

---

## BIBLIOGRAFIA

---

**Principios y recomendaciones sobre seguridad (Hormigón armado y hormigón pretensado).**

FEDERATION INTERNATIONALE DE LA PRECONTRAINTTE y COMITE EUROPEEN DU BETON. Principes et recommandations "Sécurité" (Béton armé et béton précontraint). *Comité Européen du Béton, Bulletin d'Information* n° 68 (agosto 1968), pp. 21-194.

Las estructuras se proyectan y construyen con dimensiones sobradas, con respecto a las necesarias para resistir las solicitudes a que se supone estarán sometidas. Para ello, tradicionalmente, se ha usado el procedimiento de fijar tensiones o tasas de trabajo del material que son una fracción de su tensión máxima o de la rotura: la razón entre ésta y aquéllas es lo que se denomina factor de seguridad, que intenta englobar en un número único los múltiples aspectos del problema. Es este el procedimiento vigente en nuestro país.

Sin embargo, basta un estudio poco profundo del tema para comprender que el planteamiento anterior es demasiado simplificado y puede ser mejorado con facilidad. Desde hace bastante tiempo, en diversos países europeos, se ha reemplazado el criterio anterior por otros basados en un análisis probabilístico de las solicitudes y de las resistencias, asociado con estados límites de falla o rotura. Aún más, se ha avanzado bastante en el propósito de adoptar un criterio unificado para varios países de Europa, sobre los conceptos y el tratamiento de la seguridad en las obras estructurales.

El artículo que comentamos contiene precisamente dos proposiciones de recomendaciones internacionales sobre la seguridad en obras de hormigón armado apro-

badas en abril de 1968 por un comité conjunto de la Federación Internacional de la Précontrainte (FIP) y, del Comité Européen du Béton (CEB); el Boletín contiene, además, dos comentarios sobre esta misma materia, y las versiones de acuerdo sobre otros asuntos que se trataron por ese comité en la misma oportunidad.

En la primera proposición se establecen los principios y en la segunda, las recomendaciones sobre seguridad.

La seguridad de una obra o de sus partes se define en términos de una probabilidad suficientemente pequeña de que se produzca un estado límite que la inutilice. Los estados límites son los de rotura, deformaciones plásticas excesivas, inestabilidad o pérdida de equilibrio o cualquier otro que deje fuera de servicio a la estructura. Además, en las condiciones normales de servicio, las deformaciones, vibraciones, fisuraciones y otras alteraciones no deben exceder de ciertos valores límites prefijados.

Para verificar la seguridad a los estados límites deben considerarse todas las cargas y sobrecargas externas y las impuestas por efectos térmicos, retracción, fluencia lenta, desplazamiento de apoyos, etc. La estimación tanto de las cargas como de las resistencias debe hacerse desde un punto de vista probabilístico, tomando en cuenta que ambas están sujetas a variaciones de carácter aleatorio.

Para ello sería necesario conocer las funciones de distribución de las cargas de todos los tipos, de las propiedades mecánicas de los materiales y de las dimensiones geométricas de las secciones. El estudio planteado así, si se tuvieran todos los datos, sería muy complicado y, como no se tienen, no es posible llevarlo a cabo. En reemplazo se adopta un camino intermedio, semi-probabilístico.

Suponiendo distribución normal, se definen resistencias características del ma-

terial, que son iguales a las medias disminuidas en un cierto número de desviaciones típicas, y cargas características que son iguales a las de las especificaciones aumentadas en cierto número de desviaciones típicas. Estos valores característicos se afectan de factores de seguridad, para obtener los valores de cálculo. A saber, las resistencias características se dividen por el producto de los coeficientes:  $\gamma_{m_1}$  que tiene cuenta de las variaciones de calidad del material entre la obra y el laboratorio y  $\gamma_{m_2}$  que considera defectos o disminuciones probables, como nidos de piedra, corrosión de armaduras, etc. Las solicitaciones se multiplican por tres coeficientes:  $\gamma_{s_1}$  que corresponde a la ocurrencia de solicitaciones imprevistas,  $\gamma_{s_2}$  relacionado con posibles errores, simplificaciones de cálculo y errores de construcción, y  $\gamma_{s_3}$  que toma en cuenta la probabilidad de simultaneidad de las diversas solicitaciones. Hay un tercer factor que puede afectar a los valores de cálculo, formado por un  $\gamma_{c_1}$  que corresponde a comportamiento frágil de la estructura y  $\gamma_{c_2}$  que considera las consecuencias económicas, daños para la continuidad, riesgo de vidas, etc., resultantes de la falla de la estructura.

Las recomendaciones señalan los procedimientos para hacer las verificaciones, dan los valores de la fracción defectuosa y los de los coeficientes de seguridad para condiciones de referencia, indicando las reducciones o incrementos que se deben aplicar según el cuidado en el cálculo, en la ejecución y según los riesgos implicados.

El primer comentario, por Franco Levy, de Turín, hace un análisis del significado de los conceptos de seguridad según están expuestos en las recomendaciones anteriores y de los factores de incertidumbre que se han incorporado a ellas.

El otro comentario, de Ferry Borges y Castanheta, es parte de un curso que los autores dictan en el Laboratorio Nacional de Ingeniería de Lisboa, con el nombre de Seguridad Estructural.

En él se plantea analíticamente el problema de la seguridad, señalando que tanto las solicitaciones  $S$  como las resistencias  $R$  se distribuyen según funciones  $F_R(x)$  y  $F_S(x)$  y la probabilidad de falla se obtiene por la expresión

$$P(S > R) = \int_0^{\infty} F_R(x) f_S(x) dx$$

Los autores han desarrollado esas expresiones para algunas funciones de distribución conocidas, como son la normal, la logarítmico normal y tres tipos de distribuciones extremas. A partir de ellas determinaron cómo varía la probabilidad de falla en función de factores de seguridad convencionales definidos en la siguiente forma: la razón entre las medias de  $F_R(x)$  y  $F_S(x)$ , que llaman factor central; la razón entre el fractil 5% inferior de  $F_R(x)$  y el 5% superior de  $F_S(x)$ , que llaman factor característico, y entre el fractil 5% inferior de  $F_R(x)$  y el 5% superior de  $F_S(x)$ , que llaman factor de cálculo.

Los resultados se presentan en forma de diagramas: siete de ellos, dan la probabilidad de falla en función del factor de seguridad central; otros siete, en función del factor de seguridad característico, y dos, en función del factor de seguridad de cálculo.

Destacan las conclusiones más importantes que se deducen del análisis de los resultados. Con respecto al coeficiente de seguridad de cálculo, que corresponde con bastante aproximación al de las Recomendaciones FIP/CEB, si la función de distribución de las resistencias fuera del tipo extremo en lugar de normal, la probabilidad de falla se hace 80 veces mayor para un factor de seguridad dado. Si la función de distribución de las cargas fuera extrema en lugar de normal, la probabilidad de falla aumenta hasta en 20 veces.

Desde el punto de vista de la aplicación en ingeniería, por no conocerse cuáles son las distribuciones reales, se suponen ciertas distribuciones basándose en hipótesis simplificadoras. Por ejemplo, se supone que la anchura de grietas y los desplazamientos tienen distribución normal y lo mismo sucede con las fallas dúctiles, mientras que las fallas frágiles y las por fatiga son de distribución del tipo extremo. Las cargas permanentes debidas a la gravedad y algunas sobrecargas son normales, las derivadas de vientos, sismos, explosiones, etc. son de tipo extremo. Además, los coeficientes de variación de las resistencias y cargas tampoco se conocen con precisión sino que solamente

se tienen sus órdenes de magnitudes y con ellos se opera.

Por otra parte, por la complejidad del tratamiento riguroso en términos de probabilidades de fallas, se establecen factores de seguridad, obtenidos por el producto de coeficientes parciales que explicitan las diversas influencias. En el análisis descrito anteriormente se vio que a iguales factores de seguridad no corresponden iguales probabilidades de falla y los autores hacen ver también que no se obtiene igual probabilidad de falla tomando un factor de seguridad total igual al producto de los coeficientes parciales.

En la parte final del artículo se desarrollan dos ejemplos, como aplicación de los principios expuestos. Uno es el de una viga de hormigón armado, simplemente apoyada sometida a carga permanente y sobrecarga, y otro es el de un pilar empujado en ambos extremos y sometido a fuerzas axiales y viento. Fijando como aceptable una probabilidad de falla de 1 en 100.000, se ve que, según sean las condiciones, el factor de seguridad necesario, varía entre 1,23 y 2,04.

E. GOMEZ

\* \*

#### **Efecto del diámetro del testigo de hormigón en la resistencia obtenida en el ensayo.**

MEININGER, R.C., Effect of core diameter on measured concrete strength. *Journal of Materials, JMLSA*, vol. 3, nº 2 (junio 1968), pp. 320-336.

Este trabajo se agrega a los que han venido realizando, en forma conjunta, los laboratorios de Investigación de la National Sand and Gravel Ass., y de la National Ready Mixed Concrete Ass., con el fin de llegar a correlacionar las resistencias obtenidas mediante testigos, con los valores que dan las probetas estándares en diferentes condiciones y con la resistencia real de elementos estructurales de hormigón.

Los datos que aquí se presentan tienen que ver con dos aspectos del problema: el efecto del diámetro del testigo, y la relación de la resistencia del testigo extraído

de un muro bien curado con la resistencia del cilindro estándar.

Se construyeron dos elementos estructurales, una losa y un muro ambos de 16 pulgadas de espesor. Los dos elementos se mantuvieron en ambiente húmedo durante tres meses, después de lo cual se extrajeron de ellos testigos de 2, 4 y 6 pulgadas de diámetro. Los testigos resultantes, de 16 pulgadas de largo, fueron cortados de modo de dejar probetas de esbeltez igual a 2, que es la que generalmente se usa para ensayos de compresión. Paralelamente se construyeron probetas estándar de 6" de diámetro por 12" de altura que se ensayaron a 7, 28, 92, 119 y 181 días.

Antes del ensayo la mitad de los testigos de cada diámetro fueron sumergidos en agua a 23°C por 40 a 44 horas, y a la otra mitad se la mantuvo bajo agua durante 28 días. El período de 28 días en agua se estableció para averiguar si el proceso de hidratación había sido completo en los tres meses de curado de los elementos estructurales.

Como suplemento a las series principales de esta investigación se estudió en testigos de 4 pulgadas de diámetro el efecto de quebrar el testigo dentro del muro en lugar de sacarlo entero de todo el espesor del muro. Estos testigos, luego de dejarlos de ocho pulgadas de largo y después de un período de 40 a 44 horas sumergidos en agua a 23°, se ensayaron a compresión.

En total se ensayaron alrededor de 115 testigos.

Las conclusiones más importantes son las siguientes:

1. Los testigos extraídos a los tres meses de edad de elementos estructurales curados en ambiente húmedo, dan una resistencia considerablemente inferior a la de probetas estándar de 28 días de edad curadas en cámara húmeda; la resistencia media de los testigos fue el 77% de la de los cilindros.
2. No se apreció efecto significativo del diámetro del testigo en la resistencia para el rango de diámetros estudiado.
3. El hecho de quebrar los testigos en el interior del elemento de donde se extraen, tuvo poca influencia en la resistencia a compresión.

F. DELFIN

\* \*

**Evaluación de la resistencia en estructuras de hormigón existentes.**

SUBCOMMITTEE 1, ACI COMMITTEE 437. Strength evaluation of existing concrete structures. *Journal of the American Concrete Institute*. Proceedings vol. 64, nº 11 (noviembre 1967) pp. 705-710.

La resistencia de construcciones de hormigón existentes puede evaluarse ya sea analíticamente o por medio de ensayos de carga estática. Estas recomendaciones indican cuándo dicha evaluación puede ser necesaria, establecen criterios para la selección del método, e indican los datos y condiciones necesarias para llevar a cabo la evaluación. Se describen los métodos para determinar las propiedades del hormigón y del acero que se utilizarán en la investigación analítica. Se recomienda que los análisis teóricos estén de acuerdo con los principios del diseño de resistencia a la rotura establecidos en ACI 318-63, y que una estructura sea considerada satisfactoria si los factores de carga y deflexiones satisfacen los requisitos que estipula dicha norma. Se indican los procedimientos para realizar ensayos de carga estática estableciéndose criterios para la flecha y la recuperación de la estructura objeto de la evaluación.

Resumen de los autores

\* \*

**Mecánica de la adherencia y del deslizamiento de barras con resaltes en hormigón.**

LUTZ, L.A., y GEVERLY, P. Mechanics of bond and slip of deformed bars in concrete. *Journal of the American Concrete Institute*. Proceedings, vol. 64, nº 11 (noviembre 1967), pp. 711-721.

Los autores estudian la adherencia y el deslizamiento de las barras de acero en el hormigón haciendo un análisis de los mecanismos que actúan en estos fenómenos y de las tensiones que se desarrollan en las zonas adherentes por efecto de la interacción entre los dos materiales.

La adherencia de las barras con resaltes se desarrolla principalmente por la pre-

sión de los resaltes contra el hormigón; los efectos de adhesión química y de fricción tienen menos importancia. Si las caras de los resaltes forman ángulos mayores que 40° con el eje, los deslizamientos se producen por compresión y aplastamiento de una cuña de hormigón frente a las caras; en cambio, si el ángulo es de 30° o menos, no se produce lo anterior sino un resbalamiento del acero con respecto al hormigón.

En las zonas de contacto hay tensiones circunferenciales, radiales y longitudinales resultantes de las fuerzas exteriores, de la retracción del hormigón y de las diferencias entre los módulos elásticos del acero y del hormigón. Las magnitudes de esas tensiones aumentan mucho una vez que se producen grietas y principalmente en la vecindad de ellas. Las tracciones radiales destruyen el contacto entre hormigón y acero; las tangenciales pueden producir grietas radiales, y las longitudinales, grietas transversales. La distribución e intensidad de las tensiones junto a una grieta se determinaron con un análisis por elementos finitos.

E.G.

\* \*

**El empalme por manguito soldado con termita.**

HAHN, V., y FASTENAU. Der Thermit-Muffenstosoz. *Beton-und Stahlbetonbau*, vol. 63, nº 4 (abril 1968), pp. 77-82.

Se describe un empalme por manguito, relleno con acero fundido mediante el sistema "termita". Sirve para armaduras de acero de la clase III a (resistencia a la tracción sobre 50 kg/mm<sup>2</sup>). Esta junta, que se usa principalmente en conexiones de elementos prefabricados, se puede utilizar en obra con los valores de tensiones de tracción y comprensión dados por la norma DIN 1045, sin disminución, puesto que el empalme ocupa muy poco espacio, resulta apropiado en uniones muy estrechas de elementos prefabricados.

El gasto en aparatos es muy pequeño y la ejecución no exige operarios especialmente calificados.

Resumen del autor.

**Deflexiones permisibles.**

SUBCOMMITTEE 1, ACI COMMITTEE 435. "Allowable deflections" *Journal of the American Concrete Institute*, Proceedings, vol 65, nº 6 (junio 1968), pp. 433-444.

Se discuten los factores que afectan a las deflexiones de elementos estructurales de hormigón armado y se destaca la importancia de considerarlos para obtener una estimación más precisa de las deflexiones. Incluye además una tabla con una extensa lista de casos que requieren limitación de las deflexiones. Estas se expresan por las razones  $L/\Delta$  (luz/flecha máxima), y por los valores absolutos aplicados a las deflexiones totales o incrementales. Se analizan los parámetros más significativos que influyen en las razones  $L/D$  como un límite indirecto en las deflexiones, siendo  $D$  la altura de la viga. Presenta fórmulas y gráficos para  $L/D$  y ejemplos de su uso.

El informe está dividido en cinco capítulos: Introducción, Cálculo de las deflexiones, Deflexiones permisibles, Razones luz/altura permisibles y Correlación con estructuras reales.

Resumen del autor

\* \*

**¿Qué seguridad presentan nuestras vigas altas de hormigón armado?**

KANI, G.N.J. How safe are our large reinforced concrete beams? *Journal of the American Concrete Institute*, Proceedings vol. 64, nº 3, (marzo 1967), pp. 128-141.

En este trabajo el autor presenta los resultados obtenidos en ensayos de flexión de vigas de hormigón armado, realizados en la Universidad de Toronto, con el fin de demostrar experimentalmente su hipótesis de que la capacidad de carga de una viga se reduce considerablemente a medida que su altura útil crece.

El diseño de vigas de gran altura se ha basado hasta ahora en ecuaciones deducidas de ensayos de resistencia a la rotura de vigas de 25 a 40 cm de altura; se ha supuesto que vigas de diferente altura útil, a igualdad de los demás factores, po-

seerán el mismo margen de seguridad.

Con los ensayos realizados en vigas de 6, 12, y 24 y 48 pulgadas de altura, Kani demuestra que existe una notable influencia de la altura útil de las vigas en su capacidad de carga, que para las vigas mayores llega a significar una reducción de 40% en el margen de seguridad.

F. DELFIN

\* \*

**Depósitos cilíndricos circulares.**

DEL POZO, F. Laboratorio Central de Ensayo de Materiales de Construcción. Madrid. Publicación nº 195. (1967), 63 pp. + 12 láminas plegadas.

En esta publicación se estudia de una manera formal, y de acuerdo con la teoría de láminas, aceptadas las simplificaciones usuales, el problema de un depósito cilíndrico circular destinado a contener líquidos.

El estudio se lleva hasta obtener una expresión explícita de los esfuerzos y del recorrido radial, expresión que resulta muy simple para el caso de espesor constante y algo más compleja para el espesor variable de acuerdo con una ley lineal en función de la altura.

Para el caso de espesor constante, el trabajo se completa con unas tablas y gráficos que permiten obtener cómodamente los esfuerzos en los casos más útiles, por su frecuencia o por su generalidad.

Por último, una serie de ejemplos, resueltos completamente, aclaran la utilización de tablas y gráficos.

Resumen del autor

\* \*

**Recubrimientos transparentes para hormigones ornamentales.**

LITVIN, Albert. Clear coatings for exposed architectural concrete. *Journal of the PCA*, vol. 10, nº 2 (mayo 1968), pp. 49-57.

Se investigó la eficiencia de una gran cantidad de recubrimientos transparentes para proteger, contra la acción ambiental

en áreas industriales, las superficies de hormigones con agregado a la vista y de hormigones blancos con textura lisa. Probetas recubiertas, de ambos tipos de hormigones, fueron sometidas a ensayos de envejecimiento acelerado, simulando las condiciones de exposición, y se evaluaron los cambios de color que experimentaron. Basados en estas evaluaciones y en análisis espectroscópico infrarrojo de los recubrimientos, aparecen las resinas acrílicas de baja viscosidad, compuestas fundamentalmente de metil metacrilato, como las que ofrecen mejor protección para las superficies con árido a la vista. Los hormigones de textura lisa resultaron más difíciles de proteger, y en este caso las sustancias de mayor viscosidad y contenido de sólidos presentaron un mejor comportamiento.

Muchos de los recubrimientos usados mostraron descoloración permanente en varios tonos de gris, amarillo o café. Un número limitado de probetas con agregado a la vista se mantuvieron en observación en una densa área industrial por un período de un año. Los resultados de esta exposición tendieron a confirmar los ya obtenidos en el laboratorio.

Resumen del autor

\* \*

### **Ensayo de un muro de albañilería reforzado postensado.**

ROSENHAUPT, F., BERESFORD, F.D., y BLAKEY, F.A. Test of a post-tensioned concrete masonry wall. *Journal of the American Concrete Institute*. Proceedings vol. 64, nº 12 (diciembre 1967), pp. 829-837.

Los autores se propusieron estudiar el comportamiento de albañilerías en suelos blandos, donde se podían producir asentamientos de 5 o más centímetros. Llegaron a la conclusión de que la solución práctica del problema era proyectar los muros como estructuras rígidas capaces de soportar su propio peso sin deformarse. Para ello hay que reforzarlos con cordones de hormigón armado tanto en la parte superior como en la inferior y ligar ambos con barras de acero postensadas u otros medios

de igual efectividad.

Se hizo un muro según esos principios, de 2,44 m de altura y 10 m de longitud, con bloques huecos, y se le sometió a un sistema de cargas que simulaba un asentamiento diferencial de los apoyos. Se colocaron numerosos extensómetros ubicados en posiciones elegidas para comparar las solicitaciones reales con las deducidas de un cálculo en que se asimila la estructura a una celosía formada por las vigas de hormigón como cordones, las barras de postensado como tirantes y la albañilería como diagonales de compresión. También se hace la comparación con los resultados de un cálculo en que se trata el problema como de elasticidad plana en que la estructura se reemplaza por un reticulado cuadrado.

A excepción de las zonas cercanas al vano de una puerta, la concordancia entre los resultados experimentales y los calculados se estima por los autores como bastante buena.

El muro resistió sin ninguna alteración las cargas máximas que se pueden producir para los mayores asentamientos previsibles y se rompió con cargas superiores al doble de aquéllas. Se concluye que un postensado como el que se usó en esa experiencia es una buena solución para el problema analizado.

\* \*

E.G.

### **Ensayos sobre bases de suelo-cemento y bases mejoradas con cemento en Minnesota.**

LARSEN, J. Test on soil-cement and cement-modified bases in Minnesota. *Journal of the PCA*, vol. 9, nº 1 (enero 1967), pp. 25-47.

El Departamento de Carreteras de Minnesota construyó un camino experimental el cual incluyó bases de suelo-cemento y mejoradas con cemento. Las variables planteadas fueron contenido de cemento, espesor de la base y tiempo comprendido entre colocación y compactación. Los pavimentos fueron evaluados en términos de deflexiones, medidas a través de ensayos de carga con placas; ensayos mediante viga de Benkelman; y pruebas de carga es-

táticas, y dinámicas con vehículo en movimiento. Los resultados mostraron buena correlación con una ecuación desarrollada en los laboratorios de PCA para predecir la deflexión.

La teoría de fundación elástica de Westergaard y Burmister mostró mala correlación con los resultados de los ensayos. El contenido de cemento influyó significativamente en el funcionamiento y durabilidad del pavimento. Aumentos en el espesor de la base sobre 6 pulgadas fueron significativos cuando el contenido de cemento del material era bajo (bases mejoradas con cemento), pero tuvieron poca influencia cuando se trataba de suelo-cemento. Como se esperaba, el excesivo retraso de la compactación de 36 a 72 horas tuvo un efecto perjudicial sobre la resistencia de los pavimentos. En el ensayo con carga móvil, las deflexiones disminuyeron al aumentar la velocidad del vehículo. La mayor parte de esta disminución tuvo lugar entre carga en reposo y 2 millas por hora.

Resumen del autor

\* \*

### *Criterio para la construcción de espectros para diseño sísmico.*

ESTEVA, L. *IMME*, nº 19 (julio-septiembre 1967), pp. 49-73.

En este trabajo se describen los fundamentos, algunos teóricos y otros empíricos, para elegir los parámetros de diseño sísmico en una determinada zona o localidad a partir de la información sismológica disponible en ella.

Se presenta un procedimiento para establecer los espectros a partir de los valores máximos absolutos de la aceleración, velocidad y desplazamiento del terreno durante el temblor. Estos valores a su vez se estiman por medio de fórmulas en función de la magnitud del temblor y de la distancia focal.

Conociendo las características sismológicas de la vecindad, en especial la ubicación de los probables focos de sismos, se puede formular un modelo para describir la probabilidad de que en la localidad considerada ocurran temblores que excedan una magnitud determinada en un pe-

riódodo.

A partir de las consideraciones anteriores se deduce un modelo que incluye la distribución probabilística de las solicitudes significativas para diseño sísmico en la localidad, en un intervalo especificado de tiempo.

Por último se hace un intento de optimizar el diseño sísmico. Se reconoce sin embargo que faltan muchos elementos todavía para perfeccionar este procedimiento. Por ejemplo, falta información para estimar la sismicidad de distintas zonas; la relación entre la magnitud del temblor y la distancia focal con el movimiento del terreno en la estación presenta gran dispersión, tal vez debida a la influencia de los tipos de suelos intermedios, y la respuesta de las estructuras es bastante más compleja que el modelo simplificado que generalmente se acepta.

De todas maneras, los criterios de diseño sísmico presentados en este artículo conforman un enfoque racional del problema, ya que se proponen fijar la cota de intensidad de los temblores a partir de consideraciones de probabilidad de ocurrencia y ese parece ser un camino promisorio y acertado.

E.G.

\* \*

### *La difracción de rayos X. Aplicaciones al estudio de los materiales de construcción.*

ALONSO, R.J.L. Laboratorio Central de Materiales de Construcción. Madrid. Publicación nº 194 (1966), 86 pp.

El autor hace una exposición sencilla y concisa de los fundamentos de las técnicas de difracción de rayos X. Después de indicar los conceptos básicos referentes a la estructura cristalina de la materia, insistiendo en las familias de planos de los cristales, se ocupa de la naturaleza y producción de los rayos X con los modernos equipos destinados a conseguir radiaciones monocromáticas.

Estudia, de forma elemental, el fenómeno de la difracción de los rayos X en las sustancias cristalinas, valiéndose de un aparato Norelco montado en el Labora-

torio Central. Sigue describiendo los detalles de esta instalación, particularmente de los tubos de diferentes anticátodos, cámaras Debye-Scherrer, contadores ordinarios y proporcionales, registrador gráfico, etc. Por último, se ocupa de las aplicaciones analíticas a la difracción de rayos X, tanto en su aspecto cualitativo como cuantitativo. En el primer caso pone un ejemplo de identificación de una sustancia cristalina, exponiendo en el segundo el fundamento de las técnicas cuan-

titativas por el método del patrón interno.

Al final del trabajo se incluye una serie de difractogramas de productos usuales en el campo de los materiales de construcción.

Una serie de citas bibliográficas seleccionadas sirve al lector interesado para adentrarse en el tema de la difracción de rayos X.