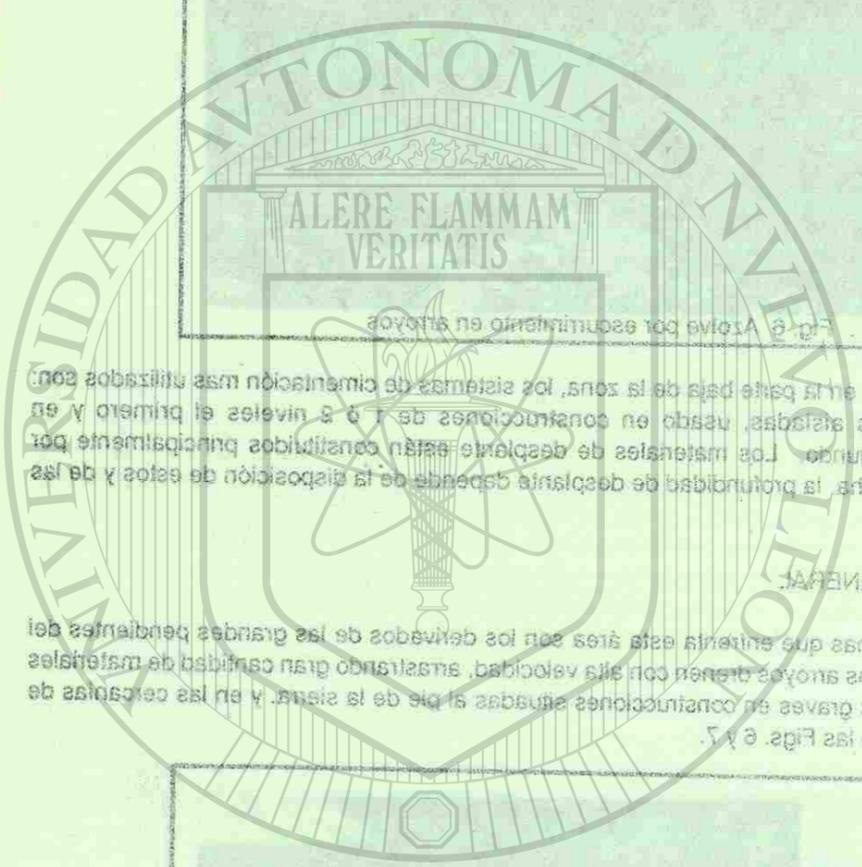
En los sitios ubicados en la parte baja de la zona, los sistemas de cimentación mas utilizados son: cimiento continuo y zapatas aisladas, usado en construcciones de 1 ó 2 niveles el primero y en edificaciones mayores el segundo. Los materiales de desplante están constituidos principalmente por aluvión, conglomerado y brecha, la profundidad de desplante depende de la disposición de estos y de las condiciones del suelo.

PROBLEMATICA GENERAL

Los mayores problemas que enfrenta esta área son los derivados de las grandes pendientes del terreno, lo cual provoca que los arroyos drenen con alta velocidad, arrastrando gran cantidad de materiales pétreos que ocasionan daños graves en construcciones situadas al pie de la sierra. y en las cercanías de los cauces. Ver fotografías de las Figs. 6 y 7.



Fig. 7 Azolve por escurrimiento en arroyos.



Los mayores problemas que enfrenta esta área son los derrumbes de las grandes pendientes del terreno, lo cual provoca que los arroyos tengan con alta velocidad, arrastrando gran cantidad de materiales que ocasionan daños graves en construcciones situadas al pie de la sierra, y en las cercanías de los cauces. Ver fotografías de las Figs. 8 y 9.

PROBLEMATICA GENERAL

En los sitios ubicados en la parte alta de la zona, los sistemas de cimentación más utilizados son cimiento continuo y zapatas aisladas, usado en construcciones de 1 a 5 niveles el primero y en edificaciones mayores el segundo. Los materiales de desecho están constituidos principalmente por alivión, concreto armado y piedra, la profundidad de desecho depende de la disposición de estos y de las condiciones del suelo.

Fig. 6 Alivión por escurrimiento en arroyos

Además, es muy común que, en épocas de lluvias el caudal de los arroyos rebase las obras de drenaje construidas en las calles, lo que provoca fuertes deslaves en las secciones de los caminos, destruyendo los muros de contención, los pavimentos y obras de drenaje, azolvando estas últimas, lo que trae como consecuencia el traslado de problemas hacia áreas vecinas por efecto de la modificación drenaje longitudinal y transversal de las calles. Algunos ejemplos se muestran en las Fotos de las Figs. 8 y 9

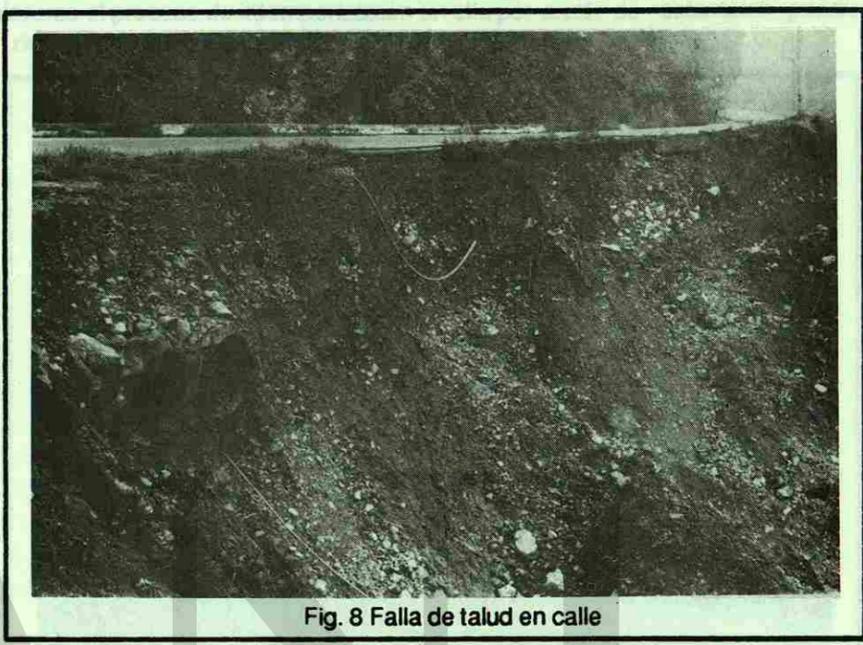
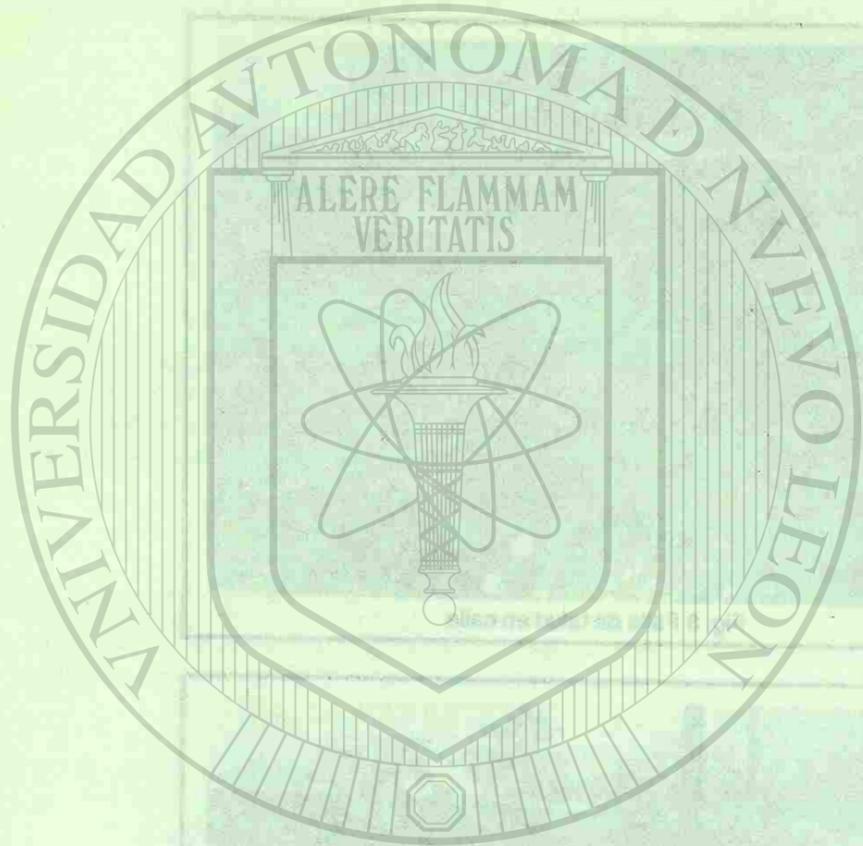


Fig. 8 Falla de talud en calle



Fig. 9 Depósito de materiales y socavación

Algunas de las causas que en épocas de lluvias ocasionan el deslizamiento de los bloques de brecha en los cortes de las calles, se debe a que durante la construcción de las calles, al ser llevadas a cabo las labores de corte y relleno, se produce un desequilibrio en las secciones de los cortes, al estar los bloques de brecha sueltos y no estar bien compactados, lo que ocasiona que al ser arrastrados por el agua de lluvia, se produzca un desequilibrio, rodándose pendiente abajo, dañando las construcciones o bien destruyendo pavimentos e interrumpiendo el tránsito vehicular, ver Fig. 10. Son comunes, también los deslizamientos del taludes en los corte de la lutita durante la época de lluvias, al acelerarse el proceso de intemperización en ella por efecto de : saturación, pendiente del talud y estratificación de la roca; ejemplos de estos problemas se presentan en la Fig. 11.



Un caso muy frecuente de problemas en esta zona lo constituye la inestabilidad de los bloques de brecha en los cortes realizados durante la construcción de las calles, su estabilidad es precaria y su equilibrio se ve roto por los desprendimientos de las gravas y arcillas que les sirven de sustento, mismas que al ser arrastradas por el agua de lluvia produce un desequilibrio, rodándose pendiente abajo, dañando las construcciones o bien destruyendo pavimentos e interrumpiendo el tránsito vehicular, ver Fig. 10. Son comunes, también los deslizamientos del taludes en los corte de la lutita durante la época de lluvias, al acelerarse el proceso de intemperización en ella por efecto de : saturación, pendiente del talud y estratificación de la roca; ejemplos de estos problemas se presentan en la Fig. 11.

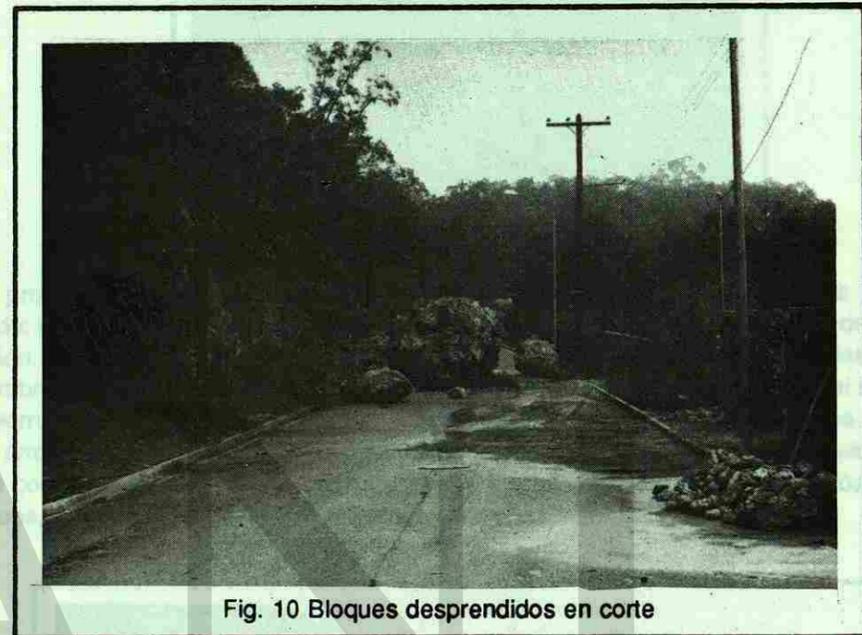
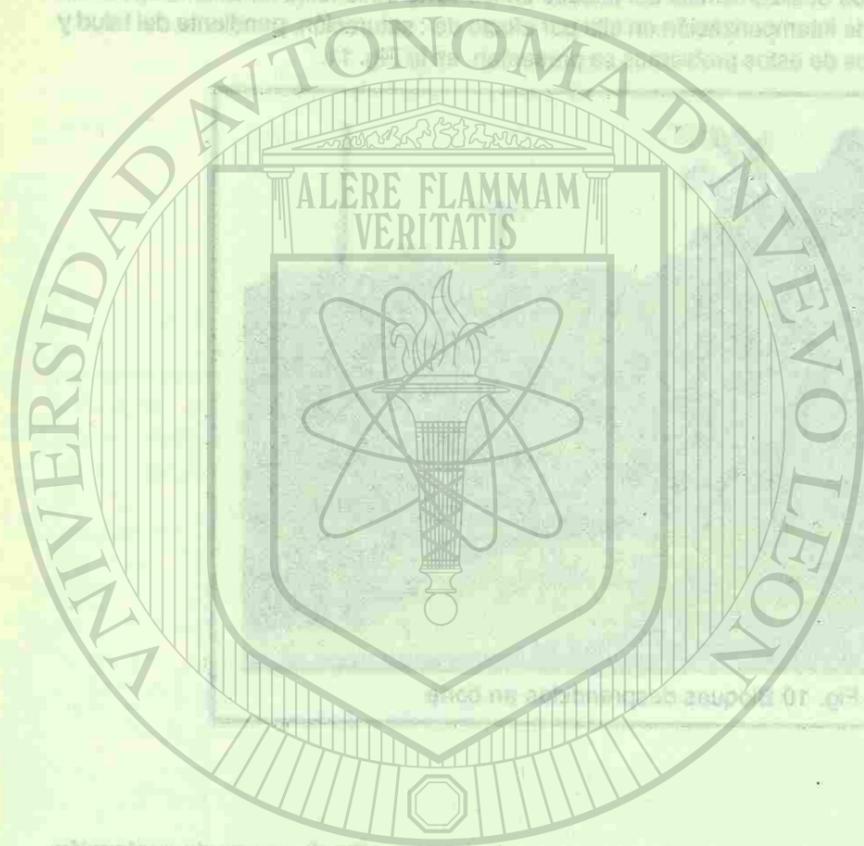


Fig. 10 Bloques desprendidos en corte

Los problemas se han resueltos en muchos casos con la construcción de muros de contención por gravedad, a base de piedra y mortero Fig. 12, con muro de concreto reforzado, o bien, construídas a bases de bloques de concreto armados con castillos y cerramientos de concreto reforzado.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

En caso muy frecuente de problemas de construcción en esta zona se debe tener en cuenta la estabilidad de los taludes de lútila en los cortes realizados durante la construcción de las calles, así como la estabilidad de los taludes y el equilibrio de los taludes por las descomposiciones de las gravas y arenas que se encuentran en estado natural. Además de ser afectados por el agua de lluvia produce un desmoronamiento, voladuras periódicas, etc., dañando las comunicaciones o bien destruyendo viviendas o deteriorando el tránsito vehicular, ver Fig. 10. Son comunes, también los deslizamientos de lútila en los cortes de la zona durante la época de lluvias, al iniciarse el proceso de construcción en las zonas de lútila, como se muestra en la Fig. 11.



Los problemas de construcción en esta zona se han resuelto en muchos casos con la construcción de muros de contención por gravedad, a base de lútila y mortero Fig. 12. Con esto se consigue estabilizar y tener construcciones desde las épocas de construcción de las zonas de lútila y arenas, como se muestra en la Fig. 12.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIENESTAR SOCIAL

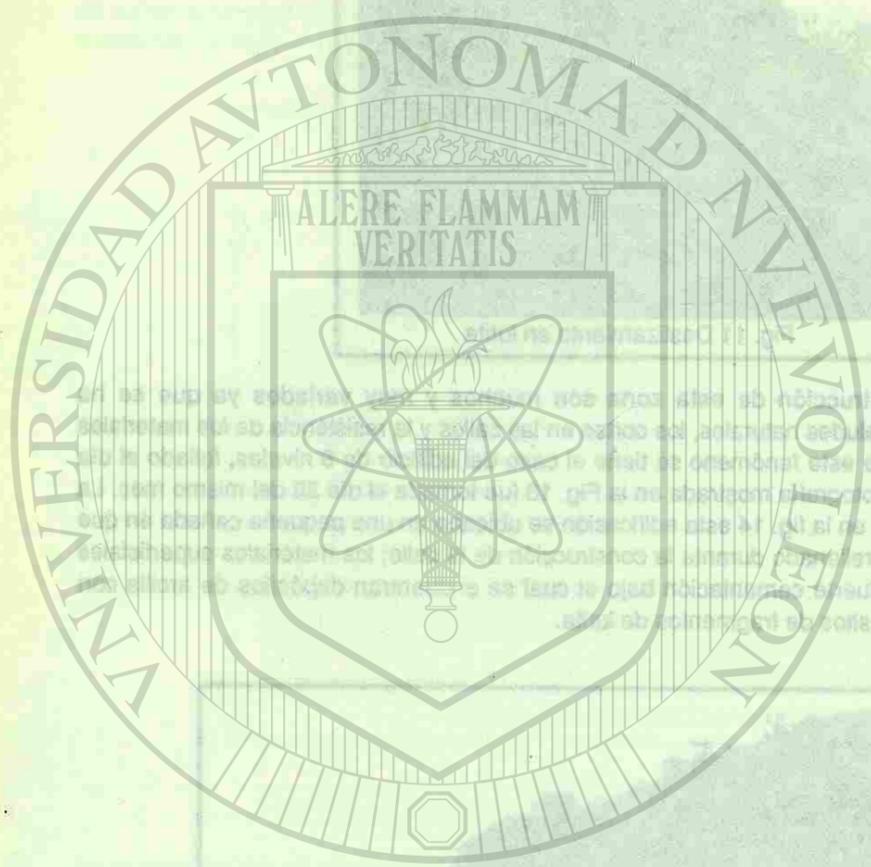


Fig. 11 Deslizamiento en lutita

Los problemas de construcción de esta zona son muchos y muy variados ya que se ha sobreestimado: la estabilidad de taludes naturales, los cortes en las calles y la resistencia de los materiales de cimentación. Como ejemplo de este fenómeno se tiene el caso del edificio de 6 niveles, fallado el día 26 de septiembre de 1988, cuya fotografía mostrada en la Fig. 13 fue tomada el día 20 del mismo mes. La imagen del derrumbe, se muestra en la fig. 14 esta edificación se ubicaba en una pequeña cañada en que el cauce del arroyo fue cortado y rellenado durante la construcción de la calle; los materiales superficiales muestran un conglomerado con fuerte cementación bajo el cual se encuentran depósitos de arcilla con gravas y boleas, además de depósitos de fragmentos de lutita.



Fig. 12 Muro de Mampostería



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIONES

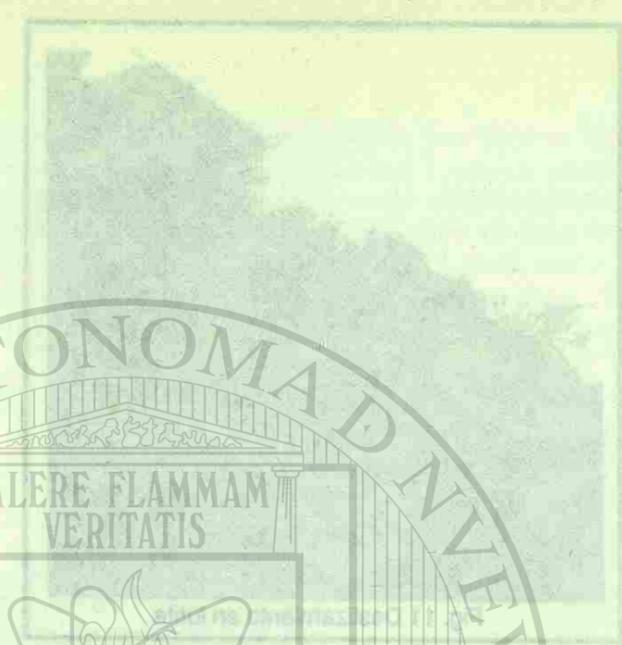


Fig. 13 Edificio en la Colonia Sierra del Valle

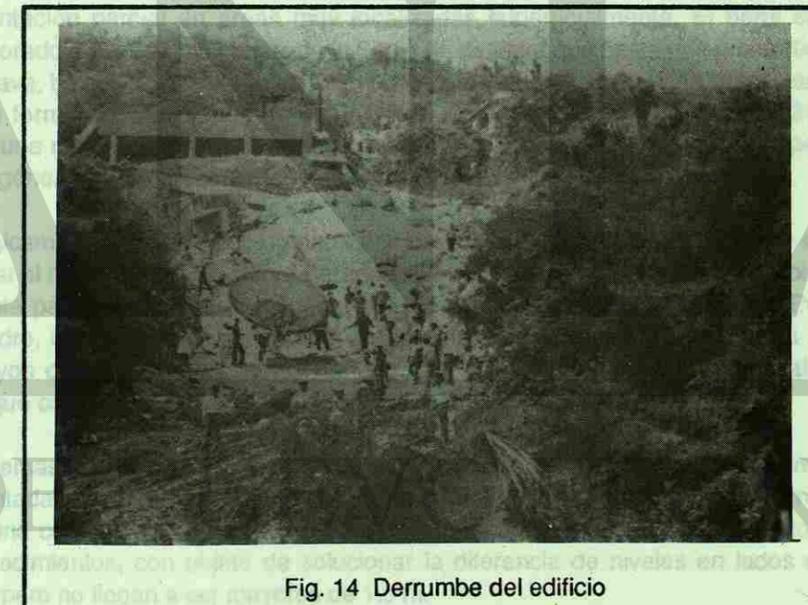


Fig. 14 Derrumbe del edificio

La zona mira...
El caso...
colonia Sierra del Valle...
Formaciones...
mayoría...
La zona...
establecido en...
en que se ubica...
constitución y...
entre 5 y 10%...
y las obras de...

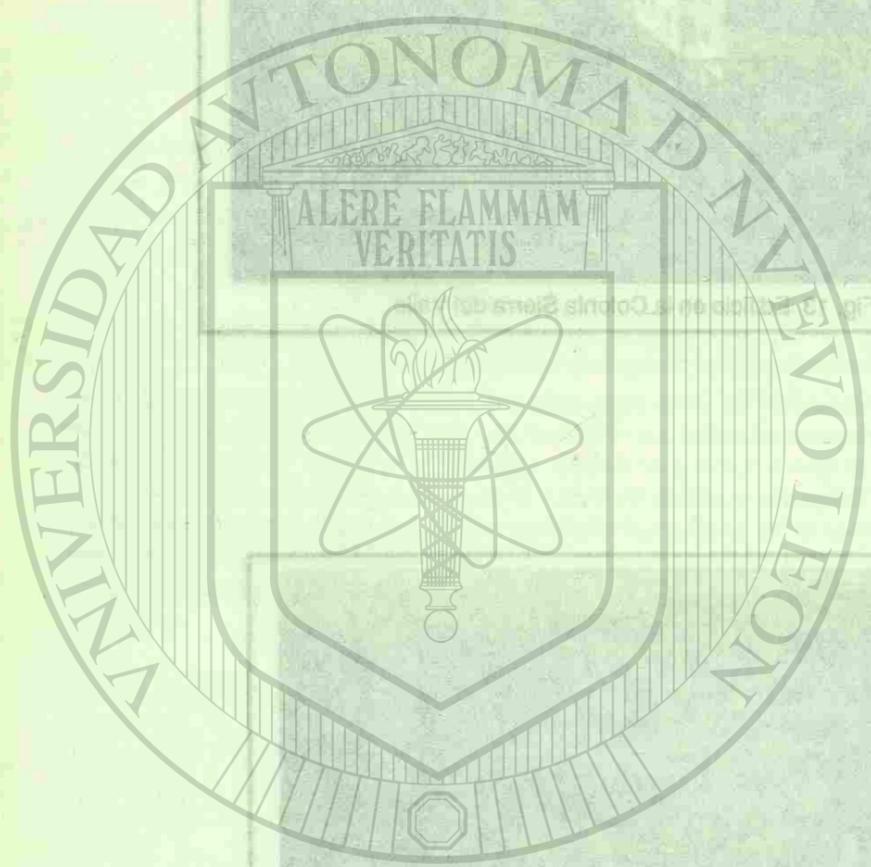
Las formaciones...
por su resistencia a la erosión de tipo...
con las calizas de las Formaciones Aurora y Cupira...

Los suelos que cubren a las laderas...
destrucción...
destrucción...
destrucción...

El estudio...
cuales el...
San Pedro...
cuales de...
destrucción...

Este caso ha motivado a las autoridades a efectuar una revisión de las estructuras de edificios de departamentos situados en esta área para analizar: las condiciones de la superestructura, los sistemas de cementación y las condiciones del suelo sobre los cuales se apoyan.

Este caso ha motivado a las autoridades a efectuar una revisión de las estructuras de edificios de departamentos situados en esta área para analizar: las condiciones de la superestructura, los sistemas de cementación y las condiciones del suelo sobre los cuales se apoyan.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

B) ZONA MITRAS.

Ocupa el franco sur del Cerro de las Mitras, entre las elevaciones 650 y 750 m; comprende las colonias: López Mateos, Lomas del Poniente, Lomas de la Fama, Vista Montaña, El Obispo, y los Fomerreyes 2, 17 y 22, entre otras. Estas son colonias populares cuyas construcciones son en su mayoría casas de interés social de 1 ó 2 niveles.

La expansión de estas colonias se ha realizado en forma horizontal ya que, verticalmente se ha restringido en forma natural, por las grandes pendientes de terreno donde quedan expuestas las calizas en que se ubican las excavaciones de las pedreras, otra fuente importante de materiales triturados para la construcción y materia prima para la fabricación del cemento. Las pendientes en la zona urbanizada, oscila entre 5 y 10%. El trazo de calles obedece a la topografía, por lo cual no existen grandes cortes o rellenos y las obras de drenaje son mínimas.

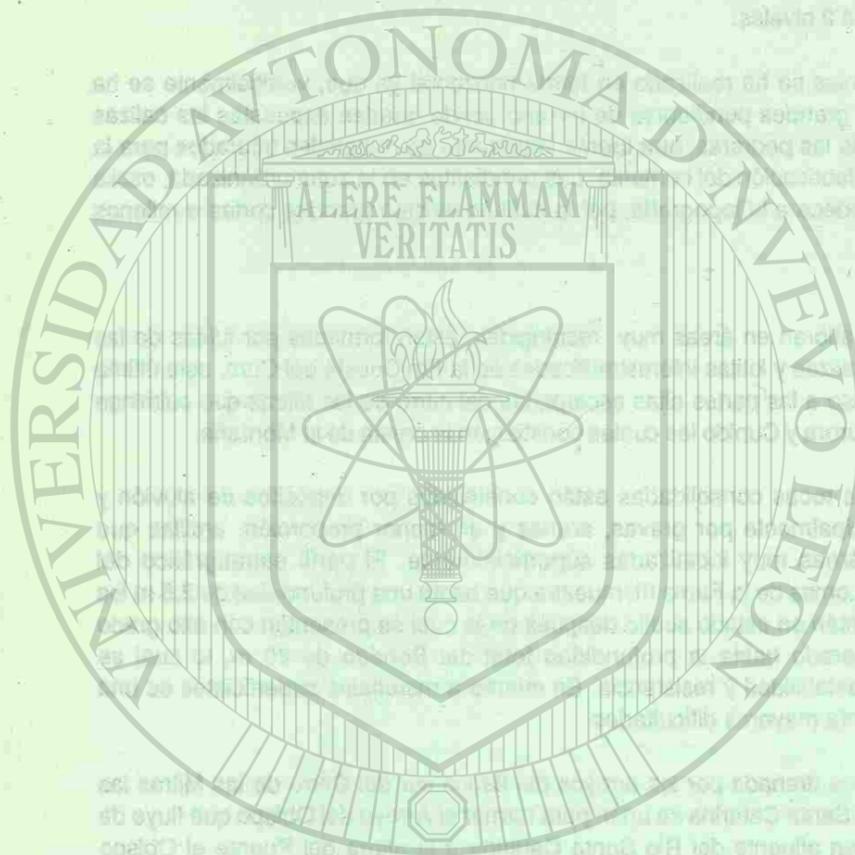
La rocas consolidadas, que afloran en áreas muy restringidas, están formadas por lutitas de las formaciones Parras e Indidura y por calizas y lutitas interestratificadas de la Fm Cuesta del Cura, esta última por su resistencia a la erosión da paso a las partes altas escarpadas del cerro de las Mitras que culminan con las calizas de las Formaciones Aurora y Cupido las cuales constituyen la cresta de la Montaña.

Los suelos que cubren a las rocas consolidadas están constituidos por depósitos de aluvión y conos de deyección formados principalmente por gravas, arenas y en menor proporción, arcillas que muestran cementación parcial en áreas muy localizadas superficialmente. El perfil estratigráfico del Sondeo N° , perforado en la Colonia Lomas de la Fama III, muestra que hasta una profundidad de 2.5 m los materiales de grava, boleó y arcilla están en estado suelto después de la cual se presentan con alto grado de cementación formando conglomerado hasta la profundidad total del Sondeo de 20 m, lo cual se interpreta como una región de gran estabilidad y resistencia. En cuanto a materiales superficiales es una zona muy homogénea que no presenta mayores dificultades.

Hidrologicamente esta zona es drenada por los arroyos del flanco sur del Cerro de las Mitras las cuales al alcanzar el nivel del valle de Santa Catarina se unen para formar el Arroyo del Obispo que fluye de poniente a oriente para constituirse en afluente del Rio Santa Catarina a la altura del Puente el Obispo frente a San Pedro, Garza García. En los nuevos asentamientos Urbanos de esta zona se han invadido cauces de Arroyos que durante las lluvias del Huracán Gilberto fueron seriamente afectados por los escurrimientos que como ejemplo se pueden citar las colonias.

Los sistemas de cimentación más comunes son: cimientos continuos, principalmente, y zapatas aisladas desplantadas casi en forma superficial y con máximo de 1 m de profundidad. En el perímetro de ellos se utiliza una combinación de muro de contención, a base de bloques de concreto reforzados con castillos y contracimientos, con objeto de solucionar la diferencia de niveles en lados opuestos de las construcciones, pero no llegan a ser mayores de 1.5 m.

Los principales problemas que se presentan en esta zona son de tipo hidrológico, pues las grandes pendientes de los arroyos generan arrastre de los materiales sueltos durante lluvias intensas, que ocasionan inundaciones en las construcciones situadas en los cauces de los mismos o cerca de ellos. Durante las lluvias provocadas durante el huracán Gilberto el 17 de Septiembre , las partes bajas de esta zona fueron seriamente dañadas por la crecida del arroyo El Obispo que drena el flanco Sur del Cerro de las Mitras.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

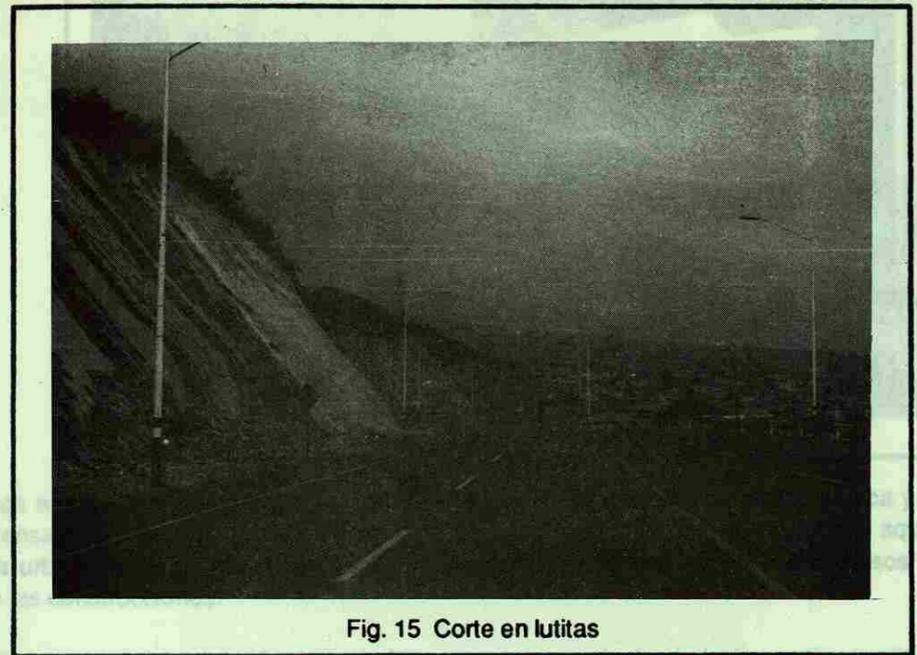
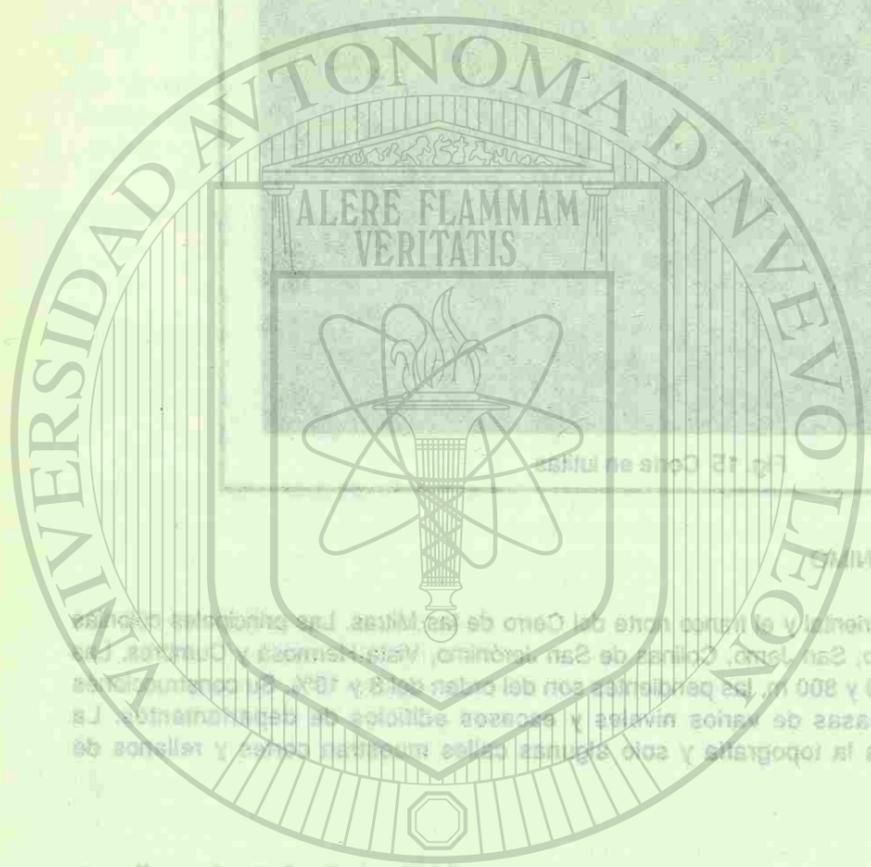


Fig. 15 Corte en lutitas

C) ZONA CUMBRES-SAN JERONIMO

Se sitúa en el extremo oriental y el franco norte del Cerro de las Mitras. Las principales colonias que la forman son: San Jerónimo, San Jemo, Colinas de San Jerónimo, Vista Hermosa y Cumbres. Las elevaciones oscilan entre los 650 y 800 m, las pendientes son del orden del 8 y 10%. Su construcciones son de tipo residencial, con casas de varios niveles y escasos edificios de departamentos. La urbanización se ha adaptado a la topografía y solo algunas calles muestran cortes y rellenos de importancia. Fig. 15.

Los materiales de cimentación lo constituyen las rocas consolidadas en las formaciones Parras, Indidura y Cuesta del Cura, constituidos por lutitas las primeras y calizas y lutitas, la última de ellas; los materiales que las cubren están formadas por aluvión donde predominan boleos, gravas, arenas y arcillas. Fig. 16. El Sondeo N° 7, perforado hasta 30 m de profundidad al Poniente de la Colonia Cumbres, nos refleja una secuencia de grava, boleos, arena, arcilla y conglomerado en forma alterada pero sin llegar a alcanzar la roca consolidada sin embargo la cementación de los materiales muestra su gran estabilidad y resistencia aún en condiciones extremas de flujo de agua superficial o subterráneo.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
 DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



Fig. 16 Boleos y gravas en zona Cumbres

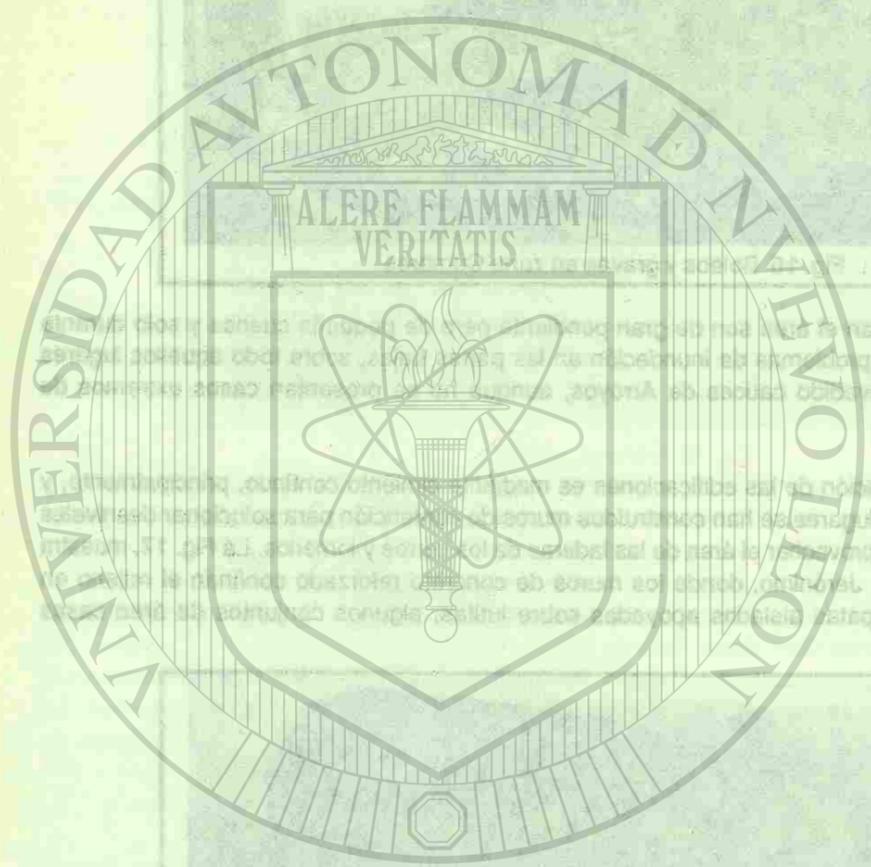
Los arroyos que drenan el área son de gran pendiente pero de pequeña cuenca y solo durante lluvias intensas se presentan problemas de inundación en las partes bajas, sobre todo aquellos lugares en que la urbanización ha invadido cauces de Arroyos, aunque no se presentan casos extremos de daños en las construcciones.

El sistema de cimentación de las edificaciones es mediante cimiento continuo, principalmente, y zapatas aisladas. En algunos lugares se han construídos muros de contención para solucionar desniveles de hasta 10 m con objeto de aprovechar el área de las laderas de los cerros y lomerios. La Fig. 17, muestra la solución en colinas de san Jerónimo, donde los muros de concreto reforzado confinan el relleno en que se sientan, mediante zapatas aisladas apoyadas sobre lutitas, algunos conjuntos de área casas habitación.



Fig. 17 Muros de Contención

En la mayoría de los casos el echado de los estratos favorece la estabilidad de los taludes en los cortes y solo en algunas partes éste se torna desfavorable en los desarrollos de las calles de acceso Fig. 18.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DIRECCIÓN GENERAL D

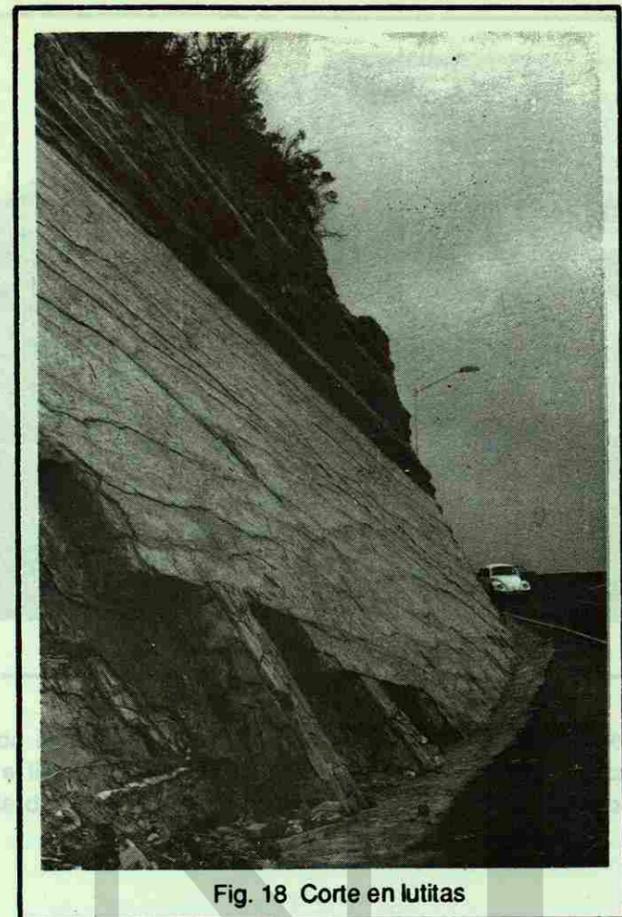


Fig. 18 Corte en lutitas

En términos generales se puede considerar como una región sin mayores problemas, salvo casos aislados en que la urbanización requiere de secciones de corte y terraplén.

D) ZONA TOPO CHICO

Se considera esta zona aquella que bordea el cerro del mismo nombre, situado al Norte de la Ciudad. La mayoría de las colonias son populares y se asientan en las laderas del cerro cuyas pendientes, propiciadas por el afloramiento de calizas, han limitado su crecimiento hacia partes más elevadas. Se puede considerar como zona de riesgo solo aquellas áreas que se asientan en las excavaciones de las antiguas pedreras por la estratificación y fracturamiento de la caliza. Fig. 19.

Los materiales de cimentación están formados principalmente por : aluviones de boleas, gravas y arenas, y en menor escala las lutitas, que forman pequeñas elevaciones, sobre todo en las partes Sureste y Noroeste. La investigación geológica de campo reflejó una favorable disposición de las rocas consolidadas y buena calidad y uniforme distribución de los materiales granulares que las cubren por lo cual no se consideró conveniente la perforación de sondeos en esta área.

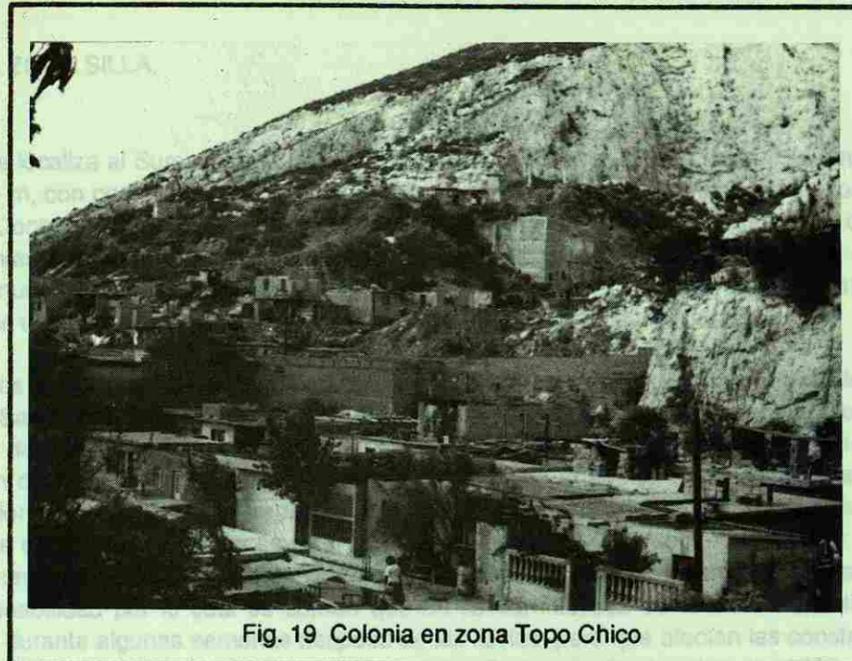
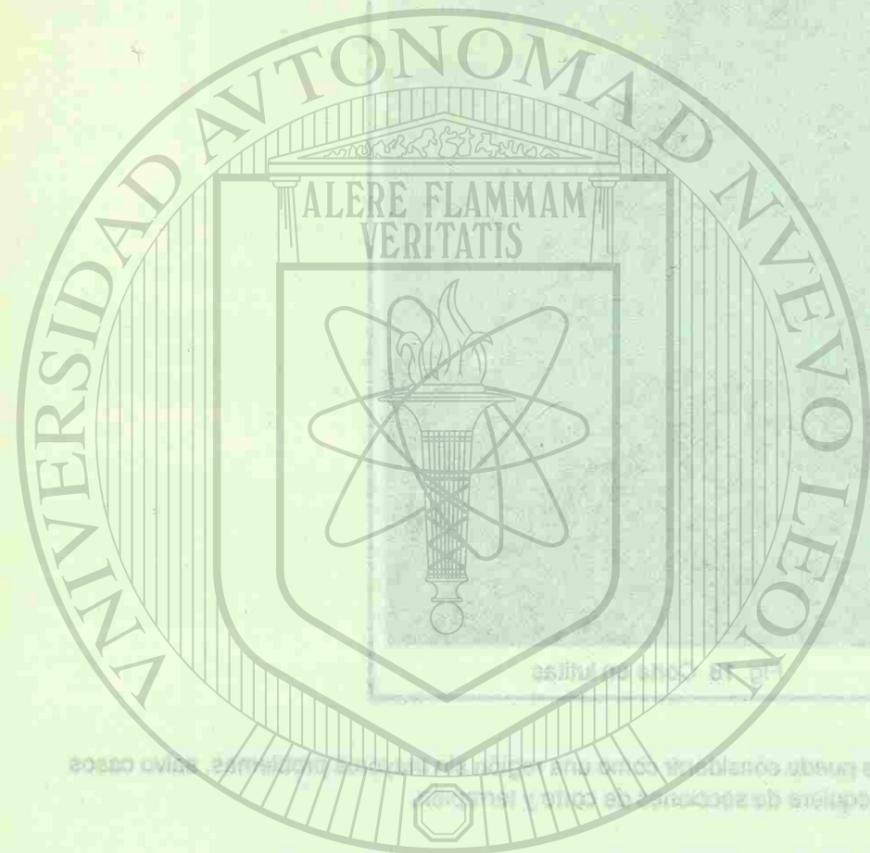


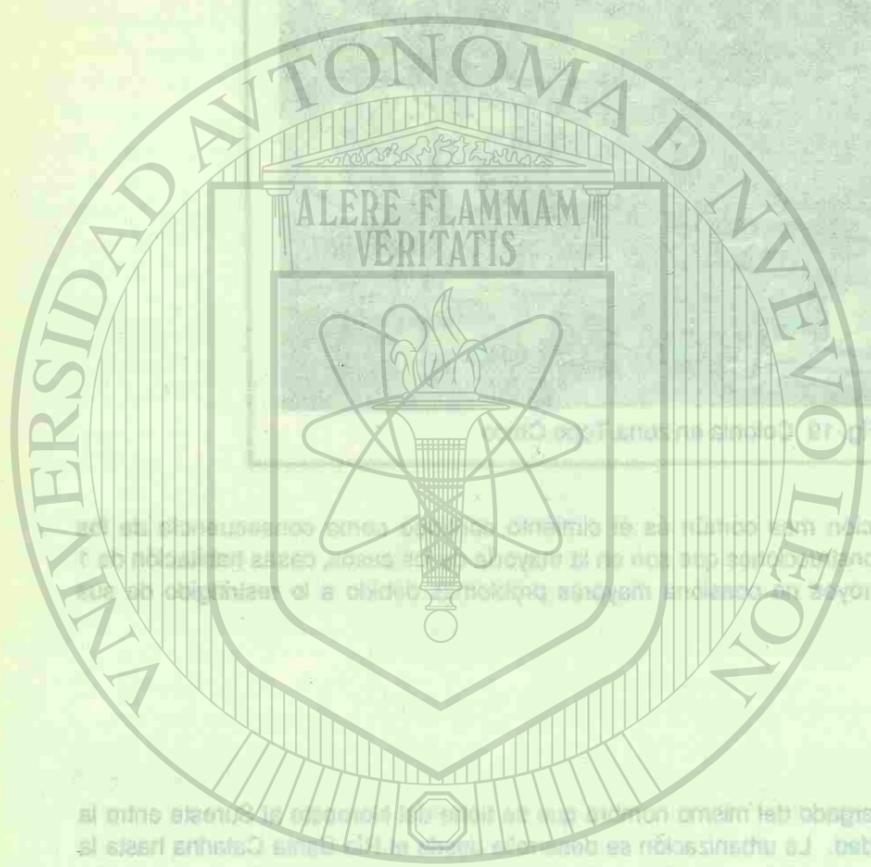
Fig. 19 Colonia en zona Topo Chico

El sistema de cimentación más común es el cimiento continuo como consecuencia de los materiales del suelo y el tipo de construcciones que son en la mayoría de los casos, casas habitación de 1 ó 2 niveles. El drenaje de los arroyos no ocasiona mayores problemas debido a lo restringido de sus cuencas.

E) ZONA LOMA LARGA.

Se localiza en el Cerro alargado del mismo nombre que se tiene del Noroeste al Sureste entre la Sierra Madre y el centro de la Ciudad. La urbanización se desarrolla desde el Río Santa Catarina hasta la parte alta de la loma, con elevaciones máximas de 700 m. Las colonias son en su mayoría de clase baja, donde la topografía escarpada hace difícil la introducción de servicios. Geológicamente es un anticlinal que presenta una serie de fallas a lo largo de su eje y esta formado por lutitas que afloran en la mayor parte de su superficie, por lo cual, las construcciones no presentan mayores problemas en cuanto a capacidad de carga y estabilidad. El drenaje superficial es bueno y no existen arroyos con cuencas y desarrollos importantes.

En los últimos cinco años se han construídos edificios importantes, tanto de oficinas como habitacionales, en extremo Noroeste destacando por su esbeltez y altura, el más elevado 23 pisos, y situados sobre el eje del anticlinal.



F) ZONA SILLA.

Se localiza al Sureste de la Ciudad y ocupa las laderas del Cerro de la Silla, entre las elevaciones 600 y 700 m, con pendientes que oscilan desde 8% hasta 25%. las colonias que las forman son: Villa las Fuentes, Contry, La Herradura, San Angel, Arboledas de la Silla y Unidad Piloto, entre otras. Las primeras son colonias residenciales donde se construye, principalmente, casas habitación de 1 a 3 niveles, mientras que las demás fueron desarrolladas por asentamientos irregulares en terrenos invadidos que carecen de una urbanización adecuada, de ahí la diferencia en la construcción.

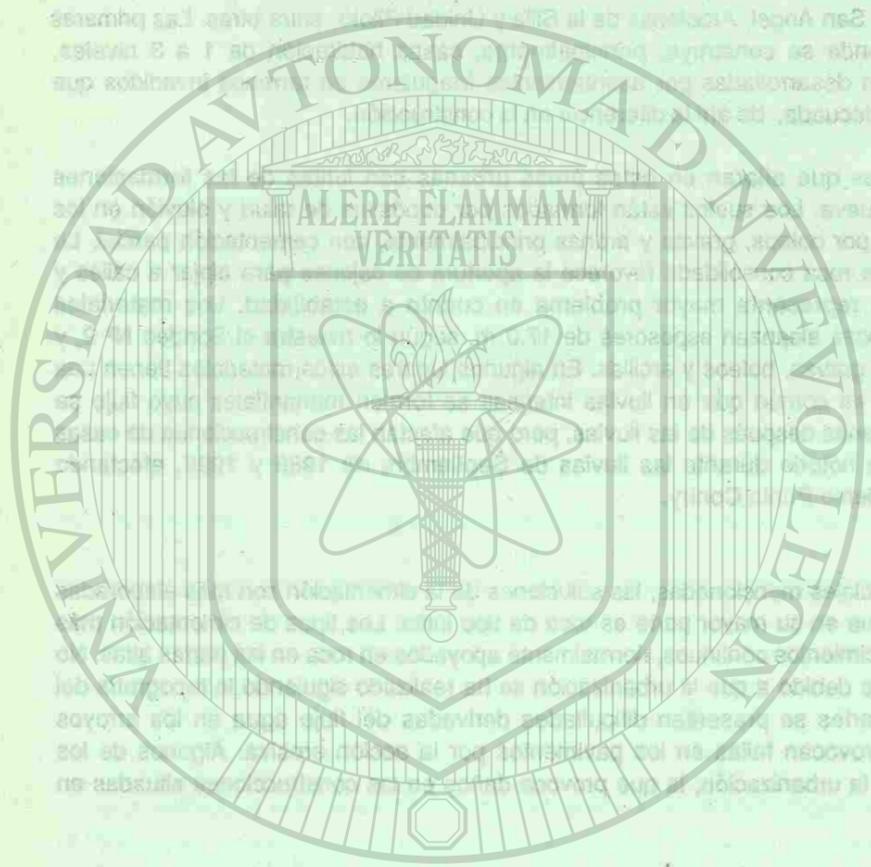
Las rocas consolidadas que afloran en estas áreas urbanas son lutitas de las formaciones Méndez, San Felipe y Agua Nueva. Los suelos están formados por depósitos de talud y aluvión en los conos de deyección formados por boleos, gravas y arenas principalmente, con cementación parcial. La inclinación de los estratos de la roca consolidada favorece la apertura de cajones para alojar a calles y cimentaciones por lo cual no representa mayor problema en cuanto a estabilidad. Los materiales granulares que cubren a las rocas alcanzan espesores de 17.0 m, según lo muestra el Sondeo N° 9, y principalmente constituidos por gravas, boleos y arcillas. En algunos lugares estos materiales tienen una alta permeabilidad por lo cual es común que en lluvias intensas se formen manantiales cuyo flujo se mantiene durante algunas semanas después de las lluvias, pero que afectan las construcciones de casas habitación; este fenómeno fue notorio durante las lluvias de Septiembre de 1988 y 1990, afectando entre otros sitios el Fraccionamiento Punta Contry.

En las colonias residenciales mencionadas, las soluciones de la cimentación son más elaboradas y adaptadas al tipo de suelo, que en su mayor parte es roca de tipo lutita. Los tipos de cimentación más usados son zapatas aisladas y cimientos continuos, normalmente apoyados en roca en las partes altas. No hay grandes cortes en las calles debido a que la urbanización se ha realizado siguiendo la topografía del terreno, aunque en algunas partes se presentan dificultades derivadas del flujo agua en los arroyos durante lluvias intensas que provocan fallas en los pavimentos por la acción erosiva. Algunos de los cauces han sido invadidos por la urbanización, la que provoca daños en las construcciones situadas en esos lugares.

Las colonias populares de esta área se ubican en conos de deyección formados en los cauces de arroyos que drenan las faldas del Cerro de la Silla, o bien, en aquellos casos donde se han alcanzado elevaciones mayores, se asientan sobre lutitas.

Las condiciones de cimentación son principalmente someras y a base de cimiento continuo, dados los tipos de casas que se construyen, el riesgo principal en estos casos es el drenaje de los arroyos con arrastre de material sólido que en algunos casos provoca derrumbes aislados en los taludes por efecto del flujo de agua a través de los materiales permeables de grava y arcilla durante las lluvias. Fig. 20.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
DIRECCIÓN GENERAL DE

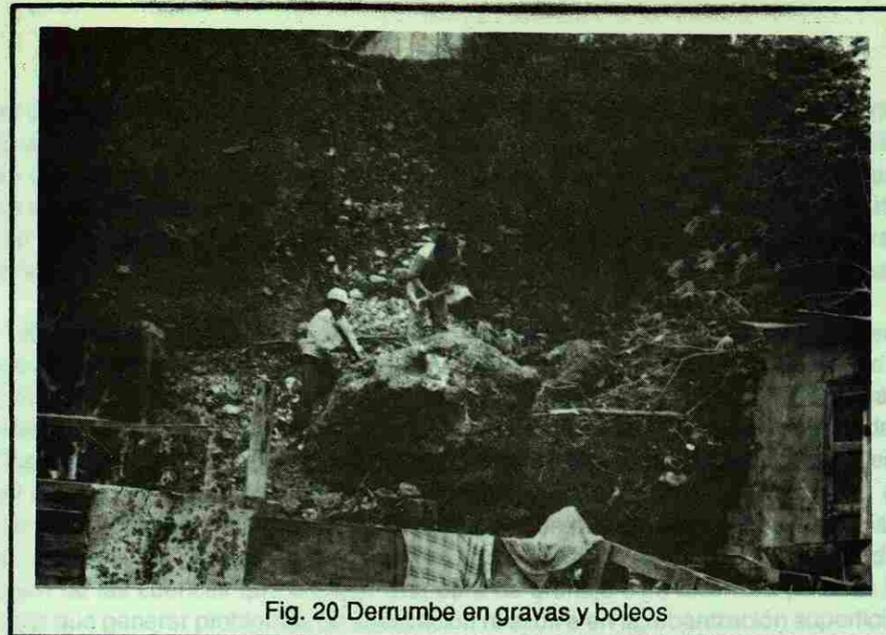
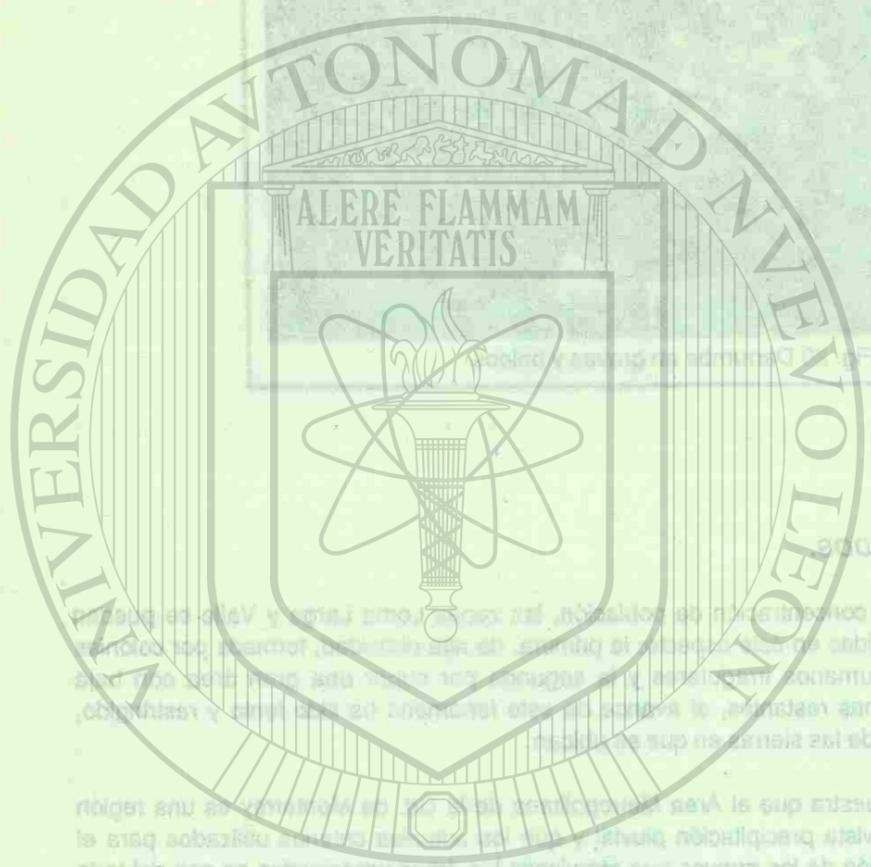


Fig. 20 Derrumbe en gravas y boleos

9. ANALISIS DE RESULTADOS.

Desde el punto de vista concentración de población, las zonas Loma Larga y Valle se pueden considerar como las mas favorecidas en éste aspecto; la primera, de alta densidad, formada por colonias populares con asentamientos humanos irregulares y la segunda por cubrir una gran área con baja densidad poblacional. En las zonas restantes, el avance de este fenómeno ha sido lento y restringido, debido a las grandes pendientes de las sierras en que se ubican.

El análisis hidrológico muestra que el Area Metropolitana de la Cd. de Monterrey es una región heterogénea desde el punto de vista precipitación pluvial y que los actuales criterios utilizados para el cálculo de las obras de canalización de los arroyos que atraviesan las áreas urbanizadas no son del todo correctos pues suponen lo contrario adoptando curvas únicas de HP- D-TR para toda el área. Las curvas de HP-D-TR que se presentan en el anexo, demuestran lo anterior; esto lleva a considerar que en el diseño de estas obras, es necesario utilizar las curvas adecuadas al área en consideración, es decir para localidades en el Norte de la Ciudad, se deberán de tomar las curvas de la Estación Topo Chico, para el centro y sureste, las de la Estación Monterrey y para el poniente las de la Estación Santa Catarina. Los caudales que escurren para las zonas antes mencionadas varían en función de las condiciones fisiográficas de sus cuencas, es decir, longitud del cauce, pendiente media del cauce y tiempo de concentración de la tormenta de diseño. Para mejor comprensión de la variación de la precipitación en cada zona, en el Anexo A se muestran los registros de altura de precipitación para cada una de las estaciones consideradas. Lo anterior queda plenamente demostrado por las lluvias extraordinarias del huracán Gilberto, en donde la mayoría de las obras de canalización fueron insuficientes para drenar los volúmenes de agua de lluvia en esas condiciones. En el análisis comparativo hidrológico se consideró para cada una de las zonas mencionadas una tormenta de 45 minutos de duración, por ser en promedio la duración de las tormentas críticas en el área metropolitana de Monterrey, además de tomarse como período de recurrencia 20 años. Se calcularon las áreas necesarias para drenar la tormenta de diseño en



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL

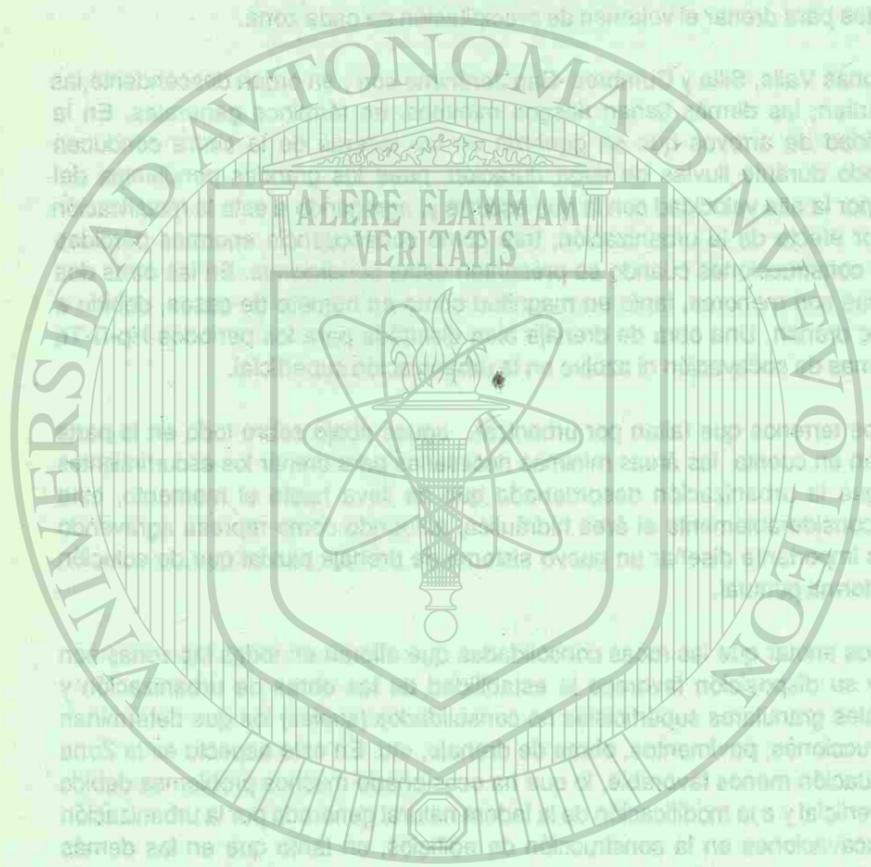
cada uno de los cauces estudiados, estas áreas se refirieron a conductos de sección circular y cuadrada llegando a determinar diámetro y lado respectivamente para cada tipo de conducto; los resultados muestran una gran diferencia entre las dimensiones calculadas y las existentes. Se puede observar que esta área es total pero puede distribuirse en varios conductos para los cuales la sumatoria de sus áreas alcance el área calculada. Con estos resultados se puede comprobar que las estructuras actuales de las zonas en estudio son insuficientes para drenar el volumen de precipitación de cada zona.

Hidrologicamente las zonas Valle, Silla y Cumbres -San Jerónimo son, en orden descendente, las que mayores problemas presentan; las demás tienen riesgos mínimos, en términos generales. En la primera de ellas, la gran cantidad de arroyos que se generan en las laderas de la sierra conducen importantes caudales, sobre todo durante lluvias de larga duración, pues las grandes pendientes del terreno magnifican el problema por la alta velocidad con la que escurre y, agregando a esto la modificación de la red de drenaje natural por efecto de la urbanización, trae como consecuencia enormes pérdidas materiales por los daños en las construcciones cuando se presentan estas condiciones. En las otras dos regiones anotadas, los problemas son menores, tanto en magnitud como en número de casos, debido a la extensión de las cuencas que drenan. Una obra de drenaje bien diseñada para los períodos Hp-D-Tr, no tiene por qué generar problemas de socavación ni azolve en la urbanización superficial.

Es importante que en los terrenos que faltan por urbanizar, aguas abajo sobre todo en la parte oriente de Garza García se tomen en cuenta las áreas mínimas necesarias para drenar los escurrimientos superficiales de la zona, ya que la urbanización desordenada que se lleva hasta el momento, está relleno de arroyos reduciendo considerablemente el área hidráulica, actuando como represa agravando más el problema de drenaje. Es importante diseñar un nuevo sistema de drenaje pluvial que de solución integral en toda la zona y no en forma puntual.

Geológicamente podemos anotar que las rocas consolidadas que afloran en todas las zonas son de carácter arcilloso-calcareo y su disposición favorece la estabilidad de las obras de urbanización y edificaciones, siendo los materiales granulares superficiales no consolidados (suelos) los que determinan el comportamiento de las construcciones, pavimentos, obras de drenaje, etc. En este aspecto es la Zona Valle a la que corresponde la situación menos favorable, lo que ha ocasionado muchos problemas debido a la inestabilidad de su suelo superficial y a la modificación de la ladera natural generada por la urbanización con los cortes, terraplenes y excavaciones en la construcción de edificios, en tanto que en las demás zonas no presentan mayores problemas en este aspecto.

En cuanto a la información obtenida en los sondeos perforados en la Zona Valle, nos conduce a modificar el modelo conceptual de la disposición de los materiales granulares superficiales, ya que originalmente se les consideró con una secuencia normal de depositación, es decir, los bloques y boleos de gran tamaño apoyados en las rocas consolidadas del sustrato rocoso en la falda de la sierra, sobre los cuales se encontraban los fragmentos de menor tamaño hasta culminar con materiales más finos como arenas y arcillas; sin embargo los sondeos muestran una ausencia de bloques en la zona más baja de la sierra y bloques y fragmentos de menor tamaño en la zona intermedia. La condición anterior nos orienta a establecer un sustrato rocoso escalonado donde los fragmentos de mayor tamaño están en estado de equilibrio en la parte alta y los demás materiales tendrían una disposición similar porque de lo contrario se hubieran presentado deslizamientos en masa de los materiales granulares, algo que no ha ocurrido recientemente.



10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Este estudio nos permite concluir lo siguiente:

- 1.- Existe la tendencia a la urbanización de laderas en las montañas y cerros como consecuencia del aumento de población y el atractivo que representan su vegetación y sus vistas panorámicas hacia el valle del Área Metropolitana de Monterrey.
- 2.- Las condiciones geológicas, topográficas e hidrológicas del frente de la Sierra Madre Oriental generan el más alto riesgo por urbanización en la zona Valle a la que le siguen, en orden descendente, las zonas Cumbres, Silla, San Jerónimo, Mitras, Topo Chico y Loma Larga.
- 3.- En la zona Valle los principales problemas se deben al estado suelto de los materiales granulares que cubren a las rocas consolidadas, en donde se producen importantes fenómenos erosivos por el escurrimiento del agua en los arroyos y el depósito de los materiales transportados en áreas bajas lo que ocasiona daños en zonas residenciales tanto en construcciones como en obras de drenaje pluvial.
- 4.- La urbanización ha llegado a invadir cauces de arroyos tanto en la zona Valle como la de Mitras, Cumbres, San Jerónimo y Silla, lo que representa un alto riesgo de los habitantes ante fenómenos extraordinarios como el huracán Gilberto.
- 5.- Hasta ahora no se han hecho mayores esfuerzos, por parte de las autoridades competentes como de los propietarios, para cuantificar la magnitud del problema que enfrenta la zona Valle en cuanto al comportamiento del suelo del área y su distribución a profundidad.
- 6.- En la mayoría de los casos, en los edificios de apartamentos y las construcciones importantes de la zona Valle tienen cimentaciones someras cuyo comportamiento esta supeditado a las variaciones de capacidad de carga del suelo y sus deformaciones cuya estabilidad se modifica constantemente por las nuevas construcciones y la apertura de calles en los nuevos fraccionamientos.
- 7.- La zona metropolitana de Monterrey es una región meteorológicamente heterogénea.
- 8.- La urbanización ha alterado en forma alarmante las áreas hidráulicas naturales de los cauces entorpeciendo el drenaje natural de estas.
- 9.- La zonas analizadas se pueden clasificar en forma descendente de acuerdo a su riesgo hidrológico de la siguiente manera:
 - ✓ Zona Valle
 - ✓ Zona Silla
 - ✓ Zona Cumbres - San Jerónimo
 - ✓ Zona Mitras
- 10.- Las estructuras de drenaje en las zonas de estudio son insuficientes para drenar tormentas extraordinarias, y en algunas zonas, ni siquiera existen.

Este estudio nos permite concluir lo siguiente:

1.- Existe la tendencia a la urbanización de la zona Valle y en consecuencia se genera el aumento de la población y el crecimiento de la zona metropolitana de Monterrey.

2.- Las condiciones geológicas, topográficas y pluviométricas de la zona Valle generan el más alto riesgo por inundación en la zona Valle.

3.- En la zona Valle los problemas de drenaje se deben a la falta de un sistema de drenaje que cubra a las zonas de riesgo, en consecuencia se debe producir un sistema de drenaje que cubra a las zonas de riesgo y el desarrollo de las zonas de riesgo.

4.- La urbanización de la zona Valle genera un alto riesgo por inundación en la zona Valle y en consecuencia se debe producir un sistema de drenaje que cubra a las zonas de riesgo.

5.- Hasta ahora no se han hecho estudios de riesgo por inundación en la zona Valle y en consecuencia se debe producir un sistema de drenaje que cubra a las zonas de riesgo.

6.- En la mayoría de los casos, las edificaciones y las construcciones de la zona Valle tienen cimentaciones especiales que no están diseñadas para soportar la capacidad de carga del suelo y sus deformaciones que se establecen en consecuencia por las nuevas construcciones y la agitación de las zonas de riesgo.

7.- La zona metropolitana de Monterrey es una zona de riesgo por inundación y en consecuencia se debe producir un sistema de drenaje que cubra a las zonas de riesgo.

8.- La urbanización de la zona Valle genera un alto riesgo por inundación y en consecuencia se debe producir un sistema de drenaje que cubra a las zonas de riesgo.

9.- En las zonas urbanizadas se pueden observar en forma constante el aumento de la población y el crecimiento de la zona metropolitana de Monterrey.

10.- Las edificaciones y las construcciones de la zona Valle tienen cimentaciones especiales que no están diseñadas para soportar la capacidad de carga del suelo y sus deformaciones que se establecen en consecuencia por las nuevas construcciones y la agitación de las zonas de riesgo.

Lo anterior nos lleva a proponer las siguientes recomendaciones:

1.- Que las dependencias oficiales adopten la zonificación hidrológica propuesta en este trabajo y sus curvas Hp-D-Tr para el cálculo y diseño de las obras de drenaje pluvial en el área metropolitana de Monterrey.

2.- Que las autoridades encargadas de aprobar los proyectos de urbanización, revisen los cálculos hidrológicos del diseño de obras de drenaje pluvial para el área metropolitana de Monterrey, bajo el criterio propuesto.

3.- Que el plan de desarrollo urbano de Monterrey, contemple, entre otras cosas, el respeto absoluto a los cauces de arroyos y ríos declarándolos zona de veda para fines de edificación.

4.- Que el Gobierno del Estado promueva ante la Comisión Nacional del Agua, la instalación de nuevas estaciones meteorológicas automáticas, equipadas con sistema de telecomunicación para prevenir a la población ante el riesgo de inundación.

5.- Que las autoridades competentes promuevan la realización de estudios geológicos a detalle, en las sierras que bordean el área metropolitana de Monterrey, con objeto de detectar posibles riesgos.

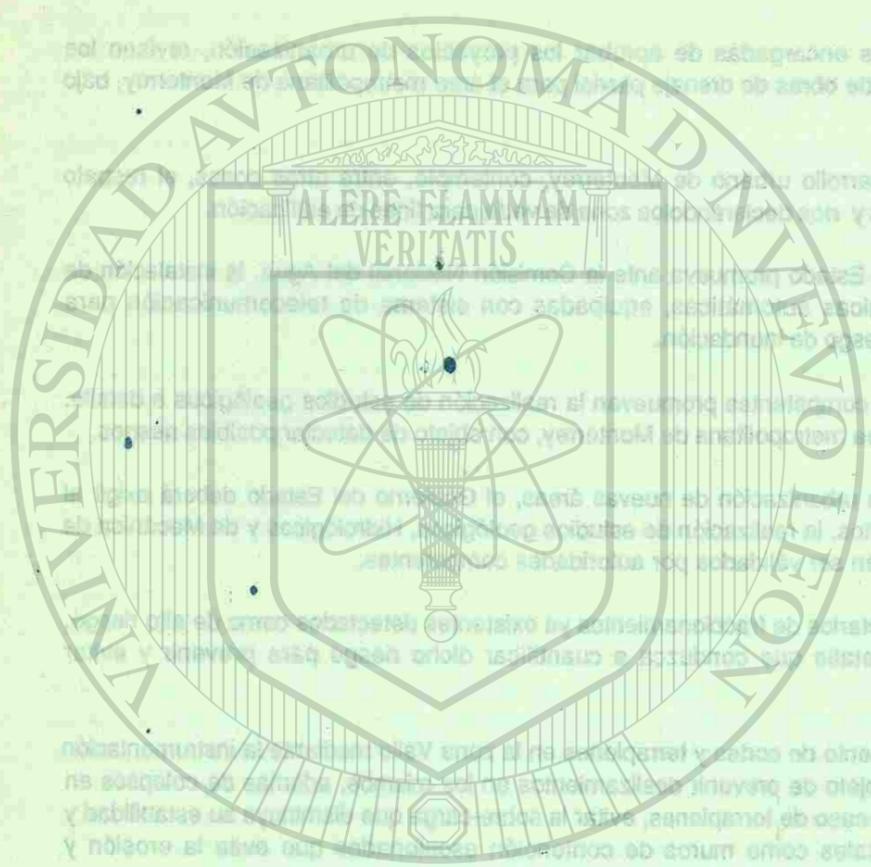
6.- Antes de autorizar la urbanización de nuevas áreas, el Gobierno del Estado deberá exigir al fraccionador, entre otros requisitos, la realización de estudios geológicos, Hidrológicos y de Mecánica de Suelos, cuyos resultados deberán ser validados por autoridades competentes.

7.- Proponer ante propietarios de fraccionamientos ya existentes detectados como de alto riesgo, la realización de estudios a detalle que conduzca a cuantificar dicho riesgo para prevenir y evitar desastres.

8.- Vigilar el comportamiento de cortes y terraplenes en la zona Valle mediante la instrumentación de sitios de observación, con objeto de prevenir deslizamientos en los mismos, además de colapsos en construcciones existentes. En el caso de terraplenes, evitar la sobre-carga que disminuya su estabilidad y construir obras de protección tales como muros de contención escalonados que evite la erosión y socavación.

9.- Exigir las memorias de cálculo y supervisar la construcción de muros de contención y edificaciones, a los dueños de predios urbanizados en las áreas de mayor riesgo.

10.- En el proyecto y construcción de edificios, en la Zona Valle se recomienda que las cimentaciones sean adecuadas a las condiciones geológicas del sitio, definido esto por un concienzudo estudio geotécnico que lleve a definir, entre otras cosas, la profundidad de la roca consolidada y la estratigrafía de los suelos, su continuidad y sus propiedades mecánicas. Lo anterior puede dar lugar a la construcción de cimentaciones especiales tales como pilotes, pilas, cilindros, losas o cualquier otro sistema que garantice la seguridad de la construcción.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

11. AGRADECIMIENTOS.

La realización de este trabajo fue posible gracias a la colaboración entusiasta y desinteresada de las autoridades y personal de la U.A.N.L. y de su Facultad de Ingeniería Civil.

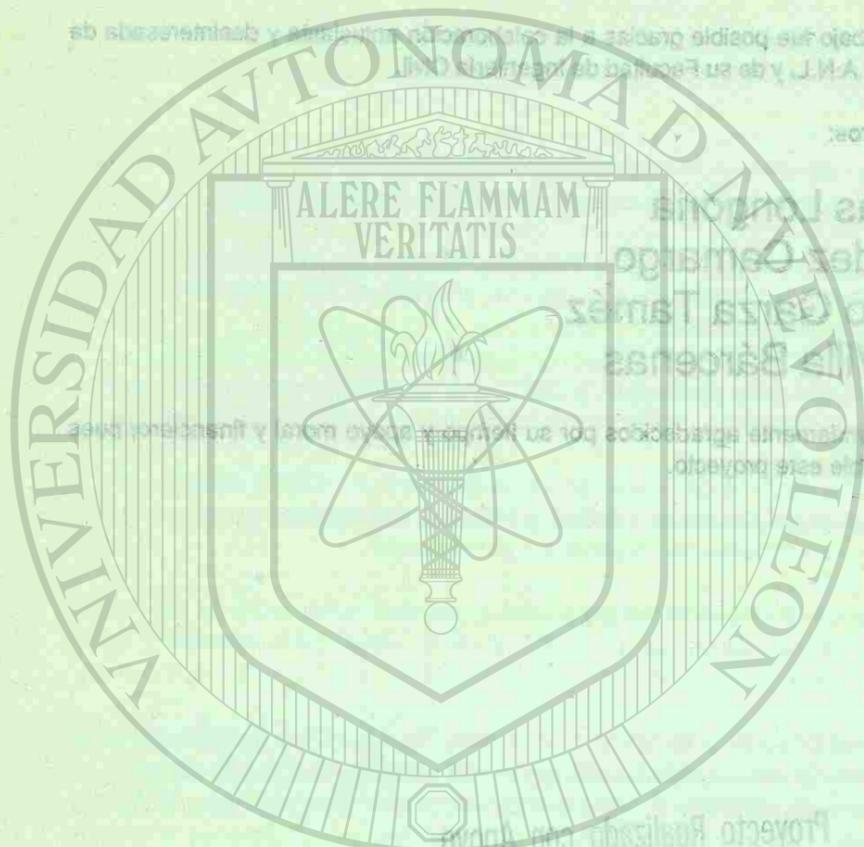
En especial a los Ingenieros:

- Gregorio Farías Longoria
- David Fernández Camargo
- Juan Francisco Garza Taméz
- José Román Villa Bárcenas

A quienes estamos profundamente agradecidos por su tiempo y apoyo moral y financiero, pues sin su ayuda no hubiera sido posible este proyecto.

Proyecto Realizado con Apoyo
de la Secretaría de Educación Pública
D. G. I. C. S. A.
Convenio No. 088-01-0178





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

12. REFERENCIAS.

- Aparicio, M., F.J., Fundamentos de Hidrología de Superficie, Ed. Limusa, pp. 23-25, 1989.
- Bell, F.C., Generalized Rainfall-Duration-Frequency relationships, proc. ASCE, Journal of Hydraulics Div., Vol 95 núm. HY1, pp 311-327. 1969.
- Campos, A., D.F., Manual para Estimación de Avenidas de Diseño en Cuencas menores de 15 Km², anexo D: Relaciones entre las precipitaciones de uno y 24 horas para períodos de retorno de dos y 100 años. Subdirección Regional de Noreste de Obras Hidráulicas e Ing. Agrícola para el Desarrollo Rural, S.A.R.H., San Luis Potosí, México, 84 pp., 1984.
- Chen, C-L; Rainfall Intensity-Duration-Frequency formulas, proc. ASCE, Journal of Hydraulics Engineering, Vol.109, núm. 12, paper num. 18441, pp. 1603-1621, 1983.
- Humphrey, W.E. y Díaz, G.T. (1956) "Estratigrafía y Tectónica de la Sierra Madre Oriental entre Monterrey, N.L. y Torreón, Coah." Congreso Geológico Internacional, México 1956
- López, R.E. (1972) "Bosquejo Geológico del Estado de Nuevo León", Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros.
- López, R.E. (1972) "Geología de México", Edición Particular.
- Montemayor, H.A. (1971) "Historia de Monterrey", Primera Edición Asociación de Editores y Libreros de Monterrey.
- Mullerried, F.K.G. (1944 y 1946) "Geología del Estado de Nuevo León", Instituto de Investigaciones, U.N.L.
- Saldaña, J.P. (1988) "¿Y que hicimos? ... Monterrey en el Siglo XX", Producciones al Voleo-El Troquel, S.A., Monterrey, N.L. México.
- S.A.R.H. "Atlas del Agua de la República Mexicana", 1976.
- Secretaría de Recursos Hidráulicos (ed.); Boletín de tormentas máximas observadas y probables en México en 24 horas (hasta 1974), Dirección General de Estudios, Subsecretaría de Planeación, México, D.F. 1976.
- Torres, L.E. y Santoscoy, M.A. (1985) "La Historia del Agua en Monterrey", Ediciones Castillo.
- Varios (1984) "Geología de la República Mexicana", Fac. Ing. U.N.A.M. - INEGI
- U.S. Weather Bureau, Rainfall Frequency Atlas of United States, Technical paper, num. 40, Washington, D.C., E.U.A.1961.

12. REFERENCIAS

Apacio, M. F.L., Fundamentos de Hidrología de Superficie, Ed. Limusa, pp. 23-25, 1989.

Bell, F.O., Generalized Rainfall-Duration-Frequency Analysis, Journal of Hydrologic Div., Vol. 95, núm. HY1, pp. 311-327, 1969.

Campos, A. D.F., Manual para el Diseño de Obras de Ingeniería Hidráulica, 15 Ed., Ed. Limusa, México, 1985.

Kmz, arzo D, Relaciones entre las precipitaciones y las inundaciones en la zona de 100 años Subdivisión Regional de los Estados de México para el Distrito Federal, S.A.R.M., San Luis Potosí, México, 1978.

Qren, G.I., Rainfall Intensity-Duration-Frequency Analysis, Journal of Hydrologic Engineering, Vol. 109, núm. 12, pp. 1841-1844, 1984.

Hungrrey, W.E. y Das, G.T. (1958) "Estadística y Teoría de las Series Muestras", México, N.L. y Tomsón, Coar., Congres Geológico Internacional, México, 1958.

López, R.E. (1972) "Geología del Estado de Nuevo León", Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros.

López, R.E. (1972) "Geología de México", Edición Particular.

Montemayor, H.A. (1971) "Historia de Monterrey", Primer Edición Asociación de Industrias y Listos de Monterrey.

Mulleried, F.K.G. (1944 y 1945) "Geología del Estado de Nuevo León", Instituto de Investigaciones U.N.L.

Saldaña, J.R. (1988) "¿Y que futuro? .. Monterrey en el Siglo XX", Producciones al Vaso-El Topus, S.A., Monterrey, N.L., México.

S.A.R.H. "Atlas del Agua de la República Mexicana", 1976.

Secretaría de Recursos Hidráulicos, Boletín de Informes de las Comisiones de Estudios y Estudios en México en 24 tomos (hasta 1974), División General de Estudios, Secretarías de Planeación México, D.F., 1976.

Torres, L.E. y Sarmiento, M.A. (1985) "La Historia del Agua en Monterrey", Ediciones Castillo.

U.S. Weather Bureau, Rainfall Frequency Atlas of United States, Technical Paper, num. 40, Washington, D.C., E.U.A. 1961.

Varios (1982) "Nuevo León y Monterrey, Radiografía de una Potencia Industrial", Revista de Geografía Universal. Edición Especial.

Wall, J.R. et al (1961) "Geology of the Monterrey Area, Nuevo León, México", Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions.

ANEXO

JUANIL

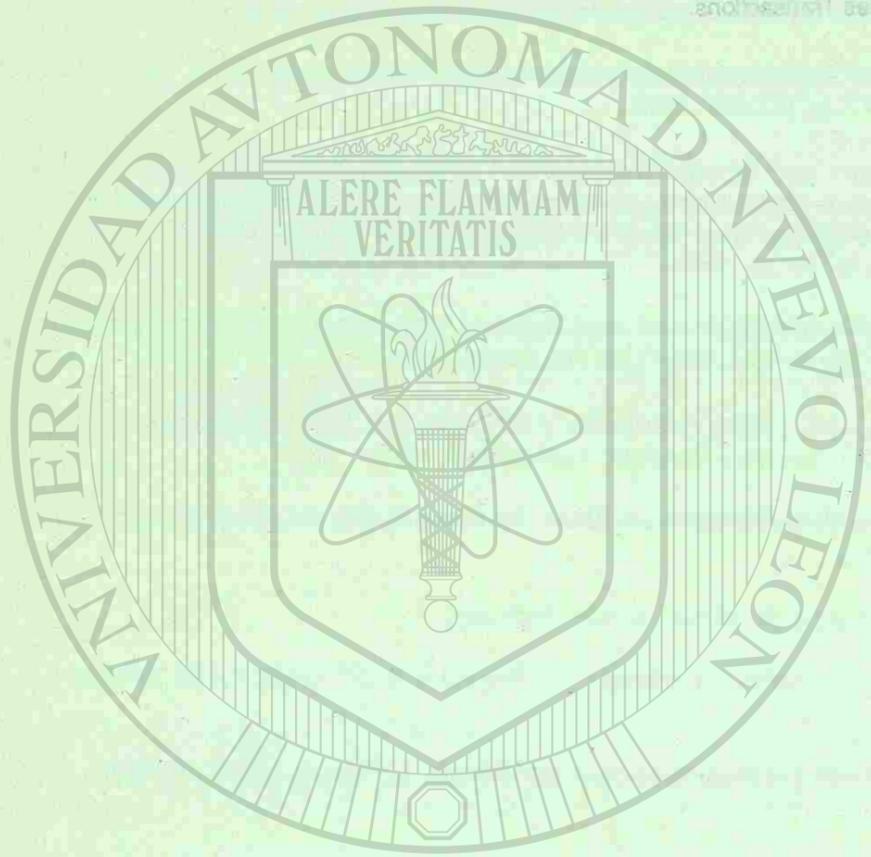
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Walt, J.R. et al. (1961) Geology of the Monterrey Area, Nuevo León, México. Bull. Geol. Association of Geological Societies Transitions.

Varios (1982) Nuevo León y Monterrey, Radiografía de una Patricia industrial. Revista de Geografía Universitaria, Edición Especial.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

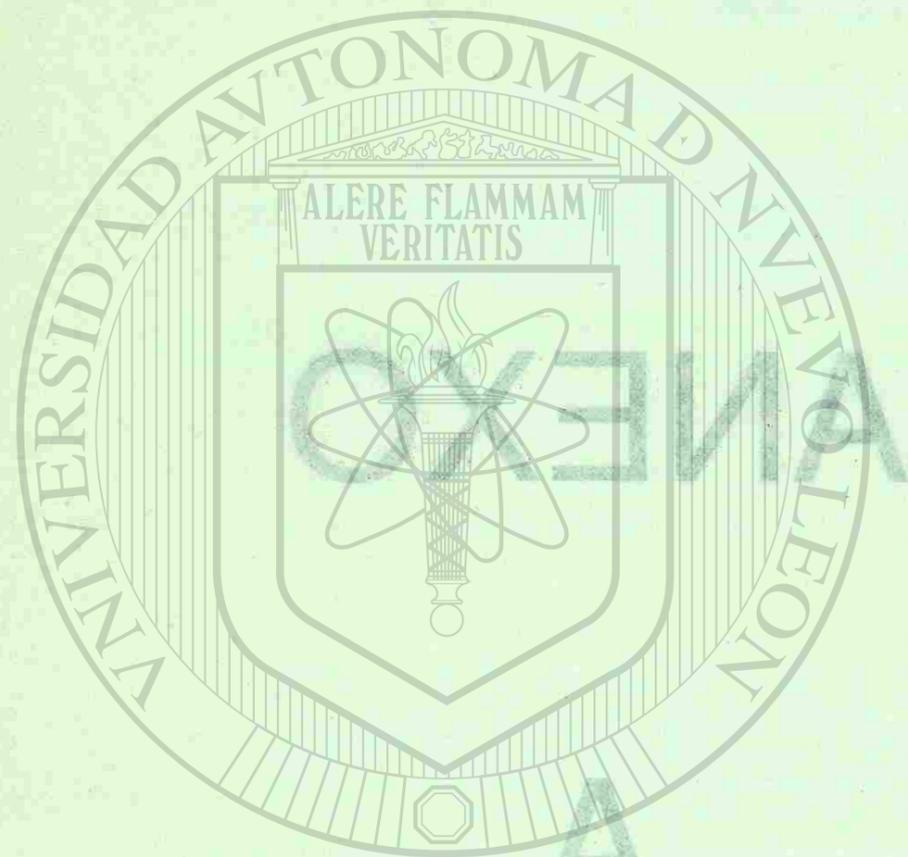
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CONTENIDO

- ✓ MAPA GEOLOGICO DE MONTERREY.
- ✓ UBICACION DE LAS ESTACIONES METEOROLOGICAS.
- ✓ CURVAS HP-D-TR.
- ✓ REGISTROS DE ALTURA DE PRECIPITACION.
- ✓ PLANOS DE UBICACION DE CAUCES Y SONDEOS.
- ✓ SONDEOS GEOTECNICOS. ®

ANEXO

U A N L
A

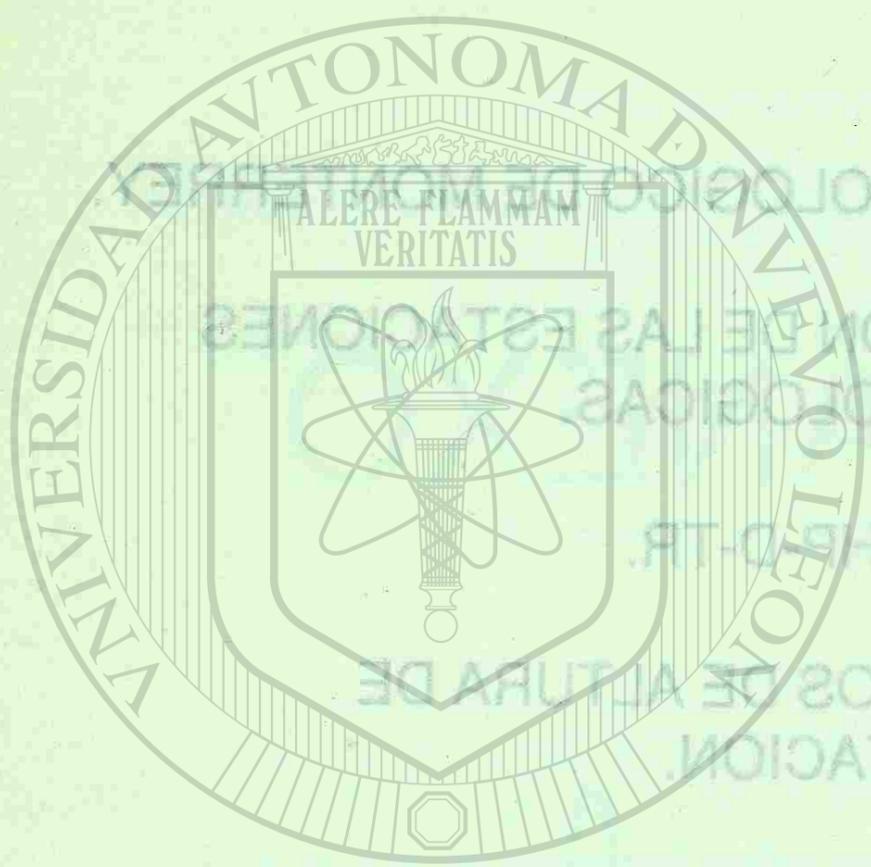


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CONTENIDO

- ✓ MAPA GEOLOGICO DE MONTERREY.
- ✓ UBICACION DE LAS ESTACIONES METEOROLOGICAS.
- ✓ CURVAS HP-D-TR.
- ✓ REGISTROS DE ALTURA DE PRECIPITACION.
- ✓ PLANOS DE UBICACION DE CAUCES Y SONDEOS.
- ✓ SONDEOS GEOTECNICOS. ®



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

PLANOS DE UBICACION DE CAUCES
Y SONDEOS.

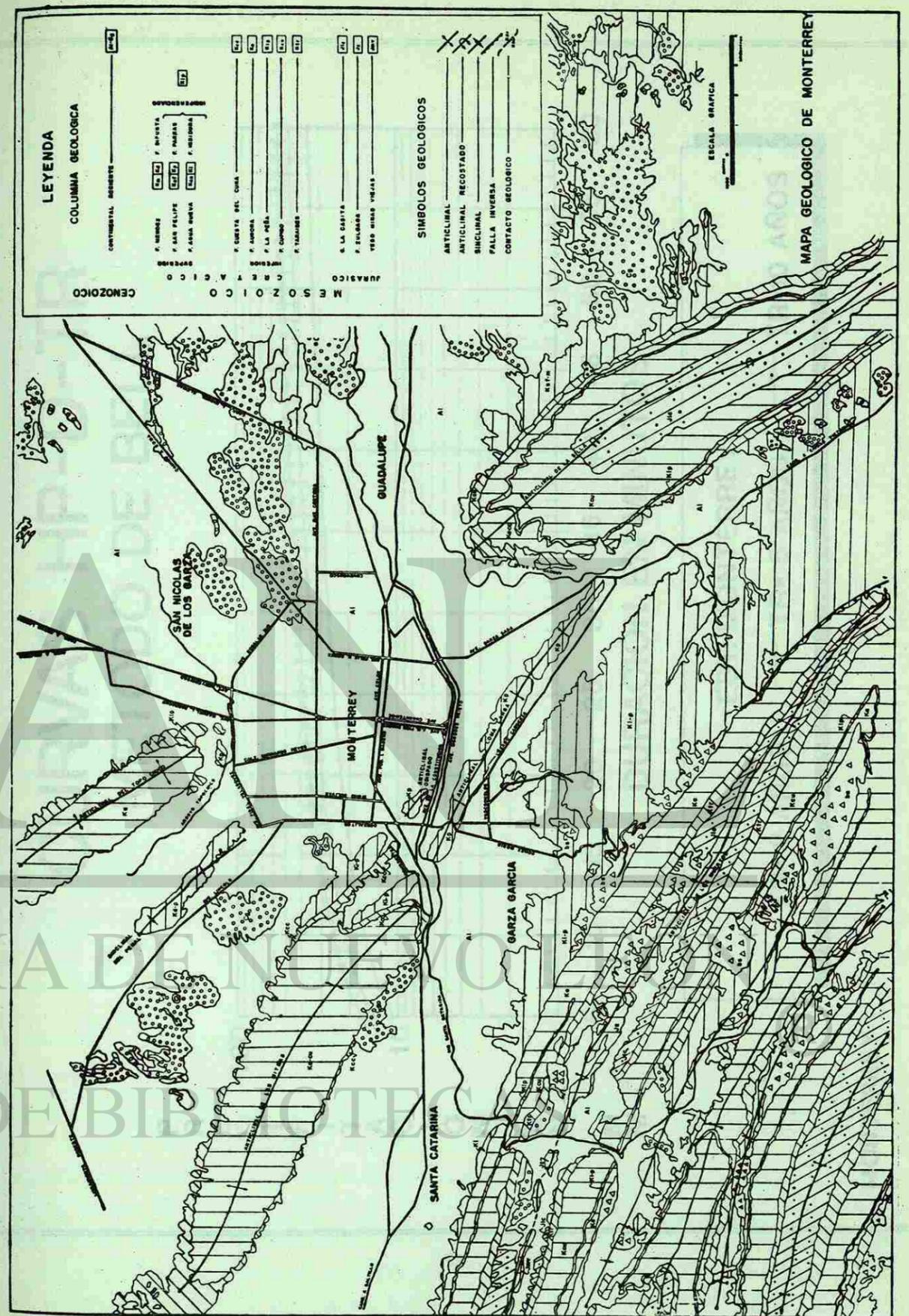
REGISTROS DE ALTURA DE
PRECIPITACION.

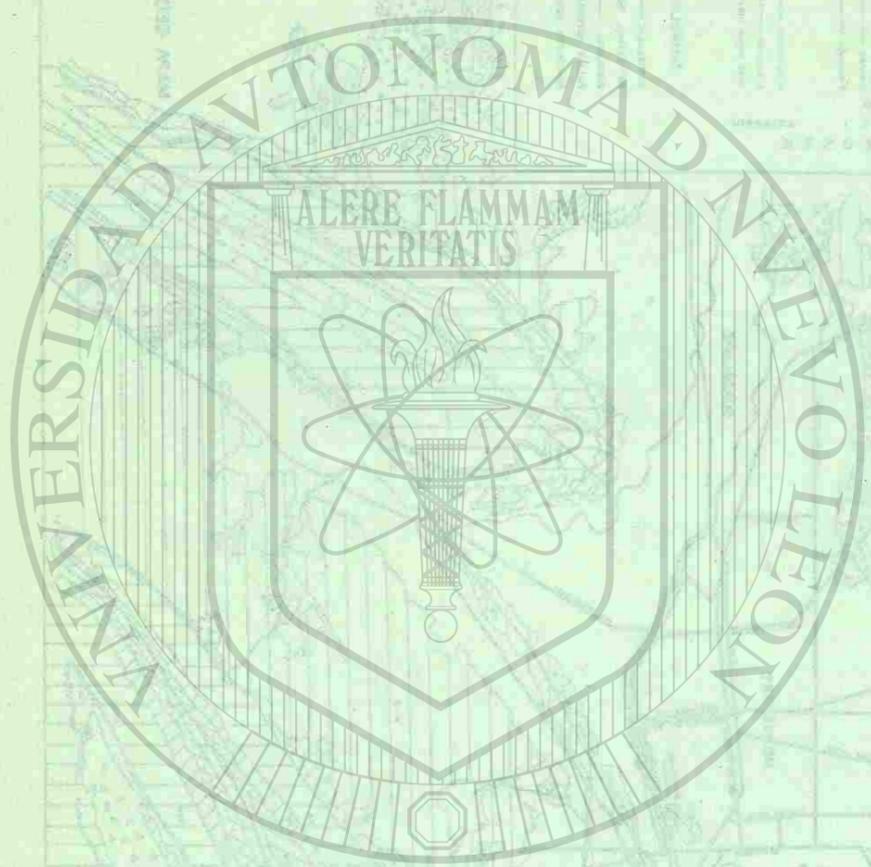
CURVAS H-D-TR.

METEOROLOGICAS
UBICACION DE LAS ESTACIONES

MAPA GEOLOGICO DE LAS ESTACIONES

CONTENIDO

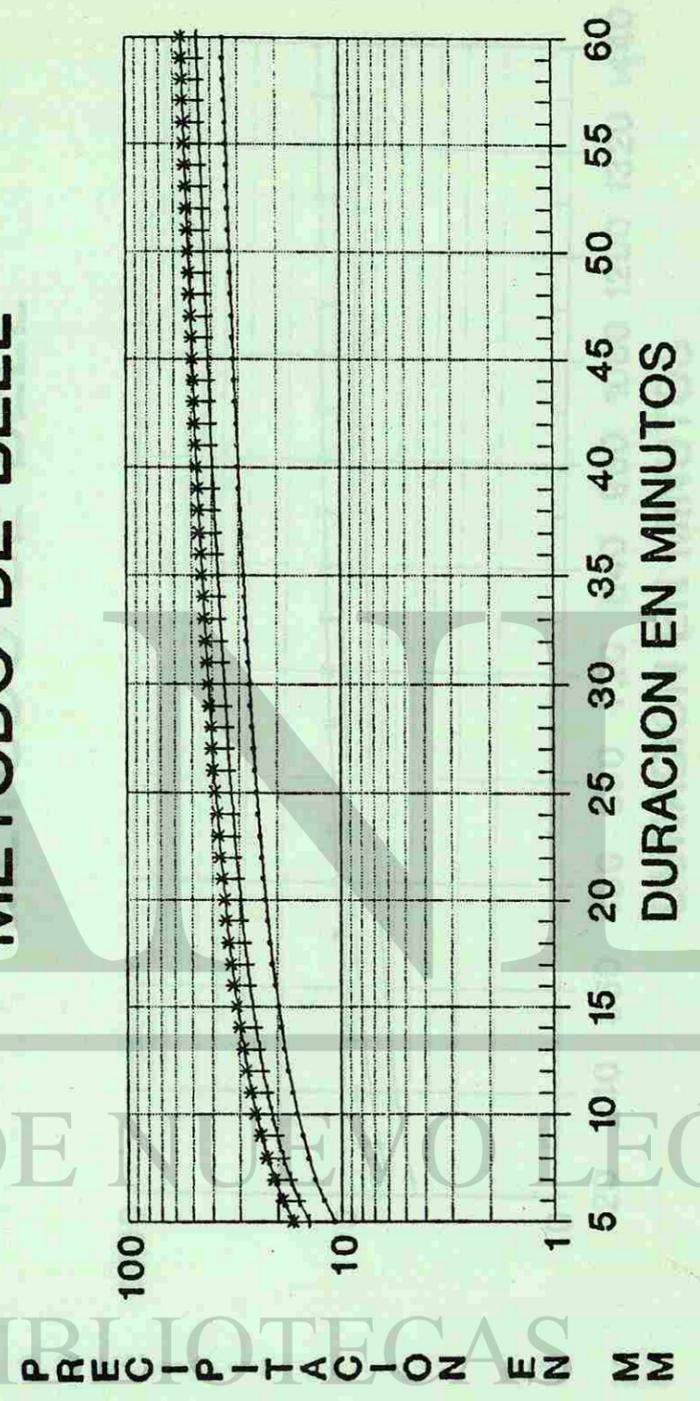




UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

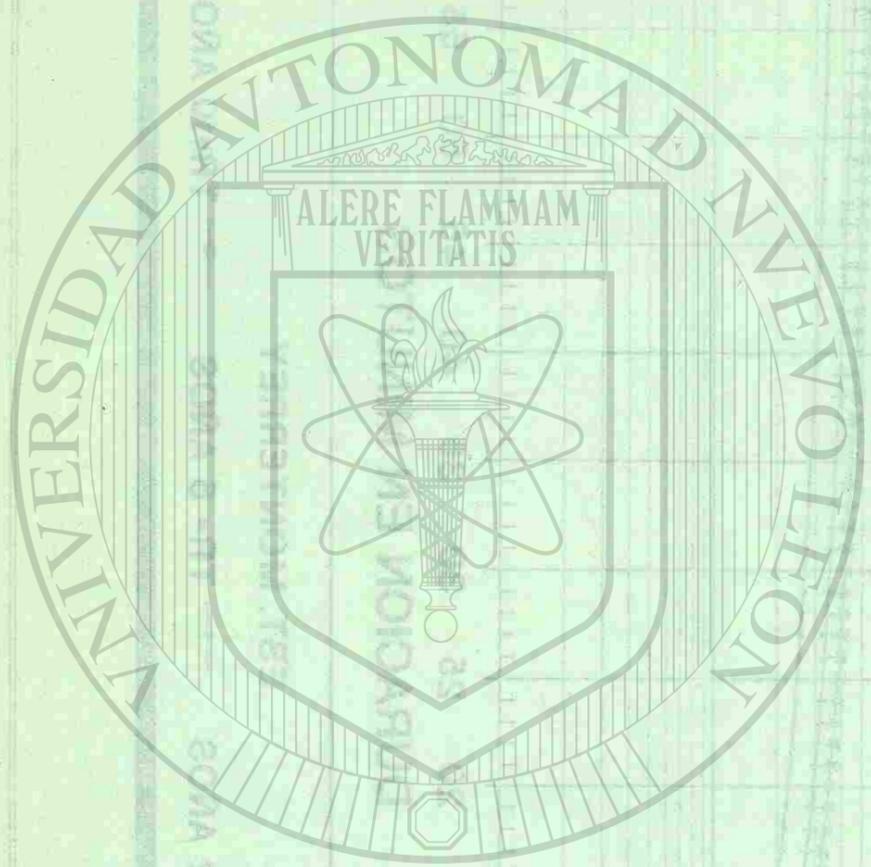
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CURVAS HP-D-TR METODO DE BELL



EST. MONTERREY
— TR=2 AÑOS — TR=5 AÑOS —*— TR=10 AÑOS

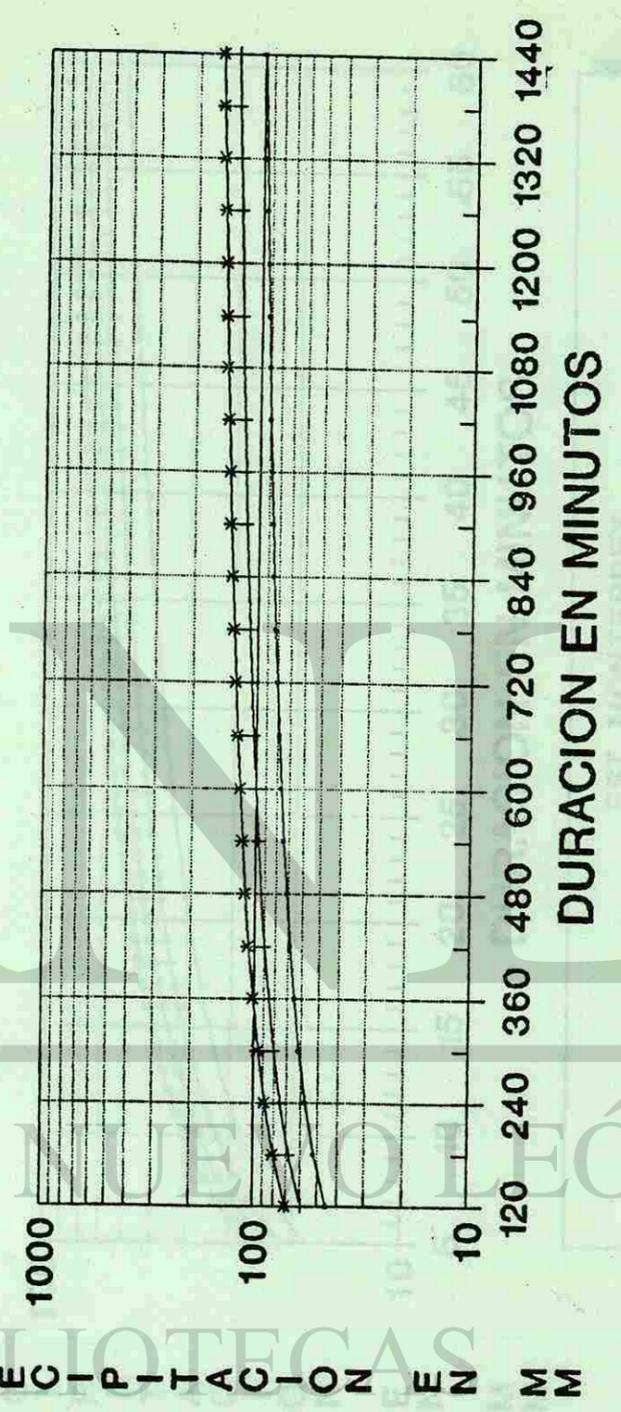
MONTERREY



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CURVAS HP-D-TR METODO DE BELL



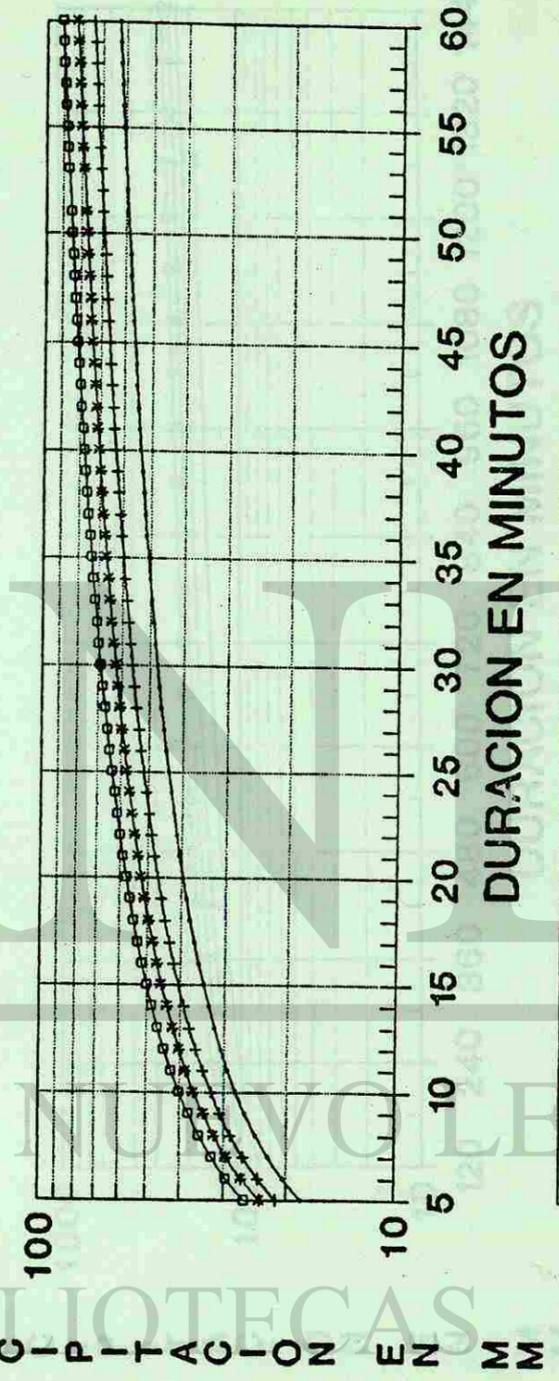
EST. MONTERREY
 --- TR= 2 AÑOS - - - TR= 5 AÑOS * - * TR=10 AÑOS

MONTERREY



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CURVAS HP-D-TR METODO DE CHENG-LUNG CHEN



EST. MONTERREY

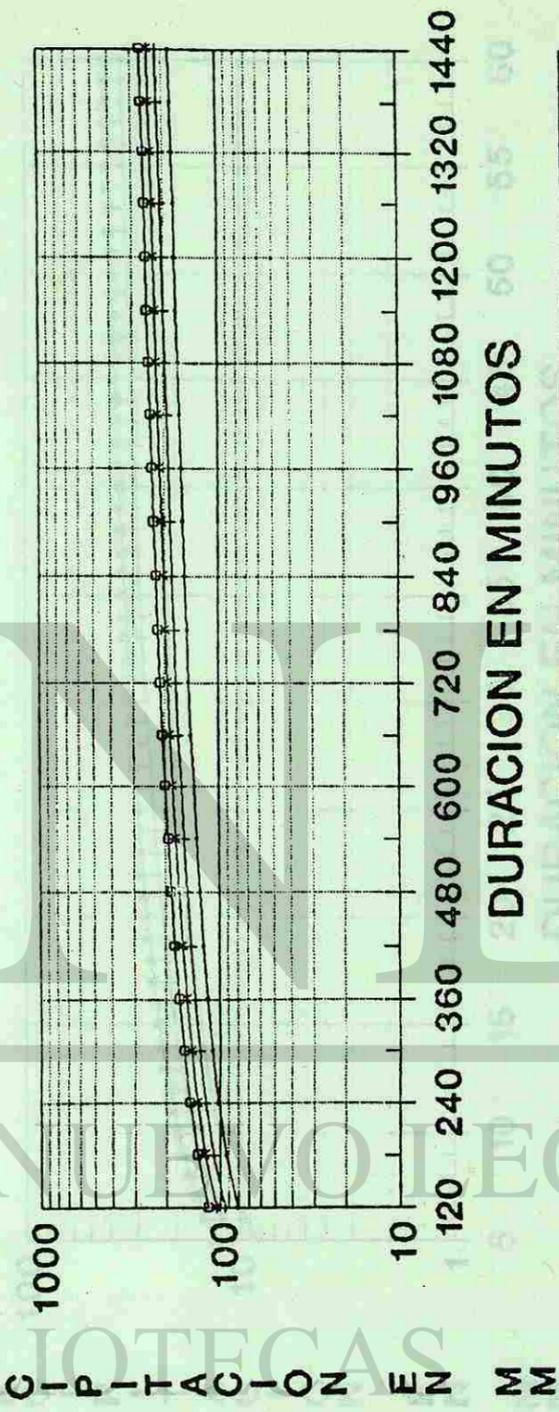
- TR=20 AÑOS
- x- TR=100 AÑOS
- TR=200 AÑOS

MONTERREY



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CURVAS HP-D-TR METODO DE CHENG-LUNG CHEN



EST. MONTERREY

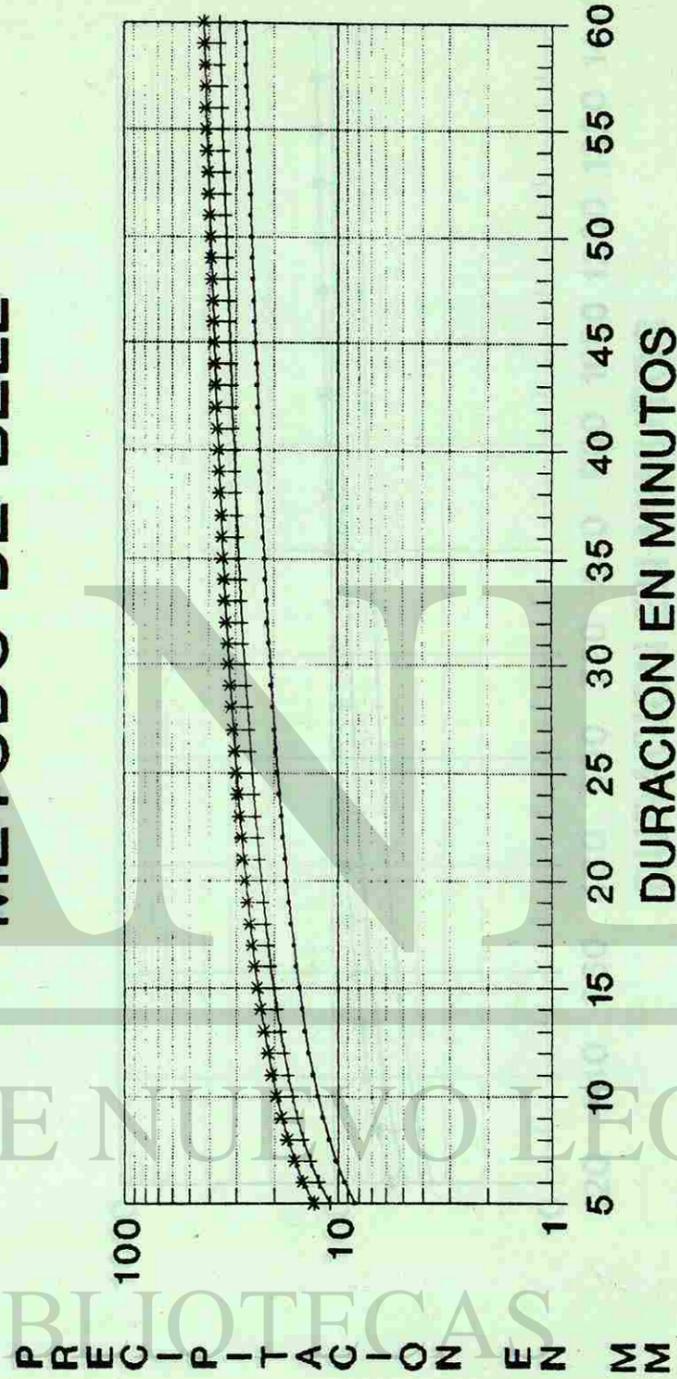
— TR- 20 AÑOS — TR- 50 AÑOS
 —* TR-100 AÑOS —○ TR-200 AÑOS

MONTERREY



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CURVAS HP-D-TR METODO DE BELL



EST. TOPO CHICO

— TR=2 AÑOS — TR=5 AÑOS —*— TR=10 AÑOS



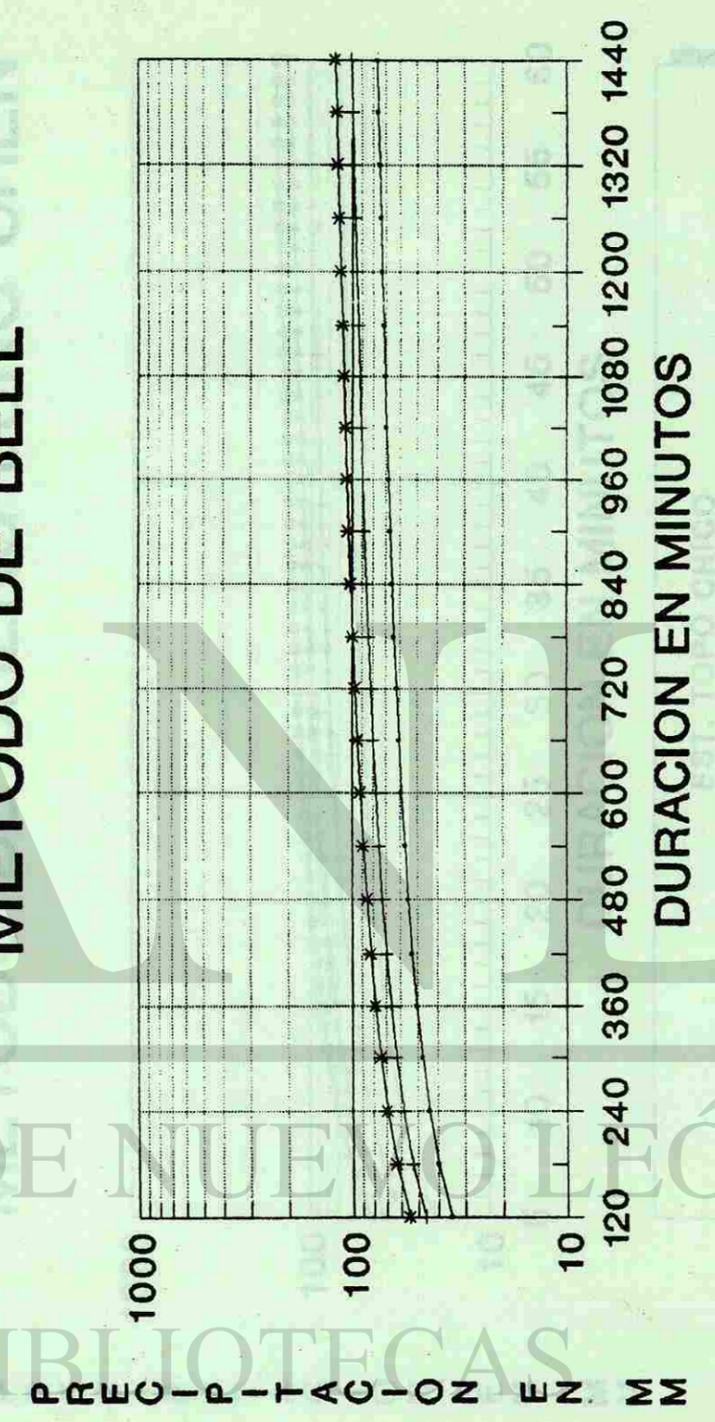


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

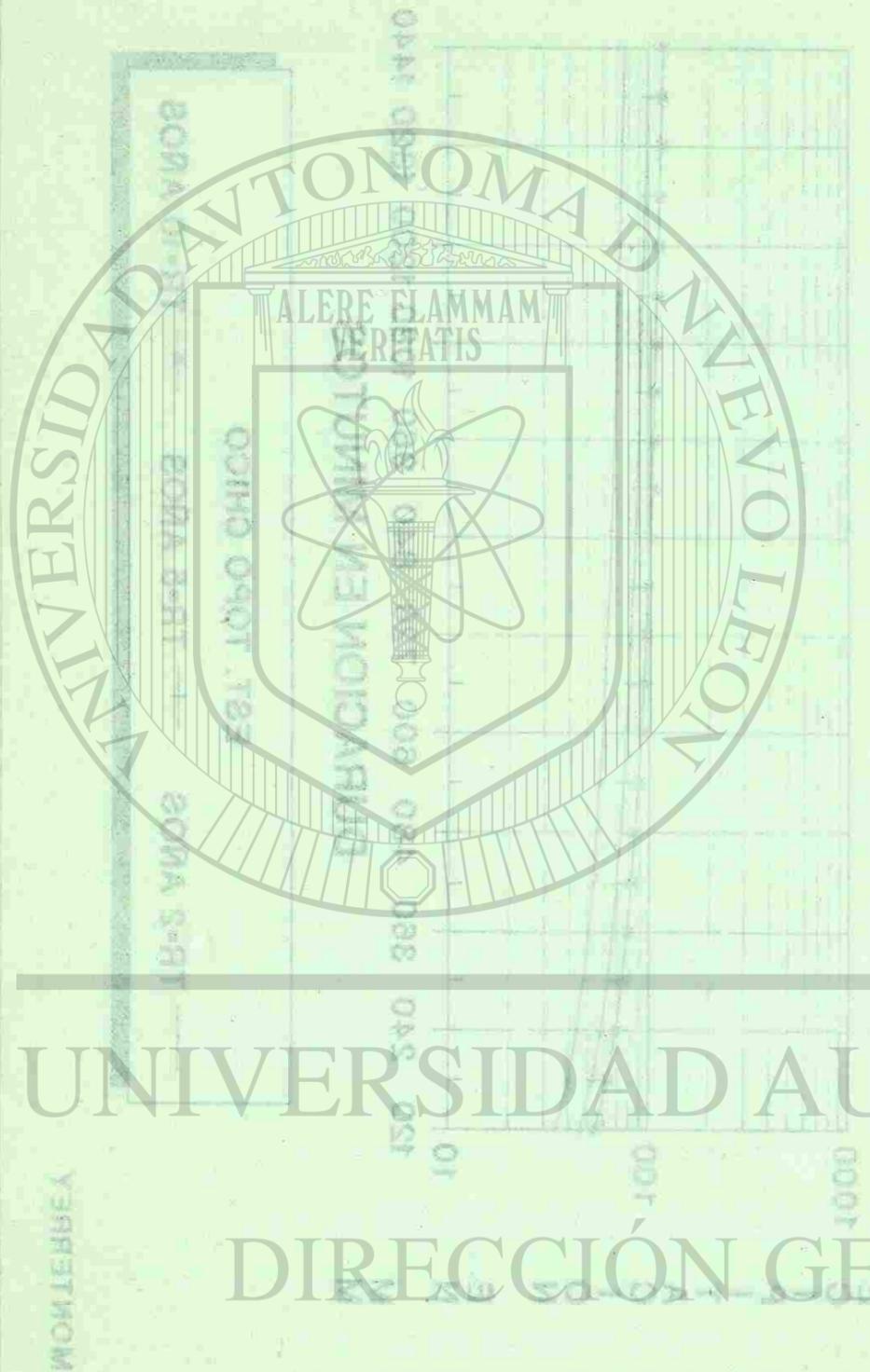
MONTERREY

CURVAS HP-D-TR METODO DE BELL & CHEN

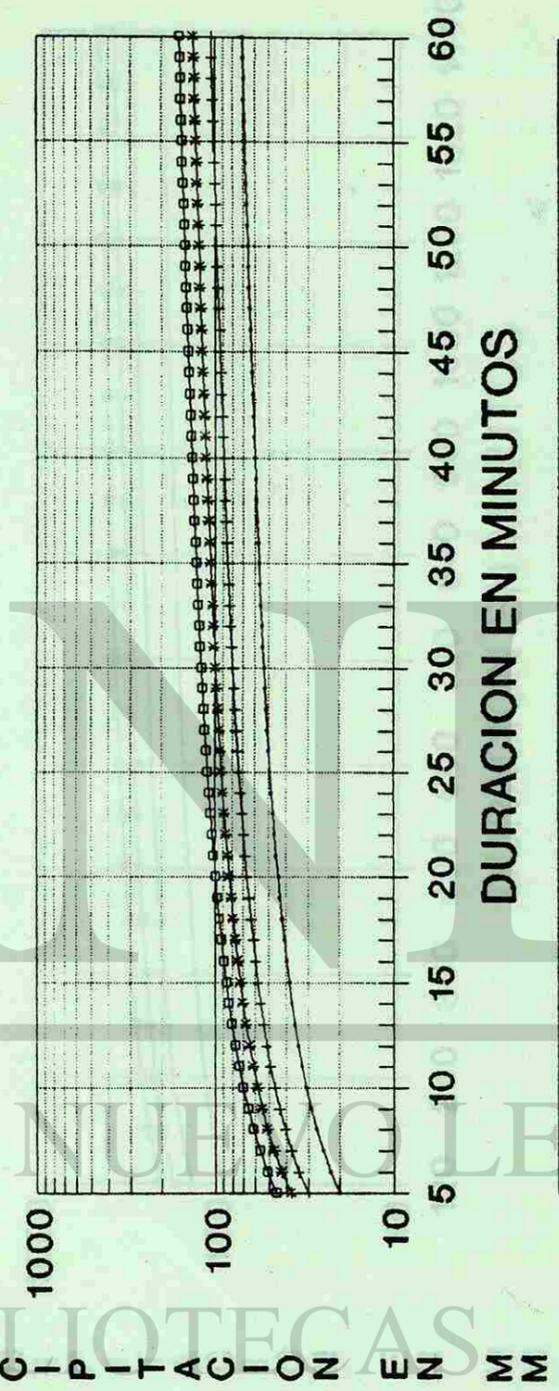


EST. TOPO CHICO
 TR=2 AÑOS — TR=5 AÑOS — TR=10 AÑOS

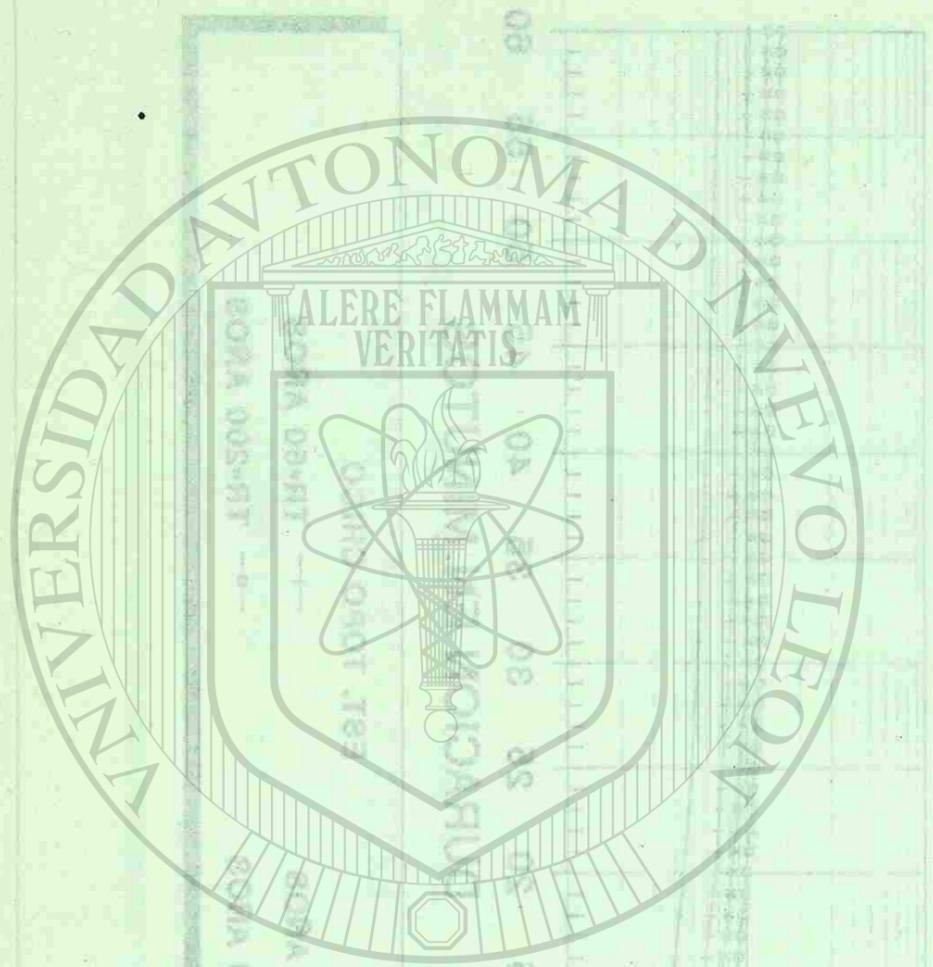
MONTERREY



CURVAS HP-D-TR METODO DE CHENG-LUNG CHEN

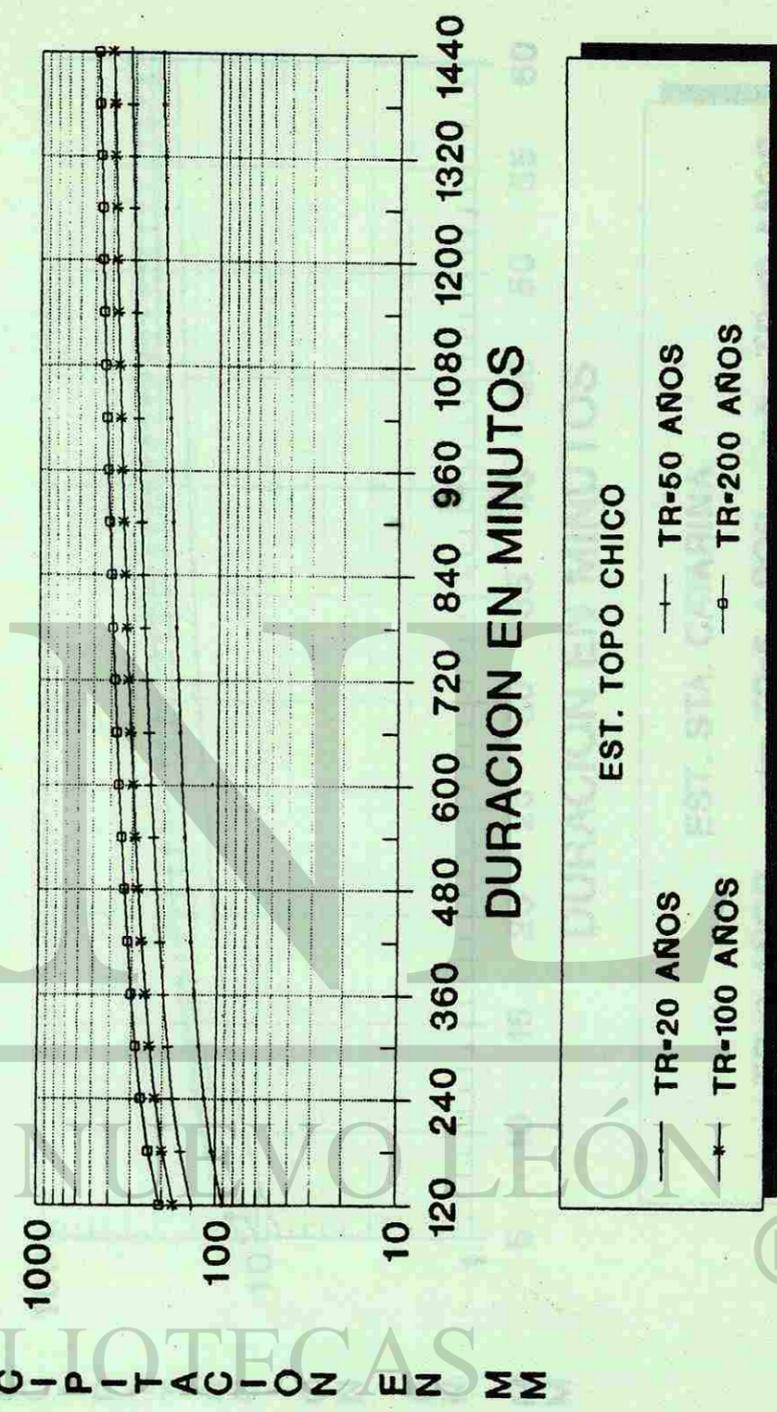


MONTERREY



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CURVAS HP-D-TR METODO DE CHENG-LUNG CHEN



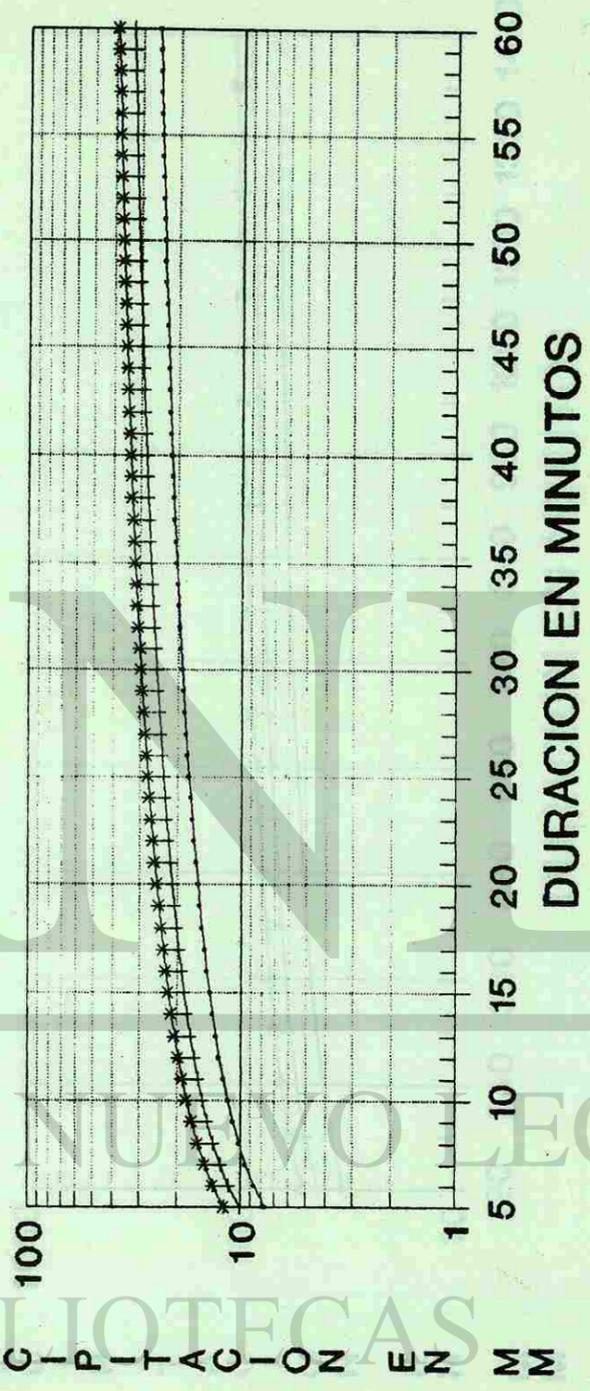
MONTERREY



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

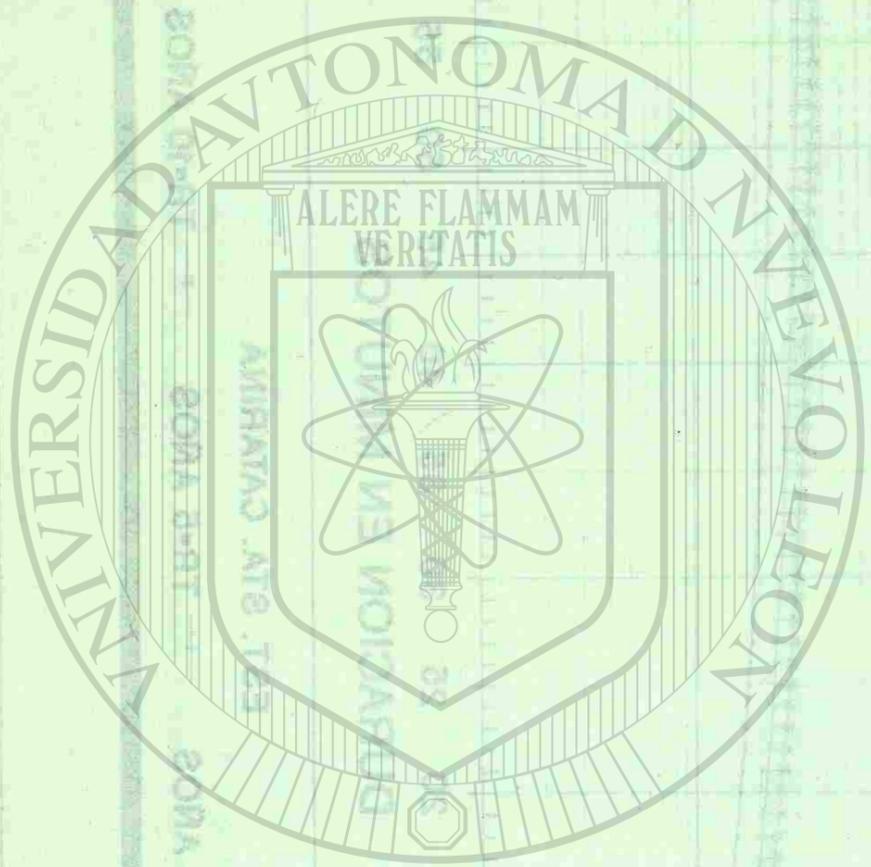
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CURVAS HP-D-TR METODO DE BELL



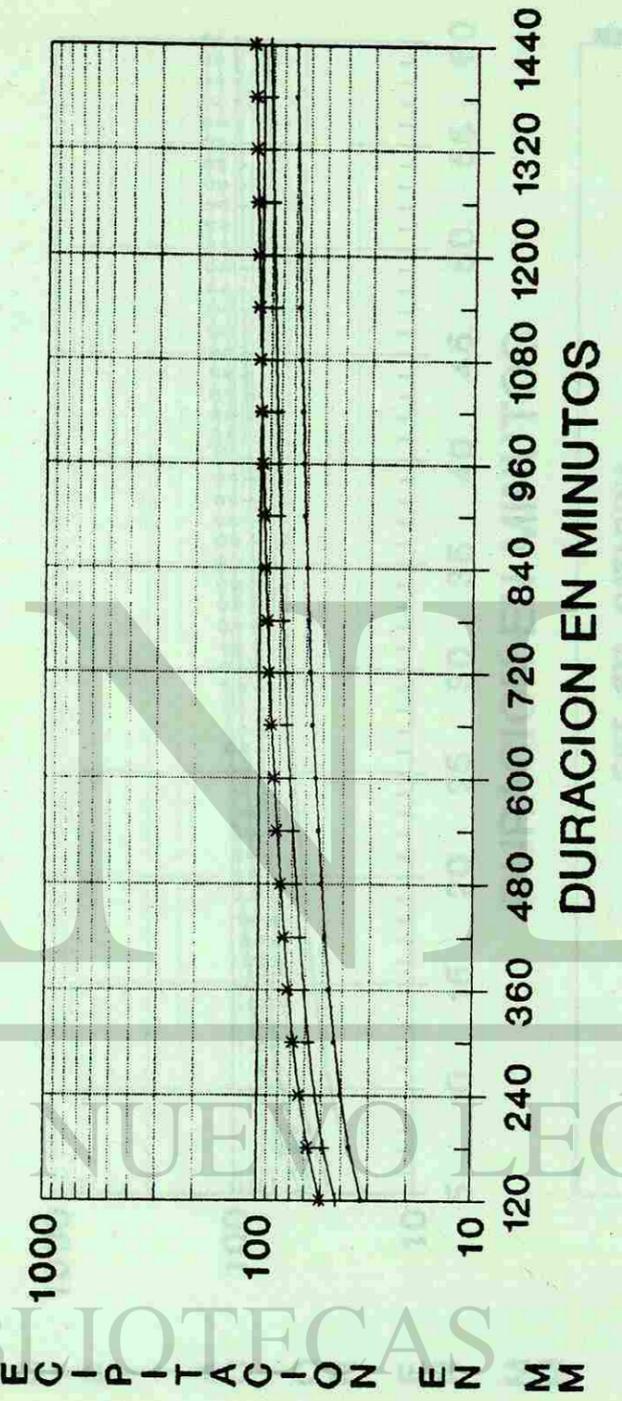
EST. STA. CATARINA
 — TR=2 AÑOS — TR=5 AÑOS —*— TR=10 AÑOS

STA. CATARINA



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
 DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CURVAS HP-D-TR METODO DE BELLG CHEN

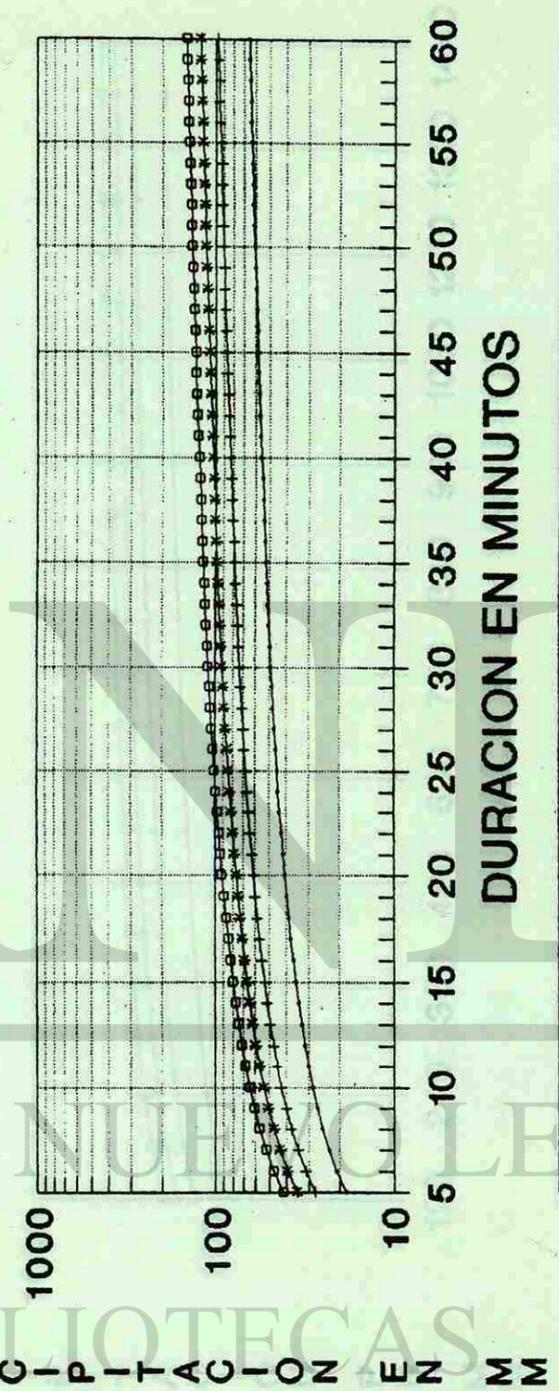


EST. STA. CATARINA
 — TR-2 AÑOS — TR-5 AÑOS —*— TR-10 AÑOS

STA. CATARINA



CURVAS HP-D-TR METODO DE CHENG-LUNG CHEN



EST. STA. CATARINA

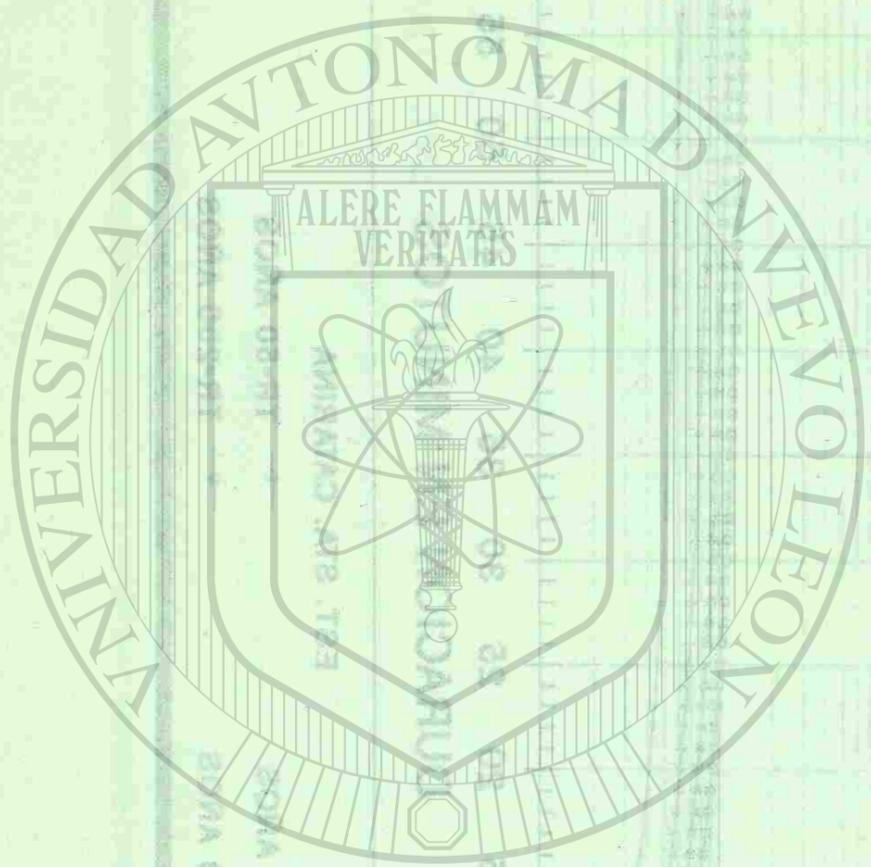
—+— TR-20 AÑOS

—+— TR-50 AÑOS

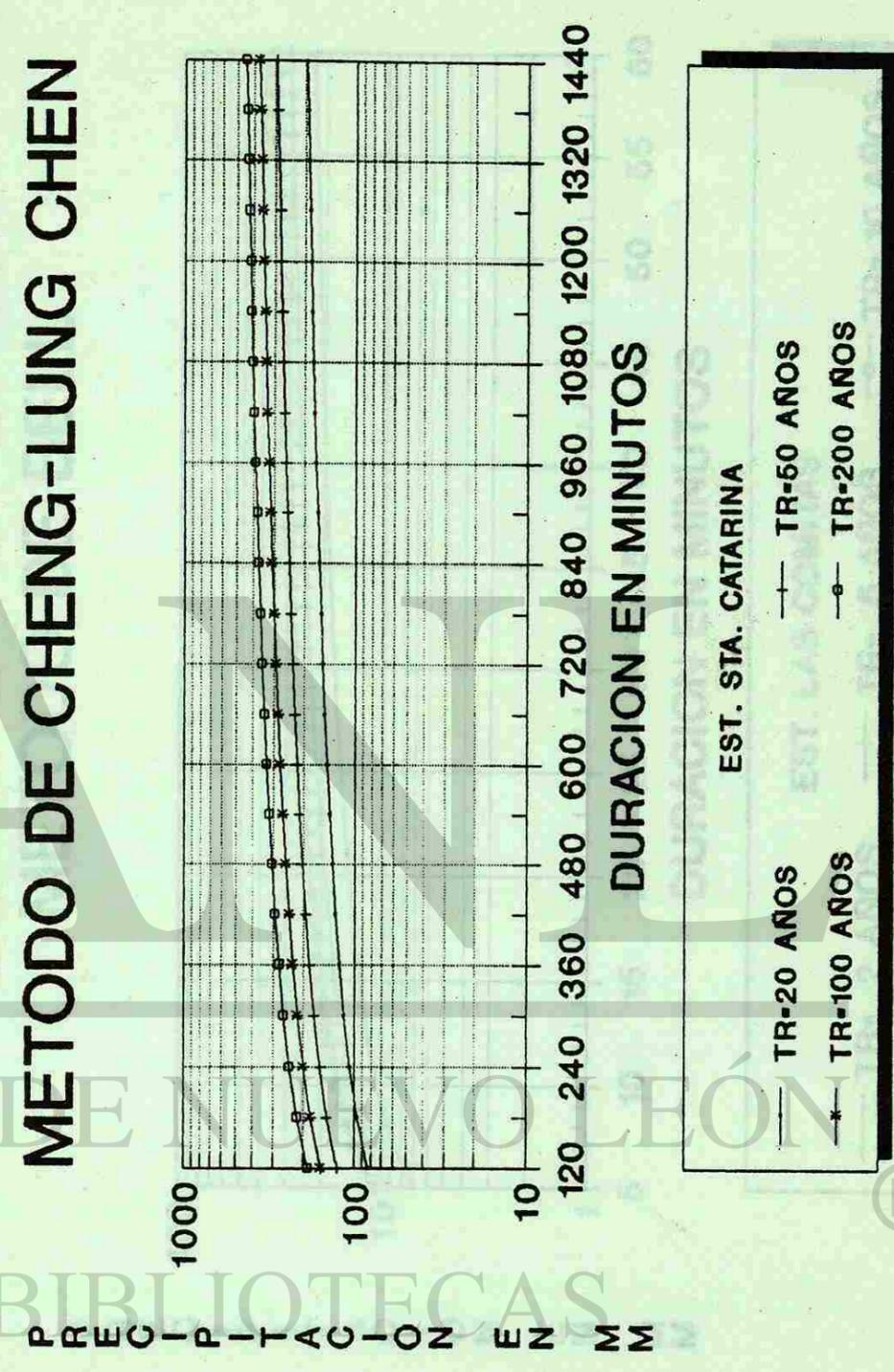
—*— TR-100 AÑOS

—o— TR-200 AÑOS

STA. CATARINA



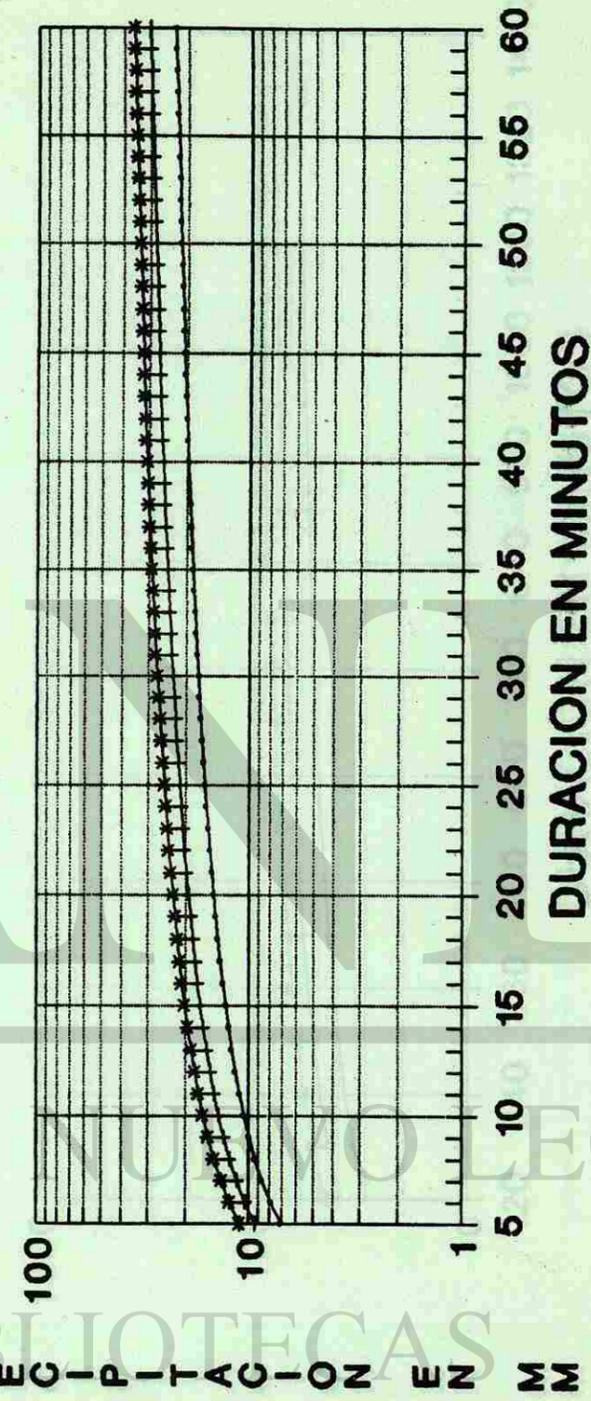
CURVAS HP-D-TR METODO DE CHENG-LUNG CHEN



STA. CATARINA



CURVAS HP-D-TR METODO DE BELL

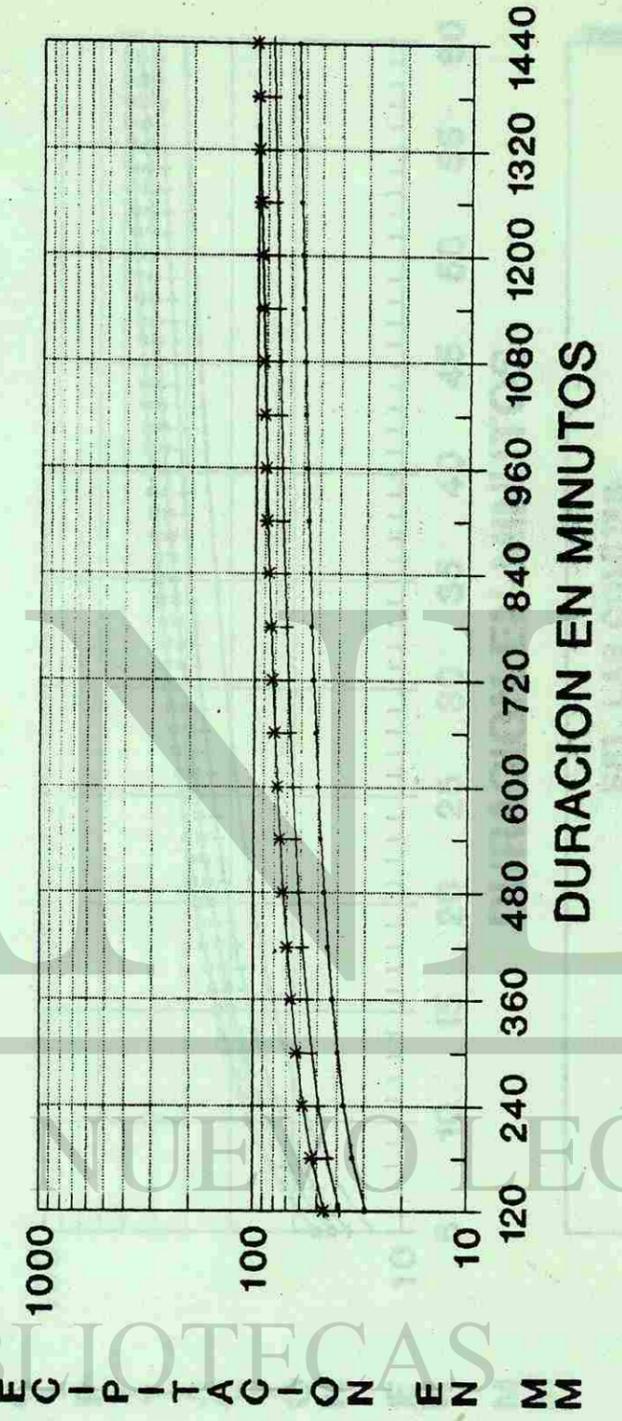


EST. LAS COMITAS
 — TR= 2 AÑOS + TR= 5 AÑOS * TR= 10 AÑOS

STA. CATARINA

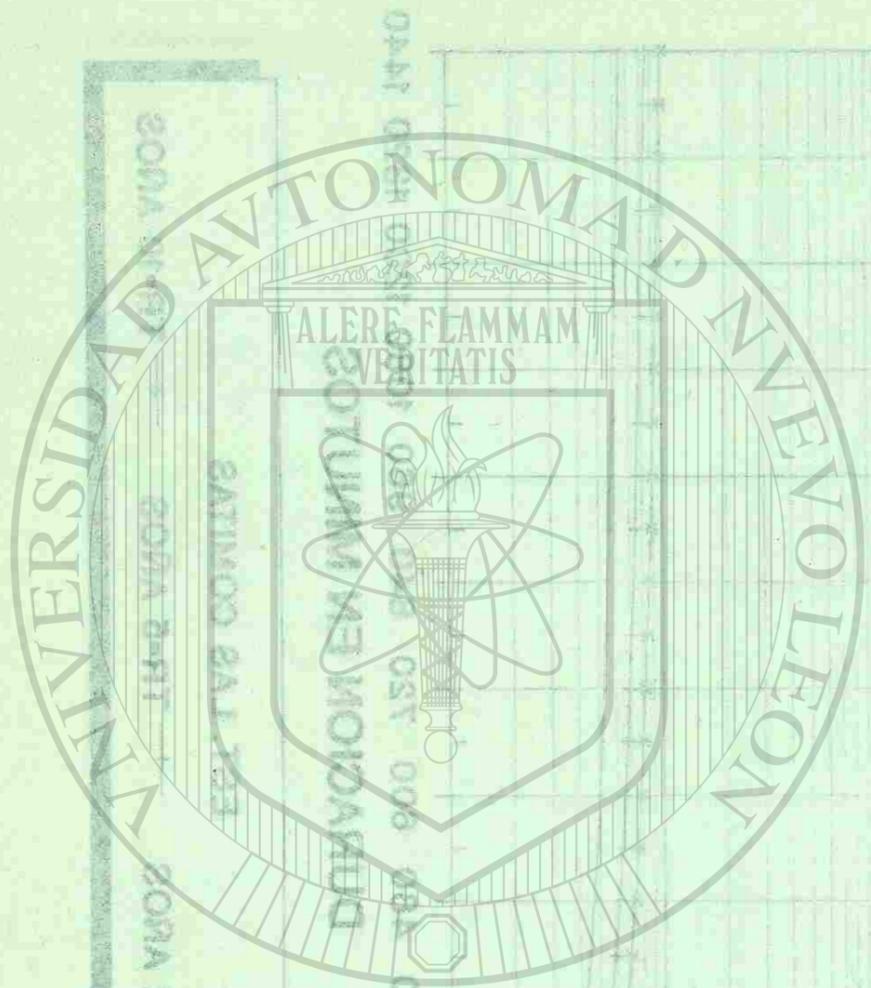


CURVAS HP-D-TR METODO DE BELLA CHEN



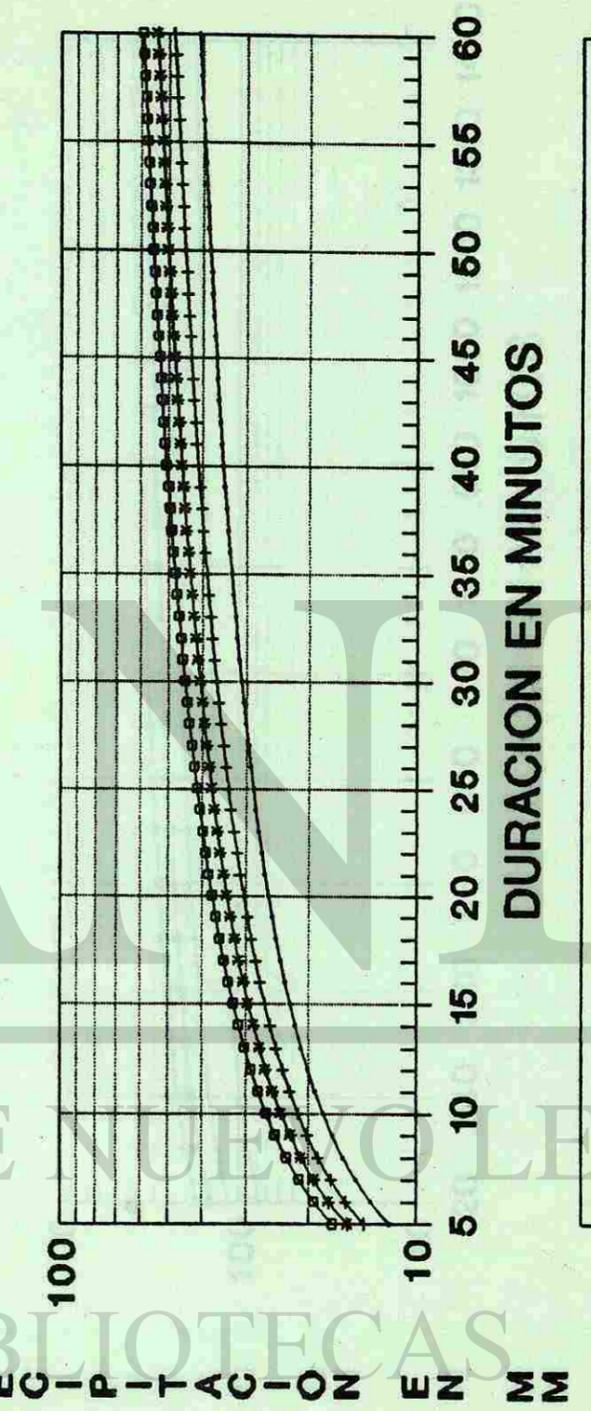
EST. LAS COMITAS
 — TR-2 AÑOS — TR-5 AÑOS — TR-10 AÑOS

STA. CATARINA



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

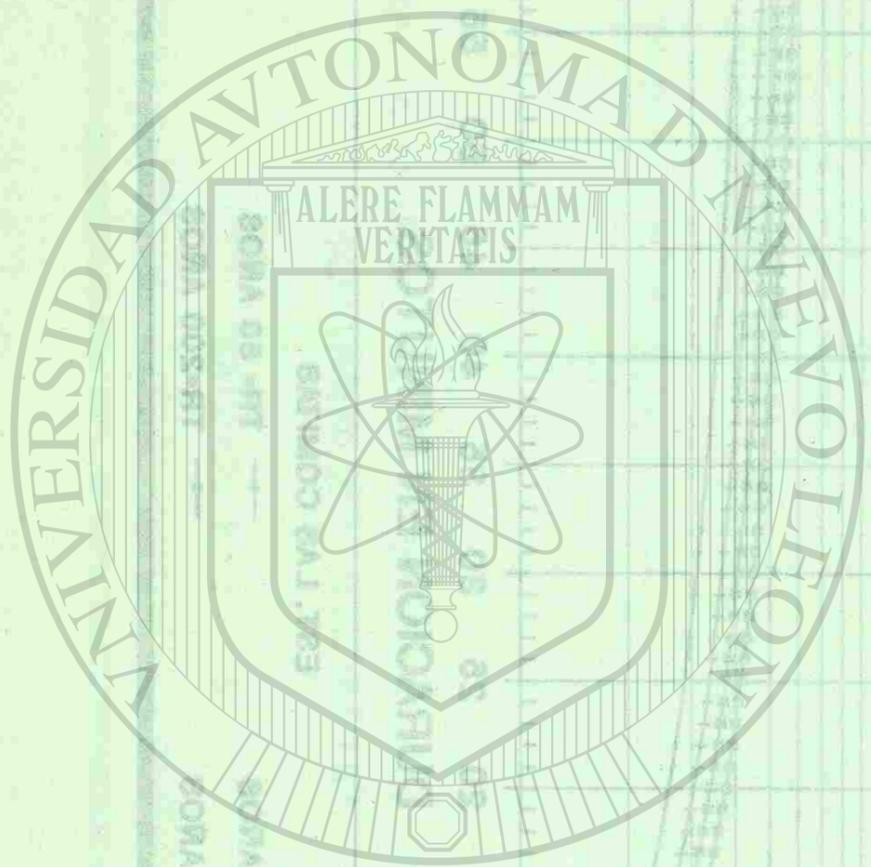
CURVAS HP-D-TR METODO DE CHENG-LUNG CHEN



EST. LAS COMITAS

- TR- 20 AÑOS
- - - □ - TR- 50 AÑOS
- ... △ ... TR-200 AÑOS

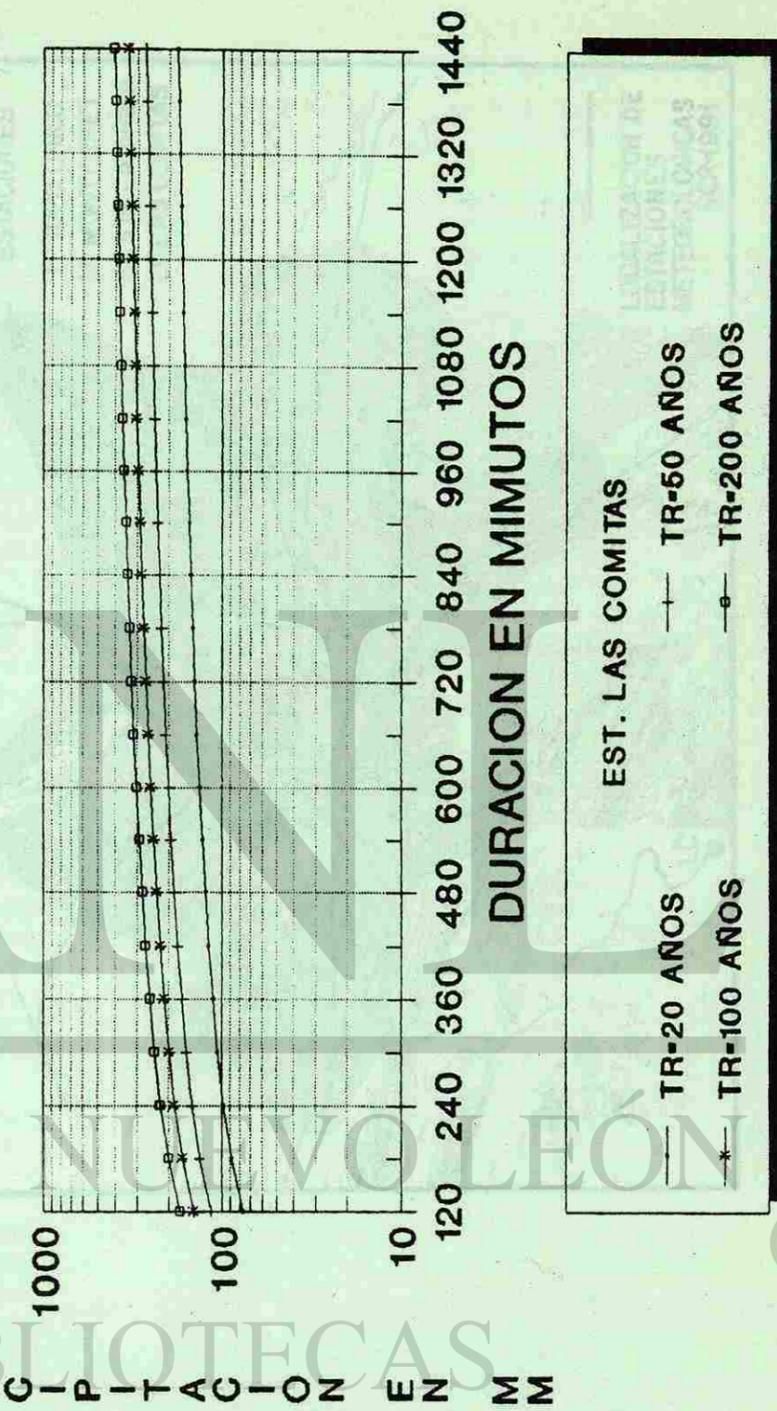
STA. CATARINA



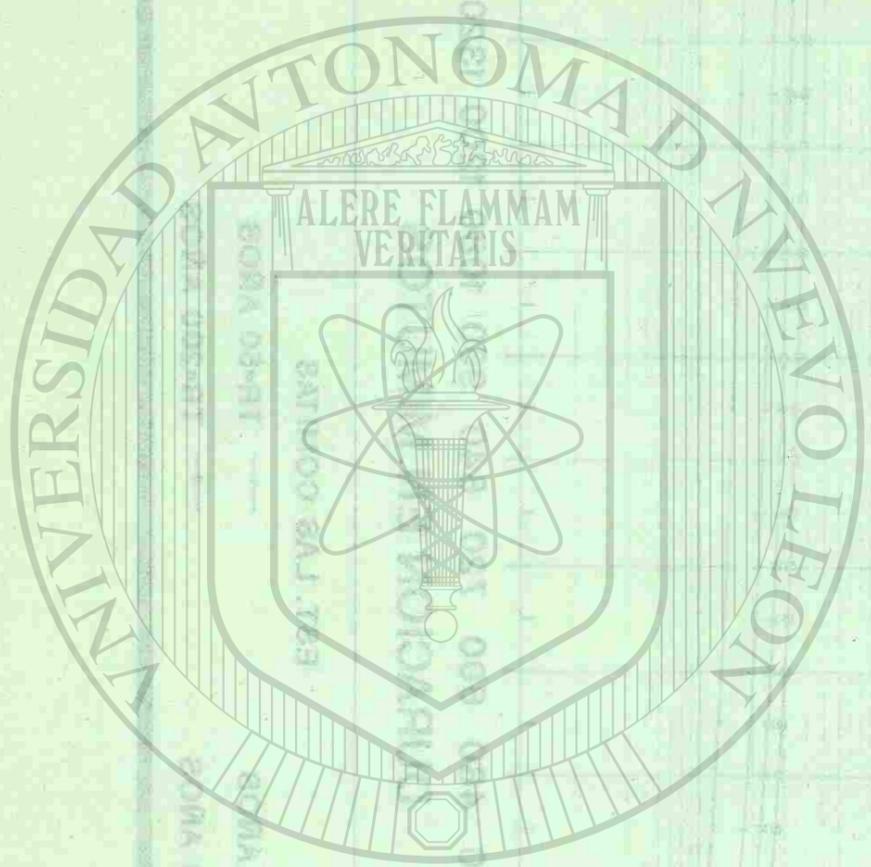
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CURVAS HP-D-TR METODO DE CHENG-LUNG CHEN



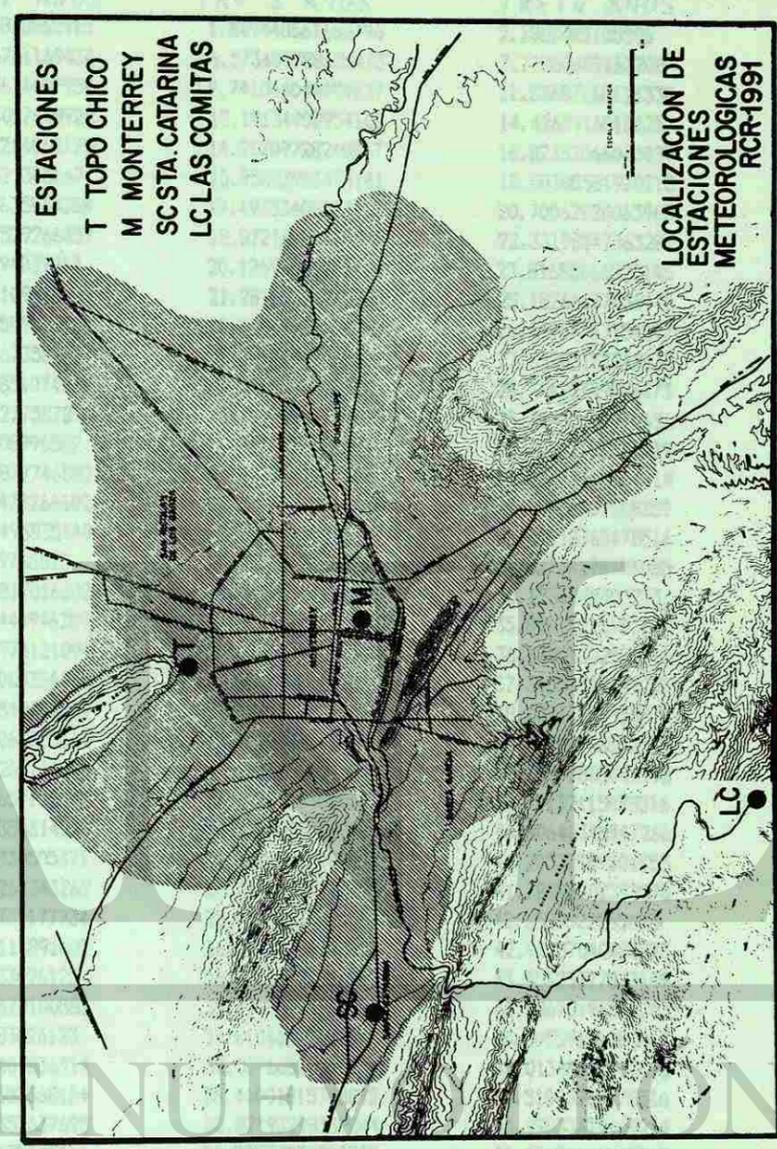
STA. CATARINA



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

ESTACION MONTERREY
REGISTROS DE ALTURA DE PRECIPITACION EN MM
METODO DE BELL



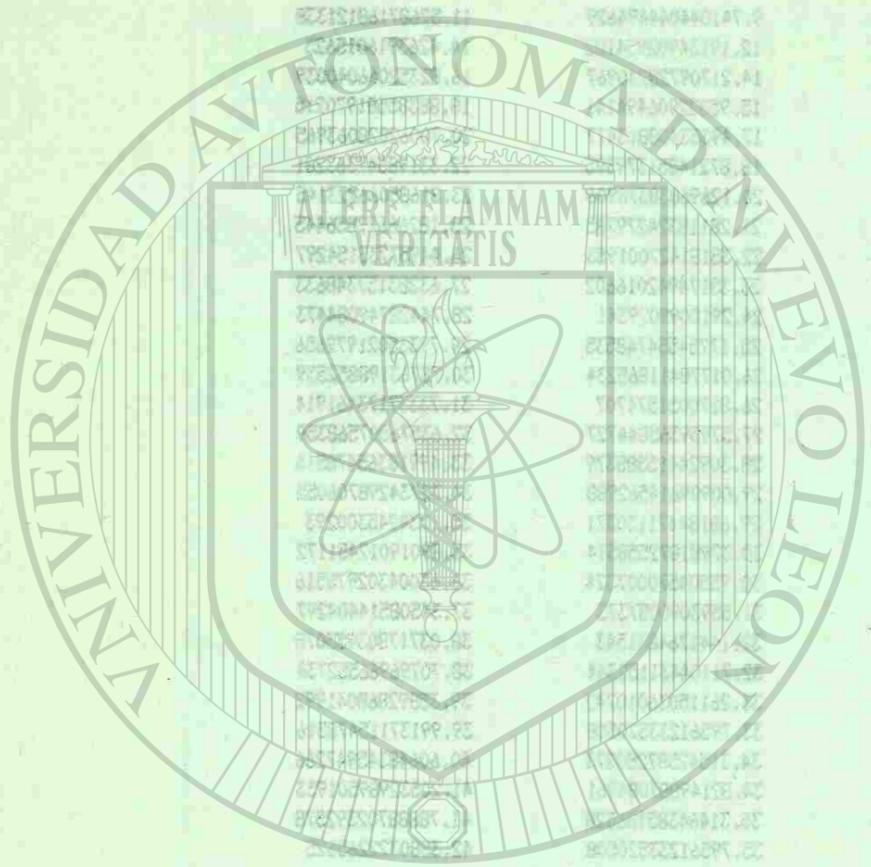
ESTACIONES	TR = 2 AÑOS	TR = 5 AÑOS	TR = 10 AÑOS
T	1.20723	1.20723	1.20723
M	1.20723	1.20723	1.20723
SC	1.20723	1.20723	1.20723
LC	1.20723	1.20723	1.20723



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
 DIRECCIÓN GENERAL DE LICENCIAS

ESTACION MONTERREY
 REGISTROS DE ALTURA DE PRECIPITACION EN MM
 METODO DE BELL

DURACION	TR= 2 ANOS	TR= 5 ANOS	TR=10 ANOS
1	1.401235818862915	1.849448561668396	2.1885085105896
2	4.980406761169434	6.573487758636475	7.77860689163208
3	7.380307674407959	9.741044044494629	11.52687168121338
4	9.236783027648926	12.19134902954102	14.4263916015625
5	10.77159214019775	14.21709728240967	16.82352066040039
6	12.0907621383667	15.95822906494141	18.88385581970215
7	13.25398635864258	17.49353408813477	20.70062828063965
8	14.29849529266357	18.87214851379395	22.33198547363281
9	15.2492094039917	20.12696838378906	23.81685066223145
10	16.12370109558105	21.28118324279785	25.18266677856445
11	16.93486595153809	22.35181427001953	26.44957733154297
12	17.69246673583984	23.35174942016602	27.63283157348633
13	18.40409851074219	24.2910099029541	28.74428749084473
14	19.07578277587891	25.17754554748535	29.79335021972656
15	19.7123908996582	26.01778411865234	30.78763198852539
16	20.31791877746582	26.8170051574707	31.73337173461914
17	20.89569473266602	27.57959365844727	32.63576507568359
18	21.44851493835449	28.30924415588379	33.49918365478516
19	21.978759765625	29.00909614562988	34.32734298706055
20	22.48846817016602	29.68184471130371	35.1234245300293
21	22.97940444946289	30.32981872558594	35.89019012451172
22	23.45310974121094	30.95504570007324	36.63004302978516
23	23.91093063354492	31.5593090057373	37.34508514404297
24	24.35405540466309	32.1441764831543	38.03717803955078
25	24.78354263305664	32.71104431152344	38.70796966552734
26	25.20033264160156	33.26115036010742	39.35892868041992
27	25.60526657104492	33.79561233520508	39.99137115478516
28	25.99910354614258	34.31542587280273	40.60648345947266
29	26.38252830505371	34.82149887084961	41.20532989501953
30	26.75616264343262	35.31464385986328	41.78888702392578
31	27.12056732177734	35.79561233520508	42.3580322265625
32	27.47626113891602	36.26508331298828	42.91357040405273
33	27.8237133026123	36.72367477416992	43.45623397827148
34	28.16335678100586	37.17195892333984	43.98670196533203
35	28.4955883026123	37.6104621887207	44.50559616088867
36	28.82077407836914	38.03966522216797	45.01348495483398
37	29.13925552368164	38.46001815795898	45.51090240478516
38	29.4513435367695	38.87193298339844	45.99833679199219
39	29.75733375549316	39.27579879760742	46.47624206542969
40	30.05749320983887	39.67197036743164	46.94504547119141
41	30.35207557678223	40.06078338623047	47.40513610839844
42	30.64131927490234	40.44254684448242	47.85688781738281
43	30.92544174194336	40.81755065917969	48.30064392089844
44	31.20465278625488	41.18607330322266	48.73672485351562
45	31.4791431427002	41.54836273193359	49.16543579101562
46	31.74909591674805	41.90466690063477	49.58705902099609
47	32.01468276977539	42.25520706176758	50.00186157226562
48	32.27606201171875	42.60019683837891	50.41009902954102
49	32.53339385986328	42.93983459472656	50.81200790405273
50	32.78681182861328	43.27431869506836	51.20780944824219
51	33.03646087646484	43.60381698608398	51.59771728515625
52	33.28246307373047	43.92850875854492	51.98193359375
53	33.52494049072266	44.24855041503906	52.36064910888672
54	33.76401138305664	44.56409454345703	52.73403930664062

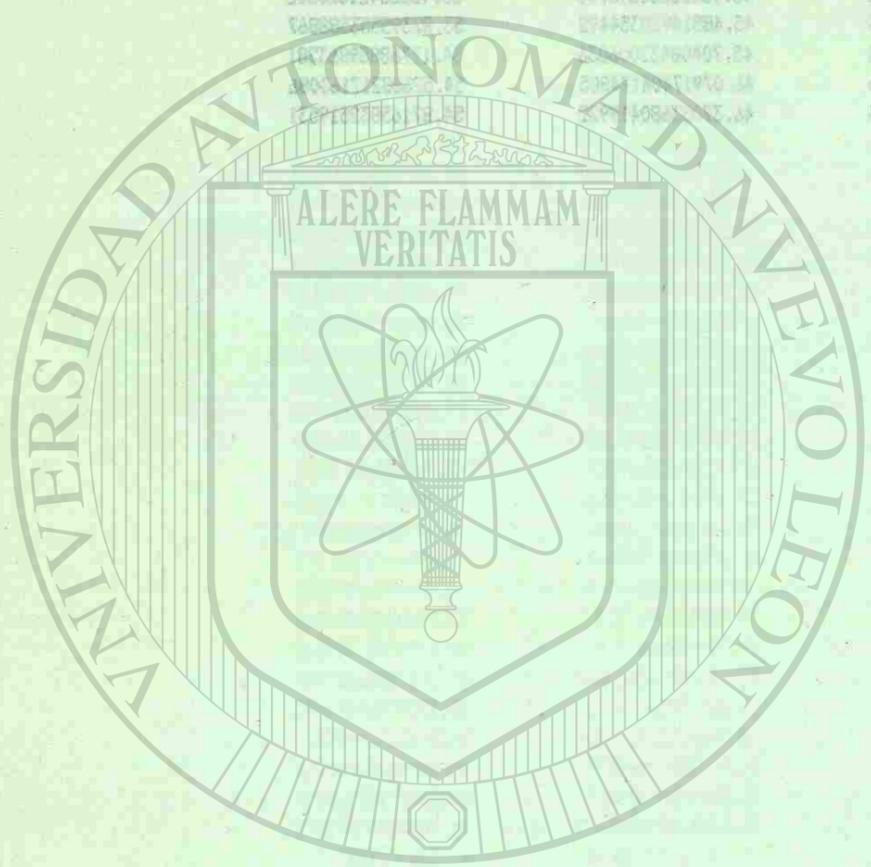


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

DURACION	TR= 2 AÑOS	TR= 5 AÑOS	TR= 10 AÑOS
55	33.99978637695312	44.87528228759766	53.10227966308594
56	34.23236465454102	45.18225860595703	53.46553421020508
57	34.46185302734375	45.48514938354492	53.82395553588867
58	34.68833923339844	45.78408432006836	54.17768859863281
59	34.91191482543945	46.07917404174805	54.52688217163086
60	35.13266372680664	46.37053680419922	54.87165832519531

DURACION	TR= 2 AÑOS	TR= 5 AÑOS	TR= 10 AÑOS
61	35.35141261825783	46.66837141147871	55.21711111111111
62	35.56796141414141	46.96250000000000	55.46212121212121
63	35.78141414141414	47.25271414141414	55.70370370370370
64	35.99181414141414	47.53892857142857	55.94181818181818
65	36.20000000000000	47.82114285714286	56.17647058823529
66	36.40607142857143	48.10000000000000	56.40769230769231
67	36.61000000000000	48.37571428571429	56.63545454545455
68	36.81181414141414	48.64814285714286	56.85976190476190
69	37.01141414141414	48.91714285714286	57.08061224489796
70	37.20881414141414	49.18271428571429	57.29796099290780
71	37.40400000000000	49.44485714285714	57.51181818181818
72	37.59700000000000	49.70357142857143	57.72212121212121
73	37.78781414141414	49.95885714285714	57.92892307692308
74	37.97641414141414	50.21071428571429	58.13212121212121
75	38.16281414141414	50.45914285714286	58.33170370370370
76	38.34700000000000	50.70414285714286	58.52769230769231
77	38.52900000000000	50.94571428571429	58.72000000000000
78	38.70881414141414	51.18385714285714	58.90871428571429
79	38.88641414141414	51.41857142857143	59.09381818181818
80	39.06181414141414	51.64985714285714	59.27531250000000
81	39.23500000000000	51.87771428571429	59.45321212121212
82	39.40607142857143	52.10214285714286	59.62750000000000
83	39.57500000000000	52.32314285714286	59.79818181818182
84	39.74181414141414	52.54071428571429	59.96526190476190
85	39.90641414141414	52.75485714285714	60.12875000000000
86	40.06881414141414	52.96557142857143	60.28864285714286
87	40.22900000000000	53.17285714285714	60.44492307692308
88	40.38700000000000	53.37671428571429	60.59761904761905
89	40.54281414141414	53.57714285714286	60.74672727272727
90	40.69641414141414	53.77414285714286	60.89223076923077
91	40.84781414141414	53.96771428571429	61.03412500000000
92	41.09700000000000	54.15785714285714	61.17240740740741
93	41.24400000000000	54.34457142857143	61.30718750000000
94	41.38881414141414	54.52785714285714	61.43846153846154
95	41.53141414141414	54.70771428571429	61.56623076923077
96	41.67181414141414	54.88414285714286	61.69050000000000
97	41.81000000000000	55.05714285714286	61.81136363636364
98	41.94607142857143	55.22671428571429	61.92875000000000
99	42.08000000000000	55.39285714285714	62.04272727272727
100	42.21181414141414	55.55557142857143	62.15326086956522

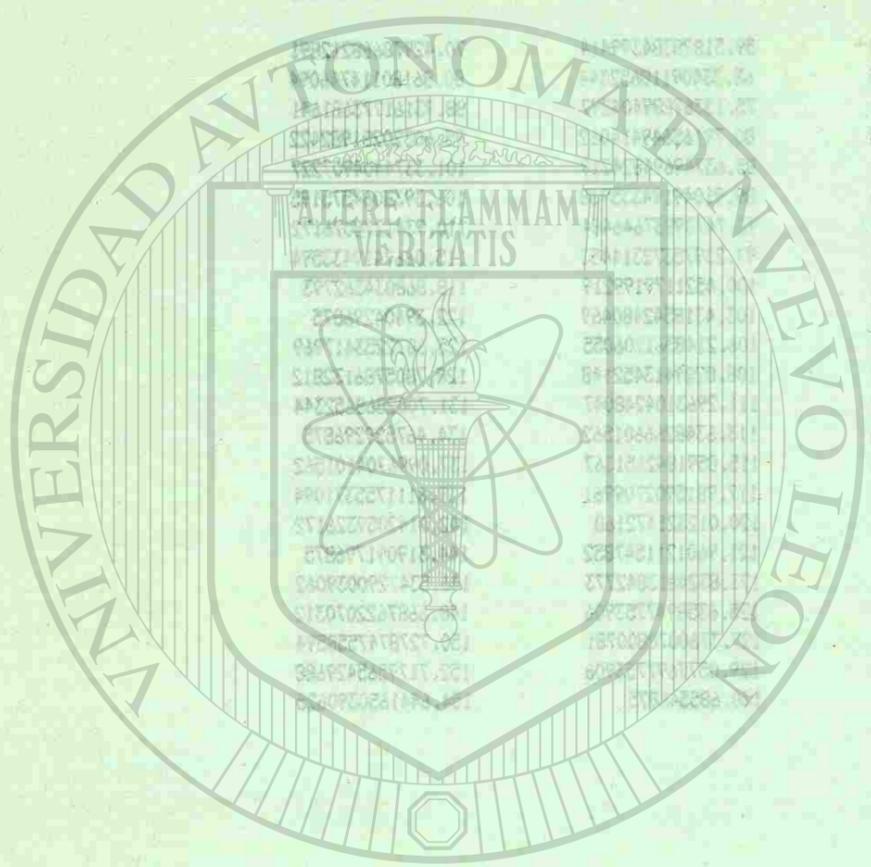


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

ESTACION MONTERREY
 REGISTROS DE ALTURA DE PRECIPITACION EN MM
 METODO DE BELL

DURACION	TR= 2 ANOS	TR= 5 ANOS	TR=10 ANOS
120	45.09406280517578	59.51828384399414	70.42978668212891
180	51.77336502075195	68.33409118652344	80.86180114746094
240	56.94022750854492	75.15367889404297	88.93161773681641
300	61.21184539794922	80.79165649414062	95.60320281982422
360	64.88330078125	85.63749694824219	101.3374404907227
420	68.12074279785156	89.91049194335938	106.3938064575195
480	71.02777099609375	93.74739837646484	110.9341278076172
540	73.67375946044922	97.23975372314453	115.0667419433594
600	76.10760498046875	100.4521179199219	118.868034362793
660	78.36520385742188	103.4318542480469	122.39404296875
720	80.47373199462891	106.2148361206055	125.6872253417969
780	82.45431518554688	108.8289413452148	128.7805786132812
840	84.32371520996094	111.2963104248047	131.7002868652344
900	86.09549713134766	113.6348266601562	134.467529296875
960	87.78077697753906	115.8591842651367	137.0996704101562
1020	89.38881683349609	117.9815902709961	139.6111755371094
1080	90.92740631103516	120.012321472168	142.0142059326172
1140	92.40316009521484	121.9601211547852	144.319091796875
1200	93.82175445556641	123.8324813842773	146.5347290039062
1260	95.1881103515625	125.6358947753906	148.6687622070312
1320	96.50650787353516	127.3760070800781	150.7278747558594
1380	97.78069305419922	129.0577697753906	152.7179565429688
1440	99.01398468017578	130.685546875	154.6441650390625

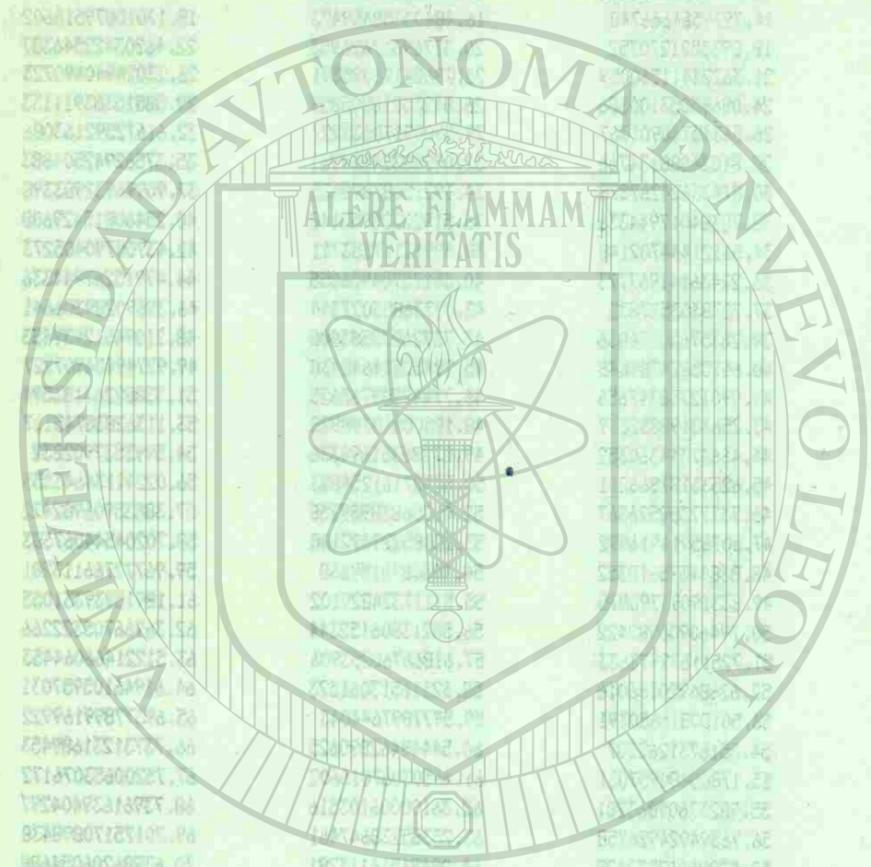


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
 DIRECCIÓN GENERAL DE ESTADÍSTICA

METODO DE CHENG LUNG CHEN

DURACION	TR=20 ANOS	TR=50 ANOS	TR=100 ANOS	TR=200 ANOS
1	5.02812671661377	5.91976261138916	6.594259262084961	7.268755435943604
2	9.123797416687012	10.74171733856201	11.96562576293945	13.18953514099121
3	12.56908512115479	14.7979564666748	16.48403358459473	18.17010879516602
4	15.53800392150879	18.2933521270752	20.37769317626953	22.46203422546387
5	18.14464950561523	21.36223411560059	23.79624176025391	26.23024940490723
6	20.46746253967285	24.09695053100586	26.84255218505859	29.58815383911133
7	22.56246376037598	26.56345748901367	29.59009170532227	32.61672592163086
8	24.47092056274414	28.81034088134766	32.09298324584961	35.37562942504883
9	26.22403717041016	30.87433624267578	34.39215087890625	37.90996932983398
10	27.8459300994873	32.78384017944336	36.51922225952148	40.25460815429688
11	29.35559463500977	34.56121444702148	38.49911117553711	42.43700790405273
12	30.76823997497559	36.22436141967773	40.35175704956055	44.47915267944336
13	32.09621810913086	37.7878303527832	42.09336853027344	46.39890289306641
14	33.34968948364258	39.26357650756836	43.73726272583008	48.21094512939453
15	34.53710556030273	40.66155624389648	45.29452514648438	49.92749404907227
16	35.66556549072266	41.99012756347656	46.77447509765625	51.55882263183594
17	36.74109649658203	43.25638198852539	48.18500518798828	53.11362838745117
18	37.76884078979492	44.46637344360352	49.53286361694336	54.5993537902832
19	38.75323486328125	45.62533187866211	50.82387161254883	56.02241134643555
20	39.69812393188477	46.73777389526367	52.0630683898258	57.38835906982422
21	40.60685729980469	47.80765914916992	53.25485229492188	58.70204544067383
22	41.48238754272461	48.83844375610352	54.4030876159668	59.96772766113281
23	42.32730484008789	49.83319091796875	55.51117324829102	61.18915939331055
24	43.14391708374023	50.79460906982422	56.58213806152344	62.36966705322266
25	43.93426895141602	51.72511672973633	57.61866760253906	63.51221466064453
26	44.70019912719727	52.62686920166016	58.62316513061523	64.61946105957031
27	45.44335174560547	53.50180816650391	59.5977897644043	65.69377899169922
28	46.16521453857422	54.3516731262207	60.54449462890625	66.73731231689453
29	46.86712265014648	55.17805480957031	61.46503067016602	67.75200653076172
30	47.55030059814453	55.98237609863281	62.36100006103516	68.73961639404297
31	48.21585083007812	56.76594924926758	63.23385238647461	69.70175170898438
32	48.86478805541992	57.52996063232422	64.08491516113281	70.63986206054688
33	49.49803161621094	58.2755012512207	64.91539764404297	71.5352978515625
34	50.11643600463867	59.00356674194336	65.72641754150391	72.44927215576172
35	50.72077941894531	59.7150764465332	66.51899719238281	73.32292175292969
36	51.3117790222168	60.41088104248047	67.29408264160156	74.17728424072266
37	51.89010238647461	61.09175872802734	68.05253601074219	75.01332092285156
38	52.45636367797852	61.7584342956543	68.79517364501953	75.83191680908203
39	53.01113128662109	62.41157913208008	69.52274322509766	76.63390350341797
40	53.55493927001953	63.05181884765625	70.23593139648438	77.42003631591797
41	54.08827590942383	63.67972946166992	70.93538665771484	78.1910400390625
42	54.61160278320312	64.29586029052734	71.62171936035156	78.94757080078125
43	55.12535095214844	64.90071105957031	72.29547882080078	79.69025421142578
44	55.62992095947266	65.4947509765625	72.95721435546875	80.41967010498047
45	56.12568664550781	66.07843780517578	73.60739898681641	81.13636016845703
46	56.61300277709961	66.65216827392578	74.24650573730469	81.84083557128906
47	57.09220504760742	67.21634674072266	74.87496185302734	82.53357696533203
48	57.56360244750977	67.77133178710938	75.49318695068359	83.21503448486328
49	58.02748489379883	68.31747436523438	76.10155487060547	83.88563537597656
50	58.48413467407227	68.8551025390625	76.700439453125	84.5457763671875
51	58.93381118774414	69.384521484375	77.29017639160156	85.19583892822266
52	59.37675857543945	69.9060211816406	77.87109375	85.83617401123047
53	59.81321716308594	70.41987609863281	78.44349670410156	86.46712493896484
54	60.24340438842773	70.92634582519531	79.00768280029297	87.08901214599609

REGISTROS DE ACTIVA DE REINTEGRACION EN UN
 ESTACION INTERREY
 METODO DE CHENG LING CHEY
 TR=20 ANOS
 DURACION



DURACION	TR=20 ANOS	TR=50 ANOS	TR=100 ANOS	TR=200 ANOS
55	60.66753005981445	71.42568206787109	79.56391143798828	87.70214080810547
56	61.08579635620117	71.91812133789062	80.11244964599609	88.30678558349609
57	61.49838638305664	72.40387725830078	80.65355682373047	88.90323638916016
58	61.90548706054688	72.88316345214844	81.18745422363281	89.49175262451172
59	62.30726623535156	73.35619354248047	81.71437835693359	90.07257080078125
60	62.70388412475586	73.82314300537109	82.23453521728516	90.64592742919922

UNANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

ESTACION MONTERREY
REGISTROS DE ALTURA DE PRECIPITACION EN MM

METODO DE CHENG LUNG CHEN

DURACION	TR=20 AÑOS	TR=50 AÑOS	TR=100 AÑOS	TR=200 AÑOS
120	80.59178924560547	94.88310241699219	105.6940612792969	116.5050277709961
180	92.67997741699219	109.1148834228516	121.5474166870117	133.9799346923828
240	102.1323928833008	120.2434921264648	133.9440155029297	147.64453125
300	110.0274124145508	129.5385437011719	144.2981262207031	159.0577239990234
360	116.8762741088867	137.6018981933594	153.2802429199219	168.9585723876953
420	122.965950012207	144.7714538574219	161.2666931152344	177.7619171142578
480	128.4753570556641	151.2578430175781	168.4921417236328	185.7264251708984
540	133.5243988037109	157.2022247314453	175.1138153076172	193.0254058837891
600	138.1977233886719	162.7042846679688	181.2427825927734	199.7812652587891
660	142.5576477050781	167.8373565673828	186.9607086181641	206.0840606689453
720	146.6514434814453	172.6570892333984	192.3296051025391	212.0021057128906
780	150.5159301757812	177.2068634033203	197.3977813720703	217.5886993408203
840	154.1804504394531	181.5212097167969	202.2037048339844	222.8861999511719
900	157.6687622070312	185.6280975341797	206.7785186767578	227.928955078125
960	161.0003967285156	189.5505523681641	211.1479034423828	232.7452392578125
1020	164.1916961669922	193.3077545166016	215.3332061767578	237.358642578125
1080	167.2564086914062	196.9159240722656	219.3524780273438	241.7890319824219
1140	170.2062377929688	200.3888397216797	223.2211151123047	246.0533752441406
1200	173.0512847900391	203.7384033203125	226.9523162841797	250.1662292480469
1260	175.8002777099609	206.9748840332031	230.5575561523438	254.1402282714844
1320	178.4608612060547	210.1072692871094	234.0468444824219	257.9864196777344
1380	181.0397491455078	213.1434478759766	237.4289703369141	261.7145080566406
1440	183.5428466796875	216.0904388427734	240.7117309570312	265.3330383300781

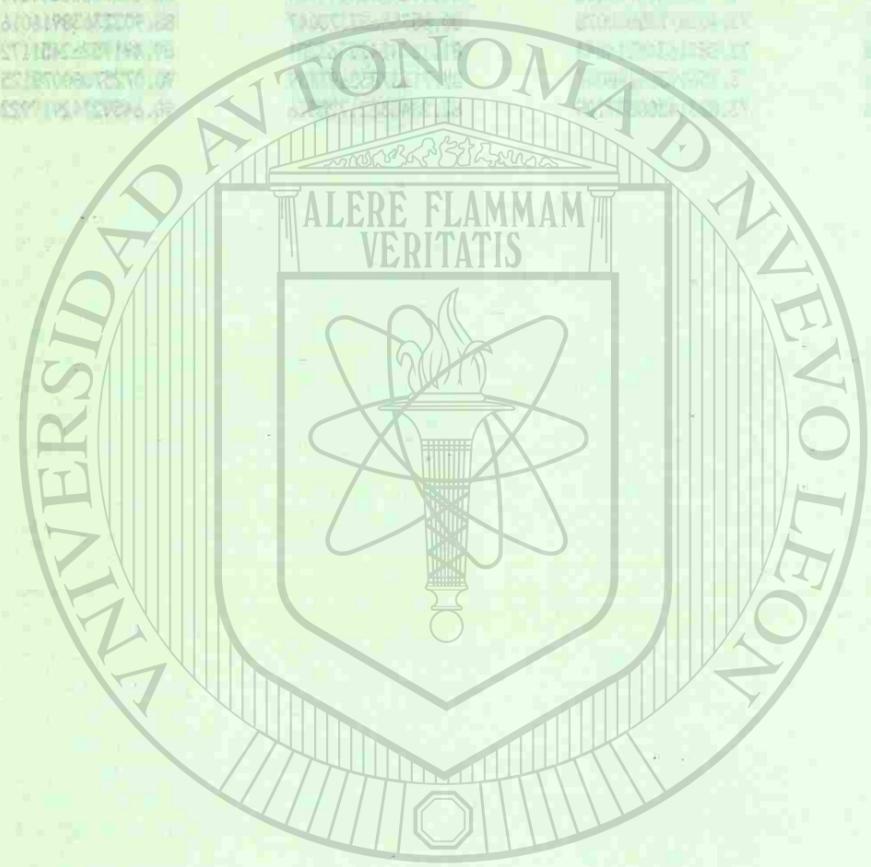
209A 003-9T
TACIMORALON TO
POAFAZORCIC BR
610A IPREAZOPE BR
STIADKAZOPE BR
ESTRIBAZOPE BR
ESTRIBAZOPE BR

209A 001-9T
COMPTA IPGAS, PT
10-TOMASO L, OR
TACITE-1000

209A 02-9T
TACIMORALON TO
COMPTA IPGAS, PT
10-TOMASO L, OR
TACITE-1000

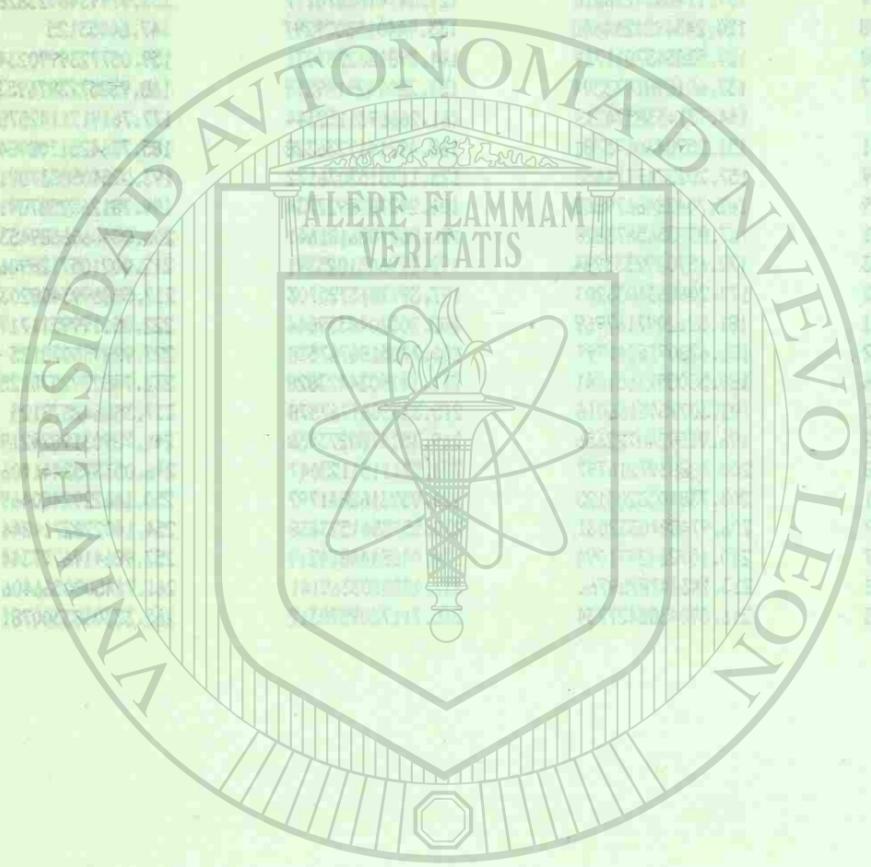
209A 05-9T
TACIMORALON TO
COMPTA IPGAS, PT
10-TOMASO L, OR
TACITE-1000

209A 08-9T
TACIMORALON TO
COMPTA IPGAS, PT
10-TOMASO L, OR
TACITE-1000



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

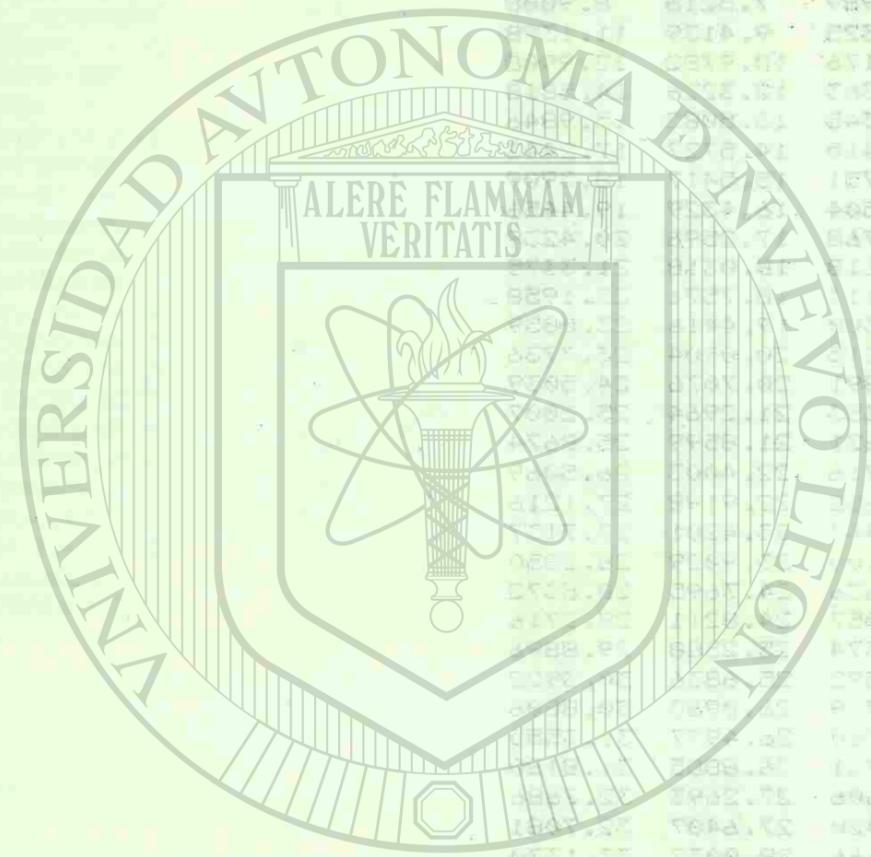
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LEÓN
 DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIONES

METODO DE BELL
 ESTACION TOPO CHICO
 REGISTROS DE ALTURA DE PRECIPITACION EN MM

DURACION	TR=2	TR=5	TR=10
1.0000	1.0620	1.4281	1.6899
2.0000	3.8458	5.0759	6.0065
3.0000	5.6989	7.5218	8.9008
4.0000	7.1325	9.4139	11.1398
5.0000	8.3176	10.9782	12.9908
6.0000	9.3363	12.3226	14.5818
7.0000	10.2345	13.5082	15.9846
8.0000	11.0410	14.5727	17.2443
9.0000	11.7751	15.5417	18.3909
10.0000	12.4504	16.4329	19.4456
11.0000	13.0768	17.2596	20.4239
12.0000	13.6618	18.0318	21.3375
13.0000	14.2113	18.7571	22.1958
14.0000	14.7300	19.4416	23.0059
15.0000	15.2215	20.0904	23.7736
16.0000	15.6891	20.7076	24.5039
17.0000	16.1353	21.2964	25.2007
18.0000	16.5621	21.8599	25.8674
19.0000	16.9716	22.4003	26.5069
20.0000	17.3652	22.9198	27.1216
21.0000	17.7443	23.4201	27.7137
22.0000	18.1100	23.9029	28.2850
23.0000	18.4636	24.3695	28.8372
24.0000	18.8057	24.8211	29.3716
25.0000	19.1374	25.2588	29.8896
26.0000	19.4592	25.6836	30.3922
27.0000	19.7719	26.0963	30.8806
28.0000	20.0760	26.4977	31.3555
29.0000	20.3721	26.8885	31.8180
30.0000	20.6606	27.2693	32.2686
31.0000	20.9420	27.6407	32.7081
32.0000	21.2166	28.0032	33.1370
33.0000	21.4849	28.3573	33.5561
34.0000	21.7472	28.7035	33.9657
35.0000	22.0037	29.0421	34.3664
36.0000	22.2549	29.3735	34.7586
37.0000	22.5008	29.6981	35.1427
38.0000	22.7418	30.0162	35.5190
39.0000	22.9780	30.3280	35.8881
40.0000	23.2098	30.6339	36.2501
41.0000	23.4373	30.9342	36.6053
42.0000	23.6606	31.2290	36.9542
43.0000	23.8800	31.5185	37.2968
44.0000	24.0956	31.8031	37.6336
45.0000	24.3076	32.0829	37.9646
46.0000	24.5160	32.3580	38.2902
47.0000	24.7211	32.6287	38.6105
48.0000	24.9230	32.8951	38.9257
49.0000	25.1217	33.1573	39.2361
50.0000	25.3174	33.4156	39.5417
51.0000	25.5101	33.6700	39.8428
52.0000	25.7001	33.9208	40.1395
53.0000	25.8873	34.1679	40.4319
54.0000	26.0719	34.4115	40.7202



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

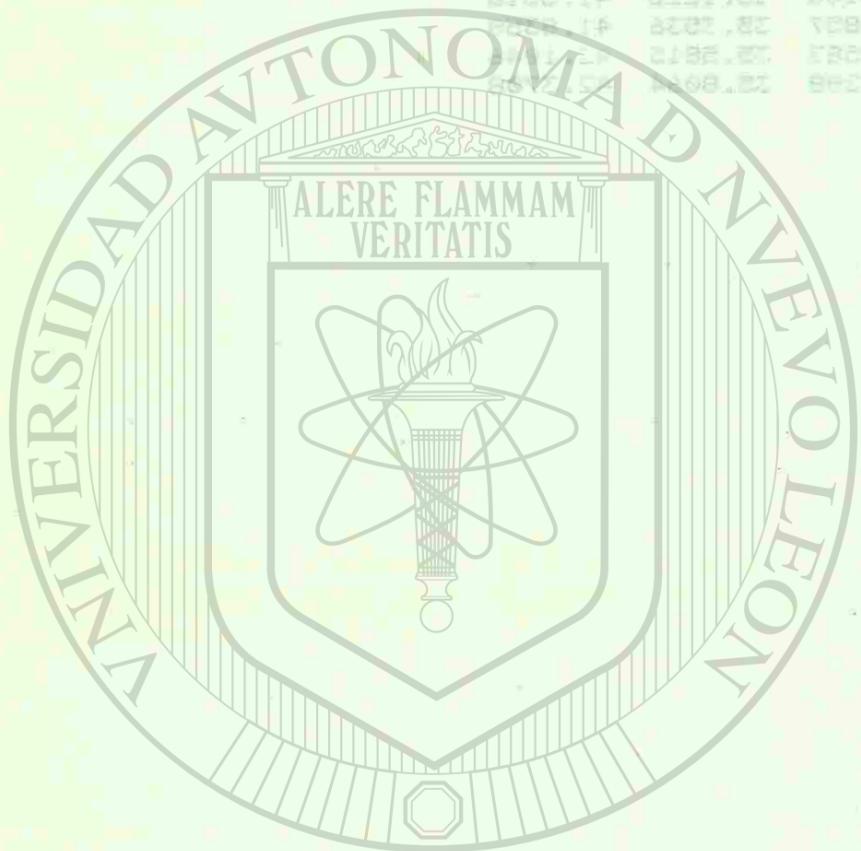
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

DURACION	TR=2	TR=5	TR=10
55.0000	26.2540	34.6518	41.0046
56.0000	26.4336	34.8889	41.2851
57.0000	26.6108	35.1228	41.5618
58.0000	26.7857	35.3536	41.8350
59.0000	26.9583	35.5815	42.1046
60.0000	27.1288	35.8064	42.3708

DURACION	TR=2	TR=5	TR=10
55.0000	26.2540	34.6518	41.0046
56.0000	26.4336	34.8889	41.2851
57.0000	26.6108	35.1228	41.5618
58.0000	26.7857	35.3536	41.8350
59.0000	26.9583	35.5815	42.1046
60.0000	27.1288	35.8064	42.3708

UNANL





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

METODO DE BELL
 ESTACION TOPO CHICO
 REGISTROS DE ALTURA DE PRECIPITACION EN MM.

DURACION	TR=2	TR=5	TR=10	TR=20
120.0000	34.8208	45.9589	54.3845	62.4399
180.0000	39.9784	52.7663	62.4399	71.1918
240.0000	43.9682	58.0322	68.6713	78.5134
300.0000	47.2666	62.3858	73.8230	83.5134
360.0000	50.1016	66.1276	78.2508	87.1478
420.0000	52.6015	69.4272	82.1553	90.4380
480.0000	54.8463	72.3899	85.6612	93.4888
540.0000	56.8895	75.0867	88.8523	96.4383
600.0000	58.7688	77.5672	91.7876	99.2449
660.0000	60.5121	79.8681	94.5103	101.8964
720.0000	62.1403	82.0171	97.0533	104.4383
780.0000	63.6696	84.0356	99.4419	106.8964
840.0000	65.1132	85.9409	101.6964	109.2449
900.0000	66.4813	87.7466	103.8333	111.4405
960.0000	67.7826	89.4642	105.8658	113.5113
1020.0000	69.0243	91.1031	107.8051	115.4772
1080.0000	70.2124	92.6712	109.6607	117.3494
1140.0000	71.3520	94.1753	111.4405	119.1296
1200.0000	72.4474	95.6211	113.1513	120.8288
1260.0000	73.5024	97.0136	114.7992	122.4580
1320.0000	74.5205	98.3573	116.3892	124.0282
1380.0000	75.5044	99.6559	117.9259	125.5494
1440.0000	76.4567	100.9129	119.4133	127.0226
1500.0000	77.3824	102.1331	120.8551	128.4488
1560.0000	78.2774	103.3216	122.2563	129.8280
1620.0000	79.1478	104.4833	123.6230	131.1612
1680.0000	79.9882	105.6142	124.9508	132.4514
1740.0000	80.7946	106.7203	126.2449	133.7006
1800.0000	81.5630	107.8007	127.5103	134.9198
1860.0000	82.2903	108.8523	128.7530	136.1030
1920.0000	82.9734	109.8829	129.9784	137.2542
1980.0000	83.6182	110.8907	131.1823	138.3784
2040.0000	84.2216	111.8737	132.3688	139.4716
2100.0000	84.7896	112.8309	133.5330	140.5388
2160.0000	85.3182	113.7612	134.6788	141.5760
2220.0000	85.8043	114.6716	135.8003	142.5882
2280.0000	86.2539	115.5603	136.9023	143.5714
2340.0000	86.6630	116.4344	137.9808	144.5306
2400.0000	87.0374	117.2929	139.0407	145.4708
2460.0000	87.3730	118.1337	140.0788	146.3880
2520.0000	87.6756	118.9559	141.0992	147.2862
2580.0000	87.9421	119.7587	142.0988	148.1614
2640.0000	88.1703	120.5412	143.0730	149.0186
2700.0000	88.3674	121.3016	144.0263	149.8518
2760.0000	88.5316	122.0389	144.9547	150.6570
2820.0000	88.6618	122.7512	145.8530	151.4382
2880.0000	88.7570	123.4374	146.7263	152.1904
2940.0000	88.8162	124.0967	147.5707	152.9186
3000.0000	88.8474	124.7282	148.3903	153.6278
3060.0000	88.8496	125.3316	149.1807	154.3130
3120.0000	88.8218	125.9069	149.9488	154.9782
3180.0000	88.7630	126.4537	150.6907	155.6184
3240.0000	88.6724	126.9712	151.4030	156.2286
3300.0000	88.5482	127.4587	152.0823	156.8138
3360.0000	88.3896	127.9162	152.7347	157.3690
3420.0000	88.1946	128.3437	153.3663	157.8982
3480.0000	87.9612	128.7412	153.9730	158.3964
3540.0000	87.6874	129.1087	154.5517	158.8686
3600.0000	87.3716	129.4462	155.1003	159.3108
3660.0000	87.0120	129.7537	155.6157	159.7190
3720.0000	86.6074	130.0312	156.0953	160.0982
3780.0000	86.1578	130.2787	156.5357	160.4444
3840.0000	85.6622	130.4962	156.9347	160.7526
3900.0000	85.1206	130.6827	157.2903	161.0278
3960.0000	84.5330	130.8382	157.6007	161.2660
4020.0000	83.8984	130.9627	157.8637	161.4642
4080.0000	83.2168	131.0562	158.0773	161.6284
4140.0000	82.4882	131.1187	158.2407	161.7546
4200.0000	81.7126	131.1502	158.3537	161.8378
4260.0000	80.8890	131.1507	158.4157	161.8740
4320.0000	80.0174	131.1202	158.4257	161.8682
4380.0000	79.0978	131.0587	158.3837	161.8164
4440.0000	78.1302	130.9662	158.2887	161.7246
4500.0000	77.1146	130.8427	158.1407	161.5878
4560.0000	76.0510	130.6882	157.9397	161.4010
4620.0000	74.9394	130.5027	157.6847	161.1692
4680.0000	73.7798	130.2862	157.3757	160.8974
4740.0000	72.5722	130.0387	157.0127	160.5806
4800.0000	71.3166	129.7612	156.6057	160.2138
4860.0000	70.0130	129.4537	156.1537	159.7930
4920.0000	68.6614	129.1162	155.6567	159.3142
4980.0000	67.2618	128.7487	155.1137	158.7824
5040.0000	65.8142	128.3512	154.5257	158.1926
5100.0000	64.3286	127.9237	153.8927	157.5508
5160.0000	62.8050	127.4662	153.2157	156.8610
5220.0000	61.2434	126.9787	152.4937	156.1282
5280.0000	59.6438	126.4612	151.7267	155.3564
5340.0000	58.0062	125.9137	150.9137	154.5406
5400.0000	56.3306	125.3362	150.0557	153.6858
5460.0000	54.6170	124.7287	149.1527	152.7960
5520.0000	52.8654	124.0912	148.2057	151.8662
5580.0000	51.0758	123.4237	147.2137	150.8914
5640.0000	49.2482	122.7262	146.1767	149.8776
5700.0000	47.3826	122.0007	145.0937	148.8298
5760.0000	45.4790	121.2472	143.9647	147.7430
5820.0000	43.5374	120.4657	142.7887	146.6122
5880.0000	41.5578	119.6562	141.5647	145.4324
5940.0000	39.5402	118.8187	140.2917	144.2086
6000.0000	37.4846	117.9532	138.9687	142.9368
6060.0000	35.3910	117.0597	137.5947	141.6130
6120.0000	33.2594	116.1382	136.1697	140.2342
6180.0000	31.0898	115.1887	134.6937	138.8054
6240.0000	28.8822	114.2112	133.1667	137.3226
6300.0000	26.6366	113.2057	131.5887	135.7818
6360.0000	24.3530	112.1712	129.9597	134.1870
6420.0000	22.0314	111.1087	128.2797	132.5432
6480.0000	19.6718	110.0182	126.5477	130.8554
6540.0000	17.2742	108.8997	124.7627	129.1176
6600.0000	14.8386	107.7532	122.9247	127.3338
6660.0000	12.3650	106.5787	121.0327	125.5000
6720.0000	9.8534	105.3762	119.0867	123.6212
6780.0000	7.3038	104.1457	117.0857	121.6934
6840.0000	4.7162	102.8872	115.0297	119.7126
6900.0000	2.0906	101.6017	112.9187	117.6838
6960.0000	-0.5730	100.2892	110.7527	115.6030
7020.0000	-3.2074	98.9507	108.5317	113.4752
7080.0000	-5.8038	97.5862	106.2557	111.3054
7140.0000	-8.3622	96.1967	103.9247	109.0976
7200.0000	-10.8826	94.7822	101.5387	106.8458
7260.0000	-13.3650	93.3437	99.0977	104.5540
7320.0000	-15.8094	91.8812	96.6017	102.2272
7380.0000	-18.2158	90.3957	94.0507	99.8604
7440.0000	-20.5842	88.8872	91.4447	97.4586
7500.0000	-22.9146	87.3557	88.7837	95.0168
7560.0000	-25.2070	85.8012	86.0677	92.5300
7620.0000	-27.4614	84.2237	83.3067	90.0032
7680.0000	-29.6778	82.6242	80.5007	87.4314
7740.0000	-31.8562	81.0027	77.6507	84.8196
7800.0000	-34.0976	79.3592	74.7567	82.1638
7860.0000	-36.3020	77.6937	71.8187	79.4600
7920.0000	-38.4704	76.0062	68.8367	76.7142
7980.0000	-40.6028	74.2967	65.8107	73.9314
8040.0000	-42.6992	72.5642	62.7407	71.1076
8100.0000	-44.7606	70.8087	59.6267	68.2478
8160.0000	-46.7870	69.0312	56.4687	65.3460
8220.0000	-48.7794	67.2317	53.2667	62.4072
8280.0000	-50.7378	65.4092	50.0207	59.4354
8340.0000	-52.6622	63.5637	46.7307	56.4356
8400.0000	-54.5526	61.6952	43.3967	53.4038
8460.0000	-56.4090	59.8037	39.9187	50.3360
8520.0000	-58.2314	57.8892	36.2967	47.2372
8580.0000	-60.0208	55.9517	32.6307	44.1034
8640.0000	-61.7772	53.9912	28.9207	40.9306
8700.0000	-63.5006	52.0087	25.1667	37.7238
8760.0000	-65.1910	50.0042	21.3687	34.4880
8820.0000	-66.8484	47.9777	17.5267	31.2182
8880.0000	-68.4728	45.9292	13.6407	27.9194
8940.0000	-70.0642	43.8587	9.7107	24.5966
9000.0000	-71.6226	41.7662	5.7367	21.2448
9060.0000	-73.1480	39.6517	1.7187	17.8680
9120.0000	-74.6404	37.5152	-2.2433	14.4702
9180.0000	-76.0998	35.3567	-6.2553	11.0564
9240.0000	-77.5262	33.1762	-10.2153	7.6316
9300.0000	-78.9196	30.9737	-14.1233	4.1918
9360.0000	-80.2800	28.7492	-17.9793	0.7320
9420.0000	-81.6074	26.5027	-21.7833	-2.7338
9480.0000	-82.9018	24.2342	-25.5353	-6.0800
9540.0000	-84.1632	21.9437	-29.2353	-9.3182
9600.0000	-85.3916	19.6312	-32.8833	-12.4544
9660.0000	-86.5870	17.2967	-36.4793	-15.4846
9720.0000	-87.7494	14.9402	-40.0233	-18.4128
9780.0000	-88.8788	12.5627	-43.5153	-21.2350
9840.0000	-89.9752	10.1642	-46.9553	-23.9562
9900.0000	-91.0386	7.7447	-50.3433	-26.5714
9960.0000	-92.0690	5.3042	-53.6793	-29.0866
10000.0000	-93.0654	2.8427	-56.9633	-31.5068