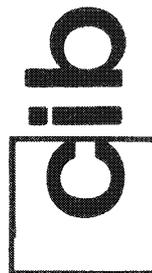


# cuadernos de

---



INFORME N.º 5 (1966)

**PRODUCCION DE HORMIGON DE  
COLOR UNIFORME Y SIN DEFECTOS  
DE SUPERFICIE**

INFORME N.º 24 (1973)

**TOLERANCIAS SOBRE LOS DEFECTOS  
DEL ASPECTO DEL HORMIGON**

EDICION EN LENGUA ESPAÑOLA

Traducida de las ediciones francesas por:  
Miguel A. Rodríguez-Torices S.,  
Arquitecto Técnico  
Miembro de la Comisión W. 29 del C.I.B.  
(Consejo Internacional de la Edificación)  
Con la colaboración de  
M.ª Isabel Gamarra G.

Madrid, 1982

c80-4

SfB	Df2
CDU	666.972

# Producción de hormigón de color uniforme y sin defectos de superficie

*Preparado por la Comisión de trabajo W. 29 del CIB. "Acabados de paramentos de hormigón".*

En el coloquio sobre «Acabado de los paramentos de hormigón» que tuvo lugar en Wexham Spring en abril de 1961, se propuso que la Comisión W.29 eligiese, para comenzar, como principal objetivo para investigación y discusión, la producción de un hormigón de color uniforme y sin defectos de superficie. Las investigaciones efectuadas desde entonces permiten ahora a la Comisión formular cierto número de recomendaciones susceptibles de ser publicadas. Sin poder afirmar, que todos los factores que afectan el aspecto de la superficie de un hormigón bruto de desencofrado (hormigón "visto natural"), son actualmente conocidos y completamente comprendidos, desde 1961 han sido realizados progresos considerables y la Comisión está convencida que la aplicación de las recomendaciones contenidas en el presente informe, llevará a una mejora sensible del aspecto del hormigón en todos los países.

Conviene precisar, no obstante, que es imposible realizar una uniformidad tal que cada centímetro cuadrado, ni siquiera cada metro cuadrado, sea de un color idéntico. Ciertas variaciones del tono debidas a ligeras alteraciones de las proporciones en la composición, o a las locales de cara de los encofrados, son inevitables. Igualmente es necesario esperar ligeros defectos de superficie. En general, en el presente informe, la expresión "color uniforme y sin defectos de superficie" se entenderá como superficies de hormigón, en donde las variaciones de color son estéticamente aceptadas y que están exentas de manchas, o también superficies donde los defectos son insignificantes y no son perceptibles más que con un examen efectuado de cerca.

La primera etapa de los trabajos de la Comisión consistía en definir los defectos que efectivamente se producen y examinar a continuación los factores susceptibles de causarlos.

Definición de los defectos.

La adopción de una terminología y de definiciones uniformes, apareció como una condición esencial del trabajo de la Comisión. Una clasificación de los defectos fue establecida por KINNEAR (1), que distingue las variaciones de tonalidad y las irregularidades de superficie, y las subdivide en función de que el defecto tenga su origen antes o después del encofrado. En esta fase del estudio, se juzgó preferible no asociar los defectos a sus causas probables. No obstante, a continuación la Comisión pudo establecer una clasificación simplificada, en la cual la causa de cada defecto está indicada. Esta clasificación simplificada es dada en el anexo del presente informe.

La clasificación adoptada, divide los defectos en variaciones de color e irregularidades de superficie, y los subdivide en función de la causa probable de cada defecto. Habiendo sido estimada una clasificación precisa de los términos empleados, fue formado un subcomité para establecer una terminología equivalente en inglés, en francés y en alemán (y con esta publicación, en español). El anexo contiene estas traducciones.

En el presente informe, los resultados de las investigaciones son recogidos bajo los siguientes enunciados, seguidos de algunas recomendaciones en función de su aplicación:

(Ciertos problemas todavía no están resueltos y, consecuentemente, algunas recomendaciones se hacen con miras a investigaciones posteriores).

1. Concepción y ejecución de los encofrados.
2. Características de la superficie de los encofrados.
3. Productos desencofrantes.
4. Componentes del hormigón.
5. Dosificación de los componentes del hormigón.
6. Amasado y transporte.
7. Puesta en obra y compactado.
8. Curado y protección.
9. Vigilancia.

## 1. CONCEPCION Y EJECUCION DE LOS ENCOFRADOS

Desde que la Comisión comenzó sus trabajos, importantes investigaciones sobre el empuje del hormigón a los encofrados han sido efectuados por ADAM (2) en Francia y por la Cement and Concrete Association (3) y RITCHIE (4) en Gran Bretaña. También han sido realizados otros trabajos recientes, por ejemplo, los de ERTINGSHAUSEN (5) en Alemania y de BERGER (6) en Rusia. Teniendo en cuenta estos trabajos, la Comisión estima que es posible elaborar recomendaciones aceptables en el plano internacional, que suministrarán a los constructores de encofrados los valores reales de la presión a tener en cuenta en sus proyectos. Se considera, no obstante, que son necesarias otras investigaciones para establecer los criterios de la deformación, sobre los cuales conviene basar un proyecto de encofrado. Un derrumbamiento total del encofrado no es cosa rara y, por otra parte, se considera que las cejas y las fugas por las juntas, a consecuencia de una deformación excesiva del encofrado, son muy frecuentes, y constituyen una de las principales causas de los defectos. Igualmente se considera importante que el encofrado tenga una rigidez suficiente y uniforme, de forma que evite las deformaciones de gran magnitud durante la vibración del hormigón, e impedir una variación notable de las características de la vibración sobre la extensión de un mismo tablero.

La Comisión subraya, igualmente, la necesidad de atribuir una importancia particular a la concepción, fabricación y montaje del encofrado, para asegurar la estanquidad al agua de las juntas entre los tableros y entre las tablas. Los encofrados cortados mecánicamente y que no sufren —o apenas— retracción bajo los efectos de las variaciones de humedad (por ejemplo, los encofrados en acero o en plástico) pueden ser colocados juntos y sellados al dorso por medio de una banda oculta, mientras que para las juntas entre madera maciza, contrachapados de madera u otros materiales susceptibles de sufrir una retracción, se recomienda utilizar bandas de espuma plástica preformadas y comprimibles. Estas mismas bandas son igualmente reco-

mendadas como medio de prevenir las fugas en las juntas de construcción, siendo entonces las bandas colocadas entre el encofrado y la parte de obra ya realizada.

**Conclusión:** El encofrado debe de ser concebido de forma que se limite su deformación, y los tableros deben tener rigidez suficiente y uniforme para evitar grandes holguras entre ellos durante el vibrado y, en particular, para limitar la variación de holgura sobre la superficie de un tablero (por ejemplo, debido a la falta de continuidad a través de una junta).

En particular, se llama la atención sobre la necesidad de hacer que todas las juntas sean estancas al agua. Se recomienda el empleo de bandas preformadas de espuma plástica para tapar las juntas entre los tableros y entre las tablas, así como en las juntas de construcción, entre la pared del encofrado y el hormigón vertido anteriormente.

## 2. CARACTERISTICAS DE LA SUPERFICIE DEL ENCOFRADO

El trabajo efectuado en 1940 por el Bureau of Reclamation (7), ha mostrado que el empleo de superficies de encofrados absorbentes, reduce la formación de burbujas en la superficie del hormigón. Las investigaciones de KINNEAR (1) han confirmado este hecho e, igualmente, han sido aportadas por TEYCHENNE y HERBERY (9) pruebas confirmativas, las cuales han encontrado que los tableros de fibras aglomeradas estándar dan menos burbujas que el acero, el PVC rígido o el contrachapado recubierto con poliuretano. KREIJGER (9) ha comprobado que los encofrados en madera basta de aserradero o cepillada, sin recurrir a un agente de desencofrado, darían menos burbujas cuando la madera estuviese seca, por tanto más absorbentes; por otra parte, KREIJGER (9) comprobó que los encofrados de contrachapado o de fibras aglomeradas, sin agente desencofrante, darían menos burbujas cuando el encofrado estuviese húmedo. TRÜB (14) ha subrayado la ventaja de mojar el encofrado para limitar las variaciones de absorción de éste. MURPHY (10) igualmente ha aportado pruebas de la influencia considerable que ejerce el poder de absorción del encofrado sobre el número de burbujas, y ha podido demostrar la parte influyente de otros factores sobre la formación de burbujas. D'ELIA (11) ha mostrado que las burbujas eran más grandes y más numerosas sobre las superficies de hormigón hecho con encofrados lisos que sobre las de hormigón hecho con encofrados rugosos, por ejemplo, en madera basta de aserradero.

En la práctica, KINNEAR (1) y MURPHY (10) han encontrado que era preciso limitar el poder absorbente de los revestimientos de encofrado. Se han estudiado revestimientos en cartón o papel de diversos tipos, pero habiendo resultado todos ellos satisfactorios en lo que concierne a la formación de burbujas, se muestran muy frágiles y frecuentemente son difíciles de despegar de la superficie del hormigón recién desencofrado.

Ha sido comprobado igualmente, que el tipo de encofrado ejerce una influencia considerable sobre la variación de color y sobre la aparición de manchas en la superficie del hormigón. EYMAR (12) ha hecho resaltar que los encofrados en acero, aunque estén en apariencia limpios y exentos de óxido, pueden provocar manchas, teniendo esta tendencia a atenuarse con el uso. Ha mostrado, por otra parte, que las partículas de cemento adheridas al encofrado, eran la causa de cierto cambio posterior del color. KINNEAR (1) mostró que el color de la superficie de hormigón varía en función del poder de absorción del encofrado: haciéndose más oscuro bajo el efecto de la migración de la humedad del hormigón hacia la pared del encofrado. Este efecto está particularmente bien ilustrado por el ejemplo de las franjas oscuras y claras que se observan en el hormigón vertido contra un contrachapado no tratado: las franjas oscuras corresponden a la albura y las claras al corazón de la capa exterior del contrachapado. KINNEAR (1) ha indicado igualmente que en el caso de encofrado de superficie absorbente, el color del hormigón varía en función de la presión sufrida durante el hormigonado; el color se hace más oscuro hacia la parte baja del elemento, vertido exactamente donde, bajo los efectos de una presión más fuerte, la pérdida de humedad —que penetra en el encofrado— es mayor. Los estudios de ADAM (13) han dado resultados similares a los de KINNEAR (1): ADAM subraya que es

esencial utilizar encofrados impermeables y, con preferencia, que no necesiten el empleo de un producto desencofrante; y también que el encofrado no debe tener una superficie pulida, si se desea obtener una superficie uniforme.

RETTIG (18) indica que las manchas debidas al polvo sobre un encofrado aceitado son transmitidas sobre el hormigón, pero lavadas a continuación por la lluvia en las superficies situadas al exterior; por el contrario, son perjudiciales sobre las superficies situadas al interior, si se las deja sin tratar. Después de haber ensayado diversos métodos de tratamiento de los encofrados y diversos materiales, RETTIG ha llegado a la conclusión de que el caucho o el PVC dan un excelente acabado de superficie, y sus trabajos confirman que los encofrados impermeables aseguran una mayor uniformidad del color.

TRÜB (14) ha estudiado las diferencias entre el abeto blanco del Canadá y el abeto ordinario, según las diferentes formas en que la madera es aserrada. Ha encontrado pocas diferencias entre las especies, salvo que el abeto del Canadá, exento de vetas de resina, es menos susceptible de modificar la hidratación del cemento. No obstante, el abeto común presenta una mayor irregularidad de crecimiento, de manera que las fibras forman frecuentemente un cierto ángulo con la superficie de la tabla, lo que da lugar a un cambio de color debido a un poder de absorción variable, y a la pérdida de una parte de la piel de mortero durante el desencofrado, en función de las irregularidades de la superficie del encofrado. La uniformidad de color no es afectada por el ángulo de corte de las tablas, pero las cortadas radialmente contienen menos nudos; igualmente, si la madera está barnizada, los nudos provocan un empolvamiento de la superficie acompañándose de manchas marrones. No hay gran diferencia de color entre el hormigón vertido contra tablas cepilladas y el colado contra las no cepilladas; pero se ha constatado con mayor frecuencia el desprendimiento de la piel del mortero en estas últimas, tanto si estaban aceitadas o barnizadas. El barnizado mejora a veces el color del hormigón. TRÜB (14) también ha indicado que la madera "amarillea" con la exposición a la luz y tiende así a convertir más oscuro el hormigón vertido.

KREIJGER (5) ha comprobado a su vez, que el ángulo entre la superficie de una tabla de encofrado y los anillos de crecimiento anual, afectan al color del hormigón; cuando los anillos eran casi paralelos a la superficie, había un arranque importante de la superficie del hormigón y éste era más poroso y más oscuro. Igualmente ha subrayado la diferencia entre el efecto del lado de la corteza y el efecto del lado del corazón de la tabla.

MURPHY (10) llama la atención sobre la frecuencia del agrietamiento de las superficies del hormigón vertido en encofrados impermeables lisos, por ejemplo en material plástico. Se supone que esto se produce con tales revestimientos, en gran parte, porque el pulido de la superficie del encofrado permite la formación, sobre la piel del hormigón, de una pasta de cemento en capa continua.

KREIJGER (16) ha estudiado el fenómeno de la "transparencia del árido" que se manifiesta por manchas oscuras de color gris-azulado, de las cuales la superficie de hormigón está moteada. La presencia de estas manchas oscuras coinciden generalmente con la presencia de una piedra a una distancia de menos de 0,5 mm de la superficie. MURPHY (10) ha confirmado esta observación, atribuyendo el moteado al movimiento de la humedad paralelamente a la pared del encofrado. También MURPHY ha constatado, por otra parte, que la transparencia era más nítida en el caso de encofrados muy lisos, que facilitan probablemente los movimientos de la humedad.

**Conclusión:** Cuando la exigencia principal es la ausencia de burbujas, por ejemplo, en un hormigón para ser pintado, conviene utilizar un encofrado absorbente. Se ha comprobado que los tableros de fibras aglomeradas estándar son un revestimiento adecuado para este fin, si bien, en ciertas condiciones, puede ser indicado un revestimiento todavía más absorbente, tal como el papel o el cartón; pero estos revestimientos más absorbentes no son utilizables, en principio, más que una sola vez.

Cuando la uniformidad general del color tiene gran importancia, el material del encofrado debe ser impermeable, pero la superficie no debe ser pulida. Los materiales absorbentes se vuelven menos absorbentes con el uso, y el volumen de agua absorbido por el encofrado varía en función de la presión en el hormigón durante el hormigonado. La madera, el contrachapado y ciertos otros materiales pueden convertirse casi impermeables por un buen mojado, pero el color será generalmente más uniforme si el encofrado es guarnecido de un material impermeable. Otra exigencia es la limpieza de la superficie del encofrado y la ausencia de todo agente —tales como el óxido o la resina— susceptibles de manchar el hormigón o de impedir la hidratación del cemento.

Como consecuencia, las exigencias concernientes a la superficie del encofrado son generalmente contradictorias, dado que la impermeabilidad del encofrado es la condición óptima para la uniformidad de color, mientras que los encofrados absorbentes son recomendados para evitar la formación de burbujas. No obstante, se recomienda utilizar revestimientos impermeables para la mayor parte de las superficies de hormigón que no vayan a ser tratadas, con objeto de obtener un color uniforme, aceptándose, no obstante, un cierto número de burbujas y cuya aparición puede ser por otra parte sensiblemente limitada, vigilándose otros factores, cuestión ésta que se verá más adelante en el presente informe.

### 3. PRODUCTOS DE DESENCOFRADO

KINNEAR (1) ha hecho investigaciones sobre los productos desencofrantes y ha encontrado que pueden ser clasificados en 5 categorías.

1. Aceite de origen animal, mineral o vegetal.
2. Aceite con adición de un emulsionante: aceite de 1.<sup>a</sup> categoría con adición de una cantidad determinada de un agente tenso-activo.
3. Emulsiones de desencofrado: emulsiones de agua en aceite, donde la fase exterior o continua es el aceite.
4. Emulsiones solubles en agua: emulsiones de aceite en agua, donde la fase exterior o continua es agua.
5. Pintura tapón: toda especie de revestimiento aplicado sobre el encofrado a fin de recubrir o impregnar la superficie.

Productos desencofrantes químicos recientemente descubiertos, forman una categoría suplementaria.

6. Productos desencofrantes químicos.

Se admite, por lo general, que los aceites de las categorías 1 a 4 son todos ellos capaces de asegurar un desencofrado satisfactorio y con una película delgada es suficiente; las proporciones de 6,5 a 8,5 m<sup>2</sup>/l (0,12 a 0,15 l/m<sup>2</sup>) han sido estimadas satisfactorias. EYMAR (12) ha hecho resaltar que las manchas de aceite podrían explicarse por acumulaciones del producto desencofrante incrustado en la pared del encofrado durante la aplicación. ADAM (13) confirma que con encofrados que no necesitan de agente desencofrante el color es más uniforme y EYMAR (12) considera que ciertos aceites pueden reforzar el efecto colorante de ciertas sustancias contenidas en la madera. Ha sido generalmente reconocido que las manchas debidas al propio aceite, tienen muy poca importancia si se tienen en cuenta los límites de aplicación recomendados y que sobre las superficies exteriores las manchas de esta naturaleza desaparecen de forma satisfactoria con la exposición atmosférica. Es necesario, no obstante, que este aceite esté exento de pigmento y de impurezas.

Efectos más pronunciados de los productos desencofrantes han sido resaltados por KINNEAR (1), el cual ha encontrado que los aceites y las pinturas-tapón (tapaporos) pueden asegurar un color uniforme, pero que su empleo conlleva en general un número

relativamente alto de burbujas. Es posible conservar un color suficientemente uniforme, incluso disminuir el número de burbujas, añadiendo al aceite una sustancia tenso activa en proporción controlada o empleándose una emulsión (agua en aceite). Las emulsiones solubles en agua (aceite en agua) se han mostrado inadecuadas, pues si bien provocaban pocas burbujas, a su vez penetraban frecuentemente en el hormigón fresco y daban una superficie de color y porosidad variable, teniendo tendencia a formar una película de polvo. Con una pintura-tapón, la aplicación de una emulsión o de un aceite adicionado con un agente tenso-activo hacía disminuir sensiblemente el número de burbujas y no daba más que una ligera variación de color. La influencia del tipo de producto empleado era sensiblemente de la misma naturaleza cualquiera que fuese el tipo de encofrado, pero era tanto aún más marcada, cuando el encofrado era menos absorbente. Esta influencia del tipo de producto de desencofrado empleado, es igualmente confirmado por los trabajos de MURPHY (10).

KINNEAR (1) ha mostrado además, que ciertas emulsiones de agua en aceite impiden las eflorescencias, probablemente porque colmatan la superficie del hormigón, pero las características de la emulsión apropiada no han sido indicadas.

KREIJGER (17) ha confirmado que las emulsiones solubles en agua retardan el fraguado de la superficie del hormigón. También ha hecho resaltar que los revestimientos en materia plástica o en chapa se hacen tan rugosos después de algunos usos que es necesario recurrir a un aceite de desmoldeo. La conclusión que se impone es que se puede prescindir de emplear aceite desencofrante para la primera o segunda utilización de un encofrado en materia plástica o guarnecido de materia plástica, pero si este encofrado está destinado a ser reutilizado varias veces, es necesario emplear aceite desencofrante para todas las operaciones, a fin de que quede un mismo color de una puesta a otra.

RETTIG (18) estima que las burbujas son debidas a las gotas de agua que se acumulan sobre la superficie del encofrado con aceite. Ha encontrado que el empleo de una emulsión jabonosa en lugar de aceite, eliminaba casi en su totalidad las burbujas, pero provocaba óxido cuando el encofrado era de acero. Puede que las burbujas sean, de hecho, debidas a las gotas de agua o a las burbujas de aire, pero la conclusión es que una disminución de la tensión superficial en la superficie de separación impide las burbujas.

ADAM (13) llega a la conclusión de que los agentes de desencofrado deben presentar un pH neutro o ligeramente alcalino y que para obtener un color uniforme es preferible rociar el encofrado en todos los casos, o en los que sea posible, mejor que utilizar aceite.

**Conclusión:** para obtener un color uniforme de la superficie del hormigón, es necesario aplicar productos desencofrantes de forma uniforme y en una película tan delgada como sea posible. Las emulsiones solubles en agua (aceite en agua) no deben ser utilizadas. En la medida de lo posible, es preferible mojar el encofrado de madera mejor que utilizar aceite, pero frecuentemente es difícil hacer que ejecuten convenientemente esta operación en la obra.

**Para reducir las burbujas,** conviene utilizar una emulsión de agua en aceite o un aceite adicionado con un agente tenso-activo en proporción controlada. Emulsiones solubles en agua no son recomendadas, porque tienen tendencia a dar una superficie polvorienta y sucia, de porosidad variable.

**Los aceites deben estar exentos de pigmentos y de impurezas, y las emulsiones suministrarse preparadas y listas para su empleo en obra. Es necesario vigilar para que la película tenga un espesor uniforme y que la superficie del encofrado esté perfectamente limpia antes de su aplicación.**

#### 4. COMPONENTES DEL HORMIGÓN

KREIJGER (19) en su estudio, marca una preferencia por una mezcla conteniendo del 7 al 15 % de árido con dimensión inferior a 0,3 mm y 0,5 %, al menos, de áridos

inferiores a 0,15 mm. TEYCHENNE y HERBERT (8) han demostrado que la arena natural da una mejor superficie que la de machaqueo, si la granulometría es continua; el tipo de árido ejerce poca influencia en el caso de mezclas de granulometría discontinua. Resulta de las investigaciones de MURPHY (5) que, si la influencia del tipo de árido es débil comparada con la influencia ejercida por el encofrado, por el desencofrado y por otros factores, conviene dar preferencia a la arena fina natural y a las gravas de la mayor dimensión posible y con forma redondeada. TEYCHENNE y HERBERT (8) han constatado que es posible disminuir la formación de burbujas utilizándose una mezcla de granulometría discontinua pero, según MURPHY (10), los áridos discontinuos darían lugar al fenómeno de transparencia. D'ELIA (11) ha llegado a la conclusión de que la máxima dimensión de los áridos utilizados tiene poco efecto sobre el aspecto, pero que las características del vibrador deben de ser adaptadas a la dimensión del árido.

El color del hormigón depende, en gran medida, de la mezcla de dos colores —el del cemento y el de la arena— que son frecuentemente muy diferentes. Es importante, evidentemente, vigilar que el cemento y la arena provengan de fuentes que no den lugar a variaciones de color durante la ejecución de una misma obra. Es útil igualmente combinar, lo más posible, el color de la arena y del cemento. Los áridos deben de estar limpios, exentos de toda impureza susceptible de producir manchas; se llama la atención sobre el hecho de que las partículas de limo en la arena tienen toda probabilidad de afectar a la uniformidad del color.

Los diferentes estudios no permiten poner en evidencia influencia alguna del tipo de cemento sobre el aspecto del hormigón, aparte del color en general. Hay cierta ventaja al utilizar aditivos tales como plastificantes o aireantes para reducir las burbujas.

**Se recomienda por tanto utilizar, para una misma obra, cemento que provenga de una misma fábrica e incluso de un mismo lote en el caso de cementos que contengan cenizas volantes, así como esforzarse en elegir una fuente de arena de granulometría y color invariable. Es necesario dar preferencia a las arenas naturales con el 60 % en peso que pasen por el tamiz de 0,6 mm. El árido grueso debe tener la mayor dimensión posible y preferentemente una forma redondeada.**

## 5. DOSIFICACION DE LOS COMPONENTES DEL HORMIGON

MURPHY (10) ha encontrado que, para disminuir la formación de burbujas, el contenido de arena no debe sobrepasar la cantidad necesaria para prevenir la segregación y asegurar la manejabilidad requerida. Un contenido de arena más elevado es favorable desde el punto de vista de la uniformidad de color.

ADAM (13) ha hecho resaltar que la mezcla debe presentar cierta cohesión para evitar la segregación. TEYCHENNE y HERBERT (8) así como MURPHY (10), están de acuerdo para decir que el empleo de mezclas ricas hace disminuir las burbujas, y MURPHY (10) tiene también demostrado que el color es más uniforme en el caso de mezclas ricas. TEYCHENNE y HERBERT (8) indican que, para obtener resultados equivalentes en lo que concierne a las burbujas, las mezclas con granulometría discontinua pueden resultar más magras que las mezclas con granulometría continua. ADAM (13) ha comprobado que había menos burbujas cuando el árido utilizado era más fácil de mojar.

TEYCHENNE y HERBERT (8) no han observado influencia importante de manejabilidad, pero una manejabilidad elevada sería preferible en el caso de un hormigón con granulometría continua. KREIJGER (9), (15), (17), no ha observado prácticamente burbujas con una mezcla de 20 cm de asentamiento vertida contra un contrachapado; además, en un encofrado impermeable al agua, el color se hace más uniforme en la medida en que aumenta el contenido de agua de la mezcla.

MURPHY (10) hace resaltar que las mezclas ricas con manejabilidad elevada, siendo útil para eliminar las burbujas y las variaciones de color, son más propensas a dar eflorescencias y agrietamiento superficial. Por esta razón, alguna vez es necesario aceptar uno de estos riesgos. La tabla, a continuación, da las indicaciones para obtener las características de la mezcla recomendada:

TABLA I		
Recomendaciones relativas al contenido en cemento y al asentamiento		
Dimensión nominal máxima del árido (mm)	Contenido recomendado en cemento y en materiales más finos de 0,15 mm (kg/m <sup>3</sup> )	Valores de asentamiento recomendados (mm)
35	450-350	75 + 20
20	500-400	50 + 15
10	550-450	25 + 10

Se recomienda, por tanto, prever mezclas en los límites de los valores contenidos en la tabla I. Para disminuir el número de burbujas, no es necesario que el contenido en arena sea superior al que es necesario para evitar la segregación; pero si la uniformidad del color es la condición esencial, sería útil utilizar un contenido en arena relativamente elevado.

## 6. AMASADO Y TRANSPORTE

ADAM (13) ha comprobado que el empleo de una hormigonera de eje vertical da un hormigón menos propenso a las burbujas. Ha constatado, por otra parte, que contrariamente a la práctica habitual, es conveniente colocar en la hormigonera el árido grueso y una parte de la arena y del agua antes de añadir el resto de los materiales. MURPHY (10) ha observado que las variaciones del color del hormigón eran frecuentemente debidas a un amasado insuficiente y ha recomendado, por tanto, el empleo de hormigoneras enérgicas y, eventualmente, la prolongación de la duración del amasado más de lo que normalmente es necesario para asegurar una resistencia mecánica uniforme. A pesar de la ausencia de estudios experimentales sobre este tema, todo el mundo está de acuerdo en considerar que una dosificación precisa es la condición esencial en el caso de un hormigón destinado a los paramentos de alta calidad y que tal dosificación no es realizable más que con la ayuda de un equipo de dosificación ponderal preciso y bien conservado.

Las variaciones en el contenido de agua del hormigón conllevan inevitablemente a variaciones en el color de éste, y se ha reconocido que la hormigonera debe estar equipada de un dispositivo exacto de regulación para la admisión de agua. Los depósitos verticales aseguran una mayor precisión que los depósitos horizontales.

La mejor forma de controlar el contenido en agua, es controlar la docilidad: suponiéndose una dosificación correcta de áridos y de cemento, el control principal a efectuar en la obra es éste de la docilidad. Es importante, evidentemente, que las diferencias de docilidad entre las amasadas de hormigón sean lo menor posible, tanto en el momento del compactado, como inmediatamente después del amasado. El tiempo que transcurre entre el amasado y el compactado deberá mantenerse constante, pero será necesario alguna vez hacer una corrección para tener en cuenta las condiciones atmosféricas. También para el tiempo caluroso y seco, la duración podrá ser acortada. La utilización de lonas es recomendada para impedir a la mezcla desecarse o que sea mojada por la lluvia en el curso del transporte.

Las vagonetas, dúmpers y otros recipientes destinados al transporte del hormigón, deben mantenerse limpios y exentos de óxido, de aceite, de hormigón endurecido, de polvo y de cualquier otra sustancia susceptible de manchar el hormigón.

**Conclusión:** una dosificación ponderal precisa debe ser asegurada para preparar el hormigón destinado a los paramentos de alta calidad. Un buen amasado es esencial y alguna vez puede ser necesario prolongar la duración del amasado más allá del

tiempo normalmente requerido. El control de la docilidad es importante, y los métodos de transporte deben ser elegidos de forma que eviten las variaciones de manejabilidad en el curso del transporte. Es necesario, igualmente, evitar la segregación. Los recipientes deben estar limpios de toda sustancia susceptible de manchar el hormigón.

## 7. PUESTA EN OBRA Y COMPACTADO

Varios miembros han subrayado la necesidad de evitar la segregación que puede producirse cuando el hormigón es vertido sobre una superficie inclinada o, en el caso de mezclas que presentan una débil cohesión, cuando se deja al hormigón caer desde una gran altura o chocar contra los hierros de las armaduras. ADAM (13) recomienda hacer la colocación del hormigón en un solo punto, situado lo más bajo posible, y asegurarse de que el hormigón moje totalmente el encofrado sin aprisionar aire. MURPHY (10) ha constatado, por su parte, que había menos burbujas cuando el hormigón no era vertido contra el encofrado y se desplazaba bajo el efecto de la vibración. Según KINNEAR (1), sería posible eliminar las burbujas por la presión de 2.000 kg/m<sup>2</sup> como mínimo, y recomienda, por tanto, hormigonar a una velocidad superior a 2 m de altura por hora. No obstante, dado que la absorción de la humedad por los revestimientos del encofrado depende de la presión del hormigón durante la colocación, KINNEAR (1) recomienda igualmente mantener la velocidad de hormigonado lo más uniforme posible. Muestra que la superficie del hormigón en contacto con las paredes absorbentes se hacen cada vez más oscuras de arriba a abajo, en razón directa a la presión.

En lo relativo a la elección del equipo de vibración, hay pocos datos experimentados, pero TEYCHENNE y HERBERT (8) piensan que una vibración de frecuencia elevada es preferible y las experiencias de otros investigadores parecen confirmar este parecer. No obstante, se subraya que otros factores, tal como la amplitud y la aceleración, ejercen una influencia notable.

MURPHY (10) hace resaltar que las burbujas de aire y las finas partículas sólidas contenidas en la mezcla, tienen tendencia a desplazarse hacia la zona de vibración intensa. Estima, por esta razón, que los vibradores de aguja son preferibles a los vibradores de encofrado. D'ELIA (11) ha constatado que los resultados obtenidos con los áridos de 15 mm, como máximo, eran mejores bajo una vibración de muy alta frecuencia (20.000 r.p.m.), mientras que con áridos de 30 mm como máximo eran mejores con una frecuencia menor (8.000 r.p.m.). MURPHY (18) recomienda igualmente hacer vibrar el hormigón de forma continua durante la colocación, para que las burbujas de aire tengan menos camino a recorrer para alcanzar la superficie. El hormigón debe ser vertido lejos de la pared del encofrado y poder desplazarse libremente hacia la pared, bajo los efectos de la vibración. Si la colocación se hace por tongadas y si cada tongada es compactada introduciéndose una aguja por lo alto, las burbujas de aire no pueden abrirse fácilmente un camino desde el fondo de la tongada hacia lo alto a través del hormigón compactado que se encuentra encima. Pero TEYCHENNE y HERBERT (8) han comprobado, para las mezclas de granulometría discontinua, que era posible introducir el vibrador en lo alto sin que esto tenga un efecto perjudicial. Puede ser que, para estas mezclas, el compactado se desarrolle de forma diferente, pero, en todo caso, las burbujas de aire pueden escaparse más fácilmente a través de la capa de mortero que envuelve los áridos de granulometría discontinua.

KINNEAR (1) propone diferentes formas de reducir las burbujas que se producen en lo alto de un elemento final de hormigonado. Estas burbujas son debidas, en principio, a la presión insuficiente que reina en la parte superior; sugiere, por tanto, aplicar una sobrecarga en la cima del elemento. La vibración por el encofrado no hace más que expulsar las burbujas hacia la pared, pero es útil y recomendable golpear cuidadosamente sobre ésta, o revestirla interiormente con ayuda de placas amóviles.

**Conclusión:** Es por tanto recomendable adoptar un modo de colocación que impida la segregación y colocar el hormigón por tongadas de espesor uniforme,

hormigonándose sin interrupción del nivel inferior al nivel superior de cada tongada. La velocidad de hormigonado debe ser constante y superior a 2 m de altura por hora. La vibración debe ser practicada de forma continua durante la colocación y no aplicada solamente en lo alto de cada tongada.

La vibración interna por medio de agujas es preferible a la vibración externa en el encofrado, pero la frecuencia óptima de la vibración depende de varios factores y es preferible hacer ensayos en las condiciones reales de la obra para determinar la frecuencia más apropiada al conjunto de las condiciones dadas.

## 8. CURADO Y PROTECCION

Se reconoce generalmente que el curado, es decir, la prevención de una desecación muy rápida del hormigón, tiene un efecto muy importante sobre el aspecto, la resistencia y la durabilidad de éste. EYMAR (12) y TRÜB (14) y otros autores, han observado que una evaporización irregular de la humedad de la superficie del hormigón provoca manchas. Si el curado es negligente, el hormigón tendrá tendencia a presentar una superficie porosa, donde el color cambia notablemente en el estado húmedo y que ella favorecerá las eflorescencias. Es por tanto importante prever un curado con una duración apropiada y asegurarse que cada elemento o parte de edificio se encuentre en las mismas condiciones en lo concerniente al curado.

Aunque frecuentemente sea posible levantar el encofrado algunas horas después del hormigonado, sin dificultad, y sin que el hormigón sea dañado, se recomienda dejar el encofrado puesto durante 4 días como mínimo. Además, para impedir el secado rápido en los ángulos y en lo alto del elemento colado, conviene recubrir el encofrado con una lámina plástica. La omisión de esta precaución tiene por efecto, frecuentemente, la aparición de una tonalidad más clara en lo alto y en los ángulos, ahí donde el encofrado se ha despegado del hormigón por causa del alabeo. Después del desencofrado, es preciso recubrir el hormigón con una lona plástica, sólidamente fijada sobre el hormigón por cintas adhesivas o por otro medio. Esto facilita el curado, y presenta, entre otras, la ventaja importante de proteger el hormigón de las manchas que en la obra causan el polvo, el mortero u otras suciedades. La utilización para el curado de películas líquidas, no puede ser recomendada sin reserva, pues todavía éstas no son fáciles de aplicar de forma satisfactoria y pueden provocar manchas permanentes. Las partes salientes deben ser protegidas por tablas de madera y los hierros en espera, deben ser recubiertos de vendas de plástico o de otra materia impermeable al agua, para impedir que las manchas de óxido no sean transferidas por el agua sobre el hormigón que se encuentra más bajo. Otra precaución útil es envolver los hierros mediante cemento o lechada de cemento, antes de colocar las vendas.

**Conclusión:** se recomienda mantener las condiciones de curado lo más constantes posibles. Es necesario prever lonas para proteger el hormigón contra las manchas que pueden ser causadas por suciedades detritus de una obra en construcción. Los hierros en espera deben ser envueltos para impedir los arrastres de óxido. Las partes de obra salientes se deben proteger con tablas de madera.

## 9. VIGILANCIA

Habida cuenta que, para obtener un acabado de alta calidad, es necesario controlar el encofrado, así como el tratamiento de la pared de dicho encofrado, el amasado y el curado, es evidente que la vigilancia debe ser de primer orden. El vigilante no solamente debe saber lo que hay que hacer para obtener un buen acabado, sino que además debe estar bien familiarizado con las causas de los defectos que se producen, de forma que pueda modificar los procedimientos en caso necesario para responder a las condiciones variables de la obra. El vigilante debe ser responsable de la verificación del encofrado antes y después del hormigonado, de la aplicación del desencofrante, del control del árido desde el punto de vista de su uniformidad y de su calidad y del control de todas las operaciones que impliquen la preparación y la colocación del hormigón. También debe

vigilar las operaciones de desencofrado y vigilar que el hormigón expuesto sea convenientemente protegido contra las degradaciones de origen mecánico y contra las suciedades.

**Conclusión:** para obtener un acabado de calidad, conviene designar y formar un vigilante competente que deberá seguir todas las operaciones de la ejecución de obras en hormigón y controlar todos los materiales y encofrados para asegurarse que estén conformes con las exigencias prescritas en el presente informe.

## INVESTIGACIONES A REALIZAR

Todavía son necesarias investigaciones suplementarias, sea para mejor comprender las causas de ciertos defectos de superficie, sea para poner a punto, materiales y técnicas destinadas a mejorar todavía más el aspecto del hormigón. La lista que sigue contiene las cuestiones que, en opinión de la Comisión, deben tratar nuevas investigaciones:

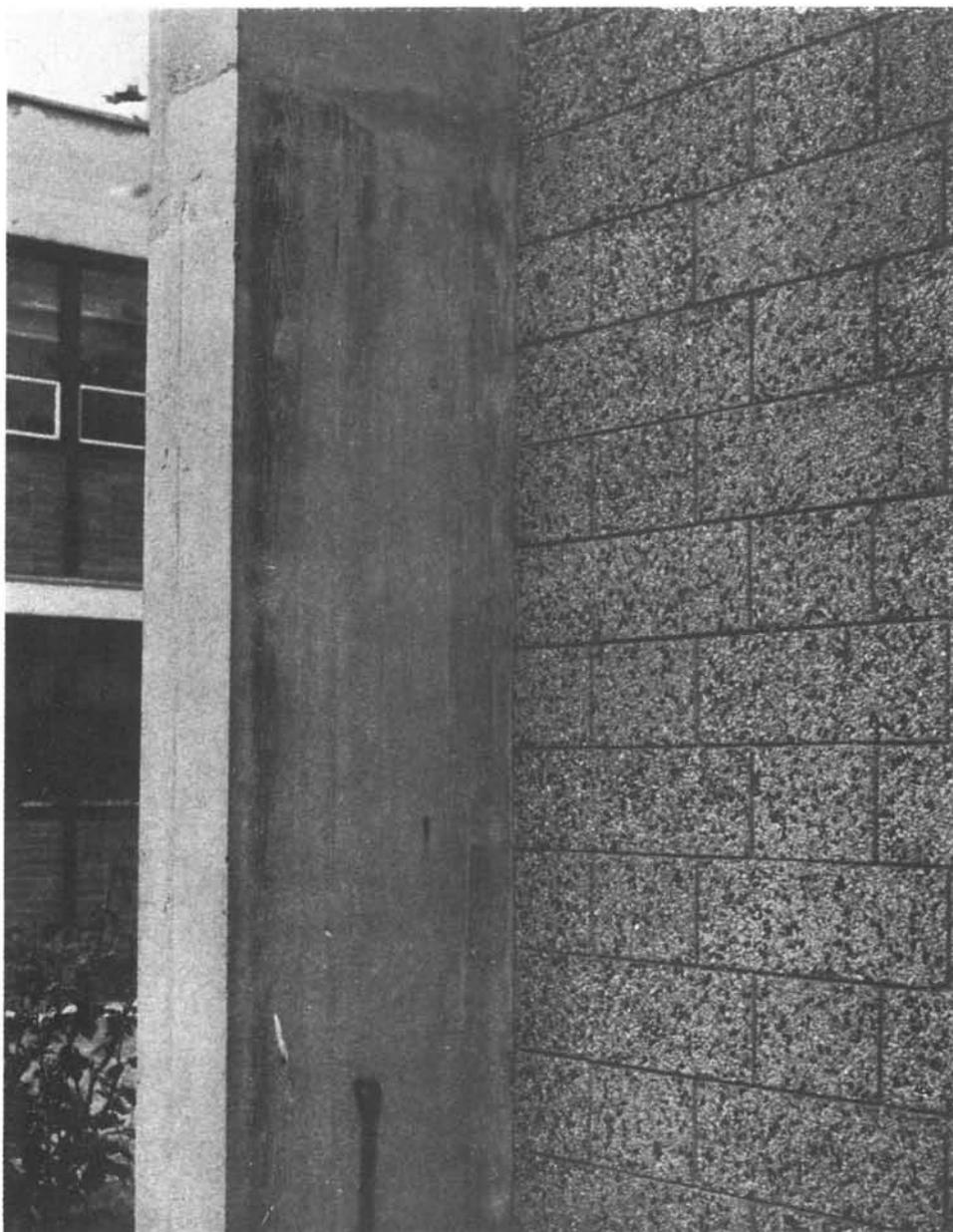
- a) Aparición y eliminación del agrietamiento.
- b) Estudio de la reología del hormigón fresco, prestándose una atención particular a los movimientos de la humedad y de las burbujas de aire durante la vibración y las migraciones de la humedad después del compactado.
- c) Prevención de las eflorescencias.
- d) Influencia del modo de vibración sobre el movimiento de las partículas, de la humedad y de las burbujas de aire durante el compactado.
- e) Desarrollo de técnicas destinadas a eliminar las burbujas en la proximidad de una interrupción de hormigonado.
- f) Influencia de las condiciones de curado y de la edad del hormigón, en el momento de desencofrar, sobre el aspecto del hormigón.
- g) Efecto de la adición de elementos finos inertes y de aditivos en la masa del hormigón.

## ANEXO (\*)

**CLASIFICACION DE LOS DEFECTOS  
DE SUPERFICIE****1. VARIACIONES DE COLOR****1.1. Variaciones a causa de contaminaciones:**

- 1.1.1. Por impurezas presentes en la masa del hormigón (por ejemplo: pirita e impurezas de color que no pertenecen a los materiales que constituyen el hormigón).

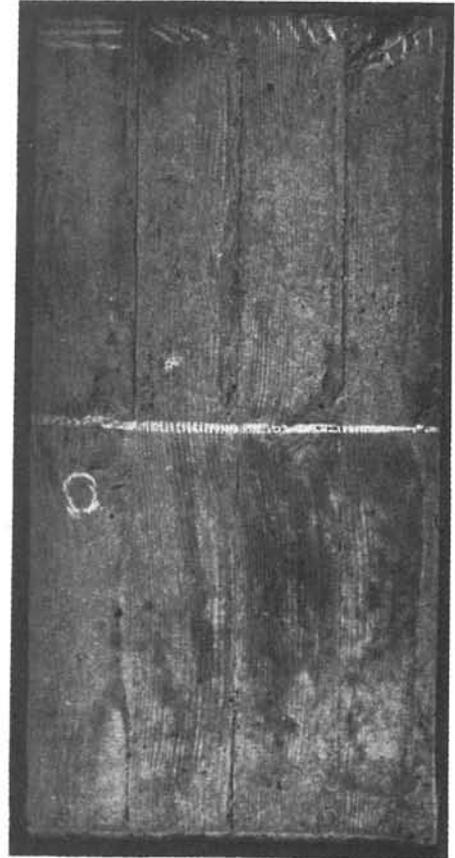
Las dos manchas oscuras en la parte inferior, son debidas a las impurezas en el hormigón (defecto 1.11) - ocurriendo por la presencia de piritas en el árido. Debajo del nivel del empalme, la superficie del hormigón ha sido manchada por el óxido (defecto 1.5), proveniente de las armaduras que quedan en espera durante varias semanas antes del hormigonado de la parte superior de la obra.



(\*) N. de R. — Ver textos originales en página 101.

- 1.12. Por la superficie del molde, comprendiendo el agente desencofrante (por ejemplo: contaminaciones debidas a un exceso de aceite o de suciedad de óxido o de otras manchas sobre la superficie del molde).
- 1.13. Por causas externas después del desencofrado (por ejemplo: por suciedad, por proyecciones de mortero, de pintura, etc.).

Variación de color, debido a la contaminación que proviene de la superficie del encofrado (defecto 1.12). Las manchas de este género pueden ser debidas a una aplicación sobreabundante de aceite o a la utilización de un aceite impuro. ▶



Cliché Trüb



◀ La traza de la trama de armaduras es reproducida sobre la cara inferior de este techo en hormigón, por el óxido depositado por el agua en el fondo del encofrado antes del vertido del hormigón (defecto 1.12).

1.2. Variaciones debidas a la separación del agua y de los elementos finos.

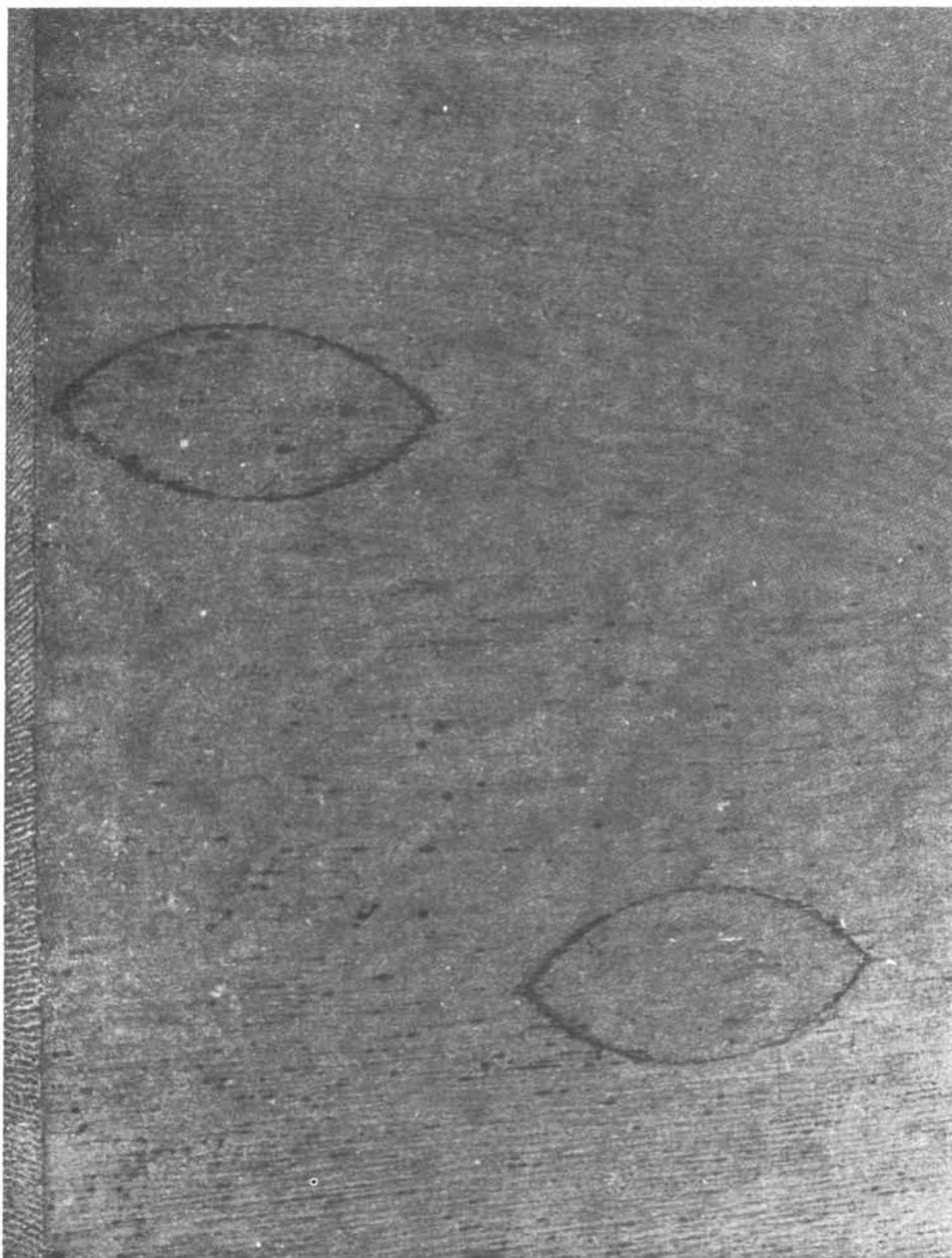
1.2.1. Por absorción en los encofrados (comprendida la absorción bajo la presión en el curso del hormigonado).

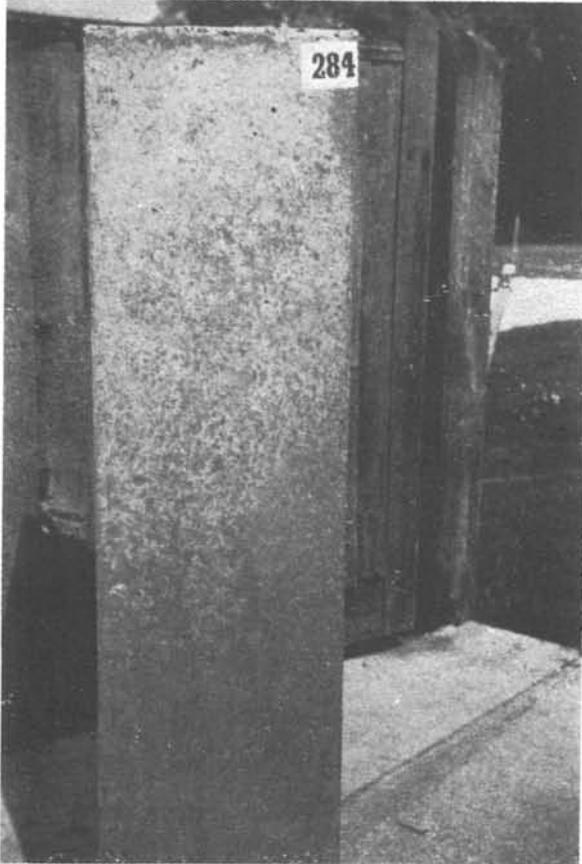
1.2.2. Por exudación paralela al plano del encofrado.

1.2.3. Por exudación normal al plano del encofrado.

1.2.4. Por fugas de la lechada a lo largo de las juntas del encofrado.

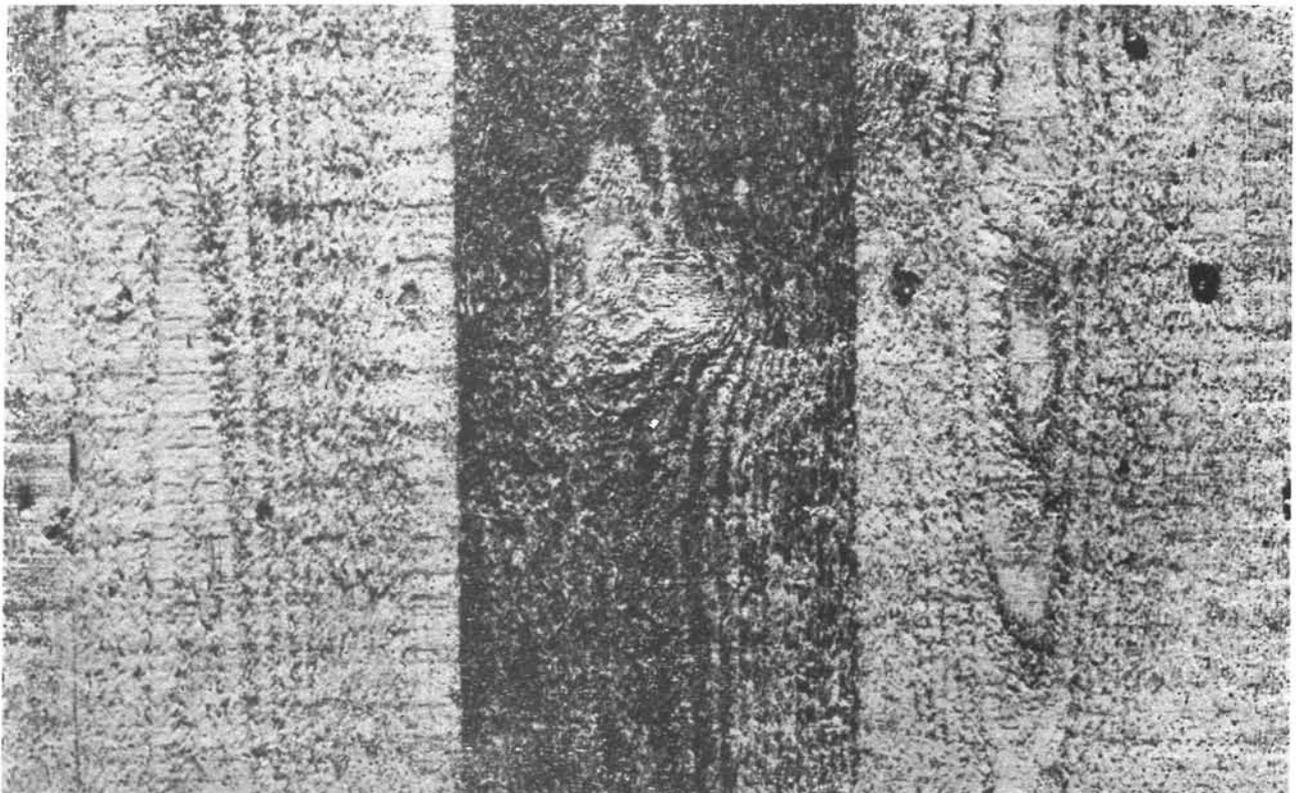
Diferencias de color, debidas a variaciones locales de absorción de agua por un tablero de contrachapado (defecto 1.21). Las partes más oscuras corresponden a una zona donde la capa exterior está constituida por albura. Notar también las líneas oscuras debidas a la absorción de agua a lo largo de los bordes de un parche.





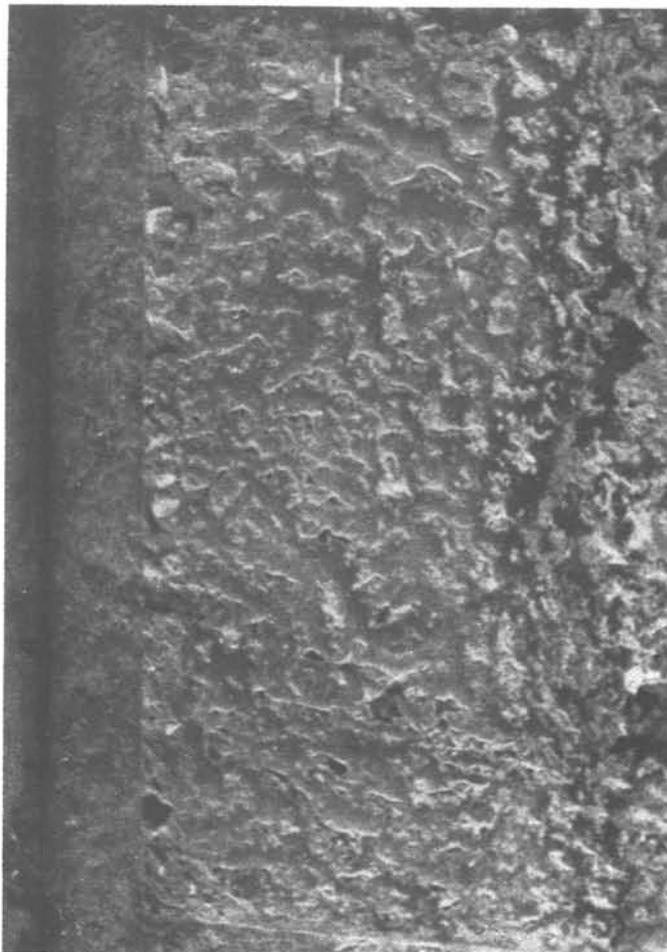
◀ Variación de color, debida a las diferencias de absorción bajo el efecto de la presión durante el hormigonado (defecto 1.21). La presión más fuerte en la parte inferior de la columna ha expulsado el agua del hormigón a la pared semi-absorbente del encofrado.

▼ Variación de color, debida a la absorción por el encofrado del agua contenida en el hormigón (defecto 1.21). El color más oscuro es debido al mayor poder absorbente de una tabla nueva introducida en el encofrado, donde las otras tablas habían sido colmatadas en los empleos anteriores.

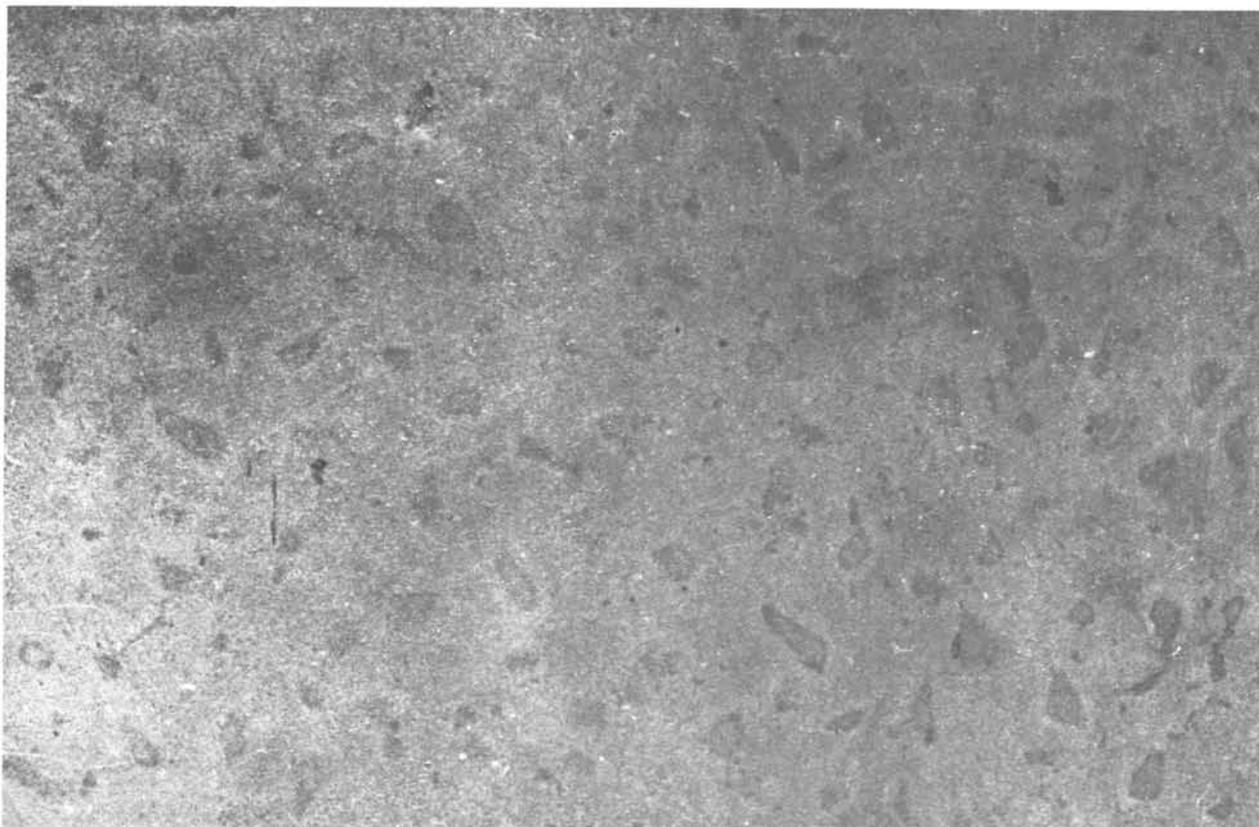


**Exudación paralela al encofrado (defecto 1.22).** En este caso, el desplazamiento del agua y de las partículas finas de la mezcla está dirigida hacia la base, y se produce a lo largo de la pared del encofrado, que es una superficie de cristal (ventanilla). Las partículas de cemento se han decantado de esta forma después de la terminación de la vibración (en claro los elementos más finos, en oscuro los más gruesos).

Cliché Adam



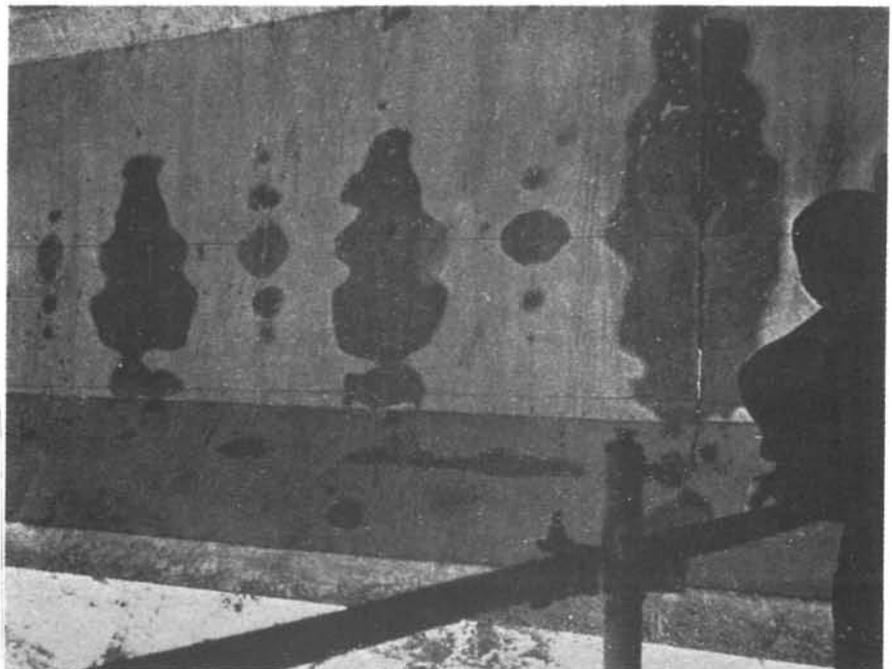
**Exudación paralela al encofrado, parecido al de la figura 5 (defecto 1.22).** Aquí, el agua se ha quitado de los lugares donde las gruesas partículas estaban muy cerca de la pared impermeable del encofrado, dejando zonas con una débil relación agua/cemento y que son por tanto más oscuras. Este efecto es conocido bajo el nombre de "transparencia de los áridos", pues las motas oscuras corresponden a la presencia de un árido grueso cerca de la superficie.





Exudación paralela a la pared del encofrado: Una importante cantidad de agua ha decantado y caminado, por sedimentación, hacia lo alto de la tongada de hormigón. Esto ha provocado, por una parte, variaciones de color (defecto 1.22) y por otra parte, la puesta en desnudo de los áridos, por erosión (defecto 2.3).

Cliché Adam



Exudación paralela a la pared del encofrado, habiendo provocado zonas de coloración oscura (defecto 1.23) correspondiente al emplazamiento de los vibradores fijos al encofrado. El porqué de este efecto no está del todo claro pero se asocia a una emigración del agua y de las partículas finas bajo el efecto de la vibración.

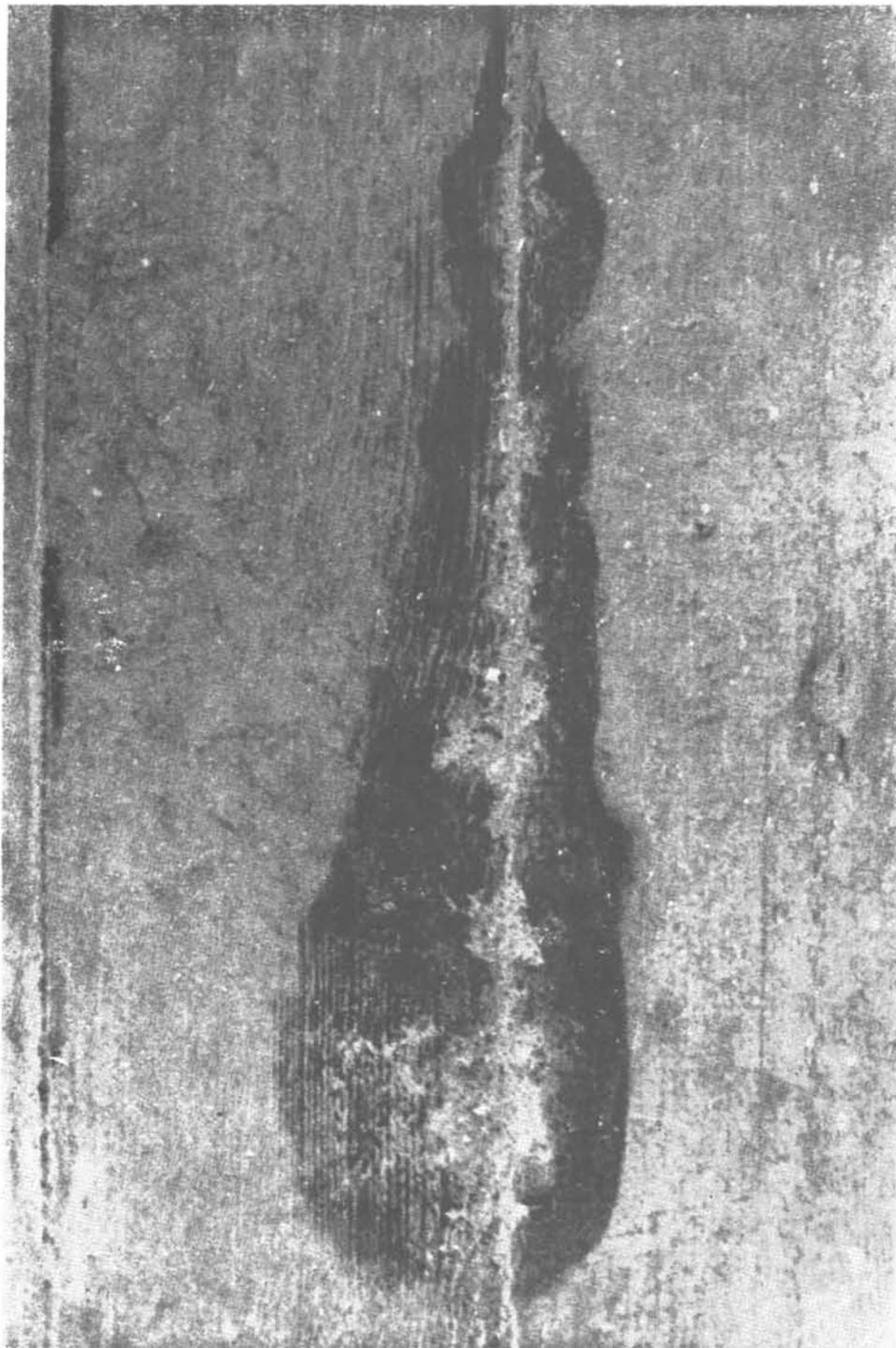
**1.3. Variaciones debidas a cambios en las materias primas o en sus proporciones en la composición del hormigón.**

- 1.31. Variación en el color del cemento o cambios de origen (por ejemplo: cementos que provienen de fábricas diferentes).
- 1.32. Aridos – variación en el contenido de arena y en la granulometría (y más particularmente las partes finas) o cambios de origen.

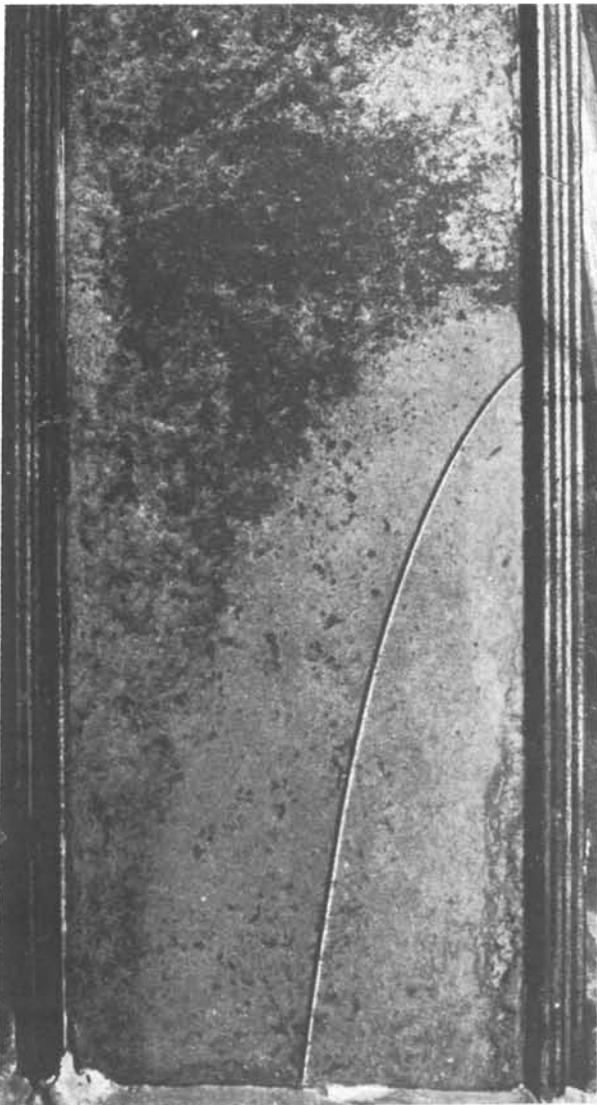
1.33. Variación en la dosificación del cemento y de la relación agua-cemento.

**1.4. Variaciones provocadas por el curado del hormigón.**

**1.5. Variaciones que se producen con el curso del tiempo.** (Suciedades, manchas de óxido, eflorescencias, etc.).



La pérdida de agua a lo largo de la unión de las tablas del encofrado, ha dado la coloración oscura característica sobre las superficies del hormigón adyacente.



La pérdida de agua y de un poco de mortero a lo largo de las juntas del encofrado, ha producido una línea oscura sobre el hormigón y ha dejado a la vista los granos de arena (defecto 1.24).

Cliché Kreijger

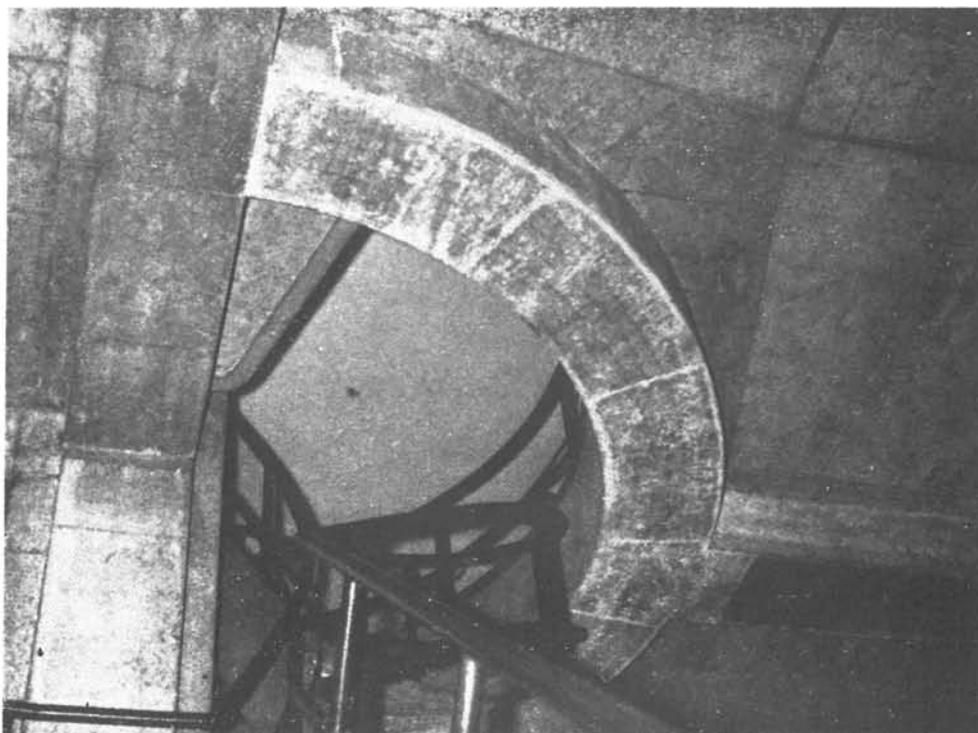


El efecto de condiciones de curado diferentes (defecto 1.4) es ilustrado por este ejemplo de hormigón colado en un encofrado de vidrio. El aire —pasando a través de la raja en la placa de vidrio (abajo y a la derecha)— ha permitido en una parte del hormigón secar más rápidamente, siendo el resultado un color más claro.

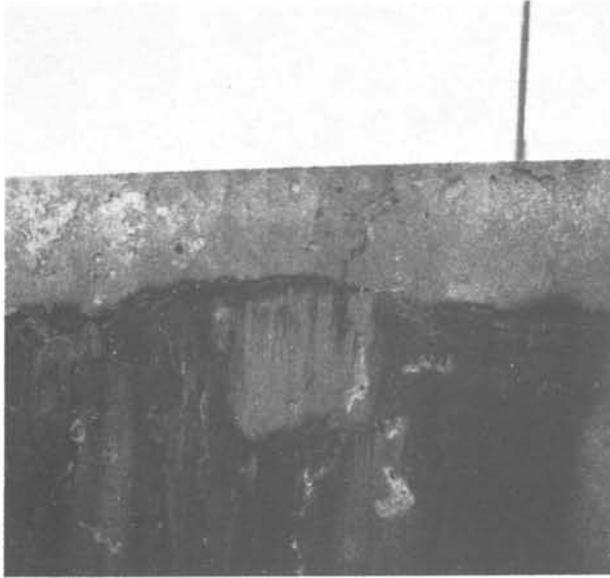
## 2. IRREGULARIDADES DE SUPERFICIE

### 2.1. Cavidades.

- 2.11. Debidas a las protuberancias locales en los encofrados.
- 2.12. Sopladuras o burbujas debidas a la presencia de burbujas de aire en el hormigón fresco.
- 2.13. Coqueras.
- 2.131. Nidos de grava debidos a la segregación.
- 2.132. Compactado insuficiente.
- 2.133. Coqueras debidas a la fuga de elementos finos a través de los encofrados.



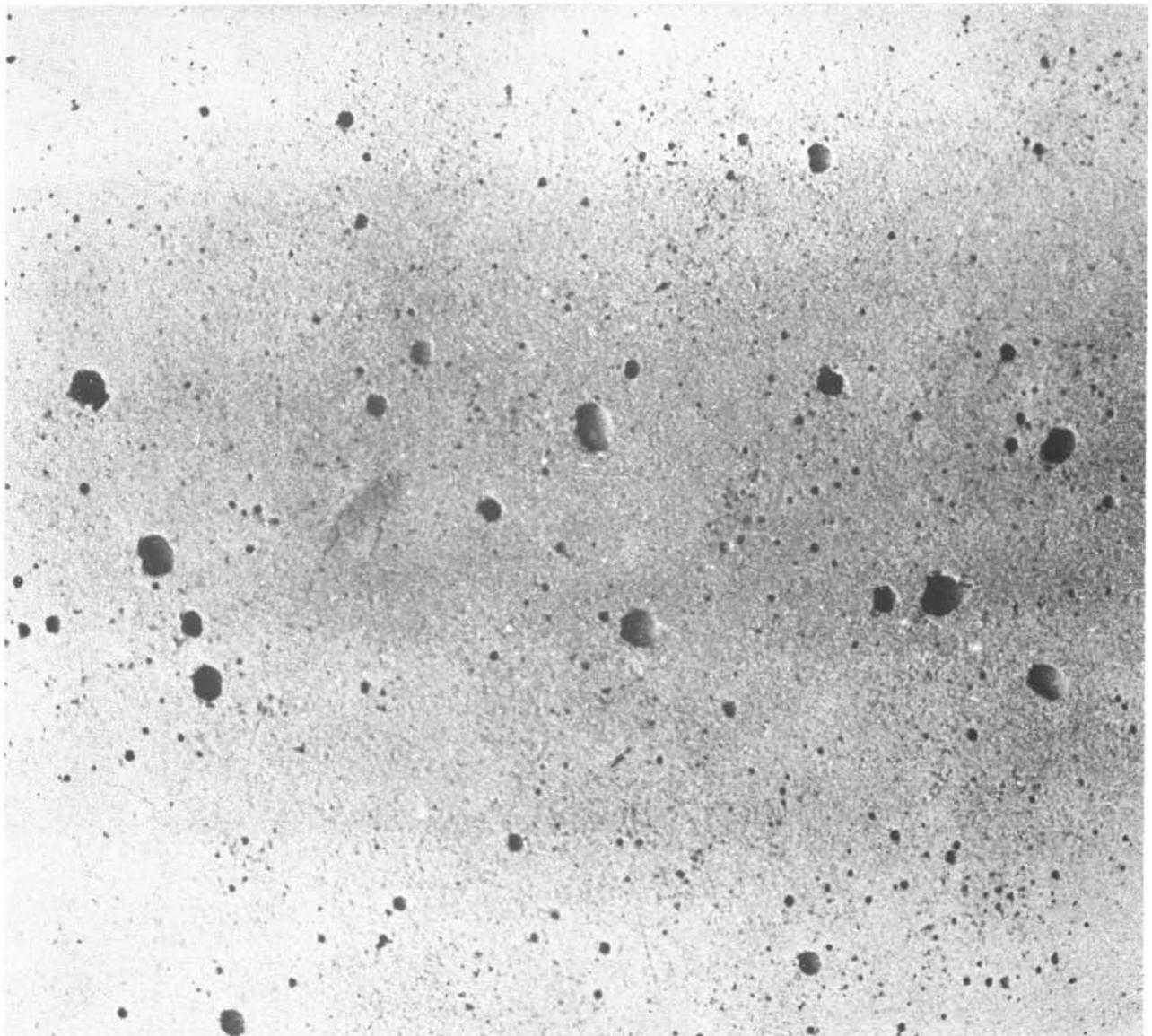
▲  
Eflorescencias sobre la cara inferior de una viga circular (defecto 1.5), pero no apareciendo bajo la cara inferior de las losas contiguas, sin duda a causa de condiciones de curado diferentes. Notar también las trazas de óxido dejadas por las armaduras sobre el encofrado antes del vertido del hormigón (defecto 1.12).



◀ Ejemplo de una corrosión severa de los hierros, habiendo provocado manchas de óxido sobre el hormigón (defecto 1.5).

Cliché Kreijger

▶ Sopladuras debidas a burbujas de aire en el hormigón fresco (defecto 2.12).



## 2.2. Protuberancias.

2.21. Debidas a la presencia de cavidades en los encofrados.

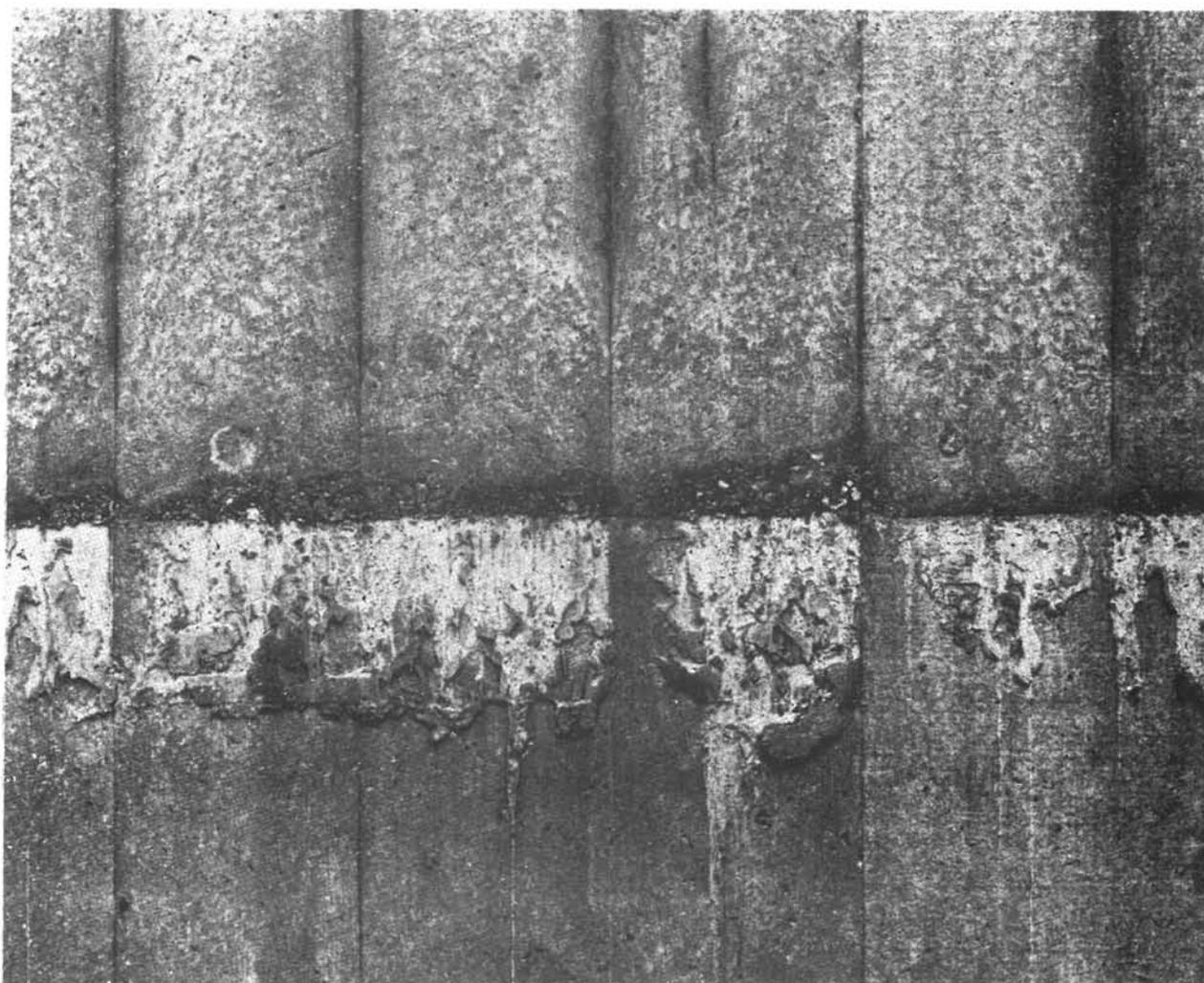
2.22. Debidas a fugas de mortero y a churreteos.

2.23. Debidas a la formación de sales por lavado.

## 2.3. Erosión del hormigón fresco.

Provocadas por ascensión del agua, de las burbujas de aire o por una segregación local.

Coqueras debidas a pérdidas de mortero al comienzo de una reanudación de hormigonado (defecto 2.133). La lechada ha quedado unida al hormigón de la tongada inferior, provocando protuberancias (defecto 2.22) y variaciones de color (defecto 1.13). El defecto 1.24 está igualmente representado.





Importante formación de nidos de grava, debidos a la segregación (defecto 2.131). Aquí, la segregación era sobre todo debida a los métodos de vertido incorrectos.

Protuberancias en el hormigón correspondiendo con las rendijas situadas entre las tablas del encofrado.

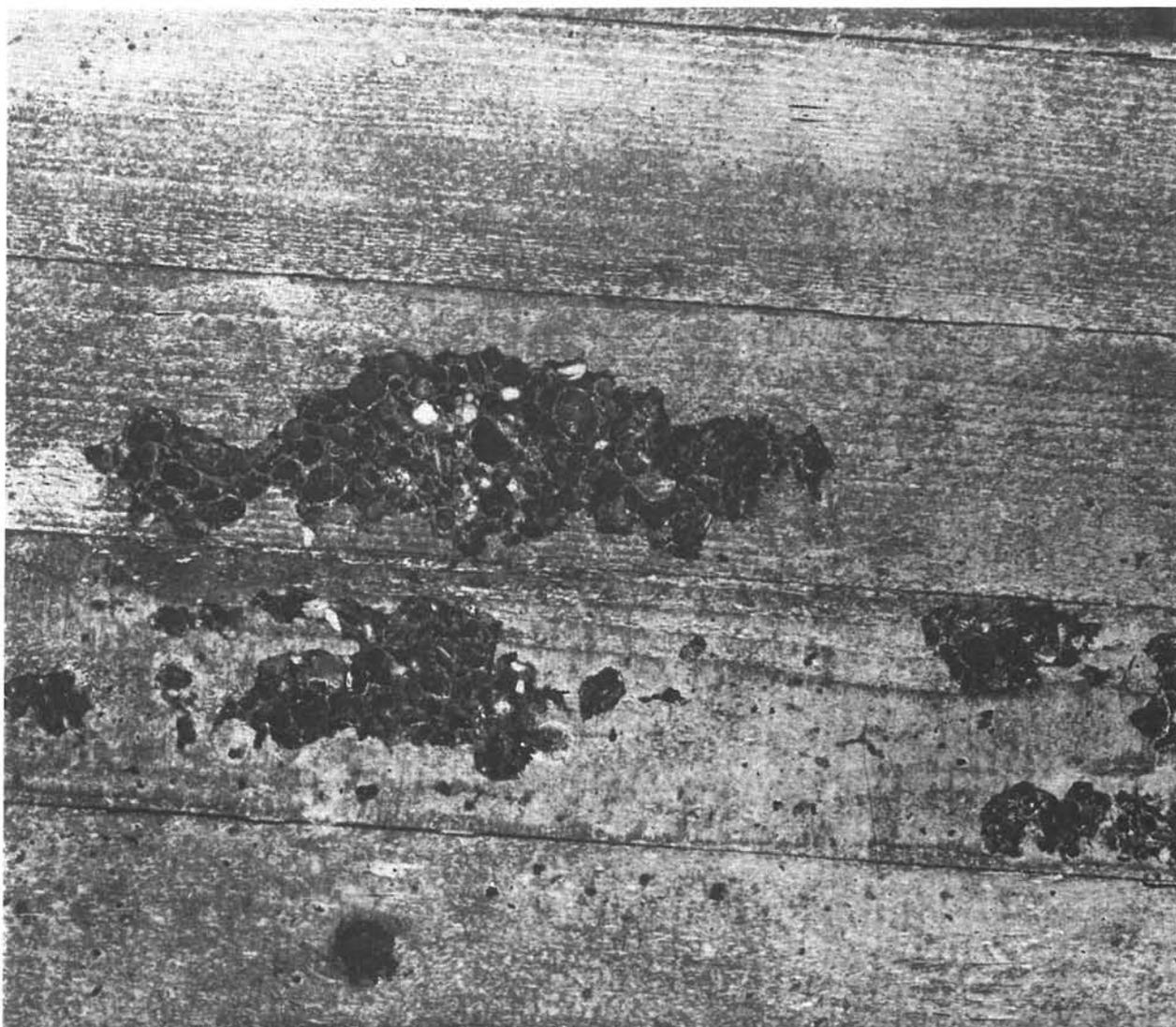


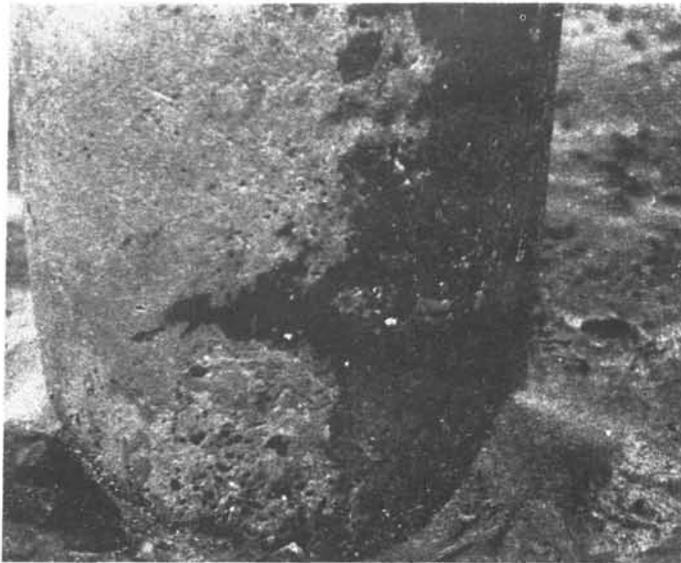
#### 2.4. Pérdida de materia en la superficie del hormigón endurecido.

- 2.41. Arranques parciales al desencofrar.
- 2.42. Formación de una película de polvo (provocada por un agente de desencofrado no apropiado, por ejemplo).
- 2.43. Desconchado superficial u otras pérdidas debidas al efecto del tiempo.

Arranque superficial de hormigón, a causa de una adherencia al encofrado de una capa superficial de la losa (defecto 2.41).

Cliché Trüb

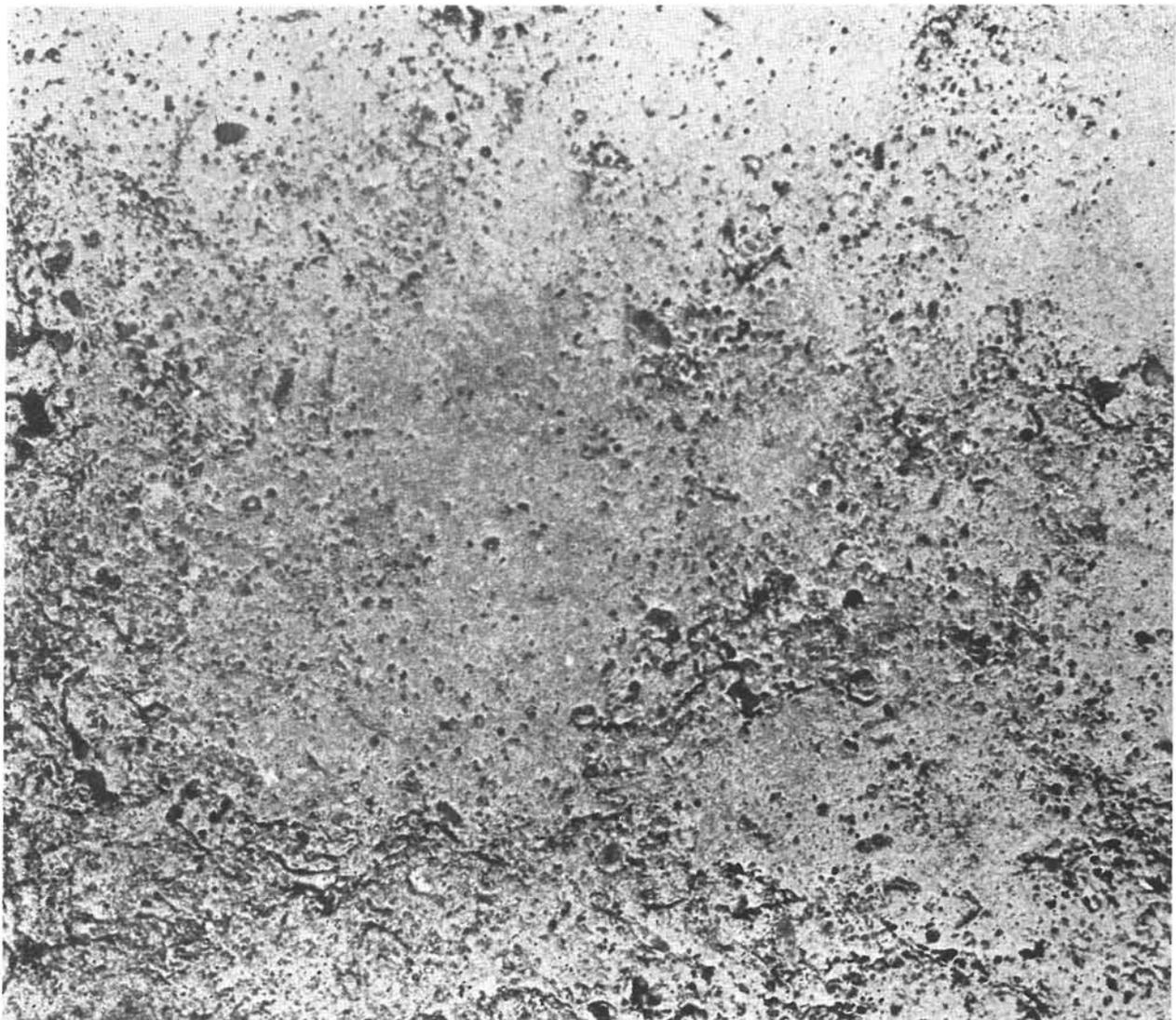




Cliché Kreijger

◀ Erosión de la superficie bajo el efecto de la acción combinada de la arena y del viento (defecto 2.43).

Ejemplo de pérdida de materia en la superficie por formación de polvo, debido al empleo de un producto de desencofrado inapropiado (defecto 2.42). El empleo de cantidades excesivas de una emulsión de aceite en agua o de un agente químico de desencofrado, retrasa el fraguado y conlleva a la formación de una película de polvo o a una pérdida de materia, todavía más importante.



## 2.5. Fisuración.

2.51. Fisura del hormigón fresco (asentamiento, primera retracción, deformación del encofrado).

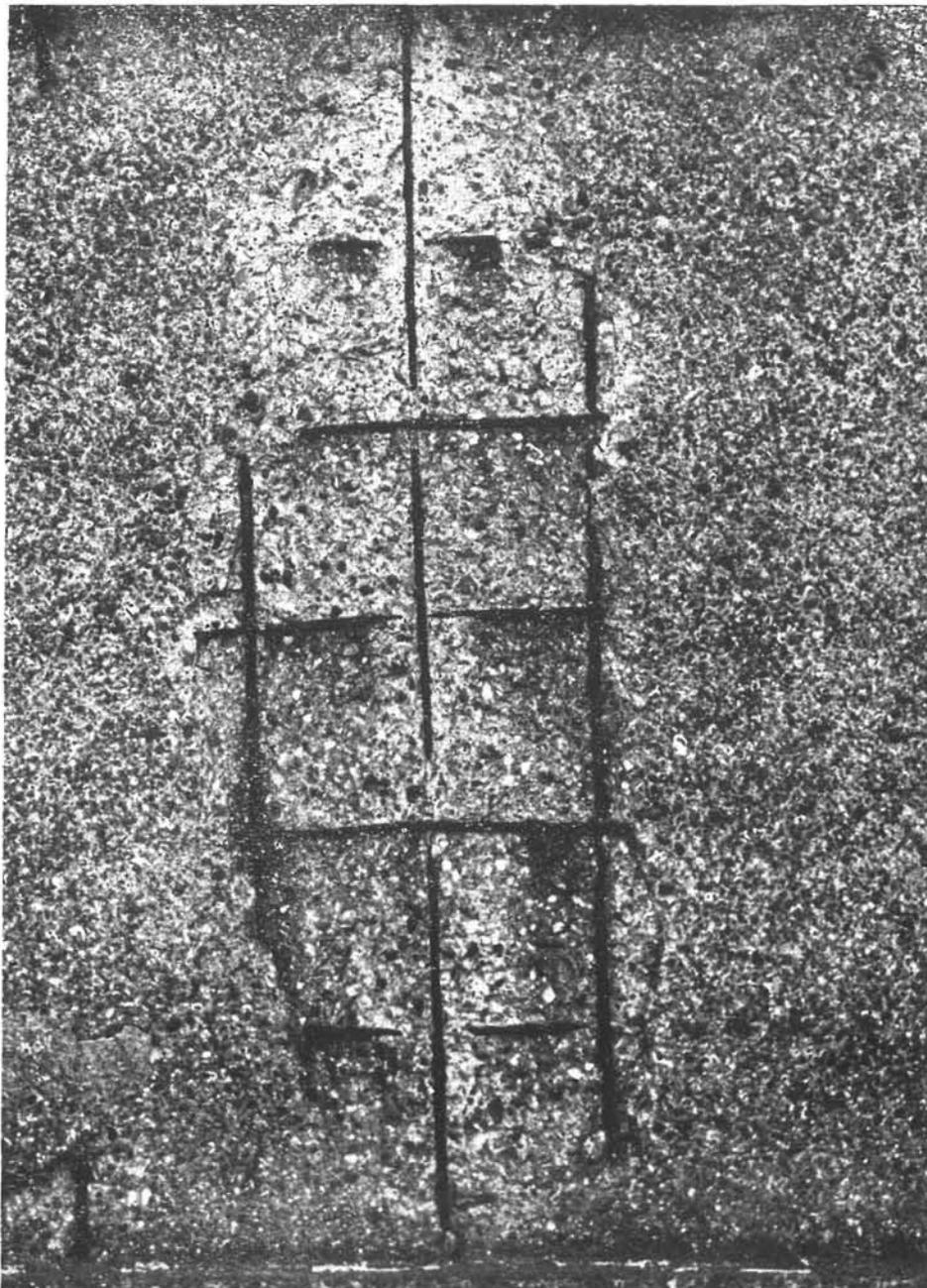
2.52. Fisuras del hormigón endurecido (comprendiendo el agrietamiento).

## 2.6. Defecto de alineamiento de los encofrados.

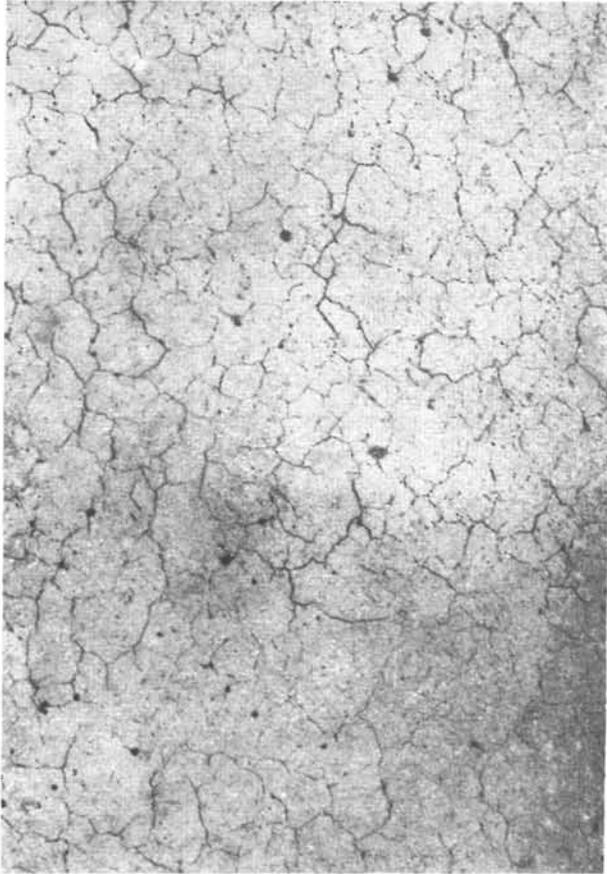
A causa de errores de montaje o a la presión ejercida por el hormigón fresco.

## 2.7. Accidentes mecánicos.

Lascados (rasponazos) o hendiduras de la superficie o de las aristas del hormigón endurecido.

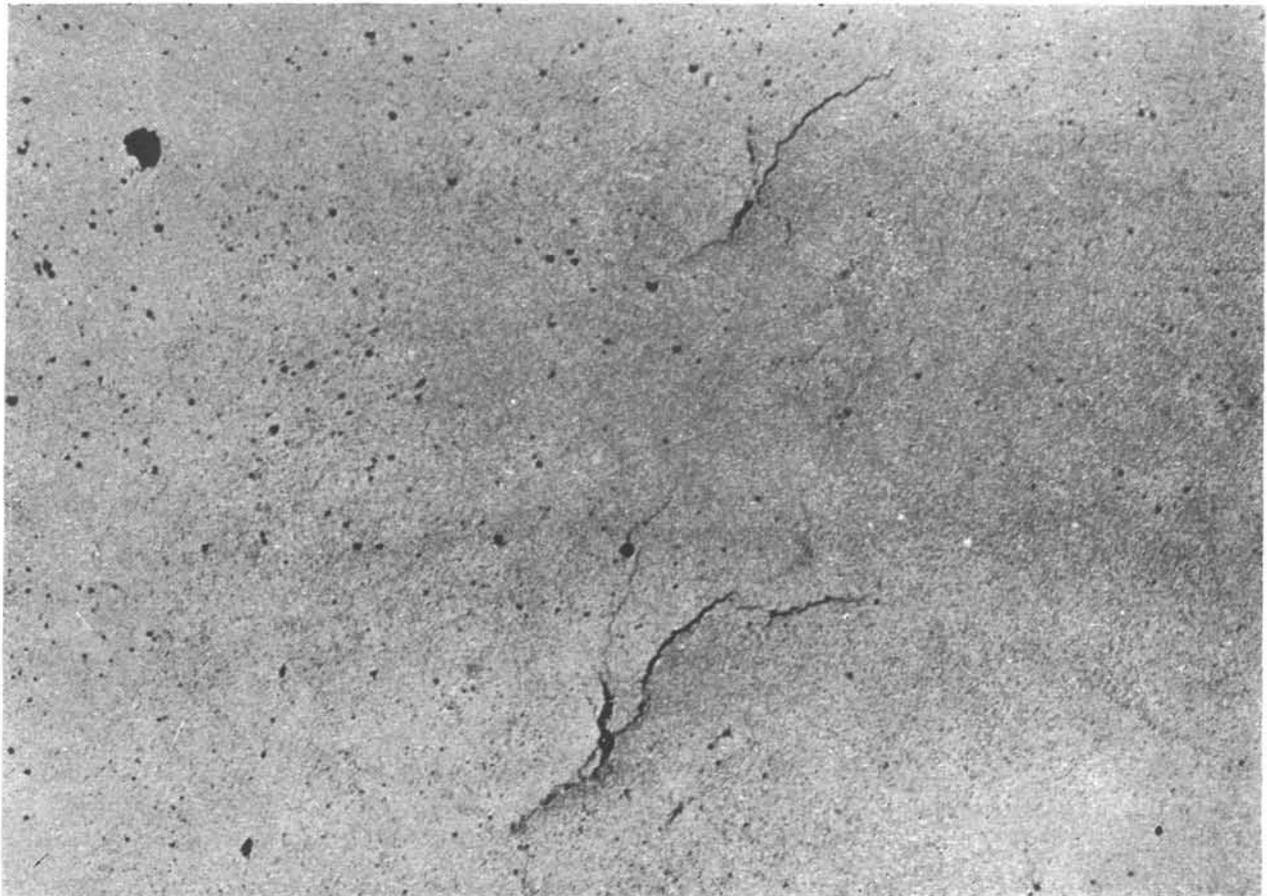


Desconchado en la superficie del hormigón debido a un recubrimiento insuficiente de la armadura, lo que ha provocado la corrosión y expansión consecuente del acero (defecto 2.43).



▲ Agrietamiento de la superficie de hormigón (defecto 2.52) colado en un encofrado de material plástico pulido. Las fisuras se vuelven más nítidas, llenándose de hollín y de otras suciedades.

▼ Fisuración del hormigón fresco, a causa de un asentamiento y de una deformación del encofrado (defecto 2.51).



## Textos originales del Anexo

ANNEXE CLASSIFICATION DES DEFAUTS DE SURFACE	APPENDIX CLASSIFICATION OF BLEMISHES ON CONCRETE SURFACES	ANHANG KLASSIFIZIERUNG DER OBERFLÄCHENFEHLER DES BETONS
<b>1. VARIATIONS DE COULEUR</b>	<b>1. VARIATIONS IN COLOUR</b>	<b>1. VERÄNDERUNG DER FARBE</b>
<b>1.1. Variations résultant des souillures.</b>	<b>1.1. Variations due to contamination.</b>	<b>1.1. Fleckenbildung.</b>
1,11. Par des impuretés présentes dans la masse du béton (par exemple: de la pyrite et des impuretés de couleur n'appartenant pas aux matériaux constituant le béton).	1,11. From impurities within the concrete (e.g. pyrites and impurities of colour foreign to the constituent materials of concrete).	1,11. Infolge Verunreinigungen der Betonmischung (z. B. durch Pyrite oder durch farbaktive Verunreinigungen die nicht den Betonmaterialien zugehören).
1,12. Par la surface du moule y compris l'agent de démoulage (par exemple: souillures dues à un excès d'huile ou à des saletés, de la rouille ou d'autres taches sur la surface du moule).	1,12. From the form face, including the release agent (e.g. staining by excessive oil or by dirt, rust or other stains on the form face).	1,12. Infolge von Einwirkungen der Schalungsfläche und des Entschalungsmittels (z. B. Verfärbungen durch überschüssiges Öl, durch Rost oder andere Verschmutzungen).
1,13. Par des causes externes après le décoffrage (par exemple: par des saletés, des projections de mortier, de la peinture, etc.).	1,13. From external sources after removing the formwork (e.g. by dirt, mortar droppings, paint, etc.).	1,13. Infolge äusserer Einwirkungen nach dem Ausschalen (z. B. durch Verschmutzung, Mörtelreste, Anstrichmassen, u.s.w.).
<b>1.2. Variations dues à la séparation de l'eau et des éléments fins.</b>	<b>1.2. Variations due to separation of water and fine particles.</b>	<b>1.2. Farbänderungen infolge Entmischung des Zementleims.</b>
1,21. Par absorption dans les coffrages (y compris l'absorption sous pression en cours de bétonnage).	1,21. By absorption into the form face (including differential absorption under pressure during the placing of concrete).	1,21. Durch Wasseraufnahme der Schalungsfläche einschliesslich der Wasserabsorption unter Druck während dem Verdichten.
1,22. Par ressuage parallèle au plan de coffrage.	1,22. By bleeding parallel to the plane of the form face.	1,22. Durch Wasserausscheidung senkrecht zur Schalungsfläche.
1,23. Par ressuage normal au plan de coffrage.	1,23. By bleeding normal to the plane of the form face.	1,23. Durch Wasserausscheidung senkrecht zur Schalungsfläche.
1,24. Par fuites de laitance au droit des joints du coffrage.	1,24. By loss of water or mortar through formwork joints.	1,24. Durch Wasser- und Mörtelverlust bei undichter Schalung.
<b>1.3. Variations dues à des changements dans les matières premières ou dans leurs proportions dans la composition du béton.</b>	<b>1.3. Variations due to changes in the constituent materials or in their proportions in the concrete.</b>	<b>1.3. Farbänderungen infolge Unregelmässigkeiten in der Beschaffenheit der Betonmaterialien oder im Mischungsverhältnis.</b>
1,31. Variations dans la couleur du ciment ou changements d'origine (par exemple: ciments provenant d'usines différentes).	1,31. Variations in the colour of cement or change in source of origin (i.e. cement from different works).	1,31. Änderungen der Eigenfarbe des Zementes oder Änderung der Herkunft (Zemente aus verschiedenen Werken).
1,32. Granulats — variations dans la teneur en sable et dans la granulométrie (et plus particulièrement les parties fines) ou changements d'origine.	1,32. Aggregates — variations in sand content or changes in grading (especially in the fine particles) and/or change in source of origin.	1,32. Änderung des Sandgehaltes oder Änderung der Kornabstufung, speziell der Feinstanteile, und/oder Änderungen der Herkunft des Zuschlagsmaterials.
1,33. Variations dans le dosage en ciment et du rapport eau-ciment.	1,33. Variations in cement content and water/cement ratio.	1,33. Änderungen des Zementgehaltes oder des Wasserzementwertes.
<b>1.4. Variations provoquées par la cure du béton.</b>	<b>1.4. Differences in the curing conditions of concrete.</b>	<b>1.4. Farbänderungen infolge unregelmässiger Bedingungen der Nachbehandlung.</b>
<b>1.5. Variations se produisant au cours des temps.</b> (Salissures, taches de rouille, efflorescences, etc.).	<b>1.5. Variations resulting from weathering.</b> (Streaking by dirt and rain, rust stains, efflorescence, etc.).	<b>1.5. Farbänderungen infolge Witterungseinwirkungen</b> (Ungleiche Verschmutzung, Roststriemen, Ausblühungen u.dgl.)
<b>2. IRREGULARITES DE SURFACE</b>	<b>2. IRREGULARITIES IN THE SURFACE</b>	<b>2. UNREGELMÄSSIGKEITEN DER OBERFLÄCHENSTRUKTUR</b>
<b>2.1. Cavités.</b>	<b>2.1. Cavities.</b>	<b>2.1. Hohlräume.</b>
2,11. Dues à des protubérances locales dans les coffrages.	2,11. Due to local protrusions in the form face.	2,11. Infolge lokaler vorspringenden Unebenheiten in der Schalungsfläche.
2,12. Soufflures dues à la présence de bulles d'air dans le béton frais.	2,12. Blow-holes due to air bubbles in the fresh concrete.	
	2,13. Honeycombing.	
	2,131. Due to segregation.	
	2,132. Due to inadequate compaction.	

2,13. Trous. 2,131. Nids de cailloux dus à la ségrégation.	2,133. Due to grout loss.	2,12. Luftlöcher infolge Lufteinschlüssen im frischen Beton.
2,132. Compactage insuffisant.	<b>2.2. Protrusions.</b>	2,13. Kiesnester.
2,133. Trous dus à la fuite des éléments fins à travers les coffrages.	2,21. Due to local cavities in the form face.	2,131. Infolge Entmischung.
<b>2.2. Protubérancès.</b>	2,22. Due to mortar seepage and droppings.	2,132. Infolge ungenügender Verdichtung.
2,21. Dues à la présence des cavités dans les coffrages.	2,23. Due to build-up of salts by leaching.	2,133. Infolge ausgelauenes Zementleims.
2,22. Dues à des fuites de mortier et à des suintements.	<b>2.3. Erosion of fresh concrete.</b>	<b>2.2. Vorspringende Unebenheiten.</b>
2,23. Dues à la formation de sels par lessivage.	Due to water or air bubbles moving over the fresh concrete or due to local segregation.	2,21. Infolge lokaler Einbuchtungen in der Schalungsfläche.
<b>2.3. Erosion du béton frais.</b>	<b>2.4. Loss of surface material from hardened concrete.</b>	2,22. Infolge auslaufendes Mörtels bei undichten Stellen.
Provoquée par des remontées d'eau, de bulles d'air ou par une ségrégation locale.	2,41. Scabbing of the surface of the concrete due to adhesion to the form face.	2,23. Infolge verkrustender Ausscheidungen bei wasserdurchlässigen Stellen des Betons.
<b>2.4. Perte de matière en surface du béton durci.</b>	2,42. Dusting (e.g. by the use of an unsuitable release agent).	<b>2.3. Erosion des frischen Betons.</b>
2,41. Arrachages partiels au démoulage.	2,43. Scaling or other loss due to weathering.	Infolge von Wasser oder Luftblasen die zwischen Beton und Schalung aufsteigen oder infolge lokaler Entmischung des Zementleims.
2,42. Formation d'un film de poussière (provoqué par un agent de démoulage ne convenant pas par exemple).	<b>2.5. Cracking.</b>	<b>2.4. Materialverlust an der Oberfläche des erhärteten Betons.</b>
2,43. Ecaillage superficiel ou autres pertes dues à l'effet du temps.	2,51. Cracking of the plastic concrete (due to settlement, early shrinkage, formwork movement, etc.).	2,41. Abreißen der Zementhaut infolge Adhäsion an der Schalungs-Oberfläche.
<b>2.5. Fissuration.</b>	2,52. Cracking of the hardened concrete (including crazing).	2,42. Absandende Oberfläche. (z.B. infolge Verwendung eines ungeeigneten Entschalungsmittels).
2,51. Fissure du béton frais (tassement, premier retrait, déformation du coffrage).	<b>2.6. Loss of alignment in the formwork.</b>	2,43. Witterungsschäden.
2,52. Fissures du béton durci (y compris le faïençage).	Due to errors in erection or to deformation by loads.	<b>2.5. Rissebildungen.</b>
<b>2.6. Défaut d'alignement des coffrages.</b>	<b>2.7. Mechanical damage.</b>	2,51. Rissebildungen im noch weichen Beton (infolge Setzungen, Schrumpfens, unstabiler Schalung).
Par suite d'erreurs de montage ou de la pression exercée par le béton frais.	Duct chipping or spalling of the surface or arrises of the hardened concrete.	2,52. Rissebildungen im erhärteten Beton (einschliesslich engmaschiger Netzzrisse).
<b>2.7. Accidents mécaniques.</b>		<b>2.6. Fehler infolge Verschiebungen von Schalungselementen.</b>
Epaufrements ou éclats de la surface ou des arêtes du béton durci.		Infolge Irrtümer bei Montage der Schalungskonstruktion oder als Folge der Vorformung bei Einwirkung der Belastungen.
		<b>2.7. Mechanische Beschädigungen.</b>
		<b>2.7. Mechanische Beschädigungen.</b>
		Beschädigungen der Oberfläche oder Kanten des erhärteten Betons.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. KINNEAR, R. G., «Concrete surface blemishes. A classification of the surface defects and some particular influences of formwork linings, release agents and concrete pressure on the appearance of concrete finishes», London, Cement and Concrete Association, July 1964. p. 36. Technical Report TRA/380.
2. ADAM, M., BENNASR, M. and SANTOS DELGADO, H., «Poussée du béton frais sur les coffrages» (Pressure of fresh concrete on formwork). *Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics*, n.º 207-208. Mars-Avril 1965. pp. 402-425. Séries: béton, béton armé, n.º 78.
3. KINNEAR, R. G., SADGROVE, B. M. and ACHARYA, D., «The pressure of concrete on formwork», London, civil engineering Research Association, April 1965. p. 44. C.E.R.A. Research Report 1.
4. RITCHIE, A.G.B., «The pressures developed by concrete on formwork», *Civil Engineering and Public Works Review*, Vol. 57. n.º 672 July 1962, pp. 885-888, n.º 673, August 1962, pp. 1027-1030.
5. ERTINGSHAUSEN, H., «Pressure exerted on formwork by freshly-mixed concrete», Hannover, 1965. Hannover Technische Hochschule, p. 98 (Thesis).
6. BERGER, F. E., «Lateral pressure of freshly placed concrete on formwork in mass concrete construction», *Gidrotekhnicheskoe Stroitel'stvo*, n.º 5, 1964, pp. 24-27 (in Russian).
7. JOHNSON, W. R., «The use of absorptive wall boards for concrete forms», *Journal of the American Concrete Institute*, Vol 12, n.º 6, June 1941, pp. 621-632.
8. TEYCHENNE, D. C. and HERBERT, M. H., «Some factors influencing the formation of surface holes in vertically cast concrete», Interim Report n.º 1. Garston, Building Research Station. April 1963, p. 15, Confidential Research Note C. 941.
9. KREIJGER, P. C., «The effects of faults in poker-vibrating on the surface appearance of concrete», Delft. T.N.O. Institute for Building Materials and Building Structures. March 1963, p. 7. Report n.º BI-63-18.
10. MURPHY, W. E., «Concrete surface blemishes. An investigation into the influence of concrete mix characteristics and methods of placing upon the surface appearance of concrete», London, Cement and Concrete Association. Technical Report TRA/384 (unpublished).
11. D'ELIA, P., «The problem of surface appearance for structural reinforced concrete». Naples, University of Naples, The Architectural Institute. Report n.º 6.
12. EYMAR, J. M., «The effect of the separating agent and the nature of the mould on surface blemishes», Madrid, Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento.
13. ADAM, M., «Parements de béton armé apparent» (Facings to exposed reinforced concrete), *Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics*, Vol. 14, n.º 159-160, Mars-Avril 1961, pp. 378-388, Vol. 16, n.º 183-184, Mars-Avril 1963, pp. 356-366, et Oct. 1965, n.º 214, pp. 1228-1248. Séries: béton, béton armé.
14. TRÜB, U., «The influence of the quality of the timber and the treatment of formwork faces on the colour uniformity of concrete», Wildegg, Technische Forschungs und Beratungsstelle der Schweizerischen Zementindustrie. 1963.
15. KREIJGER, P. C., «The effect of a release agent on moulds made of white firwood with various angles of the annual rings to the concrete surface», Delft, T.N.O. Institute for Building Materials and Building Structures, Report n.º BI-63-32.
16. KREIJGER, P. C., «Transparency of concrete as a cause of differences in colour», Delft, T.N.O., Institute for Building Materials and Building Structures, Report n.º BI-63-29.
17. KREIJGER, P. C., «The effect of a release agent used on smooth types of mould», Delft, T.N.O., Institute for Building Materials and Building Structures, Report n.º BI-63-31.
18. RETTIG, H., «Finishes direct from the formwork», Dresden, 19th April 1963, p. 2. Paper presented to the CIB Working Commission W.29, «Concrete Surface Finishes», Madrid. 7th-9th May 1963.
19. KREIJGER, P. C., «The effect of fines in the grading of concrete on the surface appearance», Delft, T.N.O., Institute for Building Materials and Building Structures, Report n.º BI-63-28.

\* \* \*

# Tolerancias sobre los defectos en el aspecto del hormigón

*Este documento ha sido realizado por la Comisión W. 29 del C.I.B. en base al informe inicial preparado por el Dr. Ralph Schodt del Instituto Noruego de la Construcción en OSLO.*

## TEXTO

## COMENTARIOS

### PREAMBULO

El aspecto del hormigón frecuentemente tiene una importancia primordial y además es posible obtener para su superficie una extensa gama de calidades.

El efecto estético de una superficie depende tanto de su tipo como de su misma calidad.

Se entiende que la perfección total es materialmente irrealizable y por esto, se ha considerado necesario establecer un método que permita definir las calidades de un paramento y que proporcione un lenguaje común entre los autores de los proyectos, los que realizan las obras y los encargados de los controles de calidad.

En este documento, la calidad de la superficie se expresa en términos cuantitativos: en algunos casos, las indicaciones corresponden a la importancia de los defectos, en otros, se ha juzgado preferible limitar la variación de un parámetro entre dos partes de una misma superficie.

*Algunos podrán pensar que falta realismo en el método propuesto; sin embargo, a falta de poder definir la perfección, prácticamente irrealizable, es interesante proponer diferentes grados de calidad, siendo este método un paso adelante, en cuanto a los sistemas actuales que no permiten definir una calidad dada. Actualmente los constructores interpretan de diversas formas las exigencias del proyectista y los precios reflejan en algún modo la calidad del paramento ofertado.*

*Los valores propuestos en el presente documento, que ha sido establecido basándose en medidas reales, podrán eventualmente ser modificadas con posterioridad, en función de los resultados extraídos de la aplicación práctica de este documento.*

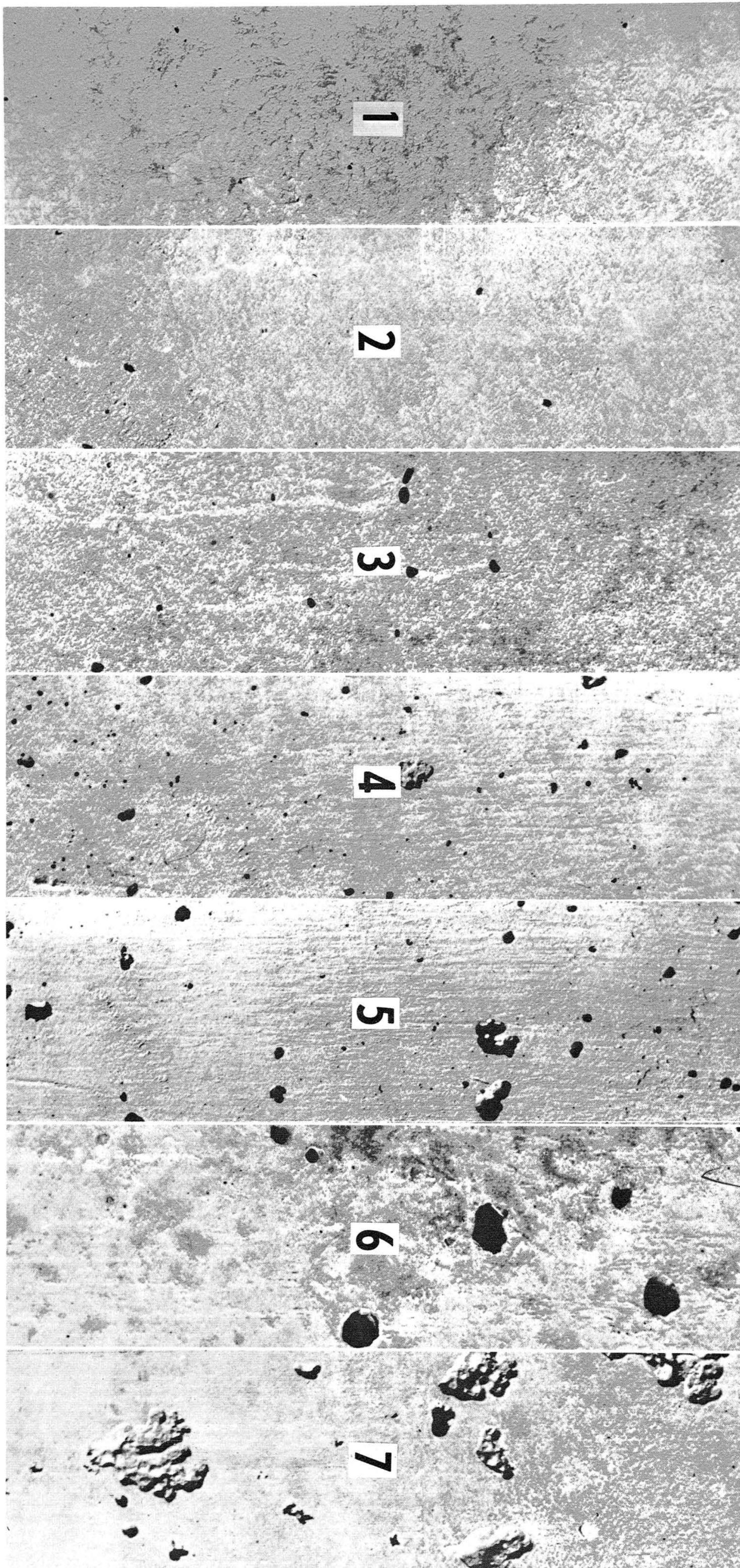
*Un período de tres años ha sido fijado para esta puesta a prueba, durante el cual pueden dirigirse las observaciones al Coordinador del Grupo de Trabajo W. 29 - c/o Secretariado General del C.I.B., Post bus 299-Weena 700 - Rotterdam (Países Bajos).*

Fotografías que sirven de referencia para apreciar la importancia de poros y coqueras en los paramentos de hormigón.

Según M.S. Thompson  
«Blowholes in concrete surfaces»

(Documentos amablemente  
cedidos por la Sociedad  
John Laing (R y S) Ltd., Londres)

ESCALA 1 : 1



## TEXTO

## COMENTARIOS

### CUADRO DE TOLERANCIAS

El cuadro de tolerancias divide las superficies en cuatro clases de paramentos:

- Una clase de paramento **BASTO** para cuando no se exige ninguna especificación.
- Una clase de paramento **NORMAL** que interesa cuando las superficies de hormigón son visibles, pero no justifican meterse en gastos importantes para su realización.
- Una clase de paramentos **CUIDADOS** que corresponden a especificaciones notables en cuanto al aspecto.
- Una clase de paramentos **ESPECIALES** que, en razón de sus costos muy elevados, no se justifican más que en obras o partes de obra, en donde ese aspecto revista una importancia inhabitual.

Las presentes prescripciones se aplican esencialmente a los paramentos "naturales" (brutos del desencofrado) pero que pueden eventualmente ser adaptados a otros tipos de paramentos; de todas formas, los defectos apuntados se refieren al aspecto del hormigón, justo después de su ejecución, en función del material, excluyéndose las formas geométricas de las obras, cuya influencia (suciedad y envejecimiento) se manifiesta esencialmente en función del tiempo.

### MEDIDAS

Conviene considerar los valores indicados, como todas las demás características del hormigón, sobre una base estadística. Es en efecto vano querer satisfacer a toda costa el 100 %, así como está previsto en la relación propuesta con un cierto margen. Se pueden tener en cuenta los valores siguientes:

- Clase especial : 95 %
- Clase cuidada : 80 %
- Clase normal : 70 %

### MODELOS

*La división de las superficies de hormigón en cuatro clases, ha sido elegida después de bastantes vacilaciones, dado que cada una de las clases corresponde a un cúmulo de prescripciones cuyo conjunto es difícil de respetar.*

*En consecuencia, por ejemplo, la primera planta de un inmueble puede ser clasificada más severamente que las otras plantas. Igualmente el aspecto de las coqueras disminuirá más rápidamente con la distancia que las variaciones de color y, por tanto, un muro puede estar clasificado más severamente en cuanto a la variación de tonalidad, que en cuanto a los defectos locales de superficie, si está destinado a ser visto desde lejos.*

*También, para estimar las coqueras, dos soluciones son posibles:*

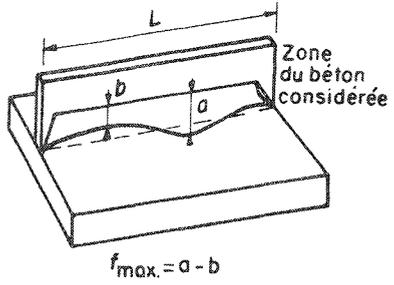
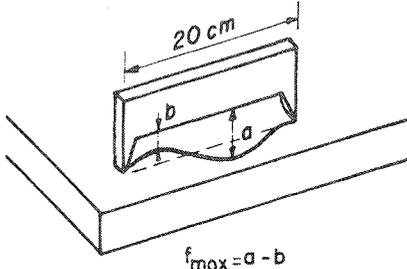
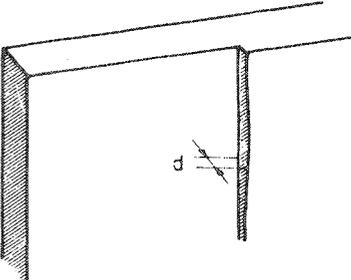
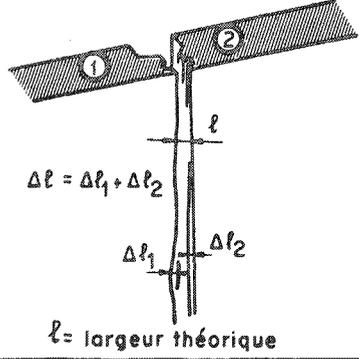
*- O las coqueras están reunidas en pequeñas superficies aisladas (3.1) y se consideran estas reuniones como defectos localizados que serán tratados según el punto 2.*

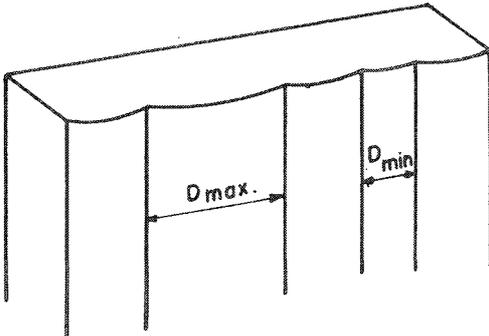
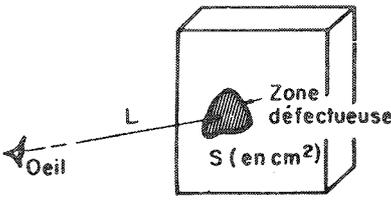
*- O las coqueras están repartidas sobre el conjunto de la superficie correspondiente y, en este caso, se refiere a la escala dada por las fotografías del anexo, pero aplicándose a la totalidad de la superficie correspondiente. No obstante, para seguir el principio fijado en el presente documento, que consiste en adaptarse, no a los valores absolutos, sino a las variaciones, es perfectamente posible admitir en clase ESPECIAL (la más severa) un estado de la superficie correspondiendo a la graduación n.º 6, con tal que este estado de la superficie quede uniforme en el conjunto.*

*Igualmente para las tonalidades, no se sabría indicar la tonalidad n.º 2 o 4, pero se apreciará, una vez se haya considerado el conjunto terminado, si las diferencias entre las zonas más claras y más oscuras son de 2, 3... puntos. La escala de las tonalidades está indicada solamente en gris, porque las variedades de color son muy numerosas para ser limitadas fácilmente. No obstante la escala es aplicable fácilmente a los hormigones en color, fotografiándola sobre el elemento, según las indicaciones del punto 4, con una película en blanco y negro.*

*En principio, basta cualquiera de las medidas de control para cada obra o parte de obra. No es más que en el caso de litigio cuando conviene multiplicar las medidas y tomar fotografías; en este caso puede ser admitido que el costo correspondiente a las medidas sea a cargo del constructor si los resultados no satisfacen las prescripciones requeridas, e irán a cargo de la Dirección de obra en el caso contrario.*

*Independientemente del presente documento, es posible, principalmente para los elementos prefabricados, reservar al comienzo de la fabricación uno o dos paneles que sirvan de referencia y realizar con ellos comparaciones regularmente a medida que la obra se desarrolla; sin embargo conviene en este caso tener en cuenta el envejecimiento del hormigón.*

OBJETOS CONSIDERADOS	PARAMENTOS						TOSCOS
	ESPECIALES		CUIDADOS		ORDINARIOS		
	De cerca	De lejos	De cerca	De lejos	De cerca	De lejos	
<p>1. DEFECTOS DE FORMA</p> <p>1.1 Planeidades</p> <p>1.1.1 De conjunto (referida a la mayor dimensión del elemento o de la superficie considerada, si se trata de hormigón "in situ").</p>  <p><math>f_{\max} = a - b</math></p> <p>Para cualquier posición de la regla que atraviese la zona considerada.</p> <p>1.1.2 Local, referida a una regleta de 20 cm (solamente en el caso de superficies planas).</p>  <p><math>f_{\max} = a - b</math></p> <p>Para cualquier posición de la regleta de 20 cm sobre la superficie considerada.</p> <p>1.1.3 Cejas: los valores indicados se refieren a las variaciones en torno a un valor convencional "d" (el valor convencional "d" es de cero en el caso de una superficie plana).</p> 	0,4 %		0,6 %		1,0 %		SIN ESPECIFICAR
	3 mm		6 mm		10 mm		
	3 mm		6 mm		10 mm		
<p>1.2 Juntas entre paneles: el más pequeño de los dos valores (l = anchura de la junta).</p>  <p><math>\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2</math></p> <p><math>l = \text{largeur théorique}</math></p>	± 8 mm 0,3 l		± 10 mm 0,5 l		+ 15 mm - 0,7 l + l		

OBJETOS CONSIDERADOS	PARAMENTOS						TOSCOS
	ESPECIALES		CUIDADOS		ORDINARIOS		
	De cerca	De lejos	De cerca	De lejos	De cerca	De lejos	
<p>1.3 Distancia real entre motivos referida a la distancia teórica D (1).</p> $R = \frac{D \text{ real}}{D}$ <p>Se pueden prescribir tolerancias especiales, referidas a las variaciones de distancia entre motivos alejados, si los valores aquí indicados no convienen.</p> 	1.1	> R > 0.9	1.3	> R > 0.7	1.5	> R > 0.5	
<p>2. MANCHAS Y DEFECTOS LOCALES DE SUPERFICIE</p>  <p>2.1 Superficie máxima de los defectos en cm², en función de la distancia L, expresada en metros, desde la cual es visto el hormigón.</p> <p>2.2 Defectos regularmente espaciados pueden ser considerados eventualmente como motivos según el punto 1.3, considerándose la distancia teórica como si fuese la distancia media entre los defectos.</p>	3	L	4	L	5	L	SIN ESPECIFICAR
<p>3. COQUERAS (burbujas...)</p> <p>3.1 Coqueras agrupadas: los grupos de coqueras se considerarán como defectos locales (ver § 2).</p> <p>3.2 Coqueras repartidas: diferencias máximas toleradas aplicándose la escala definida en las fotos anexas entre las partes más diferentes.</p>	2	4	4	6	6		
<p>4. VARIACIONES DE TONALIDADES</p> <p>Diferencia máxima tolerada basándose en la escala adjunta (de empleo cuando el hormigón está seco y a la sombra, colocándose al menos 3 metros del elemento, estando la escala sobrepuesta sobre el elemento).</p>	2	2	2	3	3	4	

Las manchitas se consideran como coqueras (ver § 3).

(1). Distancia entre motivos decorativos o propios de la forma de ejecución (juntas de encofrados, etc.).

## BIBLIOGRAFIA

La bibliografía que se detalla a continuación proporciona los métodos que permiten obtener superficies de bella calidad.

- 1 Galloe, V. Pudsfri betong. Kobenhavn 1958. (*Statens byggeforskningsinstitut. Rapport, 24*).
- 2 Bjerking, S. E. og HÖGLUND, I.  
1. Platsgjutning av tebong fr putsfria ytor.  
2. Ytjämnhet hos putsfria betongytor. Stockholm 1959. (*Statens nämnd för byggnadsforskning. Særtrykk, 1959. 4*).
- 3 Kinnear, R. G. Concrete surface blemishes. London 1964. (*Cement and Concrete Association. Technical report, TRA, 380*).
- 4 Wilson, J. G. Exposed concrete finishes.  
Vol. 1 Finishes to in situ concrete. (London, C. R. Books Ltd. 1962.)  
Vol. 2 Finishes to precast concrete. (London, C. R. Books Ltd. 1964.)
- 5 Adam, M. Parements de béton armé apparent. Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics. (*Annales, n.º 214, octobre 1965. Supplément Béton. Béton Armé, 83.*)
- 6 International Council for Building Research, Studies and Documentation, CIB. Working Commission W. 29, Concrete Surface Finishes. The production of concrete of uniform colour and free from surface blemishes. Rotterdam 1966. (*CIB Report n.º 5*).
- 7 Blake, L. S. Recommendation for the production of high quality concrete surfaces. London 1967. (*Cement and Concrete Association. Technical advisory series*).
- 8 Adam, M. Béton blanc brut de démoulage. Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics. (*Anales n.º 234, juin 1967. Supplément Béton Armé, 90.*)
- 9 Norsk betongforening. Komité for utredningen vedrorende betongoverflater, 1965. (*Forslag til typebeskrivelser av betongoverflater. Oslo 1968.*)
- 10 Cassinello, F. Problèmes des bétons apparents en Espagne (U. s. 1967).
- 11 Dylander, B. Porer i Betonoverflader. Nordisk betong, (b. 12, n.º 2, 1968).
- 12 Nordgaard, L. Fremstilling og stoping av fasadebetong stop pa stedet. (*Betongen i dag, b. 33, n.º 2, 1968*).
- 13 Thompson, M. S. Blowholes in concrete surfaces. (*Concrete, b. 3, n.º 3, 1969, s. 64-66*).
- 14 Gage, M. Guide to Exposed concrete finishes. (London, The Architectural Press and The Cement and Concrete Association, 1970).
- 15 Trüb, U. Baustoff Beton: Ein Handbuch für die Baupraxis (Suisse).
- 16 Adam, M. Aspects du Béton, Techniques, Réalisations, Pathologie. (*Collection de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics 1971. Eyrolles Ed*).
- 17 Murphy, W. E. The influence of concrete mix proportions and type of form face on the appearance of concrete. (London, Cement and Concrete Association, May 1967. pp. 69; *Technical Report TRA 384*).
- 18 Commissie voor Uitvoering van Research (Rapport CUR n.º 36 «Schoon Beton», Décembre 1966).

## anexo 1

### Ejemplos de aplicación

Figura 1

*En el mismo muro, la figura 1 muestra que se puede clasificar éste en la categoría 7 (zona central) y en la categoría 3 (zona alta y baja); la diferencia es 4 y el paramento es de clase NORMAL para las coqueas.*

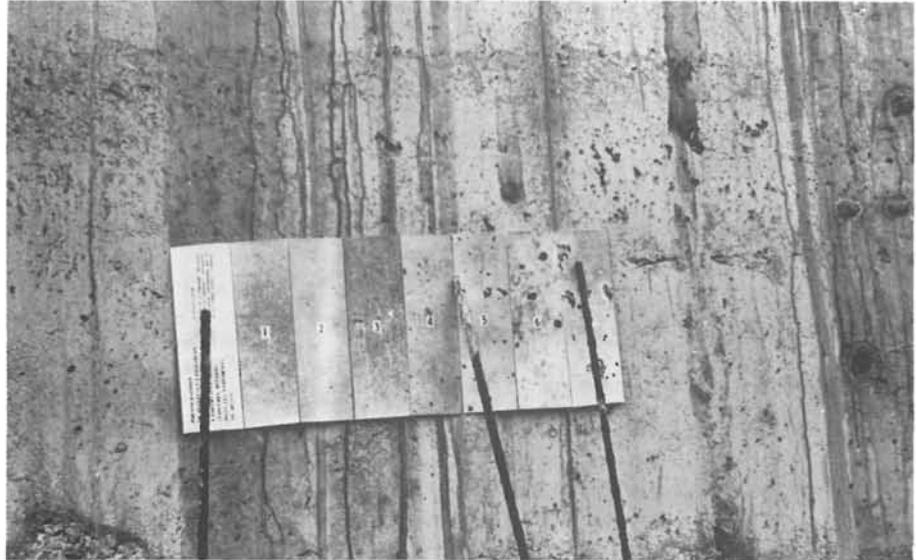
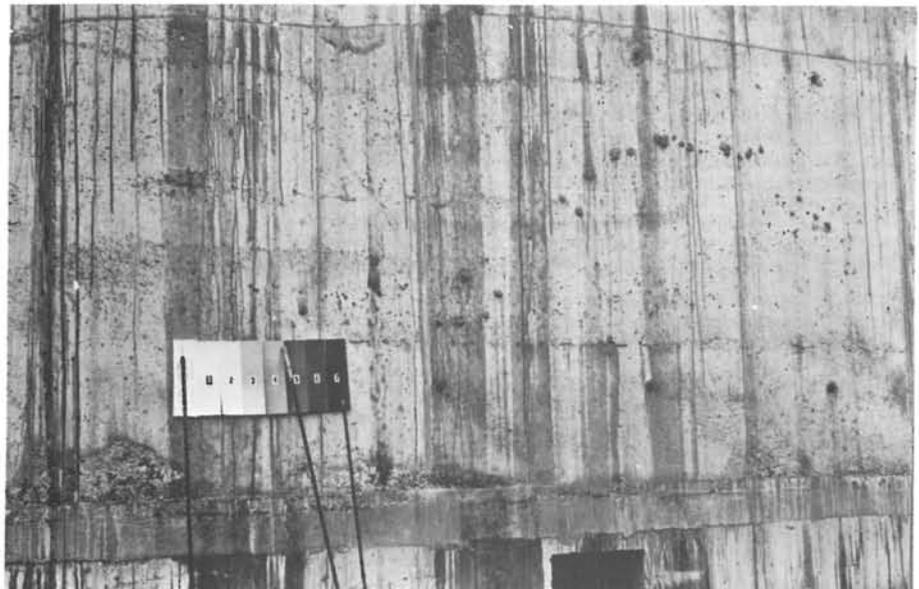


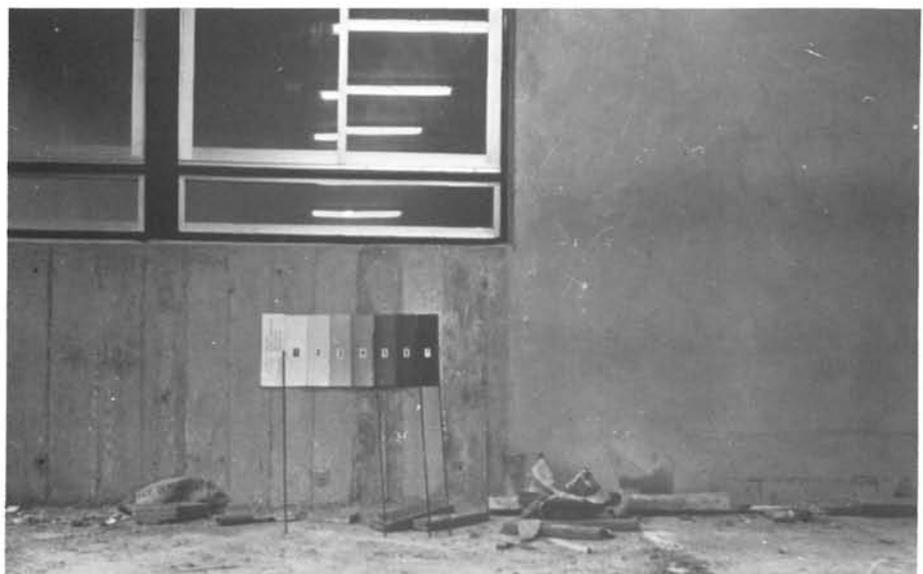
Figura 2

*La figura 2 muestra que, según la escala, la tonalidad varía desde el gris inferior al n.º 3, al gris n.º 6, o sea una diferencia superior a 3; se trata por tanto de un paramento BASTO.*



Figuras 3 y 4

*Las figuras 3 y 4 tomadas sobre la misma fachada del inmueble, muestran paramentos donde las tonalidades varían entre las zonas más claras y las más oscuras del gris n.º 3 a un gris comprendido entre 4 y 5. La diferencia es 2; se trata de un paramento CUIDADO.*





Figuras 5 y 6

*Las figuras 5 y 6 muestran elementos prefabricados donde las tonalidades, para un mismo panel (1A3 — 1A5) varían de un gris comprendido entre 2 y 3 al gris n.º 6, o quedan entre los grises 5 y 6 (1A2).*

*Tomados independientemente, el panel 1A2 está en la categoría ESPECIAL y el panel 1A3 o 1A5 en la categoría BASTA.*

*Colocados en una misma fachada ésta estará clasificada como BASTA si los paneles están colocados uno junto a otro (salvo si se busca un juego de damas) o NORMAL si los elementos están dispersos.*

**1**

**2**

**3**

**4**

**5**

**6**

**7**

**a n e x o 3 | Escala de grises que sirve para controlar la regularidad de color de los hormigones.**