

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO HENRIQUEZ UREÑA

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES

GRIETAS EN PAREDES DE BLOQUES

ENRIQUE PENSON*

*Profesor UNPHU

**Publicación de la
Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña
UNPHU
En el Sesquicentenario de la Independencia**

**© 1994, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña
Imprenta UNPHU
Santo Domingo;
República Dominicana**

INDICE

I	Antecedentes	Pág. 1
II	Capacidad de penetración del agua	5
III	El bloque como unidad	10
IV	Mortero para colocación de bloques	13
V	Hormigón de relleno en los huecos de los bloques	17
VI	Revestimiento de paredes	19
VII	Causas de agrietamientos	24
VIII	Correcciones de grietas	35
IX	Conclusiones	37
	Notas	41
	Figuras	44

I ANTECEDENTES

Dondequiera que se genere un esfuerzo, en concomitancia se produce una deformación potencialmente provocadora de microfisuras que pueden aumentar hasta el tamaño de grietas visibles e inclusive, en caso extremo, es posible que se alcance el colapso de la estructura, todo en el orden de las fases o grados en que se vaya consumiendo la capacidad resistente del elemento de edificación; situación definidora de la esencia de la Resistencia de materiales como disciplina. Aun en las situaciones normales en que el factor de seguridad se conserva intacto, la grieta, en su mínima expresión de maldad, es un componente antiestético que mortifica a los usuarios de la construcción e insinúa inseguridad, sentimientos que podrían ir acompañados de situaciones físicas como las que se derivan de abrir el paso a los agentes naturales, sobre todo al agua que invadiendo los elementos de la edificación, alcanza los refuerzos de acero, oxidándolos y dando lugar al herrumbe que implica un aumento del volumen del acero, el cual, por ende, presiona el revestimiento, hacia afuera, dando lugar a nuevas grietas para el incremento de la oxidación que podría culminar con el desprendimiento local del recubrimiento de hormigón y la puesta en riesgo de la capacidad de trabajo de los refuerzos.

La introducción de agua al sistema eléctrico podría provocar cortocircuitos en las líneas de transmisión, así como lesiones directas o indirectas a los equipos eléctricos, y escape a tierra de energía no consumida. El almacenamiento de humedad produce eflorescencia y daños a las pinturas interiores y exteriores ade-

más del deterioro de las molduras y enlucidos de yeso, rotos o desprendidos por el aumento de volumen; alabeo de los marcos y puertas de madera, así como menoscabos de muebles, utensilios, instrumentos y equipos colocados en el interior de las edificaciones. De este modo crece el mantenimiento sistemático y sus costos, reduciéndose la vida útil de obras y muebles.

Para dar idea de la magnitud de las grietas se les compara, cuando son estrechas, con el espesor de un cabello humano. Criterios más concretos han sido utilizados a partir de 1977 por Bidwell (1), cuando en la siguiente clasificación ofreció rangos de tamaño y juicios, Fig. 1 :

Estrecha	hasta	1.5 mm
Mediana		1.5 - 10
Ancha	mayor de	10

En 1983, Rainer (2) ordenó las hendiduras como :

Muy ligera	menos de	1 mm
Ligera		1 - 5
Moderada		5 - 15
Severa	mayor de	15

Para 1985, Kaminetzky (3) dispuso las grietas por clase, del siguiente modo :

Imperceptible	menor de	0.1 mm
Muy ligera		0.4
Ligera		0.8 - 3.2
Moderada		3.2 - 12.7
Ancha		12.7 - 25.4
Muy ancha	mayor de	25.4

Fig. 1

Clasificación de las grietas por sus aberturas

Se estima que los agrietamientos deben tener un ancho mayor de 0.1 mm para permitir el paso de agua con brisa (4).

En la República Dominicana de hoy, la solución de edificación urbana más utilizada es la estructura de hormigón armado : vigas, columnas y losas, con paredes constituidas por bloques de concreto de 8" (20cm) y 6" (15cm), de ancho, o de 4" (10cm), en el caso de muros que no han de cargar ("panderetas"). Las leyes de construcción exigen el uso de barras redondas de acero, de 3/8" de diámetro ("bastones"), colocadas a 0.80 m de separación entre sí, en centros de huecos de bloques que habrán de ser llenados con hormigón de gravilla, de modo a proveer refuerzos verticales (5).

No se construyen paredes de ladrillos ni se usan estas piezas de barro cocido como revestimiento de las paredes de bloques. Hasta principios del presente siglo se utilizó el ladrillo para el levantamiento de muros, pero esta práctica difundida principalmente en las ciudades del Cibao, como Santiago y La Vega, y en Puerto Plata, al norte de la Isla, ha caído en desuso, habiéndose perdido la habilidad artesanal para la mampostería en asunto. La erección de paredes de bloques huecos de barro cocido -el material más pobre de la Tierra- es muy poca y se limita a los casos de levantamiento de pisos adicionales a los contemplados en el diseño original, por la necesidad de reducir las cargas muertas de las ampliaciones.

El aprovechamiento de los bloques de concreto se extiende a las paredes de cisternas, tanques sépticos y de avenamiento ,

así como a muros de contención de tierras, de poca altura; situaciones en que se les colocan refuerzos de acero y hormigón de gravilla en todos sus huecos. Los bloques también se utilizan en cercas.

Las paredes de hormigón armado, empleadas en edificaciones hasta los años cuarenta de la actual centuria, cedieron el paso a los muros de bloques de concreto, más económicos.

En consecuencia, las paredes de bloques, por su empleo local decididamente preferente, merecen que sobre ellas se haga una revisión de sus materiales y elementos componentes, así como de su ejecución, a la luz del estado del conocimiento, de forma a reducir en lo posible la formación de grietas que son causa de las reclamaciones que los propietarios de inmuebles hacen a los contratistas, arquitectos, ingenieros, ejecutores y suplidores de materiales de construcción.

Las paredes de bloques de hormigón son la continuación en el tiempo de los muros de mampostería de piedras, labradas o no, contruidos por los pueblos de la antigüedad, al tenor de los egipcios, romanos, incas y mayas, salvo que ahora los bloques son piezas fabricadas de formas geométricas y dimensiones regulares, provistas, de modo exclusivo en el caso nuestro, de cavidades para permitir el paso interior de tuberías de servicios de electricidad, agua, comunicación y otros, las cuales permiten, además, la colocación de elementos de refuerzos verticales, pero al fin un conjunto o todo de pedazos que tienen tantas grietas potenciales como planos verticales y horizontales de contacto. Nadie puede garantizar, aun

cuando se cumplan las normas de construcción, que no se producirán agrietamientos, sin embargo con igual dosis de veracidad se puede asegurar que en las condiciones de satisfacción de las especificaciones se reducen considerablemente los riesgos, por lo que durante el avance del estudio se irán presentando, en forma gradual, para su divulgación y promoción.

II CAPACIDAD DE PENETRACION DEL AGUA

El agua de lluvia puede contener ácidos en tipos y concentraciones diversas que aumentan su agresividad en relación con el agua pura, de modo a provocar diferentes magnitudes de daño a las edificaciones y utensilios en ella, como ya se discutió en la parte anterior.

La energía que tiende a que se introduzca humedad en el interior de las edificaciones, durante un período de lluvias, es función de la cantidad de agua caída y de la velocidad de la brisa que la impulsa, variables ambas correspondientes al lapso de la precipitación atmosférica, lo cual se capta sensiblemente y llega a niveles alarmantes como acontece con nuestras experiencias del huracán David y la tormenta Federico del año 1979. Identificadas las características fenoménicas se ha establecido el índice de penetración de agua (IPA) como el producto de la caída de lluvia y la velocidad del viento, para un lugar dado, a expresar en m^2/seg . Como no es frecuente que se tomen valores de la velocidad del viento durante las lluvias, se han elegido datos medios anuales para los factores constitutivos del IPA (6).

VIENTOS PREDOMINANTES
 SERVICIO METEOROLOGICO
 SECCION CLIMATOLOGICA
 1960
 ESCALA 1:1 000 000

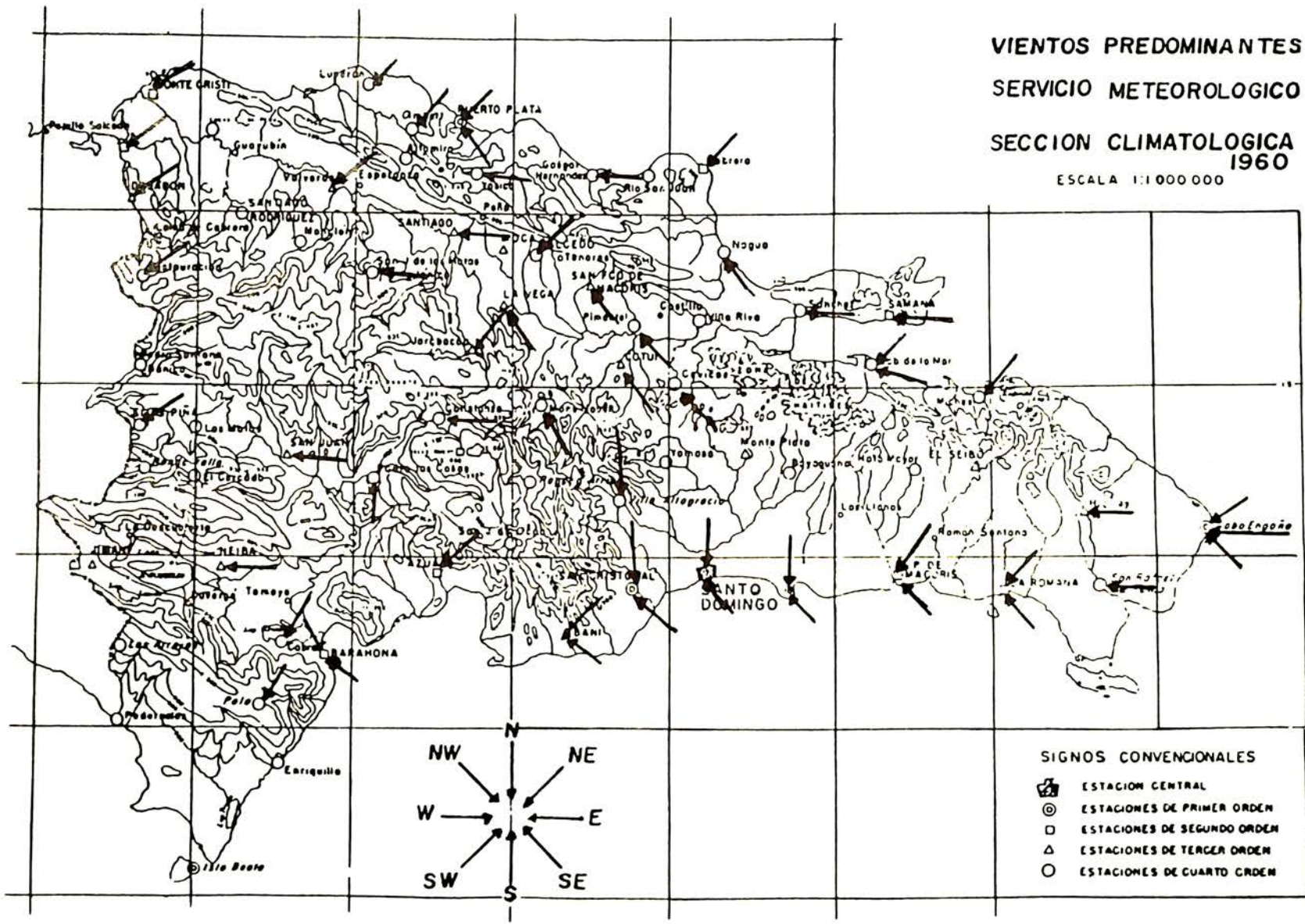


Fig. 2

Carta nacional de direcciones predominantes de los vientos por localidad

Las direcciones prevalecientes de los vientos en un lugar específico, es una información básica que aprovechan los arquitectos en la orientación de sus diseños, para sacar el mejor aprovechamiento de las corrientes de aire en la ventilación de las edificaciones, siendo útil para estos fines la carta nacional de la Fig. 2 (7) ; no obstante hay que hacer notar que los susodichos rumbos dominantes de las brisas también corresponden a las condiciones locales de mayor acometividad favoreciente de la infiltración de agua al través de paredes, puertas, ventanas, claraboyas y bloques calados, componentes arquitectónicos de los cuales los últimos cuatro no son tratados en este estudio.

Con los datos de dieciséis estaciones meteorológicas, algunas de ellas instaladas en aeropuertos, correspondientes a observaciones en períodos oscilantes entre tres y quince años, de velocidades medias, anuales, del viento, unidas a los registros, también medios anuales, de lluvia caída en los puntos señalados (8), se han computado los valores de los Indices de penetración de agua (IPA), consignados en la tabla de la Fig. 3 .

Evaluada sólo por estos índices, las paredes presentan un peligro a la exposición que debe cuidarse a partir de $3 \text{ m}^2/\text{seg}$ (9), por lo cual quedan, en principio, exentas de grandes amenazas las poblaciones de Dajabón, Jimaní y Montecristi, con 2.3 ó menos; situándose hacia el límite de contingencias, Bayaguana, Constanza, San Juan de la Maguana y Santiago, de 2.6 a 2.8 . Barahona aparece de cuidado, con 3.2; existiendo grandes posibilidades de ataque del agua en Cabo Engaño, Herrera, Las Amé-

ricas (Cabo Caucedo), La Unión (Puerto Plata), Sabana de la Mar, San Cristóbal, y Santo Domingo. Cabrera manifiesta el mayor valor de riesgo, con 8.0. Cuando se conozca la velocidad media anual del viento en las estaciones meteorológicas donde ya hay

Localidad	Lluvia media anual m/año	Velocidad del viento media anual Km/h	Indice penetración de agua (IPA) m ² /seg
1 Barahona	1.0195	11.3	3.2
2 Bayaguana	1.8766	4.9	2.6
3 Cabo Engaño	1.1033	15.3	4.7
4 Cabrera	1.6782	17.1	8.0
5 Constanza	0.9307	10.6	2.7
6 Dajabón	1.1642	7.1	2.3
7 Herrera, S.D.	1.7408	14.2	6.9
8 Jimaní	0.7295	9.4	1.9
9 Las Américas, D.N.	1.1722	12.4	4.0
10 La Unión, Puerto Plata	1.5657	9.8	4.3
11 Monte Cristi	0.6726	10.4	1.9
12 Sabana de la Mar	2.2634	9.5	6.0
13 San Cristóbal	1.6013	13.4	6.0
14 San Juan de la Maguana	0.9511	9.8	2.6
15 Santiago	1.0217	9.7	2.8
16 Santo Domingo	1.4477	10.2	4.1

Fig. 3
Indices de penetración de agua (IPA)
para dieciséis estaciones dominicanas

una información antigua pluviométrica, será posible establecer, en el mapa de la República, las líneas de iguales valores de IPA, como hacemos con las isoyetas.

El investigador británico Lacy (10) establece otras características que contribuyen a las posibilidades de avance de la humedad hacia el interior de la edificación, como son la localización y posición de la pared. Cuando el muro se encuentra a una distancia menor de ocho kilómetros de mar, lago grande o estuario, la exposición es severa, señalando, además, que las porciones de pared próximas a las esquinas reciben con más energía el ataque de la lluvia y el viento, pudiendo tener una exposición dos veces más grave que en toda la fachada. Se consideran zonas próximas a las esquinas de la pared, aquellas dentro de la décima parte del ancho del muro, o cercanas al borde superior, aquellas dentro de la décima parte de la altura de la pared. Los muros pueden estimarse protegidos si tienen de frente edificios o terrenos altos, de una elevación sobre su tope de por lo menos 1.2 veces la distancia horizontal al muro.

La evaluación de la severidad con que el agua y el viento pueden embestir contra una pared será función del análisis particular del conjunto de condiciones regentes, expuestas con anterioridad, pero se puede anticipar que las poblaciones ubicadas en el litoral marino tienen, la mayoría de las veces, posiciones adversas donde las brisas, cargadas de humedad y salitre, poseen un gran poder oxidante, disposición frecuente en la República Dominicana por su localización en una isla tropical.

III EL BLOQUE COMO UNIDAD

Las piezas de mampostería de hormigón son fabricadas en el territorio nacional según modelos norteamericanos; así por ejemplo, el bloque con vacíos, que tiene de modo nominal 8" (20cm) de ancho, 8" (20 cm) de altura y 16" (40 cm) de largo, ofrece normalmente $7\text{-}5/8"$ x $7\text{-}5/8"$ x $15\text{-}5/8"$, suponiendo que las juntas serán de $3/8"$ (1 cm) de espesor. El área neta de concreto representa del 40 al 50% del área bruta.

Las virtudes y defectos de las partes se reflejan en el todo, por lo que la revisión de las causas de agrietamiento en muros habrá de comenzar por el bloque de concreto hueco cuyo control de calidad fue establecido en los acápite b y e del artículo 69 de la Ley núm. 675 sobre urbanización, ornato público y construcciones (11), del siguiente modo. Los bloques de hormigón tendrán una resistencia a compresión mayor de 60 kg/cm^2 , sobre área bruta (entiéndase unidades de carga) y de 30 kg/cm^2 cuando sean bloques para divisiones que no habrán de recibir carga. El uso ha consagrado la primera disposición como requisito único que deben satisfacer todos los tipos de unidades, independientemente de su destino, práctica aconsejada por la imposibilidad de verificar el empleo real, lo que compromete a la utilización de hormigones de una resistencia a compresión alrededor de 140 kg/cm^2 . Las enmiendas a la citada legislación nunca alteraron las disposiciones sobre bloques (12), ni tampoco han sido cambiadas por las especificaciones preparadas por la Secretaría de Obras Públicas y Comunicaciones, al instituir que "no será menor que la

dispuesta en las reglamentaciones legales vigentes" (la resistencia a la compresión) (13).

La exigencia dominicana de 60 kg/cm^2 , computada en relación al área bruta perpendicular a la dirección de carga, está próxima al esfuerzo mínimo de 70 kg/cm^2 indicado por la ASTM en su Designación C 90-85 (14), para su bloque más riguroso, el N-1, correspondiente al modelo de empleo general en muros exteriores, debajo o arriba de la rasante, y del tipo I requerido a unidades de humedad controlada, donde para bloques de peso normal construidos con hormigón de 2002 kg/m^3 ó más de peso unitario seco, se permite una absorción máxima de 13%. Los laboratorios nacionales no acostumbran a determinar en sus análisis rutinarios de bloques, el peso unitario seco del concreto empleado ni su absorción, limitándose a registrar el peso, a humedad de llegada, de las unidades-muestra.

La ASTM requiere (15) los siguientes espesores mínimos de las paredes de las unidades, Fig. 4 :

Ancho nominal del bloque	Espesor pared frontal	Espesor alma
4" (102 mm)	3/4" (19 mm)	3/4" (19 mm)
6" (152 mm)	1" (25 mm)	1" (25 mm)
8" (203 mm)	1-1/4" (32 mm)	1" (25 mm)

Fig. 4

Espesores mínimos de las paredes de las unidades

Cuando el contenido de agua de los bloques desciende, el hormigón de que están construidos se contrae, reduciéndose el

volumen de las unidades; por consiguiente, si éstas son colocadas húmedas en el muro donde usualmente hay restricción y el aire está seco, se desarrollarán esfuerzos de tensión y cortante que pueden causar grietas en la pared, por lo cual los bloques deberán ser puestos por el albañil con una humedad lo más cercana posible a la del medio ambiente y en consecuencia las localidades áridas, identificadas por su humedad relativa baja, son las más desfavorables. Sistemas de calefacción y lonas han sido utilizados para reducir el contenido de agua y mantener secos los bloques (16).

En unidades de tipo I, o sea de humedad controlada, la cantidad de agua estipulada al momento de colocación en obra, se otorga como un porcentaje de la absorción, dependiendo de que la humedad relativa sea menor de 50%, variable de 50 a 75% ó mayor de 75%; lo que dará recomendaciones entre 25 y 45% de la absorción. En la República Dominicana, donde la mayoría de las localidades tienen un valor medio de humedad relativa anual que supera el 75% ó está próximo a este porcentaje, el contenido de agua máximo de postura de los bloques debería estar entre 35 y 45% de la absorción (17).

La contracción de los bloques de hormigón, indeseable por las fisuras que puede provocar, es mayor en la medida que decrece el peso unitario del concreto y aumenta la absorción (18), por ende los bloques fabricados con agregados calizos, producto de trituración de nuestras minas del pleistoceno, son más susceptibles de agrietarse que aquellos contruidos con arena y grava,

Ígneas, procedentes de bancos fluviales constituidos por materiales transportados desde la Cordillera Central, en los cuales la fricción con la superficie del terreno a lo largo de las grandes distancias de recorrido va desgastando, destruyendo y eliminando los fragmentos blandos y porosos, conservándose finalmente los elementos densos y resistentes, apenas pulimentados en sus aristas, en un proceso de selección natural. Las necesarias medidas de protección ecológica, tomadas por el Estado, irán cerrando día a día las posibilidades de aprovechamiento de los depósitos de agregados duros, desordenadamente explotados, negando a la fabricación de bloques, preparación de hormigón y mortero así como a todos los componentes construidos con cemento Pórtland, la oferta de áridos de primera calidad.

No deben utilizarse unidades que tengan grietas de tal magnitud que reduzcan su resistencia a compresión, puedan permitir el paso del agua o sean capaces de reproducirse en la capa de revoque.

IV MORTERO PARA COLOCACION DE BLOQUES

Las aptitudes de la arena, natural, adecuada para la preparación de mezclas con la cual unir bloques se miden en el ámbito nacional con los mismos requisitos del agregado fino para hormigón (19), existiendo en la ASTM un tratamiento singular para estos fines (20); véase Fig. 5. En Santo Domingo la práctica corriente es emplear arena tipo Itabo, a clasificar como gruesa, con un módulo de finura mayor de tres. Cuando a dos partes en volumen, húmeda y suelta, de arena de Itabo se adiciona una par-

te de arena de las dunas de Baní, la combinación complace, con tolerancia, los mandatos de la ASTM. Aunque el reglamento dominicano lo preve, raras veces se usa cal hidratada para unir bloques, recomendando también la dosificación de tres volúmenes de arena húmeda y suelta por un volumen de cemento Pórtland (21), añadiéndose la cantidad de agua necesaria para una consistencia adecuada.

	Tamiz	Porcentaje pasante
Núm.	4 (4.76 mm)	100
	8 (2.38)	95 - 100
	16 (1.19)	70 - 100
	30 (0.59)	40 - 75
	50 (0.297)	10 - 35
	100 (0.149)	2 - 15
	200 (0.074)	-

Fig. 5

Requisitos granulométricos de arenas naturales
para colocar bloques

Un mortero se hace más manejable cuando se mejora la graduación granulométrica de la arena y la eficiencia del mezclado, a la cual coadyuva también un buen retenimiento de agua, que es la propiedad que deben tener las mezclas de resistir pérdidas rápidas de líquido, cuantiosas en el caso de bloques que deben colocarse secos, entendiéndose ahora la conveniencia de que las unidades tengan la menor absorción posible. Cuando los morteros pierden mucha agua, decrece su plasticidad y con ella la capacidad de adherencia (22). Con el apoyo de la mecánica de suelos diríamos que las arenas secas no tienen cohesión y que la adquieren como "aparente" en la medida que conserven la humedad, siendo

el cemento Pórtland un coloide no reversible que otorga la deseada plasticidad para los trabajos de albañilería, pero que al mismo tiempo, al aumentar su cantidad, induce a la formación de fisuras. La mínima retención de agua debe ser de 75% (23).

Entre nosotros los morteros para bloques se preparan a mano, salvo pocas excepciones, por lo que para que sean más fáciles deben homogeneizarse en ligadoras por un tiempo variable de tres a cinco minutos. No deberán utilizarse mezclas que tengan más de dos horas de preparadas en previsión de que hayan iniciado la fase de fraguado. Con el mismo temor, si algunas unidades han sido puestas en la pared y por alguna razón hay que removerlas, la mezcla adherida deberá descartarse usando en su recolocación mortero fresco.

Las juntas de empalme entre bloques tendrán espesores del orden de un centímetro, debiendo añadirse agregado grueso a la arena si es necesario aumentar el grosor de las juntas.

El empleo de cemento Pórtland como único aglutinante, en la proporción citada, o aún mejor en 2-1/4 a 3 volúmenes de arena por un volumen de cemento, conduce en términos generales a mezclas adecuadas para satisfacer las diferentes condiciones de trabajo de los muros de bloques.

En el período 1983-1984, fueron tomados, en Santo Domingo, especímenes al azar de ligas de cemento + arena para colocar bloques, encontrándose que su resistencia a compresión cilíndrica y a 28 días de edad, fluctuaba de 62 a 296 kg/cm², con un

promedio aritmético de 148 kg/cm^2 (24). Los mayores esfuerzos requeridos por la ASTM, en cubos de 2" de lado, son 176 y 127 kg/cm^2 (25).

La habilidad del albañil contribuye también a la adherencia entre las unidades. Si hay partes de las superficies de contacto que no reciben mortero o les llega en poca cantidad, se originan sectores débiles que reducen la capacidad estructural de la pared o pueden inducir a la entrada de agua. Cuando se extiende una nueva capa de mezcla, para el asiento horizontal de una unidad, debe cuidarse que alcance a todo el lado superior de los bloques inferiores, poniéndose aún mayor cuidado en llenar, profusamente, los planos verticales de contacto, para lo cual el tipo de bloques usados en el país tienen un sector cóncavo, en uno de sus lados, que facilita la penetración de la mezcla. Cuando a las horas de luz solar más intensa entramos en una construcción de bloques, con las losas vaciadas pero con los muros aún sin enlucir, podemos a veces observar el paso de la luz por las juntas incompletas, adivinando donde se originarán probablemente las grietas si la estructura es sometida a esfuerzos y deformaciones de importancia.

Pruebas de carga verticales llevadas a término en el laboratorio, sobre porciones de muros de bloques, han indicado relaciones entre la resistencia a compresión de las unidades y la compresión de la pared. Si en los planos horizontales de contacto sólo se pone mortero en los cuerpos de los bloques que forman sus caras externas, la resistencia a compresión del muro

es 42% de la resistencia de la unidad, y si el mortero llena totalmente el área horizontal de contacto, la resistencia de la pared es igual al 53% de la resistencia del bloque (26). Es decir que el bloque nacional que cumple la resistencia normada, a compresión, de 60 kg/cm^2 , con una relación de esfuerzos bloquepared de 45%, debe conducir a un muro de resistencia última de 27 kg/cm^2 , de la cual puede derivarse el factor de seguridad en cada caso.

V HORMIGON DE RELLENO EN LOS HUECOS DE LOS BLOQUES

Las especificaciones dominicanas piden la fortificación vertical, sistemática, de todas las paredes construidas con bloques, no importa su destino de uso, por lo cual las cavidades donde se pongan elementos de refuerzo deberán llenarse con hormigón hidráulico, colocado y densificado con una barra de acero de las disponibles en obra. Si se espera terminar la pared en altura para luego proceder a vaciar el concreto, podría ser que no se lograra la continuidad de las pequeñas columnas interiores. Para obtener mejores resultados, algunos contratistas prefieren confiar esta labor a un auxiliar bajo su tutela directa y no del albañil ("obrero pagado por la casa").

La pequeñez de los agujeros de los bloques y la barra de acero a colocar en su centro necesitan que el tamaño máximo del agregado grueso para preparar el concreto de relleno sea de corta dimensión, en tal virtud se ha establecido su magnitud nominal máxima en 13 mm (1/2"). La grava y la arena para preparar

el hormigón de relleno deberán cumplir los requisitos de distribución granulométrica reproducidos en la tabla de la Fig. 6 (27), así como también los de finos pasantes por las aberturas del tamiz núm. 200, impurezas orgánicas y resistencia al desgaste, propios de cualquier tipo de hormigón.

	Porcentajes pasantes			
	Agregado fino		Agregado grueso	
	Tamaño núm. 1	Tamaño núm. 2	Tamaño núm. 8	Tamaño núm. 89
1/2" (12.7 mm)			100	100
3/8" (9.52 mm)	100		85-100	90-100
Núm. 4 (4.76 mm)	95-100	100	10-30	20-55
Núm. 8 (2.38 mm)	80-100	95-100	0-10	5-30
Núm. 16 (1.19 mm)	50-85	70-100	0-5	0-10
Núm. 30 (0.59 mm)	25-60	40-75		0-5
Núm. 50 (0.297 mm)	10-30	10-35		
Núm. 100 (0.149 mm)	2-10	2-15		

Fig. 6

Materiales aptos para hormigón de relleno de huecos de bloques

El agua a utilizar exhibirá las cualidades fundamentales pedidas para la preparación de morteros y concretos en general, debiendo estar limpia, sin materia orgánica, grasas y cantidades importantes de sales; condiciones que se cumplen al buscar y emplear agua potable.

La proporción de las ligas deberá diseñarse en laboratorio, y como guía podría pensarse en una dosificación en volúmenes de cemento, arena y grava de 1 : 2-1/2 : 2-1/2 (28).

El anclaje de los techos de madera, levantados sobre muros de bloques, debe hacerse aprovechando las barras de acero de las pequeñas columnas interiores de los bloques.

Con esfuerzos notables y principalmente de tensión para los cuales es débil el concreto, se producirán grietas normales a su dirección, por lo cual los muros de bloques deberán ser provistos de juntas de construcción que permitan los movimientos de la pared sin que se produzcan fisuras. La ubicación y distancia entre juntas dependen de la longitud del muro, disposición de los elementos arquitectónicos y de las experiencias locales en cuanto a la necesidad de separaciones. Se colocan en las intersecciones de muros, muros y columnas, y en los sectores debilitados por las aberturas. En paredes de gran longitud las juntas se ponen, frecuentemente, a distancia de 6 m. Las aberturas de las juntas tienen normalmente 1 cm de ancho y son llenadas con algún producto elástico derivado de caucho o petróleo (29). Los arquitectos y contratistas rechazan el uso de las juntas de construcción, por su aspecto, compromiso de mantenimiento periódico y eventual alojamiento de humedad con sus implicaciones.

VI REVESTIMIENTO DE PAREDES

Si los materiales elegidos para la manufactura de los bloques son adecuados, obteniéndose un producto final denso, resistente, poco permeable, de aspecto uniforme, capaz de conservar las aristas después de los impactos del acarreo y la manipulación, los muros erigidos con ellos no necesitarían revestimiento en condiciones climáticas y de servicio favorables, como sucede en paredes interiores de viviendas. Este tipo de solución se justifica, además, en lugares sobrios donde el ambiente de trabajo

de los espacios armoniza con la simplicidad de las unidades sin cubrir, reduciéndose los costos; en una arquitectura honesta limitada a las partes básicas que complacen el carácter funcional de talleres, laboratorios y fábricas. En ocasiones los muros podrían recubrirse por un sólo lienzo. Pero todo esto contrasta con una serie de localismos. No hay tradición de empleo y se tiene de mal gusto, juzgándose que deben cubrirse los elementos constitutivos para dar uniformidad de aspecto a la pared.

Lo que más dificulta la modalidad del no revestimiento es la necesidad de bien planificar los servicios de agua, electricidad y comunicaciones por dentro de los bloques, con las salidas y cortes precisos en las paredes, desechando la práctica de abrir un canal, a todo lo largo, ancho o altura del muro, para introducir una tubería imprevista. A veces los servicios de electricidad, agua, teléfono y aire se instalan en las caras de afuera de los bloques.

Los muros deben levantarse controlando la horizontalidad de todas las cabezas de las unidades de una misma hilera mediante hilos puestos con el auxilio de un nivel de burbuja; verificándose la verticalidad con la plomada y con el tránsito cuando se estuviesen construyendo edificios elevados. Los alejamientos de la vertical obligan a corregir con diferentes grosores de la capa de revoque, para un comportamiento desigual donde en las partes de más cuerpo se tienden a formar grietas.

Los bloques deberán tener suficiente rugosidad en sus caras, e inclusive podrían estar provistos de ranuras conseguidas

en los moldes de fabricación, que ayuden la adhesión del mortero de cubrimiento.

Cuando no se ha de utilizar revestimiento debe evitarse en lo posible que la mezcla de colocación se derrame sobre las caras de los bloques, y si ocurriese debe esperarse que las porciones pegadas se hayan secado para quitarlas, frotándolas con un pedazo de bloque o un cepillo (30).

Para construir paredes de bloques sin revestir se requiere pulcritud, a la cual no estamos acostumbrados, en todo el proceso de fabricación y colocación de las unidades.

Las especificaciones dominicanas señalan con amplitud diversos tipos de tratamientos previos como son las bases para enlucido resultado de resanar o eliminar el material sobrante de las juntas, el "careteo" o lanzamiento incompleto de un mortero de arena gruesa y cemento Pórtland, y el repello o aplicación de una liga de corrección. Con igual riqueza autorizan el empleo de diversos tipos de pañete (31). Antes de la aplicación de cualquier capa de revestimiento o base debe pulverizarse agua sobre la superficie de la pared para contribuir a la adherencia del mortero.

El mortero para revoque se prepara con arena fina, cemento y cal hidratada, contribuyendo esta última a reducir la contracción de la mezcla y el peligro de agrietamiento. La arena y la cal hidratada se dosificarán en una relación de cinco volúmenes de arena, húmeda y suelta, por un volumen de cal suelta(1:5),

moviéndose hasta conseguir un todo homogéneo. En el momento de empleo, a tres volúmenes de la mezcla de arena + cal, suelta, se añadirá un volumen de cemento Pórtland suelto (1:3) (32). La cantidad de agua a utilizar será la mínima que convierta el mortero en una masa plástica y manejable. Hay una modalidad local de añadir a la liga de pañete cantidades variables de la pasta acuosa, residuo industrial del pulimento de las baldosas de terrazo o "granito", a la que se llama "babote". Ensayos de compresión axial, a 28 días de edad, practicados en muestras cilíndricas de morteros locales para enlucido de paredes dieron los siguientes resultados medios : mezclas de cemento + arena, 141 kg/cm^2 , mezclas de cemento + cal + arena, 116 Kg/cm^2 , y mezclas de cemento + arena + babote, 144 Kg/cm^2 (33). No deben causar sorpresa los valores de los morteros con babote, en vista de que éste tiene un contenido de carbonato cálcico (Ca CO_3) mayor de 95% (34), al que hay que atribuirle contribución cementante. En el futuro habrán de realizarse estudios más amplios, que incluyan otros tipos de análisis más significativos como adherencia y retención de agua, sobre la manera dominicana de usar babote en ligas de pañete.

El empleo excesivo de cemento Pórtland, buscando una plasticidad adecuada en el momento de colocación, produce el agrietamiento de la capa de revoque.

Los morteros deberán homogeneizarse en ligadora, por espacio de cinco minutos, pudiendo omitirse su uso en trabajos pequeños.

En el caso de sótanos, a la pared del lado de la tierra, deberá aplicarse dos capas de enlucido de 13 mm de grosor, cada una, dándose una terminación áspera a la primera de modo que la segunda se una mejor, colocándose la última por lo menos veinticuatro horas después de la primera, para conseguir su endurecimiento. La primera capa deberá atomizarse con agua antes de poner la segunda. Si la presencia de agua en el subsuelo es importante, deberán instalarse tuberías de avenamiento, periféricas a la edificación, dentro de filtros de material granular(35). A los morteros de enlucido podrán adicionarse productos hidrófugos.

Para aminorar la permeabilidad de cualquier pared ya construida, no revestida, se puede recurrir a la formación de una película superficial a prueba de agua, proyectando productos acrílicos, mezclas de resinas polímeras que contienen esencias minerales e hidrocarburos aromáticos; pudiéndose aplicar, también compuestos preparados a base de aluminio. Los mejores resultados se obtienen cubriendo la totalidad de la pared con una mezcla de tres cuartas partes de cemento Pórtland, una cuarta parte de cal hidratada, y una parte de arena pasante por la malla núm. 30 (aberturas de 0.59 mm), con la adición de agua para producir una consistencia fluida. Las juntas han de mojarse pero han de estar superficialmente secas al aplicar la mezcla con una brocha de cerdas resistentes. Una vez que las juntas han sido tratadas, toda la superficie de la pared deberá pintarse con la misma liga rebajada con agua. Ningún método le otorga

a la pared estanquidad total (36). Las experiencias anteriores fueron adquiridas en muros de ladrillo.

VII CAUSAS DE AGRIETAMIENTOS

VII. a Contracción

El proceso de fraguado y endurecimiento peculiar de todas las partes constitutivas de una edificación, donde participa el cemento Pórtland, conlleva a la reducción de volumen con esfuerzos implícitos que, si alcanzan valores altos, agrietan la pieza. La contracción puede ser por la pura y simple pérdida de humedad, que al restablecerse invierte el sentido del movimiento y lo convierte en expansivo, anulándose las pérdidas volumétricas en un mecanismo de naturaleza netamente física; no ocurriendo así con la carbonatación donde la reducción de agua es irreversible. Ella es una reacción entre los hidróxidos de calcio $[Ca(OH)_2]$ liberados por la hidratación del cemento y el dióxido de carbono (CO_2) del aire (37).

Anteriormente habíamos dicho que los bloques contruidos con hormigón pesado, consecuencia del empleo de agregados densos, son menos sensibles de agrietarse, dada la rigidez de la grava y la arena. En la República Dominicana donde todavía no se fabrican unidades con agregados ligeros, como escorias de altos hornos, esquistos y piedras volcánicas, el peso unitario seco del hormigón supera los 2200 Kg/m^3 , y el peso de un bloque de 8" está alrededor de 18 Kg, y el de uno de 6" es de más o menos 14 kg; con una absorción en el entorno del 5%.

La absorción que es medida de la porosidad también es de la contracción.

Cuando en el proceso fabril los bloques son curados a baja presión, la contracción es del orden del 85% mayor que si fuesen curados a alta presión (38).

La incidencia en la contracción, de la humedad, que tienen los bloques al momento de su colocación, fue discutida antes.

El mortero de las juntas es susceptible de amenguar su volumen, pudiendo en casos extremos llegar la contracción a superar la adherencia con el bloque y separarse de éste, formando grietas, Fig. 7. La preparación de una mezcla que tenga cualidades favorables de granulometría, dosificación, adherencia y retención de agua, está en condiciones óptimas para resistir los esfuerzos de contracción.

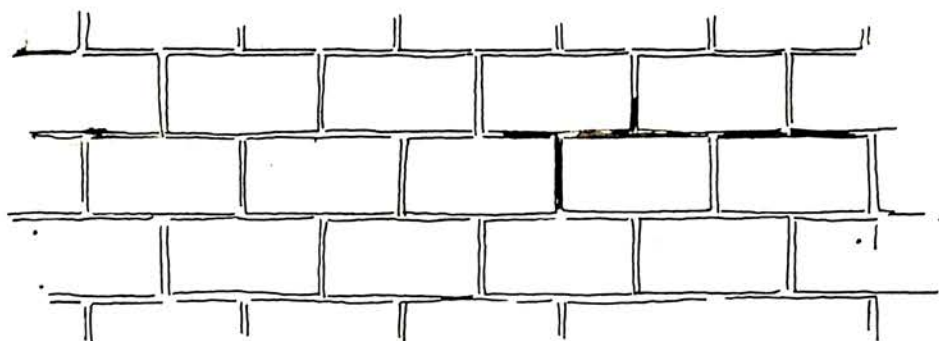


Fig. 7

Grietas por contracción del mortero

La reducción de la pared de bloques está condicionada por la contracción de las unidades y el mortero, pudiendo estar en el rango de 0.01 a 0.1% (39). Los muros construidos con

unidades de dos hoyos sufren menos agrietamientos por contracción que aquellos donde se utilizan bloques de tres hoyos (40), razón por la cual las unidades de tres agujeros han virtualmente desaparecido.

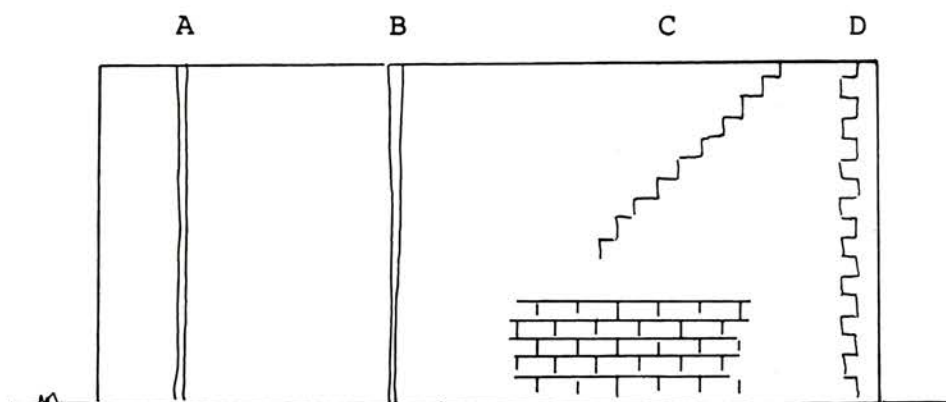


Fig. 8

Diferentes tipos de grietas por su forma

- A De separación uniforme, en paredes relativamente bajas.
- B Con mayor ancho hacia arriba, en muros no muy bajos.
- C Escalonada, cuando el mortero es más débil que el bloque.
- D Dentada, provocada por flexión.

Cuando la longitud de la pared es muy grande con respecto a su altura, aumenta la contracción y se forman grietas verticales, separadas a igual distancia entre sí, que podrían reducirse a una sola en el centro, si el largo de la pared no es muy grande. Este tipo de grietas tienden a mantener una misma separación en paredes relativamente bajas, con mayor ancho hacia arriba en muros no muy bajos. Para completar el cuadro informativo de los agrietamientos, por su forma, diremos que, independientemente del tipo de esfuerzos imperantes, si el mortero utilizado para colocar los bloques es de resistencia relativamente

más baja que la de los bloques, la grieta podría ser escalonada y su posición estar próxima a las esquinas. Otra clase de grieta es la dentada, provocada por flexión, con frecuencia, también, a escasa distancia de las esquinas, Fig. 8 (41).

VII. b Expansión

Por la acción solar intensiva, las partes integrantes de la edificación se calientan y dilatan, pero en vista de las diferentes intensidades de calor que reciben, clases de materiales y grados de rigidez, las deformaciones no son uniformes, produciéndose movimientos diferenciales que pueden ocasionar grietas, como ocurre con los antepechos, Fig. 9 (42). Los riesgos de agrietamiento pueden reducirse construyendo los antepechos de hormigón.

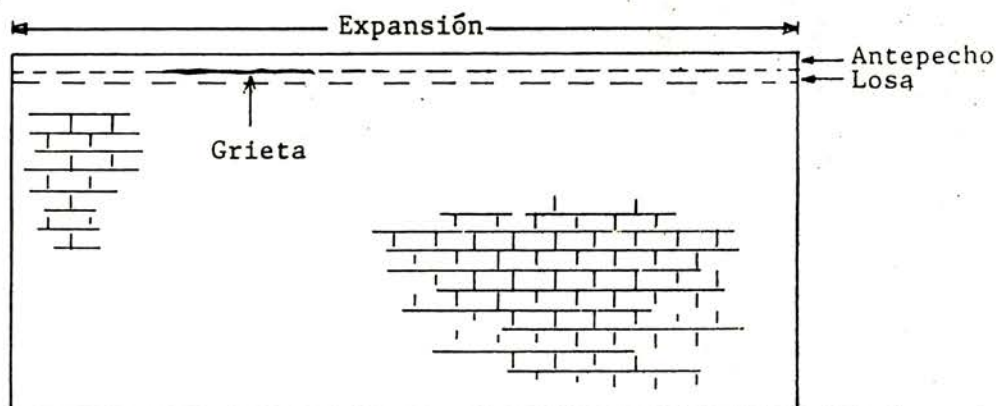


Fig. 9

Grietas en antepechos

El aumento de humedad también produce expansión.

Viviendas con grandes áreas de construcción, han presentado grietas verticales de dilatación a la mitad del lienzo de las paredes. Hubo una casa en el sector residencial NACO, de

Santo Domingo, donde en la sala-comedor de doce metros de longitud, se produjo una grieta continua, a la mitad, que cizalló paredes y losa, Fig. 10.

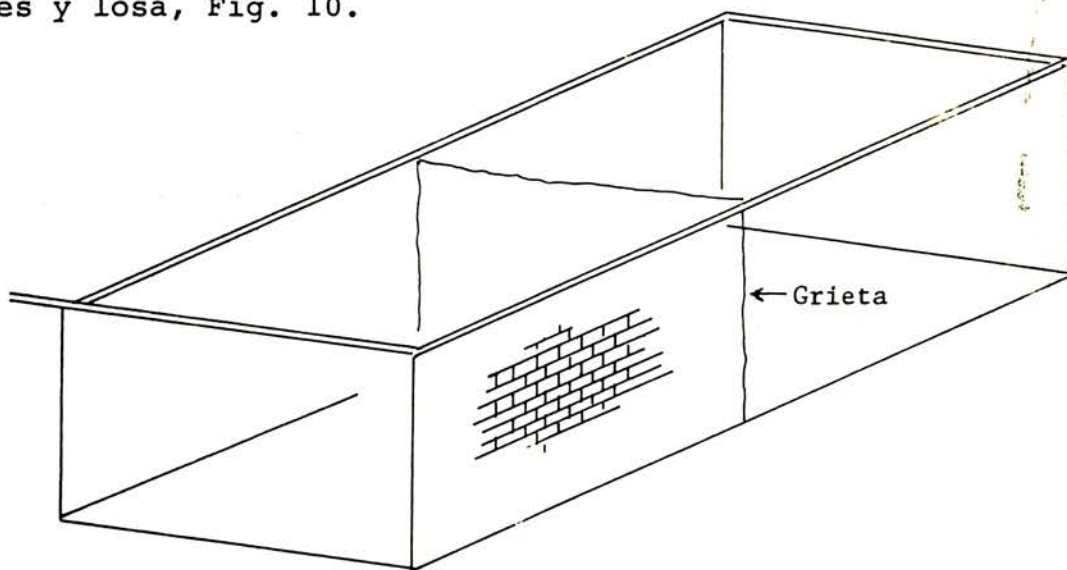


Fig. 10

Grietas por dilatación en sala-comedor de gran longitud

La dilatación de la losa de techo puede provocar, también, el agrietamiento de la pared al empujarla hacia afuera, como se muestra en la Fig. 11.

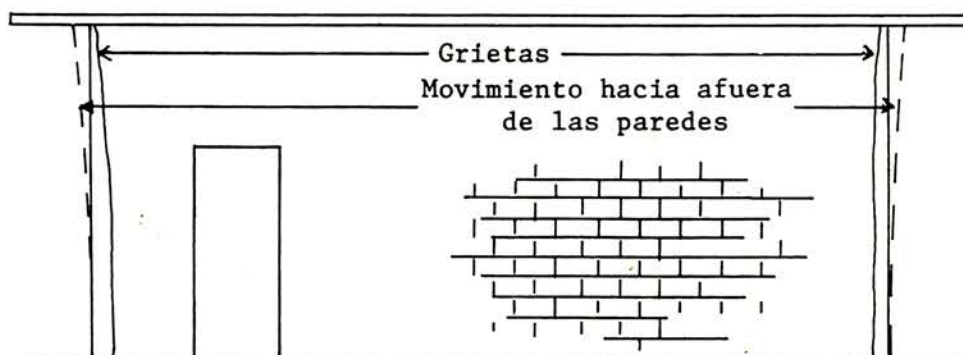


Fig. 11

Agrietamiento de pared por dilatación del techo

Igual situación se observa, a veces, en la última planta de un edificio de varios pisos, sobre todo en aquellos soportados

en muros de bloques sin columnas, llamando la atención el contraste con el buen comportamiento que muestran las paredes de los pisos bajos.

La unión de materiales disímiles, como el hormigón de columnas y vigas con los bloques de una pared sometidos todos los elementos constructivos a cualquier tipo de deformación, es propensa a grietas en los planos de contacto, Fig. 12.

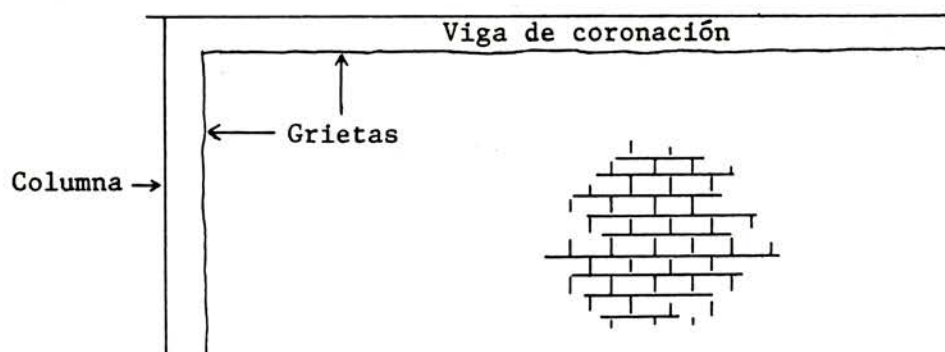


Fig. 12

Grietas entre dos materiales disímiles :
hormigón armado y bloques

En el encuentro de verjas de bloques con edificios deben introducirse juntas verticales en cuyo espacio libre puedan disiparse los aumentos de longitud por dilatación, Fig. 13.

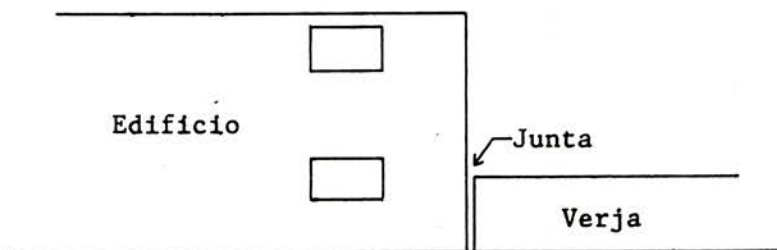


Fig. 13

Junta de dilatación entre edificio y verja

Los techos de madera no ofrecen la suficiente sujeción a

las paredes de bloques, sobre las cuales se construyen, por lo que frecuentemente los muros se agrietan. Las losas de techo y entrepiso suministran suficiente rigidez lateral a las paredes de bloques (43).

VII. c Movimientos del subsuelo

Cuando el suelo se desplaza, por diferentes motivos, las edificaciones que están cimentadas sobre él podrían quedar sometidas a esfuerzos secundarios adicionales a los normales de servicio, generadores muchas veces de grietas y fisuras.

La consolidación, propia de las arcillas blandas sensibilizadas por las cargas de construcción, implica la compresión de los estratos cohesivos dentro del alcance de los esfuerzos estructurales significativos, causante de hundimientos de la obra, tanto más ofensivos como diferenciales. La ubicación, tipo y dirección de las hendeduras, que pueden producirse, es función de la localización del hundimiento máximo y de los sectores débiles de la pared, Fig. 14. Una vez más el agrietamiento será

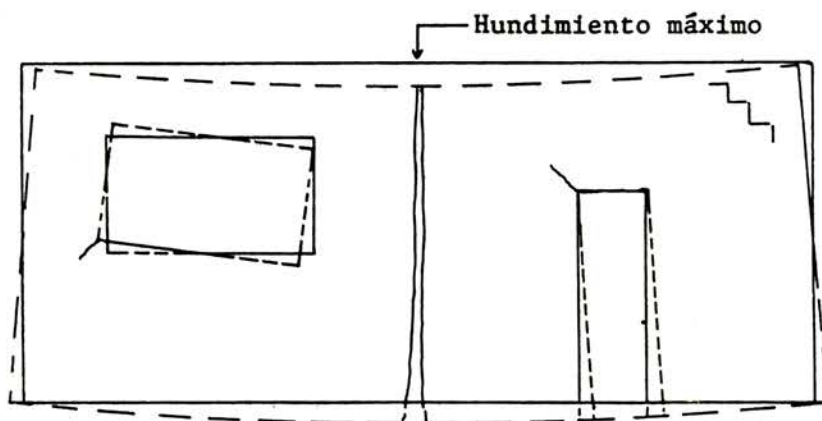


Fig. 14
Grietas por hundimiento

escalonado o no función de la resistencia relativa entre el mortero de las juntas y el hormigón de los bloques. La concentración de esfuerzos en los vértices de las aberturas para puertas y ventanas induce a que las fisuras partan de ahí, o un poco más hacia afuera, en el extremo del dintel, evadiéndose la resistencia que proporciona el hormigón de su construcción. La perpendicular imaginaria trazada desde la longitud media de la grieta señalará el punto de hundimiento máximo.

Las arcillas ricas en montmorilonita y densas varían considerablemente de volumen cuando fluctúa su contenido de humedad por cambios en la cantidad de lluvia caída sobre la tierra, contrayéndose en épocas de sequía y dilatándose en tiempos de grandes precipitaciones, calificándose como expansivas. En una casa donde en su interior no hay patios, jardineras o escapes de agua en tuberías, el flujo de humedad avanza de afuera hacia dentro de la edificación, secándose más rápidamente en las áreas periféricas sometidas a una acción solar más potente, a lo que contribuye la evotranspiración de árboles y arbustos; por tanto los muros exteriores son los más predispuestos al agrietamiento. Ante suelos activos hemos preferido, para paredes de bloques, la protección por fortificación, consistente regularmente en el uso de dos vigas de rigidez, introducida la primera a nivel del terreno y la segunda en la parte más elevada de los muros o en la posición de dinteles de puertas y ventanas para reducir sus costos; colocándose las barras de acero de refuerzo vertical a 0.40 m de separación entre sí, llenándose todos los huecos de los bloques

con hormigón de gravilla (44).

Si un talud comienza a deslizarse, al superar las fuerzas motoras a las resistentes, o si el corrimiento ocurre por el movimiento de una capa alterada, saturada, sobre el mismo material inclinado (45), o se producen deslizamientos por cualquier otra causa, las edificaciones en la zona de actividades podrán sufrir fracturas en las paredes, bien definidas por la dirección y sentido del movimiento, a las cuales pueden seguir roturas por hundimientos en suelos amasados. Aún cuando se levanten muros de contención de tierras y estos logren estabilizar el talud, los desplazamientos de tierra podrán dañar las paredes de la edificación, Fig. 15.

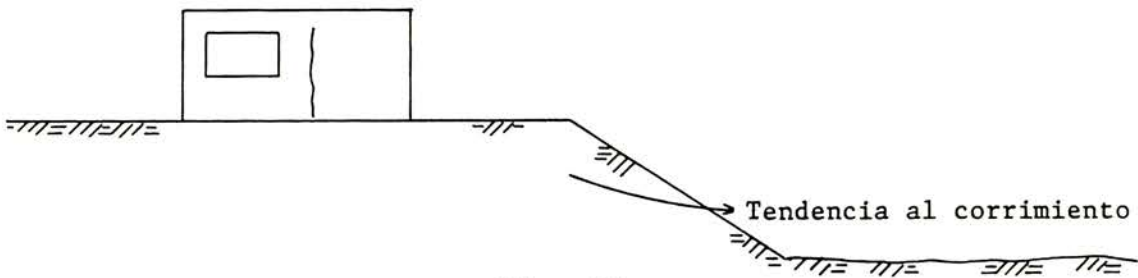


Fig. 15

Agrietamientos por deslizamientos de tierra

VII. d Movimientos estructurales

Las losas inclinadas de techo ocasionan empujes contra los muros de sostén, adicionales a los que ellas mismas producen por dilatación térmica, suma de fuerzas de igual dirección y sentido que pueden agrietar la pared de carga, Fig. 16.

El viento actuante sobre el entramado de hormigón que soporta una pared de bloques puede deformarlo en una magnitud tal

que origine grietas en el muro.

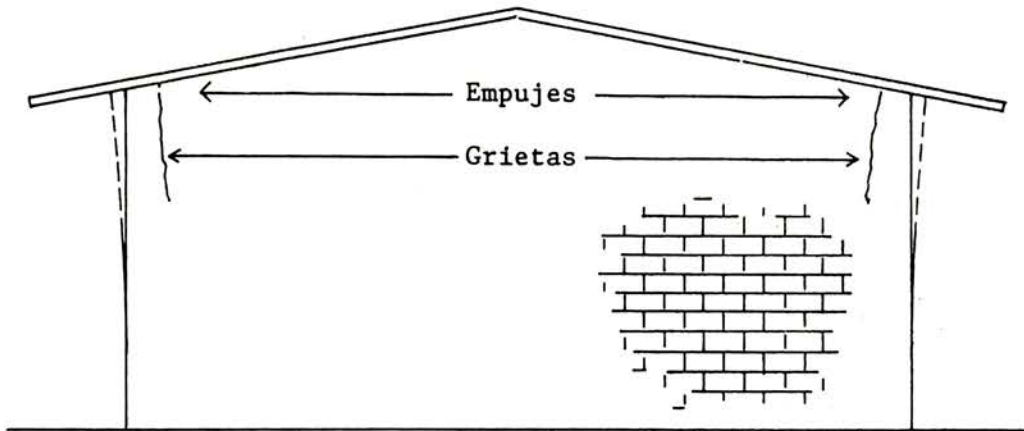


Fig. 16

Grietas por empujes de techos inclinados

Vibraciones de alta frecuencia emitidas por equipos instalados en la edificación y transmitidas a la estructura pueden agrietar las paredes de bloques. Si el subsuelo de fundación es granular, esto es arena y/o grava, en estado suelto, las vibraciones lo acomodarán provocando hundimientos con riesgos de fisuras en sus muros, existiendo el mismo peligro con las fuerzas sísmicas.

Son frecuentes las fisuras en sectores donde la pared recibe cargas de diferentes intensidades, Fig. 17.

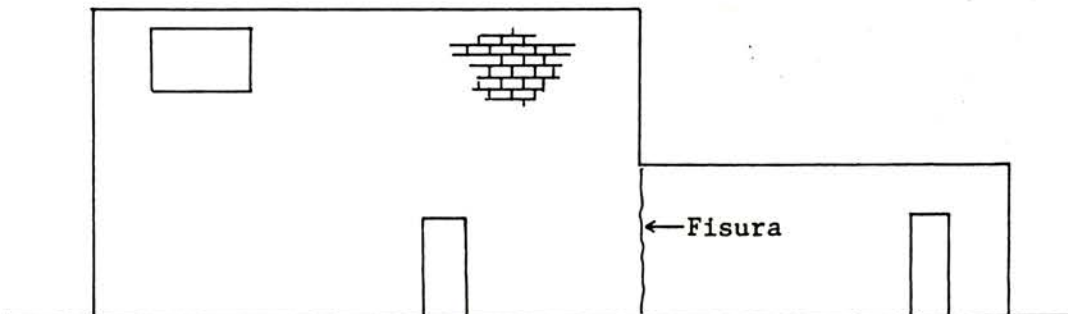
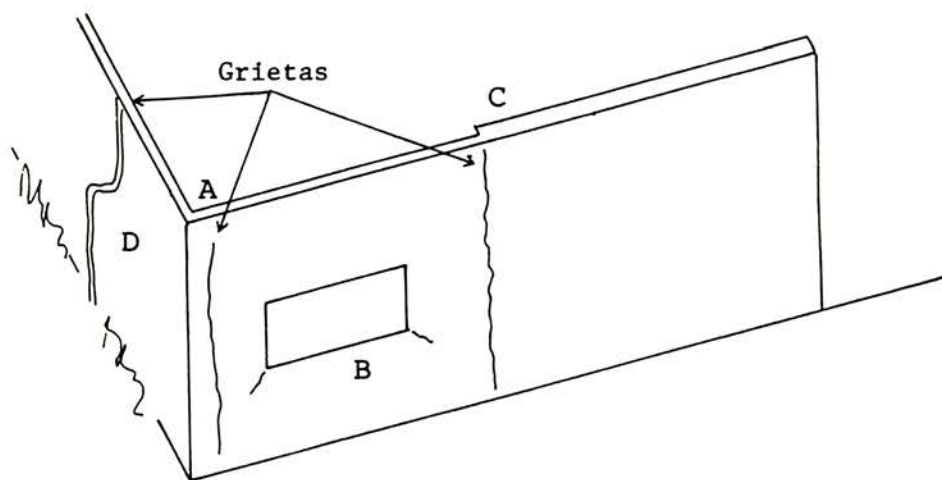


Fig. 17

Grietas por diferentes intensidades de carga

Cuando se quieran amarrar muros de división, que no cargan, a muros estructurales, se pueden emplear tiras de tela metálica galvanizada, de 1/4" de aberturas, colocadas cada dos hileras de bloques; embebidas en las juntas horizontales de las dos paredes de trabajo desigual (46).

En términos genéricos, la mayor probabilidad de aparición de grietas en paredes, está en puntos cerca de las esquinas, aberturas, sectores de cambios de dimensiones y en elementos de mayor exposición a los agentes climáticos, como muros externos o de cercas, Fig. 18, (47).



A. Esquinas

B. Aberturas

C. Sectores de cambios de dimensiones

D. Elementos de mayor exposición a los agentes climáticos

Fig. 18

Partes de pared donde aparecen grietas con más frecuencia

VIII CORRECCIONES DE GRIETAS

Al tapiar huecos de puertas y ventanas, es frecuente que con el paso del tiempo la contracción de la parte nueva origine una cisura continua que haga recordar la forma y tamaño exactos de los antiguos vacíos. Para obviar esta irregularidad se recomienda unir los cuerpos de diferentes edades mediante espigas construidas con fragmentos de bloques, colocados en el perímetro de los huecos, según la disposición indicada en la Fig. 19.

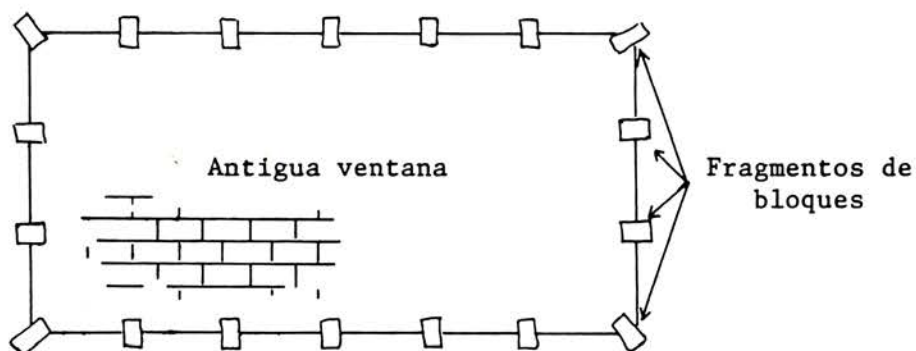


Fig. 19

Colocación de espigas para tapiar huecos
(Elevación)

Si las fuerzas que han motivado el agrietamiento no son muy poderosas o si la estructura se encuentra en estado de equilibrio, se puede intentar el arreglo de las paredes dañadas, "cosiendo" las grietas, Fig. 20, de la siguiente forma :

- A. Prepárense en un taller de herrería, con soldadura autógena, piezas en forma de "I", construidas con barras de acero, corrugadas, de 1/4" (6 mm) de diámetro, 20 cm de ala y 25 cm de alma.
- B. Excávense en la pared, con cincel y martillo ,

ranuras de 3 cm de ancho y 2.5 cm de profundidad, aproximadamente, que puedan recibir los refuerzos de acero, de modo que el alma resulte normal a la fisura en el punto de costura. Los refuerzos de acero se colocarán a distancias entre sí del orden de 60 cm.

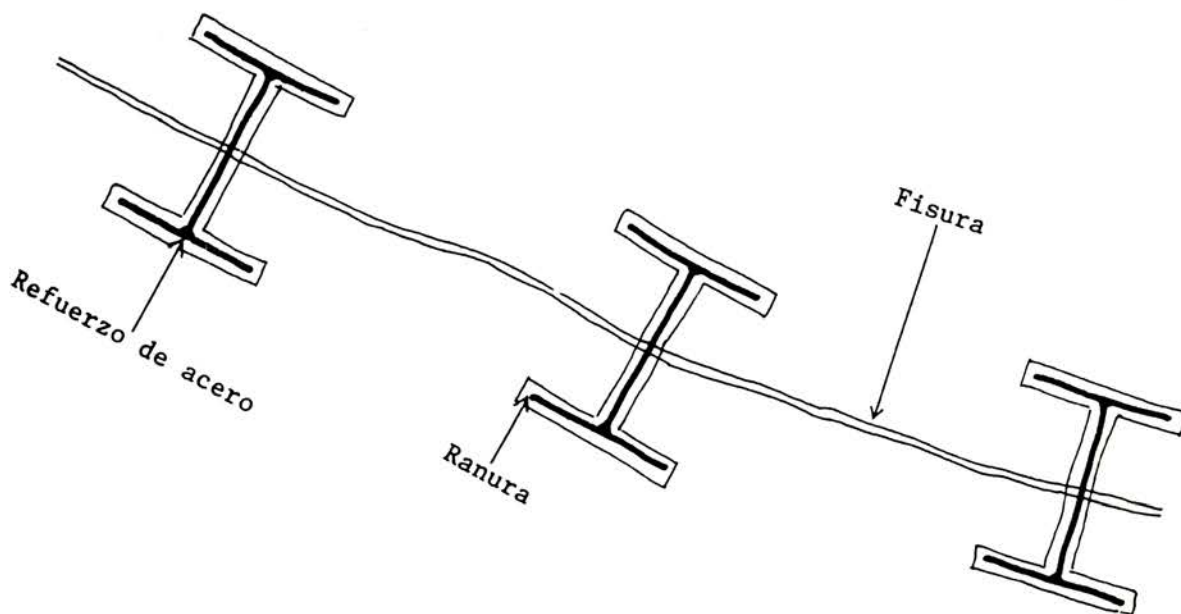


Fig. 20
Costura de grietas

- C. Límpiense las ranuras de residuos de excavación, empleando una brocha.
- D. Humedézcanse los canales con agua.
- E. Píntense las ranuras con algún producto industrializado apto para adherir hormigón fresco con viejo, o con una mezcla de cemento Pórtland y agua ("Fraguache").
- F. Póngase, dentro de la ranura, mortero del tipo recomendado para colocar bloques.

- G. Introdúzcase a presión, en el mortero, la pieza de acero en forma de "I", de modo que resulte total y cabalmente envuelta en el mortero, dejando un espacio vacío para el pañete, y,
- H. Enlúzcase, no antes de 24 horas, las partes semi-rellenas, con mezcla lo más parecida posible a la utilizada originalmente, con el principio de igualar las áreas intervenidas con la pared completa.

IX CONCLUSIONES

Como resumen de las revisiones, discusiones y análisis llevados a término, y con el deseo de que puedan servir para reducir los riesgos de agrietamientos en paredes de bloques de concreto, se emiten las siguientes recomendaciones :

- A. Disponer juntas de construcción en muros de gran longitud.
- B. Reforzar con vigas de rigidez y acercamiento de las barras de acero colocadas dentro de los huecos de los bloques, las paredes levantadas sobre arcillas activas.
- C. Mantener el criterio básico y simplista, en las especificaciones dominicanas, de producir y controlar un sólo tipo de bloque nacional, en lo relativo a la resistencia por compresión y área

bruta de unidad, aplicado por igual a todos los tamaños de bloques.

- D. Impulsar la fabricación de bloques curados a alta presión.
- E. Promover la ampliación del número de ensayos que realizan en bloques los laboratorios estatales y privados, efectuando pruebas de peso unitario seco del hormigón de construcción, absorción y contracción lineal, así como determinación del contenido de agua de las unidades al momento de colocación; enriqueciendo el Código nacional de construcción con requerimientos al respecto.
- F. Elegir bloques que satisfagan las normas de calidad.
- G. Descartar unidades que tengan grietas visibles, mayores de 25 mm, ocasionadas por contracción o golpes sufridos durante la manipulación y el transporte.
- H. Colocar los bloques lo más seco posible, no regándolos con manguera antes o durante los trabajos de albañilería.
- I. Fijar los bloques con morteros que satisfagan las normas.
- J. Seleccionar la arena de una granulometría adecuada, recurriendo a combinaciones de dos o más

agregados si fuese menester, como en el caso de Santo Domingo donde una dosificación favorable se consigue ligando dos volúmenes de arena tipo Itabo, húmeda y suelta, con un volumen, en las mismas condiciones, de arena de las dunas de Baní, aproximadamente. Tres volúmenes de esta mezcla de arenas, húmeda y suelta, se combinarán con un volumen de cemento Pórtland.

- K. Homogeneizar en ligadora, por un espacio de tiempo entre 3 y 5 minutos, la arena, cemento y agua mínima para conseguir una plasticidad adecuada; pudiéndose ligar a mano en trabajos pequeños.
- L. Utilizar espesores de juntas, entre bloques, de más o menos un centímetro, adicionando agregado grueso al mortero si fuese necesario usar grosores mayores.
- LL. Hacer llegar el mortero a todos los puntos de contacto de los bloques, produciendo juntas sin vacíos.
- M. Descartar los morteros con más de dos horas de preparados.
- N. Controlar la horizontalidad de las hileras de bloques con el nivel de burbuja.
- Ñ. Ejercer el control de la verticalidad de los muros con la plomada y además con el tránsito, en los

edificios multipisos, de modo a evitar desplomes que obligarían a espesores variables de pañetes con grosores máximos altos.

- O. Llenar los huecos de los bloques con hormigón de gravilla, cumplidor de las especificaciones, densificado cada dos hiladas de modo a obtener un cuerpo continuo.
- P. Emplear mezclas de enlucido que cumplan las normas, combinación de cemento Pórtland, cal hidratada, arena y agua; utilizando tratamientos previos de base como resane, careteo y repello.

NOTAS

- 1 Bidwell, T.G., "The Conservation of Brick Buildings, The Repair, Alteration, and Restoration of Old Brickwork", Brick Development Association, Londres, agosto 1977, p. 6; citado por Grimm, C.T., "Masonry Cracks : A Review of the Literature", ASTM, STP 992, 1988, p. 258.
- 2 Rainer, P., "Movement Control in the Fabric of Buildings", Nichols Publishing Co., Nueva York, 1983; citado por Grimm, obra referida , p. 258.
- 3 Kaminetzky, D., "Verification of Structural Adequacy", Rehabilitation, Renovation, and Preservation of Concrete and Masonry Structures, ACI, Detroit, 1985, p. 141; citado por Grimm, obra referida, p. 258.
- 4 Birkeland, O., y Sevendsen, S.D., "Norwegian Test Methods for Rain Penetration through Masonry Walls", Symposium on Masonry Testing, ASTM, STP 320, Philadelphia, febrero 1963, pp. 3-15; citado por Grimm, obra referida, p. 258.
- 5 SEOPC, "Especificaciones generales para la construcción de edificaciones", R.D., abril 1982, acápite 9.2.3, p. 9.3.
- 6 Lacy, R.E., "An Index of Exposure to Driving Rain", Building Research(BRS) Station Digest, Inglaterra, marzo 1971, pp. 1-8; citado por Grimm,C.T., "A Driving Rain Index for Masonry Walls", ASTM, STP 778, 1982, p.172.
- 7 Oficina Nacional de Meteorología, Santo Domingo, 1960, carta suministrada por el subdirector, Ing. Luis Rodríguez.
- 8 Oficina Nacional de Meteorología, Santo Domingo, precipitaciones medias del período 1961-1990, y velocidades medias del viento, en localidades dominicanas, informaciones entregadas por el director, Ing. Antonio Cocco Quezada, el 1 de abril de 1993.
- 9 Grimm, C.T., "Water Permeance of Masonry Walls : A Review of the Literature", ASTM, STP 778, 1982, p. 182.
- 10 Lacy, R.E., trabajo y páginas indicados, citado por Grimm, p. 174.
- 11 Congreso nacional, Ley núm. 675 sobre urbanización, ornato público y construcciones, unificada con todas sus modificaciones hasta el año 1956; publicación O.P., pp. 45 y 46.
- 12 Congreso nacional, ley anterior.
- 13 SEOPC, "Especificaciones generales para la construcción de edificaciones", R.D., abril 1982, acápite 9.2.3, p. 9.2.
- 14 ASTM, Designación C 90-85, Philadelphia, 1986, volumen 04.05, p. 97.

- 15 ASTM, Designación C90-85, citada, p. 98.
- 16 Portland Cement Association, "Concrete Masonry Handbook", Illinois, 1951.
Copia de este trabajo nos fue gentilmente cedida por el Ing. Federico Read Delgado. Pp. 7-8.
- 17 ASTM, Designación C90-85, citada, p. 97.
- 18 Kalouseb, G.L., "Relation of Shrinkage to Moisture Content in Concrete Masonry Units", Housing Research Paper No. 25, Washington, 1953, p.4; citado por Grimm, p. 260.
- 19 SEOPC, especificaciones citadas, acápite 9.3.1.a, p. 9.3.
- 20 ASTM, Designación C144-84, acápite 4, volumen 04.05, p. 125, 1986.
- 21 SEOPC, especificaciones citadas, acápite 9.3.2, p. 9.4.
- 22 Portland Cement Association, obra citada, p. 26.
- 23 ASTM, Designación C270-86, volumen 04.05, p.172, Philadelphia, 1986.
- 24 Alba, X, y Cortorreal, S., "Estudio y análisis de los morteros en la República Dominicana", trabajo de grado UNPHU, Santo Domingo, 1984, pp.62-63.
- 25 ASTM, Designación C270-86, citada, p. 172.
- 26 Portland Cement Association, obra citada, pp. 9 y 11.
- 27 ASTM, Designación C404-85, volumen 04.05, p. 268, Philadelphia, 1986.
- 28 Portland Cement Association, obra citada, p. 28.
- 29 Portland Cement Association, obra citada, p. 37.
- 30 Thomen, A., "Manual de instrucciones para la construcción de muros de bloques de hormigón", Revista OPC, año X, núm. 5, Santo Domingo, 1976 , p. 72. Este artículo, según se confiesa en él, se apoyó en el trabajo : "Recommended Practices for Laying Concrete Blocks", de la Portland Cement Association, 1954, y aunque no aparece el nombre del autor, hay que atribuirlo al profesor universitario, ya desaparecido, Ing. Antonio Thomen.
- 31 SEOPC, especificaciones citadas, capítulo 14, pp. 14.1-14.4.
- 32 SEOPC, especificaciones citadas, acápite 14.2.1, p. 14.1.
- 33 Alba, X, y Cortorreal, S., trabajo citado, pp. 64-71.
- 34 Alba, X, y Cortorreal, S., trabajo citado, p. 74.

- 35 Portland Cement Association, obra citada, pp. 27-28.
- 36 Coney, W, y Stockbridge, J., "The Effectiveness of Waterproofing Coatings, Surface Grouting, and Tuckpointing on a Specific Project", en "Masonry : Materials, Design, Construction, and Maintenance", ASTM, STP 992, pp. 223-224, Philadelphia, 1988.
- 37 Shideler, J.J., "Carbonation Shrinkage of Concrete Masonry Units", Journal of the Portland Cement Association Research and Development Laboratories, Illinois, Volumen 5, No. 3, septiembre 1963, pp. 36-51; citado por Grimm, obra referida, pp. 258-260.
- 38 National Concrete Masonry Association, "Concrete Masonry Shrinkage", 1961; citado por Grimm, obra referida, p. 260.
- 39 Portland Cement Association, "Building Movement Joints", Illinois, 1982, p. 30; citado por Grimm, obra referida, p. 261.
- 40 Menzel, C.A., "General Considerations of Cracking in Concrete Masonry Walls and Means for Minimizing It", Portland Cement, Illinois, septiembre 1958, pp. 1-15; citado por Grimm, obra referida, p. 261.
- 41 Grimm, C.T., documentación diversa citada, obra referida, p. 261.
- 42 Grimm, C.T., documentación diversa citada, obra referida, p. 267.
- 43 Portland Cement Association, "Concrete Masonry Handbook", Illinois, 1951, p. 30.
- 44 Penson, E., "Mecánica de Suelos II, Manual de Cátedras", Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, reproducido por el sistema de fotocopia, pp. 51-52.
- 45 Penson, E., "Deslizamientos de tierra en la Cordillera Septentrional" , Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo, 1982 , pp. 67-71.
- 46 Portland Cement Association, "Concrete Masonry Handbook", pp. 29-30.
- 47 Rainer, P., trabajo citado, Grimm p. 261.

FIGURAS

- 1 Datos citados por Grimm, C.T., "Masonry Cracks : A Review of the Literature, ASTM, STP 992, 1988, p.258.
- 2 Carta suministrada por la Oficina Nacional de Meteorología.
- 3 Valores computados a partir de datos ofrecidos por la Oficina Nacional de Meteorología.
- 4 ASTM, Designación C90-85, volumen 04.05, Philadelphia, 1986, p. 98.
- 5 ASTM, Designación C144-84, acápite 4, volumen 04.05, 1986, p. 125.
- 6 ASTM, Designación C404-85, volumen 04.05, Philadelphia, 1986, p. 268.
- 7-20 Dibujos del autor.

IMPRESOS EN LOS TALLERES OFFSET DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO HENRIQUEZ UREÑA
EN JUNIO DEL 1994