



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50<sup>th</sup> 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.

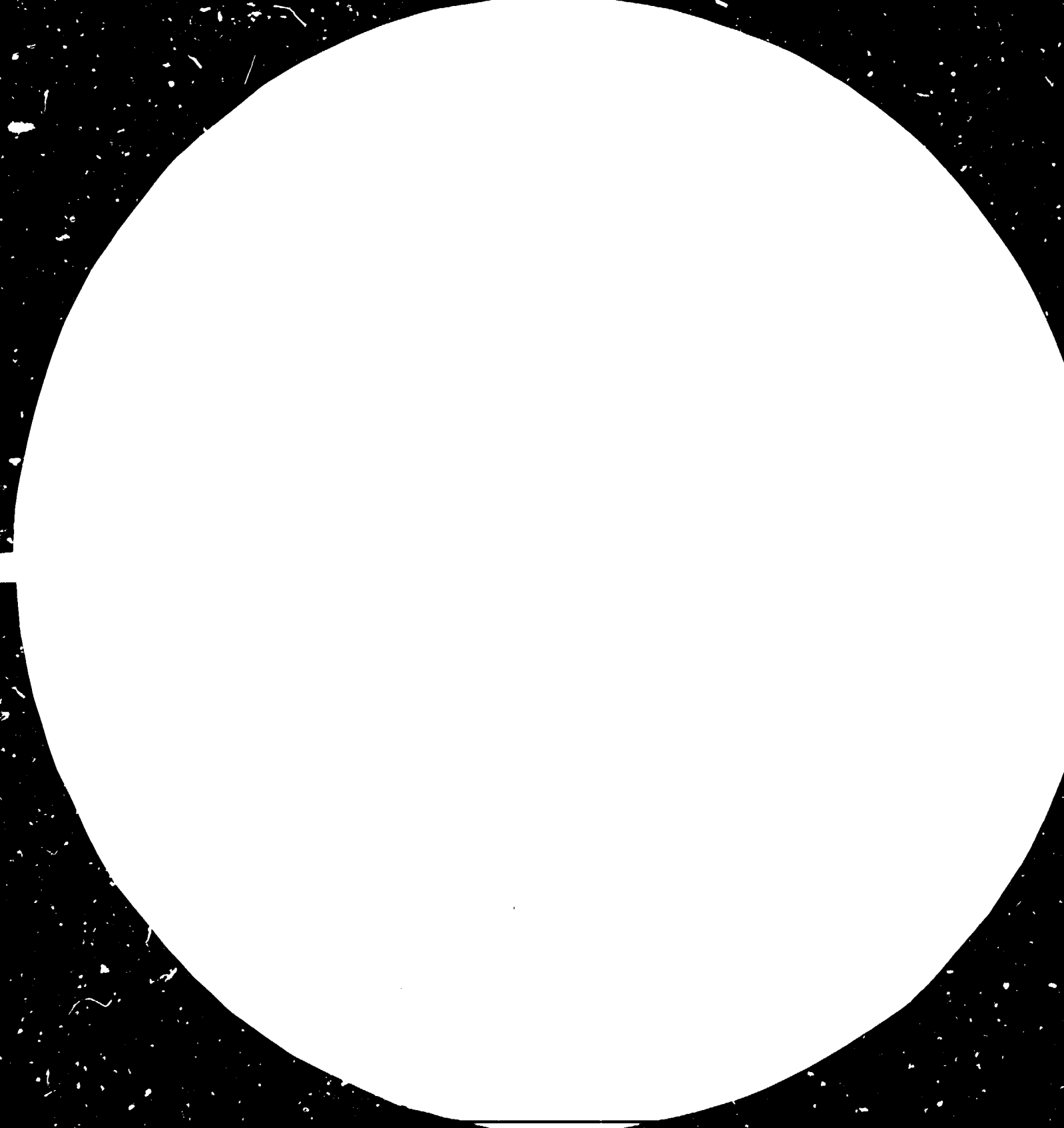
## FAIR USE POLICY

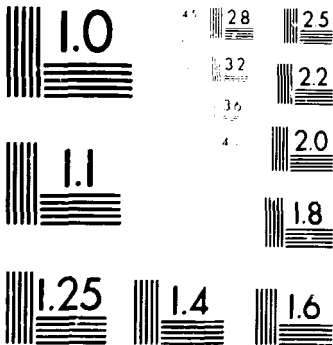
Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

## CONTACT

Please contact [publications@unido.org](mailto:publications@unido.org) for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)





MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART  
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS  
STANDARD REFERENCE MATERIAL 1010A  
(ANSI and ISO TEST CHART No. 2)



13770-S



Distr. LIMITADA

ID/WG.425/1  
27 junio 1984

ESPAÑOL  
Original: INGLÉS

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial

Reunión preparatoria global de la  
Primera Consulta sobre la industria  
de los materiales de construcción

Viena (Austria), 24 a 28 de septiembre de 1984

PRIORIDADES EN MATERIA DE INVESTIGACION PARA LAS INDUSTRIAS DE LOS MATERIALES  
DE CONSTRUCCION DE LOS PAISES EN DESARROLLO\*

por

Gyula Sebestyen\*\*  
Consultor de la ONUDI

2458

\* Las opiniones que el autor expresa en este documento no reflejan necesariamente las de la Secretaría de la ONUDI. El presente documento es traducción de un texto que no ha pasado por los servicios de edición.

\*\* Secretario General del Consejo Internacional de Investigaciones, Estudios y Documentación sobre la Industria de la Construcción (CIB), Rotterdam (Países Bajos).

V.84-87875

INDICE

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION	3
2. ESTADO ACTUAL DE LA INVESTIGACION SOBRE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCION	5
3. OBJETIVOS GLOBALES DE INVESTIGACION	9
3.1 Principios generales	9
3.2 Utilización de materiales y subproductos locales (nacionales); conservación de recursos y energía	9
3.3 Aumento de la durabilidad y la piroresistencia	10
3.4 Tecnologías apropiadas; aspectos económicos de la investigación y el desarrollo técnico	12
3.5 Control de calidad	13
3.6 Conservación de los recursos y la energía	14
4. PRIORIDADES EN MATERIA DE INVESTIGACION SOBRE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCION BASICOS	16
4.1 Tierras (arcilla, adobe, laterita)	16
4.2 Cemento, cal, yeso y puzolana	17
4.3 Hormigón, argamasa, ladrillos, bloques, elementos premoldeados	19
4.4 Madera, bambú y otros productos y subproductos vegetales	20
4.5 Otros materiales, elementos y equipos	21
4.6 Relaciones entre la investigación sobre los materiales de construcción y la investigación sobre la construcción	22
5. DETERMINACION DE LAS PRIORIDADES EN MATERIA DE INVESTIGACION; CONDICIONES DE EJECUCION	24
5.1 Métodos para seleccionar las prioridades en materia de investigación	24
5.2 Fortalecimiento de capacidades científicas y tecnológicas	40
5.3 Fortalecimiento de las instituciones de investigación sobre los materiales de construcción	44
5.4 Servicios de información y documentación, técnicos y consultivos	46
5.5 Reglamentos y normalización	47
5.6 Cooperación internacional	48
6. RESUMEN. CONCLUSIONES	50

INDICE (cont.)

	<u>Página</u>
APÉNDICES	52
Apéndice 1: Lista selectiva de 115 instituciones de ámbito predominantemente nacional, por contraste con el internacional, que se dedican a la investigación sobre los materiales de construcción	53
Apéndice 2: Bibliografía selecta	59
Apéndice 3: Páginas escogidas extraídas de volúmenes sobre métodos de evaluación de proyectos de I+D ("Methods for the Evaluation of R+D Projects") editados por la Asociación Europea de Gestión de las Investigaciones Industriales (EIRMA)	61

## 1. INTRODUCCION

Ya en ocasiones anteriores se han celebrado Consultas relacionadas con sectores que producen materiales de construcción, a saber:

Siderurgia: Primera Consulta, 1977  
                  Segunda Consulta, 1979  
                  Tercera Consulta, 1982  
Madera:           Primera Consulta, 1983

Algunas de las recomendaciones que surgieron de dichas consultas son aplicables a las industrias de los materiales de construcción, pero, en general, esas consultas sólo se relacionaron en forma limitada con las aplicaciones del acero y la madera como materiales de construcción, y en grado aún menor con las correspondientes prioridades de investigación. Por último, en 1983, se adoptó la decisión de celebrar una Primera Consulta Mundial sobre las Industrias de los Materiales de Construcción. A manera de preparación, se realizarán varios estudios sobre diferentes aspectos macroeconómicos, técnicos, financieros, etc. Al respecto, una de las cuestiones concretas que han de examinarse es la de la investigación y el desarrollo (I+D), que contribuyen (o, mejor dicho, deberían contribuir) en gran medida al aumento de la producción de los materiales de construcción, a la reducción de las importaciones y a una explotación más económica de los recursos (energía, materias primas, mano de obra).

El presente estudio, que tiene por objeto hacer resaltar los aspectos relativos a la investigación de las industrias de los materiales de construcción en los países en desarrollo, se ha llevado a cabo teniendo debidamente en cuenta las características de la mencionada Consulta Mundial y, por ello, se centra en los problemas de los países en desarrollo. No obstante, es típico que los recursos que los países desarrollados asignan a la investigación se utilicen también en parte para resolver problemas de los países en desarrollo, y conviene que esta práctica se mantenga o incluso que se fortalezca. Por otra parte, la adopción del método para la elaboración de este estudio ha debido supeditarse al calendario de actividades preparatorias de la Consulta Mundial, y como la redacción ha tenido que ceñirse a un plazo estricto, no ha sido posible consultar a expertos de diversos países acerca de determinadas cuestiones. Con todo, si es preciso, se podrá preparar más adelante una versión revisada. Se ha dado a los apéndices el carácter de

documentos de trabajo; las listas de instituciones correspondientes a la esfera que se examina deben consultarse teniendo en cuenta su carácter provisional y los apéndices restantes están destinados a complementar el estudio en sí.

Las industrias de los materiales de construcción pueden dividirse en dos grupos, a saber:

- producción en pequeña y mediana escala (baja densidad de capital)
- producción en gran escala (alta densidad de capital);

o, conforme a otros criterios:

- técnicas de fabricación tradicionales
- técnicas de fabricación modernas

Existe una marcada diferencia entre las necesidades de investigación para la producción de materiales autóctonos en pequeña escala y las correspondientes a industrias en que se emplean tecnologías modernas (generalmente, aunque no siempre, en gran escala). Así, por ejemplo, algunas fábricas de cemento de los países en desarrollo necesitan que se investiguen problemas que también se plantean en los países desarrollados. Este estudio no trata en forma detallada de los problemas de investigación comunes a países en desarrollo y países desarrollados, sino que se centra en las necesidades de investigación propias de los países en desarrollo.

En la sección siguiente se resume el estado general en que se encuentra la investigación, tanto de los materiales de construcción como de la construcción en sí. En la sección 3 se exponen los objetivos y tendencias principales de la investigación. A continuación, en la sección 4, se enumeran las prioridades de investigación respecto de los principales materiales de construcción. En la sección 5 se explican en compendio los métodos para determinar las prioridades en materia de investigación, así como las condiciones a que hay que ajustarse en esa determinación.



## 2. ESTADO ACTUAL DE LA INVESTIGACION SOBRE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCION

La investigación sobre los materiales de construcción es un fenómeno reciente. Aunque el cemento fue inventado a principios del siglo XIX, en nuestros días la investigación sobre el cemento y el hormigón sigue revistiendo suma importancia. Sin embargo, con el transcurso del tiempo, la investigación se ha hecho extensiva a los ladrillos y azulejos, el vidrio, la madera y varios otros materiales de construcción (bituminosos, pinturas, plásticos, etc.). Algunos de los materiales empleados en la construcción se producen en otros sectores industriales, como el acero, el aluminio y los plásticos. Sólo en cierta medida puede considerarse que la investigación sobre estos últimos sea también investigación sobre materiales de construcción. La mayoría de las actividades de investigación sobre los materiales de construcción se centran en el cemento (y otros aglutinantes: cal, yeso, puzolana), el hormigón y las argamasas, la arcilla calcinada, el vidrio, la madera. Sin embargo, últimamente también se ha empezado a investigar en esferas como las de la prefabricación de elementos y los plásticos. La investigación sobre los materiales de construcción se relaciona estrechamente con la investigación sobre la construcción en sí, e incluso en muchos países se acostumbra a organizar la investigación correspondiente a ambos dominios dentro de una misma institución. No existe una línea divisoria precisa entre ellos: por ejemplo, el hormigón puede ser considerado como un material de construcción, pero también como un producto de la actividad de construcción. En los países que están en condiciones de asignar amplios recursos a la investigación sobre los materiales de construcción y a la investigación sobre la construcción, es posible establecer institutos de investigación en forma separada para una y otra. En varios países existen institutos de investigación del cemento cuyo campo de acción suele abarcar la cal, el yeso y, en algunos casos, también el hormigón.

En los últimos años, en muchos países en desarrollo se han hecho grandes progresos en la investigación sobre los materiales de construcción (y sobre la construcción). En dos de los países más extensos (China y la India) existen varias instituciones de investigación en este terreno con plantillas de más de 100 personas y, en algunos casos, de hasta 400 ó 500 personas. En los países más pequeños la investigación sobre los materiales de construcción se lleva a cabo en servicios pequeños, con plantillas de unas pocas personas.

En el apéndice 1 figura una lista de instituciones que se dedican a la investigación de los materiales de construcción en los países en desarrollo. Como es inevitable, la lista no es exhaustiva, y hay instituciones de investigación sobre los materiales de construcción que no figuran en ella. Sin embargo, da una idea preliminar de la capacidad de los servicios de investigación de que disponen los países en desarrollo. En los países desarrollados existen instituciones con dependencias especiales encargadas de realizar investigaciones sobre la construcción y sobre los materiales de construcción para los países en desarrollo. Algunas de éstas también se enumeran en el apéndice 1.

Cabe afirmar que la escala a que cada país debe organizar la investigación sobre la construcción y sobre los materiales de construcción depende de sus necesidades. Ello no significa que la investigación que se realice en estos sectores tenga que alcanzar los niveles de complejidad de la biotecnología o la electrónica, para citar dos ejemplos. En todos los países, la proporción de la cifra de facturación anual de los sectores de la construcción y de los materiales de construcción que se destina a gastos de investigación en esos campos es inferior a la proporción correspondiente a los sectores de alta tecnología. Por otra parte, muchos países pueden evitar el tener que crear servicios de investigación en ciertas esferas de alta tecnología para uso nacional, lo cual no es posible en el caso de las industrias de la construcción y de los materiales de construcción. Cada país debe desarrollar su propia industria de la construcción, pues la dependencia indefinida de materiales de construcción importados constituye una insostenible sangría de recursos.

Los materiales de construcción se fabrican echando mano de los recursos naturales de cada país, y las características técnicas de las materias primas (piedra, arena, arcilla, etc.) nunca son absolutamente idénticas en todos los países. Este hecho obliga a cada país a repetir los experimentos ya realizados en otros países con materias primas diferentes. Esa repetición permite además a los países en desarrollo familiarizarse con las técnicas más avanzadas y les sirve de preparación para introducir nuevos métodos de producción y nuevos productos.

Las instituciones de investigación de los materiales de construcción pueden ser:

- públicas
- semipúblicas
- privadas

Las públicas (es decir, estatales) son propias de los países con economía de planificación centralizada, como los de Europa oriental y China. En los países con economía de mercado la investigación sobre los materiales de construcción suele ser organizada por la industria privada o tener carácter semipública. En los países occidentales con economía de mercado existen además instituciones públicas de investigación sobre la construcción que, en mayor o menor medida, se ocupan también de investigar sobre los materiales de construcción.

La investigación privada sobre los materiales de construcción puede ser organizada por grandes empresas (LaFarges en el caso del cemento, Pilkington y Saint-Gobain en el caso del vidrio, etc.). Puede, asimismo, ser organizada por una asociación industrial subsectorial, como ocurre, por ejemplo, en el Reino Unido (Cement and Concrete Association) y en la República Federal de Alemania (Forschungsinstitut der Zementindustrie). La investigación que realizan las instituciones de los países desarrollados puede ser aplicable a los países en desarrollo e incluso puede estar expresamente destinada a resolver los problemas de estos países. En este último caso, la investigación generalmente se financia con fondos especiales de asistencia.

Las universidades y establecimientos de enseñanza superior desempeñan en todo el mundo un papel cada vez más importante en la investigación industrial (en el caso de las ciencias naturales siempre lo han hecho). En varios países las instituciones de investigación sobre la construcción y sobre los materiales de construcción están vinculadas de un modo u otro con una universidad. Para la investigación sobre los materiales de construcción es preciso disponer de laboratorios debidamente equipados. A veces, éstos son costosos, y si en un país o región determinados no hay necesidad de contar con más de un laboratorio o juego de aparatos, se confía ya sea a un instituto o a una universidad la responsabilidad de mantener e ir ampliando un solo laboratorio. Se pueden celebrar acuerdos para la utilización conjunta de instalaciones comunes. En los países en desarrollo las universidades suelen ser

organizaciones públicas (estatales). En algunos países desarrollados (especialmente en los Estados Unidos) las universidades pueden ser instituciones privadas (por ejemplo, la Universidad de Stanford, de California).

La situación actual puede resumirse de la siguiente manera. Los países en desarrollo ya han hecho importantes progresos en el establecimiento de sus propias instituciones de investigación sobre los materiales de construcción. Por otra parte, la experiencia de los países desarrollados demuestra que antes de que pueda considerarse que una institución de investigación funciona de forma verdaderamente eficaz es necesario que hayan transcurrido alrededor de diez años desde su creación. Ese proceso de maduración se repetirá en las instituciones de investigación que se establezcan en los países en desarrollo. Por último, será preciso seguir ampliando las capacidades de los países en desarrollo en las esferas de la investigación y la tecnología.

### 3. OBJETIVOS GLOBALES DE INVESTIGACION

#### 3.1 Principios generales

Si bien este documento se refiere al mundo entero, hay que decir que no es posible definir prioridades en materia de investigación con un alcance mundial; se las debe definir con respecto a un país y a un período determinados. Así pues, las prioridades de investigación expuestas en el presente trabajo han de considerarse una primera indicación. Se basan en general en investigaciones realizadas o en curso en uno o más países, y constituyen temas de investigación que tal vez podrían ser útiles a muchos países, teniendo en cuenta la naturaleza en extremo dispersa de la industria de la construcción y su dependencia de recursos locales más o menos diferentes. En un país A, se puede haber resuelto el problema de la producción de bloques de laterita; pero no por ello los resultados podrán transferirse a un país B sin nuevas investigaciones, entre otras causas por la diferente naturaleza específica de las lateritas en los distintos países. La selección de prioridades en materia de investigación requiere, pues, el desarrollo de dos procesos distintos:

- la identificación de posibles temas de investigación;
- la aplicación de una metodología para comparar esos diversos temas y determinar cuáles han de aceptarse.

El presente documento procura elucidar esos dos procesos; da algunas indicaciones sobre determinados temas de investigación que tal vez valdría la pena considerar y establece ciertos principios básicos en cuanto a los métodos de selección que han de emplearse. Esas recomendaciones no serán válidas en todos los países por lo que respecta al proceso real de selección. Será preciso definir los temas de investigación y adaptar los métodos de selección conforme a las condiciones nacionales. A continuación, se resumen algunos objetivos globales de investigación.

#### 3.2 Utilización de materiales y subproductos locales (nacionales); conservación de recursos y energía

Muchos países en desarrollo importan continuamente cantidades masivas de materiales de construcción. Se trata de un derroche innecesario de los recursos nacionales, pues la mayoría de los países posee materias primas apropiadas para la producción de materiales de construcción. La investigación sobre la utilización de materiales locales (nacionales) tiene prioridad absoluta.

El empleo de esos materiales no sólo permite ahorrar divisas fuertes, sino también aliviar los problemas que ocasionan la manipulación de los productos importados y su transporte a lugares distantes. Por regla general, los materiales locales (nacionales) resultan más baratos que los importados a los que sustituyen.

Los recursos naturales son diferentes en cada país. En algunos abunda la madera mientras que en otros es escasa. En los países donde no se dispone de suficiente madera, deberán usarse arcos y bóvedas de mampostería, casas cortadas en el flanco de la montaña, vigas de hormigón reforzado. Puede pensarse que la piedra, la arcilla, la grava y la arena se encuentran en todas partes, pero en realidad no es así. En muchos países falta uno u otro de esos elementos o las características de los existentes son tales que no permiten emplearlos directamente en la construcción. Por otra parte, la investigación puede abrir la puerta a la utilización de materiales naturales que antes se desechaban (por ejemplo, ciertas maderas o algunos suelos lateríticos). Es una tarea importante de la investigación ampliar la lista de los recursos naturales susceptibles de uso económico con fines de construcción. Además de las materias primas naturales (arena, cal, piedra, tierra etc.) se deberían emplear, en la fabricación de materiales de construcción, subproductos industriales y agrícolas. De ese modo, se reduciría también la creciente acumulación de escorias y otros desechos de aspecto desagradable y podría darse un primer paso hacia la rehabilitación de ciertos medios ambientes afectados, por ejemplo, por la explotación minera. La conservación de la energía tiene también prioridad absoluta en la investigación, y particularmente en los países importadores de petróleo.

### 3.3 Aumento de la durabilidad y la pirorresistencia

Los materiales de construcción autóctonos (tierra, hojas de palma, etc.) pueden ser muy baratos pero con frecuencia su durabilidad es escasa. Hay materiales de construcción locales cuyo ciclo vital no excede los dos años. Obviamente, la prolongación del ciclo vital de los materiales autóctonos mediante el mejoramiento de su durabilidad tiene una elevada prioridad en la investigación. Es importante alcanzar este objetivo con métodos baratos. La durabilidad de los materiales de construcción y de las construcciones mismas ha alcanzado un alto grado de prioridad también en los países desarrollados, donde se han efectuado, o están en curso, numerosas investigaciones sobre el

tema. Como resultado, se ha obtenido una cantidad considerable de conocimientos, pero los países en desarrollo tienen problemas de durabilidad específicos. La vida de los materiales suele ser mucho más corta; también son diferentes los factores climáticos y otros factores ecológicos que afectan a la durabilidad. Así pues, la durabilidad es también un campo de investigación importante en los países en desarrollo.

A este respecto, las categorías más importantes de materiales de construcción son la tierra y la madera; las categorías más importantes de partes de construcción son los techos y las paredes. La investigación debe concentrarse en el aumento de la durabilidad de esos materiales y partes de construcción.

La tierra es un material durable siempre que esté debidamente protegida de la lluvia, el agua subterránea y otras formas de humedad. La protección contra el agua subterránea puede lograrse deteniendo el progreso de la humedad con una capa aislante impermeable (bituminosa, etc.); la impermeabilización de la primera capa de mortero da protección contra la lluvia directa o las salpicaduras. Un sencillo enlucido de barro puede revestirse con una lechada espesa de cemento, por lo menos en la cara expuesta a la lluvia. Este tratamiento se debe renovar periódicamente. La mezcla se puede impermeabilizar agregándose cemento o algún otro material nacional apropiado, por ejemplo, palmitato de calcio (ácido producido a partir del jabón de aceite de palma). La resistencia de la lechada se aumenta añadiendo rastros a la cal. Se puede obtener protección contra la lluvia teniendo en cuenta los detalles arquitectónicos apropiados, por ejemplo la protección con tejados.

La degradación de las materias orgánicas fibrosas puede ser provocada por las condiciones meteorológicas, los insectos o los hongos. Algunas especies de maderas son vulnerables al ataque de hongos e insectos y sólo pueden utilizarse después de la aplicación de algún tipo de tratamiento de conservación. La determinación oportuna del período de aserrio de las trozas y del tiempo de secado de la madera aserrada en el aserradero contribuye a mejorar la durabilidad.

Varios países han encontrado medios eficaces de proteger los materiales contra las termitas. El problema de la durabilidad puede presentarse también con los materiales de más reciente producción. Así, por ejemplo, la fisuración cáustica de las fibras de sisal en el hormigón se puede impedir

reduciendo la alcalinidad del agua intersticial mediante la sustitución de una parte del cemento portland por vapores de sílice o por cemento con alta concentración de alúmina, o bien sellando el sistema de poros con cera o algún otro agente fibroso impregnante.

Además de las condiciones meteorológicas adversas, el fuego es otro de los principales peligros capaces de provocar la destrucción de las estructuras. En muchos países en desarrollo este riesgo es alto debido a los materiales empleados. Por consiguiente, el aumento de la piroresistencia es una importante tarea de la investigación.

Los terremotos, las inundaciones (y los tsunamis, tifones, etc.) destruyen no sólo los materiales sino también las propias estructuras. La aplicación de los resultados actuales de las investigaciones, así como una mayor investigación al respecto, podrían reducir las pérdidas en lo que respecta al dinero y naturalmente a las vidas humanas. Una técnica nueva y relativamente barata consiste en utilizar mortero reforzado, lo que aumenta la resistencia a los movimientos sísmicos. Esta técnica se emplea todavía muy poco y su aplicación en forma más generalizada podría redundar en notables beneficios.

El clima tropical húmedo o el clima seco afecta a los materiales de diversas maneras. Ello ha inducido a algunos países a realizar investigaciones sobre pinturas de emulsión resistentes al moho.

#### 3.4 Tecnologías apropiadas; aspectos económicos de la investigación y el desarrollo técnico

Se ha afirmado en repetidas ocasiones que inundar simplemente a los países en desarrollo con tecnologías elaboradas en los países desarrollados puede provocar más daño que prov no. Las condiciones particulares de los países en desarrollo exigen tecnologías apropiadas especiales. En muchos países ello puede significar también una reducción de las capacidades, pero no es ésta la única característica de la tecnología apropiada. La condición principal es que se la pueda dominar, mantener y seguir desarrollando gradualmente.

Una de las peculiaridades más importantes de los países en desarrollo (desde el punto de vista de los avances técnicos) es el bajo nivel de ingresos y el costo relativamente alto de los materiales en relación con ese nivel. Por consiguiente, la sustitución de la mano de obra por materiales o máquinas puede resultar económica en los países desarrollados pero no suele



ser viable por motivos económicos en los países en desarrollo. La sustitución de métodos con gran densidad de mano de obra por procesos mecanizados sólo puede hacerse gradualmente, y el tiempo necesario para ello dependerá de cuándo tales cambios sean viables como consecuencia del aumento de los ingresos y la disminución del precio de máquinas y materiales. La investigación también debe tener en cuenta estas circunstancias.

La investigación no es un fin en sí misma, ni se realiza siquiera por el sólo desarrollo técnico; su finalidad es mejorar las condiciones de vida y vivienda y aumentar la productividad y el bienestar de un país. Es posible citar numerosos estudios de casos referentes a países desarrollados y en desarrollo que ilustran situaciones en que la investigación y el desarrollo no han alcanzado ese objetivo. A veces el desarrollo técnico (nuevas fábricas, etc.) devora una parte de los recursos de un país más importante que los nuevos valores producidos gracias a ese desarrollo. Han sido amargas las lecciones aprendidas, pero aún así no hay garantías de que no se vuelvan a cometer errores análogos. Por ello, cuando se define una lista de prioridades en materia de investigación, debe figurar en los primeros lugares la fiscalización económica (comercial) de los proyectos de investigación. Esa tarea es necesaria durante todas las etapas de la investigación: antes de aceptar una propuesta de nuevas investigaciones, durante su realización y a su término, cuando será preciso tomar una decisión en cuanto a la conveniencia de poner en práctica los resultados.

La aplicación de los principios mencionados exige que los institutos de investigación sean capaces de evaluar los aspectos económicos de la investigación y de sus posibles aplicaciones. El personal de esos institutos debe comprender economistas e investigadores técnicos con un conocimiento suficiente de los principios económicos, cuya misión será evaluar los aspectos económicos de la investigación y del desarrollo técnico.

### 3.5 Control de calidad

La utilización de materiales de construcción autóctonos se ha basado siempre en la experiencia práctica. Si bien ello puede ser satisfactorio en condiciones tradicionales, el control de calidad podría contribuir a que se hiciera un mejor uso de los recursos. La aplicación de técnicas de control de calidad pone de relieve las diferencias de calidad, permitiendo así desechar los materiales que tienen propiedades más débiles y aprovechar más

ventajosamente las mejores propiedades de los demás materiales. Con ello pueden también los productores aprender a mejorar la calidad de los materiales de construcción. Evidentemente, el control de calidad no constituye en sí mismo investigación, pero con frecuencia se realiza en las mismas instituciones que la investigación. Los mismos equipos de laboratorio pueden utilizarse tanto para el control de calidad como para la investigación. Un control adecuado ha de revelar las deficiencias de calidad de los materiales de construcción y ese conocimiento servirá de punto de partida para las investigaciones encaminadas a eliminar esas deficiencias.

Los laboratorios de control de calidad están a menudo instalados en las universidades, pues esa infraestructura es también necesaria para los fines de la enseñanza y el control de calidad sirve de puente entre el personal docente universitario y la industria.

Otra solución consiste en establecer un laboratorio de control de calidad para todos los sectores industriales, incluidas las industrias de materiales de construcción. Cualquiera sea la modalidad elegida, la creación de una institución competente y la adopción de procedimientos idóneos de control de calidad deben gozar de una elevada prioridad (también) en los países en desarrollo.

### 3.6 Conservación de los recursos y la energía

Lamentablemente, sólo desde hace relativamente poco advierte la humanidad la importancia vital de conservar los recursos. Inicialmente, solamente los países desarrollados eran conscientes del problema. En los países en desarrollo la necesidad de aumentar la producción y el bienestar estaba por encima de la conservación de los recursos. Incluso actualmente, en ciertas ocasiones, los países desarrollados atribuyen mayor importancia a la conservación de los recursos que los países en desarrollo. La discrepancia, empero, está disminuyendo rápidamente. La crisis energética iniciada en 1973 ha acelerado el proceso. Los países exportadores de petróleo procuran conservar sus existencias de crudo tanto tiempo como sea posible; los países importadores de petróleo están obligados a ahorrar energía a fin de reducir los costos en rápido aumento de sus importaciones energéticas.

La meta de conservar otros recursos (medio ambiente natural, materias primas, etc.) es también objeto de una atención creciente. Mucha energía se

gasta en las operaciones de secado, endurecimiento y cocción de los materiales de construcción. La energía solar es una forma natural de energía que puede sustituir una parte de los combustibles utilizados hasta ahora en la fabricación de materiales. La mezcla de arcilla con subproductos orgánicos (cascarillas de arroz, aserrín, etc.) también reduce el consumo de combustible en la cocción de ladrillos. El endurecimiento del hormigón se debe realizar, en la medida de lo posible, sin introducir vapor de endurecimiento y utilizando en cambio calor natural, eventualmente aumentado por la radiación solar.

La investigación sobre la construcción puede proporcionar a los diseñadores orientaciones que les permitan proyectar edificios cuyos sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado requieren menores cantidades de energía. La conservación y la rehabilitación del medio ambiente natural (por ejemplo, restauración de canteras abandonadas, etc.) irá adquiriendo también cada vez más importancia en los países en desarrollo.

#### 4. PRIORIDADES EN MATERIA DE INVESTIGACION SOBRE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCION BASICOS

##### 4.1 Tierras (arcilla, adobe, laterita)

El empleo de la tierra como material de construcción reviste características singulares. Por ejemplo, en California (Estados Unidos de América), en Francia y en algunos otros países se emplea en la construcción de edificios para clientes que sin duda podrían costearse cualquier otro material estructural. En cambio, en muchos países en desarrollo no se la considera digna de ser utilizada para la edificación de viviendas decorosas. Por otra parte, junto a esas dos actitudes extremas, se da el caso de millones de familias que, sin saber siquiera de la existencia de esas diferencias de valoración, y permaneciendo totalmente ajenas a la investigación y la industrialización, emplean la tierra como material de construcción, y de esa forma mantienen vivas antiguas tradiciones y hábitos.

Los investigadores están tratando de determinar qué papel les corresponde respecto de la tierra como material de construcción. Entre otras recomendaciones, aconsejan que se la proteja contra la lluvia y las salpicaduras de agua, se la estabilice y se combine su uso con la colocación de vigas en la parte superior de los vanos y habitaciones. En algunos países esas recomendaciones se llevan a la práctica, mientras que en otros el proceso de ejecución es más lento o tiene menos éxito.

La tierra, el adobe, la laterita, etc., pueden estabilizarse con diversos materiales (cemento, cal, yeso, alquitrán, arena cenicienta, hierba, sisal, estiércol de vaca, etc.). La elección del material adecuado depende de las condiciones locales (tipos de aglutinantes disponibles), y en algunos casos es preciso que los investigadores determinen las proporciones de mezcla y técnicas óptimas tomando en consideración las características de la tierra (laterita) del lugar de que se trate.

A pesar de la difusión universal de los conocimientos, las prácticas relativas al empleo de las tierras difieren mucho de un lugar a otro. Tanto las herramientas, las prensas, las mesas de moldeo y los encofrados, como los métodos que se emplean son distintos, y ello explica, junto con las diferencias de propiedades de las materias primas, de condiciones climáticas y de otra índole, que se registren diferencias prácticas tan considerables. Se han inventado diversos tipos de prensas y pisones, que se emplean para fabricar

bloques y ladrillos de tierra y laterita estabilizadas; por ejemplo: CINVARAM (Colombia), Terstaram (Malí), BREPAK (Ghana), TEK-Block-Press (Ghana), CENEEMA (Camerún), Ellson Blockmaster (Sudáfrica), Supertor (Brasil), Latorex (Dinamarca), CONSOLID (Suiza y Ghana).

En los países y regiones en que no se emplea ninguno de esos equipos, convendría realizar un estudio para seleccionar alguno de ellos o adaptarlo a las condiciones locales a fin de contribuir al perfeccionamiento del empleo de materiales para construcción de paredes.

Mediante el intercambio de información y la transmisión de experiencias se va constituyendo un acervo mundial de conocimientos, cuyo aprovechamiento se ve condicionado, en el plano local, por una actitud positiva o negativa frente a la posibilidad de cambio, y de esa forma se van logrando progresos paulatinos respecto de este antiguo material de construcción. La más alta prioridad de la investigación consiste en contribuir a esos progresos, y para conseguirlo es necesario evaluar correctamente las condiciones locales.

#### 4.2 Cemento, cal, yeso y puzolana

En la mayoría de los países en desarrollo hay escasez de cemento y, en cierta medida, también de otros materiales aglutinantes. Por ese motivo, es preciso conceder alta prioridad, tanto en lo general como en lo que respecta a la investigación, al aumento de la producción y a un empleo más económico de estos materiales.

La fabricación de cemento requiere mayor densidad de capital que la de cal y puzolana. Por ello, es importante sustituir, aunque sea parcialmente, el cemento por la cal y la puzolana. Ese objetivo también puede lograrse mediante la fabricación de cementos mezclados, en los que parte del cemento se sustituye por puzolana natural o por subproductos industriales (cenizas volantes, escorias, arena) con propiedades hidráulicas. Si la infraestructura de carreteras y ferrocarriles es inadecuada y la capacidad del sistema de transporte insuficiente, puede producirse una escasez local de cemento u otros materiales de construcción. Por consiguiente, en muchos casos es importante establecer o desarrollar la fabricación de cemento y otros materiales en el mismo país. Es preciso determinar cuáles son las materias primas apropiadas, así como estudiar la fabricación y el empleo de cemento en plantas locales (subregionales). Estas tareas son de alta prioridad para los investigadores de los materiales de construcción.

Algunos países en desarrollo disponen de hornos modernos para la calcinación y pulverización del cemento, y la fabricación de cal, yeso y puzolana. La mayoría de las prioridades de esas plantas en materia de investigación son las mismas que las de los países desarrollados, a saber:

- prospecciones geológicas de minerales e investigaciones para determinar las mezclas óptimas;
- mejoramiento de los procesos de extracción y transporte;
- mejoramiento de los procesos de calcinación y pulverización;
- conservación de energía;
- introducción de sistemas de control automáticos, empleo de computadoras y microprocesador (CAM);
- introducción de productos nuevos y mejorados (cemento de magnesita, cemento inatacable por los sulfatos, cemento blanco, etc.), y métodos de control periódico de la calidad;
- introducción de nuevos productos fabricados con cemento y otros materiales aglutinantes;
- empleo de residuos y subproductos (escorias, cenizas volantes, yeso fosforado);
- protección del medio ambiente, reducción de la contaminación del aire y el agua, recuperación de canteras abandonadas;
- investigación orientada a mejorar el equipo de fabricación, su mantenimiento, reparación y ciclo de vida útil.

En muchos países en desarrollo, el cemento, y en algunos casos también la cal y el yeso, se importan en cantidades sustanciales. De ser posible, debe estudiarse la disponibilidad de puzolana volcánica, que puede sustituir, al menos en parte, al cemento, la cal y el yeso. El cemento también se puede sustituir por cenizas de cáscara de arroz mezcladas con cal. En el caso del cemento mezclado, una parte del cemento portland se sustituye por puzolana, escoria o cenizas volantes. Algunas otras cuestiones que deben investigarse son las siguientes:

- Construcción de fábricas sencillas de baja o mediana capacidad: hornos de calcinación de cemento y cal, quemadores para los mismos, hidratadores de cal;
- empleo de materias primas y subproductos locales (cales magnésicas y dolomíticas, puzolana, yeso fosforado, cáscara de arroz, arena cenicienta, sobrantes de mica, desechos de minas, lodo de cal procedente del acetileno, desechos de las industrias del papel y del azúcar);
- empleo de combustibles locales para la calcinación de la cal (por ejemplo, gránulos premezclados de cáscara de arroz y arcilla).

#### 4.3 Hormigón, argamasa, ladrillos, bloques, elementos premoldados

La fabricación de hormigón, ladrillos, bloques, etc. es una segunda etapa del empleo de materias primas básicas y materiales de construcción básicos (grava, arena, arcilla, cemento, cal). Algunos de los procesos se llevan a cabo en fábricas situadas fuera del lugar de las obras (por ejemplo, la prefabricación), al tiempo que otros se realizan o pueden realizarse a pie de obra. En esta esfera, se superponen la investigación sobre los materiales de construcción y la investigación sobre la construcción.

En los países en desarrollo el transporte a grandes distancias suele ser costoso, y es frecuente que no se disponga de la infraestructura necesaria. Por eso, las fábricas de ladrillos, bloques y elementos premoldados no pueden satisfacer la demanda de zonas demasiado extensas, y deben ser de pequeña o mediana capacidad. Debido a la acostumbrada falta de capital, tienen que funcionar con equipo sencillo, limitaciones que es preciso tener en cuenta cuando de investigación se trata.

La investigación de los procesos tecnológicos en que se emplean el cemento y otros materiales aglutinantes incluye el curado con vapor y calor solar, vibración, añadido de productos químicos para mejorar la docilidad, la resistencia a la helada, los procesos de fraguado y endurecimiento y la durabilidad, reducir la formación de grietas, mejorar la impermeabilidad, etc.

Los refuerzos de acero son un elemento costoso de la fabricación de hormigón armado, y la solución de ese problema tal vez consista en sustituir el acero por fibras vegetales (sisal, fibra de coco, pasta de madera, hierba elefante, lana de madera, kenaf). Las fibras de sisal se pueden emplear como refuerzo ya sea trituradas, sueltas o en forma de cuerdas. El cemento también es un elemento costoso del hormigón, y la investigación de los hormigones con bajo contenido de cemento puede redundar en economías y contribuir en gran medida a remediar la escasez de ese material. Aunque pueda parecer que el agua para la mezcla sea un aspecto poco costoso de la fabricación de hormigón, en muchos lugares hay escasez de agua. La investigación puede contribuir a facilitar el empleo parcial del agua de mar en el mezclado del hormigón. En los lugares en que se carece de arena apropiada pero, en cambio, abunda la laterita, ésta se puede emplear en la preparación del hormigón.

Para la fabricación de ladrillos se pueden emplear tres tipos de métodos:

- los que requieren gran densidad de mano de obra

- los semi-mecanizados y
- los totalmente mecanizados.

La capacidad óptima de las fábricas depende de factores locales y regionales, como el volumen del mercado, el nivel de los salarios y la existencia de una red de transportes. Algunas arcillas sólo pueden emplearse en la fabricación si se las mezcla con arena, o si no se dispone de arena, con otros materiales de grano fino: basalto disgregado, cenizas volantes, carbonilla, desechos de minas de carbón. El combustible se puede sustituir parcialmente (al tiempo que se mejoran las propiedades termoaislantes) añadiendo a la arcilla materiales orgánicos, como cáscaras o serrín de madera.

#### 4.4 Madera, bambú y otros productos y subproductos vegetales

Además de emplearse como material de construcción, la madera se destina a otros usos. Ya se ha celebrado una Consulta sobre la industria de la madera y los productos de madera, y en los documentos de trabajo de esa Consulta figuran numerosas exposiciones y recomendaciones respecto de la investigación de la madera como material de construcción. El documento UNIDO/IS.398, titulado First world-wide study of the wood and wood processing industries (ONUDI, 3 de agosto de 1983, 213 págs.) contiene un estudio general de la madera. En el documento UNIDO/IS.413, titulado A review of technology and technological development in the wood and wood processing industry and its implications for developing countries. (ONUDI, 18 de noviembre de 1983, 157 págs.), se resumen las prioridades en materia de investigación de las maderas que se emplean en la construcción. Este documento se limita a exponer determinadas tendencias de la investigación de la madera como material de construcción.

La madera se empleaba como material de construcción ya en la antigüedad. A pesar de ello, quedan por realizar tareas de investigación, a las que en algunos países se concede la alta prioridad que merecen:

- ampliación de los tipos de madera que se utilizan. En muchos países existen especies que hasta ahora no se han utilizado, pero que podrían explotarse. Al respecto, es necesario realizar estudios y pruebas de laboratorio;
- empleo de distintos tipos de madera. En algunos países en que se conocen las propiedades de un solo tipo de madera, resultaría más práctico emplear combinaciones de diversas especies; es preciso estudiar las propiedades de esas combinaciones;



- especies de máximo rendimiento; cada especie tiene su propio ritmo de crecimiento y permite obtener una determinada cantidad de madera por unidad de superficie. Es preciso realizar investigaciones que permitan establecer políticas para la forestación y renovación óptimas;
- secado de maderas por energía solar con el objeto de conservar energía;
- tratamiento de los techos de paja, de hojas de palma, etc., con retardadores del fuego;
- diversos usos de desechos y subproductos agrícolas (cáscaras de arroz, serrín de madera, etc.);
- sustitución de fibras de amianto o de refuerzos de acero por fibras vegetales (sisal, etc.);
- creación de nuevos productos (ripias para techar, etc.);
- empleo de subproductos industriales con propiedades adhesivas (por ejemplo, la lignina, que es un desecho de la industria del papel y la pasta papelera).

Se estima que en varios países, de continuar el actual ritmo de desforestación, se agotarán los recursos madereros. Mediante el cultivo del bambú de buena calidad para su empleo en la construcción es posible ampliar la oferta de esos recursos. El empleo de técnicas inadecuadas y de bajo rendimiento redundará en considerables derroches durante la conversión y resulta costoso; la investigación puede contribuir a reducir esas pérdidas. Los paneles de madera aglomerada, de fibra y de madera y cemento se pueden fabricar con desechos de la madera y con malezas que hasta ahora sólo se consideraban perjudiciales (por ejemplo, el eupatorium).

#### 4.5 Otros materiales, elementos y equipos

Los programas destinados al desarrollo de las industrias de los materiales de construcción no deben ceñirse a los materiales básicos (cemento, vidrio, cerámica, madera), sino que es necesario que reflejen la creciente complejidad de la industria de la construcción. Si no se procede de esa forma, habrá que seguir importando equipo sanitario y de abastecimiento de agua, accesorios, equipo eléctrico, pinturas, plásticos, ascensores, etc. Las cantidades de materiales, elementos y equipos que necesita cada país son muy diferentes de las de los demás y dependen, entre otros factores, de la población del país. En el caso de determinados productos, puede ocurrir que la capacidad del mercado interno no alcance para justificar su fabricación en el país exclusivamente para ese mercado. En esos casos, la fabricación sólo es viable si se estima que existen buenas posibilidades de acceso a un mercado más amplio.

Es evidente que cabe asignar alta prioridad a la investigación de los desechos y subproductos agrícolas e industriales para destinarlos a la construcción (cáscaras de arroz, paja, desechos de papel, cenizas volantes, escorias, etc.). Las puertas, ventanas, persianas y sus accesorios (por ejemplo, los herrajes) son tan necesarios para las viviendas de bajo costo como para los edificios de alta calidad de varios pisos que se construyen en las ciudades (bancos, oficinas, etc.). Sin embargo, en el caso de la primera categoría se impone encontrar soluciones sencillas y poco costosas, mientras que para el segundo tipo de construcciones por lo general se requieren productos de nivel similar a los de los países desarrollados.

#### 4.6 Relaciones entre la investigación sobre los materiales de construcción y la investigación sobre la construcción

En el caso de la vivienda rural, la fabricación de los materiales de construcción guarda íntima relación con la construcción de viviendas y, por consiguiente, la investigación sobre los materiales de construcción está indisolublemente ligada a la investigación sobre la construcción. Tal es el caso de los muros de tierra, los revocados con argamasa, los techos de hierba, etc.

Para citar un ejemplo, los techos de hierba siempre se han construido con hierba desecada. La investigación ha permitido mejorar los métodos de fabricación de rollos o paneles de hierba desecada, haciéndolos muy impermeables al agua de lluvia en vertientes poco pronunciadas, dándoles resistencia para sustentar el peso propio y permitiéndoles servir como puntos de apoyo resistentes a la presión del viento. Entre los nuevos métodos de fabricación figura también el tratamiento químico para elevar la resistencia de la hierba desecada a los ataques por agentes biológicos. En algunos países se ha propuesto la inserción de una lámina de polietileno entre dos capas de hierba con el fin de impermeabilizar el techo.

En los subsectores formales (monetarios) de la economía, cada vez es mayor el número de elementos prefabricados que se emplean en la construcción. A pesar de que esos elementos sustituyen a los materiales de construcción, su estudio pertenece al campo de la investigación sobre la industria de la construcción. El diseño de vigas de piso y de tablas para techos de hormigón armado premoldeado debe basarse en el conocimiento previo del uso que habrá de dárseles en los edificios.

Las características y propiedades que deben tener los edificios son un tema del que se ocupa la investigación sobre la construcción. De ese modo, se establecen vínculos estrechos entre la investigación sobre los materiales de construcción y la investigación sobre la construcción. El transporte, la izada y el montaje de los materiales de construcción requieren el empleo de máquinas, herramientas y otros elementos, incluidos los andamios y encofrados. Existe una rama especializada de la investigación sobre la construcción que trata de esas cuestiones.

La investigación sobre la construcción se ocupa de los materiales de construcción cuando estudia tanto los elementos y partes de los edificios como los edificios en su conjunto. Por ejemplo, en el campo de la ingeniería estructural la investigación ha permitido inventar un nuevo tipo de mampostería reforzada más resistente a los terremotos. La investigación de la ventilación hace posible crear mejores condiciones ambientales.

## 5. DETERMINACION DE LAS PRIORIDADES EN MATERIA DE INVESTIGACION; CONDICIONES DE EJECUCION

### 5.1 Métodos para seleccionar las prioridades en materia de investigación

En otros capítulos del presente estudio se examinan las prioridades en materia de investigación con referencia a sus aspectos generales. No obstante, esas consideraciones no bastan cuando los organismos estatales que supervisan estas actividades o los institutos pertinentes deben adoptar decisiones sobre las prioridades.

El procedimiento de selección de proyectos de investigación debe regirse por una política de prioridades. Si bien la experiencia y los métodos empíricos pueden dar resultados satisfactorios, cuando están en juego muchas propuestas distintas, es posible recurrir a una metodología más sistemática. Puede establecerse un sistema de criterios que se utilizará como lista-guía para evaluar las distintas propuestas. Actualmente existen abundantes publicaciones profesionales sobre el problema de la selección de proyectos de investigación. Existen dos enfoques básicos para encararlo:

1. Definir distintos proyectos, compararlos posteriormente y escogerlos o desecharlos según el resultado de las comparaciones; y
2. Definir modelos matemáticos y determinar el punto óptimo entre el número infinito de opciones posibles.

Dado que los métodos del segundo tipo (esto es, los de la optimización matemática) se emplean con menor frecuencia, no volverán a mencionarse en este trabajo. La comparación de dos o más proyectos -pero necesariamente un número finito- puede basarse en un solo criterio (como por ejemplo, el costo de producción del artículo o la productividad de la mano de obra) o en varios. De usarse un solo criterio, las comparaciones son relativamente fáciles pero se tornan más complejas cuando se ponderan varios criterios. En la mayoría de los casos es preciso tomar en cuenta diversos factores: la productividad, los costos de fabricación, los requisitos de capital, la proporción de importaciones, etc.

Si por todos sus aspectos un proyecto es superior a todos los demás, la selección es fácil. Pero en la práctica esto ocurre en contadas oportunidades; determinados proyectos pueden ser superiores a otros atendiendo a ciertos criterios e inferiores habida cuenta de otros. Cuando la evaluación resulta compleja, como sucede a menudo, es menester utilizar métodos provistos

de sistemas de calificación (valoración relativa) para resumir las conclusiones sobre los distintos criterios. Se ha adoptado y aplicado un número considerable de esas técnicas de clasificación. Los distintos métodos han sido documentados, por ejemplo, en los informes publicados por la EIRMA (Asociación Europea de Gestión de las Investigaciones Industriales): "Methods for Evaluation of R and D Projects" (Métodos de evaluación de proyectos de investigación y desarrollo).

Si bien lo que figura a continuación se basa, en cierta medida, en las publicaciones mencionadas, éstas contienen muchos más detalles. Naturalmente lo que se propone no es emplear esos métodos "científicos" en todos los casos, aunque es aconsejable tenerlos presentes a la hora de tomar decisiones sobre las prioridades en materia de investigación. En términos generales, deberá procurarse contestar las cinco preguntas siguientes antes de adoptar las decisiones:

1. ¿Cuál es la importancia del tema de investigación propuesto en el país de que se trata?

Observación:

La respuesta a esta pregunta ha de evaluarse en relación con el costo de la investigación. Los proyectos de mediana importancia pueden aceptarse si su costo es adecuadamente bajo. En general no habrán de aprobarse proyectos que no sean pertinentes para el país.

2. ¿Cuáles son las posibilidades de obtener buenos resultados técnicos?

Observación:

Deberán rechazarse las propuestas de proyectos de investigación si no cuentan con suficientes probabilidades de obtener resultados satisfactorios desde el punto de vista técnico, lo que, a su vez, depende de la existencia de personal suficientemente capacitado (investigadores y asistentes), el equipo de laboratorio de que se dispone, los recursos financieros, las materias primas y componentes, y la posibilidad intelectual (científica) de obtener buenos resultados (por ejemplo, una propuesta con vista a obtener un "perpetuum mobile" no cuenta con ninguna posibilidad de obtener resultados satisfactorios desde el punto de vista técnico).

3. ¿Qué probabilidades hay de lograr buenos resultados comerciales?

Observación:

Sólo el análisis del mercado puede dar respuesta a esta pregunta.

¿Escasean los productos que deben fabricarse o, por el contrario, existe una gran oferta de artículos análogos? ¿Cuál es la situación en materia de precios? o, más concretamente, ¿el costo del nuevo producto propuesto podrá ser inferior al precio de venta previsto?

4. Si el proyecto obtiene buenos resultados técnicos y cuenta con posibilidades comerciales favorables, ¿qué posibilidades hay de aplicarlo en la práctica?

Observación:

En ciertos casos, no existen en el país las condiciones necesarias para su aplicación práctica, situación que puede obedecer a una demanda exigua, a la falta de capitales para la inversión, a la ausencia de materias primas y/o componentes, a una formación profesional e industrial insuficiente para diseñar y fabricar equipos de producción en gran escala. En tales casos tampoco deberán aceptarse las propuestas de investigación.

5. ¿Se justifica la investigación en relación con las importaciones de productos o de know-how?

Observación:

Incluso si el proyecto parece prometer, debe tenerse presente que el potencial de investigación es, por lo general, restringido y que quizá otros proyectos puedan generar beneficios superiores. También es posible que aunque las investigaciones sobre el proyecto A tengan posibilidades de éxito, sus resultados puedan adquirirse fácilmente concertando un acuerdo de licencia y que las investigaciones sobre el proyecto B sean indispensables porque, si no se emprenden investigaciones nacionales, no se contará con un medio acertado para resolver el problema B. En una situación de esta índole, el proyecto B es prioritario sobre el A (véase también el siguiente capítulo 5.2).

Cuando se comparan dos o más proyectos de investigación, es importante que los cálculos no se limiten a dar cabida exclusivamente a las condiciones

vigentes en el momento. En el futuro, los costos y los precios correspondientes a las distintas opciones pueden registrar cambios pronunciados en distintos sentidos y en medida diversa. Por consiguiente, las estimaciones económicas deberán abarcar un período más largo, en general de varios años, y habrá que prever e incorporar a esos cálculos las eventuales modificaciones y las condiciones. En tales estudios puede ser preciso utilizar la técnica del descuento y, con ese fin habrá que calcular la tendencia de los tipos de interés durante el período en cuestión. En ciertos casos también deberán determinarse las tasas de inflación. Pese a las incertidumbres inherentes a tales estimaciones, importa tratar de cuantificar las condiciones que cambian con el tiempo. Para todo ello existen metodologías que pueden emplearse en el proceso de selección de los proyectos de investigación.

En el apéndice 3 se citan ciertas páginas de las publicaciones de la EIRMA. A continuación figuran algunos ejemplos de listas-guía y sistemas de calificación, basados también en los informes de la EIRMA. Cabe señalar que mientras que en el presente estudio se emplean las palabras "probabilidad" y "posibilidad" sin pretender establecer ninguna diferencia en los informes de la EIRMA, "verosimilitud" tiene un sentido un poco más restringido que el de "probabilidad". Los documentos de esa asociación incluyen una nota explicativa a este respecto.

"Las listas-guía que figuran a continuación se han elegido únicamente por ser ejemplos representativos que ilustran algunas de las distintas formas que pueden adoptar. Los cuadros 1 a 4 son listas-guía que abarcan todos los aspectos de la evaluación de proyectos de desarrollo desde el punto de vista de las empresas u otras instituciones, incluidas las estatales, que quieran tomar una decisión sobre los méritos de las propuestas.

En el cuadro 1 figura una de las más sencillas. Deberá contestarse a una serie de 21 preguntas antes de iniciar el proyecto. No están divididas en grupos y no se determina ninguna escala de calificación.

En el cuadro 2 aparece una lista más pormenorizada que contiene 56 rubros divididos en seis grupos. Cada factor debe calificarse con arreglo a una escala de cinco posiciones cualitativas. La evaluación aproximada debe hacerse sobre la base de las características generales.

En el cuadro 3 se da una lista de 26 rubros agrupados en cuatro categorías. Se propone una escala numérica que comprende cuatro posiciones

para calificar los factores. Este ejemplo es especialmente interesante porque se procura dar una definición explícita de cada grado de la escala. No se atribuyen puntos a los factores y, en realidad, el autor propugna un método de evaluación basado en la suma de las características y se pronuncia en contra de la utilización de calificaciones numéricas. No obstante, pueden encontrarse listas análogas que proponen la utilización de un índice ponderado que consiste en la suma de las calificaciones. En el cuadro 4 figura un ejemplo mucho más sencillo de lista-guía ponderada y en el cuadro 5 una lista de verificación y calificación de los resultados técnicos.



Cuadro 1

Preguntas básicas con relación a la propuesta inicial y los exámenes posteriores

1. ¿Cuáles son las ventajas concretas que se derivan para la empresa del desarrollo de esta idea de producto?
2. ¿Qué mercado tiene un producto de este tipo?
3. ¿Cuáles son los productos competitivos actualmente disponibles?
  - a. ¿Cuáles son sus ventajas concretas?
  - b. ¿Cuáles son sus inconvenientes concretos?
4. ¿Qué ventajas podemos incorporar a un nuevo producto?
5. ¿Podemos comercializar fácilmente este producto, o se requerirá un nuevo criterio de comercialización, como por ejemplo una nueva organización de ventas?
6. ¿Podremos obtener una posición sólida en materia de patentes que proteja esta nueva idea?
7. ¿Qué volumen de ventas podemos esperar?
8. ¿Cuál es aproximadamente la duración de la vida en el mercado de un producto de esta naturaleza?
9. ¿Cuánto costará desarrollar este producto?
10. ¿Cuánto tiempo tomará desarrollar este producto?
11. ¿Qué método se empleará para ese desarrollo?
  - a. ¿Qué orden habrá de seguirse, por ejemplo, exploración, análisis del proceso, estudio de viabilidad, etc.?
  - b. ¿Cuánto tiempo requerirá cada una de esas fases?
12. ¿Qué conocimientos y qué personal adicionales serán necesarios para desarrollar y perfeccionar este producto?
13. ¿Qué bienes de capital adicionales se necesitarán para desarrollar este producto?
14. ¿Cuáles son nuestras estimaciones respecto al costo de fabricación de este producto?
15. ¿En qué medida será necesario adquirir nuevo equipo de fabricación?
16. ¿Ese equipo puede emplearse también para fabricar otros productos?
17. ¿Las instalaciones de nuestra fábrica se prestarán para la fabricación de este producto o tendremos que adquirir otras nuevas?
18. ¿Se dispone de materiales para fabricar este producto?
19. ¿Cuáles serían las consecuencias de detener la fabricación de este producto si después de un año o dos comprobásemos que el producto va perdiendo apreciablemente aceptación en el mercado?
20. ¿Cuál es el costo total de las operaciones de elaboración, investigación y desarrollo, equipamiento, fabricación, comercialización y publicidad?; ¿podemos permitirnos ese desembolso teniendo en cuenta los demás compromisos ya adquiridos?

21. ¿Cuál es nuestro cálculo más ajustado del rendimiento de la inversión y los beneficios sobre las ventas?

---

Fuente: J.L. Dessauer, *Research Management*, Vol. X, No. 2, 1967.

Cuadro 2

	Muy insatisfactorio	Insatisfactorio	Regular	Satisfactorio	Muy satisfactorio
<u>Aspectos financieros</u>					
Ventas anuales estimadas del nuevo producto					
Tiempo para alcanzar el volumen estimado de ventas					
Relación ventas anuales/costos de investigación y desarrollo					
Relación costos totales/economías anuales					
Beneficio sobre las ventas					
Rendimiento del capital fijo					
Rendimiento de la inversión total					
Amortización de lo invertido en investigación y desarrollo					
Amortización de lo invertido en capital fijo					
Utilidades en el primer año de producción					
<u>Investigación y desarrollo</u>					
Posibilidades de éxito técnico					
Novedad técnica					
Posibilidad de conocimientos técnicos					
Relación con los conocimientos técnicos actuales de la empresa					
Duración del desarrollo del producto					
Necesidades de personal					
Necesidades de equipo de laboratorio y para la planta piloto					
Actividad técnica competitiva					
Situación en materia de patentes					
<u>Producción</u>					
Ventajas del proceso					
Polivalencia del proceso					
Familiaridad con el proceso					
Compatibilidad con las operaciones actuales					
Disponibilidad de equipo					
Disponibilidad de materias primas					

Quadro 2 (cont.)

	Muy satisfactorio	Satisfactorio	Regular	Insatisfactorio	Muy insatisfactorio
<u>Producción (cont.)</u>					
Colocación de subproductos					
Evacuación de desechos					
Posibilidad de corrosión					
Peligrosidad					
Situación en materia de flete					
<u>Comercialización</u>					
Ventajas del producto					
Competidores del producto					
Volumen del mercado					
Estabilidad del mercado					
Permanencia del mercado					
Demanda cíclica y estacional					
Número de clientes potenciales					
Tasa de crecimiento del mercado					
Conocimiento de la empresa en los mercados potenciales					
Compatibilidad con los productos actuales					
Disponibilidad de una organización de comercialización adecuada					
Necesidades de desarrollo del mercado					
Tiempo requerido para afianzarse en el mercado					
Necesidad de variar y modificar el producto					
Dificultad para copiar o sustituir el producto					
Posibilidades en materia de expertos					
Posibilidad de un mercado cautivo					
Posibilidad de concesión de licencias					

Cuadro 2 (cont.)

	Muy insatisfactorio	Insatisfactorio	Regular	Satisfactorio	Muy satisfactorio
<u>Posición en la empresa</u>					
Relación con los objetivos de la empresa					
Dimensión requerida de la empresa					
Valor publicitario o prestigio					
Efecto en la compra de otros materiales					
Efecto en la clientela actual					
Motivación o entusiasmo de los departamentos operativos					
<u>Otros factores</u>					

Fuente: KIEFER, CHEM, ENG. NEWS, 23 de marzo de 1964, pág. 95.

Cuadro 3

CRITERIOS	PUNTAJACION			
	-2	-1	+1	+2
<b>Aspectos financieros</b>				
Rendimiento de la inversión (antes de impuestos)	< 20%	20% a 25%	25% a 30%	> 30%
Ventas anuales estimadas	< \$ 100.000	\$ 100.000 - \$ 1 millón	\$ 1 millón a \$ 5 millones	> \$ 5 millones
Amortización del nuevo capital fijo	> 5 años	3-5 años	2-3 años	< 2 años
Tiempo para alcanzar el volumen estimado de ventas	> 5 años	3-5 años	1-3 años	< 1 año
<b>Aspectos de investigación y desarrollo</b>				
Amortización de lo invertido en investigación	> 3 años	2-3 años	1-2 años	< 1 año
Amortización de lo invertido en desarrollo	> 3 años	2-3 años	1-2 años	< 1 año
Conocimientos técnicos en materia de investigación	Experiencia nula y ninguna otra aplicación	Parcialmente nuevos, pocas otras aplicaciones	Cierta experiencia o nuevas perspectivas	Experiencia o posibilidades considerables
Situación en materia de patente	Situación no definida.	Campo abierto y numerosas licencias	Sólo unas pocas licencias	Patente o licencia exclusiva
Necesidades de desarrollo del mercado	Programa educativo considerable	Educación apreciable del cliente	Educación moderada del cliente	Aceptación inmediata del cliente
Necesidades de promoción	Publicidad y promoción en gran escala	Necesidades importantes	Necesidades moderadas	Escasa necesidad de promoción
Competidores del producto	Varios productos directamente competitivos	Varios productos parcialmente competitivos	Uno o dos productos ligeramente competitivos	Ningún producto competitivo
Ventaja del producto	Mayor precio, calidad equivalente	Competitivo; o precio y calidad superiores	Precio competitivo, mejor calidad	Ventaja en precio y calidad
Vida del producto	Probablemente 1-3 años	Probablemente 3-5 años	Probablemente 5-10 años	Probablemente > 10 años
Demanda cíclica y estacional	Estacional y sujeta al ciclo comercial	Estacional	Sujeta al ciclo comercial	Gran estabilidad
<b>Aspectos técnicos y de producción</b>				
Dimensión de la empresa	Cualquier dimensión	La mayoría de empresas podrían ser competitivas	Empresas de dimensión media o mayores	Sólo una empresa muy grande
Materias primas	Suministro limitado de los proveedores	Disponibilidad limitada en la empresa	Disponibilidad inmediata en otra empresa	Disponibilidad inmediata en la empresa misma

<u>Aspectos técnicos y de producción (cont.)</u>				
Equipo	Necesidad de nueva planta	Equipo nuevo en su mayor parte	Equipo nuevo en parte	Planta recientemente inactiva utilizable
Familiaridad con el proceso	Nuevo proceso; ninguna otra aplicación	Parcialmente nuevo; pocas otras aplicaciones	Proceso familiar - algunos otros usuarios	Proceso de rutina y otras numerosas aplicaciones
<u>Aspectos relativos al producto y su comercialización</u>				
Similitud con las actuales líneas de producto	Tipo enteramente nuevo	Medianamente diferente	Sólo ligeramente diferente	Similitud perfecta
Efecto en los productos actuales	Substitución directa	Disminución de otras ventas	Leve efecto	Aumento de otras ventas
Posibilidad de comercialización con respecto a la clientela actual	Clientela enteramente diferente	Algunos clientes actuales	Mayoría de la clientela actual	Toda la clientela actual
Número de posibles clientes potenciales	Más de 500	Menos de 5; o de 1 a 500	De 5 a 10; o de 50 a 100	De 10 a 50
Idoneidad del personal de ventas actual	Necesidad de un grupo enteramente nuevo	Necesidad de algunos aumentos	Necesidad de escasos aumentos	No se necesitan modificaciones
Estabilidad del mercado	Mercado muy inestable	Inestable	Bastante firme	Muy estable
Tendencia del mercado	En baja	Estable, madura	En aumento	Nuevas posibilidades
Servicio técnico	Se requiere servicio técnico considerable	Moderado	Escaso	Insignificante

Fuente: HARRIS, CHEM. ENG. NEWS, 17 de abril de 1961, pág. 110.

Cuadro 4

Sector estudiado

---

Posibilidades de éxito:

Excelentes	10
Escasas	2

Recuperación de las inversiones:

De 0 a 0,1 año	20
De 0,41 a 0,8 año	11
De 3,21 a 6,4 años	2

Total de las utilidades realizadas en diez años:

1.500.001 - 5.000.000 dólares	10
120.001 - 420.000 "	6
10.000 - 35.000 "	2

Otros factores:

Suministro satisfactorio de materias primas	2-1
Costos de inversión bajos	2-1
Posibilidad de reducir los costos por concepto de licencias	2-1
Costos de investigación moderados	2-1
Mejoramiento de los productos	2-1

---

Total de puntos posible	50
-------------------------	----

---



Cuadro 5

Factores que afectan a la verosimilitud del éxito técnico

FACTOR	PUNTAJACIÓN DE LOS FACTORES				
	1	2	3	4	5
<p><u>Novedad técnica</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Demostración de los principios técnicos</li> <li>• Tecnología y conocimientos técnicos necesarios para una producción en gran escala</li> <li>• Investigación competitiva</li> </ul>	Principios aplicables pero no verificados	Principios demostrables teóricamente con datos básicos	Características de los componentes demostradas y conocimientos de base completos	Parcialmente en gran escala/totalmente en escala piloto	Principios ya incorporados en operaciones a gran escala, en la empresa u otra parte
<p><u>Especificaciones</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Especificaciones técnicas que respondan a las necesidades de funcionamiento durante la vida del proyecto/procedimiento</li> <li>• Control de las especificaciones</li> </ul>	Exigencias muy restrictivas	Exigencias difíciles de satisfacer	Se podrían satisfacer algunas exigencias	Algunas exigencias son fáciles de satisfacer	Ninguna exigencia restrictiva
<p><u>Libertad de enfoque</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diversidad de enfoque posible</li> </ul>	Solución única	Sólo una eventual solución diferente	Más de una eventual solución diferente	Una solución diferente satisfactoria	Varias soluciones
<p><u>Niveles de planificación del proyecto 1/</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Posibilidad de planificación anticipada</li> </ul>	Ninguna planificación	Fecha de terminación probable y costo general aproximado	Examen intermedio, fechas de terminación y costos aproximados por etapa	Presentación de un plan por etapas, por ejemplo: gráfico de Gantt	Presentación de un plan completo de recursos/tiempo, por ejemplo: Pert
<p><u>Recursos 2/</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo del proyecto</li> <li>• Modalidades de financiación</li> <li>• Financiación disponible 3/</li> <li>• Servicios de información</li> </ul>	Hay que desarrollar todo el equipo	Hay que desarrollar parte del equipo	Se debe comprar o alquilar la mayor parte del equipo	Se dispone de la mayor parte del equipo; el resto se puede comprar o alquilar	Se dispone de todo el equipo
	Por suscripción, por ej.: entidades de investigación sobre ingresos variables incontrolables (limitada al costo mínimo)	Externa: precio de contrato fijo	En parte interna, en parte externa (p. ej.: investigación en colaboración)	Autofinanciación con límite fijo	Autofinanciación sin límite
	Ningún servicio organizado de biblioteca; servicios de investigación sin relación con los de producción y comercialización		Limitada al costo óptimo		Sin límite efectivo
			Servicio de biblioteca; comunicaciones normales entre los servicios de investigación, producción y comercialización		Se dispone de una base de datos completa en la empresa

Cuadro 5 (cont.)  
Factores que afectan a la verosimilitud del éxito técnico

FACTOR	PUNTAJACION DE LOS FACTORES				
	1	2	3	4	5
<b>Recursos de personal</b>					
• Experiencia interna disponible en el sector del proyecto	Ninguna	Experiencia de algunos colaboradores	Algunas actividades de investigación realizadas en el pasado	Parte de las actividades actuales de la empresa	Actividades actuales a ese respecto
• Calidad del personal disponible con relación a los niveles de competencia requeridos	Sin datos	-	Personal competente pero sin experiencia	-	Personal experimentado y competente
• Actitud de los grupos de investigación respecto al éxito del proyecto	Apoyo reticente (factor invocado: no inventado en la empresa)	-	Indiferencia	-	Empeño por lograr el éxito
• Cantidad de personal disponible	Nula; se debe contratar a todo el personal	Personal insuficiente; se debe contratar a algunos colaboradores	Se dispone de personal sin experiencia que puede formar un equipo	Se dispone de personal con experiencia para formar un equipo	Equipo con experiencia disponible de inmediato

1/ El nivel de planificación evidentemente está en relación con la dimensión del proyecto.

2/ La expresión "hay que desarrollar" supone que el equipo es nuevo y que no se puede comprar ni alquilar; por ello, a veces no será posible desarrollarlo a tiempo.

3/ La especificación del costo forma parte del objetivo técnico.

Entre las decisiones sobre las prioridades en materia de investigación figuran las relativas a si debe realmente efectuarse una investigación, o bien si no sería más ventajoso, en vez de ello, importar o comprar know-how. Los países (y los institutos de investigación) no se hallan, por lo común, en condiciones de investigar sobre todos los problemas que se le plantean al país. En el proceso de selección no sólo hay que tener en cuenta los proyectos de investigación que se pueden llevar a cabo con las mejores probabilidades de éxito, sino que es preciso además dar respuesta a esta pregunta: ¿qué problemas pueden resolverse en condiciones favorables comprando licencias que den acceso al know-how deseado?

Generalmente, si la decisión se inclina por evitar una investigación independiente, seguirá siendo necesaria alguna investigación (aunque en mucho menor escala) sobre el método para adaptar el procedimiento o el producto a las condiciones nacionales y desarrollar ulteriormente el nivel técnico adquirido. Puede resultar un grave error comprar know-how y congelar la producción al nivel técnico introducido sobre esta base: con ello no se haría más que perpetuar el atraso. Junto con la adquisición de tecnologías avanzadas, la investigación nacional debe absorber sin pérdida de tiempo su contenido técnico y poner en marcha los trabajos sobre continuos perfeccionamientos en el futuro.

Sólo se puede considerar que la investigación nacional compite con la adquisición de conocimientos técnicos del exterior si los mismos fondos pueden libremente dedicarse a financiar la investigación o a comprar know-how extranjero. Si los respectivos tipos de financiación son independientes, sólo una institución o una persona con poder de decisión sobre ambos puede hacer una comparación eficaz entre ambas opciones, esto es, la investigación frente a la compra de know-how.

No basta con evaluar uno por uno los proyectos de investigación; es preciso además tener una estrategia general de asignación de los recursos dedicados a esta actividad. Uno de los componentes de esa estrategia es una política de personal que se ha de integrar en el conjunto de las necesidades particulares del país (región, etc.). La política de personal debe tender a conciliar cierto grado de estabilidad (que es útil para la investigación y el desarrollo), con una movilidad limitada (que garantiza una determinada renovación del personal, igualmente beneficiosa para mantener la eficiencia). La asignación de recursos financieros debe justificarse a la luz de objetivos expresados por las industrias de los materiales de construcción.

## 5.2 Fortalecimiento de capacidades científicas y tecnológicas

Sería ilusorio analizar las prioridades en materia de investigación sin disponer de capacidades científicas y tecnológicas suficientes. Reforzar esas capacidades, es por consiguiente, en sí misma, una tarea de la más alta prioridad.

Este requisito ha sido investigado en muchas ocasiones, entre otras por la ONUDI; la Cuarta Conferencia General de la ONUDI, que se celebrará del 2 al 18 de agosto de 1984 en Viena, volverá a estudiar los progresos y tareas en esta esfera. A continuación se citan y resumen parte de las principales afirmaciones y recomendaciones sobre la cuestión y el correspondiente documento de antecedentes, los cuales, cabe suponerlo, son también plenamente válidos para las industrias de los materiales de construcción.

"El desfase de desarrollo tecnológico existente entre los países desarrollados y los países en desarrollo crea entre ambos grupos condiciones de desigualdad en las relaciones económicas internacionales. Los costos y las condiciones de la transferencia de tecnología son a menudo onerosos. Una selección inapropiada de tecnología no sólo es un despilfarro sino que podría afectar las bases del desarrollo industrial, económico y social. El fortalecimiento de las capacidades tecnológicas es requisito para la adquisición y la aplicación de tecnología importada y para el desarrollo de tecnología del país. El modo en que se aplica la tecnología afecta de manera crítica al proceso de desarrollo.

La mayoría de los países en desarrollo están bastante conscientes de la importancia de la tecnología para el desarrollo, pero prestan poca atención a la selección de tecnología en los planos microeconómico y macroeconómico. En el microeconómico, es decir, a nivel de empresa, la falta de información procesada y de capacidad de evaluación dificulta la selección. Además, los gobiernos sólo intervienen en ocasiones relativamente poco frecuentes con medidas políticas en la esfera industrial o de la importación, o con decisiones relativas a proyectos de gran envergadura. La selección entre todas las opciones existentes es obstaculizada también por factores como la inversión extranjera y la disponibilidad de facilidades de crédito de un país o proveedor de equipo. La inexistencia o la insolidaridad de servicios de consultoría y de equipos multidisciplinarios nacionales capacitados en la evaluación de tecnología crea un gran problema. Por consiguiente, la reforma de los centros de información

industrial y tecnológica existentes y la promoción de servicios de consultoría no deberían considerarse como elementos generales de la infraestructura sino como factores clave de una mejor selección de tecnología para el país. La actual situación de la selección de tecnología y las dificultades inherentes al proceso serían argumento en pro del reconocimiento de su importancia en una amplia gama de políticas gubernamentales y en pro de una atenta selección, por lo menos en los proyectos importantes y estratégicos.

En el plano macroeconómico, es imprescindible evaluar, o al menos conocer las consecuencias sociales de tecnologías específicas y su contribución a determinadas necesidades de desarrollo, y es preciso que ello se refleje en decisiones deliberadas sobre la "mezcla tecnológica" que haya de adoptarse. La falta de un enfoque global respecto de la selección de tecnología ha repercutido en las pautas de industrialización y creación de empleo de los países en desarrollo.

La mayoría de los países en desarrollo han creado centros de investigaciones de varios tipos dedicados a un solo aspecto o a varios. Se han creado asimismo instituciones de educación científica y de investigaciones básicas. Las universidades de varios países han empezado a desempeñar un papel en el desarrollo de la tecnología nacional. En algunos países está prevista también la creación de parques científicos. Los gobiernos de varios países en desarrollo están fomentando la tecnología nacional mediante una serie de incentivos como concesiones fiscales, liberalización de los procedimientos de concesión de licencias, incentivos financieros y fondos especiales para apoyar la creatividad y la innovación nacional. En algunos países se ha modificado la legislación sobre patentes para suprimir las restricciones al desarrollo o la utilización de la tecnología. En general, la mayoría de las actividades de investigación y desarrollo corren a cargo de instituciones estatales, si bien en unos cuantos países en desarrollo se realizan a nivel de empresa o de industria. Hay también un pequeño número de países que insisten en la investigación y el desarrollo tecnológicos a nivel local como condición para la importación de tecnología. Asimismo, en algunos países se han establecido instituciones de normalización, experimentación y control de calidad, que forman parte de la infraestructura para el desarrollo tecnológico.

En lo que respecta a los adelantos tecnológicos en general, todos los países en desarrollo necesitan adoptar medidas tanto a corto como a largo plazo. Las medidas a corto plazo comprenderán la previsión y evaluación de las consecuencias socioeconómicas de los adelantos tecnológicos, una selección cuidadosa de las tecnologías y el equipo que se ha de importar y un fortalecimiento de la capacidad negociadora para su adquisición. Estas medidas son muy necesarias para no crear de antemano distorsiones irreversibles en la infraestructura industrial y tecnológica. Las medidas a largo plazo, que estarán encaminadas a fortalecer las capacidades tecnológicas, exigirán esfuerzos imaginativos para aplicar los adelantos tecnológicos a fin de mejorar el nivel de vida y elevar el nivel tecnológico general de la población. Estas medidas deben ser estratégicas y entrañar, en caso necesario, cambios estructurales en el desarrollo industrial y económico del país a la luz de sus objetivos de desarrollo.

Dada la diversidad de las condiciones imperantes en los países en desarrollo y la imposibilidad de prescribir normas uniformes, es posible que los países deban adoptar enfoques selectivos y diferenciados, y que cada país tenga que pronunciarse por sí mismo sobre los puntos de aplicación, el grado de penetración, la fuente de los insumos, las vinculaciones, los medios de aplicación, etc. No obstante, en una economía mundial interdependiente, es menester que todos los países cobren conciencia tecnológica. Cualquiera que sea el nivel de desarrollo, se requiere un nivel mínimo de competencia para hacer frente a las nuevas tecnologías en horizontes cronológicos realistas y, a dicho efecto, establecer grupos nacionales eficaces.

Cada país ha de considerar en su propio contexto socioeconómico las consecuencias sociales de la introducción de una tecnología avanzada. Las opciones de la tecnología avanzada tienen que situarse dentro de la gama de opciones tecnológicas disponibles, desde la tradicional hasta la avanzada. Los países en desarrollo tal vez tendrán que adoptar y organizar un pluralismo tecnológico óptimo en función de los objetivos, problemas y limitaciones de cada país.

Para el decenio de 1980, se necesita un marco de acción nacional que integre las respuestas a los adelantos tecnológicos con las políticas o los esfuerzos tecnológicos presentes y, al mismo tiempo, subsanar las deficiencias de estos últimos. La creación de dicho marco debe

considerarse como una de las responsabilidades más importantes de los gobiernos de los países en desarrollo durante dicho período.

¿Qué elementos pueden constituir un marco de acción? Para diseñar ese marco puede necesitarse un mecanismo de apoyo que podría consistir, como mínimo en una unidad interdisciplinaria de 6 a 12 profesionales que se mantuviera en estrecho contacto con las altas instancias ejecutivas. Deben aprovecharse los conocimientos técnicos de economistas, científicos, tecnólogos, científicos sociales, analistas de sistemas, banqueros, industriales, expertos en administración, etc.

Entre los factores que hay que considerar en la elaboración de ese marco figuran el mejoramiento de las tecnologías autóctonas; la integración de las políticas y medidas tecnológicas con los sectores industriales; el desarrollo de los recursos humanos; la estructuración y la gestión de la demanda; y la racionalización y el desarrollo de instituciones tecnológicas teniendo presentes su importancia, eficacia e interacción.

Un nuevo curso de acción para los países en desarrollo sería crear, individual o colectivamente, mecanismos apropiados para prever, vigilar y evaluar las tendencias tecnológicas y las consecuencias que entrañan para el desarrollo económico y social y formular, desarrollar y aplicar políticas para elevar al máximo el beneficio potencial de las nuevas tecnologías y evitar sus consecuencias negativas. Esa evaluación debe constituir un insumo importante de la planificación industrial, tecnológica y general del desarrollo y la formulación de políticas industriales, tecnológicas, comerciales y fiscales, así como en la adopción de decisiones sobre proyectos industriales. Esa información debe también utilizarse para determinar hasta qué punto las nuevas tecnologías pueden revitalizar el proceso de desarrollo en sectores críticos.

La necesidad de una mayor asignación de recursos para la ciencia y la tecnología en los países en desarrollo adquiere una mayor importancia con los nuevos adelantos tecnológicos. Hace aproximadamente diez años se sugirió que los países en desarrollo debían asignar por lo menos el 1% de su PNB a la investigación y el desarrollo. Se propone actualmente que traten de dedicar el 1,5% de su PNB para investigación y desarrollo en 1990 y alcancen un nivel mínimo del 2% en el año 2000.

La cooperación internacional tiene una función vital que desempeñar en la ayuda a los países en desarrollo orientada a corregir las deficiencias ya observadas y aprovechar las nuevas tecnologías para resolver sus singulares problemas.

Una revista de las actuales tendencias de la cooperación internacional muestra que, en el plano de las empresas, el costo y condiciones de los contratos sobre tecnología así como el acceso a ésta siguen constituyendo motivo de inquietud para los destinatarios. Hay campo para un considerable avance en la atención prestada a la ciencia y la tecnología en los programas de asistencia oficial al desarrollo y en la ayuda intergubernamental para proyectos."

Por encima del mantenimiento y, cabe esperarlo, del mejoramiento de los actuales métodos de cooperación internacional, deberían introducirse nuevas medidas y actuaciones.

### 5.3 Fortalecimiento de las instituciones de investigación sobre los materiales de construcción

En el capítulo 2 se ha hecho una descripción general de la investigación en las industrias de los materiales de construcción. En la sección 5.2 se ha esbozado una política general orientada a fortalecer las capacidades científicas y tecnológicas para el desarrollo industrial en los países en desarrollo. En la presente sección 5.3 se centra la atención en los problemas específicos de las instituciones de investigación sobre los materiales de construcción.

Contrariamente a lo que sucede en muchos otros subsectores industriales donde es la propia industria, privada o pública, la que lleva a cabo las investigaciones, en el de las industrias de la construcción y de los materiales de construcción, por lo general están a cargo de institutos públicos que existen incluso en los países desarrollados más liberales (como por ejemplo, los Estados Unidos y el Canadá). Ello obedece al carácter fragmentario de estas industrias. En todos los países hay un gran número de pequeños contratistas y fabricantes de materiales de construcción que deben hacer frente a problemas técnicos muy similares. Como no están en condiciones de organizar por separado las investigaciones necesarias para resolverlos, deben hacerlo los institutos centrales de investigación. Estos pueden estar patrocinados por la asociación de contratistas y fabricantes como sucede en el Reino Unido (CIRIA, TRADA, BSRIA, etc.), Francia (CEBTP), Bélgica (CSTC) y otros países. Estos institutos de investigación centralizados pueden ser, por ende, entidades



públicas o semipúblicas. En los países con economía de planificación centralizada, por lo general los institutos de investigación son organizaciones estatales.

Las grandes empresas dedicadas a la fabricación de cemento, vidrio y ladrillos poseen los medios para sufragar la organización de las investigaciones en la propia entidad. Como norma general, se puede afirmar en primer lugar que siempre que la propia industria esté en condiciones de realizar las investigaciones, de la índole que sean, deberá hacerlo mientras que el Estado se limitará a intervenir sólo en los aspectos en que no quepa prever que la industria desarrollará una actividad eficaz y, en segundo lugar, que los institutos de investigación, ya sean estatales o financiados por la propia industria, deberían recibir suficiente apoyo aunque haya que reajustar periódicamente su magnitud, habida cuenta de las necesidades.

Deberá velarse por que las investigaciones cuenten con el debido apoyo financiero: la industria debe sufragar todas las investigaciones directamente útiles para sus intereses y el gobierno sólo las que presenten un interés demasiado indirecto o distante. Ha de apoyarse la investigación en las universidades; muchos países consignan las experiencias positivas que han adquirido gracias a las vinculaciones de una u otra índole entre los institutos de investigación y las universidades.

En muchos países ha quedado demostrado que una solución eficaz consiste en asociar las investigaciones sobre los materiales de construcción y sobre la construcción en un mismo instituto, práctica que merece proseguir en el futuro, cuando proceda. Si por su naturaleza las actividades de investigación exigen una especialización elevada en distintas esferas, podrá recomendarse la creación de institutos diferentes. En tales casos, las investigaciones sobre los materiales de construcción inorgánicos (cemento, hormigón, ladrillos, etc.) y sobre los productos de maderas pueden emprenderse en dos institutos distintos.

Para determinar las prioridades en materia de investigación es imprescindible que exista previamente una estrategia general destinada a fomentar las industrias de los materiales de construcción. Sólo es posible definir esas prioridades después de haber determinado las metas cuantitativas y cualitativas que deberá alcanzar la industria en cuestión. Se realizarán evaluaciones sobre las posibilidades de desarrollo de las industrias existentes y las diferencias registradas entre las necesidades y las posibilidades deberán subsanarse mediante importaciones y/o inversiones de capital e investigaciones. Por

consiguiente, la programación de las investigaciones está determinada por los planes de desarrollo económico que, a su vez, dependen de la investigación.

Las políticas de desarrollo de las industrias de los materiales de construcción están supeditadas a muchos factores, entre los cuales la investigación es sólo uno. La investigación en sí misma -incluso la que da resultados satisfactorios- no basta para formular políticas de desarrollo económico; por otra parte, deben existir mecanismos adecuados para que los investigadores también puedan contribuir, con sus opiniones, a esos procesos de formulación de políticas.

El desarrollo de estas instituciones requiere investigadores debidamente capacitados. Si bien los países en desarrollo han logrado adelantos considerables en materia de educación y capacitación, obviamente éste es un proceso continuo, que también en el futuro deberá ser objeto de suficiente apoyo.

#### 5.4 Servicios de información y documentación, técnicos y consultivos

Ya se ha afirmado reiteradamente que son excepcionales los casos en que la investigación sobre los materiales de construcción en los países en desarrollo se presenta como investigación básica; en efecto, lo más frecuente es que se trate de investigación aplicada, desarrollo o adaptación técnica de los conocimientos existentes a las condiciones locales. Aunque más no sea por esta razón, revisten gran importancia la creación y el funcionamiento de centros de documentación y de servicios de información y consultoría técnica. Otro factor importante es el tamaño del país (su superficie y población), sus recursos financieros y las características de las industrias nacionales de la construcción y de los materiales de construcción. Muchos países son demasiado pequeños y carecen de suficientes recursos para crear y mantener institutos de investigación grandes y complejos. En muchos aspectos tienen que recurrir a investigaciones extranjeras, aunque, en tal caso, deben dotarse de "puertas" mediante las cuales esos conocimientos procedentes del exterior puedan llegar a adaptarse y aplicarse. Es esta la tarea que incumbe a los institutos de investigación sobre la construcción y a sus servicios de documentación.

En la esfera de los materiales de construcción es preciso dar cabida a la transferencia de los conocimientos adquiridos y a la aplicación de las conclusiones de la investigación. Los gobiernos y las instituciones competentes deben conceder la mayor prioridad a la elaboración de métodos

apropiados a tal fin. Entre los múltiples instrumentos que pueden utilizarse para alcanzar el objetivo de la aplicación práctica figuran los proyectos de demostración, las exposiciones, los cursos de capacitación, los contratos y la cooperación con la industria, el apoyo financiero y moral, el fomento por conducto de los medios de comunicación y las publicaciones especializadas, los carteles, las ayudas audiovisuales, las proyecciones de diapositivas y de películas, los folletos y boletines. Algunos países, como por ejemplo la India, tienen experiencias positivas en este sentido. En otros (como, por ejemplo, algunos países de Africa) las experiencias son más bien negativas: se observa una tendencia a desconfiar de las innovaciones procedentes del exterior y a menudo los esfuerzos por aplicar las conclusiones de las investigaciones terminan en un fracaso. Deben estudiarse minuciosamente esas experiencias negativas para determinar lo que es preciso cambiar con vistas a una ampliación práctica.

#### 5.5 Reglamentos y normalización

En varios países en desarrollo, las actividades normativas no datan de hace mucho tiempo. Algunos incluso aceptan las normas extranjeras (BSI, AFNOR, DIN, ANSI) simultáneamente a su adopción en el país de origen.

Para fomentar las industrias de los materiales de construcción es preciso que cada país tenga sus propias normas y códigos de construcción, labor que pueden preparar eficazmente los institutos de investigación (normalización y reglamentación previas), actividad altamente prioritaria para estas entidades. En lo que hace a la normalización y los reglamentos (códigos, ordenanzas), deben evitarse tres tipos de errores:

1. Que se redacten las normas y códigos sin tomar en consideración alguna los ya existentes en otros países y los formulados por las organizaciones internacionales (ISO). Ello podría obstaculizar las importaciones y exportaciones debido a las diferencias existentes entre las normas y los códigos respectivos;
2. Que las normas y códigos sean meras copias de los ya existentes y que no presten la debida atención a las condiciones nacionales;
3. Que se copien de las normas extranjeras los requisitos y rendimientos mínimos, sin prestar la debida atención a las condiciones locales. De resultas de este error puede suceder que el precio de la construcción

aumente innecesariamente o que el proyecto y la construcción de los edificios no respeten esas normas pero sí tomen en cuenta a la realidad nacional o local.

#### 5.6 Cooperación internacional.

La cooperación internacional es beneficiosa para los institutos de investigación, ya se encuentren en países desarrollados o en países en desarrollo. No obstante, en estos últimos presenta ciertas características peculiares.

Todas las instituciones de investigación, grandes o pequeñas, ricas o pobres, contribuyen a acrecentar el caudal de conocimientos. Pese a ello obviamente, por lo menos durante sus primeros diez o veinte años de existencia, los institutos nuevos, pequeños o dotados de equipo insuficiente darán menos y utilizarán más. Su aportación total puede ser considerable y, evidentemente, aumentará progresivamente.

Algunos grandes países en desarrollo (la China, la India, el Brasil, etc.) estarán en condiciones de sufragar investigaciones en gran escala sobre los materiales de construcción y, en consecuencia, al cabo de un tiempo, aumentará la participación de los países en desarrollo en las investigaciones mundiales sobre los materiales de construcción. En las regiones donde existen muchos países pequeños o de tamaño medio, los centros subregionales de investigación o documentación pueden potenciar la eficiencia en este campo.

La cooperación entre las instituciones de investigación puede ser bilateral o multilateral y, en el segundo caso, subregional, regional o mundial. Estas distintas formas no están en pugna entre ellas sino que son complementarias. Las organizaciones del sistema de las Naciones Unidas (la ONU, la UNESCO, Hábitat, las Comisiones Económicas Regionales de las Naciones Unidas) y otras organizaciones intergubernamentales fomentan la cooperación internacional.

Es importante que los propios institutos de investigación estén en condiciones de cooperar entre sí, lo que, una vez más puede tener un carácter bilateral o multilateral. La participación en la labor de las organizaciones internacionales no gubernamentales (ONG) de carácter profesional es sumamente importante para los institutos de investigación y su personal. En efecto, les da acceso a informaciones sobre un caudal de experiencias adquiridas en

el extranjero que puede fortalecer considerablemente la eficiencia de sus propias investigaciones. Las dos organizaciones más importantes y más complejas en esta esfera son el CIB y la RILEM; algunas otras (que se ocupan del hormigón, la madera, etc.) tienen un alcance más restringido, pero, precisamente por ello, pueden ser importantes para los investigadores que se dedican a estas esferas.

Los gobiernos deberían velar por que los institutos de investigación sobre los materiales de construcción y sus investigadores estén en condiciones de participar de manera adecuada en la cooperación internacional.

Las organizaciones internacionales (la ISO, el CIB, la RILEM, el CEB) deben crear fondos para ayudar a las instituciones de investigación sobre los materiales de construcción y sus investigadores a tomar parte en la cooperación internacional (mediante subsidios de viajes, becas, el suministro gratuito de ejemplares de las publicaciones, la financiación de otros gastos, etc.)

## 6. RESUMEN. CONCLUSIONES

Cabe prever con un grado suficiente de certeza que durante los próximos decenios aumentarán las necesidades de materiales de construcción de los países en desarrollo. Hay que esforzarse porque el mayor porcentaje posible de la población continúe utilizando materiales locales, pero el crecimiento de la población y el inevitable proceso de urbanización incrementarán sustancialmente la demanda. Los recursos locales están disminuyendo en algunas zonas y será necesario utilizar mejor aquello de que se dispone. Habrá que proporcionar materiales de construcción a más y más familias. El desarrollo de la industria, las ciudades y las aldeas aumentará la demanda de materiales de construcción.

Ningún país puede depender en exceso de las importaciones de materiales de construcción. Cada país tiene ciertos tipos de recursos propios que pueden emplearse para la producción de materiales de construcción. Esta producción debe desarrollarse tanto en los subsectores informal (no monetarios) como en el formal (monetario). Se necesitan inversiones de capital privado y público para alcanzar niveles superiores en la producción de materiales de construcción.

Entre los principales factores que pueden contribuir a este proceso figuran la investigación y el desarrollo técnico. Tanto el Estado como los sectores privados deben dedicar suficiente atención a la investigación para las industrias de los materiales de construcción y la industria de la construcción. La investigación debe estar adecuadamente organizada conforme a las características (tamaño, etc.) del país y resultará eficiente en la medida en que se seleccionen correctamente sus objetivos. Es preciso definir prioridades en materia de investigación a fin de alcanzar una eficiencia óptima.

La selección de las prioridades en materia de investigación debe tener en cuenta ciertas tendencias generales (incremento de la durabilidad, etc.), así como las condiciones internas (locales). La investigación debe orientarse hacia la determinación de los campos en los que la investigación promete los mayores beneficios y aquellos en los que las importaciones o la obtención de licencias (compra de know-how) pueden constituir la opción más eficaz.

La investigación sobre los materiales de construcción y la industria de la construcción debería efectuarse en prácticamente todos los países, sin que ello diese como resultado tendencias hacia una investigación autárquica. La eficiencia de la investigación puede aumentarse mucho mediante la cooperación internacional. Esta última puede adoptar muchas formas, por lo que es preciso utilizar apropiadamente las diferentes posibilidades.

APENDICES

- Apéndice 1: Lista selectiva de 115 instituciones de ámbito predominantemente nacional, por contraste con el internacional, que se dedican a la investigación sobre los materiales de construcción
- Apéndice 2: Bibliografía selecta
- Apéndice 3: Páginas escogidas extraídas de volúmenes sobre "Methods for the Evaluation of R+D Projects" publicados por la Asociación Europea de Gestión de las Investigaciones Industriales



Apéndice 1

Lista selectiva de 115 instituciones de ámbito predominantemente nacional, por contraste con el internacional, que se dedican a la investigación sobre los materiales de construcción.

El número de instituciones que llevan a cabo investigaciones sobre los materiales de construcción es grande y llega de hecho a varios centenares. La presente es una lista selectiva limitada a 120 instituciones. Se enumeran sólo instituciones que despliegan actividades de investigación y cuya actuación abarca esencialmente el país donde radican, en lugar de tener dimensiones internacionales. Para otras instituciones se remite a las siguientes publicaciones:

1. Guías de Fuentes de Información de la ONUDI (publicadas por las Naciones Unidas/ONUDI, Nueva York, en forma de una serie de folletos). Las más pertinentes a los materiales de construcción son:

No. 2 - Cement and Concrete Industry

No. 9 - Building Boards from Wood and other Fibrous Materials

No. 16 - Glass Industry

No. 17 - Ceramics Industry

El control de calidad está estrechamente vinculado con la investigación; a él se refiere:

No. 6 - Industrial Quality Control

2. Directory of Building Research, Information and Development Organizations; preparado y editado por el Consejo Internacional de Investigaciones, Estudios y Documentación sobre la Industria de la Construcción, CIB; la cuarta edición (publicada en 1979) contiene información detallada sobre más de seiscientos institutos. La quinta edición se publicará hacia fines de 1984.
3. The World of Learning (Europa Publications Ltd., Londres); se trata de una guía de las universidades y organizaciones científicas.

AFRICA

Argelia	Institut National d'Etudes et de Recherches en Bâtiment (INERBA), Argel (recientemente reorganizado)
Benín	Centre National d'Essais et de Recherches des Travaux Publics, Cotonou
Camerún	Ecole Polytechnique, Yaoundé

Congo	Laboratoire Nationale d'Essais et des Travaux Publics, Brazzaville
Costa de Marfil	Laboratoire du Bâtiment et des Travaux Publics, Abidjân
Egipto	Organización General para la Investigación sobre la Vivienda, la Construcción y la Planificación, El Cairo
Etiopía	Universidad de Addis Abeba, Addis Abeba
Ghana	. Building and Road Research Institute, Kumasi; . Forest Products Research Institute, Kumasi
Kenya	. Building Research Centre, Nairobi; . University of Nairobi, Nairobi
Libia	Universidad de Al-Fateh, Trípoli
Marruecos	Laboratoire Public d'Essais et d'Etudes, Rabat
Nigeria	. Forestry Research Institute, Ibadán . University of Lagos, Lagos . University of Ife, Ile-Ife . Ahmadu Bello University, Zaria . College of Technology, Owerri
Somalia	Universidad Nacional Somalí, Mogadishu
Sudán	Building and Road Research Institute, Jartum
Tanzanía	. National Housing and Building Research Unit, Dar-es-Salam . University of Dar-es-Salam, Dar-es-Salam
Togo	Centre de la Construction et du Logement, Lomé
Túnez	Ecole Nationale d'Ingénieurs, Túnez
Uganda	Technical College, Kampala
Zaire	Universidad de Lubumbashi, Lubumbashi
Zambia	Forest Products Research Division, Kitwe

ASIA

(inclusive la región del Pacífico)

Bangladesh	Housing and Building Research Institute, Dacca
Corea	Oficina de Desarrollo Técnico, Seúl

China . Centro de Desarrollo de la Tecnología de la  
Construcción de China, Beijing  
. Instituto de Investigaciones sobre las Ciencias de  
la Construcción de Shangai, Shangai  
. Instituto de Investigaciones de los Materiales de  
Construcción, Beijing  
. Instituto del Vidrio y la Cerámica Fina de Beijing,  
Beijing

Filipinas Cement Institute of the Philippines, Manila

India . Central Building Research Institute, Roorkee  
. National Buildings Organisation, Nueva Delhi  
. The Structural Engineering Research Centre, Madrás  
. Cement Research Institute of India, Nueva Delhi  
. Indian Institute of Technology, Kanpur

Indonesia . Dirección de Investigaciones sobre la Construcción  
y Centro Regional de las Naciones Unidas para la  
Investigación sobre los Asentamientos Humanos, Bandung  
. Centro para la Investigación y el Desarrollo, Yakarta  
. Instituto de Investigaciones sobre la Cerámica, Bandung

Irán Centro de Investigaciones sobre la Construcción y la  
Vivienda, Teherán

Iraq Centro Nacional de Laboratorios de la Construcción,  
Bagdad

Israel Technion, Instituto de Tecnología de Israel;  
Estación de Investigaciones sobre la Construcción, Haifa

Japón Laboratorio Central de Investigaciones de la Onoda  
Cement Co. Ltd., Tokio

Jordania . Centro de Investigaciones sobre la Construcción, Amán  
. Universidad Yarmuk, Irbid

Malasia Universidad Pertanian Malaysia Serdang, Selangor

Nueva Zelanda Forest Research Institute, Rotorua

Pakistán . Building Research Station, Karachi  
. Building Research Station, Lahore

Sri Lanka Building Research Institute, Colombo

- Turquía . Instituto de Investigaciones sobre la Construcción,  
Ankara  
. Universidad Técnica, Estambul  
. Universidad Técnica del Oriente Medio, Ankara

AMERICAS

(inclusive la región del Caribe)

- Argentina Instituto del Cemento Portland Argentino, Buenos Aires
- Brasil Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado, São Paulo
- Cuba Centro Técnico de la Construcción y los Materiales,  
La Habana
- Estados Unidos . National Bureau of Standards, Center for Building  
de América Technology, Washington D.C.  
. Martin Marietta Laboratories, Baltimore, Maryland  
. University of Washington, Seattle, Washington  
. Purdue University, Lafayette, Indiana  
. Northwestern University, Evanston, Illinois  
. University of Illinois, Champaign, Illinois  
. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge,  
Massachusetts  
. University of California, Berkeley, California  
. Glass Research Center, Pittsburgh, Pennsylvania
- Guatemala Centro de Investigaciones de Ingeniería, Guatemala
- Jamaica Building Research Institute, Kingston
- Venezuela Instituto Nacional de la Vivienda, Caracas
- México Instituto Mexicano del Cemento y del Comercio, México D.F.

EUROPA

- Alemania, República . Forschungsinstitut der Deutschen Zementindustrie,  
Federal de Düsseldorf  
. Organismo para Cooperación Técnica (GTZ), Eschborn  
. Instituto de Estudios Internacionales sobre la  
Vivienda, la Planificación y la Construcción, Darmstadt  
. Universidad Técnica de Braunschweig, Braunschweig  
. Universidad Técnica de Stuttgart, Stuttgart  
. Universidad Técnica de Karlsruhe, Karlsruhe

- Bélgica
- . Centro para Posgraduados sobre los Asentamientos Humanos, Lovaina
  - . Universidad de Mons, Mons
  - . Centre Technique et Scientifique de l'Industrie Belge du Verre, Bruselas
- Bulgaria
- Instituto de Investigaciones y Construcción para el Vidrio y la Cerámica, Sofía
- Checoslovaquia
- . Instituto de Investigaciones sobre los Materiales de Construcción, Brno
  - . Instituto de Investigaciones sobre el Vidrio, Praga
- Francia
- . Centre d'Etude et de Recherche de l'Industrie des Liants Hydrauliques (CERILH), París
  - . Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), París
  - . Centre Expérimental de Recherches et d'Etudes du Bâtiment et des Travaux Publics (CEBTP), Paris Saint-Rémy-les-Chevreuses
  - . Groupe de Recherche et D'Echanges Technologiques (CRET), París
  - . REKCOOP, París
  - . Laboratoires de Recherches LaFarge, Trappes
  - . Centre Technique des Tuiles et Briques, París
  - . Centre Technique du Bois et de l'Ameublement (CTB), París
  - . Centre d'Etude et de Recherches de l'Industrie du Béton Manufacturé (CERIB), Epernon
- Hungría
- Instituto Central de Investigaciones y Diseño para la Industria de los Silicatos (SZIKKTI), Budapest
- Italia
- Politecnico di Milano, Milán
- Noruega
- . Instituto Noruego de Investigaciones sobre la Construcción, Oslo-Blindern
  - . Instituto de Investigaciones sobre el Cemento y el Hormigón, Trondheim
- Países Bajos
- TNO-Instituto para Materiales y Estructuras de la Construcción, Rijswijk
- . Universidad de Tecnología, Eindhoven
  - . Universidad de Tecnología, Delft

- Polonia . Instituto de Investigaciones sobre la Industria de la Construcción y los Materiales Aglutinantes, Opole  
. Instituto de la Industria del Vidrio y la Cerámica, Varsovia
- Reino Unido . Building Research Establishment (BRE), Garston  
. Cement and Concrete Association, Wexham Springs  
. Timber Research and Development Association (TRADA)  
. High Wycombe, Buckinghamshire  
. British Ceramic Research Association, Stoke-on-Trent
- República Democrática Alemana . Zementinstitut der VVB Zement und Beton, Dessau  
. Institut für Baustoffe, Berlín  
. Institut für Bau- und Grobkeramik, Berlín
- Suecia . Instituto Sueco de Investigaciones sobre el Cemento y el Hormigón, Estocolmo  
. Real Instituto de Tecnología, Estocolmo  
. Universidad de Lund, Lund
- Suiza Centro Suizo para la Tecnología Apropiada (SKAT), Saint-Gall
- Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas . Instituto Estatal de Investigaciones Científicas de la Unión para la Industria del Cemento, Leningrado  
. Instituto de Investigaciones Científicas sobre la Piedra y los Silicatos, Yerevan

Apéndice 2

Bibliografía selecta

Existen bibliografías que constan de varios centenares de títulos. La presente bibliografía se circunscribe a ciertas publicaciones recientes en forma de antologías y a las publicaciones que han sido utilizadas directamente para la preparación de esta monografía y cuyo estudio puede recomendarse firmemente a los que tienen la tarea de determinar prioridades en materia de investigación en las industrias de los materiales de construcción.

- Las Guías de Fuentes de Información de la ONUDI (véase el Apéndice 1) contienen datos sobre fuentes de información en las industrias de los materiales de construcción.
- Economical housing in developing countries: materials, construction techniques, components (Actas de una conferencia internacional celebrada en París, 25 a 27 de enero de 1983; Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 344 páginas).
- Appropriate Building Materials for Low Cost Housing in the African Region (Actas de un simposio conjunto CIB-RILEM celebrado en Nairobi, noviembre de 1983; E. y F.N. Spon, Londres 1983, 524 páginas).
- Methods for the Evaluation of R+D Projects
  - Volumen I - Project Evaluation and Review (EIRMA, París 1970, 96 páginas)
  - Volumen II - Estimation of Cash Flow Curves and Associated Parameters under Uncertainty (EIRMA, París 1973, 56 páginas)
  - Volumen III - Organisation of the R+D Project Evaluation Function (EIRMA, París 1973, 30 páginas)
  - Volumen IV - Choice of Selection Criteria in Relation to Company Objectives (EIRMA, París 1973, 50 páginas)
  - Volumen V - Credibility of Technical Success, its Definition, Estimation and Utilisation (EIRMA, París 1973, 36 páginas)
  - Volumen VI - Portfolio Selection in Research and Development (EIRMA, París 1976, 92 páginas)
  - Volumen VII - Credibility of Commercial Success: Its Definition, Estimation and Integration with Credibility of Technical Success (EIRMA, París)
- De Allocation of Research Resources (Asociación Europea de Gestión de las Investigaciones Industriales = EIRMA, París 1975, 72 páginas)
- Hannah Schreckenbach (+ Jackson G.K. Abankwa): Construction Technology for a Tropical Developing Country (Editado por GTZ, Organismo para Cooperación Técnica de la República Federal de Alemania, 338 páginas)

- First World-Wide Study of the Wood and Wood Processing Industries (No. 2 de la Serie de Estudios Sectoriales de la ONUDI, UNIDO/IS.398, 1983, 195 páginas)
- Fortalecimiento de capacidades científicas y tecnológicas para la industrialización de los países en desarrollo (documentos de debate y de antecedentes de la ONUDI preparados para la Cuarta Conferencia General de la ONUDI, 2 a 18 de agosto de 1984, 13 y 65 páginas, respectivamente)



### Apéndice 3

Páginas escogidas extraídas de volúmenes sobre métodos de evaluación de proyectos de I+D ("Methods for the Evaluation of R+D Projects") editados por la Asociación Europea de Gestión de las Investigaciones Industriales (EIRMA).

#### INTRODUCCION

Cuando se evalúa una propuesta de proyecto de investigación y desarrollo, se plantean tres preguntas principales:

- a) ¿Cuánto costará?
- b) ¿Qué valor tienen los resultados de un desarrollo fructífero?
- c) ¿Qué probabilidades de éxito tiene el proyecto?

Se han elaborado y ensayado muchos métodos de cuantificar las respuestas a las preguntas a) y b), y de combinar los aspectos de costos e incentivos de un proyecto de I+D de forma que puedan compararse distintos proyectos y seleccionar los más prometedores.\*)

No obstante, la respuesta a la pregunta c) se da a menudo de manera sumamente subjetiva, por ejemplo, preguntando al que propone el proyecto que "calcule la probabilidad de éxito", o cuando el evaluador del proyecto "corrobora sus presentimientos", a tenor de su experiencia sobre análogas propuestas de proyecto. Al tratar de responder a la pregunta c) objetivamente, hay que tener en cuenta dos esferas principales de incertidumbre:

1. ¿Alcanzará el proyecto el nivel de éxito necesario para justificar su comercialización, y se logrará este nivel de éxito técnico dentro del costo y el plazo estimados en el proyecto para la terminación de la labor de I+D?
2. ¿Rendirá la comercialización de los resultados técnicos previstos de esta propuesta los beneficios citados como justificación de los gastos en I+D, y se obtendrán estos beneficios dentro del costo y del plazo estimados en la propuesta de proyecto para alcanzar el nivel necesario de actividad comercial?

En lo que se refiere a la persona que propone el proyecto, las respuestas a cada una de estas preguntas deben ser "afirmativas a su leal saber y

---

\*) Grupo de Trabajo No. VI de la EIRMA, Volumen II: "Determination of Cash-Flow Curves and Associated Parameters under Uncertainty".

entender", pues de lo contrario no hubiese presentado su propuesta en la forma actual. Lo que debe hacer el evaluador de proyectos para responder a la pregunta c) es calcular la probabilidad de que las previsiones del que propone el proyecto sean correctas.

La expresión que se ha escogido para presentar el resultado de esta estimación es "verosimilitud de éxito", y las distintas preguntas que se indican supra en 1) y 2) dejan claro que la verosimilitud de éxito puede subdividirse en:

- Verosimilitud de éxito técnico
- Verosimilitud de éxito comercial

#### RESUMEN

La verosimilitud de éxito de una propuesta de I+D consta de dos componentes principales:

- Verosimilitud de éxito técnico
- Verosimilitud de éxito comercial

El volumen V contiene una definición de verosimilitud de éxito técnico y expone un método recomendado para su estimación, expresión y utilización. Se define la verosimilitud de éxito técnico como sigue:

"El grado de confianza que el evaluador del proyecto posee en el hecho de que se logre el éxito técnico."

Es preciso determinar cuidadosamente las esferas de trabajo que abarca la expresión "éxito técnico", y definir los criterios de éxito lo más cuantitativamente posible. Teniendo en cuenta lo anterior, el éxito técnico de un proyecto de I+D se define del siguiente modo:

"La obtención de un resultado predeterminado, a un costo predeterminado y en un plazo predeterminado."

La verosimilitud de éxito es una expresión que no se aplica fácilmente a proyectos de índole exploratoria o de investigación fundamental. Se aplica principalmente a los proyectos para los que existe una clara aplicación comercial.

La verosimilitud de éxito técnico se calcula calificando los efectos de todos los factores que contribuyen al éxito o al fracaso técnico de un proyecto. En el apéndice se ilustran procedimientos para estimar, expresar y

utilizar la verosimilitud de éxito técnico mediante el uso de un ejemplo hipotético. He aquí el procedimiento recomendado:

- Deben calificarse los factores independientes que afectan a la verosimilitud de éxito técnico con arreglo a una escala descriptiva.
- Cada empresa debe desarrollar los valores descriptivos de cada factor para que se ajusten a sus propias necesidades concretas.
- Debe darse a los factores una calificación en una escala ascendente desde un valor desfavorable de 1 a otro valor superior. Se recomienda una escala de 1 a 5.
- Las calificaciones numéricas de cada factor deben expresarse en forma gráfica. En el gráfico deben indicarse valores predeterminados correspondientes a cada calificación para indicar el momento en que cualquier factor descienda a un nivel que se considera inaceptable.
- Debe estudiarse la expresión gráfica de las calificaciones de los factores para identificar los que queden por debajo de niveles admisibles. Deberán examinarse cuidadosamente los factores que sean dudosos para determinar si la preparación complementaria por parte del que propone el proyecto o la reordenación de los recursos de la compañía pueden mejorar las calificaciones a un nivel aceptable. Posteriormente, debe considerarse la calificación total y adoptarse una decisión razonada sobre la viabilidad técnica de la propuesta.
- Siempre que la propuesta sea aceptable a tenor de un examen de la presentación gráfica de las calificaciones, se deberá usar al comparar proyectos el valor global correspondiente a la verosimilitud de éxito como medida de la probabilidad del éxito del proyecto.
- No se recomienda el empleo directo del valor numérico de la verosimilitud de éxito técnico para calcular algún índice de selección global, a menos que se proceda a ello con suma cautela. Es preferible que el valor numérico de la verosimilitud de éxito técnico se utilice solamente para efectuar comparaciones entre proyectos en competencia en función de la probabilidad de que cada uno de ellos vaya a tener éxito técnico.

Otras esferas de aplicación de la información obtenida al determinar la verosimilitud de éxito técnico son los exámenes de la marcha de proyectos y la obtención de una visión de conjunto de las actividades de investigación y la asignación de recursos. No se han estudiado todavía en detalle estas últimas aplicaciones.

#### RESEÑA DE LOS METODOS EXISTENTES

##### Consideraciones generales

Existen numerosas publicaciones sobre los posibles métodos para evaluar los proyectos de investigación y desarrollo y, más especialmente, para seleccionarlos y someterlos a revisiones periódicas. En el presente informe nos

hemos centrado esencialmente en los métodos que puedan revestir interés para las empresas industriales, pero aún así ha sido imposible analizar exhaustivamente la documentación disponible. En la bibliografía figura una breve selección de documentos de referencias y, más particularmente, de artículos de revistas. En el presente capítulo se ha procurado reseñar brevemente las características más descollantes de los distintos métodos propuestos y examinarlos críticamente, haciendo especial hincapié en los tipos de criterios utilizados para la selección.

En términos generales, los métodos presentados en esas publicaciones pueden dividirse en dos categorías generales:

- Métodos de calificación en los que se hace una apreciación subjetiva sobre cada uno de los factores que se consideran pertinentes para la evaluación. Muy a menudo, se asocian esas calificaciones en una suma o producto ponderado para llegar a un coeficiente de calidad global.
- Métodos centrados en la rentabilidad en los que se determina una función de "utilidad" más o menos específica con objeto de medir el atractivo financiero del proyecto.

#### Métodos de calificación

Todos los métodos de calificación se basan esencialmente en una lista-guía más o menos exhaustiva de los diversos factores que se considera necesario tomar en cuenta para evaluar un proyecto.

En las publicaciones pertinentes puede encontrarse una diversidad casi infinita de listas-guía de este tipo; las hay desde las muy breves que no incluyen más que unos seis factores hasta otras, mucho más largas, que pueden comprender más de 50. En este último caso, los distintos factores conexos suelen agruparse en clases o familias como, por ejemplo, los factores técnicos, los relativos a la fabricación, la comercialización, los financieros, etc. No obstante, en muchos casos esas categorías parecen relativamente arbitrarias. En un apéndice -páginas a del presente estudio- figuran algunos ejemplos típicos de las listas-guía utilizadas en los métodos de calificación.

#### Calificación de los factores

Después de haber establecido una lista-guía apropiada se formula una apreciación subjetiva sobre cada uno de sus factores. En la mayoría de los métodos, las calificaciones de cada factor se agrupan en torno a una escala

de categorías que por lo general no comprende más de cinco posiciones. Pueden expresarse de modo meramente cualitativo, así por ejemplo, en una escala de cinco posiciones éstas serán: muy bueno, bueno, medio, malo, muy malo. De lo contrario, se puede atribuir una cifra arbitraria a cada posición de la escala; las escalas correspondientes a los distintos factores no tienen por qué ser las mismas. En la escala puede haber diferentes números de posiciones y/o distintas cifras asociadas a las posiciones correspondientes; del mismo modo, los incrementos entre las sucesivas posiciones de una escala no tienen por qué ser iguales. En algunos casos se utiliza una escala continua en lugar de otra con un número discreto de posiciones.

En la mayoría de los ejemplos que se encuentran en las publicaciones, las escalas se establecen en dos fases. Se fija para cada factor una escala "intrínseca" que da los valores relativos de las distintas posiciones de la escala correspondientes a un factor, considerado individualmente. La importancia relativa que ha de asignarse a los diversos factores se evalúa luego mediante el peso relativo atribuido a las distintas escalas. En muchos de esos métodos se emplean las mismas escalas para los distintos factores y en general, aunque no siempre, incrementos idénticos entre las posiciones. Cuando los factores individuales se agrupan en familias, la asignación de esos pesos relativos suele ser progresiva. Así pues, se atribuyen a cada factor del grupo una nota y un peso relativo que se asocian ulteriormente para determinar la calificación del grupo. Sucesivamente, se van asignando pesos relativos a los grupos y con la suma de todos ellos se obtiene la calificación general. Habitualmente el peso atribuido a los factores o grupos de factores se basa en una escala cardinal normalizada como la suma de los pesos relativos que, por ejemplo, puede ser 100.

#### Evaluación general

Se han propuesto diversos métodos para obtener una apreciación general del valor de un proyecto a partir de la calificación de los distintos factores. Con ese fin, se suele optar por dos posiciones extremas: o bien no se intenta combinar las calificaciones y la decisión se funda en la evaluación de un "perfil" de las calificaciones individuales o bien todas las calificaciones se reducen a una sola cifra que por lo general es una suma o producto ponderado de todos los factores.

La principal ventaja del método del perfil radica en su presentación gráfica que permite observar simultáneamente las calificaciones comparadas de un gran número de factores. Por tanto, a menudo se lo recomienda para la selección preliminar de los proyectos propuestos. No obstante, resulta poco útil para explicar los criterios reales utilizados para tomar la decisión. Si bien a veces su utilización se justifica por su aparente sencillez, ello es en gran parte ilusorio ya que para emplear un perfil efectivamente, las calificaciones de los distintos factores deben determinarse tan cuidadosamente como para incorporarlos a cualquier otro tipo de criterio compuesto. La determinación de la calificación de los factores es un aspecto importante de la aplicación de los métodos de calificación.

#### Problemas de la determinación de las escalas de calificación y los pesos relativos

El establecimiento de las escalas y los pesos relativos de los distintos factores entraña una serie de juicios de valor que es trabajoso explicitar en el caso de cada proyecto. Si no se hace con mucho detenimiento, las calificaciones bien pueden transformarse en una expresión incomprensible o lo que es aún peor, mal comprendida de las intenciones de su autor. Desgraciadamente, las publicaciones no son demasiado elocuentes sobre el tema de las dificultades con que se puede tropezar a este respecto. En escasísimas oportunidades se han abordado los efectos que puede tener en la evaluación el recurso a distintos tipos de escalas para atribuir calificaciones y peso relativos e incluso la mejor manera de elegir el coeficiente de calidad compuesto que se empleará en última instancia. Parecería haberse acordado tácitamente que, en cierta medida, la suma ponderada es una opción natural e inevitable. En relativamente pocos casos se ha propuesto un producto ponderado, método que no parece considerarse favorable, probablemente porque es más fácil sumar que multiplicar. En cualquier caso, no se explica por qué se escoge uno u otro método.

Es importante tener presente que todo coeficiente utilizado para evaluar un proyecto es en realidad una función de "utilidad" escogida para representar el atractivo del proyecto para la empresa. Por su propia estructura, la forma elegida para expresar esa cifra revela inevitablemente ciertas preferencias. Sería más conveniente presentarlas explícitamente y no adoptarlas implícitamente escogiendo una forma matemática determinada. Así, por ejemplo, en comparación con una multiplicación, si se utiliza como criterio una

suma, se favorecen los valores extremos ( $2+9 > 4+5$  pero  $2 \times 9 < 4 \times 5$ ); además, el criterio resultante de una multiplicación equivale al resultante de una suma con escalas logarítmicas. Por consiguiente, habría que proceder con relativa cautela respecto de los coeficientes de calidad sencillos propuestos en muchos métodos de calificación. En general, debido a su aparente "claridad" ha parecido innecesario analizar su significado y no se entiende en absoluto qué supuestos tácitos ocultan. Así pues, habría que procurar aclarar qué escalas y criterios se han escogido en los métodos de calificación.

#### Ventajas e inconvenientes de los métodos de calificación

Dado que, en principio, los métodos de calificación están expresamente destinados a evaluar los proyectos por orden de calidad, no se adaptan bien a la función consistente en suministrar informaciones sobre sus valores intrínsecos. Esta limitación es grave cuando se trata de seleccionar proyectos puesto que implica tácitamente que todos los proyectos sometidos a una evaluación son, en sí, empresas dignas de acometerse. Aunque quizá así sea en última instancia, en general sería preferible contar con cierta certeza. Además, en ausencia de toda indicación sobre el valor intrínseco es difícil determinar si unos recursos limitados llevan necesariamente a desechar proyectos valiosos. Evidentemente, se puede tratar de superar esta dificultad definiendo umbrales de aceptación para los valores del coeficiente de calidad compuesto utilizado. Habitualmente no queda en absoluto claro cómo hacerlo y, una vez más las publicaciones pertinentes guardan silencio sobre el tema; en el mejor de los casos, se cita el coeficiente correspondiente a un sistema determinado en un contexto determinado sin indicar cómo se eligió, lo que vuelve a plantear el problema de la pertinencia del coeficiente utilizado y a destacar la importancia que reviste perfeccionar el estudio de este aspecto.

En general, en los métodos de calificación, ni se procura tomar en consideración la incertidumbre inherente a las calificaciones y pesos relativos estimados. En un ejemplo aislado citado en una de las publicaciones, en lugar de atribuir una sola calificación a un factor, se otorga cierta credibilidad a cada uno de sus posibles valores y se considera que ese valor estimado es la calificación aceptada de ese factor. Este procedimiento parece erróneo. Aparte del problema de la validez de la utilización de valores estimados en este contexto, es inútil introducir la incertidumbre en los

factores individuales a no ser que ello permita llegar a una serie de valores correspondientes al coeficiente final de calidad. El único procedimiento de esta índole absolutamente realista sería recurrir a una técnica de simulación del tipo resumido en todas las publicaciones para obtener distintos valores posibles del coeficiente y su correlativa credibilidad. No disponemos de ningún ejemplo sobre tal procedimiento y, probablemente, su aplicación resultaría muy ardua.

Otro problema asociado con el empleo de los métodos de calificación estriba en que, si bien los factores financieros se incluyen en las listas-guía, las magnitudes reales no se consignan en las calificaciones y por ende pueden perderse de vista. Obviamente ello también obedece a la falta de pertinencia financiera directa del coeficiente de calidad.

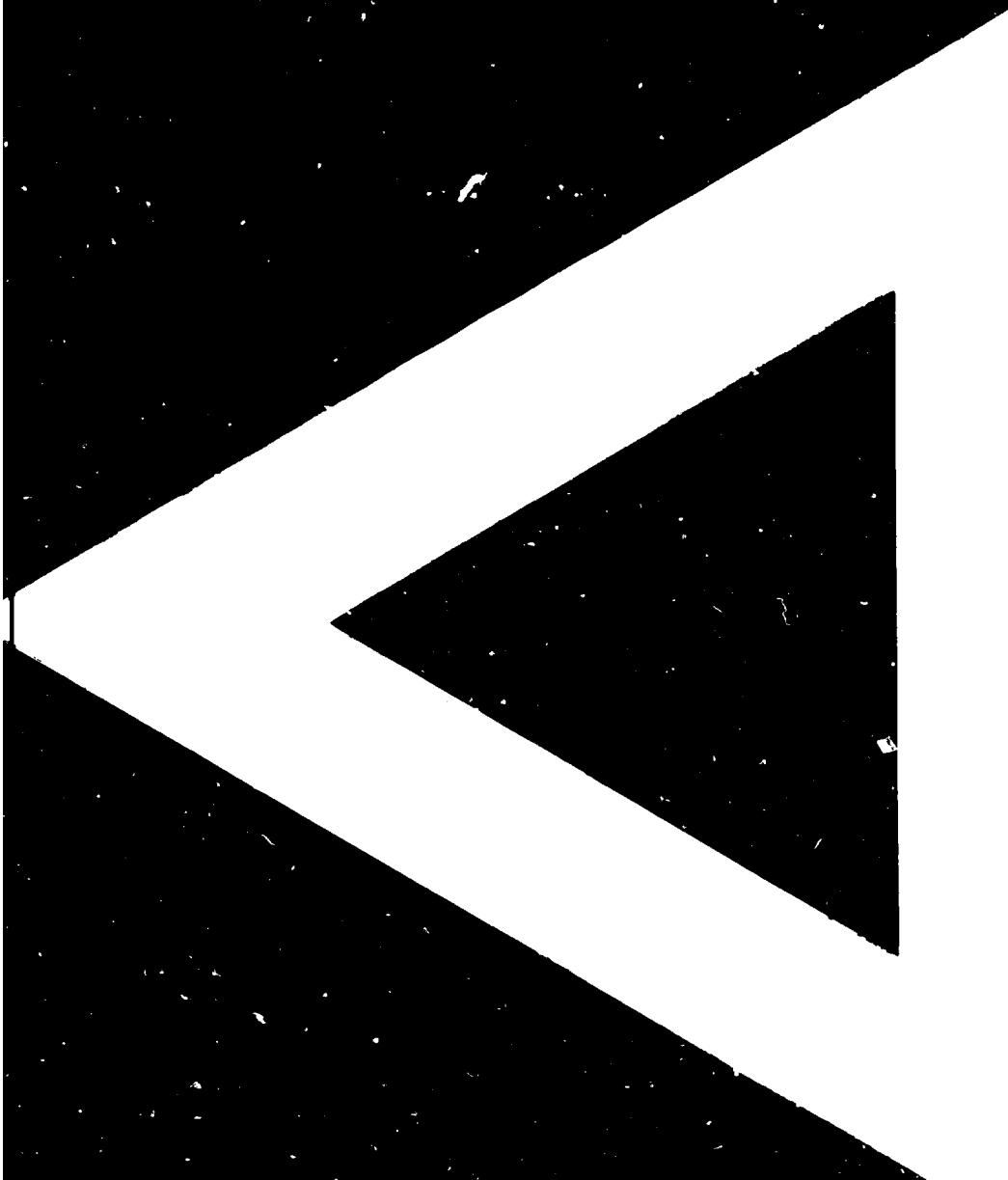
La principal ventaja de los métodos de calificación reside en la utilización sistemática de una lista-guía que obliga a considerar explícitamente todos los factores seleccionados. Ello no sólo impide las apreciaciones accidentales y los juicios superficiales sino que, además, facilita considerablemente el proceso conducente a un consenso entre los diversos sectores de la empresa que participan en la evaluación del proyecto.

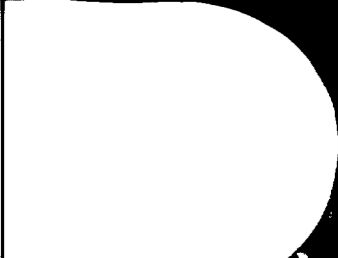
#### Métodos centrados en la rentabilidad

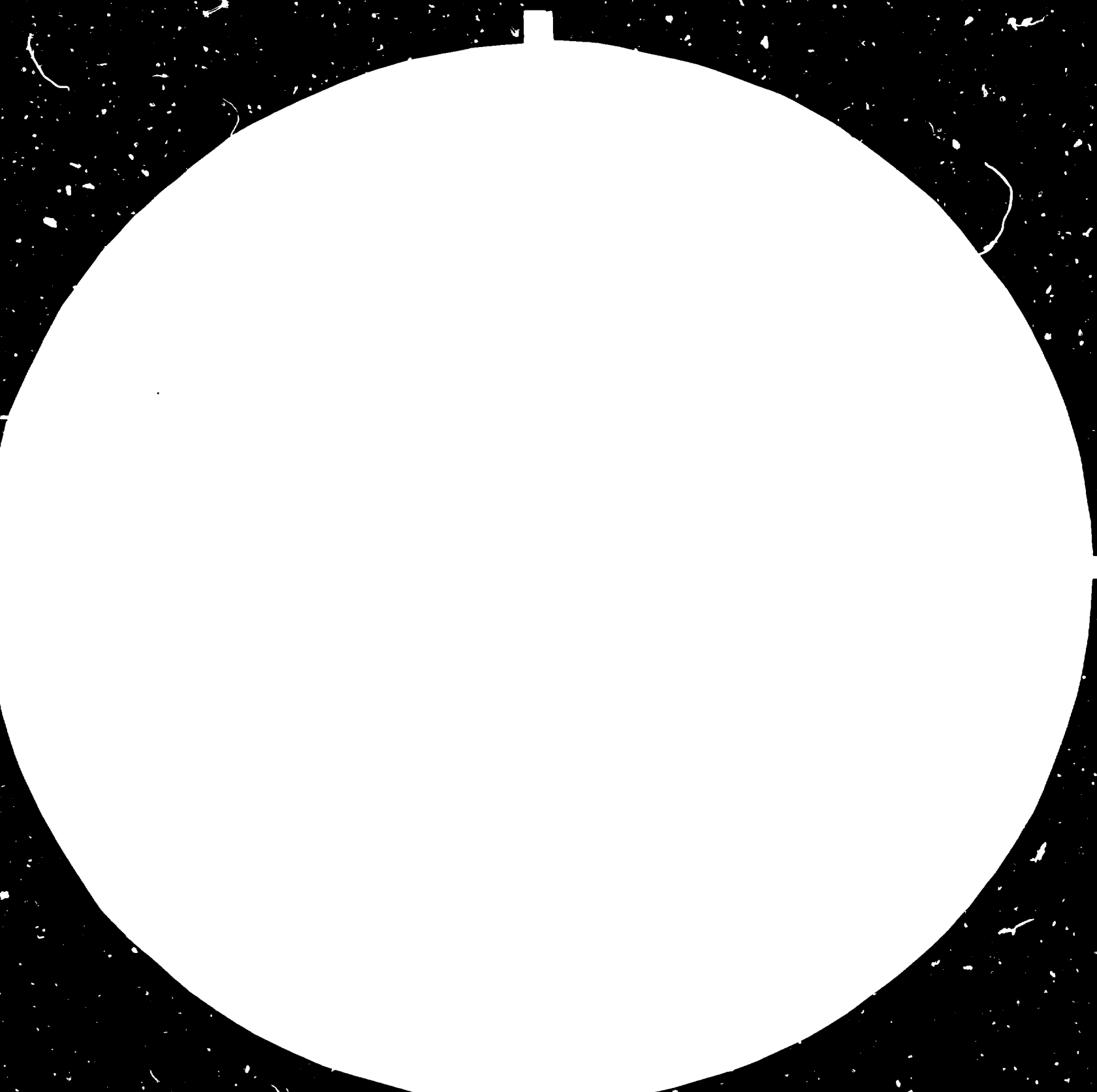
Con arreglo a estos métodos, la evaluación se basa en una función definida de utilidad económica que se presume expresa el grado en que el proyecto es financieramente favorable para la empresa.

Ha de aclararse desde ya que aún no se ha definido ninguna función global de utilidad y que la mayoría de los métodos propuestos se presentan como una fórmula para establecer un índice de calidad que normalmente sólo toma en consideración un aspecto particular de las consecuencias económicas que podrá tener la ejecución del proyecto.

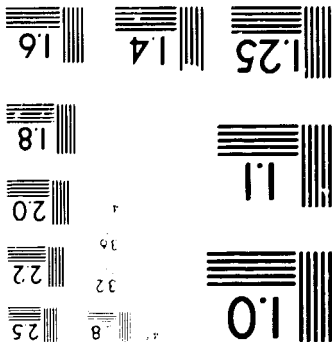








MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART  
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS-1963-A  
STANDARD REFERENCE MATERIAL DIVISION  
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS-1963-A  
A-100-1010 TEST CHART No. 1





ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS  
PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL



CENTRO DE LAS NACIONES UNIDAS PARA  
LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS (HABITAT)

**PRIMERA CONSULTA SOBRE  
LA INDUSTRIA DE LOS  
MATERIALES DE CONSTRUCCION**

**Atenas (Grecia)  
25-30 marzo 1985**

**ID/WG.434/6 (also ID/WG.425/1)**

Distr. LIMITADA

ID/WG.434/6\*

21 febrero 1985

ESPAÑOL

Original: INGLÉS

**13770-5**

PRIORIDADES EN MATERIA DE INVESTIGACION PARA LAS INDUSTRIAS  
DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCION DE LOS  
PAISES EN DESARROLLO\*\*

por

Prof. Dr. Gyula Sebestyén\*\*\*  
Consultor de la ONUDI

\* El presente documento es revisión del publicado anteriormente con la signatura ID/WG.425/1.

\*\* Las opiniones que el autor expresa en este documento no reflejan necesariamente las de la secretaría de la ONUDI. El presente documento es traducción de un texto que no ha pasado por los servicios de edición.

\*\*\* Secretario General del Consejo Internacional de Investigaciones, Estudios y Documentación sobre la Industria de la Construcción (CIB), Rotterdam (Países Bajos).

INDICE

	<u>Página</u>
I. INTRODUCCION	4
II. ESTADO ACTUAL DE LA INVESTIGACION SOBRE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCION	6
III. OBJETIVOS GLOBALES DE INVESTIGACION	11
1. Principios generales	11
2. Utilización de materiales y subproductos nacionales; conservación de recursos y energía	12
3. Aumento de la durabilidad y la piroresistencia	13
4. Tecnologías apropiadas; aspectos económicos de la investigación y el desarrollo técnico	14
5. Control de calidad	16
6. Conservación de los recursos y la energía	16
IV. PRIORIDADES EN MATERIA DE INVESTIGACION SOBRE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCION BASICOS	18
1. Tierras (barro, arcilla, adobe, laterita)	18
2. Cemento, cal, yeso, puzolana y azufre	19
3. Hormigón, argamasa, ladrillos, bloques, elementos premoldeados	22
4. Madera, bambú y otros productos y subproductos vegetales	23
5. Otros materiales, componentes y equipos	26
6. Relaciones entre la investigación sobre los materiales de construcción y la investigación sobre la construcción	27
V. DETERMINACION DE LAS PRIORIDADES EN MATERIA DE INVESTIGACION; CONDICIONES DE EJECUCION	29
1. Métodos para seleccionar las prioridades en materia de investigación	29
2. Fortalecimiento de capacidades científicas y tecnológicas	46
3. Fortalecimiento de las instituciones de investigación sobre los materiales de construcción	49
4. Servicios de información y documentación, técnicos y consultivos	51
5. Reglamentos y normalización	52
6. Cooperación internacional	52
VI. RESUMEN - CONCLUSIONES	54

INDICE (cont.)

Página

APENDICES

Apéndice 1: Lista selectiva de 130 instituciones de ámbito predominantemente nacional, por contraste con el internacional, que se dedican a la investigación sobre los materiales de construcción	57
Apéndice 2: Bibliografía selecta	63
Apéndice 3: Páginas escogidas extraídas de volúmenes sobre métodos de evaluación de proyectos de I+D ("Methods for the Evaluation of R+D Projects") editados por la Asociación Europea de Gestión de las Investigaciones Industriales (EIRMA)	65

## I. INTRODUCCION

1. Ya en ocasiones anteriores se han celebrado Consultas relacionadas con sectores que producen materiales de construcción, a saber:

Siderurgia: Primera Consulta, 1977

Segunda Consulta, 1979

Tercera Consulta, 1982

Madera: Primera Consulta, 1983

2. Algunas de las recomendaciones que se hicieron en dichas consultas son aplicables a la industria de los materiales de construcción, pero, en general, esas consultas sólo se relacionaron en forma limitada con las aplicaciones del acero y la madera como materiales de construcción, y en grado aún menor con las correspondientes prioridades de investigación. Por último, en 1983, se adoptó la decisión de celebrar una Primera Consulta sobre la Industria de los Materiales de Construcción. A manera de preparación, se realizarán varios estudios sobre diferentes aspectos macroeconómicos, técnicos, financieros etc. Al respecto, una de las cuestiones concretas que han de examinarse es la de la investigación y el desarrollo (I+D), que deberían contribuir en gran medida al aumento de la producción de los materiales de construcción, a la reducción de las importaciones y a una explotación más económica de los recursos (energía, materias primas, mano de obra).

3. El presente estudio, que tiene por objeto hacer resaltar los aspectos relativos a la investigación de las industrias de los materiales de construcción en los países en desarrollo, se ha llevado a cabo teniendo debidamente en cuenta las características de la mencionada Primera Consulta, y se centra en los problemas de los países en desarrollo. No obstante, es típico que los recursos que los países desarrollados asignan a la investigación se utilicen también en parte para resolver problemas de los países en desarrollo, y conviene que esta práctica se mantenga e incluso que se fortalezca. Se ha dado a los apéndices el carácter de documentos de trabajo; en el Apéndice 1 figura la lista de determinadas instituciones correspondientes a la esfera que se examina, y los apéndices 2 y 3 están destinados a complementar el estudio en sí.

4. La industria de los materiales de construcción puede dividirse en dos grupos:



- producción en pequeña y mediana escala (baja densidad de capital)
- producción en gran escala (alta densidad de capital);

o, conforme a otros criterios:

- técnicas de fabricación tradicionales
- técnicas de fabricación modernas

5. Existe una marcada diferencia entre las necesidades de investigación para la producción de materiales autóctonos en pequeña escala y las correspondientes a industrias en que se emplean tecnologías modernas (generalmente, aunque no siempre, en gran escala). Así, por ejemplo, algunas fábricas de cemento de los países en desarrollo necesitan que se investiguen problemas que también se plantean en los países desarrollados. Este estudio no trata en forma detallada de los problemas de investigación comunes a países en desarrollo y países desarrollados, sino que se centra en las necesidades de investigación propias de los países en desarrollo.

6. En el capítulo siguiente se resume el estado general en que se encuentra la investigación, tanto de los materiales de construcción como de la construcción en sí. En el capítulo III se exponen los objetivos y tendencias principales de la investigación y en el capítulo IV se enumeran las prioridades de investigación respecto de los principales materiales de construcción. En el capítulo V se explican en compendio los métodos para determinar las prioridades en materia de investigación, así como las condiciones a que hay que ajustarse en esa determinación.

## II. ESTADO ACTUAL DE LA INVESTIGACION SOBRE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCION

7. La investigación sobre los materiales de construcción es un fenómeno reciente. Aunque el cemento fue inventado a principios del siglo XIX, la investigación sobre el cemento y el hormigón sigue revistiendo suma importancia. Sin embargo, con el transcurso del tiempo, la investigación se ha hecho extensiva a los ladrillos y azulejos, el vidrio, la madera y varios otros materiales de construcción (bituminosos, pintura, plásticos, etc.). Algunos de los materiales empleados en la construcción se producen en otros sectores industriales, como el acero, el aluminio y los plásticos. Sólo en cierta medida puede considerarse que la investigación sobre estos últimos sea también investigación sobre materiales de construcción. La mayoría de las actividades de investigación sobre los materiales de construcción se centran en el cemento (y otros aglutinantes: cal, yeso, puzolana), el hormigón y las argamasas, la arcilla calcinada, el vidrio, la madera. Sin embargo, últimamente también se ha empezado a investigar en esferas como las de la prefabricación de elementos y los plásticos. La investigación sobre los materiales de construcción se relaciona estrechamente con la investigación sobre la construcción en sí, e incluso en muchos países se acostumbra a organizar la investigación correspondiente a ambos dominios dentro de una misma institución. No existe una línea divisoria precisa entre ellos: por ejemplo, el hormigón puede ser considerado como un material de construcción, pero también como un producto de la actividad de construcción. En los países que están en condiciones de asignar amplios recursos a la investigación sobre los materiales de construcción y a la investigación sobre la construcción, es posible establecer institutos de investigación en forma separada para una y otra. En varios países existen institutos de investigación del cemento cuyo campo de acción suele abarcar la cal, el yeso y, en algunos casos, también el hormigón.

8. En los últimos años, en muchos países en desarrollo se han hecho grandes progresos en la investigación sobre los materiales de construcción (y sobre la construcción). En dos de los países más extensos (China y la India) existen varias instituciones de investigación en este terreno con plantillas de más de 100 personas y, en algunos casos, de 400 ó 500 personas. En los países más pequeños la investigación sobre los materiales de construcción se lleva a cabo en servicios pequeños, con plantillas de unas pocas personas.

9. En el apéndice 1 figura una lista de instituciones que se dedican a la investigación de los materiales de construcción en los países en desarrollo. Como es inevitable, la lista no es exhaustiva, y algunas instituciones no figuran en ella. Sin embargo, da una idea de la capacidad de los servicios de investigación de que disponen los países en desarrollo. En los países desarrollados existen instituciones con dependencias especiales encargadas de realizar investigaciones sobre la construcción y sobre los materiales de construcción para los países en desarrollo. Algunas de éstas también se enumeran en el apéndice 1.

10. No hay estadísticas nacionales ni internacionales relativas al volumen de los gastos de I+D en la industria de los materiales de construcción. Un estudio preparado en el Consejo Internacional de Investigaciones, Estudios y Documentación sobre la Industria de la Construcción (CIR) sobre el cálculo de los gastos de investigación sobre la construcción se refería en realidad al valor total de la construcción. Dicho estudio reveló que en 17 países los porcentajes oscilaban entre el 0,03 y el 0,57. <sup>1/</sup> Las cifras más altas se registran en los países desarrollados que disponen de importantes servicios de investigación (Suecia, Dinamarca, etc.) En los países en desarrollo, los gastos de investigación son, naturalmente, menores. Aunque las cifras citadas deben aceptarse con cautela, debido a las importantes diferencias de los métodos de cálculo utilizados, puede considerarse que las siguientes afirmaciones tienen grandes probabilidades de ser válidas:

- Las tendencias válidas para la I+D en la industria de la construcción lo son también para la industria de los materiales de construcción;
- El volumen de los gastos de I+D en las industrias de la construcción y de los materiales de construcción está muy por debajo de los niveles registrados en los sectores de alta tecnología (donde pueden variar del 5 al 20%), y, aunque deben aumentar, persistirán dichas discrepancias en un futuro previsible;
- El volumen relativo de los gastos efectuados en los países desarrollados supera al de los países en desarrollo, y, junto con el desarrollo económico general de los países, han de aumentar los volúmenes absolutos y relativos de investigación y desarrollo en las industrias de la construcción y de los materiales de construcción.

---

<sup>1/</sup> Measurement, Accounting and Taxation for Research and Development. Volume and Support of Construction R+D (por el Prof. Dr. Gy. Sebestyén, CIB; Rotterdam 1983, 29 págs).

11. También debe señalarse que no sólo es pertinente el volumen de los gastos de I+D, en cuanto se relaciona con el volumen de ventas anuales del sector de los materiales de construcción, sino asimismo el volumen absoluto de tales gastos. Evidentemente, los países con un gran número de habitantes tal vez tengan un volumen considerable de actividades de I+D que pueden superar con mucho el volumen absoluto de I+D de los países desarrollados más pequeños; al mismo tiempo, el volumen relativo de los países grandes puede ser inferior al de los más pequeños.

12. Cabe afirmar que cada país debe organizar la investigación sobre la construcción y sobre los materiales de construcción. Ello no significa que la investigación que se realice en estos sectores tenga que alcanzar los niveles de complejidad de la biotecnología o la electrónica, para citar dos ejemplos. En todos los países, la cifra de los sectores de la construcción y de los materiales de construcción que se destina a gastos de investigación en esos campos es inferior a la correspondiente a los sectores de alta tecnología. Por otra parte, muchos países pueden evitar el tener que crear servicios de investigación en ciertas esferas de alta tecnología para uso nacional, lo cual no es posible en el caso de las industrias de la construcción y de los materiales de construcción. Cada país debe desarrollar su propia industria de la construcción, pues la dependencia indefinida de materiales de construcción importados constituye una insostenible sangría de recursos.

13. Los materiales de construcción se fabrican echando mano de los recursos naturales de cada país, y las características técnicas de las materias primas (piedra, arena, arcilla, etc.) nunca son idénticas en todos los países. Este hecho obliga a cada país a repetir los experimentos ya realizados en otros países con materias primas diferentes. Esa repetición permite además a los países en desarrollo familiarizarse con las técnicas más avanzadas y les sirve de preparación para introducir nuevos métodos de producción y nuevos productos.

14. Las instituciones de investigación de los materiales de construcción pueden ser públicas, semipúblicas o privadas. Las públicas (es decir, estatales) son propias de los países con economía de planificación centralizada, como los de Europa oriental y China. En los países con economía de mercado la investigación sobre los materiales de construcción suele ser organizada por la industria privada o tener carácter semipública. En los países

occidentales con economía de mercado existen además instituciones públicas de investigación sobre la construcción que, en mayor o menor medida, se ocupan también de investigar sobre los materiales de construcción.

15. La investigación privada sobre los materiales de construcción puede ser organizada por grandes empresas (LaFarges en el caso del cemento, Pilkington y Saint-Gobain en el caso del vidrio, etc.). Puede, asimismo, ser organizada por una asociación industrial subsectorial, como ocurre, por ejemplo, en el Reino Unido (Cement and Concrete Association) y en la República Federal de Alemania (Forschungsinstitut der Zementindustrie). La investigación que realizan las instituciones de los países desarrollados puede ser aplicable a los países en desarrollo e incluso puede estar expresamente destinada a resolver los problemas de estos países. En este último caso, la investigación generalmente se financia con fondos especiales de asistencia.

16. Las universidades y establecimientos de enseñanza superior desempeñan en todo el mundo un papel cada vez más importante en la investigación industrial. En varios países las instituciones de investigación sobre la construcción y sobre los materiales de construcción están vinculadas de un modo u otro con una universidad. Para la investigación sobre los materiales de construcción es preciso disponer de laboratorios debidamente equipados. A veces, éstos son costosos, y si en un país o región determinados no hay necesidad de contar con más de un laboratorio o juego de aparatos, se confía ya sea a un instituto o a una universidad la responsabilidad de mantener e ir ampliando un solo laboratorio. Se pueden celebrar acuerdos para la utilización conjunta de instalaciones comunes. En los países en desarrollo las universidades suelen ser organizaciones públicas (estatales). En algunos países desarrollados (especialmente en los Estados Unidos) las universidades pueden ser instituciones privadas (por ejemplo, la Universidad de Stanford, de California).

17. La situación actual puede resumirse de la siguiente manera. Los países en desarrollo ya han hecho importantes progresos en el establecimiento de sus propias instituciones de investigación sobre los materiales de construcción. Por otra parte, la experiencia de los países desarrollados demuestra que antes de que pueda considerarse que una institución de investigación funciona de forma verdaderamente eficaz es necesario que hayan transcurrido

alrededor de diez años desde su creación. Ese proceso de maduración habrá de repetirse en las instituciones de investigación que se establezcan en los países en desarrollo. Por último, será preciso seguir ampliando las capacidades de los países en desarrollo en las esferas de la investigación y la tecnología.

### III. OBJETIVOS GLOBALES DE INVESTIGACION

#### 1. Principios generales

18. Las dos clases principales de investigación tecnológicas son las siguientes:

- I+D de productos
- I+D de procesos

Gran parte de la investigación de procesos (tecnologías) se relaciona con la investigación de productos, razón por la cual se tratarán juntas, o en unión de otros objetivos de investigación. En la práctica, al establecer prioridades de investigación, deberá prestarse la debida atención a ambas clases de investigación.

19. Si bien este documento se refiere a la industria de los materiales de construcción en general, es posible definir prioridades en materia de investigación con un alcance mundial; se las debe definir con respecto a un país y a un período determinados. Las prioridades de investigación expuestas en el presente trabajo se basan en general en investigaciones realizadas o en curso en uno o más países, e incluyen temas que tal vez podrían ser útiles a muchos países. Ello se debe a la naturaleza en extremo dispersa de la industria de la construcción y su dependencia de recursos locales diferentes. En un país A, se puede haber resuelto el problema de la producción de bloques de laterita; pero no por ello los resultados podrán transferirse a un país B sin nuevas investigaciones, entre otras causas por la diferente naturaleza específica de las lateritas en los distintos países. La selección de prioridades en materia de investigación requiere, pues, el desarrollo de dos procesos distintos:

- la identificación de posibles temas de investigación;
- la aplicación de una metodología para comparar esos diversos temas y determinar cuáles han de aceptarse.

20. El presente documento procura elucidar esos dos procesos; da algunas indicaciones sobre determinados temas de investigación que tal vez valdría la pena considerar y establece ciertos principios básicos en cuanto a los métodos de selección que han de emplearse. Esas recomendaciones no serán válidas en todos los países por lo que respecta al proceso real de selección. Será preciso definir los temas de investigación y adaptar los métodos de

selección conforme a las condiciones nacionales. A continuación, se resumen algunos objetivos globales de investigación.

2. Utilización de materiales y subproductos nacionales; conservación de recursos y energía

21. Muchos países en desarrollo importan continuamente cantidades masivas de materiales de construcción. Se trata de un derroche innecesario de los recursos nacionales, pues la mayoría de los países posee materias primas apropiadas para la producción de materiales de construcción. La investigación sobre la utilización de materiales nacionales tiene prioridad absoluta. El empleo de esos materiales no sólo permite ahorrar divisas fuertes, sino también aliviar los problemas que ocasionan la manipulación de los productos importados y su transporte a lugares distantes. Por regla general, los materiales locales (nacionales) resultan más baratos que los importados. En los climas cálidos y húmedos pueden encontrarse fácilmente materias orgánicas naturales (madera, bambú, caña, bálago, paja, hojas, hierba, fibras). En los climas cálidos y secos abundan las materias inorgánicas (piedra, arena, arcilla, laterita, puzolana).

22. Los recursos naturales son diferentes en cada país. En algunos abunda la madera mientras que en otros es escasa. En los países donde no se dispone de suficiente madera, deberán usarse arcos y bóvedas de mampostería, casas cortadas en el flanco de la montaña, vigas de hormigón reforzado. Puede pensarse que la piedra, la arcilla, la grava y la arena se encuentran en todas partes, pero en realidad no es así. En muchos países falta uno u otro de esos elementos o las características de los existentes son tales que no permiten emplearlos en la construcción. Por otra parte, la investigación puede abrir la puerta a la utilización de materiales naturales que antes se desechaban (por ejemplo, ciertas maderas o algunos suelos lateríticos). Es una tarea importante de la investigación ampliar la lista de los recursos naturales susceptibles de uso económico con fines de construcción. Además de las materias primas naturales (arena, cal, piedra, tierra, etc.) se deberían emplear, en la fabricación de materiales de construcción, subproductos industriales y agrícolas. De ese modo, se reduciría la creciente acumulación de escorias y otros desechos de aspecto desagradable y podría darse un primer paso hacia la rehabilitación de ciertos medios ambientes afectados, por ejemplo, por la explotación minera. La conservación de la energía tiene también prioridad absoluta en la investigación, y particularmente en los países importadores de petróleo.



3. Aumento de la durabilidad y la piroresistencia

23. Los materiales de construcción autóctonos (tierra, hojas de palma, etc.) pueden ser muy baratos, pero con frecuencia su durabilidad es escasa. Hay materiales de construcción locales cuyo ciclo vital no supera los dos años. Obviamente, la prolongación del ciclo vital de los materiales autóctonos mediante el mejoramiento de su durabilidad tiene una elevada prioridad en la investigación. Es importante alcanzar este objetivo con métodos baratos. La durabilidad de los materiales de construcción y de las construcciones mismas tiene un alto grado de prioridad en los países desarrollados, donde se han efectuado, o están en curso, numerosas investigaciones sobre el tema. Como resultado, se ha obtenido una cantidad considerable de conocimientos, pero los países en desarrollo tienen problemas de durabilidad específicos. La vida de los materiales suele ser mucho más corta; también son diferentes los factores climáticos y otros factores ecológicos que afectan a la durabilidad. Así pues, éste es también un campo de investigación importante en los países en desarrollo.

24. A este respecto, las categorías más importantes de materiales de construcción son la tierra y la madera; las categorías más importantes de partes de construcción son los techos y las paredes o muros. La investigación debe concentrarse en el aumento de la durabilidad de esos materiales y partes de construcción.

25. La tierra es un material durable siempre que esté debidamente protegida de la lluvia, el agua subterránea y otras formas de humedad. La protección contra el agua subterránea puede lograrse deteniendo el progreso de la humedad con una capa aislante impermeable (bituminosa, etc.); la impermeabilización de la primera capa de mortero de protección contra la lluvia directa o las salpicaduras. Un sencillo enlucido de barro puede revestirse con una lechada espesa de cemento, por lo menos en la cara expuesta a la lluvia. Este tratamiento se debe renovar periódicamente. La mezcla se puede impermeabilizar agregándose cemento o algún otro material nacional apropiado, por ejemplo, palmitato de calcio (ácido producido a partir del jabón de aceite de palma). La resistencia de la lechada se aumenta añadiendo rastros a la cal. Se puede obtener protección contra la lluvia teniendo en cuenta los detalles arquitectónicos apropiados, por ejemplo la protección con tejados.

26. La degradación de las materias orgánicas fibrosas puede ser provocada por las condiciones meteorológicas, los insectos o los hongos. Algunas especies de maderas son vulnerables al ataque de hongos e insectos y sólo pueden utilizarse después de la aplicación de algún tipo de tratamiento de conservación. La determinación oportuna del período de aserrio de las trozas y del tiempo de secado de la madera aserrada en el aserradero contribuye a mejorar la durabilidad. Varios países han encontrado medios eficaces de proteger los materiales contra las termitas. El problema de la durabilidad puede presentarse también con los materiales de más reciente producción. Así, por ejemplo, la fisuración cáustica de las fibras de sisal en el hormigón se puede impedir reduciendo la alcalinidad del agua intersticial mediante la sustitución de una parte del cemento portland por vapores de sílice o por cemento con alta concentración de alúmina, o bien sellando el sistema de poros con cera o algún otro agente fibroso impregnante.

27. Además de las condiciones meteorológicas adversas, el fuego es otro de los principales peligros capaces de provocar la destrucción de las estructuras. En muchos países en desarrollo este riesgo es alto debido a los materiales empleados. Por consiguiente, el aumento de la pirorresistencia es una importante tarea de la investigación. Los terremotos, las inundaciones (y los tsunamis, tifones, etc.) destruyen no sólo los materiales sino también las propias estructuras. La aplicación de los resultados actuales de las investigaciones, así como una mayor investigación al respecto, podrían reducir las pérdidas en lo que respecta al dinero y naturalmente a las vidas humanas. Una técnica nueva y relativamente barata consiste en utilizar mortero reforzado, lo que aumenta la resistencia a los movimientos sísmicos. Esta técnica se emplea todavía muy poco y su aplicación en forma más generalizada podría redundar en notables beneficios. El clima tropical húmedo o el clima seco afecta a los materiales de diversas maneras. Ello ha inducido a algunos países a realizar investigaciones sobre pinturas de emulsión resistentes al moho.

4. Tecnologías apropiadas; aspectos económicos de la investigación y el desarrollo técnico

28. Se ha afirmado en repetidas ocasiones que inundar simplemente a los países en desarrollo con tecnologías elaboradas en los países desarrollados puede provocar más daño que provecho. Las condiciones particulares de los países en desarrollo exigen tecnologías apropiadas especiales. En muchos

países ello puede significar también una reducción de las capacidades, pero no es ésta la única característica de la tecnología apropiada. La condición principal es que se la pueda dominar, mantener y seguir desarrollando gradualmente.

29. Una de las peculiaridades más importantes de los países en desarrollo (desde el punto de vista de los avances técnicos) es el bajo nivel de ingresos y el costo relativamente alto de los materiales en relación con ese nivel. Por consiguiente, la sustitución de la mano de obra por materiales o máquinas puede resultar económica en los países desarrollados pero no suele ser viable por motivos económicos en los países en desarrollo. La sustitución de métodos con gran densidad de mano de obra por procesos mecanizados sólo puede hacerse gradualmente, y el tiempo necesario para ello dependerá de cuándo tales cambios sean viables como consecuencia del aumento de los ingresos y la disminución del precio de máquinas y materiales. La investigación también debe tener en cuenta esas circunstancias.

30. La finalidad de la investigación es mejorar las condiciones de vida y vivienda y aumentar la productividad y el bienestar de un país. Es posible citar numerosos estudios de casos referentes a países desarrollados y en desarrollo que ilustran situaciones en que la investigación y el desarrollo no han alcanzado ese objetivo. A veces el desarrollo técnico (nuevas fábricas, etc.) devora una parte de los recursos de un país más importante que los nuevos valores producidos gracias a ese desarrollo. Han sido amargas las lecciones aprendidas, pero aún así no hay garantías de que no se vuelvan a cometer errores análogos. Por ello, cuando se define una lista de prioridades en materia de investigación, debe tenerse en cuenta el control económico (comercial) de los proyectos de investigación. Ello es necesario en todas las etapas de la investigación.

31. La aplicación de los principios mencionados exige que los institutos de investigación sean capaces de evaluar los aspectos económicos de la investigación y de sus posibles aplicaciones. El personal de esos institutos debe comprender economistas e investigadores técnicos con un conocimiento suficiente de los principios económicos, cuya misión será evaluar los aspectos económicos de la investigación y del desarrollo técnico.

5. Control de calidad

32. La utilización de materiales de construcción autóctonos se ha basado siempre en la experiencia práctica. Si bien ello puede ser satisfactorio en condiciones tradicionales, el control de calidad podría contribuir a que se hiciera un mejor uso de los recursos. La aplicación de técnicas de control de calidad pone de relieve las diferencias de calidad, permitiendo así desechar los materiales que tienen propiedades más débiles y aprovechar más ventajosamente las mejores propiedades de los demás materiales. Con ello pueden también los productores aprender a mejorar la calidad de los materiales de construcción. Evidentemente, el control de calidad no constituye en sí mismo investigación, pero con frecuencia se realiza en las mismas instituciones que la investigación. Los mismos equipos de laboratorio pueden utilizarse tanto para el control de calidad como para la investigación. Un control adecuado ha de revelar las deficiencias de calidad de los materiales de construcción y ese conocimiento servirá de punto de partida para las investigaciones encaminadas a eliminar esas deficiencias.

33. Los laboratorios de control de calidad están a menudo instalados en las universidades, pues esa infraestructura es también necesaria para los fines de la enseñanza y el control de calidad sirve de puente entre el personal docente universitario y la industria. Otra solución consiste en establecer un laboratorio de control de calidad para todos los sectores industriales, incluidas las industrias de materiales de construcción. Cualquiera sea la modalidad elegida, la creación de una institución competente y la adopción de procedimientos idóneos de control de calidad deben tener la misma elevada prioridad en los países en desarrollo que en los países desarrollados.

6. Conservación de los recursos y la energía

34. Lamentablemente, sólo desde hace relativamente poco advierte la humanidad la importancia vital de conservar los recursos. Inicialmente, solamente los países desarrollados eran conscientes del problema. En los países en desarrollo la necesidad de aumentar la producción y el bienestar estaba por encima de la conservación de los recursos. Incluso actualmente, en ciertas ocasiones, los países desarrollados atribuyen mayor importancia a la conservación de los recursos que los países en desarrollo. Esta situación, empero, está cambiando rápidamente. La crisis energética iniciada en 1973 ha acelerado el proceso. Los países exportadores de petróleo procuran conservar sus

existencias de crudo tanto tiempo como sea posible; los países importadores de petróleo están obligados a ahorrar energía a fin de reducir los costos en rápido aumento de sus importaciones energéticas.

35. La meta de conservar otros recursos (medio ambiente natural, materias primas, etc.) es también objeto de una atención creciente. Mucha energía se gasta en las operaciones de secado, endurecimiento y cocción de los materiales de construcción. La energía solar es una forma natural de energía que puede sustituir una parte de los combustibles utilizados hasta ahora en la fabricación de materiales. La mezcla de arcilla con subproductos orgánicos (cascarillas de arroz, aserrín, etc.) también reduce el consumo de combustible en la cocción de ladrillos. El endurecimiento del hormigón se debe realizar, en la medida de lo posible, sin introducir vapor de endurecimiento y utilizando en cambio calor natural, eventualmente aumentado por la radiación solar.

36. En muchos países el agua es un recurso escaso, razón por la cual deben conceder gran prioridad a la investigación relativa a la conservación del agua. Es notable que aún se siga consumiendo mucha agua en los sistemas de desagüe de los excusados, a pesar de que se han ideado soluciones técnicas eficaces que permiten un bajo consumo.

37. La investigación sobre la construcción puede proporcionar a los diseñadores orientaciones que les permitan proyectar edificios cuyos sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado requieren menores cantidades de energía. La conservación y la rehabilitación del medio ambiente natural (por ejemplo, restauración de canteras abandonadas, etc.) está adquiriendo también cada vez más importancia en los países en desarrollo.

IV. PRIORIDADES EN MATERIA DE INVESTIGACION SOBRE LOS  
MATERIALES DE CONSTRUCCION BASICOS

1. Tierras (barro, arcilla, adobe, laterita)

38. El empleo de la tierra como material de construcción reviste características singulares. Por ejemplo, en California (Estados Unidos de América), en Francia y en algunos otros países se emplea en la construcción de edificios para clientes que sin duda podrían costearse cualquier otro material estructural. En cambio, en muchos países en desarrollo no se la considera digna de ser utilizada para la edificación de viviendas decorosas. Por otra parte, junto a esas dos actitudes extremas, se da el caso de millones de familias que, sin saber siquiera de la existencia de esas diferencias de valoración, y permaneciendo totalmente ajenas a la investigación y la industrialización, emplean la tierra como material de construcción, y de esa forma mantienen vivas antiguas tradiciones y hábitos. Las construcciones tradicionales de paredes o muros de tierra (barro) son las siguientes:

- muros de bloques de barro
- muros de ladrillos de barro secados al sol (adobe)
- muros de tierra apisonada (tapiales)

Para la construcción de muros de bloques de barro, se extrae la tierra y se la mezcla con agua para formar los bloques. Estos se colocan a mano en capas, a ser posible sobre un cimiento de piedra, barro, hormigón u otro material hidrorresistente, procediéndose luego a revestir la pared, en la que se dejarán aberturas para las ventanas y puertas. Los muros de ladrillos de barro secados al sol se construyen con ladrillos moldeados a base de una mezcla de arcilla, arena y agua. Los muros de tierra apisonada se construyen apisonando la tierra dentro de un marco de madera móvil y provisional. En varios países no puede encontrarse arcilla adecuada, pero se la puede sustituir por laterita. Con el término laterita se han designado los suelos de zonas tropicales e intertropicales originados por meteorización de rocas ígneas.

39. Los investigadores están tratando de determinar el papel que propiamente le corresponde a la tierra como material de construcción. La tierra, el adobe, las lateritas, etc., pueden estabilizarse con diversos materiales (cemento, cal, yeso, alquitrán, arena, ceniza, hierba, sisal, estiércol de vaca, etc.). La elección del material adecuado depende de las condiciones

locales (disponibilidad de aglutinantes), y tal vez sean necesarias las investigaciones para determinar las proporciones de mezcla y las técnicas óptimas teniendo en cuenta las características de la tierra (laterita) del lugar de que se trate. En los muros de zarzo y argamasa, los listones de bambú se revisten por ambos lados con barro mezclado con arcilla (así como con fibras o estiércol de vaca). Puede que sea necesario mezclar el emba-rado con una solución antitermitas.

40. A pesar de la difusión universal de los conocimientos, las prácticas relativas al empleo de las tierras difieren mucho de un lugar a otro. Tanto las herramientas, las prensas, las mesas de moldeo y los encofrados, como los métodos que se emplean son distintos, y ello explica, junto con las dife-rencias de propiedades de las materias primas, de condiciones climáticas y de otra índole, que se registren diferencias prácticas tan considerables. Se han inventado diversos tipos de prensas y pisones, que se emplean para fa-bricar bloques y ladrillos de tierra y laterita estabilizadas, por ejemplo: CINVARAM (Colombia), Terstaram (Malí), BREPAK (Ghana), TEK-Block-Press (Ghana), CENEEMA (Camerún) Ellson Blockmaster (Sudáfrica), Supertor (Brasil), Latorex (Dinamarca), CONSOLID (Suiza y Ghana). En los países y regiones en que no se emplea ninguno de esos equipos, convendría realizar un estudio y seleccionar alguno de ellos para adaptarlo a las condiciones locales a fin de contribuir al perfeccionamiento del empleo de materiales para construc-ción de paredes.

41. Mediante el intercambio de información y de experiencias se va consti-tuyendo un acervo mundial de conocimientos, cuyo aprovechamiento se ve condi-cionado, en el plano local, por una actitud positiva o negativa frente a la posibilidad de cambio, y de esa forma se van logrando progresos paulatinos respecto de este antiguo material de construcción. La más alta prioridad de la investigación consiste en contribuir a esos progresos, razón por la cual es de suma importancia evaluar correctamente las condiciones locales.

## 2. Cemento, cal, yeso, puzolana y azufre

42. En la mayoría de los países en desarrollo hay escasez de cemento y, en cierta medida, también de otros materiales aglutinantes. Por ese motivo, es preciso conceder alta prioridad, tanto en lo general como en lo que respecta a la investigación, al aumento de la producción y a un empleo más económico de estos materiales. El cemento es el conglomerante de más importancia;

el cemento portland es el de uso más difundido, pero también se utilizan, aunque en cantidades inferiores, cementos, (por ejemplo, el cemento blanco). Mediante la cocción, a  $1450^{\circ}\text{C}$ , de una mezcla de caliza, arcilla y eventualmente de otros minerales, se obtiene clinker que, una vez pulverizado (y tras la adición de yeso) permite obtener cemento portland. También pueden añadirse escorias de altos hornos, cenizas volantes o puzolana. La cocción puede efectuarse en grandes o pequeños hornos giratorios o en hornos de cuba. Aunque en los hornos giratorios se puede producir cemento de mejor calidad y más homogéneo, los pequeños hornos verticales requieren menos capital y pueden instalarse para aquellos mercados con necesidades más reducidas.

43. La cal se obtiene por calcinación de la piedra caliza a temperaturas muy inferiores a las empleadas en la fabricación del cemento. Este último se viene utilizando desde hace 200 años, mientras que la cal es uno de los materiales de construcción más antiguos. Incluso hoy día, la calcinación se efectúa por métodos sencillos que sólo requieren, aparte de la propia piedra caliza, arcilla, combustible (madera o carbón vegetal) y mano de obra. No obstante, existen procesos de fabricación en los que se utilizan procedimientos mecánicos de extracción y trituración de la caliza, así como hornos de cuba verticales, giratorios o Hoffmann.

44. En general, la fabricación de cemento requiere mayor densidad de capital que la de cal y puzolana. Por ello, es importante sustituir, aunque sea parcialmente, el cemento por la cal y la puzolana. Ese objetivo también puede lograrse mediante la fabricación de cementos mezclados, en los que parte del cemento se sustituye por puzolana natural o por subproductos industriales (cenizas volantes, escorias, arena) con propiedades hidráulicas. Si la infraestructura de carreteras y ferrocarriles es inadecuada y la capacidad del sistema de transporte insuficiente, puede producirse una escasez local de cemento u otros materiales de construcción. Por consiguiente, en muchos casos es importante establecer o desarrollar la fabricación de cemento y otros materiales en el mismo país. Es preciso determinar cuáles son las materias primas apropiadas, así como estudiar la fabricación y el empleo de cemento en plantas locales (subregionales). Estas tareas son de alta prioridad para los investigadores de los materiales de construcción.

45. En muchos países en desarrollo, el cemento, y en algunos casos también la cal y el yeso, se importan en cantidades sustanciales. De ser posible,



debe estudiarse la disponibilidad de puzolana volcánica, que puede sustituir, al menos en parte, al cemento, la cal y el yeso. El cemento también se puede sustituir por cenizas de cáscara de arroz mezcladas con cal. En el caso del cemento mezclado, una parte del cemento portland se sustituye por puzolana, escoria o cenizas volantes.

46. En los últimos años se han obtenido grandes cantidades de azufre como subproducto del desazufrado y depuración del petróleo, del gas natural, del gas de chimenea y del gas de fundiciones, así como del carbón rico en azufre. En los países que disponen de grandes cantidades de azufre, éste puede sustituir al cemento y a la cal como aglomerante para la obtención del hormigón y del mortero. Si bien puede considerarse como una de las fuentes principales de los conglomerantes, aún se requiere más investigación tecnológica para poder determinar con claridad sus propiedades y procesos tecnológicos.

47. El azufre puede tener otras aplicaciones: como sustancia impregnante en mampostería, como un aditivo utilizable con materiales fibrosos, etc. Durante los próximos años, en varios países se dará gran prioridad a la investigación sobre el azufre y su aplicación en las industrias de la construcción y de los materiales de construcción. Las esferas de investigación que tienen gran prioridad en este grupo de materiales de construcción, tanto para la producción en pequeña escala como en gran escala, son las siguientes:

- Estudios geológicos de minerales e investigaciones para determinar las mezclas óptimas;
- Empleo de materias primas, desechos y subproductos locales (cales magnésicas y dolomíticas, puzolana; escorias, cenizas volantes, fosfoyeso, cáscara de arroz, esquistos de mica, desechos de minas, lodo de cal procedente del acetileno, desechos de las industrias del papel y del azúcar);
- Mejoramiento de los procesos de extracción, transporte, calcinación y pulverización;
- Construcción de fábricas sencillas de baja y mediana capacidad, hornos de calcinación de cemento y cal, quemadores para los mismos e hidratadores de cal;
- Introducción de sistemas de control automático para las plantas de fabricación en gran escala, y empleo de computadoras y microprocesadores;
- Mejoramiento del equipo de fabricación, su mantenimiento, reparación, ciclo de vida útil, etc.;

- Conservación de energía; empleo de combustibles locales para la calcinación de la cal (p. ej., gránulos premezclados de cáscara de arroz y arcilla);
- Introducción de productos nuevos y mejorados (cemento de magnesita, cemento inatacable por los sulfatos, cemento blanco, cemento portland mezclado con puzzolana u otros aditivos; otros materiales conglomerantes como el azufre);
- Protección del medio ambiente, reducción de la contaminación del aire y del agua; recuperación de canteras abandonadas.

3. Hormigón, argamasa, ladrillos, bloques, elementos premoldeados

48. La fabricación de hormigón, ladrillos, bloques, etc. es una segunda etapa del empleo de materias primas básicas y materiales de construcción básicos (grava, arena, arcilla, cemento, cal). Algunos de los procesos se llevan a cabo en fábricas situadas fuera del lugar de las obras (por ejemplo, la prefabricación). En esta esfera, se superponen la investigación sobre los materiales de construcción y la investigación sobre la construcción.

49. En los países en desarrollo el transporte a grandes distancias suele ser costoso, y es frecuente que no se disponga de la infraestructura necesaria. Por eso, las fábricas de ladrillos, bloques y elementos premoldeados no pueden satisfacer la demanda de zonas demasiado extensas, y deben ser de pequeña o mediana capacidad. Debido a la acostumbrada falta de capital, tienen que funcionar con equipo sencillo, limitaciones que es preciso tener en cuenta cuando de investigación se trata.

50. La investigación de los procesos tecnológicos en que se emplean el cemento y otros materiales aglutinantes incluye el curado con vapor y calor solar, vibración, añadido de productos químicos para mejorar la docilidad, la resistencia a la helada, los procesos de fraguado y endurecimiento y la durabilidad, reducir la formación de grietas, mejorar la impermeabilidad, etc.

51. En los países donde no abunda la madera, a menudo se evitan los pisos y techos horizontales que requieren el empleo de cabios. Se les sustituye por mampostería abovedada o cúpulas. Otra solución sería la fabricación y el empleo de vigas de piso y cabios o tablones para techos de hormigón armado.

52. Los refuerzos de acero son un elemento costoso de la fabricación de hormigón armado, y la solución de ese problema tal vez consista en sustituir el acero por fibras vegetales (sisal, fibra de coco, pasta de madera, hierba elefante, lana de madera, kenaf). Las fibras de sisal se pueden emplear como refuerzo ya sea trituradas, sueltas o en forma de cuerdas. El cemento

también es un elemento costoso del hormigón, y la investigación de los hormigones con bajo contenido de cemento puede redundar en economías y contribuir en gran medida a remediar la escasez de ese material. Aunque pueda parecer que el agua para la mezcla sea un aspecto poco costoso de la fabricación de hormigón, en muchos lugares hay escasez de agua. La investigación puede contribuir a facilitar el empleo parcial del agua de mar en el mezclado del hormigón. En los lugares en que se carece de arena apropiada pero, en cambio, abunda la laterita, ésta se puede emplear en la preparación del hormigón.

53. Para la fabricación de ladrillos de arcilla calcinada (y de otro tipo) se pueden emplear los siguientes métodos:

- los que requieren gran densidad de mano de obra
- los semimecanizados
- los totalmente mecanizados.

La fabricación tradicional se basa completamente en la extracción, preparación y moldeo manual de la arcilla. Los ladrillos, una vez moldeados, se dejan secar. Luego se apilan, se cubren de arcilla y se cuecen. Esto puede hacerse en hornos sencillos. En la fabricación semimecanizada, se emplean procedimientos mecánicos para la extracción y el transporte de la arcilla, trituradoras, mezcladoras y prensas sencillas. En la fabricación totalmente mecanizada, todos los procesos son mecánicos o incluso automáticos. Los ladrillos se cuecen en hornos continuos o de túnel. La calcinación (cocción) y eventualmente el secado artificial requieren mucho combustible (energía).

54. La capacidad óptima de las fábricas depende de factores locales y regionales, como el volumen del mercado, el nivel de los salarios y la existencia de una red de transportes. Algunas arcillas sólo pueden emplearse en la fabricación si se las mezcla con arena, o si no se dispone de arena, con otros materiales de grano fino, tales como basalto disgregado, cenizas volantes, carbonilla y desechos de minas de carbón. El combustible se puede sustituir parcialmente (al tiempo que se mejoran las propiedades termoaislantes) añadiendo a la arcilla materiales orgánicos, como cáscaras o serrín de madera.

#### 4. Madera, bambú y otros productos y subproductos vegetales

55. Además de emplearse como material de construcción, la madera se destina a otros usos. Ya se ha celebrado una Consulta sobre la industria de la madera y los productos de madera, y en los documentos de trabajo de esa Consulta figuran numerosas exposiciones y recomendaciones respecto de la

investigación de la madera como material de construcción, 2/ El presente capítulo resume en forma concisa el contenido de estos documentos.

56. La madera se viene empleando como material de construcción desde los tiempos más antiguos. Sin embargo, los países en desarrollo no la utilizan de manera suficiente con tal finalidad. Especialmente en las zonas urbanas, hay prejuicios con respecto a las casas de madera, y las ordenanzas de la construcción a veces llegan incluso a prohibir la construcción de casas de madera. Ello puede atribuirse a experiencias negativas con respecto a incendios, durabilidad y defectos en la terminación de los detalles del acabado; esto, a su vez, es consecuencia de la falta de conocimientos técnicos relativos a la construcción con madera, especialmente con *madera tropical*.

57. La información tecnológica y los códigos de diseño se basan en experiencias con maderas de coníferas, que difieren de las maderas de frondosas. Estas últimas se caracterizan por otro tipo de fallas, por su heterogeneidad y, en general, por un módulo de elasticidad mucho más bajo. Las especies que se encuentran en los bosques tropicales de diversas partes del mundo difieren entre sí; también hay grandes diferencias en cuanto a heterogeneidad. Los bosques tropicales más heterogéneos se encuentran en América Latina, y los menos heterogéneos en el sudeste asiático. Esto, ya de por sí, requiere pruebas tecnológicas de las maderas en las distintas regiones y países. A base de los resultados de esas investigaciones, deben prepararse reglamentos de diseños manuales adecuados, y desarrollarse técnicas de fabricación y construcción idóneas.

58. En la construcción se utiliza un número relativamente reducido de especies de maderas tropicales primarias (taca, sal, deodara, palisandro, etc.). Incluso el empleo de estas especies se hace con mucho derroche de material, si bien los métodos tecnológicos comunes en los países desarrollados para

---

2/ El documento UNIDO/IS.398, titulado "First World-wide study of the wood and wood processing industries", de fecha 3 de agosto de 1983, contiene un estudio general de la madera. El documento de la ONUDI ID/WG.395/2, titulado "Promoción del uso de la madera en la construcción" (preparado por el Sr. M. Tejada) de 25 de mayo de 1983, se refiere concretamente a las necesidades de investigación y desarrollo.

aprovechar los trozos pequeños encuentran en general fácil aplicación en la mayoría de los países en desarrollo.

59. Es una tarea importante de la investigación difundir el empleo de las especies madereras secundarias y mixtas. Es preciso desarrollar y difundir métodos de identificación adecuados. La madera puede utilizarse más eficazmente si se la seca al aire, en hornos, o por energía solar, y si se la protege de los hongos, los insectos, la humedad y el fuego. Los tratamientos de conservación pueden prolongar considerablemente su vida útil. Para ello, deben emplearse productos químicos, como cobre, sulfato, zinc, cloruro, ácido bórico, bórax, arsénico de cobre-cromo, ácido acético de cobre-cromo, etc. Y retardadores de incendios (un compuesto de amonio-bórax-ácido bórico, y compuesto de zinc cromado-amonio-cobre-ácido bórico). También las termitas pueden ocasionar considerables daños a la madera. Para combatirlas con eficacia se requieren métodos que no entran en la esfera de la industria de los materiales de construcción, p. ej.:

- esterilización del suelo y de la tierra de relleno con productos químicos termiticidas (creosota, pentaclorofenol, etc.)
- instalación, en los zócalos, de defensas metálicas antitermitas
- eliminación de toda clase de desechos de madera, raíces, tocones o tablas que se encuentren bajo tierra en las proximidades de las edificaciones.

60. Para las maderas tropicales y el bambú pueden utilizarse métodos diferentes a los empleados en el caso de las coníferas. El bambú puede unirse de otras formas distintas del claveteado, pues éste produce rajaduras y mellas en el material. Pueden utilizarse, a tal fin, ligaduras con material obtenido del mismo bambú o hechas con enredaderas, cañas y la corteza de ciertos árboles. También puede emplearse alambre blando galvanizado (véase HABITAT, Notas Técnicas n<sup>o</sup> 4). Asimismo, pueden obtenerse tejas dividiendo por la mitad cañas de bambú. También se pueden hacer esteras con tiras de bambú para utilizarlas como paredes y tabiques.

61. Se estima que en varios países, de continuar el actual ritmo de deforestación, se agotarán los recursos madereros. Mediante el cultivo de especies de árboles de rápido crecimiento y de bambú de buena calidad para su empleo en la construcción es posible ampliar la oferta de esos recursos.

El empleo de técnicas inadecuadas y de bajo rendimiento redundan en considerables derroches durante la conversión y resulta costoso; la investigación puede contribuir a reducir esas pérdidas. Los paneles de madera aglomerada, de fibra y de madera y cemento se pueden fabricar con desechos de la madera y con fibras y cañas que hasta ahora sólo se consideraban perjudiciales (p. ej., el eupatorium).

62. Es preciso definir las prioridades de investigación para cada región y cada país por separado, pero hay algunos aspectos de investigación a los que en muchos países se concede en general gran prioridad:

- Ampliación de los tipos de madera que se utilizan. En muchos países existen especies que podrían utilizarse, y es necesario, a tal fin, realizar estudios y pruebas de laboratorio;
- Empleo mixto de distintos tipos de madera. En algunos países se conocen las propiedades de distintos tipos de madera, pero, como sería más práctico utilizar combinaciones de diversas especies, es preciso determinar las propiedades de esas combinaciones;
- Especies de máximo rendimiento. Cada especie tiene su propio ritmo de crecimiento y permite obtener una determinada cantidad de madera por unidad de superficie. Es necesario realizar investigaciones que permitan establecer políticas para una forestación y renovación óptimas;
- Secado de maderas por energía solar y otros procedimientos, con objeto de conservar energía;
- Tratamiento de la madera, la paja, las hojas de palma, etc., con retardadores del fuego;
- Diversos usos de desechos y subproductos agrícolas (cáscaras de arroz, serrín de madera, etc.);
- Sustitución de fibras de amianto o de refuerzos de acero por fibras vegetales (sisal, etc.);
- Desarrollo de nuevos productos (ripias y chapas onduladas para techar, etc., véase, p. ej., HABITAT, Technical Notes No. 1);
- Empleo de productos derivados de la madera y del bambú, así como de subproductos industriales, para la obtención de aglutinantes y adhesivos (p. ej., lignina y el furfural).

5. Otros materiales, componentes y equipos

63. Los programas destinados al desarrollo de las industrias de los materiales de construcción no deben ceñirse a los materiales básicos (cemento, vidrio, cerámica, madera), sino que es necesario que reflejen la creciente

complejidad de la industria de la construcción. Si no se procede de esa forma, habrá que seguir importando equipo sanitario y de abastecimiento de agua, accesorios, equipo eléctrico, pinturas, plásticos, ascensores, etc. Las cantidades de materiales, componentes y equipos que necesita cada país son muy diferentes de las de los demás y dependen de la población del país. En el caso de determinados productos, puede ocurrir que la capacidad del mercado interno no alcance para justificar su fabricación en el país exclusivamente para ese mercado. En esos casos, la fabricación sólo es viable si se estima que existen buenas posibilidades de acceso a un mercado más amplio.

64. Es evidente que requiere alta prioridad la investigación de los desechos y subproductos agrícolas e industriales para destinarlos a la construcción (cáscaras de arroz, paja, desechos de papel, cenizas volantes, escorias, etc.). Las puertas, ventanas, persianas y sus accesorios (por ejemplo, los herrajes) son tan necesarios para las viviendas de bajo costo como para los edificios de alta calidad de varios pisos que se construyen en las ciudades (bancos, oficinas, etc.). Sin embargo, en el caso de la primera categoría se impone encontrar soluciones sencillas y poco costosas, mientras que para el segundo tipo de construcciones por lo general se requieren productos de nivel similar a los de los países desarrollados.

65. La producción y el empleo de plásticos en la construcción es, y seguirá siendo, bastante limitada en los países importadores de petróleo; por otra parte, en los países exportadores de petróleo tal vez resulte cada vez más interesante su aplicación en la construcción. A pesar de las diferencias básicas de los plásticos en cuanto a su empleo, podrían utilizarse en mayor o menor medida en todos los países; sea como fuere (y debido en gran parte a las condiciones climáticas), en los países en desarrollo su empleo seguirá siendo limitado.

6. Relaciones entre la investigación sobre los materiales de construcción y la investigación sobre la construcción

66. En el caso de la vivienda rural, la fabricación de los materiales de construcción guarda íntima relación con la construcción de viviendas y, por consiguiente, la investigación sobre los materiales de construcción está indisolublemente ligada a la investigación sobre la construcción. Tal es el caso de los muros de tierra, los revocados con argamasa, los techos de hierba, etc.

67. Para citar un ejemplo, los techos de hierba siempre se han construido con hierba desecada. La investigación ha permitido mejorar los métodos de fabricación de rollos o paneles de hierba desecada, haciéndolos muy impermeables al agua de lluvia en vertientes poco pronunciadas, dándoles resistencia para sustentar el peso propio y permitiéndoles servir como puntos de apoyo resistentes a la presión del viento. Entre los nuevos métodos de fabricación figura también el tratamiento químico para elevar la resistencia de la hierba desecada a los ataques por agentes biológicos. En algunos países se ha propuesto la inserción de una lámina de polietileno entre dos capas de hierba con el fin de impermeabilizar el techo.

68. En los subsectores formales (monetarios) de la economía, cada vez es mayor el número de elementos prefabricados que se emplean en la construcción. A pesar de que esos elementos sustituyen a los materiales de construcción, su estudio pertenece al campo de la investigación sobre la industria de la construcción. El diseño de vigas de piso y de tablas para techos de hormigón armado premoldeado debe basarse en el conocimiento previo del uso que habrá de dárseles en los edificios.

69. Las características y propiedades que deben tener los edificios son un tema del que se ocupa la investigación sobre la construcción. De ese modo, se establecen vínculos estrechos entre la investigación sobre los materiales de construcción y la investigación sobre la construcción. El transporte, la izada y el montaje de los materiales de construcción requieren el empleo de máquinas, herramientas y otros elementos, incluidos los andamios y encofrados. Existe una rama especializada de la investigación sobre la construcción que trata de esas cuestiones.

70. La investigación sobre la construcción se ocupa de los materiales de construcción cuando estudia tanto los componentes y partes de los edificios como los edificios en su conjunto. Por ejemplo, en el campo de la ingeniería estructural la investigación ha permitido inventar un nuevo tipo de mampostería reforzada más resistente a los terremotos.



V. DETERMINACION DE LAS PRIODIDADES EN MATERIA DE INVESTIGACION; CONDICIONES DE EJECUCION

1. Métodos para seleccionar las prioridades en materia de investigación

71. En otros capítulos del presente estudio se examinan las prioridades en materia de investigación con referencia a sus aspectos generales. No obstante, esas consideraciones no bastan cuando los organismos estatales que supervisan estas actividades o los institutos pertinentes deben adoptar decisiones sobre las prioridades.

72. El procedimiento de selección de proyectos de investigación debe regirse por una política de prioridades. Si bien la experiencia y los métodos empíricos pueden dar resultados satisfactorios, cuando están en juego muchas propuestas distintas, es posible recurrir a una metodología más sistemática. Puede establecerse un sistema de criterios que se utilizará como lista-guía para evaluar las distintas propuestas. Actualmente existen abundantes publicaciones profesionales sobre el problema de la selección de proyectos de investigación. Existen dos enfoques básicos para encararlo:

- Definir distintos proyectos, compararlos posteriormente y escogerlos o desecharlos según el resultado de las comparaciones; y
- Definir modelos matemáticos y determinar el punto óptimo entre el gran número de opciones posibles.

73. Dado que los métodos del segundo tipo (esto es, los de la optimización matemática) se emplean con menor frecuencia, no volverán a mencionarse en este trabajo. La comparación de dos o más proyectos -pero necesariamente un número finito- puede basarse en un solo criterio (como por ejemplo, el costo de producción del artículo o la productividad de la mano de obra), o en varios. De usarse un solo criterio, las comparaciones son relativamente fáciles pero se tornan más complejas cuando se ponderan varios criterios. En la mayoría de los casos es preciso tomar en cuenta diversos factores: la productividad, los costos de fabricación, los requisitos de capital, la proporción de importaciones, etc. Si por todos sus aspectos un proyecto es superior a todos los demás, la selección es fácil. Pero en la práctica esto ocurre en contadas oportunidades; determinados proyectos pueden ser superiores a otros atendiendo a ciertos criterios e inferiores habida cuenta de otros. Cuando la evaluación resulta compleja, como sucede a menudo, es menester

utilizar métodos provistos de sistemas de calificación (valoración relativa) para resumir las conclusiones sobre los distintos criterios. Se ha adoptado y aplicado un número considerable de esas técnicas de clasificación. Los distintos métodos han sido documentados, por ejemplo, en los informes publicados por la EIRMA (Asociación Europea de Gestión de las Investigaciones Industriales): "Methods for Evaluation of R and D Projects" (Métodos de evaluación de proyectos de investigación y desarrollo).

74. Si bien lo que figura a continuación se basa, en cierta medida, en las publicaciones mencionadas, éstas contienen muchos más detalles. Naturalmente lo que se propone no es emplear esos métodos científicos en todos los casos, aunque es aconsejable tenerlos presentes a la hora de tomar decisiones sobre las prioridades en materia de investigación. En términos generales, deberá procurarse contestar las cinco preguntas siguientes antes de adoptar las decisiones:

- i) ¿Cuál es la importancia del tema de investigación propuesto en el país de que se trata?

Observación:

La respuesta a esta pregunta ha de evaluarse en relación con el costo de la investigación. Los proyectos de mediana importancia pueden aceptarse si su costo es adecuadamente bajo. En general no habrán de aprobarse proyectos que no sean pertinentes para el país.

- ii) ¿Cuáles son las posibilidades de obtener buenos resultados técnicos?

Observación:

Deberán rechazarse las propuestas de proyectos de investigación si no cuentan con suficientes probabilidades de obtener resultados satisfactorios desde el punto de vista técnico, lo que, a su vez, depende de la existencia de personal suficientemente capacitado (investigadores y asistentes), el equipo de laboratorio de que se dispone, los recursos financieros, las materias primas y componentes, y la posibilidad intelectual (científica) de obtener buenos resultados. Por ejemplo, una propuesta con vista a obtener un "perpetuum mobile" no cuenta con ninguna posibilidad de obtener resultados satisfactorios desde el punto de vista técnico.

- iii) ¿Qué probabilidades hay de lograr buenos resultados comerciales?

Observación:

Sólo el análisis del mercado puede dar respuesta a esta pregunta. ¿Escasean los productos que deben fabricarse o, por el contrario, existe una gran oferta de artículos análogos? ¿Cuál es la situación

en materia de precios? o, más concretamente, ¿el costo del nuevo producto propuesto podrá ser inferior al precio de venta previsto?

- iv) Si el proyecto obtiene buenos resultados técnicos y cuenta con posibilidades comerciales favorables, ¿qué posibilidades hay de aplicarlo en la práctica?

Observación:

En ciertos casos, no existen en el país las condiciones necesarias para su aplicación práctica, situación que puede obedecer a una demanda exigua, a la falta de capitales para la inversión, a la ausencia de materias primas y/o componentes, a una formación profesional e industrial insuficiente para diseñar y fabricar equipos de producción en gran escala. En tales casos tampoco deberán aceptarse las propuestas de investigación.

- v) ¿Se justifica la investigación en relación con las importaciones de productos o de know-how?

Observación:

Incluso si el proyecto parece prometedor, debe tenerse presente que el potencial de investigación es, por lo general, restringido y que quizá otros proyectos puedan generar beneficios superiores. Es posible que aunque las investigaciones sobre el proyecto A tengan posibilidades de éxito, los mismos resultados puedan adquirirse también concertando un acuerdo de licencia y que las investigaciones sobre el proyecto B sean indispensables porque, si no se emprenden investigaciones nacionales, no se contará con un medio acertado para resolver el problema B. En una situación de esta índole, el proyecto B es prioritario sobre el A (véase la Sección 2 del Capítulo V).

75. Cuando se comparan dos o más proyectos de investigación, es importante que los cálculos no se limiten a dar cabida exclusivamente a las condiciones vigentes en el momento. En el futuro, los costos y los precios correspondientes a las distintas opciones pueden registrar cambios pronunciados en distintos sentidos y en medida diversa. Por consiguiente, las estimaciones económicas deberán abarcar un período más largo, en general de varios años, y habrá que prever e incorporar a esos cálculos las eventuales modificaciones y las condiciones. En tales estudios puede ser preciso utilizar la técnica del descuento y, con ese fin habrá que calcular la tendencia de los tipos de interés durante el período en cuestión. En ciertos casos también deberán determinarse las tasas de inflación. Pese a las incertidumbres inherentes a tales estimaciones, importa tratar de cuantificar las condiciones que cambian con el tiempo. Para todo ello existen metodologías que pueden emplearse en el proceso de selección de los proyectos de investigación.

76. Hay una técnica sencilla para establecer prioridades y que se emplea en la gestión. Se trata de la comparación de pares alternativos en un comité establecido al efecto. Para aplicarla con éxito deben darse determinadas condiciones:

- Un número limitado de alternativas claramente formuladas cuyo orden de preferencia debe definirse;
- Un presidente de comité enérgico que dirija este método de discusión, limitándolo a las declaraciones de preferencia y sin que permita interrupciones con debate alguno;
- Un número limitado de participantes (p. ej., de 5 a 15), todos ellos bien informados sobre la materia y al mismo tiempo capaces de evaluar las alternativas desde puntos de vista muy diferentes (científicos, comerciales, industriales, de personal, etc.).

77. Los pares se forman a base de todas las alternativas posibles, y cada uno de los participantes dice cuál de los dos prefiere. No deben pedirse, ni permitirse, explicaciones. Esta técnica puede ilustrarse con un ejemplo sencillo. El presidente desea determinar los órdenes de prioridades para los seis proyectos siguientes (pueden aprobarse cuatro y deben rechazarse dos):

- i) Instalación de un horno de cal experimental con un nuevo tipo de quemador;
- ii) Ensayos tecnológicos de algunas especies madereras tropicales no utilizadas hasta la fecha;
- iii) Utilización de la energía solar para acelerar los ciclos de producción de hormigón premoldeado en los patios correspondientes;
- iv) Instalación de láminas de techo de fibra natural en un edificio de demostración;
- v) Reunión y ensayo, en el país, de muestras de diversas puzolanas existentes;
- vi) Preparación de un manual de diseño para mampostería de bloques de hormigón a utilizar en la construcción de nuevas viviendas.

78. El Comité estará integrado por cinco miembros (incluido el Presidente). En primer lugar, cada miembro declara su preferencia tras comparar los proyectos 1 y 2. Se obtienen los siguientes resultados: uno para el proyecto 1 y cuatro para el proyecto 2. Luego se procede a comparar los proyectos 1 y 3, 1 y 4, 1 y 5, y 1 y 6. En cada caso, el presidente (o el secretario del

comité) toma nota de las veces que cada proyecto ha sido preferido al otro proyecto alternativo. Luego se procede a la comparación de los proyectos 2 y 3, 2 y 4, 2 y 5, 2 y 6; 3 y 4, 3 y 5, 3 y 6; 4 y 5, 4 y 6; y, por último, 5 y 6. En total, cada participante efectúa 15 respuestas, y todos ellos 75. El resultado final puede ser, p. ej., que cada uno de los proyectos sea objeto de las siguientes preferencias:

Proyecto 1	17
Proyecto 2	13
Proyecto 3	5
Proyecto 4	12
Proyecto 5	18
Proyecto 6	10
<hr/>	
Total	75

Si, como se ha dicho, deben rechazarse dos proyectos, éstos serán los números 3 y 6. A pesar de sus evidentes limitaciones, la técnica es sencilla, obliga a realizar evaluaciones racionales y, en ciertos casos, puede resultar muy eficaz.

79. En el apéndice 3 se citan ciertas páginas de las publicaciones de la EIRMA. A continuación figuran algunos ejemplos de listas-guía y sistemas de calificación, basados en los informes de la EIRMA. Cabe señalar que mientras que en el presente estudio se emplean las palabras "probabilidad" y "posibilidad" sin pretender establecer ninguna diferencia en los informes de la EIRMA, "verosimilitud" tiene un sentido un poco más restringido que el de "probabilidad". Los documentos de esa asociación incluyen una nota explicativa a este respecto.

"Las listas-guía que figuran a continuación se han elegido únicamente por ser ejemplos representativos que ilustran algunas de las distintas formas que pueden adoptar. Los cuadros 1 a 4 son listas-guía que abarcan todos los aspectos de la evaluación de proyectos de desarrollo desde el punto de vista de las empresas u otras instituciones, incluidas las estatales, que quieren tomar una decisión sobre los méritos de las propuestas.

En el cuadro 1 figura una de las más sencillas. Deberá contestarse a una serie de 21 preguntas antes de iniciar el proyecto. No están divididas en grupos y no se determina ninguna escala de calificación

En el cuadro 2 aparece una lista más pormenorizada que contiene 56 rubros divididos en seis grupos. Cada factor debe calificarse con arreglo a una escala de cinco posiciones cualitativas. La evaluación aproximada debe hacerse sobre la base de las características generales.

En el cuadro 3 se da una lista de 26 rubros agrupados en cuatro categorías. Se propone una escala numérica que comprende cuatro posiciones para calificar los factores. Este ejemplo es especialmente interesante porque se procura dar una definición explícita de cada grado de la escala. No se atribuyen puntos a los factores y, en realidad, el autor propugna un método de evaluación basado en la suma de las características y se pronuncia en contra de la utilización de calificaciones numéricas. No obstante, pueden encontrarse listas análogas que proponen la utilización de un índice ponderado que consiste en la suma de las calificaciones.

En el cuadro 4 figura un ejemplo mucho más sencillo de lista-guía ponderada y en el cuadro 5 una lista de verificación y calificación de los resultados técnicos."

Cuadro 1

Preguntas básicas con relación a la propuesta inicial  
y los exámenes posteriores

1. ¿Cuáles son las ventajas concretas que se derivan para la empresa del desarrollo de esta idea de producto?
2. ¿Qué mercado tiene un producto de este tipo?
3. ¿Cuáles son los productos competitivos actualmente disponibles?
  - a. ¿Cuáles son sus ventajas concretas?
  - b. ¿Cuáles son sus inconvenientes concretos?
4. ¿Qué ventajas podemos incorporar a un nuevo producto?
5. ¿Podemos comercializar fácilmente este producto, o se requerirá un nuevo criterio de comercialización, como por ejemplo una nueva organización de ventas?
6. ¿Podremos obtener una posición sólida en materia de patentes que proteja esta nueva idea?
7. ¿Qué volumen de ventas podemos esperar?
8. ¿Cuál es aproximadamente la duración de la vida en el mercado de un producto de esta naturaleza?
9. ¿Cuánto costará desarrollar este producto?
10. ¿Cuánto tiempo tomará desarrollar este producto?
11. ¿Qué método se empleará para ese desarrollo?
  - a. ¿Qué orden habrá de seguirse, por ejemplo, exploración, análisis del proceso, estudio de viabilidad, etc.?
  - b. ¿Cuánto tiempo requerirá cada una de esas fases?
12. ¿Qué conocimientos y qué personal adicionales serán necesarios para desarrollar y perfeccionar este producto?
13. ¿Qué bienes de capital adicionales se necesitarán para desarrollar este producto?
14. ¿Cuáles son nuestras estimaciones respecto al costo de fabricación de este producto?
15. ¿En qué medida será necesario adquirir nuevo equipo de fabricación?
16. ¿Ese equipo puede emplearse también para fabricar otros productos?
17. ¿Las instalaciones de nuestra fábrica se prestarán para la fabricación de este producto o tendremos que adquirir otras nuevas?

18. ¿Se dispone de materiales para fabricar este producto?
19. ¿Cuáles serían las consecuencias de detener la fabricación de este producto si después de un año o dos comprobásemos que el producto va perdiendo apreciablemente aceptación en el mercado?
20. ¿Cuál es el costo total de las operaciones de elaboración, investigación y desarrollo, equipamiento, fabricación, comercialización y publicidad?; ¿podemos permitirnos ese desembolso teniendo en cuenta los demás compromisos ya adquiridos?
21. ¿Cuál es nuestro cálculo más ajustado del rendimiento de la inversión y los beneficios sobre las ventas?



Cuadro 2

	Muy insatisfactorio	Insatisfactorio	Regular	Satisfactorio	Muy satisfactorio
<u>Aspectos financieros</u>					
Ventas anuales estimadas del nuevo producto					
Tiempo para alcanzar el volumen estimado de ventas					
Relación ventas anuales/costos de investigación y desarrollo					
Relación costos totales/economías anuales					
Beneficio sobre las ventas					
Rendimiento del capital fijo					
Rendimiento de la inversión total					
Amortización de lo invertido en investigación y desarrollo					
Amortización de lo invertido en capital fijo					
Utilidades en el primer año de producción					
<u>Investigación y desarrollo</u>					
Posibilidades de éxito técnico					
Novedad técnica					
Posibilidad de conocimientos técnicos					
Relación con los conocimientos técnicos actuales de la empresa					
Duración del desarrollo del producto					
Necesidades de personal					
Necesidades de equipo de laboratorio y para la planta piloto					
Actividad técnica competitiva					
Situación en materia de patentes					
<u>Producción</u>					
Ventajas del proceso					
Polivalencia del proceso					
Familiaridad con el proceso					
Compatibilidad con las operaciones actuales					
Disponibilidad de equipo					
Disponibilidad de materias primas					

	Muy insatisfactorio	Insatisfactorio	Regular	Satisfactorio	Muy satisfactorio
<u>Producción (cont.)</u>					
Colocación de subproductos					
Evacuación de desechos					
Posibilidad de corrosión					
Peligrosidad					
Situación en materia de flete					
<u>Comercialización</u>					
Ventajas del producto					
Competidores del producto					
Volumen del mercado					
Estabilidad del mercado					
Permanencia del mercado					
Demanda cíclica y estacional					
Número de clientes potenciales					
Tasa de crecimiento del mercado					
Conocimiento de la empresa en los mercados potenciales					
Compatibilidad con los productos actuales					
Disponibilidad de una organización de comercialización idónea					
Necesidades de desarrollo del mercado					
Tiempo requerido para afianzarse en el mercado					
Necesidad de variar y modificar el producto					
Dificultad para copiar o sustituir el producto					
Posibilidades en materia de expertos					
Posibilidad de un mercado cautivo					
Posibilidad de concesión de licencias					

Cuadro 2 (cont.)

	Muy satisfactorio	Satisfactorio	Regular	Insatisfactorio	Muy insatisfactorio
<u>Posición en la empresa</u>					
Relación con los objetivos de la empresa					
Dimensión requerida de la empresa					
Valor publicitario o prestigio					
Efecto en la compra de otros materiales					
Efecto en la clientela actual					
Motivación o entusiasmo de los departamentos operativos					
<u>Otros factores</u>					

Fuente: KIEFER, CHEM, ENG. NEWS, 23 de marzo de 1964, pág. 95.

Cuadro 3

CRITERIOS	PUNTAJACION			
	-2	-1	+1	+2
<b>Aspectos financieros</b>				
Rendimiento de la inversión (antes de impuestos)	< 20%	20% a 25%	25% a 30%	> 30%
Ventas anuales estimadas	< \$ 100.000	\$ 100.000 - \$ 1 millón	\$ 1 millón a \$ 5 millones	> \$ 5 millones
Amortización del nuevo capital fijo	> 5 años	3-5 años	2-3 años	< 2 años
Tiempo para alcanzar el volumen estimado de ventas	> 5 años	3-5 años	1-3 años	< 1 año
<b>Aspectos de investigación y desarrollo</b>				
Amortización de lo invertido en investigación	> 3 años	2-3 años	1-2 años	< 1 año
Amortización de lo invertido en desarrollo	> 3 años	2-3 años	1-2 años	< 1 año
Conocimientos técnicos en materia de investigación	Experiencia nula y ninguna otra aplicación	Parcialmente nuevos, pocas otras aplicaciones	Cierta experiencia o nuevas perspectivas	Experiencia o posibilidades considerables
Situación en materia de patente	Situación no definida.	Campo abierto y numerosas licencias	Sólo unas pocas licencias	Patente o licencia exclusiva
Necesidades de desarrollo del mercado	Programa educativo considerable	Educación apreciable del cliente	Educación moderada del cliente	Aceptación inmediata del cliente
Necesidades de promoción	Publicidad y promoción en gran escala	Necesidades importantes	Necesidades moderadas	Escasa necesidad de promoción
Competidores del producto	Varios productos directamente competitivos	Varios productos parcialmente competitivos	Uno o dos productos ligeramente competitivos	Ningún producto competitivo
Ventaja del producto	Mayor precio, calidad equivalente	Competitivo; o precio y calidad superiores	Precio competitivo, mejor calidad	Ventaja en precio y calidad
Vida del producto	Probablemente 1-3 años	Probablemente 3-5 años	Probablemente 5-10 años	Probablemente > 10 años
Demanda cíclica y estacional	Estacional y sujeta al ciclo comercial	Estacional	Sujeta al ciclo comercial	Gran estabilidad
<b>Aspectos técnicos y de producción</b>				
Dimensión de la empresa	Cualquier dimensión	La mayoría de empresas podrían ser competitivas	Empresas de dimensión media o mayores	Sólo una empresa muy grande
Materias primas	Suministro limitado de los proveedores	Disponibilidad limitada en la empresa	Disponibilidad inmediata en otra empresa	Disponibilidad inmediata en la empresa misma

<u>Aspectos técnicos y de producción (cont.)</u>				
Equipo	Necesidad de nueva planta	Equipo nuevo en su mayor parte	Equipo nuevo en parte	Planta recientemente inactiva utilizable
Familiaridad con el proceso	Nuevo proceso; ninguna otra aplicación	Parcialmente nuevo; pocas otras aplicaciones	Proceso familiar - algunos otros usuarios	Proceso de rutina y otras numerosas aplicaciones
<u>Aspectos relativos al producto y su comercialización</u>				
Similitud con las actuales líneas de producto	Tipo enteramente nuevo	Medianamente diferente	Sólo ligeramente diferente	Similitud perfecta
Efecto en los productos actuales	Substitución directa	Disminución de otras ventas	Leve efecto	Aumento de otras ventas
Posibilidad de comercialización con respecto a la clientela actual	Clientela enteramente diferente	Algunos clientes actuales	Mayoría de la clientela actual	Toda la clientela actual
Número de posibles clientes potenciales	Más de 500	Menos de 5; o de 1 a 500	De 5 a 10; o de 50 a 100	De 10 a 50
Idoneidad del personal de ventas actual	Necesidad de un grupo enteramente nuevo	Necesidad de algunos aumentos	Necesidad de escasos aumentos	No se necesitan modificaciones
Estabilidad del mercado	Mercado muy inestable	Inestable	Bastante firme	Muy estable
Tendencia del mercado	En baja	Estable, madura	En aumento	Nuevas posibilidades
Servicio técnico	Se requiere servicio técnico considerable	Moderado	Escaso	Insignificante

Fuente: HARRIS, CHEM. ENG. NEWS, 17 de abril de 1961, pág. 110.

Cuadro 4

Sector estudiado

---

Posibilidades de éxito

Excelentes	10
Escasas	2

Rendimiento de las inversiones:

De 0 a 0,1 año	20
De 0,41 a 0,8 años	11
De 3,21 a 6,4 años	2

Total de las utilidades realizadas en diez años:

1.500.001 - 5.000.000 dólares	10
120.001 - 420.000 "	6
10.000 - 35.000 "	2

Otros factores: 10

Suministro satisfactorio de materias primas	2-1
Costos de inversión bajos	2-1
Posibilidad de reducir los costos por concepto de licencias	2-1
Costos de investigación moderados	2-1
Mejoramiento de los productos	2-1

---

Total de puntos posibles 50

---

Factores que afectan a la verosimilitud del éxito técnico

FACTOR	DISTRIBUCIÓN DE LOS FACTORES				
	1	2	3	4	5
<u>Soviedad técnica</u> . Demostración de los principios técnicos  . Tecnología y conocimientos técnicos necesarios para una producción en gran escala  . Investigación competitiva	Principios aplicables pero no verificados	Principios demostrables teóricamente con datos básicos	Características de los componentes demostradas y conocimientos de base completos	Parcialmente en gran escala/totalmente en escala piloto	Principios ya incorporados en operaciones a gran escala, en la empresa u otra parte
<u>Especificaciones</u> . Especificaciones técnicas que respondan a las necesidades de funcionamiento durante la vida del proyecto/procedimiento  . Control de las especificaciones	Exigencias muy restrictivas	Exigencias difíciles de satisfacer	Se podrían satisfacer algunas exigencias	Algunas exigencias son fáciles de satisfacer	Ninguna exigencia restrictiva
<u>Libertad de enfoque</u> . Diversidad de enfoque posible	Solución única	Sólo una eventual solución diferente	Más de una eventual solución diferente	Una solución diferente satisfactoria	Varias soluciones
<u>Niveles de planificación del proyecto 1/</u> . Posibilidad de planificación anticipada	Ninguna planificación	Fecha de terminación probable y costo general aproximado	Examen intermedio, fecha de terminación y costos aproximados por etapa	Presentación de un plan por etapas, por ejemplo: gráfico de Gantt	Presentación de un plan completo de recursos/tiempo, por ejemplo: Pert
<u>Recursos 2/</u> . Equipo del proyecto  . Modalidades de financiación  . Financiación disponible 3/  . Servicios de información	Hay que desarrollar todo el equipo  Por suscripción, por ej.: entidades de investigación sobre ingresos variables incontrolables (limitada al costo mínimo)  Ningún servicio organizado de bibliotecas; servicios de investigación sin relación con los de producción y comercialización	Hay que desarrollar parte del equipo  Externa: precio de contrato fijo	Se debe comprar o alquilar la mayor parte del equipo  En parte interna, en parte externa (p. ej.: investigación en colaboración) Limitada al costo óptimo  Servicio de biblioteca; comunicaciones normales entre los servicios de investigación, producción y comercialización	Se dispone de la mayor parte del equipo; el resto se puede comprar o alquilar  Autofinanciación con límite fijo	Se dispone de todo el equipo  Autofinanciación sin límite  Sin límite efectivo  Se dispone de una base de datos completa en la empresa

Cuadro 5 (cont.)  
Factores que afectan a la verosimilitud del éxito técnico

FACTOR	FUERTUACION DE LOS FACTORES				
	1	2	3	4	5
<b>Recursos de personal</b>					
• Experiencia interna disponible en el sector del proyecto	Ninguna	Experiencia de algunos colaboradores	Algunas actividades de investigación realizadas en el pasado	Parte de las actividades actuales de la empresa	Actividades actuales a ese respecto
• Calidad del personal disponible con relación a los niveles de competencia requeridos	Sin datos	-	Personal competente pero sin experiencia	-	Personal experimentado y competente
• Actitud de los grupos de investigación respecto al éxito del proyecto	Apoyo reticente (factor invocado: no inventado en la empresa)	-	Indiferencia	-	Espereó por lograr el éxito
• Cantidad de personal disponible	Nula; se debe contratar a todo el personal	Personal insuficiente; se debe contratar a algunos colaboradores	Se dispone de personal sin experiencia que puede formar un equipo	Se dispone de personal con experiencia para formar un equipo	Equipo con experiencia disponible de inmediato

1/ El nivel de planificación evidentemente está en relación con la dimensión del proyecto.

2/ La expresión "hay que desarrollar" supone que el equipo es nuevo y que no se puede comprar ni alquilar; por ello, a veces no será posible desarrollarlo a tiempo.

3/ La especificación del costo forma parte del objetivo técnico.



80. Entre las decisiones sobre las prioridades en materia de investigación figuran las relativas a si debe realmente efectuarse una investigación, o bien si no sería más ventajoso, en vez de ello, importar o comprar know-how. Los países (y los institutos de investigación) no se hallan, por lo común, en condiciones de investigar sobre todos los problemas que se le plantean al país. En el proceso de selección no sólo hay que tener en cuenta los proyectos de investigación que se pueden llevar a cabo con las mejores probabilidades de éxito, sino que es preciso además dar respuesta a esta pregunta: ¿qué problemas pueden resolverse en condiciones favorables comprando licencias que den acceso al know-how deseado?

81. Generalmente, si la decisión se inclina por evitar una investigación independiente, seguirá siendo necesaria alguna investigación (aunque en mucho menor escala) sobre el método para adaptar el procedimiento o el producto a las condiciones nacionales y desarrollar ulteriormente el nivel técnico adquirido. Puede resultar un grave error comprar know-how y congelar la producción al nivel técnico introducido sobre esta base: con ello no se haría más que perpetuar el atraso. Junto con la adquisición de tecnologías avanzadas, la investigación nacional debe absorber sin pérdida de tiempo su contenido técnico y poner en marcha los trabajos sobre continuos perfeccionamientos en el futuro.

82. Sólo se puede considerar que la investigación nacional compite con la adquisición de conocimientos técnicos del exterior si los mismos fondos pueden libremente dedicarse a financiar la investigación o a comprar know-how extranjero. Si los respectivos tipos de financiación son independientes, sólo una institución o una persona con poder de decisión sobre ambos puede hacer una comparación eficaz entre ambas opciones, esta es, la investigación frente a la compra de know-how.

83. No basta con evaluar uno por uno los proyectos de investigación; es preciso además tener una estrategia general de asignación de los recursos dedicados a esta actividad. Uno de los componentes de esa estrategia es una política de personal que se ha de integrar en el conjunto de las necesidades particulares del país (región, etc.). La política de personal debe tender a conciliar cierto grado de estabilidad (que es útil para la investigación y el desarrollo), con una movilidad limitada (que garantiza una determinada renovación del personal, igualmente beneficiosa para mantener la eficiencia).

La asignación de recursos financieros debe justificarse a la luz de objetivos expresados por las industrias de los materiales de construcción.

2. Fortalecimiento de capacidades científicas y tecnológicas

84. Sería ilusorio analizar las prioridades en materia de investigación sin disponer de capacidades científicas y tecnológicas suficientes. Reforzar esas capacidades, es por consiguiente, en sí misma, una tarea de la más alta prioridad.

85. Este requisito ha sido investigado en muchas ocasiones, entre otras por la ONUDI; la Cuarta Conferencia General de la ONUDI (celebrada en Viena del 2 al 18 de agosto de 1984), estudió los progresos y tareas en esta esfera. A continuación se citan y resumen parte de las principales afirmaciones y recomendaciones sobre la cuestión y el correspondiente documento de antecedentes, los cuales, cabe suponerlo, son también plenamente válidos para las industrias de los materiales de construcción.

"El desfase de desarrollo tecnológico existente entre los países desarrollados y los países en desarrollo crea entre ambos grupos condiciones de desigualdad en las relaciones económicas internacionales. Los costos y las condiciones de la transferencia de tecnología son a menudo onerosos. Una selección inapropiada de tecnología no sólo es un despilfarro sino que podría afectar las bases del desarrollo industrial, económico y social. El fortalecimiento de las capacidades tecnológicas es requisito para la adquisición y la aplicación de tecnología importada y para el desarrollo de tecnología del país. El modo en que se aplica la tecnología afecta de manera crítica al proceso de desarrollo.

La mayoría de los países en desarrollo están bastante conscientes de la importancia de la tecnología para el desarrollo, pero prestan poca atención a la selección de tecnología en los planos microeconómico y macroeconómico. En el microeconómico, es decir, a nivel de empresa, la falta de información procesada y de capacidad de evaluación dificulta la selección. Además, los gobiernos sólo intervienen en ocasiones relativamente poco frecuentes con medidas políticas en la esfera industrial o de la importación, o con decisiones relativas a proyectos de gran envergadura. La selección entre todas las opciones existentes es obstaculizada también por factores como la inversión extranjera y la disponibilidad de facilidades de crédito de un país o proveedor de equipo. La inexistencia o la insolidaridad de servicios de consultoría y de equipos multidisciplinarios nacionales capacitados en la evaluación de tecnología crea un gran problema. Por consiguiente, la reforma de los centros de información industrial y tecnológica existentes y la promoción de servicios de consultoría no deberían considerarse como elementos generales de la infraestructura sino como factores clave de una mejor selección de tecnología para el país. La actual situación de la selección de tecnología y las dificultades inherentes al proceso serían argumento en pro del reconocimiento de su importancia en una amplia gama de políticas gubernamentales y en pro de una atenta selección, por lo menos en los proyectos importantes y estratégicos.

En el plano macroeconómico, es imprescindible evaluar, o al menos conocer las consecuencias sociales de tecnologías específicas y su contribución a determinadas necesidades de desarrollo, y es preciso que ello se refleje en decisiones deliberadas sobre la "mezcla tecnológica" que haya de adoptarse. La falta de un enfoque global respecto de la selección de tecnología ha repercutido en las pautas de industrialización y creación de empleo de los países en desarrollo.

La mayoría de los países en desarrollo han creado centros de investigación de varios tipos dedicados a un solo aspecto o a varios. Se han creado asimismo instituciones de educación científica y de investigaciones básicas. Las universidades de varios países han empezado a desempeñar un papel en el desarrollo de la tecnología nacional. En algunos países está prevista también la creación de parques científicos. Los gobiernos de varios países en desarrollo están fomentando la tecnología nacional mediante una serie de incentivos como concesiones fiscales, liberalización de los procedimientos de concesión de licencias, incentivos financieros y fondos especiales para apoyar la creatividad y la innovación nacional. En algunos países se ha modificado la legislación sobre patentes para suprimir las restricciones al desarrollo o la utilización de la tecnología. En general, la mayoría de las actividades de investigación y desarrollo corren a cargo de instituciones estatales, si bien en unos cuantos países en desarrollo se realizan a nivel de empresa o de industria. Hay también un pequeño número de países que insisten en la investigación y el desarrollo tecnológicos a nivel local como condición para la importación de tecnología. Asimismo, en algunos países se han establecido instituciones de normalización, experimentación y control de calidad, que forman parte de la infraestructura para el desarrollo tecnológico.

En lo que respecta a los adelantos tecnológicos en general, todos los países en desarrollo necesitan adoptar medidas tanto a corto como a largo plazo. Las medidas a corto plazo comprenderán la previsión y evaluación de las consecuencias socioeconómicas de los adelantos tecnológicos, una selección cuidadosa de las tecnologías y el equipo que se ha de importar y un fortalecimiento de la capacidad negociadora para su adquisición. Estas medidas son muy necesarias para no crear de antemano distorsiones irreversibles en la infraestructura industrial y tecnológica. Las medidas a largo plazo, que estarán encaminadas a fortalecer las capacidades tecnológicas, exigirán esfuerzos imaginativos para aplicar los adelantos tecnológicos a fin de mejorar el nivel de vida y elevar el nivel tecnológico general de la población. Estas medidas deben ser estratégicas y entrañar, en caso necesario, cambios estructurales en el desarrollo industrial y económico del país a la luz de sus objetivos de desarrollo.

Dada la diversidad de las condiciones imperantes en los países en desarrollo y la imposibilidad de prescribir normas uniformes, es posible que los países deban adoptar enfoques selectivos y diferenciados, y que cada país tenga que pronunciarse por sí mismo sobre los puntos de aplicación, el grado de penetración, la fuente de los insumos, las vinculaciones, los medios de aplicación, etc. No obstante, en una economía mundial interdependiente, es menester que todos los países cobren conciencia tecnológica. Cualquiera que sea el nivel de desarrollo, se requiere un nivel mínimo de competencia para hacer frente a las nuevas tecnologías

en horizontes cronológicos realistas y, a dicho efecto, establecer grupos nacionales eficaces.

Cada país ha de considerar en su propio contexto socioeconómico las consecuencias sociales de la introducción de una tecnología avanzada. Las opciones de la tecnología avanzada tienen que situarse dentro de la gama de opciones tecnológicas disponibles, desde la tradicional hasta la avanzada. Los países en desarrollo tal vez tendrán que adoptar y organizar un pluralismo tecnológico óptimo en función de los objetivos, problemas y limitaciones de cada país.

Para el decenio de 1980, se necesita un marco de acción nacional que integre las respuestas a los adelantos tecnológicos con las políticas o los esfuerzos tecnológicos presentes y, al mismo tiempo, subsanar las deficiencias de estos últimos. La creación de dicho marco debe considerarse como una de las responsabilidades más importantes de los gobiernos de los países en desarrollo durante dicho período.

¿Qué elementos pueden constituir un marco de acción? Para diseñar ese marco puede necesitarse un mecanismo de apoyo que podría consistir, como mínimo en una unidad interdisciplinaria de 6 a 12 profesionales que se mantuviera en estrecho contacto con las altas instancias ejecutivas. Deben aprovecharse los conocimientos técnicos de economistas, científicos, tecnólogos, científicos sociales, analistas de sistemas, banqueros, industriales, expertos en administración, etc.

Entre los factores que hay que considerar en la elaboración de ese marco figuran el mejoramiento de las tecnologías autóctonas; la integración de las políticas y medidas tecnológicas con los sectores industriales; el desarrollo de los recursos humanos; la estructuración y la gestión de la demanda; y la racionalización y el desarrollo de instituciones tecnológicas teniendo presentes su importancia, eficacia e interacción.

Un nuevo curso de acción para los países en desarrollo sería crear, individual o colectivamente, mecanismos apropiados para prever, vigilar y evaluar las tendencias tecnológicas y las consecuencias que entrañan para el desarrollo económico y social y formular, desarrollar y aplicar políticas para elevar al máximo el beneficio potencial de las nuevas tecnologías y evitar sus consecuencias negativas. Esa evaluación debe constituir un insumo importante de la planificación industrial, tecnológica y general del desarrollo y la formulación de políticas industriales, tecnológicas, comerciales y fiscales, así como en la adopción de decisiones sobre proyectos industriales. Esa información debe también utilizarse para determinar hasta qué punto las nuevas tecnologías pueden revitalizar el proceso de desarrollo en sectores críticos.

La necesidad de una mayor asignación de recursos para la ciencia y la tecnología en los países en desarrollo adquiere una mayor importancia con los nuevos adelantos tecnológicos. Hace aproximadamente diez años se sugirió que los países en desarrollo debían asignar por lo menos el 1% de su PNB a la investigación y el desarrollo. Se propone actualmente que traten de dedicar el 1,5% de su PNB para investigación y desarrollo en 1990 y alcancen un nivel mínimo del 2% en el año 2000.

86. Las citadas directrices son de carácter general y no deben considerarse específicas de la industria de los materiales de construcción, pero son desde luego plenamente válidas para este sector industrial.

3. Fortalecimiento de las instituciones de investigación sobre los materiales de construcción

87. En el capítulo 2 se ha hecho una descripción general de la investigación en las industrias de los materiales de construcción. En la sección 5.2 se ha esbozado una política general orientada a fortalecer las capacidades científicas y tecnológicas para el desarrollo industrial en los países en desarrollo. En la presente sección 5.3 se centra la atención en los problemas específicos de las instituciones de investigación sobre los materiales de construcción.

88. Contrariamente a lo que sucede en muchos otros subsectores industriales donde es la propia industria, privada o pública, la que lleva a cabo las investigaciones, en el de las industrias de la construcción y de los materiales de construcción, por lo general están a cargo de institutos públicos que existen incluso en los países desarrollados más liberales (como por ejemplo, los Estados Unidos y el Canadá). Ello obedece al carácter fragmentario de estas industrias. En todos los países hay un gran número de pequeños contratistas y fabricantes de materiales de construcción que deben hacer frente a problemas técnicos muy similares. Como no están en condiciones de organizar por separado las investigaciones necesarias para resolverlos, deben hacerlo los institutos centrales de investigación. Estos pueden estar patrocinados por la asociación de contratistas y fabricantes como sucede en el Reino Unido (CIRIA, TRADA, BSRIA, etc.), Francia (CEBTP), Bélgica (CSTC) y otros países. Estos institutos de investigación centralizados pueden ser, por ende, entidades públicas o semipúblicas. En los países con economía de planificación centralizada, por lo general los institutos de investigación son organizaciones estatales.

89. Las grandes empresas dedicadas a la fabricación de cemento, vidrio y ladrillos poseen los medios para sufragar la organización de las investigaciones en la propia entidad. Como norma general, se puede afirmar en primer lugar que siempre que la propia industria esté en condiciones de realizar las investigaciones, de la índole que sean, deberá hacerlo mientras que el Estado se limitará a intervenir sólo en los aspectos en que no quepa prever que la industria desarrollará una actividad eficaz y, en segundo lugar, que los

institutos de investigación, ya sean estatales o financiados por la propia industria, deberían recibir suficiente apoyo aunque haya que reajustar periódicamente su magnitud, habida cuenta de las necesidades.

90. Deberá velarse por que las investigaciones cuenten con el debido apoyo financiero; la industria debe sufragar todas las investigaciones directamente útiles para sus intereses y el gobierno sólo las que presenten un interés demasiado indirecto o distante. Ha de apoyarse la investigación en las universidades; muchos países consignan las experiencias positivas que han adquirido gracias a las vinculaciones de una u otra índole entre los institutos de investigación y las universidades.

91. En muchos países ha quedado demostrado que una solución eficaz consiste en asociar las investigaciones sobre los materiales de construcción y sobre la construcción en un mismo instituto, práctica que merece proseguir en el futuro, cuando proceda. Si por su naturaleza las actividades de investigación exigen una especialización elevada en distintas esferas, podrá recomendarse la creación de institutos diferentes. En tales casos, las investigaciones sobre los materiales de construcción inorgánicos (cemento, hormigón, ladrillos, etc.) y sobre los productos de maderas pueden emprenderse en dos institutos distintos.

92. Para determinar las prioridades en materia de investigación es imprescindible que exista previamente una estrategia general destinada a fomentar las industrias de los materiales de construcción. Sólo es posible definir esas prioridades después de haber determinado las metas cuantitativas y cualitativas que deberá alcanzar la industria en cuestión. Se realizarán evaluaciones sobre las posibilidades de desarrollo de las industrias existentes y las diferencias registradas entre las necesidades y las posibilidades deberán subsanarse mediante importaciones y/o inversiones de capital e investigaciones. Por consiguiente, la programación de las investigaciones está determinada por los planes de desarrollo económico que, a su vez, dependen de la investigación.

93. Las políticas de desarrollo de las industrias de los materiales de construcción están supeditadas a muchos factores, entre los cuales la investigación es sólo uno. La investigación en sí misma -incluso la que da resultados satisfactorios- no basta para formular políticas de desarrollo económico; por otra parte, deben existir mecanismos adecuados para que los investigadores también puedan contribuir, con sus opiniones, a esos procesos de

formulación de políticas. El desarrollo de estas instituciones requiere investigadores debidamente capacitados. Si bien los países en desarrollo han logrado adelantos considerables en materia de educación y capacitación, obviamente éste es un proceso continuo, que también en el futuro deberá ser objeto de suficiente apoyo.

4. Servicios de información y documentación, técnicos y consultivos

94. Ya se ha afirmado reiteradamente que son excepcionales los casos en que la investigación sobre los materiales de construcción en los países en desarrollo se presenta como investigación básica; en efecto, lo más frecuente es que se trate de investigación aplicada, desarrollo o adaptación técnica de los conocimientos existentes a las condiciones locales. Aunque más no sea por esta razón, revisten gran importancia la creación y el funcionamiento de centros de documentación y de servicios de información y consultoría técnica. Otro factor importante es el tamaño del país (su superficie y población), sus recursos financieros y las características de las industrias nacionales de la construcción y de los materiales de construcción. Muchos países son demasiado pequeños y carecen de suficientes recursos para crear y mantener institutos de investigación grandes y complejos. En muchos aspectos tienen que recurrir a investigaciones extranjeras, aunque, en tal caso, deben dotarse de "puertas" mediante las cuales esos conocimientos procedentes del exterior puedan llegar a adaptarse y aplicarse. Es esta la tarea que incumbe a los institutos de investigación sobre la construcción y a sus servicios de documentación.

95. En la esfera de los materiales de construcción es preciso dar cabida a la transferencia de los conocimientos adquiridos y a la aplicación de las conclusiones de la investigación. Los gobiernos y las instituciones competentes deben conceder la mayor prioridad a la elaboración de métodos apropiados a tal fin. Entre los múltiples instrumentos que pueden utilizarse para alcanzar el objetivo de la aplicación práctica figuran los proyectos de demostración, las exposiciones, los cursos de capacitación, los contratos y la cooperación con la industria, el apoyo financiero y moral, el fomento por conducto de los medios de comunicación y las publicaciones especializadas, los carteles, las ayudas audiovisuales, las proyecciones de diapositivas y de películas, los folletos y boletines. Algunos países, como por ejemplo la India, tienen experiencias positivas en este sentido. En otros (como, por ejemplo, algunos países de Africa) las experiencias son más bien negativas: se observa una tendencia a desconfiar de las innovaciones procedentes del exterior y a menudo

los esfuerzos por aplicar las conclusiones de las investigaciones terminan en un fracaso. Deben estudiarse minuciosamente esas experiencias negativas para determinar lo que es preciso cambiar con vistas a una ampliación práctica.

#### 5. Reglamentos y normalización

96. En varios países en desarrollo, las actividades normativas no datan de hace mucho tiempo. Algunos incluso aceptan las normas extranjeras (BSI, AFNOR, DIN, ANSI) simultáneamente a su adopción en el país de origen.

97. Para fomentar las industrias de los materiales de construcción es preciso que cada país tenga sus propias normas y códigos de construcción, labor que pueden preparar eficazmente los institutos de investigación (normalización y reglamentación previas), actividad altamente prioritaria para estas entidades. En lo que hace a la normalización y los reglamentos (códigos, ordenanzas), deben evitarse tres tipos de errores:

i) Que se redacten las normas y códigos sin tomar en consideración alguna los ya existentes en otros países y los formulados por las organizaciones internacionales (ISO). Ello podría obstaculizar las importaciones y exportaciones debido a las diferencias existentes entre las normas y los códigos respectivos;

ii) Que las normas y códigos sean meras copias de los ya existentes y que no presten la debida atención a las condiciones nacionales;

iii) Que se copien de las normas extranjeras los requisitos y rendimientos mínimos, sin prestar la debida atención a las condiciones locales. De resultas de este error puede suceder que el precio de la construcción aumente innecesariamente o que el proyecto y la construcción de los edificios no respeten esas normas pero sí tomen en cuenta a la realidad nacional o local.

#### 6. Cooperación internacional

98. La cooperación internacional es beneficiosa para los institutos de investigación, ya se encuentren en países desarrollados o en países en desarrollo. No obstante, en estos últimos presenta ciertas características peculiares. Todas las instituciones de investigación, grandes o pequeñas, ricas o pobres, contribuyen a acrecentar el caudal de conocimientos. Pese a ello, obviamente, habrá de transcurrir algún tiempo hasta que los institutos nuevos, pequeños o dotados de equipo insuficiente estén en condiciones de obtener resultados importantes. Su aportación total puede ser considerable y, evidentemente, aumentará progresivamente.



99. Algunos grandes países en desarrollo (la China, la India, el Brasil, etc.) estarán en condiciones de sufragar investigaciones en gran escala sobre los materiales de construcción y, en consecuencia, al cabo de un tiempo, aumentará la participación de los países en desarrollo en las investigaciones mundiales sobre los materiales de construcción. En las regiones donde existen muchos países pequeños o de tamaño medio, los centros subregionales de investigación o documentación pueden potenciar la eficiencia en este campo.

100. La cooperación entre las instituciones de investigación puede ser bilateral o multilateral y, en el segundo caso, subregional, regional o mundial. Estas distintas formas no están en pugna entre ellas sino que son complementarias. Las organizaciones del sistema de las Naciones Unidas (la ONUDI, la UNESCO, Hábitat, las Comisiones Económicas Regionales de las Naciones Unidas) y otras organizaciones intergubernamentales fomentan la cooperación internacional.

101. Es importante que los propios institutos de investigación estén en condiciones de cooperar entre sí, lo que, una vez más puede tener un carácter bilateral o multilateral. La participación en la labor de las organizaciones internacionales no gubernamentales (ONG) de carácter profesional es sumamente importante para los institutos de investigación y su personal. En efecto, les da acceso a informaciones sobre un caudal de experiencias adquiridas en el extranjero que puede fortalecer considerablemente la eficiencia de sus propias investigaciones. Las dos organizaciones más importantes y más complejas en esta esfera son el CIB y la RILEM; algunas otras (que se ocupan del hormigón, la madera, etc.) tienen un alcance más restringido, pero, precisamente por ello, pueden ser importantes para los investigadores que se dedican a estas esferas.

102. Los gobiernos deberían velar por que los institutos de investigación sobre los materiales de construcción y sus investigadores estén en condiciones de participar de manera adecuada en la cooperación internacional. Las organizaciones internacionales (la ISO, el CIB, la RILEM, el CEB) deben crear fondos para ayudar a las instituciones de investigación sobre los materiales de construcción y sus investigadores a tomar parte en la cooperación internacional (mediante subsidios de viajes, becas, el suministro gratuito de ejemplares de las publicaciones, la financiación de otros gastos, etc.).

## VI. RESUMEN - CONCLUSIONES

103. Cabe prever con un grado suficiente de certeza que durante los próximos decenios aumentarán las necesidades de materiales de construcción de los países en desarrollo. Hay que esforzarse porque el mayor porcentaje posible de la población continúe utilizando materiales locales, pero el crecimiento de la población y el inevitable proceso de urbanización incrementarán sustancialmente la demanda. Los recursos locales están disminuyendo en algunas zonas y será necesario utilizar mejor aquello de que se dispone. Habrá que proporcionar materiales de construcción a más y más familias. El desarrollo de la industria, las ciudades y las aldeas aumentará la demanda de materiales de construcción.

104. Ningún país puede depender en exceso de las importaciones de materiales de construcción. Cada país tiene ciertos tipos de recursos propios que pueden emplearse para la producción de materiales de construcción. Esta producción debe desarrollarse tanto en los subsectores informal (no monetarios) como en el formal (monetario). Se necesitan inversiones de capital privado y público para alcanzar niveles superiores en la producción de materiales de construcción.

105. Entre los principales factores que pueden contribuir a este proceso figuran la investigación y el desarrollo técnico. Tanto el Estado como los sectores privados deben dedicar suficiente atención a la investigación para las industrias de los materiales de construcción y la industria de la construcción. La investigación debe estar adecuadamente organizada conforme a las características (tamaño, etc.) del país y resultará eficiente en la medida en que se seleccionen correctamente sus objetivos. Es preciso definir prioridades en materia de investigación a fin de alcanzar una eficiencia óptima.

106. La selección de las prioridades en materia de investigación debe tener en cuenta ciertas tendencias generales (incremento de la durabilidad, etc.), así como las condiciones internas (locales). La investigación debe orientarse hacia la determinación de los campos en los que la investigación promete los mayores beneficios y aquellos en los que las importaciones o la obtención de licencias (compra de know-how) pueden constituir la opción más eficaz.

107. La investigación sobre los materiales de construcción y la industria de la construcción debería efectuarse en prácticamente todos los países, sin que ello diese como resultado tendencias hacia una investigación autárquica. La eficiencia de la investigación puede aumentarse mucho mediante la cooperación internacional. Esta última puede adoptar muchas formas, por lo que es preciso utilizar apropiadamente las diferentes posibilidades.

APENDICES

- Apéndice 1: Lista selectiva de 130 instituciones de ámbito predominantemente nacional, por contraste con el internacional, y que se dedican a la investigación sobre los materiales de construcción
- Apéndice 2: Bibliografía selecta
- Apéndice 3: Páginas escogidas extraídas de volúmenes sobre "Methods for the Evaluation of R+D Projects", publicados por la Asociación Europea de Gestión de las Investigaciones Industriales

Apéndice 1

Lista selectiva de 130 instituciones de ámbito predominantemente nacional, por contraste con el internacional, que se dedican a la investigación sobre los materiales de construcción.

El número de instituciones que llevan a cabo investigaciones sobre los materiales de construcción es grande y llega de hecho a varios centenares. La presente es una lista selectiva limitada a 130 instituciones. Se enumeran sólo instituciones que despliegan actividades de investigación y cuya actuación abarca esencialmente el país donde radican, en lugar de tener dimensiones internacionales. Para otras instituciones se remite a las siguientes publicaciones:

1. Guías de Fuentes de Información de la ONUDI (publicadas por las Naciones Unidas/ONUDI, Nueva York, en forma de una serie de folletos). Las más pertinentes a los materiales de construcción son:

No. 2 - Cement and Concrete Industry  
No. 9 - Building Boards from Wood and other Fibrous Materials  
No. 16 - Glass Industry  
No. 17 - Ceramics Industry

El control de calidad está estrechamente vinculado con la investigación; a él se refiere:

No. 6 - Industrial Quality Control

2. Directory of Building Research, Information and Development Organizations; preparado y editado por el Consejo Internacional de Investigaciones, Estudios y Documentación sobre la Industria de la Construcción, CIB; la cuarta edición (publicada en 1979) contiene información detallada sobre más de seiscientos institutos. La quinta edición se publicará hacia fines de 1984.
3. The World of Learning (Europa Publications Ltd., Londres); se trata de una guía de las universidades y organizaciones científicas.

AFRICA

<u>Argelia</u>	Institut National d'Etudes et de Recherches en Bâtiment (INERBA), Argel (recientemente reorganizado)
<u>Benín</u>	Centre National d'Essais et de Recherches des Travaux Publics, Cotonou
<u>Camerún</u>	Ecole Polytechnique; Yaoundé
<u>Congo</u>	Laboratoire Nationale d'Essais et des Travaux Publics, Brazzaville
<u>Costa de Marfil</u>	Laboratoire du Bâtiment et des Travaux Publics, Abidján
<u>Egipto</u>	Organización General para la Investigación sobre la Vivienda, la Construcción y la Planificación, El Cairo

<u>Etiopía</u>	Universidad de Addis Abeba, Addis Abeba
<u>Ghana</u>	. Building and Road Research Institute, Kumasi; . Forest Products Research Institute, Kumasi
<u>Kenya</u>	. Building Research Centre, Nairobi; . University of Nairobi, Nairobi
<u>Libia</u>	Universidad de Al-Fatel, Trípoli
<u>Marruecos</u>	Laboratoire Public d'Essais et d'Etudes, Rabat
<u>Nigeria</u>	. Forestry Research Institute, Ibadán . University of Lagos, Lagos . University of Ife, Ile-Ife . Ahmadu Bello University, Zaria . College of Technology, Owerri
<u>Somalia</u>	Universidad Nacional Somalí, Mogadishu
<u>Sudán</u>	Building and Road Research Institute, Jartum
<u>Tanzanía</u>	. National Housing and Building Research Unit, Dar-es-Salam . University of Dar-es-Salam, Dar-es-Salam
<u>Togo</u>	Centre de la Construction et du Logement, Lomé
<u>Túnez</u>	Ecole Nationale d'Ingénieurs, Túnez
<u>Uganda</u>	Technical College, Kampala
<u>Zaire</u>	Universidad de Lubumbashi, Lubumbashi
<u>Zambia</u>	Forest Products Research Division, Kitwe
<u>ASIA</u> ( <u>incluida la región del Pacífico</u> )	
<u>Bangladesh</u>	Housing and Building Research Institute, Dacca
<u>Corea</u>	. Oficina de Desarrollo Técnico, Seúl . Instituto Coreano de Tecnología de la Construcción, Seúl
<u>China</u>	. Centro de Desarrollo de la Tecnología de la Construcción de China, Beijing . Instituto de Investigaciones sobre las Ciencias de la Construcción de Shangai, Shangai . Instituto de Investigaciones de los Materiales de Construcción, Beijing . Instituto del Vidrio y la Cerámica Fina de Beijing, Beijing . Instituto de Información y Normalización para los Materiales de Construcción, Beijing

- Filipinas
- . Cement Institute of the Philippines, Manila
  - . Instituto de Investigación y Desarrollo de Productos Forestales, Laguna
- India
- . Central Building Research Institute, Roorkee
  - . National Buildings Organisation, Nueva Delhi
  - . The Structural Engineering Research Centre, Madrás
  - . Cement Research Institute of India, Nueva Delhi
  - . Indian Institute of Technology, Kanpur
- Indonesia
- . Dirección de Investigaciones sobre la Construcción y Centro Regional de las Naciones Unidas para la Investigación sobre los Asentamientos Humanos, Bandung
  - . Centro para la Investigación y el Desarrollo, Yakarta
  - . Instituto de Investigaciones sobre la Cerámica, Bandung
- Irán
- Centro de Investigaciones sobre la Construcción y la Vivienda, Teherán
- Iraq
- Centro Nacional de Laboratorios de la Construcción, Bagdad
- Israel
- Technion, Instituto de Tecnología de Israel; Estación de Investigaciones sobre la Construcción, Haifa
- Japón
- Laboratorio Central de Investigaciones de la Onoda Cement Co. Ltd., Tokio
- Jordania
- . Centro de Investigaciones sobre la Construcción, Amán
  - . Universidad Yarmuk, Irbid
- Malasia
- Universidad Pertanian Malaysia Serdang, Selangor
- Nueva Zelandia
- Forest Research Institute, Rotorua
- Pakistán
- . Building Research Station, Karachi
  - . Building Research Station, Lahore
- Sri Lanka
- Building Research Institute, Colombo
- Tailandia
- . Instituto Tailandés de Investigación Científica y Tecnológica, Bangkok
  - . Instituto Asiático de Tecnología, Bangkok
- Turquía
- . Instituto de Investigaciones sobre la Construcción, Ankara
  - . Universidad Técnica, Estambul
  - . Universidad Técnica del Oriente Medio, Ankara
- LAS AMERICAS  
(incluida la región del Caribe)
- Argentina
- . Instituto del Cemento Portland Argentino, Buenos Aires
  - . Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Buenos Aires

- Brasil
- . Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado, São Paulo
  - . Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, Minas Gerais
- Colombia Instituto Colombiano de Productores de Cemento, Bogotá
- Cuba Centro Técnico de la Construcción y los Materiales, La Habana
- Chile Instituto de Investigaciones y Ensayos de Materiales, Santiago de Chile
- Ecuador Instituto de Investigaciones Tecnológicas, Quito
- Estados Unidos de América
- . National Bureau of Standards, Centre for Building Technology, Washington, D.C.
  - . Martin Marietta Laboratories, Baltimore, Maryland
  - . University of Washington, Seattle, Washington
  - . Purdue University, Lafayette, Indiana
  - . Northwestern University, Evanston, Illinois
  - . University of Illinois, Champaign, Illinois
  - . Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts
  - . University of California, Berkeley, California
  - . Glass Research Center, Pittsburgh, Pennsylvania
- Guatemala Centro de Investigaciones de Ingeniería, Guatemala
- Jamaica Building Research Institute, Kingston
- México Instituto Mexicano del Cemento y del Comercio, México, D.F.
- Panamá Facultad de Arquitectura de la Universidad de Panamá, Panamá
- Paraguay Instituto Paraguayo del Cemento, Asunción del Paraguay
- Uruguay Instituto Técnico de Desarrollo Integrado, Montevideo
- Venezuela
- . Instituto Nacional de la Vivienda, Caracas
  - . Asociación Venezolana de Productores de Cemento, Caracas

EUROPA

- Alemania, República Federal de
- . Forschungsinstitut der Deutschen Zementindustrie, Düsseldorf
  - . Organismo para Cooperación Técnica (GTZ), Eschborn
  - . Instituto de Estudios Internacionales sobre la Vivienda, la Planificación y la Construcción, Darmstadt
  - . Universidad Técnica de Braunschweig, Braunschweig
  - . Universidad Técnica de Stuttgart, Stuttgart
  - . Universidad Técnica de Karlsruhe, Karlsruhe



- Bélgica
- . Centro para Posgraduados sobre los Asentamientos Humanos, Lovaina
  - . Universidad de Mons, Mons
  - . Centre Technique et Scientifique de l'Industrie Belge du Verre, Bruselas
- Bulgaria
- Instituto de Investigaciones y Construcción para el Vidrio y la Cerámica, Sofía
- Checoslovaquia
- . Instituto de Investigaciones sobre los Materiales de Construcción, Brno
  - . Instituto de Investigaciones sobre el Vidrio, Praga
  - . Instituto de Investigaciones sobre la Cerámica, Plzen
- Francia
- . Centre d'Etude et de Recherche de l'Industrie des Liants Hydrauliques (CERILH), París
  - . Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), París
  - . Centre Expérimental de Recherches et d'Etudes du Bâtiment et des Travaux Publics (CEBTP), París Saint-Rémy-les-Chevreuses
  - . Groupe de Recherche et D'Echanges Technologiques (GRET), París
  - . REXCOOP, París
  - . Laboratoires de Recherches LaFarge, Trappes
  - . Centre Technique des Tuiles et Briques, París
  - . Centre Technique du Bois et de l'Ameublement (CTB), París
  - . Centre d'Etude et de Recherches de l'Industrie du Béton Manufacturé (CERIB), Epernon
- Hungría
- Instituto Central de Investigaciones y Diseño para la Industria de los Silicatos (SZIKKTI), Budapest
- Italia
- Politecnico di Milano, Milán
- Noruega
- . Instituto Noruego de Investigaciones sobre la Construcción, Oslo-Blindern
  - . Instituto de Investigaciones sobre el Cemento y el Hormigón, Trondheim
- Países Bajos
- TNO-Instituto para Materiales y Estructuras de la Construcción, Rijswijk
- . Universidad de Tecnología, Eindhoven
  - . Universidad de Tecnología, Delft
- Polonia
- . Instituto de Investigaciones sobre la Industria de la Construcción y los Materiales Aglutinantes, Opole
  - . Instituto de la Industria del Vidrio y la Cerámica, Varsovia
- Reino Unido
- . Building Research Establishment (BRE), Garston
  - . Cement and Concrete Association, Wexham Springs
  - . Timber Research and Development Association (TRADA) High Wycombe, Buckinghamshire
  - . British Ceramic Research Association, Stoke-on-Trent

- República Democrática . Zementinstitut der VVB Zement und Beton, Dessau  
Alemana . Institut für Baustoffe, Berlín  
 . Institut für Bau- und Grobkeramik, Berlín
- Suecia . Instituto Sueco de Investigaciones sobre el Cemento y  
 el Hormigón, Estocolmo  
 . Real Instituto de Tecnología, Estocolmo  
 . Universidad de Lund, Lund
- Suiza Centro Suizo para la Tecnología Apropiada (SKAT),  
 Saint-Gall
- Unión de Repúblicas . Instituto Estatal de Investigaciones Científicas de  
Socialistas la Unión para la Industria del Cemento, Leningrado  
Soviéticas . Instituto de Investigaciones Científicas sobre la  
 Piedra y los Silicatos, Yerevan

Apéndice 2

Bibliografía selecta

Existen bibliografías que constan de varios centenares de títulos. La presente bibliografía se circunscribe a ciertas publicaciones recientes en forma de antologías y a las publicaciones que han sido utilizadas directamente para la preparación de esta monografía y cuyo estudio puede recomendarse firmemente a los que tienen la tarea de determinar prioridades en materia de investigación en las industrias de los materiales de construcción.

- Las Guías de Fuentes de Información de la ONUDI (véase el Apéndice 1) contienen datos sobre fuentes de información en las industrias de los materiales de construcción.
- Economical housing in developing countries: materials, construction techniques, components (Actas de una conferencia internacional celebrada en París, 25 a 27 de enero de 1983; Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 344 páginas);
- Appropriate Building Materials for Low Cost Housing in the African Region (Actas de un simposio conjunto CIB-RILEM celebrado en Nairobi, noviembre de 1983; E. y F.N. Spon, Londres 1983, 524 páginas).
- Methods for the Evaluation of R+D Projects
  - Volumen I - Project Evaluation and Review (EIRMA, París 1970, 96 páginas)
  - Volumen II - Estimation of Cash Flow Curves and Associated Parameters under Uncertainty (EIRMA, París 1973, 56 páginas)
  - Volumen III - Organisation of the R+D Project Evaluation Function (EIRMA), París 1973, 30 páginas)
  - Volumen IV - Choice of Selection Criteria in Relation to Company Objectives (EIRMA, París 1973, 50 páginas)
  - Volumen V - Credibility of Technical Success, its Definition, Estimation and Utilisation (EIRMA, París 1973, 36 páginas)
  - Volumen VI - Portfolio Selection in Research and Development (EIRMA, París 1976, 92 páginas)
  - Volumen VII - Credibility of Commercial Success: Its Definition, Estimation and Integration with Credibility of Technical Success (EIRMA, París)
- The Allocation of Research Resources (Asociación Europea de Gestión de las Investigaciones Industriales = EIRMA, París 1975, 72 páginas)
- Measurement, Accounting and Taxation for Research and Development. Volume and Support of Construction R+D (by Prof. Dr. Gy. Sebestyén, CIB; Rotterdam 1983, 29 páginas)

- Hannah Schreckenbach (+ Jackson G.K. Abankwa): Construction Technology for a Tropical Developing Country (Editado por GTZ, Organismo para Cooperación Técnica de la República Federal de Alemania, 338 páginas)
- First World-Wide Study of the Wood and Wood Processing Industries (No. 2 de la Serie de Estudios Sectoriales de la ONUDI, UNIDO/IS.398, 1983, 195 páginas)
- Fortalecimiento de capacidades científicas y tecnológicas para la industrialización de los países en desarrollo (documentos de debate y de antecedentes de la ONUDI preparados para la Cuarta Conferencia General de la ONUDI, 2 a 18 de agosto de 1984, 13 y 65 páginas, respectivamente)
- Promoting the use of wood in construction (UNIDO IC/WG.395/2, by Mr. M. Tejada; 25 de mayo de 1983, 50 páginas)
- G.C. Mathur: Use of Local Timber for Low-Cost Housing and Building. Problems and Potentials (CIB Working Paper, 1984, 17 páginas)
- Low-Cost & Energy Saving Construction Materials (Ed.: K. Chavamy and H.Y. Fang; ENVO Publishing Co., 1984, 640 páginas)
- New Horizons in Construction Materials (ED.: H.Y. Fang; ENVO Publishing Co.; 2 volúmenes 682 + 152 páginas; 1984)
- Report of the Meeting of Directors of African Building and Building Materials Research Institutes (Comisión Económica de las Naciones Unidas para Africa, 1980; Doc. E/CN.14/HUS/140)
- Anil Agarwal: Mud, mud (IIED - Earthscan Publication, 1981; 100 páginas)
- R. Stulz: Appropriate Building Materials (SKAT publication, St. Gallen, Suiza, 1981; 325 páginas)
- Brickmaking in developing countries (BRE Report, 1979, 90 páginas)
- J. Keddie, W. Cleghorn: Brick manufacture in developing countries (Scottish Academic Press Ltd., 1980; 134 páginas)
- H.E. Gram, H. Persson, A. Skarendahl: Natural Fibre Concrete (SAREC Report, 1984; 139 páginas)
- J.J.A. Janssen: Bamboo in building structures (University of Eindhoven, 1981; 235 páginas)

### Apéndice 3

Páginas escogidas extraídas de volúmenes sobre métodos de evaluación de proyectos de I+D ("Methods for the Evaluation of R+D Projects") editados por la Asociación Europea de Gestión de las Investigaciones Industriales (EIRMA).

#### INTRODUCCION

Cuando se evalúa una propuesta de proyecto de investigación y desarrollo, se plantean tres preguntas principales:

- a) ¿Cuánto costará?
- b) ¿Qué valor tienen los resultados de un desarrollo fructífero?
- c) ¿Qué probabilidades de éxito tiene el proyecto?

Se han elaborado y ensayado muchos métodos de cuantificar las respuestas a las preguntas a) y b), y de combinar los aspectos de costos e incentivos de un proyecto de I+D de forma que puedan compararse distintos proyectos y seleccionar los más prometedores.\*

No obstante, la respuesta a la pregunta c) se da a menudo de manera sumamente subjetiva, por ejemplo, preguntando al que propone el proyecto que "calcule la probabilidad de éxito", o cuando el evaluador del proyecto "corroborra sus presentimientos", a tenor de su experiencia sobre análogas propuestas de proyecto. Al tratar de responder a la pregunta c) objetivamente, hay que tener en cuenta dos esferas principales de incertidumbre:

1. ¿Alcanzará el proyecto el nivel de éxito necesario para justificar su comercialización, y se logrará este nivel de éxito técnico dentro del costo y el plazo estimados en el proyecto para la terminación de la labor de I+D?
2. ¿Rendirá la comercialización de los resultados técnicos previstos de esta propuesta los beneficios citados como justificación de los gastos en I+D, y se obtendrán estos beneficios dentro del costo y del plazo estimados en la propuesta de proyecto para alcanzar el nivel necesario de actividad comercial?

En lo que se refiere a la persona que propone el proyecto, las respuestas a cada una de estas preguntas deben ser "afirmativas a su leal saber y entender", pues de lo contrario no hubiese presentado su propuesta en la forma actual. Lo que debe hacer el evaluador de proyectos para responder a la pregunta c) es calcular la probabilidad de que las previsiones del que propone el proyecto sean correctas.

La expresión que se ha escogido para presentar el resultado de esta estimación es "verosimilitud de éxito", y las distintas preguntas que se indican supra en 1) y 2) dejan claro que la verosimilitud de éxito puede subdividirse en:

- Verosimilitud de éxito técnico
- Verosimilitud de éxito comercial

---

\* Grupo de Trabajo No. VI de la EIRMA, Volumen II: "Determination of Cash-Flow Curves and Associated Parameters under Uncertainty".

## RESUMEN

La verosimilitud de éxito de una propuesta de I+D consta de dos componentes principales:

- Verosimilitud de éxito técnico
- Verosimilitud de éxito comercial

El volumen V contiene una definición de verosimilitud de éxito técnico y expone un método recomendado para su estimación, expresión y utilización. Se define la verosimilitud de éxito técnico como sigue:

"El grado de confianza que el evaluador del proyecto posee en el hecho de que se logre el éxito técnico."

Es preciso determinar cuidadosamente las esferas de trabajo que abarca la expresión "éxito técnico", y definir los criterios de éxito lo más cuantitativamente posible. Teniendo en cuenta lo anterior, el éxito técnico de un proyecto de I+D se define del siguiente modo:

"La obtención de un resultado predeterminado, a un costo predeterminado y en un plazo predeterminado."

La verosimilitud de éxito es una expresión que no se aplica fácilmente a proyectos de índole exploratoria o de investigación fundamental. Se aplica principalmente a los proyectos para los que existe una clara aplicación comercial.

La verosimilitud de éxito técnico se calcula calificando los efectos de todos los factores que contribuyen al éxito o al fracaso técnico de un proyecto. En el apéndice se ilustran procedimientos para estimar, expresar y utilizar la verosimilitud de éxito técnico mediante el uso de un ejemplo hipotético. He aquí el procedimiento recomendado:

- Deben calificarse los factores independientes que afectan a la verosimilitud de éxito técnico con arreglo a una escala descriptiva.
- Cada empresa debe desarrollar los valores descriptivos de cada factor para que se ajusten a sus propias necesidades concretas.
- Debe darse a los factores una calificación en una escala ascendente desde un valor desfavorable de 1 a otro valor superior. Se recomienda una escala de 1 a 5.
- Las calificaciones numéricas de cada factor deben expresarse en forma gráfica. En el gráfico deben indicarse valores predeterminados correspondientes a cada calificación para indicar el momento en que cualquier factor descienda a un nivel que se considera inaceptable.
- Debe estudiarse la expresión gráfica de las calificaciones de los factores para identificar los que queden por debajo de niveles admisibles. Deberán examinarse cuidadosamente los factores que sean dudosos para determinar si la preparación complementaria por parte del que propone el proyecto o la reordenación de los recursos de la compañía pueden mejorar las calificaciones a un nivel aceptable. Posteriormente, debe considerarse la calificación total y adoptarse una decisión razonada sobre la viabilidad técnica de la propuesta.

- Siempre que la propuesta sea aceptable a tenor de un examen de la presentación gráfica de las calificaciones, se deberá usar al comparar proyectos el valor global correspondiente a la verosimilitud de éxito como medida de la probabilidad del éxito del proyecto.
- No se recomienda el empleo directo del valor numérico de la verosimilitud de éxito técnico para calcular algún índice de selección global, a menos que se proceda a ello con suma cautela. Es preferible que el valor numérico de la verosimilitud de éxito técnico se utilice solamente para efectuar comparaciones entre proyectos en competencia en función de la probabilidad de que cada uno de ellos vaya a tener éxito técnico.

Otras esferas de aplicación de la información obtenida al determinar la verosimilitud de éxito técnico son los exámenes de la marcha de proyectos y la obtención de una visión de conjunto de las actividades de investigación y la asignación de recursos. No se han estudiado todavía en detalle estas últimas aplicaciones.

## RESEÑA DE LOS METODOS EXISTENTES

### Consideraciones generales

Existen numerosas publicaciones sobre los posibles métodos para evaluar los proyectos de investigación y desarrollo y, más especialmente, para seleccionarlos y someterlos a revisiones periódicas. En el presente informe nos hemos centrado esencialmente en los métodos que puedan revestir interés para las empresas industriales, pero aún así ha sido imposible analizar exhaustivamente la documentación disponible. En la bibliografía figura una breve selección de documentos de referencias y, más particularmente, de artículos de revistas. En el presente capítulo se ha procurado reseñar brevemente las características más descolantes de los distintos métodos propuestos y examinarlos críticamente, haciendo especial hincapié en los tipos de criterios utilizados para la selección.

En términos generales, los métodos presentados en esas publicaciones pueden dividirse en dos categorías generales:

- Métodos de calificación en los que se hace una apreciación subjetiva sobre cada uno de los factores que se consideran pertinentes para la evaluación. Muy a menudo, se asocian esas calificaciones en una suma o producto ponderado para llegar a un coeficiente de calidad global.
- Métodos centrados en la rentabilidad en los que se determina una función de "utilidad" más o menos específica con objeto de medir el atractivo financiero del proyecto.

### Métodos de calificación

Todos los métodos de calificación se basan esencialmente en una lista-guía más o menos exhaustiva de los diversos factores que se considera necesario tomar en cuenta para evaluar un proyecto.

En las publicaciones pertinentes puede encontrarse una diversidad casi infinita de listas-guía de este tipo; las hay desde las muy breves que no incluyen más que unos seis factores hasta otras, mucho más largas, que pueden comprender más de 50. En este último caso, los distintos factores conexos

suelen agruparse en clases o familias como, por ejemplo, los factores técnicos, los relativos a la fabricación, la comercialización, los financieros, etc. No obstante, en muchos casos esas categorías parecen relativamente arbitrarias.

#### Calificación de los factores

Después de haber establecido una lista-guía apropiada se formula una apreciación subjetiva sobre cada uno de sus factores. En la mayoría de los métodos, las calificaciones de cada factor se agrupan en torno a una escala de categorías que por lo general no comprende más de cinco posiciones. Pueden expresarse de modo meramente cualitativo, así por ejemplo, en una escala de cinco posiciones éstas serán: muy bueno, bueno, medio, malo, muy malo. De lo contrario, se puede atribuir una cifra arbitraria a cada posición de la escala; las escalas correspondientes a los distintos factores no tienen por qué ser las mismas. En la escala puede haber diferentes números de posiciones y/o distintas cifras asociadas a las posiciones correspondientes; del mismo modo, los incrementos entre las sucesivas posiciones de una escala no tienen por qué ser iguales. En algunos casos se utiliza una escala continua en lugar de otra con un número discreto de posiciones.

En la mayoría de los ejemplos que se encuentran en las publicaciones, las escalas se establecen en dos fases. Se fija para cada factor una escala "intrínseca" que da los valores relativos de las distintas posiciones de la escala correspondientes a un factor, considerado individualmente. La importancia relativa que ha de asignarse a los diversos factores se evalúa luego mediante el peso relativo atribuido a las distintas escalas. En muchos de esos métodos se emplean las mismas escalas para los distintos factores y en general, aunque no siempre, incrementos idénticos entre las posiciones. Cuando los factores individuales se agrupan en familias, la asignación de esos pesos relativos suele ser progresiva. Así pues, se atribuyen a cada factor del grupo una nota y un peso relativo que se asocian ulteriormente para determinar la calificación del grupo. Sucesivamente, se van asignando pesos relativos a los grupos y con la suma de todos ellos se obtiene la calificación general. Habitualmente el peso atribuido a los factores o grupos de factores se basa en una escala cardinal normalizada como la suma de los pesos relativos que, por ejemplo, puede ser 100.

#### Evaluación general

Se han propuesto diversos métodos para obtener una apreciación general del valor de un proyecto a partir de la calificación de los distintos factores. Con ese fin, se suele optar por dos posiciones extremas: o bien no se intenta combinar las calificaciones y la decisión se funda en la evaluación de un "perfil" de las calificaciones individuales o bien todas las calificaciones se reducen a una sola cifra que por lo general es una suma o producto ponderado de todos los factores.

La principal ventaja del método del perfil radica en su presentación gráfica que permite observar simultáneamente las calificaciones comparadas de un gran número de factores. Por tanto, a menudo se lo recomienda para la selección preliminar de los proyectos propuestos. No obstante, resulta poco útil para explicar los criterios reales utilizados para tomar la decisión. Si bien a veces su utilización se justifica por su aparente sencillez, ello es en gran parte ilusorio ya que para emplear un perfil efectivamente, las



calificaciones de los distintos factores deben determinarse tan cuidadosamente como para incorporarlos a cualquier otro tipo de criterio compuesto. La determinación de la calificación de los factores es un aspecto importante de la aplicación de los métodos de calificación.

#### Problemas de la determinación de las escalas de calificación y los pesos relativos

El establecimiento de las escalas y los pesos relativos de los distintos factores entraña una serie de juicios de valor que es trabajoso explicitar en el caso de cada proyecto. Si no se hace con mucho detenimiento, las calificaciones bien pueden transformarse en una expresión incomprensible -o lo que es aún peor, mal comprendida- de las intenciones de su autor. Desgraciadamente, las publicaciones no son demasiado elocuentes sobre el tema de las dificultades con que se puede tropezar a este respecto. En escasísimas oportunidades se han abordado los efectos que puede tener en la evaluación el recurso a distintos tipos de escalas para atribuir calificaciones y peso relativos e incluso la mejor manera de elegir el coeficiente de calidad compuesto que se empleará en última instancia. Parecería haberse acordado tácitamente que, en cierta medida, la suma ponderada es una opción natural e inevitable. En relativamente pocos casos se ha propuesto un producto ponderado, método que no parece considerarse favorable, probablemente porque es más fácil sumar que multiplicar. En cualquier caso, no se explica por qué se escoge uno u otro método.

Es importante tener presente que todo coeficiente utilizado para evaluar un proyecto es en realidad una función de "utilidad" escogida para representar el atractivo del proyecto para la empresa. Por su propia estructura, la forma elegida para expresar esa cifra revela inevitablemente ciertas preferencias. Sería más conveniente presentarlas explícitamente y no adoptarlas implícitamente escogiendo una forma matemática determinada. Así, por ejemplo, en comparación con una multiplicación, si se utiliza como criterio una suma, se favorecen los valores extremos ( $2+9 > 4+5$  pero  $2 \times 9 < 4 \times 5$ ); además, el criterio resultante de una multiplicación equivale al resultante de una suma con escalas logarítmicas. Por consiguiente, habría que proceder con relativa cautela respecto de los coeficientes de calidad sencillos propuestos en muchos métodos de calificación. En general, debido a su aparente "claridad" ha parecido innecesario analizar su significado y no se entiende en absoluto qué supuestos tácitos ocultan. Así pues, habría que procurar aclarar qué escalas y criterios se han escogido en los métodos de calificación.

#### Ventajas e inconvenientes de los métodos de calificación

Dado que, en principio, los métodos de calificación están expresamente destinados a evaluar los proyectos por orden de calidad, no se adaptan bien a la función consistente en suministrar informaciones sobre sus valores intrínsecos. Esta limitación es grave cuando se trata de seleccionar proyectos puesto que implica tácitamente que todos los proyectos sometidos a una evaluación son, en sí, empresas dignas de acometerse. Aunque quizá así sea en última instancia, en general sería preferible contar con cierta certeza. Además, en ausencia de toda indicación sobre el valor intrínseco es difícil determinar si unos recursos limitados llevan necesariamente a desechar proyectos valiosos. Evidentemente, se puede tratar de superar esta dificultad definiendo umbrales de aceptación para los valores del coeficiente de calidad compuesto utilizado. Habitualmente no queda en absoluto claro cómo hacerlo y, una vez más las publicaciones pertinentes guardan silencio sobre el tema; en

el mejor de los casos, se cita el coeficiente correspondiente a un sistema determinado en un contexto determinado sin indicar cómo se eligió, lo que vuelve a plantear el problema de la pertinencia del coeficiente utilizado y a destacar la importancia que reviste estudiar este aspecto más a fondo.

En general, en los métodos de calificación, ni se procura tomar en consideración la incertidumbre inherente a las calificaciones y pesos relativos estimados. En un ejemplo aislado citado en una de las publicaciones, en lugar de atribuir una sola calificación a un factor, se otorga cierta credibilidad a cada uno de sus posibles valores y se considera que ese valor estimado es la calificación aceptada de ese factor. Este procedimiento parece erróneo. Aparte del problema de la validez de la utilización de valores estimados en este contexto, es inútil introducir la incertidumbre en los factores individuales a no ser que ello permita llegar a una serie de valores correspondientes al coeficiente final de calidad. El único procedimiento de esta índole absolutamente realista sería recurrir a una técnica de simulación del tipo resumido en todas las publicaciones para obtener distintos valores posibles del coeficiente y su correlativa credibilidad. No disponemos de ningún ejemplo sobre tal procedimiento y, probablemente, su aplicación resultaría muy ardua.

Otro problema asociado con el empleo de los métodos de calificación estriba en que, si bien los factores financieros se incluyen en las listas-guía, las magnitudes reales no se consignan en las calificaciones y por ende pueden perderse de vista. Obviamente ello también obedece a la falta de pertinencia financiera directa del coeficiente de calidad.

La principal ventaja de los métodos de calificación reside en la utilización sistemática de una lista-guía que obliga a considerar explícitamente todos los factores seleccionados. Ello no sólo impide las apreciaciones accidentales y los juicios superficiales sino que, además, facilita considerablemente el proceso conducente a un consenso entre los diversos sectores de la empresa que participan en la evaluación del proyecto.

#### Métodos centrados en la rentabilidad

Con arreglo a estos métodos, la evaluación se basa en una función definida de utilidad económica que se presume expresa el grado en que el proyecto es financieramente favorable para la empresa.

Ha de aclararse desde ya que aún no se ha definido ninguna función global de utilidad y que la mayoría de los métodos propuestos se presentan como una fórmula para establecer un índice de calidad que normalmente sólo toma en consideración un aspecto particular de las consecuencias económicas que podrá tener la ejecución del proyecto.

