



**UNIVERSIDAD POPULAR AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE PUEBLA**

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**DAÑOS EN CUBIERTAS INDUSTRIALES POR
GRANIZO**

Trabajo de Investigación
que para obtener el Título de

INGENIERO CIVIL

Presenta

Alejandro Solana Ríos

Puebla, Pue., México

Marzo de 2002



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyla**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INGENIERIA

CARLOS RUIZ ACEVEDO

Dra Josefina Rivero de De la Torre
Directora
Presente

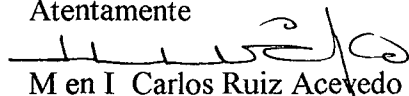
Distinguida Doctora

Por medio de la presente, hago constar que el alumno ALEJANDRO SOLANA RIOS, matricula 70250, de la Carrera de Ingeniería Civil de La Universidad Popular Autónoma del Estado, ha concluido satisfactoriamente su trabajo de Tesis, con el tema de Efectos de Granizo en cubiertas industriales en el Valle de Puebla- Tlaxcala. El trabajo de campo y gabinete se han integrado completamente. El material fotográfico está siendo ordenado. La revisión general está completa y ya está disponible para que, de acuerdo a los protocolos universitarios, se proceda a su reproducción.

Sin mas por el momento, me pongo a sus distinguidas ordenes

Puebla, Pue a 7 de Noviembre del 2001

Atentamente



M en I Carlos Ruiz Acevedo

A **DIOS** POR LA VIDA Y OPORTUNIDADES QUE ME HA REGALADO

A LA **SANTÍSIMA VIRGEN** POR SUS BENDICIONES

A MIS **PAPAS** POR SU ENTREGA Y ESFUERZO A LO LARGO DE MI VIDA

AMI **ESPOSA E HIJA** POR SU CONFIANZA

A MIS **HERMANOS** POR SU APOYO

AL **ING. CARLOS RUIZ ACEVEDO Y DRA. JOSEFINA RIVERO VILLAR** POR SU AYUDA E INSISTENCIA

INDICE

1	INTRODUCCION	1
1 1	CARGAS DE NIEVE, LLUVIA, GRANIZO Y HIELO	3
1 2	ALCANCE DEL TRABAJO	5
2	GENERALIDADES	6
2 1	ANALISIS DE DAÑOS	11
3	MEDICIONES EN CAMPO	14
4	ANÁLISIS DE DESAGÜE	22
4 1	ANALISIS HIDRÁULICO	22
4 2	ANALISIS DE BAJADAS	24
4 3	ANALISIS DE DRENAJES	25
5	CONCLUSIONES	26
6	DATOS ESTADÍSTICOS	27
6 1	DIAS CON GRANIZO	27
6 2	PRECIPITACION DIARIA	28
6 3	PRECIPITACION TOTAL DEL MES	29
7	REFERENCIAS	31
8	ANEXOS FOTOGRAFICOS	32
8 1	DAÑOS EN NAVES INDUSTRIALES	33
8 2	DAÑOS EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO	37
8 3	DAÑOS EN CUBIERTAS DE NAVES INDUSTRIALES	39
8 4	DAÑOS QUE SE PUEDEN OCASIONAR EN AUTO- PISTAS POR ACUMULACIONES DE GRANIZO	41

1. INTRODUCCIÓN

Es un hecho que a través del tiempo, las estructuras metálicas han sido afectadas por un numero elevado de granizadas que han provocado colapsos e inundaciones, debido principalmente a la poca inclinación de sus techos, además de los deficientes desagües de estas estructuras, como ocurre en el valle de Puebla y Tlaxcala

El objetivo de esta Tesis es definir los parámetros que influyen en el diseño de las cubiertas, así como el aseguramiento de desagüe hacia los canalones y bajadas de aguas pluviales (b a p)

Para lograr este objeto el Ingeniero puede apoyarse en los conocimientos aprendidos de los colapsos e inundaciones que se han presentado a través de los años en los techos por los efectos del granizo

Existe un cúmulo de información de daños y colapsos de naves ocurridos en el Valle de Puebla y Tlaxcala, que plantean la necesidad de que los Códigos de Construcción sean revisados en el capitulo correspondiente a las cargas originadas por el granizo, especialmente en lo referente a los valles de techos, en donde la acumulación es critica



(Figura 1 1 falla de columna)

(Figura 1 2 falla de columna)



(Figura 1 3 nave industrial colapsada)

La literatura que trata el tema de cargas producidas por el granizo, es casi nula y de lo poco que se ha podido consultar es lo siguiente

1.1 Cargas de nieve, lluvia, granizo y hielo

La precipitación atmosférica puede producir cargas significativas especialmente en el diseño de los techos. En regiones con condiciones climáticas particularmente severas es necesario tomar en cuenta explícitamente los efectos de estas acciones. Los reglamentos especifican, en estos casos, cargas equivalentes que corresponden a la ocurrencia de fenómenos atmosféricos excepcionales y que, por tanto, deben considerarse como acciones accidentales, aunque las cargas puedan permanecer actuando en ocasiones durante periodos relativamente largos. En regiones donde estas acciones no son muy significativas, su efecto se suele incorporar al de las cargas vivas que se modifican para tomarlas en cuenta. Así lo hace el RCDF (Reglamento de Construcción del Distrito Federal) en donde, como se ha mencionado las cargas vivas para techo están influidas por la posibilidad de acumulación de lluvia o granizo. Así estas acciones se consideran como variables.

Conviene, en todo caso, conocer la naturaleza de estas acciones para detectar las situaciones en que pueden llegar a ser críticas y en que sus efectos no quedan cubiertos por las cargas especificadas por los reglamentos.

La nieve que se deposita sobre los techos tiene un peso menor de lo que podría pensarse. Cada centímetro de nieve suelta equivale a 1kg/m^2 de carga.

El peso volumétrico aumenta del orden de dos veces por la compactación, en la parte inferior de un estrato de algunas decenas de centímetros, y hasta cuatro o cinco veces cuando la nieve ha quedado durante algunos meses y se vuelve hielo. En regiones de climas no extremos es difícil que la carga por este efecto sea superior a la carga viva. En construcciones localizadas donde son posibles grandes nevadas conviene obtener datos locales acerca de la magnitud de este fenómeno para tomarlo en cuenta en el diseño de los elementos de techumbre.

Recomendaciones muy completas al respecto se encuentran contenidas en el código ANSI-A 58.1 (referencia 3.3). La carga vertical de diseño sobre el techo se obtiene a partir de una carga básica de nieve sobre el terreno en la zona en cuestión. Esta última se determina de los datos meteorológicos y de precipitación de nieve en la región, con criterios semejantes a los empleados para la velocidad de viento de diseño. También para nieve es común que los reglamentos especifiquen para diseño el valor que tiene un periodo de recurrencia de 50 años. Como ejemplo, en algunas zonas de los EUA la carga básica de nieve sobre el terreno especificada llega a 300kg/m^2 .

La diferencia entre la carga que se debe considerar sobre el techo y la básica en el terreno se debe al efecto del viento que puede reducir la acumulación de nieve en algunas partes y aumentarla en otras. Se emplean factores correctivos que afectan la carga básica de nieve y que dependen de las condiciones de exposición al viento de la superficie en estudio, de la existencia o no de calefacción en el interior de la construcción y de la geometría del techo, principalmente de su inclinación. Debe tomarse en cuenta la posibilidad de una distribución asimétrica de la nieve debido al efecto del viento y al deslizamiento en superficies inclinadas. También debe considerarse la posible acumulación en los valles de los techos inclinados y en zonas inmediatamente adyacentes a paredes verticales o con pendiente muy pronunciada.

La lluvia puede producir cargas importantes en techos planos cuando hay un mal funcionamiento de los desagües. El fenómeno puede tener consecuencias catastróficas en techos. El valor de la carga viva especificado por el RCDF pluvial produce deflexiones de cierta importancia que hacen que se incremente la cantidad de agua que pueda acumularse y por tanto la magnitud de la carga y la deflexión. Este fenómeno progresivo ha causado el colapso de algunos techos. El valor de la carga viva especificado por el RDF-76 para techos planos pretende cubrir este efecto, sin embargo, especialmente en techos inclinados, la carga de lluvia puede llegar a ser mayor que la carga viva especificada, de manera que conviene diseñar cada porción del techo para la carga producida por toda el agua que puede acumularse si las bajadas pluviales llegan a taparse.

El granizo, al depositarse sobre los techos produce un efecto similar al de la nieve. Aunque las cantidades de precipitación de granizo rara vez suelen ser apreciables, según la opinión del Dr. Roberto Meli, el fenómeno presenta aspectos más desfavorables que el de la nieve, ya que el granizo puede deslizarse más fácilmente hacia los valles de techos con pendientes grandes formando acumulaciones que representan cargas apreciables. En la ciudad de México en más de una ocasión han ocurrido fallas de cubiertas ligeras debido a ese fenómeno. La carga viva en techos inclinados del RCDF (Reglamento de Construcción del Distrito Federal) intenta cubrir principalmente este efecto, en particular la especificación de que en los valles de techos inclinados debe considerarse una carga de 30kg por cada metro cuadrado de proyección horizontal del techo que desagüe hacia el valle.

El hielo que puede formarse en las superficies de las estructuras expuestas a climas extremos produce una carga adicional que llega a ser significativa prácticamente solo en el diseño de cables de líneas de transmisión o de estructuras atirantadas. El incremento de volumen en estos cables ocasiona no solo un incremento en el peso sino también en la superficie de la estructura expuesta.

1.2 ALCANCE DEL TRABAJO

Con algunas pruebas e investigaciones que se realizaron se propone una inclinación apropiada, además de otros parámetros para el mejor desagüe de los granizos que se puedan acumular en los techos inclinados.

2. GENERALIDADES

El granizo lo constituyen esferas pequeñas de hielo que provienen de tormentas eléctricas. Se forman como resultado del congelamiento de pequeñas gotas de agua que continuamente suben y bajan. Esta constante acumulación de nuevas capas de hielo permiten convertirlas en pesados trozos de hielo que no pueden estar ya suspendidos.



(Figura 2.1 El Granizo)

Históricamente, la región del altiplano de Puebla y Tlaxcala, ha sido severamente dañada por éste fenómeno natural. Se recuerdan especialmente los edificios Industriales y bodegas colapsados (daños estimados) durante los últimos 30 años (fig's), a saber

Bodegas	3,500 m ²	colapso	Santa Ana, Tlax	1967
Textilera	3,000 "	"	Covadonga, Tlax	1981
Fábrica de Zapatos	4,000 "	"	Sn Martín Tex	1981
Bodegas Bugambilias	3,000 "	daños	Puebla, Pue	1987
Naves Industriales*	2,500 "	colapso	Puebla, Pue	1997
Agencia Cervecera	2,000 "	"	Lara Grajales, Pue	1990
Empacadora	14,000 "	"	Lara Grajales, Pue	1990
Procesadora de Malta	5,000 "	"	Lara Grajales	1990
Fábrica Textil		colapso	Apizaco, Tlax	1995
Fábrica Textil		colapso	Apizaco, Tlax	1995
Refresquera	2,000 m ²	colapso	Apizaco, Tlax	1996
Tienda de artesanías	1,000 "	"	Tecali, Pue	1997
Maquiladora de Ropa	1,600 "	"	Tepeaca, Pue	1999

(Tabla 2.1 Naves Industriales Colapsadas)

*200 mm de granizo medido



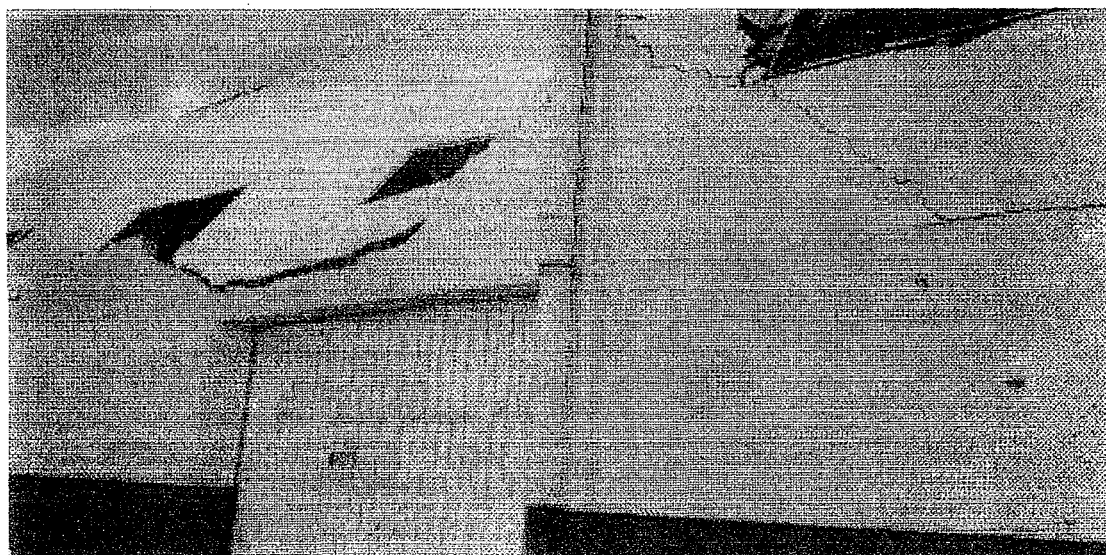


(Figura 2 3-4 Nave Industrial Colapsada)

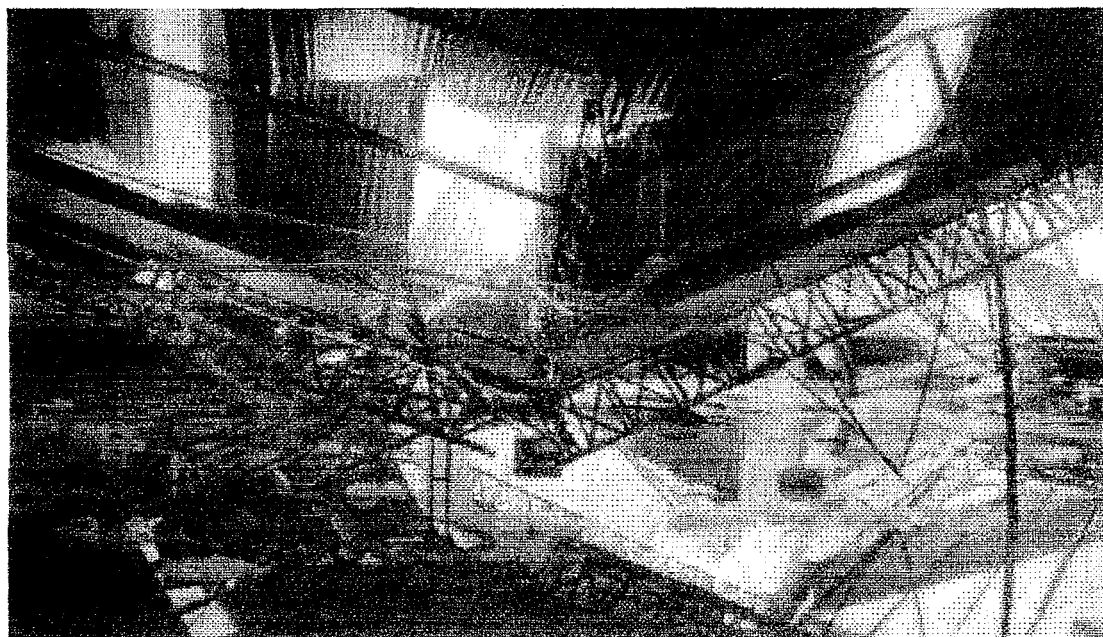
Las granizadas aparecen frecuentemente en la República Mexicana. Se reportan alrededor de 300
a estos envueltos. La mayoría ocurren durante los meses de Mayo y Octubre. Los estados que

más experimentan estos fenómenos son Puebla, Tlaxcala, Estado de México e Hidalgo. Excepcionalmente durante el pasado 13 de Mayo, se recuerda la inusitada granizada que dañó autos y ventanas en la ciudad de Monterrey, N L.

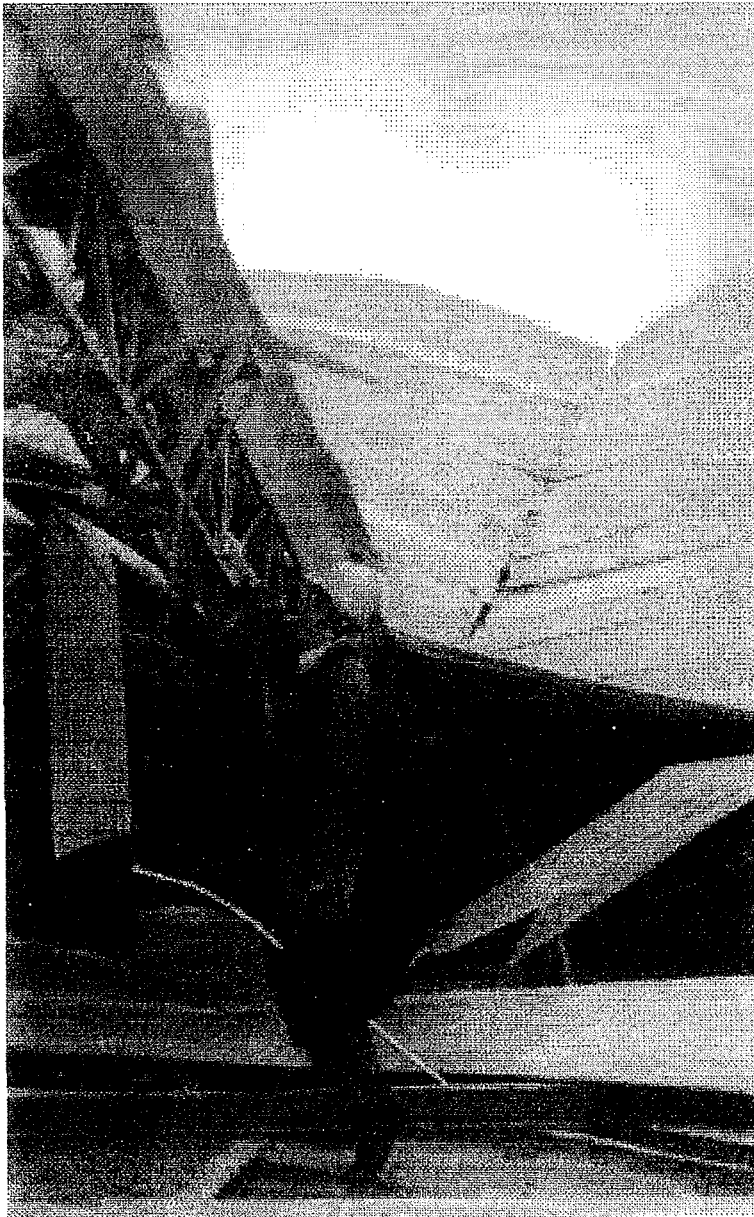
Durante el presente año, las granizadas más intensas que ocurrieron en el Altiplano de Puebla y Tlaxcala, corresponden a las presentadas el 11 de Junio, causando colapso en dos naves maquiladoras en Tepeaca, Pue. El 9, 16 y 17 de Julio, El 9 de septiembre, se dañaron fuertemente 10,000 m² de naves industriales.



(Figura 2.5 Daños ocasionados en muros en Tepeaca Puebla)



(Figura 2.6 Daños ocasionados en cubierta en Tepeaca Puebla)



(Figura 2 7 Daños ocasionados en cubierta en Tepeaca Puebla)

El tamaño de las esferas de granizo se define por la National Weather Service
 “Guidelines for estimating hail sizes defined by National Weather Service”

No severo	
Pea	1/4" diámetro
Marble	1/2"
Dime	5/8"

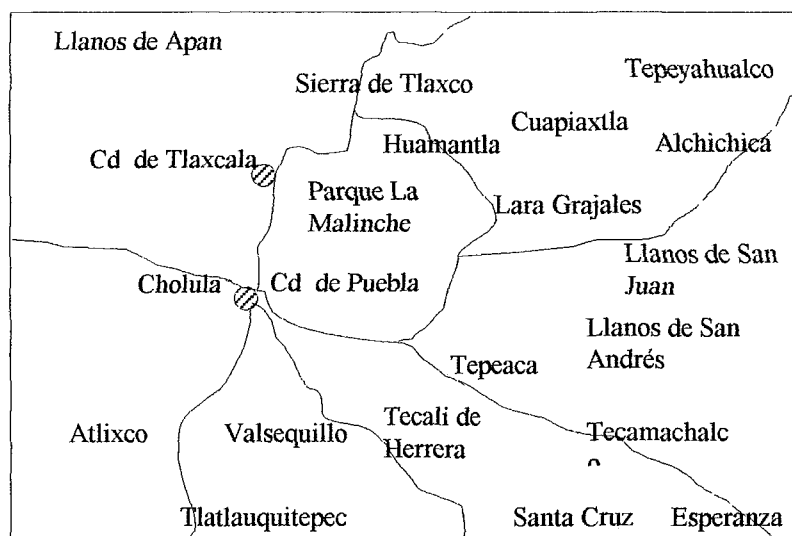
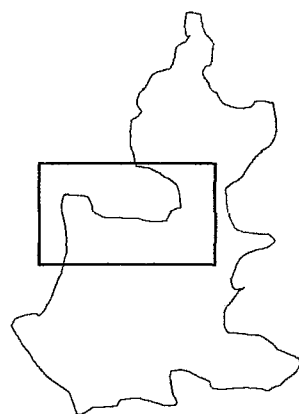
(Tabla 2 2 Tamaños del Granizo)

Severo:	
Penny	3/4"
Nickel	7/8"
Quarter	1"
Half dollar	1 1/4"
Walnut	1 1/2"
Golf Ball	1 3/4"
Tennis Ball	2 1/2"
Baseball	4 1/2"

(Tabla 2.3 Tamaños del Granizo)

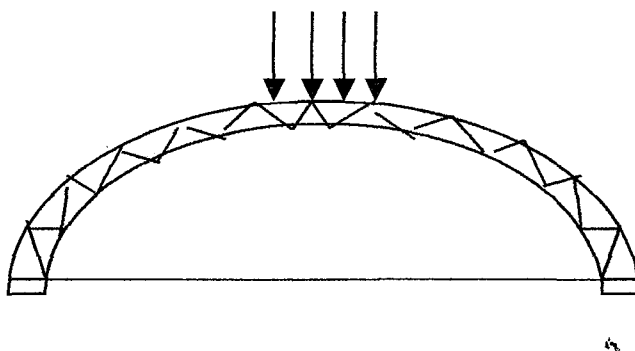
2.1 ANALISIS DE DAÑOS

Se presentan las principales causas que provocaron el colapso total o parcial de cubiertas ligeras de la zona en estudio (fig 2.8). Los motivos no estructurales causantes de pérdidas irreparables en naves, se atribuyen principalmente a la escasa área hidráulica de canalones, bajadas pluviales y registros, los cuales no se analizan en ésta parte del trabajo (Fig 2.11)



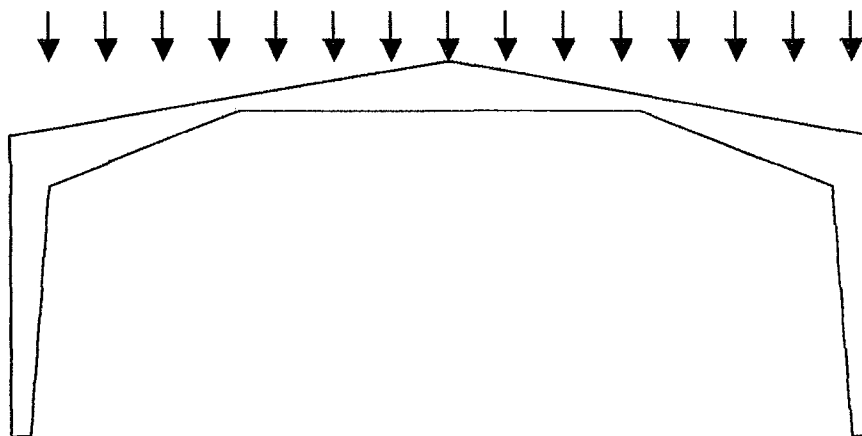
(Figura 2.8 Zona de estudio)

En primer término aparecen las cubiertas en forma de arco de medio punto, cuya pendiente es cercana a cero en las proximidades al centro del claro, facilitando la acumulación de grandes masas de granizo (fig 2 9)



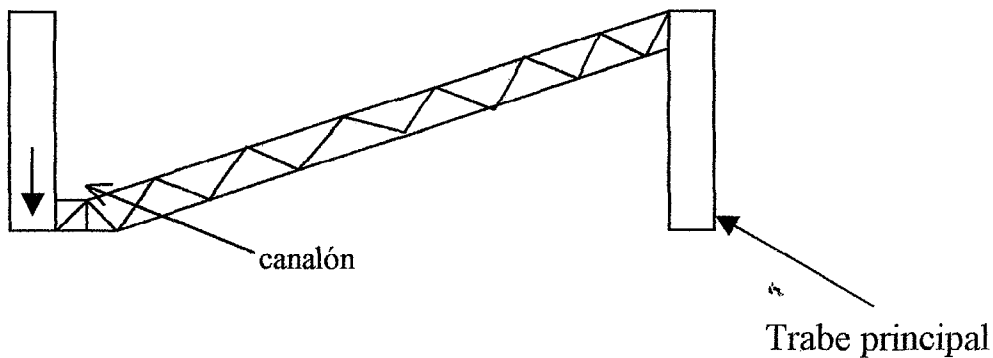
(Figura 2 9 Cubierta de medio punto)

Las cubiertas a dos aguas, fabricadas con baja pendiente impiden que el granizo escurra hacia los canalones (Fig 2 10), llevando a la falla al sistema estructural por exceder las cargas de diseño



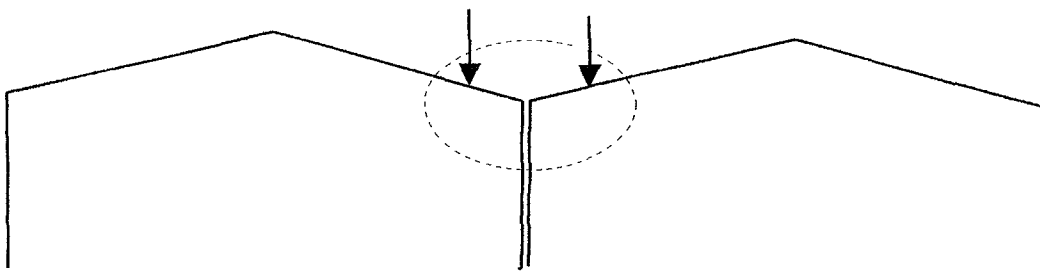
(Figura 2 10 Cubierta de dos aguas con baja pendiente)

Las cubiertas en forma de diente de sierra, acumulan una gran cantidad de granizo uniformemente distribuido a lo largo de la trabe principal, en su lecho inferior que soporta directamente al canalón. La subestimación de la carga por granizo puede colapsar las naves industriales (Fig 2 11)



(Figura 2 11 Cubierta con forma de diente de sierra)

Finalmente, un cuarto grupo lo constituyen las fallas locales de largueros en cubierta, en las proximidades de canalones de valles, que han causado pérdidas de mercancías y maquinaria por las grandes inundaciones asociadas (Fig 2 12)

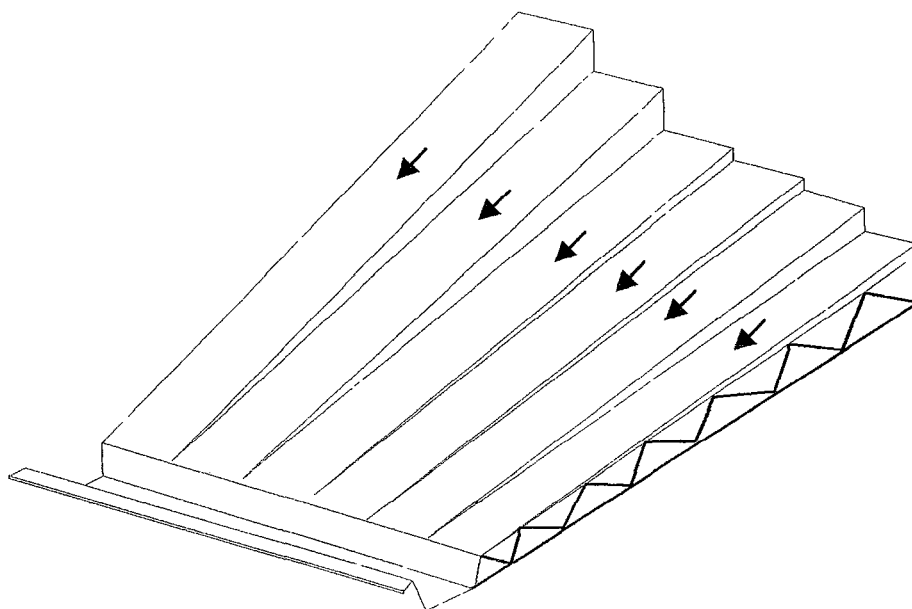


3. MEDICIONES EN CAMPO

La falta de información técnica disponible sobre granizo, obligó a construir un modelo experimental, a escala natural, diseñado para caracterizar las propiedades físicas del granizo. El material de cubierta del modelo, es de lámina galvanizada y pintada, que es el de mayor uso en nuestro país, de 6100 mm de longitud, construida con distintas pendientes, 3/100, 5/100, 8/100, 10/100, 15/100 y 20/100 (Fig 3 2)



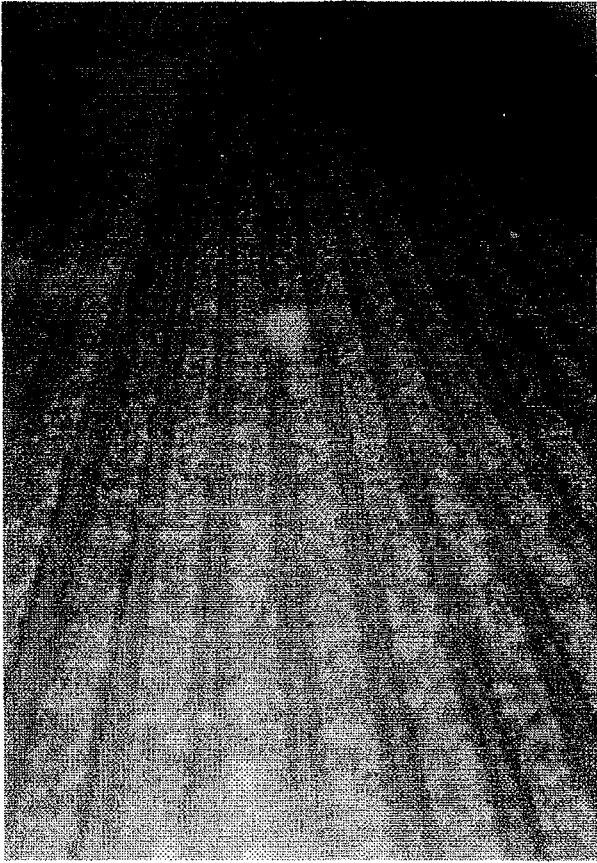
(Figura 3 1 Modelo experimental)



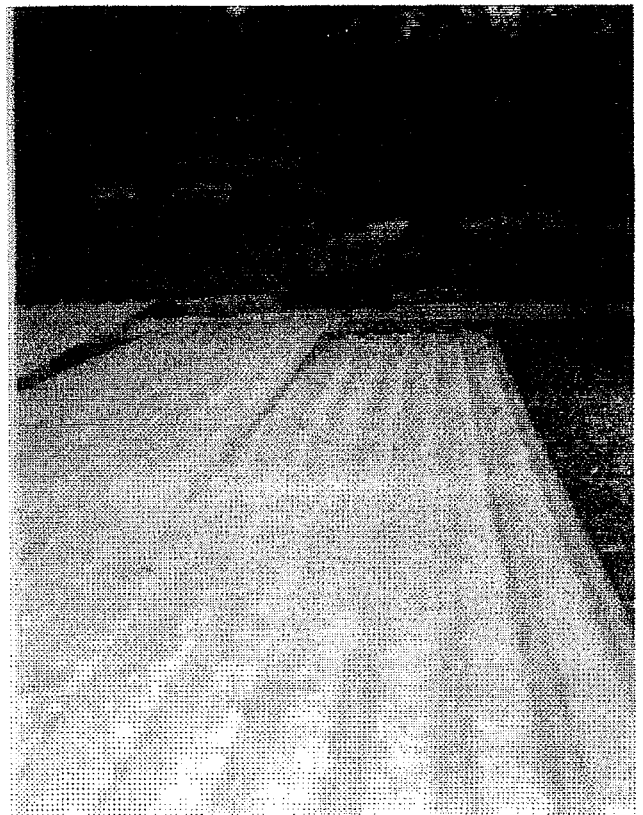
(Figura 3 2 Modelo de campo para distintas pendientes)

Fueron cuatro los eventos medidos con el modelo de campo durante el presente año. Se pudieron establecer relaciones importantes, especialmente la correspondiente al granizo acumulado con las diferentes pendientes. El tamaño del granizo fue de tipo "pea" en tres de los fenómenos naturales, y uno de tamaño "marble". La duración máxima registrada fue de 15 minutos. El fenómeno

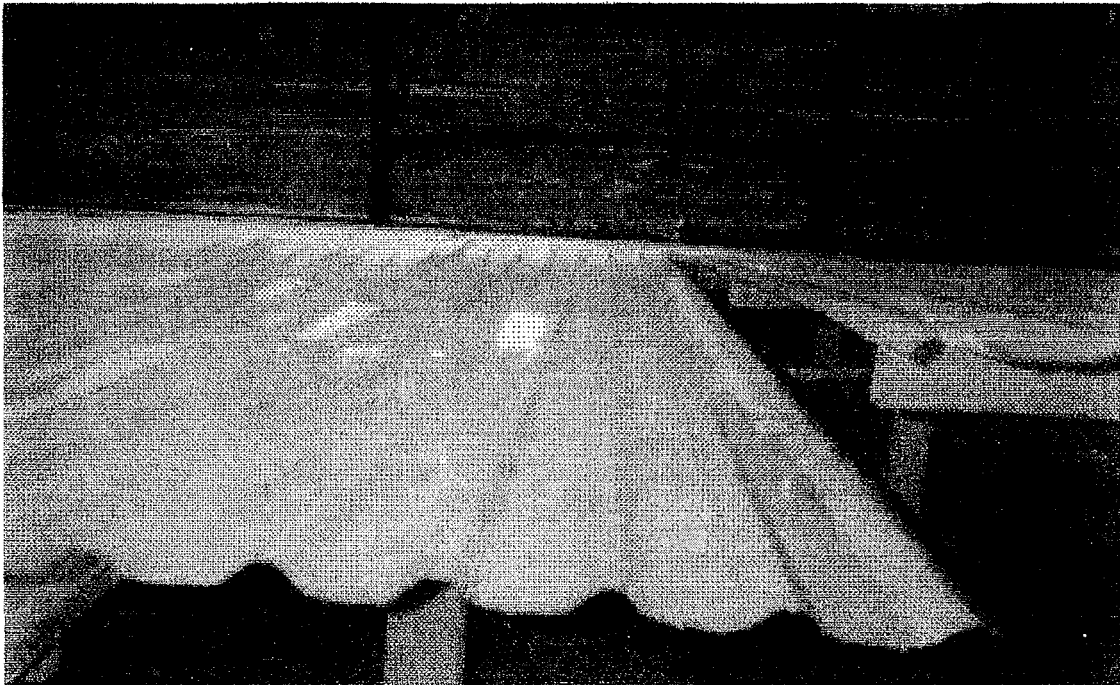
meteorológico con mayor espesor de la capa, fue de 3.8 cm sobre el valle de la vertiente, cuya geometría aparece a continuación (fig 3 6)



(Figura 3 3 Modelos a Escala)



(Figura 3 4 Modelos a Escala)



(Figura 3 5 Modelos a escala)

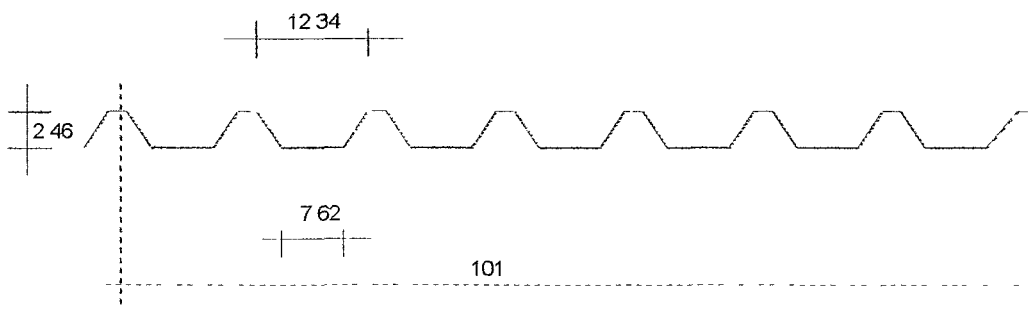


fig 7 perfil empleado en el modelo de campo

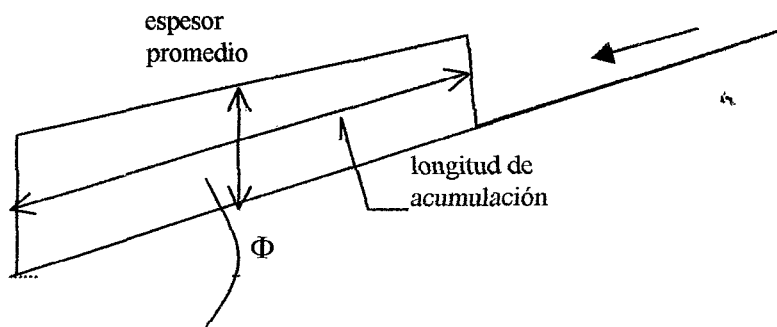
(Figura 3 6 Perfil empleado en el modelo de campo)

El actual RCMP (Reglamento de Construcción del Municipio de Puebla) propone " Además en el fondo de los valles de techos inclinados, se considerará una carga, debida al granizo de 30 kg/m^2 de proyección horizontal del techo que desagüe hacia el valle Esta carga se considerará como una acción accidental para fines de revisión de la seguridad y se le aplicarán los factores de carga correspondientes "Art 292 RCMP94

La carga propuesta en el RCMP, es la base de comparación de la parte analítica que más adelante se comenta

La hipótesis de calculo numérico, consideró que para las pendientes en estudio es válido asumir que el granizo acumulado tiene un espesor uniforme promedio, (fig 3 7)

El procedimiento de medición en campo consiste en tomar los espesores promedio, así como las longitudes de acumulación de granizo para cada una de las pendientes del modelo. Con el espesor medido en la vertiente del 3/100 se puede evaluar el peso del granizo por vertiente considerando el peso específico promedio del granizo medido en sitio que fue del orden de 1 kg/dm^3



(Figura 3 7 Hipótesis para distribuir acumulación de granizo)

El procedimiento de cálculo numérico relaciona el peso total de granizo captado mediante la siguiente expresión

$$W_t = W_{ac} + W_{des} \quad (3.1)$$

En donde

W_t = peso total de granizo captado por vertiente (Kg)

W_{ac} = peso de granizo medido acumulado por vertiente (Kg)

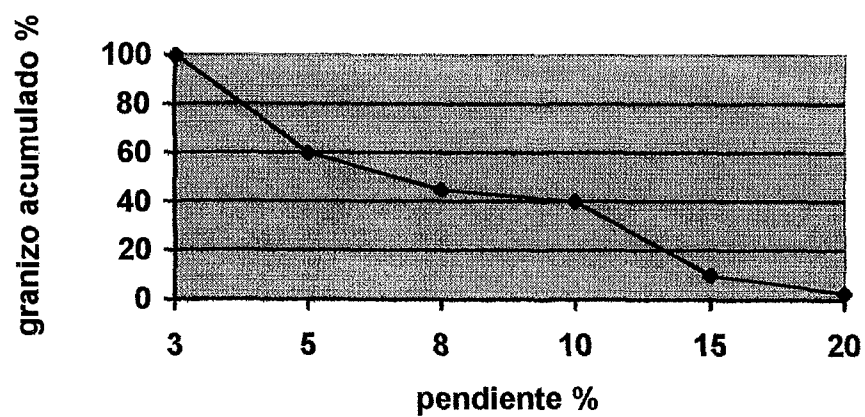
W_{des} = peso de granizo desalojado por vertiente en el canalón (Kg)

El proceso numérico se ilustra en la siguiente tabla de cálculo realizada para los distintos puntos de registro

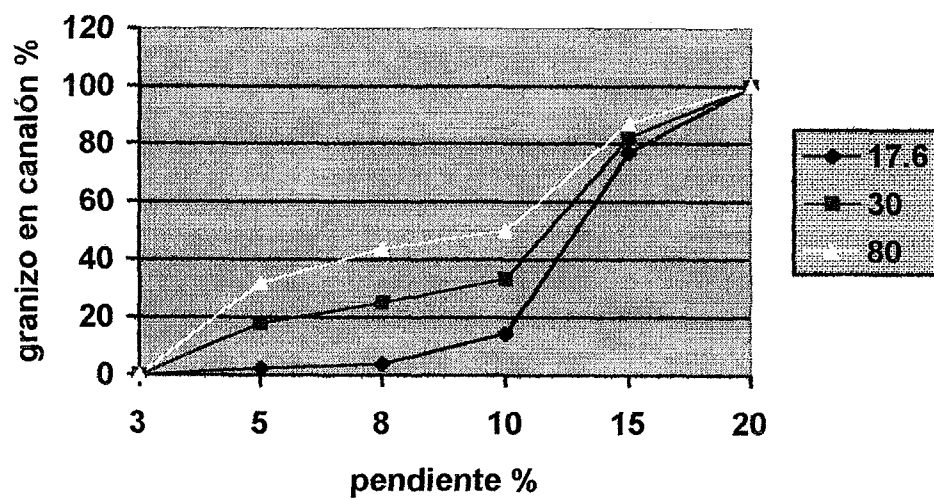
Pendiente	3	5	8	10	15
H medido	2 4	3 5	4 4	4 4	4 7
H sobre cresta	18 24	19 34	20 24	20 24	20 54
H total	20 64	22 84	24 64	24 64	25 24
Carga (kg/m ²)	200	211	220	220	223
Lon calculada	30 50	28 91	27 73	27 73	27 35
Long medida	30 50	18 30	13 73	12 20	3 05
% calculado	100	94 79	90 91	90 91	89 69
% medido	100	60 00	45 00	40 00	10 00
% canalón	0 0	36 7	50 5	56 0	88 9

(Tabla 3 1 Proceso Numérico)

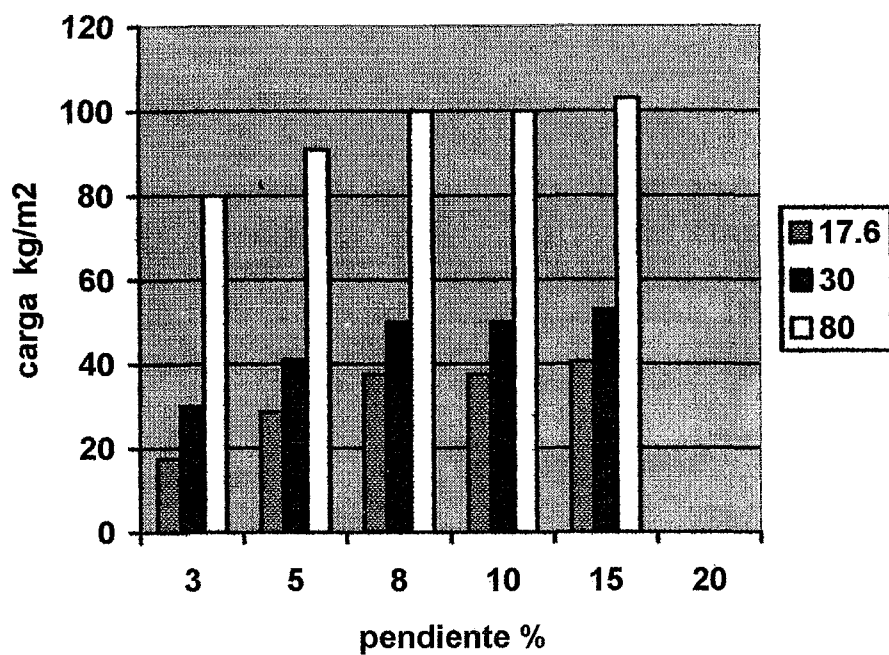
Del ejercicio anterior se pueden generar las siguientes gráficas representativas de los 4 eventos registrados en la temporada de granizos. Especialmente la (Gráfica 3 4) muestra el factor de seguridad de un sistema estructural sometido a cargas derivadas de la acción de granizo (30 kg/cm² RCMP) respecto al patrón de cargas observado en el modelo para un granizo con espesor de 8cm



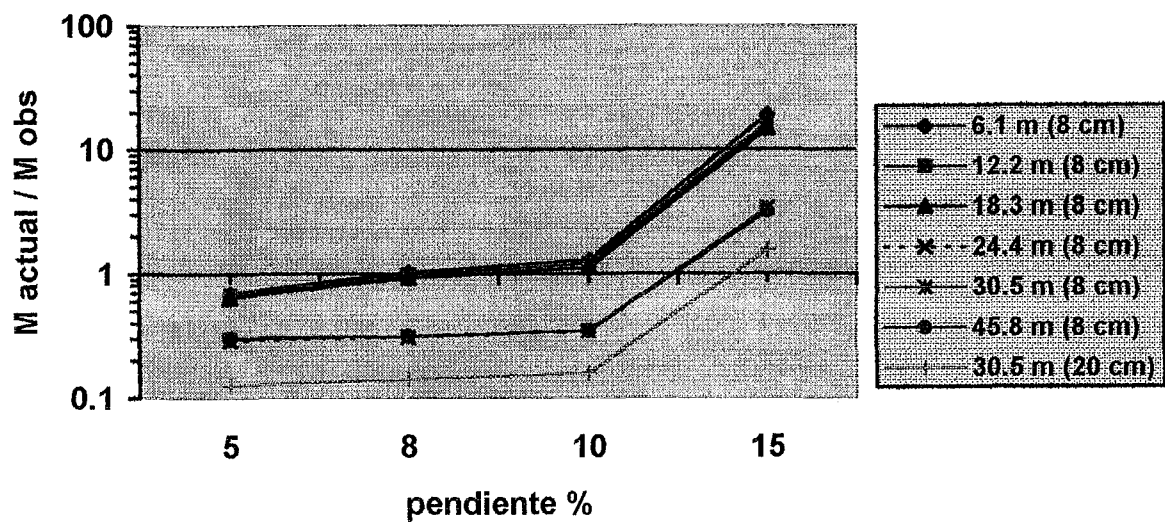
(Gráfica 3 1 Granizo acumulado en vertiente)



(Gráfica 3 2 Granizo acumulado en canalón)



(Gráfica 3 3 carga acumulada de granizo kg/m²)



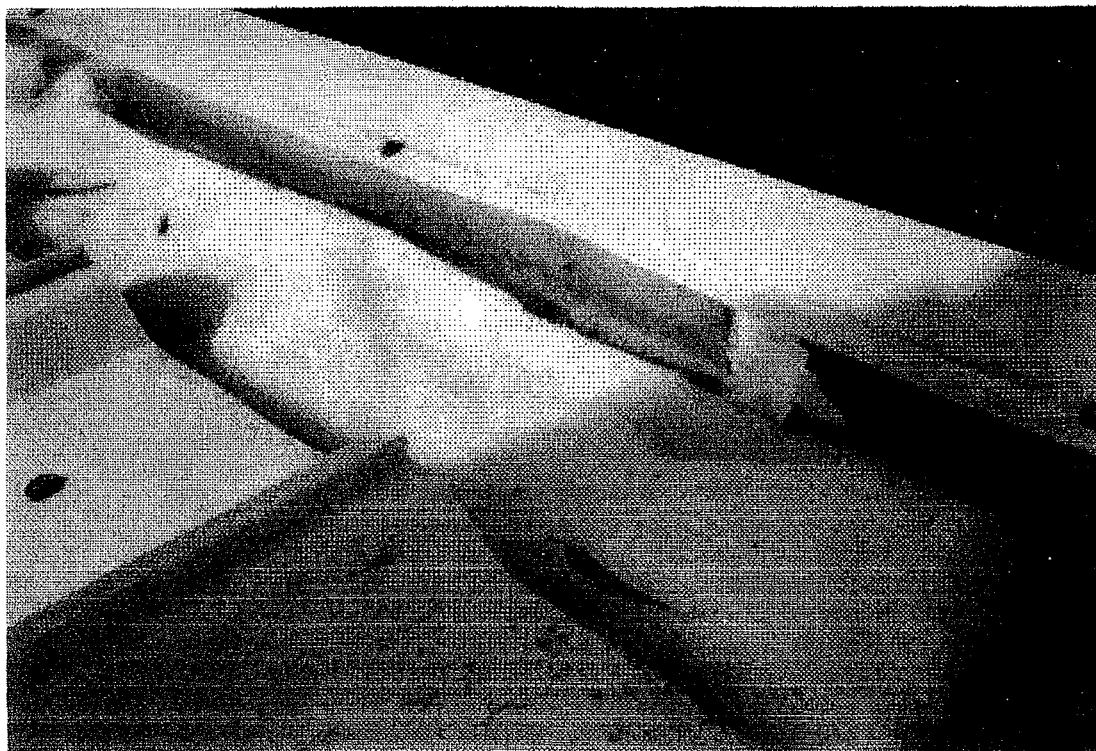
(Gráfica 3 4 factor de seguridad respecto al RCMP vigente)

4. ANALISIS DE DESAGÜE

4.1 ANALISIS HIDRAULICO

Una vez resuelto el problema de análisis estructural del granizo en los techos necesitamos resolver su flujo en los canalones, que será el siguiente lugar por el que pase, para así continuar hasta los drenajes

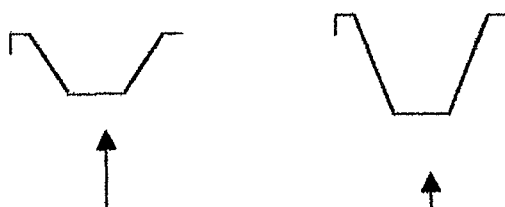
Al tener las acumulaciones de granizo en los canalones se pueden ocasionar inundaciones ya que el granizo forma grandes piedras de hielo en las bajadas y registros, de los que posteriormente hablaremos y estos impedirán el flujo del agua y ocasionando desalojos grandes de agua al saturar los canalones



(Figura 4 1 1 Acumulación de granizo en canalones)

Para solucionar este problema en los canalones se proponen diferentes tamaños, tomando en cuenta que estos deben ser proporcionales al tamaño de la estructura que se tiene puesto que si se hacen arreglos especiales para los canalones estos acarrearían incrementos en los costos de la estructura, que serían innecesarios. Otra solución que se puede tener es la que corresponde a la formación de vertederos de demasías a los canalones, ya que al saturarse estos, se puede desalojar el agua en exceso.

Es evidente que la solución óptima a los canalones es la referente a poseer el mejor radio hidráulico, de acuerdo a la teoría clásica de canales a cielo abierto.

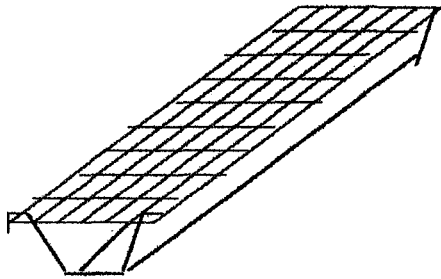


(Figura 4 1 2 Tomando en cuenta la misma longitud de desarrollo se puede Incrementar las alturas y optimizar el desagüe)

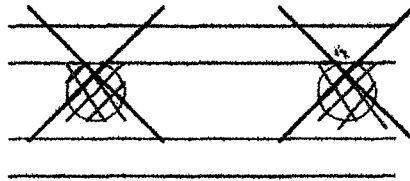
4.2 ANALISIS DE BAJADAS

Para solucionar el problema del desagüe de los canalones hacia los drenajes se requiere darle la mayor salida posible, esto es dar mayor diámetro a las bajadas de agua y a una distancia menor. Otra forma en la que se puede solucionar consiste en colocar dos bajadas del canalón y conectarlas hacia un tubo de mayor diámetro previniendo que una de las bajadas se tape quedando la otra habilitada al máximo, esto es muy común ya que por falta de mantenimiento o por desechos que se encuentren en los techos producen taponaduras.

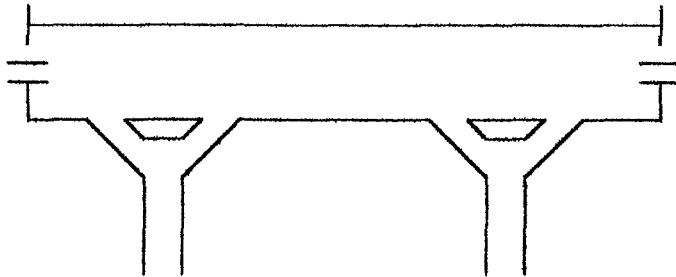
Otra opción consiste en acondicionar una tela tipo gallinero a todo lo largo del canalón que ayude a evitar la obstrucción de basura en los canalones para ayudar a que el agua corra “libremente”



(Figura 4 2 1 Prevenir con malla a todo lo Largo del canalón)



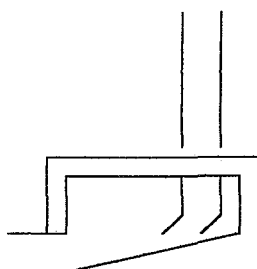
(Figura 4 2 2 No taponear las bajadas de agua pluvial)



(Figura 4 2 3 ponerle doble bajada conectada a un tubo de mayor diámetro para mayor seguridad)

4.3ANALISIS DE DRENAJES

Finalmente, para un buen desagüe y desalojo del agua de la obra no podemos dejar de mencionar a los drenajes, los cuales a pesar de tener un radio hidráulico correcto, el nivel de detalle es importante, se puede proponer el hacerle una inclinación de la bajada hacia el registro, para así seguir ayudando al granizo que tome su curso y salga lo más rápido posible de las bajadas de agua de la nave



(Figura 4 3 1 Detalle de inclinación al registro para que desagüe de una forma más rápida)

5.CONCLUSIONES

Es claro que la figura 12 especialmente, demuestra que no es posible recomendar una carga de 30 kg/m^2 si ésta no se condiciona al uso de una determinada pendiente de la vertiente hacia el valle. Por éste motivo se sugiere aumentar el párrafo del artículo 292 del RCMP de la siguiente forma:

" Además en el fondo de los valles de techos inclinados, se considerará una carga, debida al granizo de 30 kg/m^2 de proyección horizontal del techo que desagüe hacia el valle, cuando la pendiente de la vertiente sea de por lo menos 15 por ciento, y de 100 kg/m^2 para pendientes menores del 15 por ciento"

Finalmente se propone incluir explícitamente, en el artículo 269 del mismo RCMP, que los daños causados por granizo sean incluidos en los estados límite de servicio debido a la enorme cantidad de pérdidas en mercancías y maquinaria, a pesar de que la nave no alcance su estado límite de falla.

Este método se podrá extender fácilmente al RCDF, aún cuando se reconoce que queda mucho por hacer en éste campo del conocimiento.

De igual manera, las recomendaciones de tipo hidráulico deben ser bien detalladas en los planos constructivos para formar una cultura de prevención ante este fenómeno natural.

6.DATOS ESTADÍSTICOS

27

6.1 DIAS CON GRANIZO

1953-1999

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1952									0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1953				0,0	0,0	0,0	1,0	3,0	0,0	1,0	0,0	0,0	5,0
1954		0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	5,0
1955	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	5,0
1956	1,0	0,0	0,0	2,0	2,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	7,0
1957	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	1,0	2,0	1,0	0,0	0,0	0,0	7,0
1958	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	2,0	2,0	1,0	7,0
1959	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	2,0	1,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0
1960	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	4,0
1961	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	4,0
1962	0,0	0,0	0,0	3,0	2,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	8,0
1963	0,0	0,0	0,0	2,0	3,0	1,0	2,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0
1964	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	9,0
1965	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	1,0	3,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	10,0
1966	0,0	1,0				0,0	5,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	8,0
1967	0,0	0,0	0,0	1,0	2,0	2,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	6,0
1968	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
1969				0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
1970	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	3,0
1971	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	2,0	0,0	0,0	1,0	4,0
1972	0,0	0,0	0,0	2,0	3,0	1,0	1,0	1,0	2,0	1,0	0,0	0,0	11,0
1973	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	1,0	3,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	8,0
1974	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	5,0
1975	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	3,0
1976	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	4,0
1977	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0
1978	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	3,0
1979	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2,0
1980	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0
1981	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	5,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0
1982	0,0	0,0	0,0	1,0	2,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0
1983	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0
1984	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	4,0
1985	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0	3,0	3,0	0,0	0,0	0,0	8,0
1986	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	2,0	2,0	0,0	2,0	0,0		0,0	8,0
1987	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
1988	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1989	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2,0
1990	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0
1991	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1992	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1993	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1994	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1995	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			0,0	0,0
1996	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	2,0	0,0	0,0	0,0	3,0
1997	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	3,0
1998	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	2,0	0,0	0,0	1,0	0,0	4,0
1999	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0							1,0
PROM	0,0	0,0	0,1	0,4	0,7	0,6	0,8	0,6	0,7	0,3	0,1	0,0	4,2

6 2 PRECIPITACION

28

DIARIA

1953-1999

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1952									30,5	12,2	25,1	0,0	67,8
1953				3,6	8,0	43,8	17,0	22,2	42,5	43,1	32,2	0,0	212,4
1954		5,3	3,8	9,2	36,0	52,4	29,3	56,0	32,6	30,3	18,0	0,0	272,9
1955	1,1	0,0	0,1	9,2	28,4	69,0	43,3	45,6	52,0	51,8	12,8	23,2	336,5
1956	53,3	3,1	0,0	32,8	43,3	43,1	36,3	25,5	42,4	22,8	2,9	0,0	305,5
1957	0,0	23,1	0,6	23,4	13,5	34,4	45,1	28,2	30,0	17,8	0,0	0,0	216,1
1958	21,2		0,0	6,2	8,5	23,5	25,5	45,9	42,5	53,7	67,0	23,0	317,0
1959	11,8	3,2	0,0	24,5	34,5	71,5	48,5	39,5	41,8	20,0	0,0	0,0	295,3
1960	3,9	0,0	1,8	10,4	9,5	26,4	65,6	37,7	27,6	21,7	13,5	1,4	219,5
1961	8,0	0,0	6,0	3,5	8,5	19,5	24,5	30,0	40,8	27,7	40,2	11,0	219,7
1962	0,0	0,0	0,1	27,4	29,2	51,8	18,1	23,2	42,5	21,5	37,0	6,5	257,3
1963	0,0	0,0	6,5	3,5	22,0	32,0	55,0	41,1	26,8	33,0	9,1	0,0	229,0
1964	3,1	0,0	8,1	8,9	39,2	35,8	29,9	50,5	74,9	10,5	8,7	0,3	269,9
1965	17,0	6,3	5,5	8,0	26,2	21,9	17,5	62,7	23,1	25,8	22,2	7,0	243,2
1966	1,8	10,1				35,2	29,1	48,5	35,5	10,9	2,5	1,2	174,8
1967	44,4	0,0	6,0	17,5	19,2	40,5	5,6	39,5	18,5	40,9	2,0	1,7	235,8
1968	2,5	9,7	1,8	26,1	25,0	45,2	19,5	18,0	29,5	36,5	2,9	9,5	226,2
1969				5,0	28,5	15,0	38,5	50,5	40,0	38,2	0,0	38,5	254,2
1970	0,0	0,4	0,0	0,5	9,8	41,0	33,8	23,0	37,6	19,0	11,5	0,0	176,6
1971	0,0	0,0	4,8	10,8	26,9	30,1	22,5	39,1	64,1	31,3	4,5	12,3	246,4
1972	3,3	0,0	8,5	11,5	40,5	78,0	39,6	16,0	57,9	24,3	21,3	6,8	307,7
1973	0,0	7,1	0,0	9,0	19,0	39,5	40,8	26,8	51,4	29,5	1,1	1,2	225,4
1974	1,4	0,0	2,7	9,0	16,8	39,5	29,0	6,8	23,7	13,2	3,0	0,0	145,1
1975	2,5	0,1	0,0	0,0	23,0	51,8	36,6	24,1	42,8	35,9	9,5	0,0	226,3
1976	0,0	3,0	0,6	6,7	28,0	47,6	62,1	19,0	29,5	31,8	16,0	0,8	245,1
1977	14,1	3,7	20,8	2,6	28,3	48,2	23,6	15,9	47,6	16,4	8,1	2,8	232,1
1978	6,4	4,7	20,0	6,7	14,5	72,4	30,0	22,5	50,5	12,3	4,3	0,0	244,3
1979	0,0	14,4	0,5	14,5	27,7	38,0	29,6	44,5	40,5	5,6	6,7	4,2	226,2
1980	27,5	0,0	0,0	6,6	27,5	33,5	46,4	29,5	44,0	10,5	24,9	0,7	251,1
1981	12,4	11,0	22,0	12,9	36,7	42,1	52,5	24,0	11,7	9,7	1,2	1,6	237,8
1982	0,0	12,7	4,5	16,3	25,0	32,5	31,5	79,0	11,7	51,7	0,5	0,0	265,4
1983	9,3	22,7	10,9	0,0	9,2	39,4	30,1	21,0	28,4	20,5	8,3	12,5	212,3
1984	22,5	6,5	11,4	0,0	21,8	31,2	17,5	34,5	53,1	34,5	0,0	0,0	233,0
1985	0,3	5,9	7,0	20,2	13,8	33,8	87,7	17,4	40,2	6,1	15,0	1,6	249,0
1986	0,0	10,1	0,0	20,0	16,2	65,0	68,1	23,5	23,3	35,8		0,7	262,7
1987	0,0	0,0	20,0	11,8	14,6	45,6	29,3	17,7	20,5	1,3	0,9	0,0	161,7
1988	0,0	12,2	3,9	0,0	14,2	49,6	40,3	37,9	51,7	3,0	0,0	0,0	212,8
1989	0,0	1,5	4,2	5,2	21,7	40,0	34,9	47,1	28,8	29,0	1,1	4,1	217,6
1990	0,7	12,7	1,6	8,5	25,3	43,8	47,7	17,3	38,4	24,0	2,2	0,2	222,4
1991	0,0	0,0	0,0	7,2	22,2	61,6	31,6	20,9	37,7	33,8	9,0	0,0	224,0
1992	23,0	6,4	4,5	12,4	24,5	31,5	48,2	54,3	36,4	41,3	43,1	1,9	327,5
1993	0,2	1,3	2,8	9,8	6,2	48,8	24,2	44,0	36,5	12,2	12,6	0,0	198,6
1994	10,8	0,0	0,0	5,3	39,2	45,4	27,8	35,7	43,0	73,5	3,6	0,0	284,3
1995	20,8	1,6	15,0	6,8	70,9	18,3	33,7	50,6	57,9			25,0	300,6
1996	0,0	0,0	0,0	11,5	20,5	32,3	42,5	37,7	49,0	37,0	0,0	8,5	239,0
1997	0,0	0,5	35,4	18,2	35,3	52,0	23,5	31,5	49,9	27,5	6,0	8,7	288,5
1998	0,1	1,5	0,0	1,9	10,6	37,0	41,0	38,3	47,9	25,9	13,1	0,0	217,3
1999	0,0	0,8	1,1	11,5	22,2	31,1							66,7
PROM	7,4	4,6	5,5	10,4	23,7	41,7	36,0	34,0	38,9	26,4	11,6	4,6	235,4

6.3 PRECIPITACION TOTAL DEL
MES

29

1953-1999

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1952									195,4	17,6	60,1	0,0	273,1
1953				5,0	14,0	174,0	96,7	117,1	178,7	155,2	36,4	0,0	777,1
1954		14,2	4,8	32,9	166,6	296,2	193,5	172,7	209,0	149,8	45,9	0,0	1285,6
1955	1,1	0,0	0,1	10,9	100,4	152,7	269,9	347,1	361,6	78,3	23,3	25,6	1371,0
1956	53,3	5,8	0,0	104,0	174,2	237,3	129,5	188,7	164,4	45,0	3,9	0,0	1106,1
1957	0,0	37,5	0,6	76,4	27,5	152,8	119,9	106,1	218,0	73,9	0,0	0,0	812,7
1958	96,0		0,0	10,1	28,3	119,1	133,6	209,0	340,3	140,7	150,5	34,5	1262,1
1959	11,8	3,2	0,0	80,9	74,7	294,2	141,2	254,4	102,6	123,4	0,0	0,0	1086,4
1960	5,4	0,0	1,8	13,2	32,9	105,6	230,9	180,8	182,6	100,1	16,5	2,4	872,2
1961	12,9	0,0	9,8	9,3	31,9	137,0	173,8	80,8	193,3	64,1	54,1	11,0	778,0
1962	0,0	0,0	0,2	73,6	108,4	154,3	61,0	130,6	151,2	107,0	51,0	11,0	848,3
1963	0,0	0,0	9,7	6,5	78,4	185,0	257,1	212,1	109,7	153,4	13,0	0	1024,9
1964	4,6	0,0	11,7	32,6	167,5	231,0	118,1	212,7	224,9	17,9	25,4	0,7	1047,1
1965	17,2	11,8	5,5	33,1	110,3	95,3	139,0	356,0	135,2	112,7	47,0	15,2	1078,3
1966	3,6	10,2				150,9	189,7	195,6	147,0	33,3	2,5	1,2	734,0
1967	52,8	0,0	10,9	55,8	53,9	241,3	21,0	177,0	132,2	139,5	4,9	1,7	891,0
1968	2,5	12,2	2,1	66,9	72,8	262,0	88,3	71,3	64,3	120,7	5,8	16,1	785,0
1969				11,1	60,5	64,9	155,3	470,7	251,7	68,1	0,0	38,7	1121,0
1970	0,0	0,6	0,0	0,5	37,1	245,2	198,0	124,9	216,1	52,8	11,5	0,0	886,7
1971	0,0	0,0	10,7	14,3	42,1	174,8	97,9	191,6	304,5	122,6	6,0	13,5	978,0
1972	6,6	0,0	22,1	30,9	110,4	334,5	252,3	102,1	271,6	77,7	25,3	6,8	1240,3
1973	0,0	7,1	0,0	28,8	82,7	224,9	284,1	156,7	190,4	119,3	1,3	2,3	1097,6
1974	1,8	0,0	10,2	28,6	56,5	198,4	177,7	45,3	183,2	16,0	3,0	0,0	720,7
1975	3,4	0,1	0,0	0,0	105,4	210,0	265,9	91,1	185,6	109,3	9,7	0,0	980,5
1976	0,0	5,3	0,6	25,0	75,6	148,5	281,0	113,1	83,8	165,0	35,4	1,5	934,8
1977	14,1	7,6	20,8	8,4	179,5	343,1	59,0	148,9	235,4	42,3	11,8	5,9	1076,8
1978	6,4	5,7	44,2	11,4	34,7	299,7	71,4	86,5	311,5	33,7	6,4	0,0	911,6
1979	0,0	18,5	0,5	32,5	85,7	60,8	158,0	119,0	185,4	14,6	6,7	7,9	689,6
1980	53,0	0,0	0,0	14,2	81,2	106,7	173,9	214,1	143,3	34,0	47,4	0,7	868,5
1981	23,3	25,2	38,3	41,0	79,6	367,6	246,5	151,4	90,4	39,8	1,2	1,6	1105,9
1982	0,0	23,9	6,1	24,1	137,7	86,4	80,7	126,7	46,1	101,8	0,9	0,0	634,4
1983	9,3	41,0	17,3	0,0	11,1	150,4	127,1	102,8	234,6	52,1	17,4	13,8	776,9
1984	28,1	10,8	15,1	0,0	91,9	227,6	157,2	183,9	321,0	47,0	0,0	0,0	1082,6
1985	0,3	6,5	11,3	48,2	84,1	210,5	179,2	96,5	198,3	27,0	17,1	1,6	880,6
1986	0,0	13,1	0,0	67,0	88,9	200,5	171,9	70,9	100,0	66,3		0,7	779,3
1987	0,0	0,0	33,1	33,6	51,2	275,3	154,4	63,6	115,8	1,3	0,9	0,0	729,2
1988	0,0	16,8	9,1	0,0	39,4	200,1	114,2	235,2	164,5	8,5	0,0	0,0	787,8
1989	0,0	1,5	5,2	10,5	89,3	157,5	70,8	316,8	104,2	95,3	1,1	4,5	856,7
1990	0,7	15,0	3,1	36,2	118,1	214,7	237,4	76,2	174,2	102,0	3,1	0,2	980,9
1991	0,0	0,0	0,0	15,1	93,8	260,2	164,5	102,8	191,5	130,6	21,6	0,0	980,1
1992	94,4	16,4	9,6	24,7	142,5	91,8	281,5	234,6	167,1	127,3	58,8	3,1	1251,8
1993	0,2	2,6	2,8	15,8	9,1	241,4	155,9	104,4	248,7	33,4	18,1	0,0	832,4
1994	11,1	0,0	0,0	16,2	114,8	219,7	121,4	220,3	149,9	125,8	4,8	0,0	984,0
1995	29,8	1,6	24,9	18,6	233,5	162,9	165,0	380,0	156,7			47,9	1220,9
1996	0,0	0,0	0,0	28,4	61,0	189,3	133,8	248,7	170,2	65,6	0,0	9,0	906,0
1997	0,0	0,5	55,1	67,1	105,1	130,9	131,3	163,9	220,6	124,2	10,7	14,5	1023,9
1998	0,1	1,5	0,0	3,6	10,6	110,9	95,3	206,6	351,5	102,3	27,7	0,0	910,1
1999	0,0	0,8	2,7	27,5	93,7	135,4							260,1
PROM	12,4	7,2	9,1	28,1	83,7	192,2	159,3	173,1	188,9	81,3	19,7	6,2	927,6

Como se puede observar en los datos registrados del año 1952-1999 por la CNA (Comisión Nacional del Agua) se puede apreciar los meses de mayor precipitación acompañados de granizo son Mayo, Junio, Julio, Agosto y Septiembre, principalmente en Julio

7. REFERENCIAS

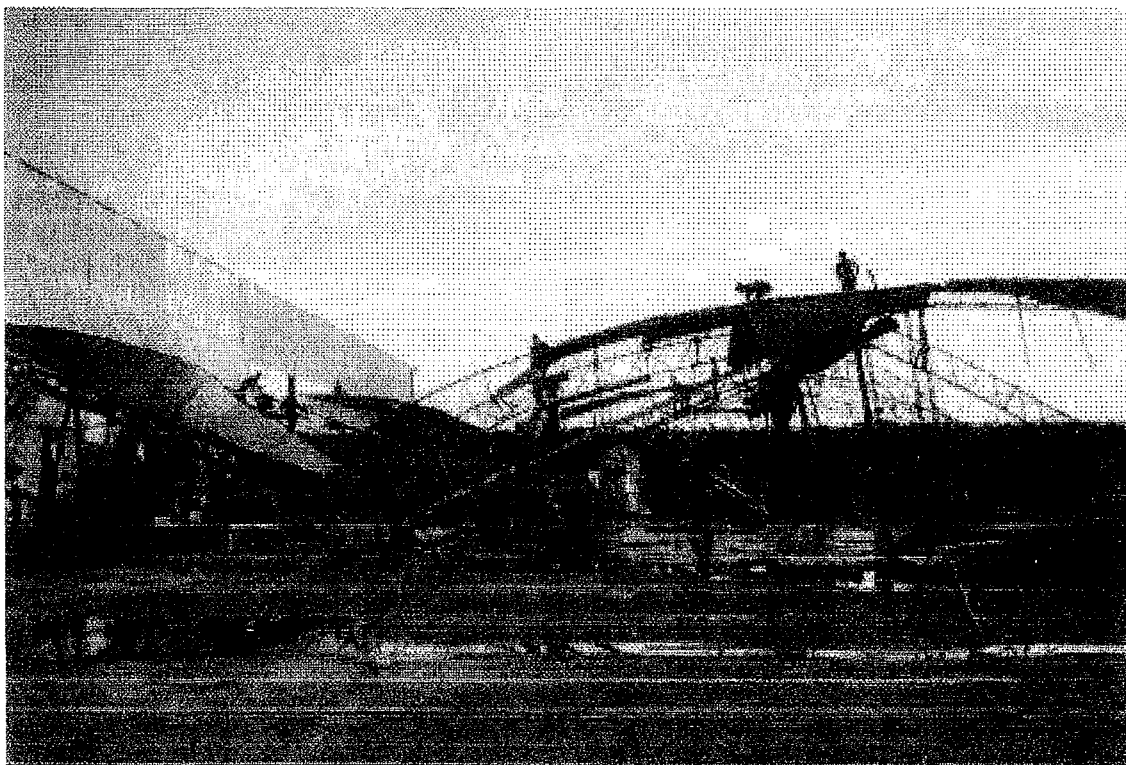
- Meli, Diseño Estructural, 2a Edición 2000 Ed Noriega Limusa
- U S National Weather Service (1994) <http://www.nws.noaa.gov>
- RCMP, Reglamento de Construcciones para el Municipio de Puebla
- Comisión Nacional del Agua de Puebla
- Internet

8.ANEXO FOTOGRAFICO

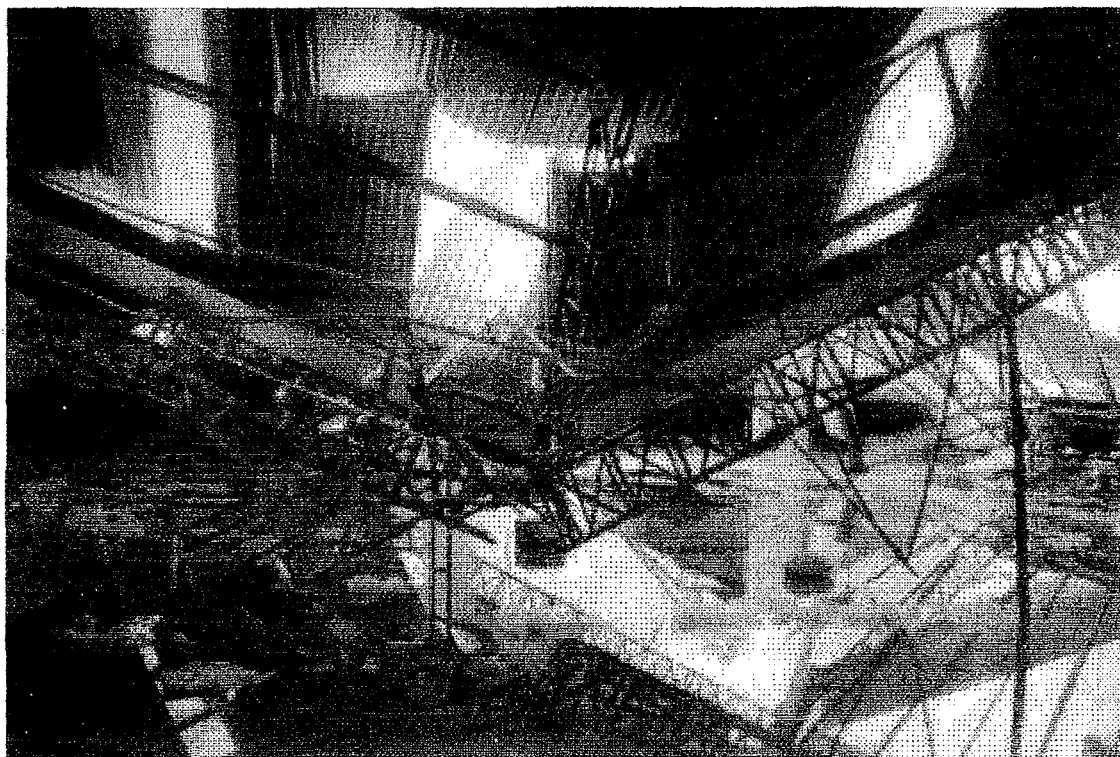
8.1.1 DAÑOS EN NAVES INDUSTRIALES



(foto 8 1 1 Falla Estructural en cubierta)



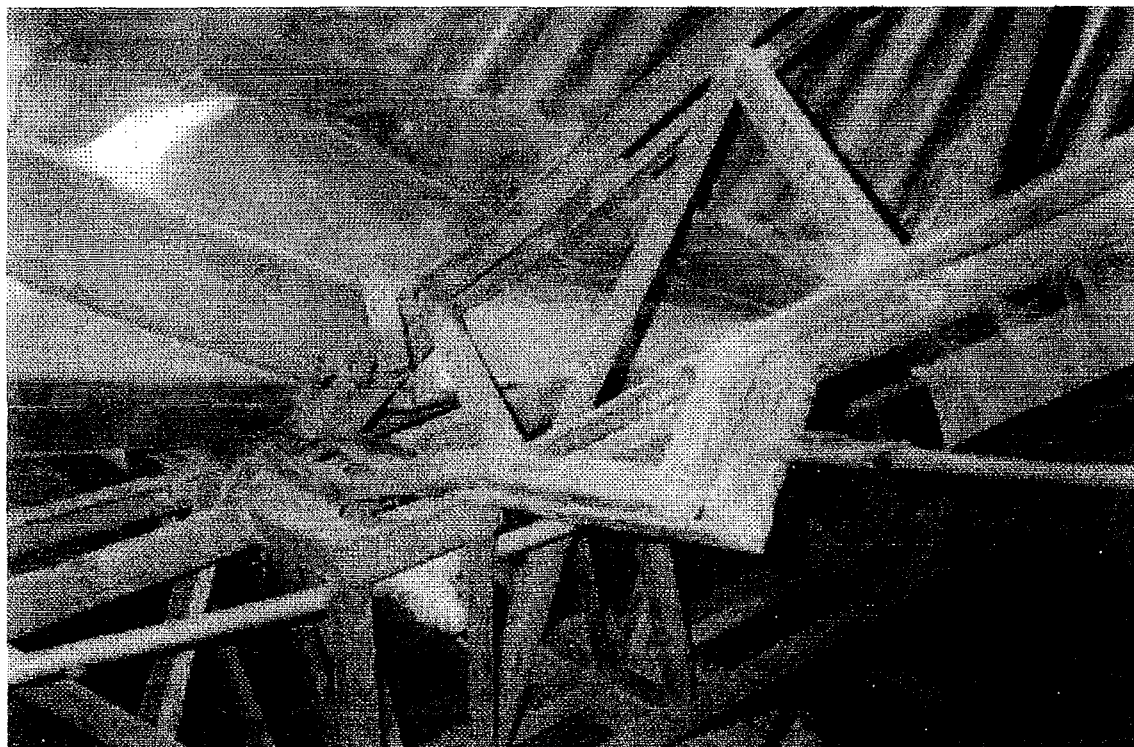
(foto 8 1 2 Falla Estructural en columnas)



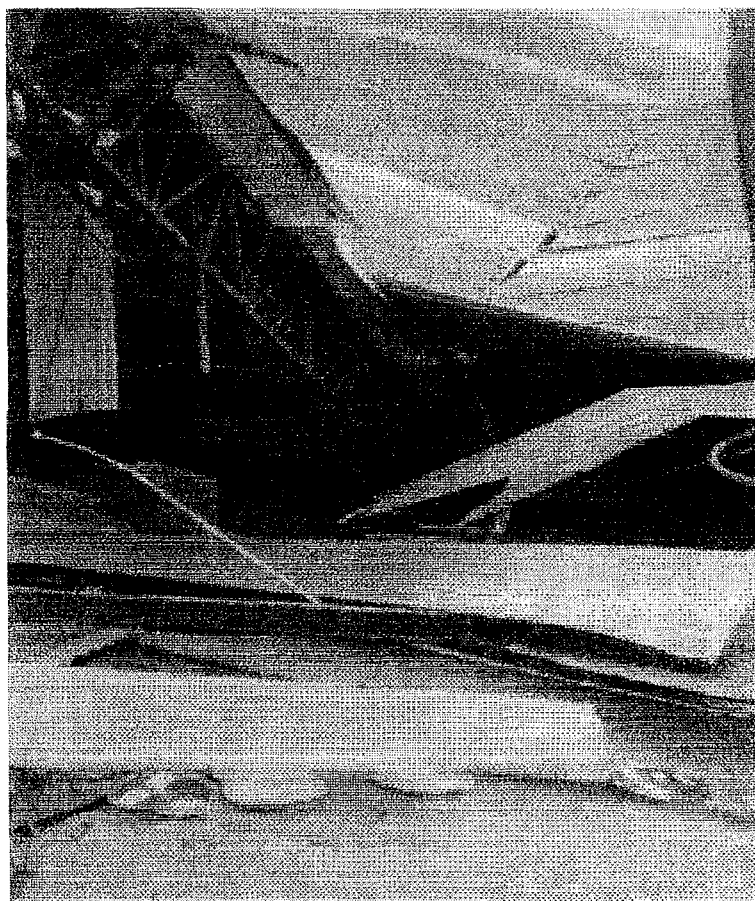
(foto 8 1 3 Falla en nudo de trabe-jacena principal con trabes secundarias)



(foto 8 1 4 Falla de trabes secundarias)



(foto 8 1 5 Detalle de falla en nudo trabe-jacena principal con trabe secundaria)



(foto 8 1 6 Falla en trabe/jacena Principal)

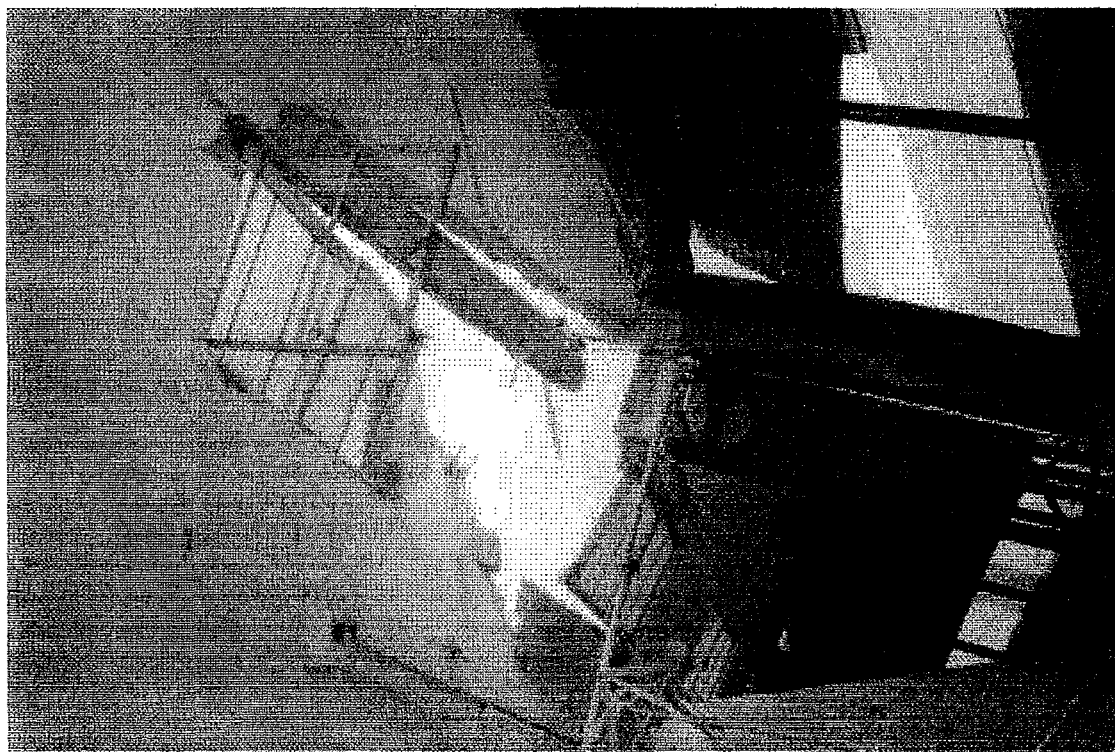


(foto 8 1 7 Falla Estructural en columnas)



(foto 8 1 8 Falla Estructural en columnas)

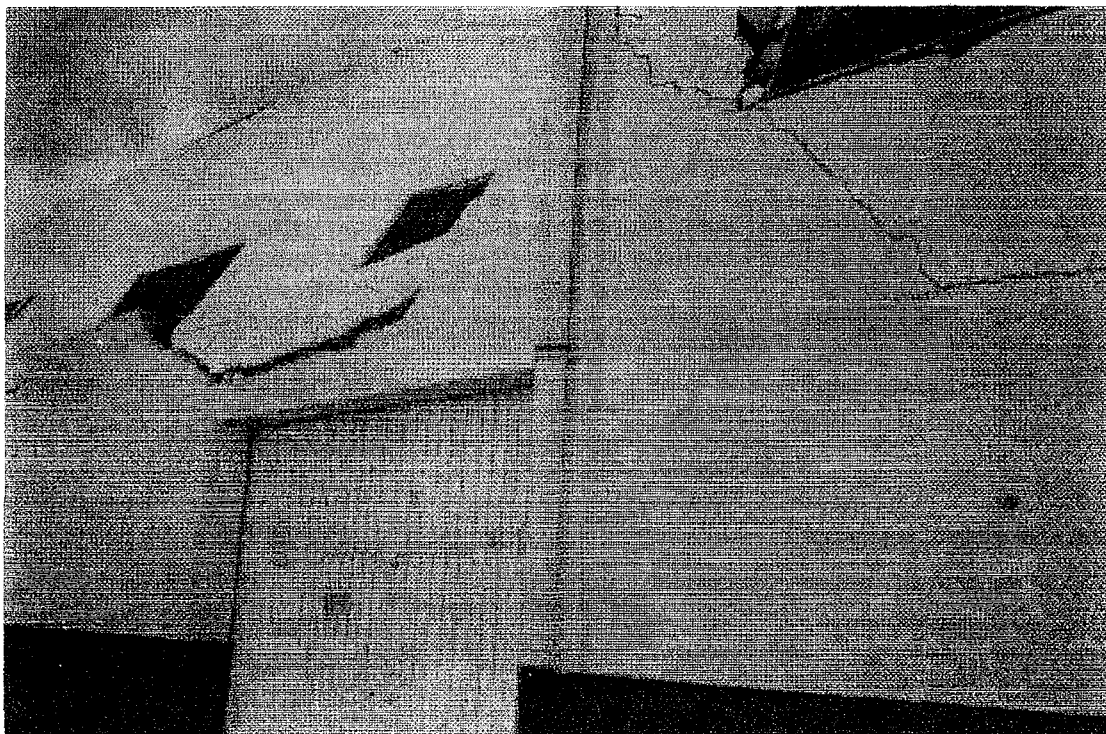
8.1.2 DAÑOS EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO



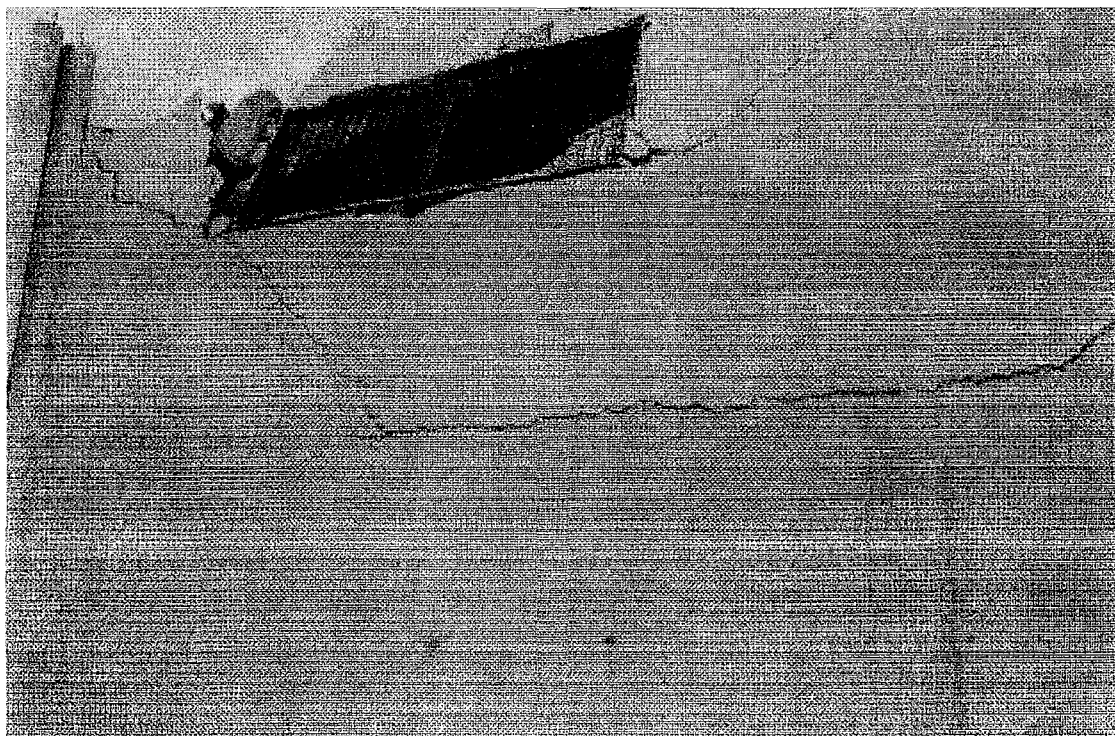
(foto 8 1 9 Falla en muros piñones)



(foto 8 1 10 Falla en columna De concreto en muro piñon)

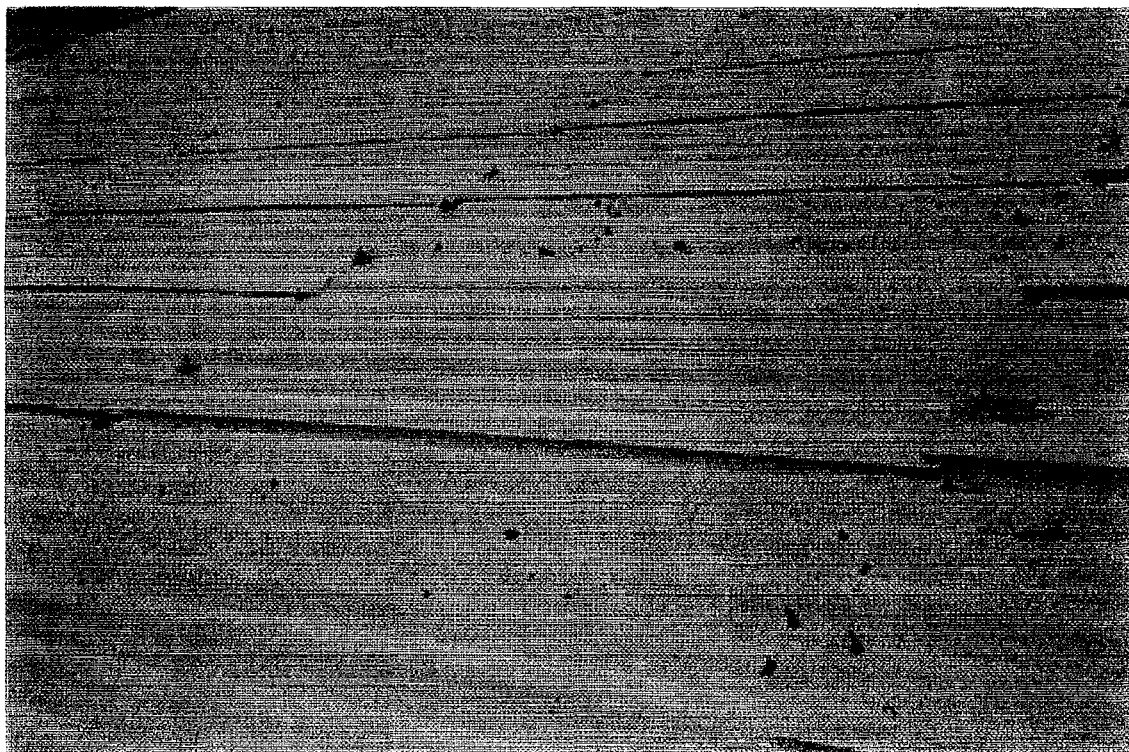


(foto 8 1 11 Falla en muros piñones)

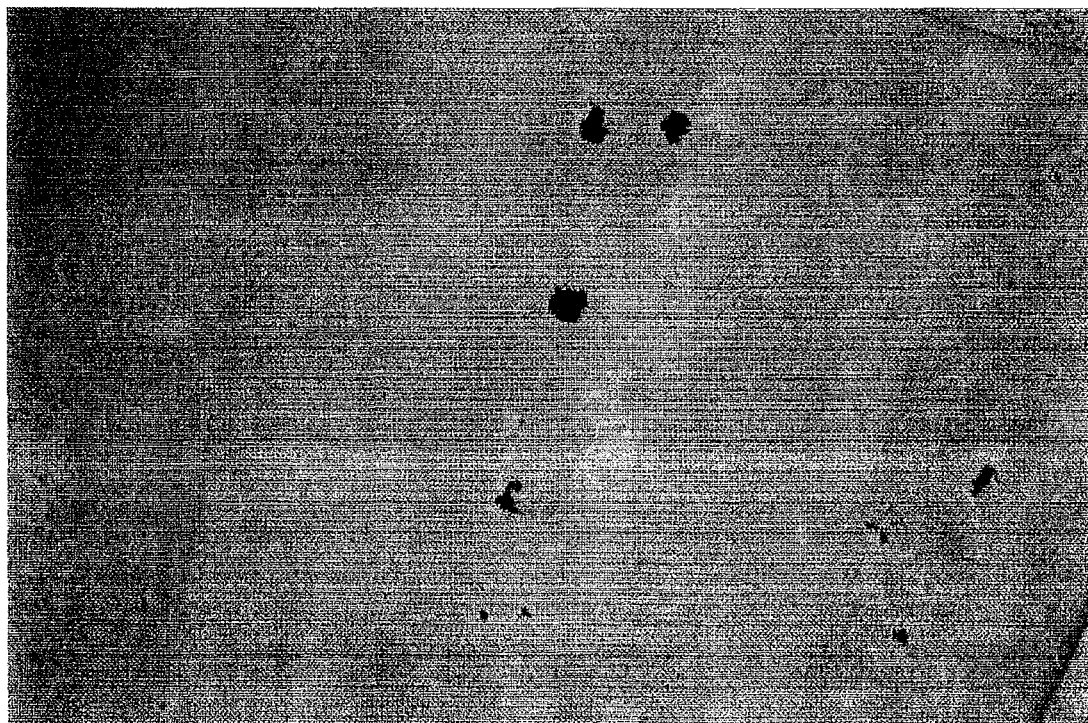


(foto 8 1 12)

8.1.3 DAÑO EN CUBIERTAS DE NAVES INDUSTRIALES



(foto 8 1 13 El granizo agujera en ocasiones la lamina)



(foto 8 1 14)



(foto 8 1 15 Lamina perforada por el granizo)

4



(foto 8 1 16 Humedades y Desperfectos en plafones)

8.1.4 DAÑOS QUE SE PUEDEN OCACIONAR EN AUTOPISTAS POR ACUMULACIONES DE GRANIZO



(foto 8 1 17 Acumulación de granizo en cunetas y drenajes)



(foto 8 1 18)

NOTA: Estas acumulaciones de granizo se fotografiaron 24hrs Después de la granizada