



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

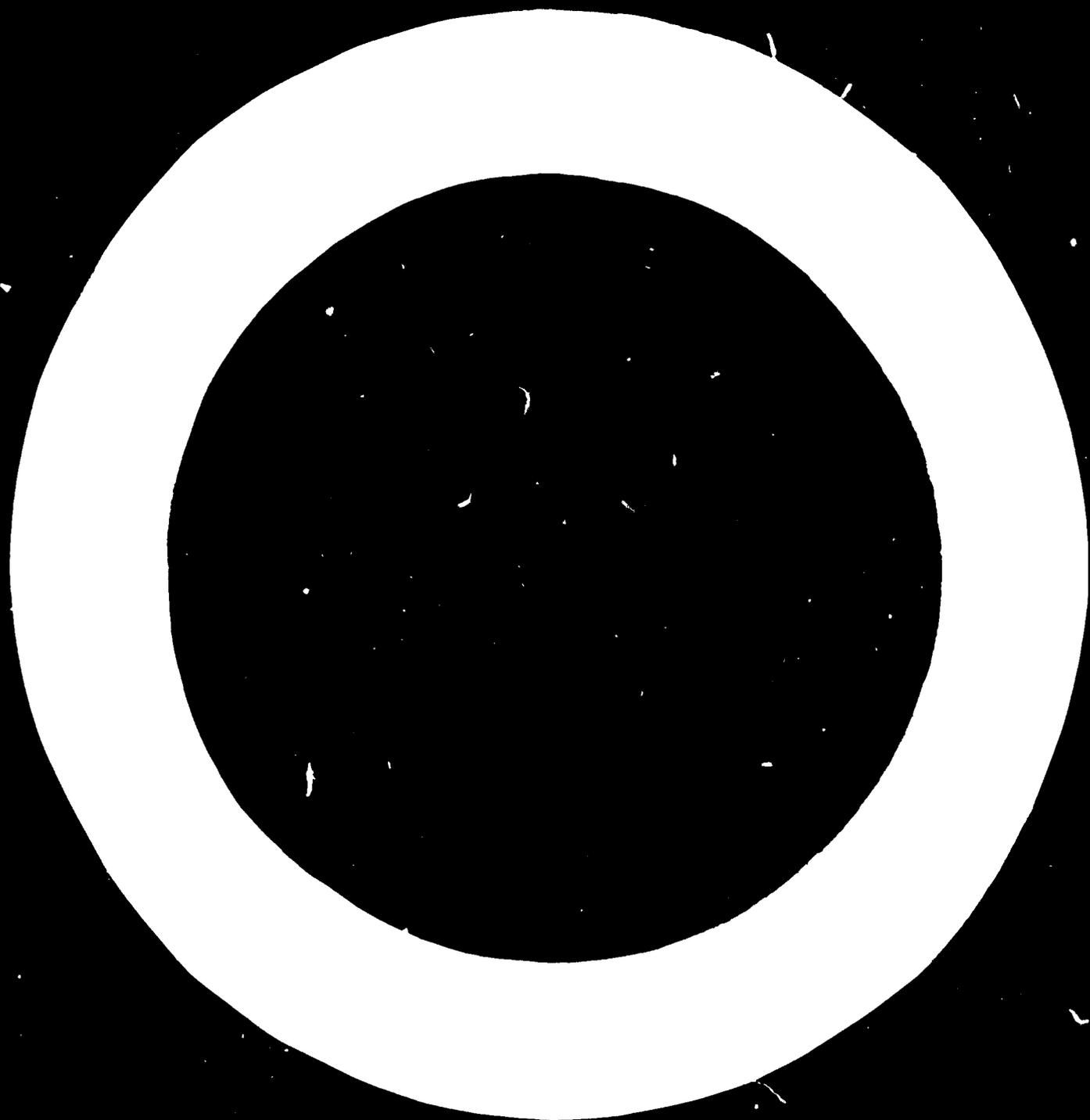
For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org

FABRICACION Y UTILIZACION DE CEMENTO PORTLAND

Informe del Seminario Interregional
celebrado en Holbe (Dinamarca)
del 7 al 20 de marzo de 1972

incluido un resumen de las conferencias
pronunciadas ante el Seminario





**FABRICACION Y UTILIZACION
DE CEMENTO PORTLAND**



ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL
Viena

FABRICACION Y UTILIZACION DE CEMENTO PORTLAND

*Informe del Seminario interregional
celebrado en Holte (Dinamarca)
7-20 de mayo de 1972*

*incluido un resumen de las conferencias
pronunciadas ante el Seminario*



NACIONES UNIDAS
Nueva York, 1973

El material que aparece en esta publicación se podrá citar o reproducir con entera libertad, pero se agradecería que se mencionase su origen y que se enviase un ejemplar de la publicación en que figure la cita o la reproducción.

ID/97
(ID/WG.125/8/Rev.1)

PUBLICACION DE LAS NACIONES UNIDAS

Núm. de venta: S.72.II.B.32

Precio: \$1,00 (EE.UU.)

(o su equivalente en la moneda del país)

INDICE

	<i>Página</i>
<i>Introducción</i>	1
<i>Primera parte.</i> INFORME DEL SEMINARIO	
Resumen del debate	3
Conclusiones	7
Recomendaciones	8
<i>Segunda parte.</i> RESUMENES DE CONFERENCIAS PRONUNCIADAS	
Desarrollo de las industrias del cemento y del hormigón	
J. K. Rasmusen.	11
Planificación de nuevas plantas de cemento y ampliación de las existentes	
H. Carlsen	12
Fabricación, propiedades y aplicaciones del cemento portland	
T. Enkegaard	14
Industrias y productos basados en el cemento portland	
G. Idorn	14
Tecnología del hormigón	
P. Nepper Christensen	16
Aridos naturales y artificiales para la producción de hormigón	
P. Christensen	17
Hormigón preamasado	
S. Lund	18
Industrias del hormigón: bloques de construcción, sistemas de edificación, tubos y productos varios	
J. Fuglsang	18
Asbestocemento	
K. Thiele	19
Sistemas de edificación	
P. Snabe	20
La industria del cemento portland y su relación con la industria de la construcción	
C. Bang-Petersen	21
<i>Anexo</i> Descripción de las plantas visitadas	25

NOTAS EXPLICATIVAS

El término toneladas indica toneladas métricas, y el término dólares y el signo correspondiente (\$) se refieren a dólares de los E.E.UU.

En esta publicación se han utilizado las siguientes abreviaturas:

ASTM American Society for Testing Materials

ISO Organización Internacional de Unificación de Normas

PNUD Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

Introducción

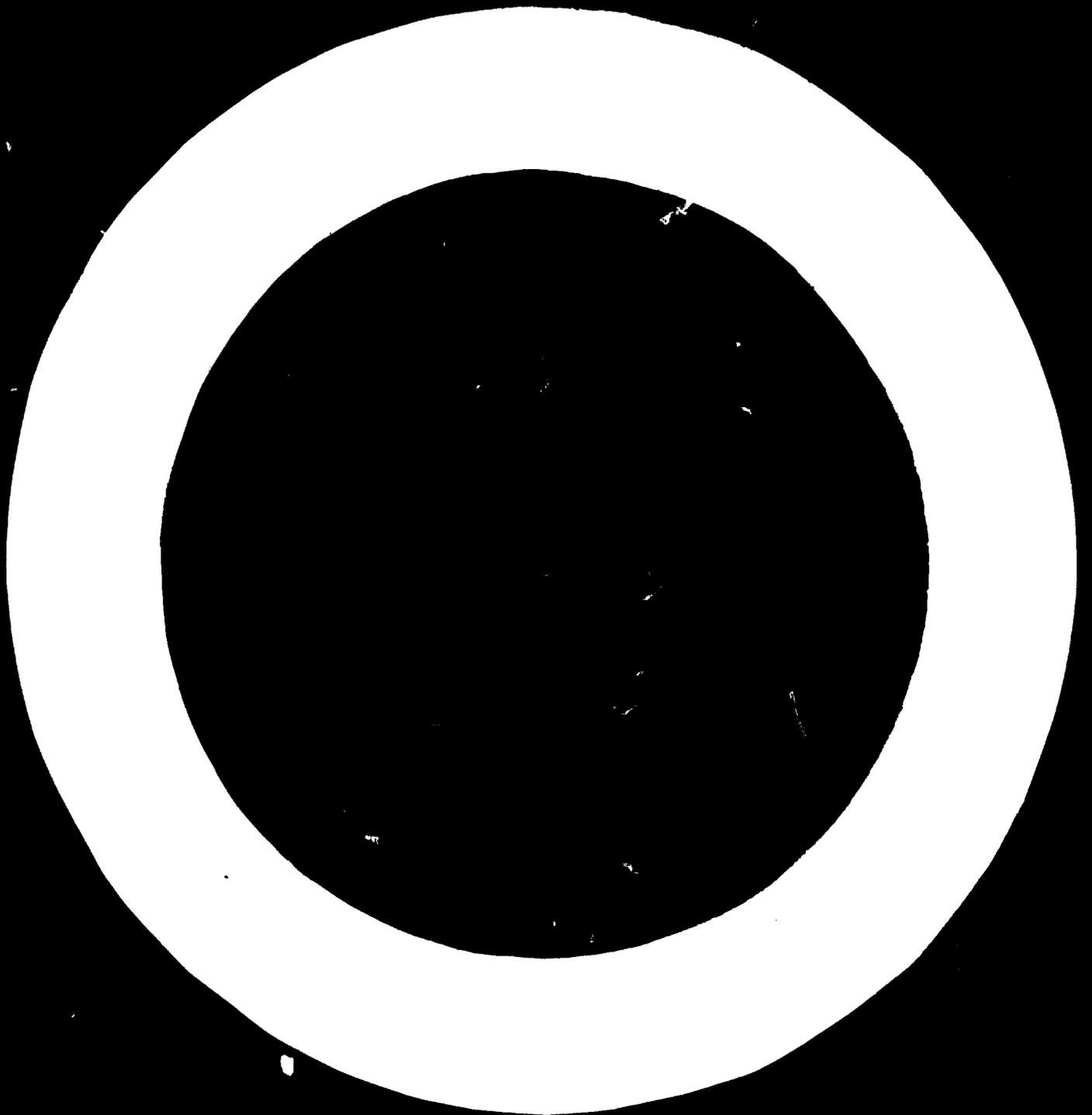
El Seminario interregional sobre fabricación y utilización de cemento portland¹ se celebró en Holte (Dinamarca) del 7 al 20 de mayo de 1972. Fue organizado conjuntamente por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONU DI) y el Organismo Danés para el Desarrollo Internacional (DANIDA).

El Seminario sirvió de foro para el intercambio de información técnica sobre las industrias del cemento y el hormigón. En él se exploraron las aplicaciones del cemento como producto industrial y como material básico para otras industrias. Como actividad paralela, se organizaron reuniones entre representantes de empresas industriales y de consultoría y los participantes en el Seminario. Asistieron al Seminario 25 participantes y observadores procedentes de países de Africa, América Latina, Asia y el Oriente Medio, como también 30 representantes de empresas industriales. Se dieron las conferencias y, además, los siguientes países presentaron monografías: Arabia Saudita, Argentina, Bolivia, Brasil, Egipto, India, Indonesia, Irak, Mauricio, México, Perú, República Arabe Libia, República Arabe Siria, República Unida de Tanzania, Sudán, Túnez, Uganda, Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas y Zaire.

El Sr. S. A. Kock-Petersen, de DANIDA, fue el Director del Seminario. Los Sres. H. C. Alsted Nielsen, de DANIDA; C. Rydeng, de la División de Tecnología Industrial de la ONU DI, y Q. Tran-Le, de la División de Política y de Programación Industriales de la ONU DI, fueron los Codirectores del Seminario.

Los participantes visitaron una fábrica de cemento, una planta de asbestocemento, una planta de hormigón mezclado en fábrica, industrias de elementos prefabricados y plantas productoras de áridos y de materiales básicos.

¹ Este Seminario se celebró como secuela del Seminario interregional sobre la industria del cemento, celebrado en Dinamarca del 2 al 16 de mayo de 1964 (véase ST/TAO/SER.C/71).



Primera parte

INFORME DEL SEMINARIO

RESUMEN DEL DEBATE

Desarrollo y planificación

Se reconoció la importancia económica y social de contar con industrias bien establecidas para la fabricación de cemento y de productos a base de cemento. Sin embargo, el establecimiento de esas industrias representa una etapa difícil en el desarrollo industrial; por eso, los gobiernos deben dar especial prioridad y apoyo a estas industrias de gran densidad de capital.

Si bien es cierto que la rentabilidad de las plantas de cemento, comparada con la de otras industrias, a menudo parece ser baja, también es verdad que el cemento es uno de los materiales de construcción básicos en el proceso de industrialización. Por consiguiente, los gobiernos deben estimular y apoyar un crecimiento adecuado de las industrias productoras de cemento y de productos a base de cemento. Es más, los proyectos nuevos a base de cemento dan lugar a mayor empleo a través de las diversas aplicaciones de dicho material. No obstante, como el rendimiento que producen las inversiones de capital en esta industria es limitado, la preparación cuidadosa de un estudio de viabilidad es requisito indispensable para la planificación de nuevas plantas de cemento y la ampliación de las existentes. Los posibles inversionistas sólo considerarán favorablemente las estimaciones bien preparadas y cuidadosamente evaluadas de la rentabilidad prevista. Una norma general para calcular un rendimiento satisfactorio del capital invertido, es que no sólo debe cubrir la amortización necesaria de los activos fijos, sino también proporcionar dividendos adecuados para los accionistas y permitir la acumulación de reservas para inversiones futuras.

Los siguientes factores tienen importancia para la ubicación óptima de una planta de cemento: el mercado que ha de cubrir y el abastecimiento de materias primas. En el estudio de viabilidad se calcularán los costos de transporte en función de esa ubicación.

La capacidad anual mínima de una nueva planta de cemento debe ser de 150.000 toneladas. En algunos casos, por consideraciones políticas se podría justificar el establecimiento de una planta con otros parámetros técnicos y económicos. Los costos de capital para una nueva planta de cemento oscilan entre \$50 y \$75 por tonelada de capacidad anual. La instalación de equipo para eliminar la contaminación del medio hace que los costos de capital asciendan a \$85 por tonelada de capacidad anual.

Antes de proceder al establecimiento de plantas completas de cemento, o bien se pueden instalar plantas de trituración de clinker, a fin de justificar luego inversiones

más cuantiosas, o utilizar cemento importado. Sin embargo, será preciso que el cemento importado se venda y distribuya de conformidad con especificaciones normalizadas válidas.

Una vez que se ha decidido establecer una industria de cemento en una nueva zona, será necesario contratar personal especializado. Durante el periodo de construcción hay que seleccionar técnicos y trabajadores especializados. El personal clave, como encargados de los hornos y los capataces, ha de ser adiestrado con anticipación de manera que conozca perfectamente sus obligaciones cuando la fábrica comience a producir. Además, todas las fábricas nuevas suelen requerir un equipo de especialistas que secunden y controlen las actividades durante el periodo de puesta en marcha. El valor del equipo de las plantas de cemento a menudo justifica la presencia permanente de un especialista en producción enviado por el proveedor, para lograr que la planta funcione de manera correcta y eficiente.

Para satisfacer la demanda de cemento, que va aumentando gradualmente, es aconsejable ampliar una fábrica existente mediante la instalación de una nueva unidad que tenga por lo menos la misma capacidad que la primera. Durante el periodo que precede a la puesta en marcha de las nuevas instalaciones, la mayor demanda podría satisfacerse importando una cantidad suficiente de clinker que permita utilizar la capacidad máxima de la planta existente.

La adopción del proceso de fabricación depende de las materias primas. En general, se preferirá el proceso por vía seca, a menos que ciertas condiciones especiales justifiquen el empleo del proceso por vía húmeda o semiseca. El contenido efectivo de impurezas y de humedad constituyen criterios importantes. Es posible inclinarse por el proceso por vía húmeda cuando existe un alto contenido de álcalis, cloruros y sulfatos; el método por vía semiseca puede utilizarse en condiciones especiales una vez que se hayan beneficiado las materias primas por la vía húmeda.

El hormigón y sus áridos

Para producir hormigón se requiere el empleo de áridos. Los áridos naturales se obtienen directamente de sedimentos geológicos o mediante la trituración de la roca. En ambos casos, para obtener hormigón de buena calidad, se requiere una granulometría cuidadosa de los áridos. Utilizando la trituradora de conos se obtienen partículas en forma de cubos en los áridos triturados. De todos modos, es importantísimo que las trituradoras funcionen debidamente. Al evaluar nuevos abastecimientos de áridos, es preciso determinar la estabilidad química de las materias primas; los áridos alcalirreactivos requieren atención especial.

Ciertos tipos de áridos causarán dilataciones de los elementos alcalinos del hormigón, cuando se expone a condiciones de humedad. Aunque los mecanismos básicos mismos no se comprenden a fondo, los principales tipos de áridos activos son los siguientes: SiO_2 amorfo, pedernal o sílice y roca volcánica básica (con alto contenido de vidrio).

Se pueden evitar las reacciones de los áridos utilizando materiales pétreos que no contengan álcalis activos, o empleando cemento de bajo contenido alcalino. Los efectos negativos de esas reacciones podrían minimizarse produciendo un buen hormigón de estructura compacta o moliendo conjuntamente puzolana y clinker portland. Se podría detectar la presencia de áridos peligrosos aplicando uno de los bien definidos métodos ASTM [ya sea el método químico rápido (ASTM C289- 64) o la prueba de dilatación (ASTM C227- 67)].

El cloruro cálcico produce corrosión en el acero del armado. Por lo tanto, se sugieren los límites siguientes para su empleo en el hormigón armado: 1,5% de CaCl_2 calculado a base de cemento con armado simple, y 0,5%, con armado pretensado. Para hormigón no armado, el límite es de 2,5%.

En ciertos países, es común el empleo de áridos que contienen sulfatos. Por ejemplo, en el Irak, se aplica un límite máximo de 0,25% de SO_3 en los áridos. No se puede decir la última palabra al respecto ya que se dispone de poquísima literatura sobre la materia. Además, los distintos países han fijado límites diversos para el uso de SO_3 que, probablemente, tienen que ver con la composición de los sulfatos presentes en los áridos (CaSO_4 , MgSO_4 y BaSO_4).

Para ciertos casos se necesitan cementos especiales, pero habría que evitarlos en lo posible. La experiencia danesa ha demostrado que las estructuras portuarias, anteriormente hechas con mezclas de cemento que contenían diatomita, pueden ser construidas a base de cemento portland gris ordinario siempre que se prepare la calidad precisa de hormigón.

Se celebró un debate general sobre los métodos recomendados para la especificación de la mezcla. La bien conocida *British Road Note No. 4* proporciona muy buenas normas y sirve para el enfoque inicial. En general, en Europa no se emplean piedras grandes para el hormigón. Sin embargo, pueden utilizarse, siempre que las superficies estén limpias y no haya contacto directo entre las piedras.

El curado a temperaturas elevadas es un procedimiento bien establecido, pero puede haber una reducción hasta de 20% de la resistencia final. Además, durante el proceso de curado es preciso dar la debida atención a la relación tiempo-temperatura.

El hormigón que producían los romanos por el año 300 de la era cristiana tiene una resistencia a la compresión de unos 160 kg/cm^2 . Los hormigones actuales son algo mejores a este respecto, pero ya se puede vislumbrar un verdadero avance con la comercialización de métodos avanzados de compactación. Se espera que la resistencia a la compresión pueda aumentarse a 1.200 kg/cm^2 .

En los Estados Unidos de América se han edificado edificios altos utilizando hormigón fabricado con los esquistos llamados "muy esponjados". Los fabricantes daneses han desarrollado también, con ese fin, áridos a base de arcillas muy esponjadas. Otros áridos artificiales de estructura medianamente compacta son las escorias de acero esponjadas y la ceniza volante sinterizada.

Se requiere más labor de investigación sobre la producción de un buen hormigón con agua de desecho de la industria. Se puede emplear agua de mar para mezclar hormigón, pero convendría tener la precaución de sustituir el cemento portland ordinario con cemento resistente al agua de mar o a los sulfatos a fin de evitar la penetración de sulfato en el hormigón terminado.

Se podría promover el empleo de cemento estableciendo industrias pequeñas que poduzcan tuberías, bloques y losas de pavimentación a base de hormigón. Se dispone de muchos tipos de máquinas para este tipo de industrialización.

Se debe considerar el establecimiento de un servicio de asesoramiento para los usuarios del cemento. La información que se dé a los clientes ha de ser independiente del interés por vender que tengan los fabricantes de cemento.

Hormigón preamasado

El producto más simple de cemento es el hormigón preamasado. La entrega se hace ya sea en una planta central de mezcla, o en camiones que efectúan la mezcla en

tránsito. El hormigón preamasado puede ser entregado a sitios situados a una distancia máxima de 175 millas de las plantas centrales de mezcla, en condiciones climáticas moderadas. Puede ser transportado cuando hace calor si se emplea el método de mezcla en tránsito, de manera que el agua para la mezcla se agregue en el momento preciso. Además, es posible añadir retardadores.

Se puede erigir una instalación de una sola planta, pero se corre el riesgo de que se registren graves daños cuando se trate de grandes trabajos de construcción, como puentes, si ocurren averías en la planta mezcladora. En el contratista recae siempre la responsabilidad jurídica en caso de que fracase una estructura.

El tamaño mínimo de una planta económicamente viable es el que corresponde a una producción anual de 10.000 a 15.000 m³. En Dinamarca, el volumen mínimo para pedidos de concreto preamasado es de 0,25 m³. Sin embargo, la rentabilidad es nula en ambos casos.

Asbestocemento

Las plantas de asbestocemento funcionan en estrecha relación con las de cemento. Cuando se instala una planta nueva de asbestocemento en países que no han tenido experiencia en su producción, es preciso considerar debidamente la selección de perfiles para láminas corrugadas. Las plantas de asbestocemento pueden ser iniciadas con motores Hatzelck sencillos de un cilindro.

Los asbestos de crisotilo y anfíbol tienen características diferentes. Sin embargo, existe una amplia oferta de fibras de crisotilo, mientras que el suministro de fibras de anfíbol es limitado. Estas se suelen utilizar para acelerar la velocidad de filtración de la pasta de asbestocemento. Las condiciones locales determinan siempre la cantidad de fibra que será preciso añadir a la mezcla. Aunque las fibras de celulosa no están comprendidas en las normas internacionales, su empleo se halla muy extendido en el Reino Unido como también en la India.

Se puede contrarrestar la asbestosis manteniendo las fibras de asbesto lejos de la zona de trabajo en las fábricas. Como medida sanitaria, se requiere una labor eficiente de remoción del polvo.

Tuberías

Las tuberías para agua y alcantarillado son de vital importancia para zonas urbanas densamente pobladas. Los tubos de presión pueden ser de asbestocemento y de hormigón armado. Las tuberías para desagüe pueden ser hechas de hormigón y de asbestocemento. Los tubos de hormigón son los más baratos. Aunque existen varios tipos de uniones, se debe dar preferencia a las uniones flexibles y de fácil regulación. Se puede fabricar tuberías mediante operaciones manuales muy simples o con la ayuda de máquinas completamente automáticas. Es posible emplear tubos de hormigón en zonas en que no se pueden utilizar tubos de plástico debido a posibles ataques de termitas.

Sistemas de construcción industrializada

Los países en desarrollo quizá tengan dificultades para encontrar industrias con el capital necesario para el desarrollo de sistemas de construcción industrializada. La industria del cemento debería considerar la posibilidad de invertir en ese desarrollo

pues, muy a menudo, tiene acceso a las fuentes de capital. Sin embargo, ése no ha sido el caso de Escandinavia, aunque la industria del cemento en Suecia ha adquirido recientemente empresas dedicadas a la industria de la construcción. En Dinamarca, los ingenieros consultores así como las sociedades cooperativas de construcción han desempeñado una función muy importante en el desarrollo y establecimiento de sistemas de construcción industrializada.

En Dinamarca, la cooperación entre arquitectos, constructores e ingenieros consultores ha dado como resultado la amplia utilización de muros transversales de sustentación. Las fachadas se dejan libres y flexibles para recibir diseños diferentes.

Promoción de proyectos industriales

La reunión destinada a promover proyectos industriales consistió en conversaciones entre participantes en el seminario y representantes de empresas industriales; se concertaron y programaron 80 entrevistas. Se suministró información sobre un plan de vivienda, de diseño noruego para Abidjan (Costa de Marfil), y sobre la utilización de la laterita como material de construcción.

Monografías por países

Cada uno de los participantes describió el desarrollo y la estructura de las industrias basadas en el cemento en su respectivo país. Aunque el desarrollo registrado en cada país es único, en el debate aparecieron varios factores comunes. Las infraestructuras insuficientes plantean problemas para el transporte de materias primas y para la distribución de productos finales. Circunstancias comunes a muchos países son la falta de personal técnico calificado, de consumidores bien enterados y de técnicas modernas de comercialización.

CONCLUSIONES

Las siguientes conclusiones se basan en la información presentada en las monografías por países, las conferencias y las discusiones.

La industria del cemento es una de las industrias básicas del proceso de industrialización. Una vez establecida, el consumo de cemento aumenta gradualmente. Por tanto, deben dedicarse continuos esfuerzos preparatorios a los estudios de viabilidad tecnoeconómica, la planificación técnica y los programas de capacitación de trabajadores.

En vista de las grandes cantidades de materias primas que consume la industria del cemento e industrias basadas en éste, deberán planearse y ejecutarse estudios de materias primas orientados hacia la producción. Deberán conocerse, cuantitativa y cualitativamente, las reservas de materias primas, a fin de evitar posibles problemas de producción. La demanda futura habrá de satisfacerse mediante una explotación racional y bien planeada de estos recursos.

El carácter voluminoso de los productos de cemento y de hormigón, y su precio relativamente bajo, hacen necesario contar con servicios de transporte bien organizados. Conviene ampliar la actual infraestructura y adoptar una red de distribución racional.

La creación de un buen mercado de cemento deberá basarse en la producción de cemento portland normal de calidad uniforme. Para satisfacer necesidades especiales deberán producirse otros cementos, tales como los de fraguado rápido, los de débil calor de fraguado y los resistentes a los sulfatos. Paralelamente a la industria del cemento --de gran intensidad de capital-- se desenvuelven las actividades de gran densidad de mano de obra de la industria de la construcción basada en el empleo de cemento.

La magnitud de las inversiones de capital necesarias y los bajos dividendos que se obtienen obstaculizan la creación de nuevas fábricas de cemento, especialmente en los países en desarrollo. El establecimiento de industrias consumidoras de cemento debe estimularse mediante programas oficiales de planificación y de financiación. Un buen ejemplo sería un extenso programa de construcción para el que se requiera una producción específica de hormigón premasado, elementos y bloques de construcción, placas de asbestocemento, tubos de hormigón y losas para pavimentos.

RECOMENDACIONES

El Seminario aprobó recomendaciones respecto a medidas que corresponde adoptar a los países en desarrollo, la ONUDI y los países industrializados. A continuación se resumen las citadas recomendaciones:

A. Países en desarrollo

1) La industria del cemento ha de:

- a) Establecer y mantener un control de producción adecuado, atendiendo debidamente a los aspectos de extracción, mezcla, elaboración y manutención apropiada del producto final.
- b) Implantar procedimientos de mantenimiento preventivo y determinar la disponibilidad de cantidades suficientes de piezas de repuesto;
- c) Constituir grupos regionales de personal técnico para examinar experiencias y problemas comunes;
- d) Enviar ingenieros a la sede de la ONUDI para examinar proyectos de industrialización y dificultades técnicas concretas;
- e) Seleccionar posibles candidatos con vistas a su designación, por parte de los respectivos gobiernos, como participantes en el programa de becas de la ONUDI.

2) Los gobiernos han de:

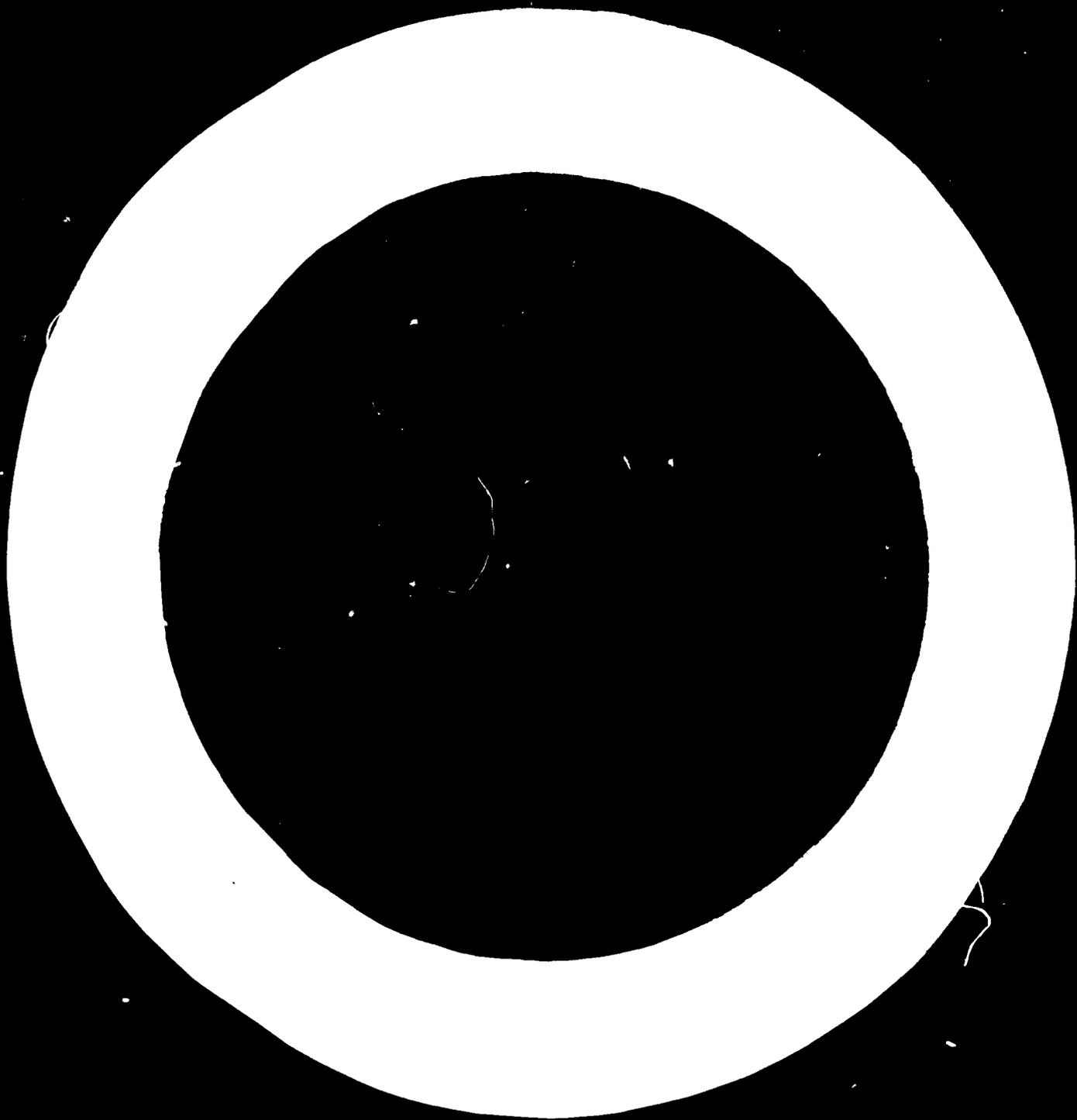
- a) Evaluar las necesidades de desarrollo de las industrias de cemento portland y de las industrias basadas en el cemento;
- b) Definir las necesidades nacionales de asistencia técnica, en consulta con la industria del cemento, e informar sobre ella a la ONUDI.

B. La ONUDI ha de:

- 1) Continuar enviando documentación técnica a ingenieros y entidades decisorias de países en desarrollo;
- 2) Complementar las actividades del presente Seminario organizando varios seminarios regionales de capacitación en el trabajo para ingenieros de industrias del cemento, e industrias basadas en éste, de países en desarrollo;
- 3) Proporcionar asistencia completa para la realización de programas de desarrollo técnico a corto y a largo plazo, facilitando a quienes lo soliciten expertos y expertos asociados de la ONUDI;
- 4) Reforzar las actividades técnicas de la ONUDI mediante la contratación de ingenieros experimentados que sirvan de eslabones directos entre la Sede de la ONUDI y los países en desarrollo, y mediante el establecimiento y mantenimiento, para las industrias del cemento y del hormigón, de un sistema de asesores interregionales que ayuden a los países en desarrollo a resolver sus problemas sobre el terreno y a solicitar asistencia ulterior para las industrias de la construcción y de los materiales de construcción.

C. Los países industrializados han de:

- 1) Aumentar las oportunidades de capacitación de participantes individuales en el programa de becas de la ONUDI;
- 2) Continuar organizando y acogiendo seminarios técnicos y cursos prácticos, facilitando con ello una transmisión continua de conocimientos prácticos a los países en desarrollo;
- 3) Procurar ampliar y revisar el concepto en que se basa su cooperación financiera para el establecimiento de industrias del cemento, e industrias basadas en éste, en los países en desarrollo;
- 4) Dedicar un número suficiente de expertos calificados para capacitar personal local en todos los aspectos del funcionamiento de plantas recientemente establecidas.



Segunda parte

RESUMENES DE CONFERENCIAS PRONUNCIADAS

Desarrollo de las industrias del cemento y del hormigón

J. K. Rasmusen

A la industria del cemento se la suele considerar como industria clave, pues fabrica un producto extensamente utilizado en todo tipo de construcciones. No obstante, la importancia de esta industria depende por completo de que se den las condiciones necesarias para el consumo de cemento. Por tanto, la producción de éste, más que un fin en sí, es un medio de atender necesidades nacionales o regionales. Esta limitación geográfica se debe al bajo precio del cemento y de los áridos y a lo voluminosos que son, razones que determinan un elevado costo de transporte. Por ello, hasta hace poco era imposible vender los productos acabados en puntos alejados del lugar de producción. No obstante, esta situación está cambiando.

El consumo y desarrollo del cemento se estudian mediante información estadística procedente de los Estados Unidos, Europa y países en desarrollo. Se aconseja ir con cautela al sacar conclusiones sobre la situación existente en determinado país, pues la tradición, las condiciones climáticas y otros factores diversos influyen en la demanda de hormigón y productos conexos en el mercado local de materiales de construcción.

Esfuerzos realizados en conexión con el mejoramiento de la calidad del cemento y con el control y la racionalización de la producción de cemento, indican que pueden lograrse economías de escala. Por tanto, las industrias del cemento deben intentar ensanchar sus mercados ampliando el ámbito geográfico atendido o aumentando el consumo en este ámbito, o por ambos medios.

En toda posible expansión geográfica influyen factores tales como las condiciones económicas generales, la magnitud de los recursos de materias primas y el vigor de la competencia. No obstante, quizá sea realista suponer que la demanda de unidades de producción en gran escala, y los riesgos económicos que ella entraña, den lugar a cambios estructurales basados en un sistema racionalizado de transporte y distribución. En vista del desarrollo técnico del transporte a granel de clinker y cemento, la centralización racional de la producción de éste podría ser un factor dinámico para la ampliación del posible mercado.

Además, el perfeccionamiento de los métodos de transporte a granel puede ser importante en zonas en las que no resulta fácil el acceso a las materias primas adecuadas. El clinker importado podría servir de base a la producción de cemento en instalaciones de trituración de clinker situadas cerca de los centros de consumo.

Una medida paralela para incrementar la producción consiste en aumentar el consumo de cemento. La industria del cemento debe interesarse positivamente en

todo progreso de que puedan disfrutar las industrias consumidoras de cemento; los intereses son, por tanto, paralelos. En ciertos casos se establecen relaciones económicas y técnicas, así como cooperación empresarial, en forma de integración vertical.

La evolución hacia el transporte a gran distancia mediante grandes vehículos de carga a granel, y la costosa instalación de equipo para eliminar la contaminación del medio, podrían dar lugar a una migración de parte de la producción mundial de cemento. De todos modos, es probable que se produzca una concentración de la estructura de la producción de cemento.

Planificación de nuevas plantas de cemento y ampliación de las existentes

H. Carlsen

La producción de cemento portland sólo es económicamente viable cuando éste se fabrica en plantas de un tamaño superior al mínimo, lo que entraña una inversión de capital inicial de varios millones de dólares. Por tanto, es esencial que la decisión de iniciar un proyecto para el establecimiento de una de estas plantas se base en cuidadosas investigaciones del mercado, de las materias primas y de otros factores tecnoeconómicos. Es importante, además, planear el proyecto diligentemente, pues toda modificación importante de los planes una vez iniciado el proyecto resultará probablemente muy costosa, y en muchos casos prohibitiva.

La finalidad de un estudio del mercado es cerciorarse de que la demanda de cemento justifica la construcción de una nueva planta, y obtener los datos básicos que permitan determinar el tamaño de ésta. El estudio debe incluir, en forma detallada, cifras respecto al consumo actual y proyectado, así como a la capacidad de producción de las plantas de cemento competidoras existentes y futuras.

El éxito del proyecto de una nueva planta de cemento depende considerablemente de la disponibilidad, en cantidades suficientes, de áridos y de piedra caliza de buena calidad. Los criterios de calidad que a tal fin se aplican son: una composición química comprendida entre límites especificados y propiedades físicas adecuadas, como, por ejemplo, un bajo contenido de humedad. Los depósitos deben ser como mínimo lo suficientemente grandes para que las plantas puedan funcionar durante la vida normal del equipo, que suele estimarse en unos 25 años. Como las ampliaciones de las plantas están normalmente previstas, es preferible que los depósitos sean suficientes para una segunda unidad por lo menos, lo que significa que las necesidades mínimas normales son de unas 50 veces el consumo anual de la planta inicial a base de una unidad.

Para la evaluación de los depósitos se requieren normalmente investigaciones geológicas, incluida la toma de muestras mediante sondeos. Han de examinarse las posibilidades de mejorar las materias primas de menor calidad o de utilizar materias primas artificiales cuando no se disponga de piedra caliza muy carbonatada.

Si se comprueba que el mercado y las materias primas son favorables al establecimiento de una nueva fábrica de cemento, deberá realizarse un estudio de viabilidad preliminar para cerciorarse de que el proyecto merece un estudio más a fondo. El citado estudio de viabilidad comprende un cálculo global de las necesidades iniciales de capital, el cálculo de los costos de producción y el de los beneficios

brutos y netos, un programa de financiación preliminar y la rentabilidad prevista. Se examinan los diferentes métodos de expresar el rendimiento del capital invertido, es decir, plazos de reembolso, tipo simple de rendimiento o tipo interno (o inducido) de rendimiento.

Una vez construida la planta de cemento, sólo podrá trasladarse a otro lugar a un costo normalmente prohibitivo. Al elegir la localización de la planta deben tenerse muy en cuenta, por tanto, las necesidades futuras. Así, pues, el equipo de planificación deberá tener presentes los planes de desarrollo existentes para el país o región.

En principio, la localización ideal de la planta puede determinarse calculando, para todos los emplazamientos apropiados, los costos totales de transporte de las materias primas y del cemento, y eligiendo entonces el que suponga un costo más bajo. No obstante, varios otros factores, tales como la disponibilidad de energía eléctrica, de agua y de mano de obra, pueden influir en la decisión. El lugar de emplazamiento de la fábrica debe hallarse, de preferencia, a cierta distancia de las ciudades o de las zonas de recreo, a fin de evitar quejas motivadas por el polvo o el ruido.

Como el mercado del cemento aumenta constantemente en la mayoría de los países, toda nueva planta debe planearse con cierto exceso de capacidad para que pueda satisfacer la demanda futura durante algunos años. No obstante, el rendimiento del capital adicional necesario para una planta mayor es muy pequeño durante los primeros años, es decir, hasta que el volumen del mercado pueda responder a la capacidad de la planta. El tamaño óptimo de la planta puede calcularse a base de las cifras que proporcione un estudio del mercado y de los precios unitarios básicos del cemento, de la mano de obra, del combustible y de la energía. Como tales cálculos se basan en hipótesis respecto al volumen del mercado y la evolución de los precios se recomienda comprobar el efecto de desviaciones de los cálculos básicos.

La índole de las materias primas constituye el factor principal que ha de considerarse al optar entre los diversos procesos de fabricación: por vía seca, húmeda o semiseca. El proceso de vía seca es, en la mayoría de los casos, la solución más económica, pero el de vía húmeda resulta ventajoso en casos especiales: por ejemplo, cuando el contenido de humedad natural de las materias primas es excepcionalmente elevado (superior a un 15 o a un 20%). Se examinan otros procesos, tales como los de filtración de pasta, deshidratación por aspersión, lecho fluidificado, y horno de pozo.

El equipo de la planta debe seleccionarse de acuerdo con las materias primas, los procesos utilizados y - en algunos casos - el emplazamiento de la planta. Si se proyecta realizar ampliaciones en un futuro próximo, al efectuar el trazado de la planta deberá preverse el establecimiento de una segunda instalación y acaso de otras más. Estas previsiones aumentarán un tanto el costo de la primera unidad, por lo que no siempre estarán justificadas.

Una ampliación importante requiere la misma planificación preparatoria que una nueva planta. Además, la selección de equipo debe hacerse en función de la planta existente, y los trabajos de construcción han de planearse de manera que obstaculicen al mínimo el funcionamiento de las unidades existentes. El costo de la segunda unidad suele ser considerablemente menor que el de la primera (salvo el efecto que puedan tener en él los aumentos de precios). Una de las razones es que con frecuencia no hay necesidad de aumentar la capacidad de almacenamiento de materias primas, mezclas de éstas, clinker y cemento, pues una planta de dos unidades requiere una capacidad relativamente menor de almacenamiento de reserva.

Una vez seleccionado el proceso, el tamaño y la localización de la planta, el costo total del proyecto puede calcularse a base de las cifras correspondientes al equipo principal y de los costos estimados de la construcción y del montaje. El plan de financiación debe incluir un perfil de la corriente de fondos para los primeros cinco o diez años, a contar de la iniciación del proyecto. Se examinan los principios y se dan ejemplos de informes de viabilidad, y se presentan (para diferentes tipos de plantas de cemento) cifras típicas sobre costos y plazos de construcción, así como estimaciones del costo de funcionamiento de las plantas.

Fabricación, propiedades y aplicaciones del cemento portland

T. Enkegaard

Se presentan datos sobre el consumo de cemento portland y de otros tipos de cemento. Se expone el mecanismo de retracción y de fluencia del cemento, formulándose sugerencias sobre la manera de evitar estas deformaciones y sobre la fabricación de cemento pretensado y expansivo.

Asimismo se explica la correlación entre las materias primas y el proceso de fabricación, por un lado, y las propiedades del cemento portland terminado, por otro, y se describe brevemente la fabricación de cemento desde el punto de vista químico, haciéndose hincapié en la importancia de la homogeneización, calcinación, molienda y almacenamiento de éste. Se hace referencia a los equipos modernos para la explotación de plantas de cemento mediante control analógico o electrónico.

Se indican algunas de las normas mundiales más importantes aplicables al cemento. La Organización Internacional de Unificación de Normas (ISO) ha adoptado los métodos de prueba RILEM Cembureau. Se examina la eficacia de las normas aplicadas al cemento en función de la calidad del producto final, el hormigón. Como el cemento portland, es, en gran parte, un producto cuyas propiedades están estrechamente relacionadas con las materias primas utilizadas para su fabricación, convendría que las especificaciones internacionales no fuesen demasiado rigurosas, a fin de no imponer restricciones excesivas a algunos fabricantes, o a la explotación de algunos yacimientos de materias primas de importancia local.

Industrias y productos basados en el cemento portland

G. Idorn

Habida cuenta de la enorme demanda mundial de viviendas y de obras de ingeniería civil, es importante que las investigaciones sobre el cemento y el hormigón se orienten hacia la innovación. La búsqueda de nuevos procesos industriales y el desarrollo de productos son problemas que han de investigarse con urgencia.

Una gran parte de la investigación básica se realiza en institutos públicos y universidades. Esta investigación, sin embargo, apenas si tiene en cuenta las necesidades de la industria del cemento y del hormigón. En efecto, se investiga mucho menos sobre fabricación de cemento que sobre otras industrias modernas de producción en serie. Como la industria del hormigón se encuentra en una fase incipiente de industrialización en casi todo el mundo, convendría que los progresos logrados en la investigación básica se consolidaran y aprovecharan para programas más intensos de investigación y desarrollo.

La racionalización, más que la innovación cualitativa, ha sido la característica dominante en el desarrollo de las industrias del cemento y del hormigón, y ello por las siguientes razones:

- La mecanización de las operaciones de excavación y transporte de las materias primas;
- El aumento de la capacidad de los hornos de 500 a 4.000 toneladas/día;
- La racionalización del funcionamiento de los hornos;
- La introducción del transporte a granel.

La aplicación, en el decenio de 1940, de la química-física teórica y experimental a las investigaciones sobre el hormigón supuso el abandono de muchos métodos tradicionales de ensayo. Aunque se han adquirido conocimientos más precisos y profundos sobre la naturaleza de la pasta de cemento y del hormigón, han sido insignificantes las mejoras logradas en los métodos de fabricación del hormigón o en las propiedades de los productos de hormigón (trabajabilidad, resistencia y durabilidad).

Así, por ejemplo, la industria del hormigón premoldeado sigue basándose en la tecnología tradicional. Las economías y los aumentos de capacidad logrados se han debido a la mecanización y la racionalización. Incluso la aceleración del proceso de endurecimiento por tratamiento con vapor, por ejemplo, se ha introducido de manera empírica. Sólo ocasionalmente se ha recurrido a la investigación para adaptar los materiales y las especificaciones de fabricación. Así, el desarrollo de la industria de prefabricación hay que atribuirlo al desarrollo de la industria de maquinaria y al ingenio de los diseñadores y los constructores.

Actualmente, la investigación sobre el hormigón apela a técnicas y métodos nuevos. Entre los aspectos que se investigarán en el marco de importantes proyectos de investigación figuran: los áridos y la disponibilidad de agua, la mezcla y colocación del hormigón, y la formación estructural y el fraguado del hormigón.

ARIDOS Y DISPONIBILIDAD DE AGUA

Se requerirán áridos seleccionados de buena calidad para fabricar hormigón especial de gran densidad y resistencia. Los recursos de áridos tradicionales se están agotando en algunas regiones y han de sustituirse por roca machacada de diversas calidades, áridos artificiales y grava de mala calidad. En las regiones en que escasea el agua potable para usos domésticos, será preciso utilizar agua de desecho de las industrias y agua del mar.

MEZCLA Y COLOCACION DEL HORMIGON

La automatización de los procesos de fabricación se concentrará en las operaciones de mezcla, transporte, colocación, compactación, desmolde, y registro y control.

FORMACION ESTRUCTURAL Y FRAGUADO DEL HORMIGON

La reducción de los costos de mano de obra y la mejora de las propiedades del hormigón en cuanto material estructural aconsejan la hidratación acelerada por tratamiento con vapor; el curado con electricidad y agua caliente; los aceleradores químicos y el refuerzo de las microestructuras (monómero/polímero).

Tecnología del hormigón

P. Nepper Christensen

El hormigón de cemento portland se compone de dos constituyentes: el árido, que suele ser un sistema no activo de partículas discretas, y el aglomerante, que es la pasta de cemento que rellena los espacios entre las partículas del árido y las une hasta formar un material duro y durable. El árido representa alrededor de un 75% del volumen total del hormigón, y la pasta aglomerante un 25%. Por consiguiente, tanto el tipo y la calidad del árido como las propiedades de la pasta de cemento influyen de manera decisiva en la calidad y en las propiedades del hormigón.

El tipo y las características del árido influyen en los siguientes factores:

- Cantidad de agua necesaria para el hormigón fresco;
- Resistencia y peso del hormigón;
- Grado de retracción y fluencia del hormigón;
- Durabilidad física y química del hormigón.

Las características más importantes de las partículas del árido son:

- Distribución de los tamaños;
- Peso y porosidad;
- Composición mineralógica.

El aglomerante de pasta de cemento se forma por la reacción química del cemento portland y el agua. Durante este proceso, se forma un material sólido, de resistencia y densidad cada vez mayores. La pasta de cemento comienza a fraguar de una a tres horas después de mezclarse. El período de fraguado suele durar de cuatro a seis horas; a esta etapa sigue la de endurecimiento, que puede durar desde semanas hasta años.

La relación entre el peso del agua y el peso del cemento en la mezcla, la llamada relación agua-cemento, es el factor que, más que ningún otro, determina la resistencia de la pasta una vez endurecida y su permeabilidad o impermeabilidad. El tipo y la calidad del cemento influyen principalmente en la velocidad de endurecimiento y en la resistencia química de la pasta endurecida. Pueden agregarse diversas sustancias químicas a la pasta para modificar el tiempo de fraguado y endurecimiento del hormigón, la trabajabilidad de la mezcla fresca y la resistencia al ataque químico.

El cemento, el agua, los áridos finos y gruesos y, posiblemente, uno o dos aditivos, una vez pesados, se vierten en la mezcladora en proporciones previamente determinadas. Es preciso controlar atentamente la consistencia de la mezcla fresca adaptándola a las características del equipo de compactación disponible. La mezcla fresca se transporta ensacada hasta el molde, que puede estar a pie de obra o en la fábrica. Pueden emplearse también bombas. Una vez colocado el molde, la mezcla se compacta cuidadosamente por vibración, pudiendo utilizarse diversos tipos de vibradores.

Después de colocado y compactado, el hormigón ha de protegerse contra la desecación y los cambios bruscos de temperatura. En ocasiones, se recurre al aumento artificial de la temperatura de curado (mediante vapor, por ejemplo), especialmente en las fábricas de hormigón preamasado, para acelerar los procesos de fraguado y endurecimiento. Esta práctica permite retirar los moldes más pronto para volver a utilizarlos. Se señalan también las tendencias futuras en materia de características y calidad del hormigón.

Aridos naturales y artificiales para la producción de hormigón

P. Christensen

El hormigón normal consiste en una mezcla de cemento, árido y agua, en la que el volumen mayor corresponde al árido. En Dinamarca se emplean los siguientes tipos de áridos: los procedentes de depósitos terrestres, los extraídos del mar mediante dragado, las rocas de fondo machacadas (granito) y los áridos artificiales, como la arcilla dilatada y las cenizas volantes de potasio.

Hasta hace pocos años, el árido era considerado como material de relleno inactivo y barato para la producción de hormigón. Se sabe ahora que la adecuada selección del árido puede proporcionar ciertas ventajas. En el hormigón fresco, la granulometría del árido ejerce cierta influencia en las necesidades de agua y en la facilidad de trabajo del hormigón.

En el hormigón endurecido, la resistencia está principalmente en función de relación agua-cemento, pues los áridos naturales son, en general, considerablemente más resistentes que los morteros. No siempre ocurre así cuando se emplean áridos artificiales. La contracción por desecación está influida por la granulometría de los áridos, pues aquélla sólo se produce en el conglomerante. La durabilidad del hormigón puede asegurarse eligiendo áridos que no reaccionen químicamente con los minerales del cemento.

En la actualidad se están revisando las normas danesas para áridos. Las normas presentes fijan ciertos límites al contenido de suciedad, cieno, arcilla, calcita e impurezas orgánicas. No se dan especificaciones para la granulometría, pero se hacen algunas sugerencias al respecto.

Los áridos obtenidos por dragado se extraen en la costa o en el fondo del mar mediante el empleo de buques especialmente equipados. Antes de procederse a su comercialización, se les trata y gradúa en el puerto.

Los depósitos de arena y de grava suelen hallarse bajo capas de tierra que se retiran mediante excavadoras y se transporta en camionetas, volquetes o transportadores de cinta a una parte de la cantera previamente explotada. La grava se extrae mediante diversos tipos de excavadoras. El transporte interno de la grava desde la superficie a la planta se realiza con volquetes, camionetas, trenes o transportadores de cinta, a menudo después de machacar previamente, o retirar, los grandes cantos rodados que contenga.

En la planta de áridos, los materiales se hacen pasar por cribas de barrotos giratorias o por cribas vibratorias. Las piedras de un diámetro inferior a 60 mm suelen lavarse por aspersión en la misma criba o en lavadores aislados. El agua residual se purifica en depósitos de sedimentación o en hidrociclones; la arena servirá como árido una vez desecada. Los materiales de un diámetro superior a 60 mm suelen machacarse y devolverse a la corriente principal, pues la demanda de piedras más pequeñas es mayor que la de piedras grandes sin machacar. En ciertas canteras, las piedras grandes se gradúan mecánicamente o a mano. El granito y el pedernal se tratan en instalaciones de trituración y clasificación y se venden como áridos, mientras que la piedra caliza se emplea para otros fines.

El control de calidad se realiza mediante análisis granulométrico, análisis de sedimentación, determinación de impurezas orgánicas y determinación de la composición mineralógica. La arena y la grava se clasifican y se venden después al volumen o al peso.

Hormigón premasado

S. Lund

Se indican la organización de las plantas de hormigón premasado y su producción, servicios de entrega y clientela. Se analizan los métodos de mezcla centralizada y de mezcla durante el transporte, con especial atención a las ventajas y desventajas relativas de cada método. Dos tipos de empresas se examinan detalladamente con respecto a equipo básico, mantenimiento, costos iniciales y fiabilidad. Las ventajas y desventajas de varios tipos de vehículos para la entrega del hormigón se comparan en lo relativo a su rendimiento y mantenimiento.

Se esbozan las condiciones ideales para la producción de hormigón de buena calidad. El control de las materias primas y del hormigón fresco y endurecido se consideran como parte del proceso técnico.

Se examinan los problemas de entrega más importantes y se sugieren procedimientos para evitar algunos de esos problemas.

Industrias del hormigón: bloques de construcción, sistemas de edificación, tubos y productos varios

J. Fuglsang

La industria de unidades prefabricadas de hormigón fue originariamente una industria en pequeña escala iniciada como actividad secundaria. Sin embargo, en Dinamarca, se está operando una transformación en esta industria, al pasar de las operaciones en pequeña escala a la moderna producción en masa. La industria de productos de hormigón prefabricado tiene que satisfacer las diversas demandas de viviendas y plantas industriales. Los productos más importantes que se fabrican en Dinamarca son: tubos, encintados, baldosas, bloques de construcción, pilotes de cimentación, elementos de construcción, traviesas de ferrocarril, y postes para sostener cables telegráficos o de transporte de energía eléctrica. Se indican los diversos tipos de máquinas para la fabricación de estos productos. En Dinamarca, el valor total de la producción de hormigón prefabricado rebasa los 150 millones de dólares.

Una planta típica danesa de grandes proporciones para productos de hormigón viene a tener anualmente una cifra de negocios de 3 millones de dólares. El consumo de cemento portland es de 60 toneladas diarias o de 14.000 toneladas anuales. La producción anual de hormigón es de 90.000 toneladas, y los costos unitarios son de aproximadamente 70 dólares por m³ de producto de hormigón acabado.

Las materias primas que se utilizan en Dinamarca son el cemento portland de endurecimiento rápido y el árido de grava. Un requisito especial danés es que debe utilizarse árido resistente a la helada para la superficie de elementos encintados y baldosas de hormigón; por tanto, el árido no ha de contener piedra caliza. Además de estas materias primas tradicionales, se emplean cemento blanco y de otros tintes para dar a las superficies determinados colores. Actualmente tiene gran aceptación el acabado con el árido a la vista. En la industria danesa no se emplean aditivos, con excepción de los aceleradores durante los fríos meses de invierno.

Las materias primas se miden al peso, se mezclan y luego se trasladan automáticamente al molde. El hormigón se compacta entonces por vibración, se

retira el molde, los artículos pasan a una cámara de curado en la que reina una temperatura de 20°C. Algunas fábricas emplean el curado al vapor, mientras que otras utilizan materias primas precalentadas para acortar el período de endurecimiento inicial. De esta forma, los artículos pueden trasladarse, al cabo de unas 18 horas a una zona de almacenamiento al aire libre.

Los productos están en condiciones de ser distribuidos después de un período de endurecimiento cuya duración varía según la estación. El costo del transporte representa de un 8 a un 10% del precio final. En Dinamarca, el transporte se realiza dentro de un área de 100 km de radio.

Asbestocemento

K. Thiele

Los productos de asbestocemento se fabrican principalmente en forma de placas o tubos. Se reseñan varios procesos existentes para la fabricación de estos productos. Se formulan recomendaciones con respecto a procesos, equipo y tamaño de plantas más adecuados para los países en desarrollo.

La máquina Hatschek se utiliza comúnmente para la producción de placas planas y onduladas. La placa de asbestocemento se forma en un cilindro de criba mediante la aplicación de vapor. La gran popularidad del proceso Hatschek se basa en su extremada adaptabilidad en lo que se refiere a la selección de productos. El hecho de que una planta de tamaño mediano, de una cuba, con una producción de 30 a 40 t/día pueda ampliarse gradualmente hasta convertirse en una compleja planta de tres cubas con una producción de 130 t/día de productos de asbestocemento, hacen que este proceso sea el naturalmente elegido por muchos países en los que no se han fabricado anteriormente tales productos. La desventaja de la máquina Hatschek es que se limita al asbesto como componente fibroso. Sin embargo, desde el punto de vista del rendimiento general, el proceso Hatschek será el método principal que adopten muchos países para la fabricación de productos de asbestocemento.

Durante la discusión se indicó que, en la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas, se han venido introduciendo en los últimos años diversas mejoras en el equipo normal. prensas más potentes de fases múltiples permiten la producción de material más resistente.

En la máquina Magnani de fabricación de placas, la pasta de asbestocemento se distribuye, mediante un tubo de distribución, sobre una cinta sin fin que se desplaza sobre cámaras de aspiración de tal forma que el espesor final se va obteniendo gradualmente. A continuación, las hojas se prensan entre cilindros calandrades y se cortan y trasladan a la cámara de curado. El proceso es interesante por su sencillez y por su buena fluidez. Además, es adecuado para otras fibras que no sean de asbesto. A diferencia de la máquina Hatschek, la máquina Magnani no orienta las fibras, por lo que la resistencia de los productos finales es algo inferior. En general, las placas no son muy apropiadas para el moldeado manual.

Una firma de los Estados Unidos de América ha desarrollado un proceso de extrusión que puede ser importante en el futuro para ciertos tipos de productos. En virtud de otro proceso desarrollado por la misma empresa, se aplica una técnica de moldeado en seco seguida de humectación con agua suficiente para la hidratación del cemento. El acabado superficial consiste en una decoración aplicada con rodillos estampadores. La resistencia de los materiales producidos por este proceso es muy

inferior a la obtenida con las máquinas de afieltrar en húmedo. Las grandes posibilidades futuras de este método residen en su aptitud para admitir cualquier tipo de fibra. El consumo sumamente bajo de agua es otro factor de importancia en los climas secos.

Los tubos de asbestocemento se forman en la máquina Magnani depositando una capa de asbestocemento, procedente de una masa por succión, sobre un mandril hueco de acero, revestido de lona. El perfil externo se forma mediante rodillos giratorios. El mandril de acero con los tubos crudos se traslada a continuación a la calandria para su compresión final. Los tubos se someten a un curado previo por espacio de 10 horas. El curado definitivo lleva de 3 a 7 días. Para la fabricación de tubos de tres metros puede añadirse a poco costo una instalación especial a las plantas de asbestocemento existentes. Se recomienda que la producción inicial de tubos se limite, en los países en desarrollo, a canales o tubos de baja presión. La fabricación de tubos de alta presión requiere gran conocimiento técnico y experiencia. Además, el costo de la planta es de aproximadamente un millón de dólares, de lo cual un 35% corresponde al equipo mecánico y eléctrico. Puede ocurrir con frecuencia que el personal local disponible no esté suficientemente calificado para el mantenimiento de este equipo.

Sistemas de edificación

P. Snabe

La finalidad de la "edificación industrializada" es aprovechar de una manera óptima los recursos escasos, maximizando al mismo tiempo la construcción anual de edificios económicamente viables. Los sistemas de edificación específicos se orientan normalmente hacia determinado material básico. La disponibilidad y el bajo costo del hormigón hacen que en Europa, la mayor parte de la edificación industrializada se basa en el empleo de este material.

La edificación industrializada alcanza sus objetivos mediante una reducción radical —con respecto a los métodos tradicionales— del volumen de mano de obra calificada que se ocupa, y una aceleración considerable de todo el proceso de producción. Sin embargo, los sistemas de edificación expresamente desarrollados para atender las necesidades de determinado país no pueden aplicarse al azar en todo el mundo. Los sistemas de edificación escandinavos se aplican en muchos países, pero deben recibir las adaptaciones correspondientes ahí donde el costo de la mano de obra sea notablemente inferior al de Escandinavia, o donde casi todo el equipo básico haya de importarse.

No obstante, estos sistemas de edificación se asimilan e ilustran los siguientes conceptos universales de la edificación industrializada:

Economías resultantes de la fabricación en serie;

Aplicación flexible de componentes normalizados;

Dimensiones exactas gracias a los procesos de línea de flujo;

Planificación y programación detalladas de la producción, la construcción y el acabado.

El grado de automatización tiene que adaptarse a la economía local, debiendo maximizarse en todo momento el grado de racionalización.

La industrialización entraña una automatización y una racionalización crecientes. Para que la industrialización sea eficaz en ambos sentidos, se requieren, como requisitos previos esenciales, continuidad de la producción y facilidad de repetición de los productos. El primer requisito constituye, básicamente, un problema político; mientras que el segundo representa sobre todo un problema de diseño que impone un límite al número de componentes básicos y al número de variantes de cada uno de éstos.

Para lograr las condiciones apuntadas, será necesario adoptar, a nivel nacional, las siguientes medidas:

Adoptar reglamentos de construcción nacionales uniformes;

Adoptar, con carácter general, normas y especificaciones técnicas funcionales, a diferencia de las orientadas hacia materiales o productos;

Aplicar - a todos los proyectos de edificación - un sistema normalizado de coordinación dimensional;

Buscar un alto grado de uniformidad nacional de las formas y tamaños de los componentes básicos;

Planificar a largo plazo el programa nacional de la vivienda, como base para la continuidad de la producción.

El éxito de la edificación industrializada depende entonces notablemente de la eficacia de la fórmula de organización a nivel de proyecto. El requisito clave de la fórmula de organización consiste en designar un solo coordinador del proyecto dotado de plenas facultades y, en lo posible, de completa independencia respecto de los jefes de diseño (es imposible ser árbitro eficaz de sí mismo). El coordinador del proyecto puede ser un empleado de la organización cliente, de la empresa contratante o de una empresa independiente especializada en la coordinación de proyectos de edificación (tipo de empresa de la que Escandinavia fue precursora).

La industria del cemento portland y su relación con la industria de la construcción

C. Bang-Petersen

La industria del cemento portland ocupa un lugar destacado en la lista de industrias interesantes para los países en desarrollo. Sin embargo, el establecimiento de esta industria no está a salvo de riesgos ni de problemas; algunos de estos problemas se relacionan con la dependencia mutua que existe entre la industria del cemento y la industria de la construcción.

Por tanto, un estudio de las relaciones entre estas industrias puede ayudar a aclarar y a resolver algunos de los problemas de cooperación. Los riesgos e incertidumbres con que se enfrentan las industrias del cemento nuevas o recientes (especialmente las que reciben atención preferente en la planificación de la capacidad de producción), deben ser estudiados y evaluados a fondo por parte de la industria del cemento, dada su gran intensidad de capital. Una vez alcanzada esta fase, la

industria de la construcción estará en condiciones de proporcionar ayuda y experiencia considerables. Desde las mismas fases de planificación, las relaciones entre ambas industrias tienen, pues, importancia esencial.

La industria del cemento portland posee las siguientes características:

La mayoría de los países disponen de las materias primas que requiere;

Las inversiones necesarias son importantes y la renovación del capital es baja;

Las economías de escala son muy pronunciadas;

Esta industria tiene un efecto multiplicador en la economía de los países;

El cemento adquirido en fábrica es un producto barato;

Los costos de distribución son elevados en comparación con los costos de producción;

El cemento es una materia prima y no un producto final;

El rendimiento de la industria del cemento está estrechamente vinculado al de las industrias consumidoras de este material.

Las siguientes peculiaridades son características de la industria de la construcción:

Existe en todos los países;

Constituye un sector importante de la economía nacional;

Es una industria de gran intensidad de mano de obra;

Depende de la política oficial;

Depende, asimismo, del nivel de vida;

Es un importante consumidor potencial de cemento.

La relación básica entre la industria del cemento y la industria de la construcción es la de proveedor y cliente. Los siguientes factores contribuyen a esta relación:

El cemento como producto común;

Las propiedades del cemento;

La tecnología de la fabricación del hormigón;

El rendimiento competitivo del hormigón frente a otros productos;

Las comunes actividades de formación y promoción;

La industrialización de la construcción de viviendas;

La industrialización de la industria de la construcción;

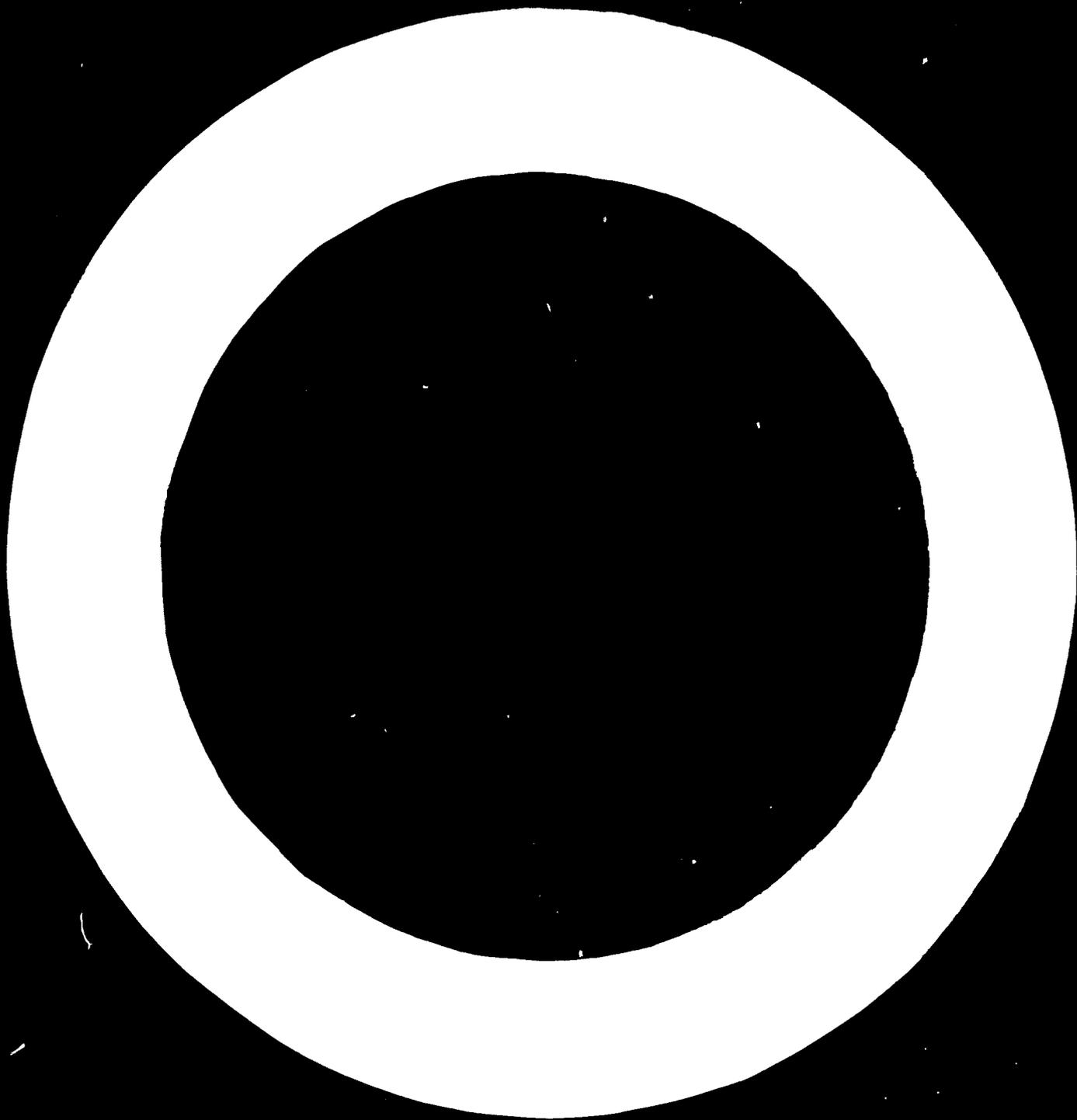
La normalización de los productos de cemento y de hormigón

La cooperación financiera vertical;

La integración vertical.

Se indican a continuación orientaciones generales para promover las buenas relaciones entre la industria del cemento y el sector de la construcción:

- Seguridad en el suministro;
- Precio razonable;
- Calidad adecuada;
- Disponibilidad de un servicio de asesoramiento;
- Disponibilidad de un laboratorio de servicios técnicos;
- Actividades de formación;
- Actividades de promoción;
- Servicio de documentación;
- Investigación y desarrollo del cemento y del hormigón;
- Asistencia técnica;
- Ayuda financiera;
- Integración.



Anexo

DESCRIPCION DE LAS PLANTAS VISITADAS

Planta de áridos Nymølle Stenindustri, Hedehusene

La Nymølle Stenindustri es una de las 10 graveras más importantes del mundo. Produce anualmente más de 2 millones de metros cúbicos de áridos y 3.000 toneladas de piedra caliza, para la obtención de cal calcinada en hornos de pozo, y emplea a 200 técnicos y obreros.

El destape se realiza con dos excavadoras de 1,5 m³, y la capa superficial se transporta con camiones y una correa transportadora a varios puntos anteriormente excavados en la gravera. La grava, una vez excavada, se transporta de la cantera a la planta en camiones, vagonetas y vagones basculantes.

Seguidamente, se criba la grava a diferentes grosores, hasta obtener el producto comercial común, machacándose luego a los grosores requeridos por el mercado danés. En Nymølle, hay 15 trituradoras (de mandíbula y de conos) a diferentes niveles del proceso. Para extraer la arcilla superflua de los áridos, la criba está provista de un dispositivo desarenador hidráulico.

El agua residual se conduce hasta un depósito de arena, donde la arena, después de haber sedimentado, se extrae para desaguarla en tamices de escurrimiento o en lavadoras de doble tornillo. Una cierta cantidad de los finos suspendidos en el depósito de arena se concentra en hidrociclones. El agua que todavía contiene una parte de finos se canaliza hasta una pileta de purificación, de donde se hace circular de nuevo por la planta.

Los áridos de la arcilla y de la tierra se extraen lavando la arena. Esta se apila luego para que desagüe.

Para satisfacer los requisitos de resistencia a las heladas que las normas danesas prescriben para el contenido de piedra caliza porosa, las piedras pueden clasificarse a mano. El granito y la piedra caliza se extraen en esta misma operación.

Modulbeton, Ølstykke

Modulbeton es una de las dos plantas productoras de elementos de hormigón más importantes de Dinamarca. El sistema Jespersen para la construcción de bloques de apartamentos, se utiliza principalmente.

La producción requiere un tipo de hormigón con un contenido de cemento de 280 kg/m³. El consumo diario de cemento es de 100 toneladas.

El curado y endurecimiento con vapor permiten retirar los moldes al cabo de tres horas cuando se utiliza cemento de endurecimiento rápido. La resistencia a la compresión, al cabo de tres horas, es de 150 kg/m² a 70°C - 80°C.

En una proyección cinematográfica se vio una planta canadiense basada en el sistema Jespersen que produce anualmente 2.500 apartamentos, de una superficie media de 100 m². El capital total invertido en esta planta de prefabricación es de 2,8 millones de dólares.

Larsen y Nielsen, Glostrup

El sistema Larsen y Nielsen de elementos de hormigón prefabricados emplea en los edificios paredes internas de sustentación con revestimiento exterior. Este sistema puede utilizarse para la erección de bloques de muchos pisos y de viviendas unidas. Después de observar la producción en la planta, se visitó el proyecto de Brøndby Strand, donde Larsen y Nielsen construirá 2.800 apartamentos en cuatro años. El proyecto de Brøndby Strand se inspira en conceptos modernos, como, por ejemplo, la creación de zonas exclusivas para peatones.

Una proyección cinematográfica mostró el proyecto de viviendas baratas realizado en Kuala Lumpur (Malasia) con licencia de Larsen y Nielsen. Para la erección de la fábrica y la construcción de 3.000 viviendas se invirtieron ocho millones de dólares. Los apartamentos tienen una superficie media de 60 m², y su costo se calcula en 40 dólares por metro cuadrado. La fábrica y las 3.000 primeras viviendas se construyeron en un plazo de 27 meses.

El proyecto de Kuala Lumpur se basa en un sistema normalizado que sólo requiere nueve elementos de construcción diferentes. El habitual sistema Nybo de Larsen y Nielsen emplea 60 elementos diferentes, y el sistema utilizado en el complejo proyecto de Brøndby Strand requiere 300 elementos.

De Danske Betonfabrikker, Hedehusene

Esta es la planta de hormigón preamasado más moderna de la zona metropolitana de Copenhague. Como introducción general a la distribución de hormigón preamasado, se examinaron diversos tipos de vehículos de transporte.

La planta tiene una capacidad anual de 80.000 m³ de hormigón preamasado, capacidad que podría triplicarse fácilmente empleando dos mezcladoras suplementarias. En la producción se utiliza flujo vertical. Una computadora analógica asegura el control centralizado de las distintas mezclas de hormigón.

En Dinamarca funcionan plantas centrales de mezcla. En cambio, en países donde las distancias sean mayores, es corriente mezclar el hormigón en tránsito.

Aalborg Portland Cement Fabrik Rørdal, Aalborg

La planta de cemento de Rørdal es la más importante de Dinamarca. Tiene una capacidad anual de 25 millones de toneladas, y utiliza piedra caliza y arcilla extraídas de los grandes yacimientos vecinos. Además de cemento portland, la planta produce cementos especiales (principalmente, cemento blanco).

El funcionamiento de la parte nueva de la planta (producción de pasta, hornos, silo de clinker y molinos de cemento) está supervisado y controlado desde una sala de control central, equipada con un sistema de control de procesos numérico-analógico.

La caliza y la arcilla se tratan en tambores y molinos desleidores, respectivamente, y se muelen juntas hasta reducirlas a pasta. A la pasta obtenida por vía seca se aplica el principio de la homogeneización continua. Habida cuenta del alto contenido de humedad de las materias primas *in situ* (alrededor de un 25%), y en vista de que las materias primas pueden transformarse fácilmente y a muy bajo costo por el procedimiento de vía húmeda, se eligió, para la ampliación más reciente, una planta de vía húmeda. El procedimiento de vía húmeda es tan económico, que resulta tan ventajoso como el de vía seca, a pesar de requerir más combustible para los hornos.

En la planta de Rørdal funcionan nueve hornos. En cada uno de los nuevos hornos, el polvo precipitado en los precipitadores electrostáticos puede separarse en una fracción rica en álcalis y en una fracción apta para reciclarse al horno. La fracción rica en álcalis puede, o bien lavarse con agua de mar y transportarse por bombeo, en forma de fango, hasta una cantera de arcilla abandonada, o bien venderse como fertilizantes. Con la otra fracción se forman dos corrientes, una de las cuales se transporta hasta la toma lateral del horno, y la otra se conduce por corriente de aire, a través de una tubería, directamente hasta la zona de formación de clinker del horno. En uno de estos nuevos hornos, el precipitador electrostático de polvo tiene varias salidas suplementarias para el polvo rico en álcalis, lo que permite ajustar la cantidad de polvo desechado y, por ende, mantener la circulación de álcalis dentro de límites aceptables.

La cantidad de polvo conducida hasta la entrada lateral y la zona de formación de clinker del horno, respectivamente, se mantiene a un nivel constante mediante un dispositivo alimentador especial. Las variaciones en la cantidad de polvo proveniente del precipitador electrostático se compensan en un silo de compensación.

Cada uno de los nuevos hornos tiene un molino de carbón y una tolva de polvo de carbón que alimenta al horno mediante un dispositivo de alimentación blindado. El aire utilizado para el secado en los molinos de carbón sirve de aire primario en los hornos correspondientes. Para evitar interrupciones en el funcionamiento de los hornos imputables a la puesta en marcha o parada de los molinos de carbón, éstos están provistos de motores de velocidad variable, que aseguran un funcionamiento continuo. La producción de polvo de carbón se controla automáticamente, de suerte que la tolva de polvo se mantenga llena, independientemente de las variaciones del consumo de carbón en los hornos. El control automático tiene también por objeto asegurar que el polvo de carbón sea de una finura constante.

El sistema de molienda MINIPEBS, en el que se efectúa la molienda fina en circuito abierto mediante un molino primario y otro secundario, simplifica la planta de trituración y resulta ventajoso desde el punto de vista de su instalación, funcionamiento y costo.

La mayor parte del cemento se distribuye y vende a granel. El cemento se transporta en barcos especiales a depósitos situados en todo el país. De estos depósitos, una flotilla de camiones de la empresa transportan el cemento a los clientes.

Dansk Eternit Fabrik, Aalborg

Esta importante planta de asbestocemento está equipada con 11 líneas para la producción de planchas y de una para la fabricación de tubería. Para la producción de planchas de asbestocemento, se utilizan máquinas Hatschek y Magnani. A continuación, se comparan las ventajas de estos dos tipos de máquinas:

La capacidad de producción diaria de la máquina Magnani es de 200 toneladas, o sea, algo más que la de la máquina Hatschek de tres cubas.

El costo de inversión, en el caso de las máquinas Hatschek grandes, es superior al de las máquinas Magnani. La máquina Hatschek es más flexible, puesto que puede producir planchas planas y onduladas, además de una amplia gama de otros productos.

La resistencia de los productos de asbestocemento fabricados con la máquina Hatschek es algo superior a la de los producidos con la máquina Magnani. Sin embargo, esta diferencia se ve contrapesada por el mejor perfil de las planchas onduladas producidas por la máquina Magnani, perfil que concede a las planchas una buena resistencia.

Como el asbesto importado es una materia prima cara, se está prestando especial atención a su elaboración, que se realiza con dos modernas muelas de rodillos. El consumo diario medio de asbesto varía entre 80 y 100 toneladas.

La capacidad de producción anual de productos de asbestocemento es de casi 300.000 toneladas. El consumo de asbestocemento, en Dinamarca, es de 50 kg per capita, contra 16 kg en la República Federal de Alemania y 12 kg en Suecia.

La producción comprende diversos productos moldeados a mano, planchas lisas y onduladas, tejas y tuberías de alta presión. Las planchas onduladas para techar son los productos más importantes, constituyendo el 70% de la producción total. Sin embargo, se cree que la participación de estas planchas en el mercado disminuirá ligeramente y que otros productos nuevos adquirirán mayor importancia. Una característica de la producción digna de mencionarse es su relativamente alto grado de normalización, comparada con la de otros países.

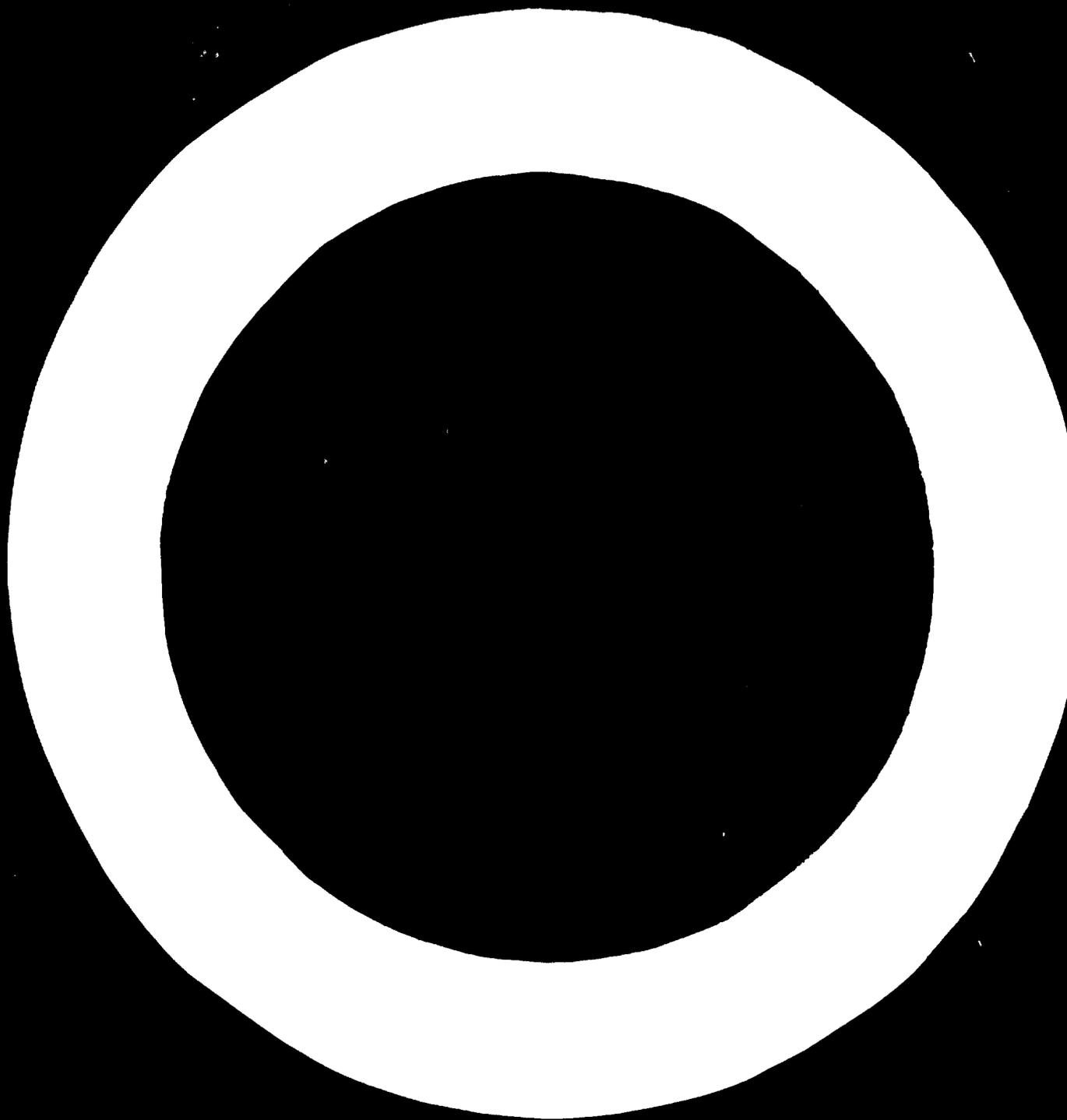
Pedershaab Maskinfabrik, Brønderslev

Esta fábrica construye las conocidas máquinas para hacer tuberías VIHJ. Tras la inspección de las líneas de producción, se efectuó una demostración en el laboratorio del hormigón, donde se construyen y prueban nuevas máquinas para la fabricación de tuberías. Una máquina de nuevo modelo fabrica tuberías de hormigón de hasta 60 cm de diámetro interior y 250 cm de longitud. La máquina, plenamente automatizada, fabrica una tubería en tres minutos. El único operario requerido es un conductor de camión que retira las tuberías de las máquinas. Se fabrican otras máquinas capaces de producir tuberías con un diámetro interior de hasta 200 cm.

Una máquina menos complicada fabrica tuberías de 125 cm de longitud y de un diámetro interior comprendido entre 10 cm y 40 cm. Esta máquina, manejada por un solo hombre, produce diariamente entre 250 y 300 tuberías.

Las tuberías de hormigón pueden montarse de distintas formas. La unión más sencilla se hace con mortero de cemento; la mejor, con juntas de anillo de caucho sintético. Esta última unión presenta las siguientes ventajas importantes: es flexible, permite la desunión en caso necesario, impide las fugas y se instala y controla fácilmente.

Para la fabricación de tuberías de hormigón, se utiliza cemento ordinario portland durante el verano y cemento de endurecimiento rápido en el invierno. En Dinamarca, no es preciso curar el cemento, salvo cuando se almacena a cubierto, durante las primeras 24 horas. En los países con bajo índice de humedad, puede ser necesario tomar precauciones especiales.



HOW TO OBTAIN UNITED NATIONS PUBLICATIONS

United Nations publications may be obtained from bookstores and distributors throughout the world. Consult your bookstore or write to: United Nations, Sales Section, New York or Geneva.

COMMENT SE PROCURER LES PUBLICATIONS DES NATIONS UNIES

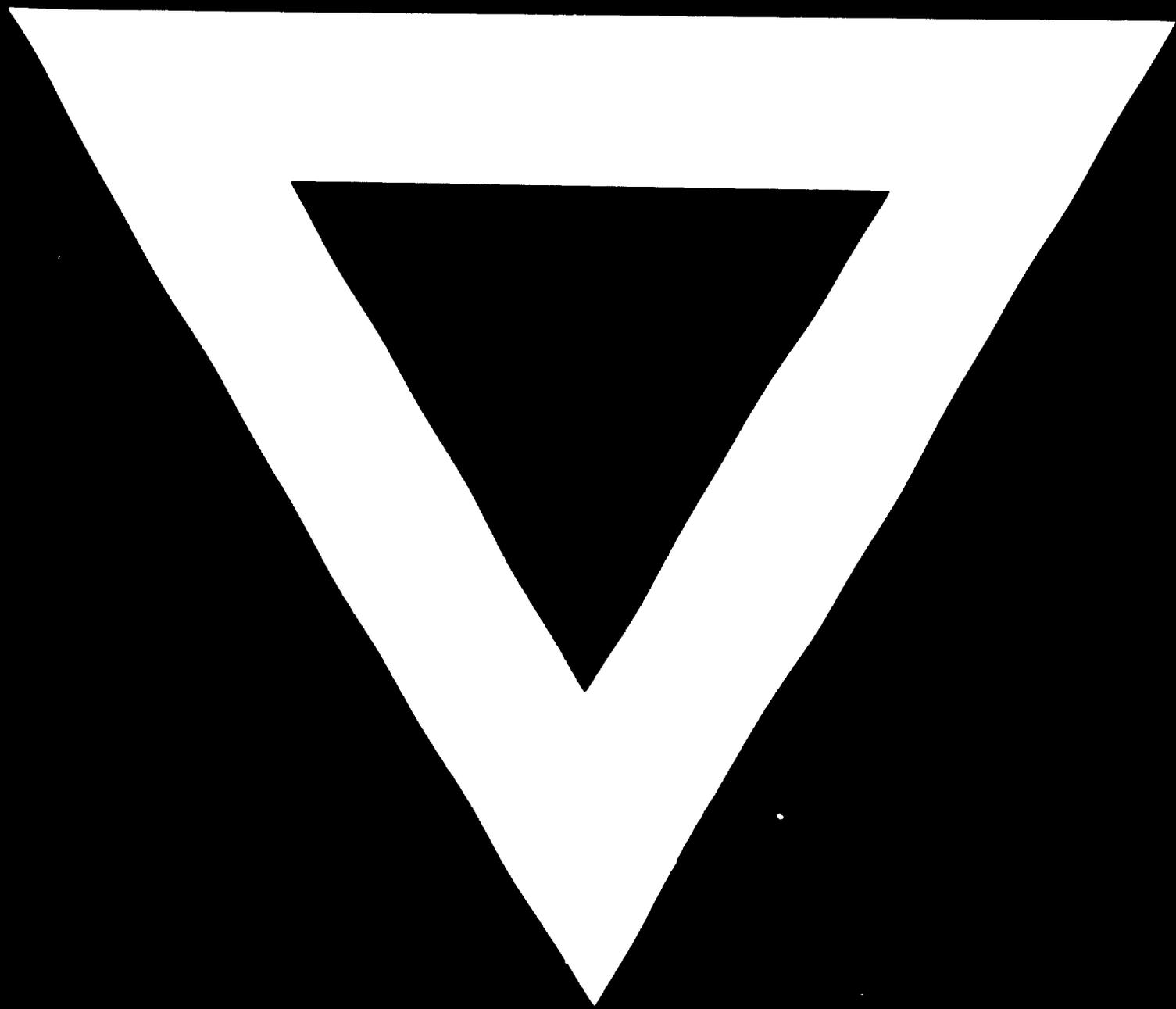
Les publications des Nations Unies sont en vente dans les librairies et les agences dépositaires du monde entier. Informez-vous auprès de votre librairie ou adressez-vous à: Nations Unies, Section des ventes, New York ou Genève.

КАК ПОЛУЧИТЬ ИЗДАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ

Издания Организации Объединенных Наций можно купить в книжных магазинах и агентствах во всех районах мира. Наводите справки об изданиях в вашем книжном магазине или пишите по адресу: Организация Объединенных Наций, Секция по продаже изданий, Нью-Йорк или Женева.

COMO CONSEGUIR PUBLICACIONES DE LAS NACIONES UNIDAS

Las publicaciones de las Naciones Unidas están en venta en librerías y casas distribuidoras en todas partes del mundo. Consulte a su librero o diríjase a: Naciones Unidas, Sección de Ventas, Nueva York o Ginebra.



3 - 12 - 74