

NACIONES UNIDAS

**COMISION ECONOMICA
PARA AMERICA LATINA
Y EL CARIBE - CEPAL**



Distr.
LIMITADA
LC/L.360
5 de noviembre de 1985
ORIGINAL: ESPAÑOL



LA INDUSTRIA DEL CEMENTO EN LA REGION LATINOAMERICANA Y DEL
CARIBE: EVOLUCION, SITUACION ACTUAL Y PERSPECTIVAS DEL
DESARROLLO TECNOLOGICO

INDICE

	<u>Página</u>
1. Consideraciones generales	1
2. Características de la industria del cemento latinoamericano	1
3. Los procesos básicos de la producción de cemento: el proceso húmedo y el proceso seco	2
4. Tecnologías utilizadas en la industria del cemento en la región	4
a) Procesos y equipos empleados en la fabricación de cemento	4
b) Automatización y control de calidad	7
c) La eficiencia técnica en la utilización de los recursos productivos para la producción de cemento	8
d) Grado de utilización de la capacidad instalada	9
e) Las economías de escala	9
Notas	13
Anexo - CLASIFICACION DE LOS EQUIPOS DE UNA PLANTA DE CEMENTO PORTLAND DE 1 700 TONELADAS DIARIAS	15



900012577 - BIBLIOTECA CEPAL

1. Consideraciones generales

El desarrollo tecnológico de la industria del cemento en la región ha sido objeto de una mayor atención en los últimos años, como lo demuestran algunos estudios recientes dedicados al tema. Dichos informes, de naturaleza cuantitativa, han basado su análisis en el examen de las diferencias de productividad observadas entre las plantas latinoamericanas y otras extrarregionales, en el supuesto de que existen distintas funciones de producción. En el mismo contexto, han considerado la difusión de las innovaciones tecnológicas llevadas a cabo en el sector.

En relación con la productividad, cabe afirmar que la cantidad de cemento que se puede elaborar con determinadas disponibilidades de trabajo, maquinaria y otros recursos productivos depende del estado de desarrollo tecnológico de esta rama industrial. Por tanto, el avance tecnológico en el sector exige determinados rendimientos de los factores productivos, los que a su vez dependen de la competencia técnica con que se manejan las plantas productoras de cemento.

Cabe advertir que, al evaluar tecnológicamente la industria del cemento en la región sólo sobre la base de criterios cuantitativos, como los mencionados anteriormente, se omiten otras consideraciones importantes, como las del papel del Estado en el desarrollo del sector, que sería necesario analizar. A este respecto, merece destacarse el efecto que generalmente tienen las políticas gubernamentales sobre el empleo de los recursos productivos: al respecto pueden mencionarse específicamente la política laboral, la de promoción industrial, la tributaria, la de promoción estatal directa, la de crédito industrial, la de comercio exterior y las que afectan al tipo de cambio. Por otra parte, dadas las altas tasas de desocupación en los países de la región, las políticas adoptadas para el empleo de mano de obra son de fundamental importancia, por sus consecuencias sociales directas.

Sin embargo, el análisis de todas estas políticas constituye un tema complejo que por sí solo justificaría un estudio dedicado expresamente a la materia. Además, en general no se aplican sólo a la industria del cemento, sino a todo el sector industrial, en lo referente a recursos productivos y tecnología. Por esta razón, para los propósitos inmediatos de este trabajo y dados los antecedentes disponibles por ahora, el presente informe examinará el desarrollo tecnológico de la industria del cemento en la región, solamente en función de criterios técnicos cuantitativos.

2. Características de la industria del cemento latinoamericano

En la actualidad, la industria del cemento en la región es un receptor activo del cambio tecnológico proveniente del sector productor de bienes de capital destinados a este rubro.

Si bien utiliza tecnologías en su mayor parte importadas desde fuera de la región, no lo hace en forma pasiva. En muchos casos, tiene real capacidad para seleccionar los procesos técnicos, para administrar sus propias inversiones, para adiestrar a su personal en el funcionamiento de nuevos sistemas y para negociar con los proveedores de equipos. En este sentido, el sector adquiere tecnologías con el objetivo permanente de conseguir una óptima combinación técnica que sea compatible con su base tecnológica, su mercado y su estrategia de crecimiento.

/En América

En América Latina y el Caribe se encuentran actualmente en funcionamiento aproximadamente unas 170 plantas productoras de cemento. De ellas, 150 están instaladas en países miembros de la Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI) y del Mercado Común Centroamericano (MCCA). En cuanto a las 20 restantes, 13 se encuentran en los países del Caribe de habla española (entre ellas 7 en Cuba) y 7 en Suriname y el resto del Caribe.

La producción conjunta de cemento de 22 países de América Latina y el Caribe alcanzó en 1977 58 millones de toneladas, y aumentó a 75 millones de toneladas en 1981, lo que representa una tasa media de crecimiento anual de 6.6% en este período. (Véase el cuadro 1.) Cabe señalar que casi un 70% de esta producción, durante todo el lapso mencionado, corresponde sólo a tres países: Argentina, Brasil y México. Otras proporciones de cierta importancia dentro del total son las de Colombia, Cuba, Chile, Ecuador, Perú y Venezuela, cuyas producciones, en general, aumentan sostenidamente en esos años. Sin embargo, la tendencia se interrumpe en 1982 en los 22 países considerados, principalmente como un efecto de la situación recesiva de las economías: la disminución es general, con excepción de Colombia, Ecuador, México, Perú y Venezuela. En el período 1979-1982 cabe destacar los mayores crecimientos de México (8.1%), Perú (5.4%) y Venezuela (7.8%).

La industria latinoamericana del cemento presenta una marcada concentración de la propiedad industrial. Al respecto, puede señalarse que, de acuerdo con la información disponible, en Brasil son solamente tres los grupos empresariales que controlan la mitad de la producción nacional. En México, tres grupos disponen de dos tercios de la capacidad instalada del país y, en Colombia, unas pocas empresas del rubro son propietarias de una proporción considerable del capital de otras. Lo mismo se observa en Argentina y Venezuela, donde aparentemente el fenómeno se ha producido debido a que las empresas pioneras han impulsado el desarrollo de nuevas empresas en el sector. En el resto de los países latinoamericanos, la concentración probablemente responde al reducido tamaño de los mercados nacionales, sólo suficientes para unas pocas plantas.

En América Latina, la industria del cemento está en su mayor parte en poder de propietarios nacionales independientes, aunque todavía existen filiales de empresas transnacionales, como en Argentina, Chile, Uruguay (en este último caso, se trata de inversiones que datan de comienzos de siglo). Al menos en Argentina y Uruguay, las empresas transnacionales no tienen una participación importante en el sector. En México, la inversión extranjera en este rubro industrial correspondió solamente a un tercio de la capacidad instalada total en el país, y está sujeta a controles gubernamentales.

3. Los procesos básicos de la producción de cemento: el proceso húmedo y el proceso seco

En la actualidad, aunque se fabrican otras variedades, el cemento comúnmente conocido como tal en América Latina es el "cemento Portland", producido artificialmente mediante la cocción a elevada temperatura de una mezcla de caliza y arcilla. El cemento artificial así obtenido ha adoptado universalmente dicho nombre por cuanto el primer cemento producido de esta manera se obtuvo en Portland, Inglaterra. Su fabricación se inicia con la trituración de la caliza y la arcilla provenientes de

Cuadro 1

AMERICA LATINA Y EL CARIBE: PRODUCCION DE CEMENTO, 1977-1982

(Miles de toneladas)

País	1977	1978	1979	1980	1981	1982
Argentina <u>a/</u>	5 929.9	6 144.0	6 612.0	7 128.0	6 912.0	5 818.2
Bolivia	267.1	257.2	250.7	318.2	369.5	341.1
Brasil <u>b/</u>	20 545.1	22 348.4	23 683.2	27 194.0	26 052.0	25 434.0
Colombia	3 297.5	4 152.5	4 256.7	4 355.8	4 459.4	4 720.8
Costa Rica	406.0	490.0	528.0	554.0	500.0	...
Cuba	2 656.0	2 712.0	2 612.8	2 830.8	3 292.2	3 163.0
Chile	1 140.0	1 203.0	1 357.0	1 583.0	1 862.8	1 131.5
Ecuador	645.0	1 057.9	1 075.8	1 112.4	1 369.4	2 004.0
El Salvador	376.0	532.4	587.5	502.6	500.0	...
Guatemala	491.0	515.0	574.0	569.0	568.0	...
Haití	268.0	253.5	233.6	243.2	240.7	206.0
Honduras	183.9	274.3	288.4	307.2	310.9	...
Jamaica	333.2	293.6	225.4	144.0	156.0	...
México	13 097.0	13 922.0	15 144.0	16 398.0	18 173.0	19 361.0
Nicaragua	226.0	195.0	86.0	154.0	100.0	...
Panamá	271.0	300.0	466.0	499.0	599.0	...
Paraguay	199.7	166.0	154.5	176.7	156.1	111.2
Perú	1 970.0	2 047.1	2 427.5	2 758.0	2 552.0	2 567.0
República Dominicana	874.9	866.8	886.0	1 014.9	951.9	948.5
Trinidad y Tabago	214.7	223.5	217.7	186.2	139.3	189.2
Uruguay	682.5	686.6	702.3	700.5	611.0	551.0
Venezuela	3 742.0	4 107.0	3 973.0	4 843.5	4 876.0	5 432.0
<u>Total</u>	<u>57 816.5</u>	<u>62 747.8</u>	<u>66 342.1</u>	<u>73 573.0</u>	<u>74 751.2</u>	...

Fuente: CEPAL, Anuario Estadístico de América Latina, 1983.

a/ Incluye cemento Portland (blanco y natural).

b/ Incluye cemento Portland (blanco, alto horno y puzolánico).

masas o bloques de roca, que son reducidos a trozos no superiores a los 10 cm. Puesto que es necesario obtener una mezcla homogénea de los componentes (caliza y arcilla), estos trozos pueden triturarse en seco, lo cual exige un secado previo o simultáneo (procedimiento seco), o diluirse y pulverizarse, según su dureza, en agua (procedimiento húmedo). En seguida, la mezcla, previamente dosificada, homogeneizada y reducida a granos de un tamaño inferior a la décima de milímetro, se cuece a una temperatura del orden de 1 450°C para asegurar la combinación integral de la cal con la sílice y de la alúmina con el óxido de hierro.

La cocción o calcinación mencionada se efectúa generalmente en grandes hornos rotatorios, que superan a veces los 150 metros de longitud y los 4 metros de diámetro, cuya capacidad de producción es de aproximadamente 1 000 a 1 500 toneladas diarias. El material calcinado, llamado "clinker", se enfría y se muele, junto con una pequeña cantidad de yeso para regularizar el fraguado, con lo que se obtiene finalmente el cemento Portland.

Además de los dos procesos básicos arriba descritos (seco y húmedo), existen otros como el semiseco y el semihúmedo, que no son más que variaciones de los primeros.

4. Tecnologías utilizadas en la industria del cemento en la región

a) Procesos y equipos empleados en la fabricación de cemento

La principal característica del proceso húmedo es que las materias primas provenientes de las canteras se trituran y mezclan con agua, y la pasta resultante contiene entre 30% y 40% de esta última. El agua es luego eliminada calentando dicha pasta en el horno hasta que sus materiales componentes quedan calcinados. La principal desventaja de este método es su alto consumo de combustibles, que aumenta sustancialmente el costo unitario de fabricación.

A diferencia del anterior, el proceso seco presenta la ventaja de consumir menos combustibles, debido a la ausencia de agua en la mezcla de materias primas. En consecuencia, las principales innovaciones tecnológicas recientes de la industria del cemento corresponden a este método.

En América Latina, las plantas productoras de cemento utilizaron en sus inicios el proceso húmedo, y posteriormente el seco. Ambos métodos productivos se usan simultáneamente en la región en la actualidad; todavía hay un número considerable de plantas antiguas que utilizan el proceso húmedo, no obstante su mayor consumo energético. El método seco se ha ido generalizando en la construcción de nuevas plantas, ya que su consumo es de 800 kilocalorías por kilogramo de clinker, contra 1 500 kilocalorías en el proceso húmedo. Dado el aumento de precios de los combustibles derivados del petróleo a partir de 1974, el método húmedo ha perdido virtualmente su viabilidad económica. Un 90% de la capacidad instalada total de producción de cemento regional utiliza fuel-oil y en algunos casos gas natural u otros derivados del petróleo. Actualmente, su reemplazo por carbón es materia de estudio en algunos países latinoamericanos, por la significativa participación de la industria del cemento en el consumo energético nacional y por las posibilidades tecnológicas de sustitución que ahora existen.

A pesar de la desventajosa situación actual del proceso húmedo en materia de costos de producción, aún permanecen en operación, como ya se dijo, una cantidad importante de instalaciones de este carácter. Se supone al respecto que las plantas en cuestión son demasiado antiguas como para justificar nuevas inversiones en ellas, y que se ha preferido, en la medida de lo posible, reemplazarlas por instalaciones íntegramente nuevas, que además permiten la ampliación sucesiva de sus capacidades iniciales. Cabe señalar que las plantas de proceso húmedo constituyen actualmente un 25% de la capacidad instalada de la región.

A continuación se hará una reseña de la maquinaria y equipos utilizados en cada una de las distintas etapas de fabricación del cemento Portland correspondientes al proceso seco, el único económicamente factible en la actualidad:

<u>Etapas del proceso</u>	<u>Maquinaria y equipo utilizados</u>
1) Extracción de materias primas desde las canteras (arcilla, calcáreas)	Excavadoras o cargadoras mecánicas
2) Trituración de las materias primas	Trituradoras cónicas o molinos de martillos
3) Prehomogeneización	Empiladora y recogedora
4) Molienda de crudos	Molino de bolas o molino vertical
5) Calcinación y clinkerización	Horno rotatorio solo u horno rotatorio con instalación de precalentamiento u horno rotatorio con instalación de precalentamiento y precalcínación
6) Enfriamiento del clinker	Enfriador de parrilla o enfriador de satélites
7) Molienda de clinker y yeso	Molino de bolas
8) Ensacado y despacho	Instalación de empaque e instalación de carga a granel.

Entre los equipos arriba mencionados, los que más se destacan por su tamaño y su función específica son el horno rotatorio, los molinos de bolas y las trituradoras de materias primas.

Casi todos los nuevos hornos rotatorios cuentan en la actualidad con precalentadores de suspensión, y muchos de ellos tienen además instalaciones de precalcínación. Estas modificaciones han mejorado su eficiencia térmica, con la consiguiente reducción de la inversión por tonelada diaria de capacidad productiva. También se ha logrado aumentar la capacidad de las líneas de hornos ya existentes, especialmente de las que usan el método seco, mediante la instalación de un segundo conjunto de precalentadores y de un ducto de aire de combustión terciario. Este aire sólo puede ser captado con enfriadores de clinker de tipo parrilla o tambor.

El tamaño óptimo de un horno en la actualidad es probablemente el de un diámetro de 4.8 m a 5.20 m, con una correspondiente capacidad máxima de 4 600 a 5 300 toneladas de clinker por día al nivel del mar. A este respecto, merece señalarse que la operación de hornos de mayor diámetro presenta problemas en el revestimiento de los refractarios; esto reduce la cantidad de hornos en servicio y la consiguiente producción anual programada.

Los fabricantes han normalizado el diámetro de los hornos, el que aumenta en el caso de algunas firmas en tramos de 20 cm. Así, para obtener una capacidad máxima de producción de 5 300 toneladas por día, el diámetro del horno deberá ser de 5.2 m. Además, deberá estar dotado de precalentadores y de un dispositivo de precalcificación con ducto de aire de combustión terciario.

El horno rotatorio se construye actualmente de acuerdo con un diseño que mantiene las proporciones de largo a diámetro entre 13:1 y 15:1. La razón mayor corresponde a hornos de combustión a carbón, y la menor, a los que utilizan fuel oil.

Finalmente, en lo que a hornos se refiere, cabe agregar que la expansión de la capacidad instalada en esta rama industrial, a través de plantas nuevas o ampliación de las existentes, se realiza fundamentalmente mediante las líneas de hornos. Este último concepto incluye un horno rotatorio y todos los demás equipos necesarios para la transformación de las materias primas en cemento.

Los molinos de bolas se emplean en la molienda de clinker y yeso, y asimismo en la de los crudos y el carbón. Son equipos pesados de gran potencia, de hasta 12 000 KW, aunque son más comunes los de hasta 5 000 KW de potencia instalada. Funcionan tanto en circuito abierto como cerrado, alternativa que depende del tipo de materiales de carga, del producto de la molienda deseado y de otros factores. El sistema de circuito cerrado necesita instalar además separadores dinámicos para la evacuación de los finos del circuito.

Una clasificación estructural de estos equipos distingue entre molinos de una, dos y tres cámaras o etapas. Los molinos de crudo pueden estar provistos además de una cámara especial para el secado de la carga.

Las trituradoras se usan principalmente para reducir los bloques de roca extraídos de los yacimientos hasta un tamaño compatible con el tratamiento que reciben en los molinos de bolas o verticales. Las trituradoras que se emplean en esta industria corresponden a los tipos de mandíbulas, cónicas, de martillos, de impacto y rotativas. También hay otros tipos de trituradoras, como la que se utiliza a veces a la salida del horno rotatorio para la reducción de los nódulos de clinker de mayor tamaño, y la que se instala en algunas ocasiones en la planta receptora de yeso. La trituración generalmente se efectúa en una o dos etapas, tanto en los yacimientos de materias primas como en la fábrica de cemento, o en ambos lugares.

Además de los equipos de mayor tamaño ya mencionados arriba, existen también otros que desempeñan funciones auxiliares, tales como motores eléctricos de gran potencia y reductores de velocidad y accionamientos de corona y piñón.

/Otros equipos

Otros equipos auxiliares cuyo uso se está extendiendo en la industria del cemento son los filtros y otros equipos depuradores, para prevenir la contaminación ambiental por los gases de humo. La instalación de dichos equipos es actualmente exigida por las medidas legislativas de protección al medio ambiente de numerosos países latinoamericanos. De acuerdo con informaciones de proveedores de bienes de capital para esta industria, los filtros mencionados representan aproximadamente un 5% del valor total de la maquinaria y equipo de una planta.

Una lista detallada de los equipos utilizados en una planta típica de 560 000 toneladas anuales, así como sus pesos respectivos, se presentaren el anexo.

Finalmente, merece señalarse que el tipo de equipo que se emplea en las operaciones básicas depende fundamentalmente de las propiedades de las materias primas disponibles y de las especificaciones del producto final.

b) Automatización y control de calidad

La industria latinoamericana del cemento presenta actualmente una creciente automatización, principalmente en los mayores países productores, como Argentina, Brasil y México. Este proceso no ha sido homogéneo en toda la región, puesto que los sistemas de control de procesos de las plantas productoras de cemento son bastante dispares. En efecto, en América Latina subsiste toda una gama de equipos de control de procesos, desde los más anticuados (en términos de nuevas inversiones solamente, ya que son plenamente operativos en la actualidad) hasta los más complejos y modernos, en algunas ocasiones muy superiores al promedio internacional. Esta disparidad también se manifiesta en la capacidad técnica y en la habilidad para la innovación local de las diferentes empresas del cemento.

En el estricto sentido de la palabra, la automatización implica solamente un control de procesos dotado de retroalimentación por computadoras, que permite introducir en el programa variaciones, información nueva y análisis en curso, y hacer correcciones durante el proceso. En este caso, el sistema es integral, capaz de controlar automáticamente el proceso completo de producción, desde la etapa de extracción desde las canteras hasta el empaque y distribución del cemento. Al respecto, merece destacarse que algunas plantas latinoamericanas están dotadas de este sistema integral; otras solamente disponen en mayor o menor grado de controles automáticos sin retroalimentación. Estas últimas generalmente cuentan con equipos tales como análisis de rayos X (para examinar la composición química de las materias primas y materiales en proceso, y por lo tanto, controlar la calidad), espectrómetros (para analizar el oxígeno y el combustible suministrados a los hornos y maximizar la combustión), monitores de televisión de circuito cerrado (en algunas plantas, en todas las fases de la producción; en otras, sólo en algunas). Algunas de estas plantas realizan el muestreo de control de calidad manualmente en un laboratorio; en otras, éste se lleva a cabo automáticamente.

En síntesis, podría afirmarse que en la mayoría de las fábricas hay alguna forma de control automático de la producción, lo cual implica que desde un tablero de control se transmiten instrucciones a las máquinas y equipos pertinentes en las operaciones de trituración, calcinación, enfriamiento, etc., y que desde el mismo tablero puede controlarse el funcionamiento normal en términos de combustible, energía, flujo de materiales, etc.

/c) La

c) La eficiencia técnica en la utilización de los recursos productivos para la producción de cemento

Los parámetros técnicos para efectuar una evaluación de la eficiencia midiendo la utilización de cada uno de los factores productivos en la fabricación de cemento, son sólo parcialmente conocidos. Hay dificultades para obtener los datos pertinentes, según se indica en las fuentes documentales del presente trabajo.

Entre los parámetros disponibles en el ámbito de las innovaciones tecnológicas, el ahorro de combustibles parece ser el más destacado sobre todo a partir de 1974, debido al alza de precios del petróleo.

Al respecto, cabe señalar que a fines de 1979 el 90% de la capacidad instalada de la industria latinoamericana del cemento utilizaba combustibles como el fuel-oil y el gas natural y, en algunos casos, otros derivados del petróleo. Las excepciones eran países como Chile y Colombia, que ya estaban sustituyendo este tipo de combustibles por carbón, con el que cuentan en abundancia. Brasil, por su parte, actualmente desarrolla un programa nacional de sustitución de hidrocarburos por carbón en la industria del cemento. Con ello, refleja la tendencia tecnológica general que se manifiesta en la actualidad.

Los consumos promedios de combustibles por tipo de proceso empleado (según ya se dijo, de 800 k.cal/kg clinker para el método seco, y de 1 500 k.cal/kg clinker para el húmedo) ponen en evidencia la notable diferencia entre ambos métodos en este aspecto. La necesidad de ahorrar en los costos de producción por concepto de combustibles, adoptando la alternativa del proceso seco, ha determinado la virtual obsolescencia económica del otro método, en lo que respecta a proyectos nuevos. Esta situación no ha impedido que continúe en América Latina el funcionamiento de una gran cantidad de plantas de proceso húmedo.

Los consumos reales de combustibles observados alrededor de 1975 en plantas de cemento de Argentina y México 1/ exceden en alguna medida los consumos tipo para nuevas plantas arriba mencionados. Estas diferencias no parecen demasiado significativas si se considera además que se trata de equipos con cierto grado de depreciación y, en algunos casos, de plantas transformadas de proceso húmedo a seco.

La productividad de la mano de obra observada en las plantas argentinas y mexicanas, parece inferior a la de plantas de los Estados Unidos, por ejemplo, para las que se dispone de datos. En este último país, se estimaba que se requerían entre 0.35 a 0.75 horas-hombre por tonelada de cemento producida, según el tipo y tamaño de la planta. En México, se requerían en cambio entre 0.70 y 1.38 horas-hombre por tonelada de cemento, y en Argentina, cuya disparidad tecnológica es mayor, la cifra era de 1.20 a 5.00 horas-hombre por tonelada. Estas diferencias de productividad se deben, probablemente, a los aumentos en la escala de producción, a la automatización y a las innovaciones técnicas en los Estados Unidos en los últimos años. Por otra parte, todavía funcionan en América Latina numerosas plantas de proceso húmedo, que utilizan más mano de obra que el método seco. Al respecto cabe señalar que, para la preparación de pasta, el proceso seco emplea menos mano de obra que el húmedo en proporción de 2:1, y que la proporción es de 1.75:1 a 2.35:1, en general, para las distintas fases de la producción de cemento (el cálculo sólo incluye los departamentos productivos).

/d) Grado

d) Grado de utilización de la capacidad instalada

La capacidad instalada de la industria del cemento en 19 países latinoamericanos (los miembros de la ALADI y del MCCA, más Cuba, Panamá y República Dominicana) totalizaba 83 millones de toneladas anuales en 1979. (Véase el cuadro 2.) De ellas, 53 millones de toneladas anuales correspondían a Argentina, Brasil y México; es decir, estos países aportaban un 64% del total, y el Brasil, por sí solo, una tercera parte. Según datos más recientes,^{2/} los 16 países que integran la ALADI y el MCCA alcanzaron en 1980 una capacidad total de aproximadamente 77 millones de toneladas de producción anual de cemento Portland; la significación de las otras variedades es escasa.

Respecto del grado de utilización de la capacidad instalada latinoamericana se observa que es bastante variable según los países considerados: en 1979 y 1980 fluctuaba entre 72% y 99% en los distintos países, sin considerar los centroamericanos, cuyas cifras eran bastante inferiores. En el caso particular del Brasil, se ha observado en los últimos 10 años que el grado promedio de utilización de su capacidad instalada total ha sido de 95%.

Las cifras anteriores deben ser consideradas con ciertas reservas, puesto que aparentemente los criterios de medición han sido diferentes en los distintos países latinoamericanos.

e) Las economías de escala

La información disponible, proveniente tanto de estudios publicados como de la investigación empírica, revela una sostenida tendencia al aumento de las escalas de producción en la industria del cemento a través del tiempo. Esto no sólo se aprecia en términos del tamaño de las plantas, sino también en las capacidades individuales de los hornos. Es importante señalar esta diferenciación: al utilizar el concepto tamaño de planta y medirlo con una determinada cifra de capacidad teórica, podría quedar oculta una enorme variación en los tamaños de los hornos. De hecho, de las capacidades de los hornos individualmente considerados, dependerá la eficiencia técnica de su funcionamiento, y por consiguiente el nivel de los costos unitarios. Es frecuente en América Latina que haya grandes plantas resultantes de una expansión continua, a las que se han ido agregando horno tras horno de tamaños y características técnicas distintas.

Con las salvedades del caso, los estudios efectuados en los últimos años sobre la materia han demostrado la existencia de las economías de escala en la industria del cemento, tanto en términos de costos por toneladas de capacidad instalada como de costos unitarios de producción. (Véanse los cuadros 3 y 4.)

Por otra parte, merece destacarse que el aumento de las escalas de producción de cemento ha sido una de las tres principales innovaciones técnicas de los últimos años, además del ahorro en el consumo de combustibles y la automatización y computadorización de las plantas.

Cuadro 2

AMERICA LATINA: CAPACIDAD INSTALADA DE LA INDUSTRIA DEL CEMENTO
POR PAISES, 1979

País	Capacidad instalada (miles de toneladas anuales)	Participación relativa (%)
Argentina	8 855	10.7
Bolivia	610	0.7
Brasil	27 945	33.7
Colombia	5 470	6.6
Costa Rica	1 050	1.3
Cuba	6 996	7.2
Chile	1 750	2.1
Ecuador	1 484	1.8
El Salvador	562	0.7
Guatemala	886	1.1
Honduras	400	0.5
México	16 629	20.1
Nicaragua	320	0.4
Panamá	600	0.7
Paraguay	216	0.3
Perú	3 170	3.8
República Dominicana	1 523	1.8
Uruguay	786	0.9
Venezuela	4 612	5.6
<u>Total</u>	<u>82 864</u>	<u>100.0</u>

Fuente: E/CEPAL/L.292: "La demanda de maquinaria y equipo de la industria latinoamericana del cemento".

Cuadro 3

ESTIMACIONES DEL COSTO POR TONELADA DE CAPACIDAD INSTALADA

Capacidad en toneladas por año	Costo en dólares corrientes por tonelada de capacidad instalada		
	1960	1970	1976 a/
30 000		168	
50 000		116	
100 000	120	80	
200 000	100		
250 000		60	
300 000			
400 000	83		
500 000	80	55	
550 000			103
600 000			
1 000 000	56	42	
1 100 000			78

Fuente: BID/CEPAL/CIID/PNUD, Programa de Investigaciones sobre Desarrollo Científico y Tecnológico en América Latina, Monografía de trabajo N° 9, cuadro 2.

a/ Entre los principales factores que han causado el aumento del precio por tonelada de capacidad instalada, cabe señalar el efecto de la cuadruplicación del precio de los hidrocarburos en 1973 sobre el precio de los equipos, el alza de las tasas de interés, la desvalorización del dólar y la generalización de la automatización de procesos.

Cuadro 4

VARIACION DEL COSTO TOTAL DE PRODUCCION POR TONELADA DE CEMENTO,
SEGUN EL TAMAÑO DE LA PLANTA

(En dólares, a comienzos del decenio de 1970)

Rubros	Tamaño de planta en toneladas por año					
	30 000	50 000	100 000	250 000	500 000	1 000 000
Costos variables	7.57 a/	7.04	6.45	5.91	5.45	5.13
Costos fijos a/	33.46	22.01	14.72	9.82	8.45	6.37
Empaque en bolsas de 50 kgs	2.20	2.20	2.00	2.00	1.90	1.90
<u>Costo total</u>	<u>43.23</u>	<u>31.25</u>	<u>23.17</u>	<u>17.73</u>	<u>15.80</u>	<u>13.40</u>

Fuente: BID/CEPAL/CIID/PNUD, op.cit., cuadro 4.

a/ Utilizando la planta al 100% de su capacidad.

Actualmente, en la industria latinoamericana del cemento, la escala de producción de las plantas podría ser uno de los indicadores de la situación tecnológica del sector, por cuanto se ha comprobado que, con la misma tecnología pero diferente escala de producción, las plantas funcionan con una eficiencia técnica marcadamente distinta. Como ejemplo, pueden citarse las plantas de Yocsina y Kilómetro 7 (Argentina). Estas, empleando tecnologías similares de horno largo sin precalentador, y de proceso seco, mostraban en 1976 considerables diferencias en la utilización de combustibles (respectivamente 1 000 y 1 400 k.cal por kilogramo de clinker), y empleo de mano de obra (respectivamente 1.5 y 5.0 horas-hombre por tonelada de cemento). La diferencia se debía principalmente a las escalas de producción: la de Kilómetro 7, era de 165 000 toneladas por año, y la de Yocsina, de 1 000 000 de toneladas por año. Estas escalas tenían una indudable y fuerte incidencia en los costos de producción.

En México, se ha comprobado que las plantas más grandes, que también han sido las de más rápido crecimiento, han incorporado las tecnologías más modernas y, en términos de los parámetros técnicos pertinentes, han sido las más eficientes. Hasta 1975 aproximadamente, los fabricantes mexicanos de cemento reconocían que una planta nueva no era económicamente viable a menos que tuviese una capacidad de producción de 330 000 toneladas por año. A nivel mundial, por otra parte, no se construían en esa época plantas de menos de 300 000 toneladas por año de capacidad, lo que hace presumir una situación bastante generalizada de la industria del cemento en cuanto a escala de producción en los distintos países.

/No obstante

No obstante lo señalado anteriormente, aún permanecen en operación en América Latina algunas plantas anticuadas que producen en pequeña escala y que, según criterios modernos, serían calificadas de antieconómicas.

Notas

1/ Véanse los documentos BID/CEPAL/CIID/PNUD del Programa de Investigaciones sobre Desarrollo Científico y Tecnológico en América Latina, monografías de trabajo N°s 11 y 15, relativas respectivamente a la industria del cemento en México y en Argentina.

2/ Véase documento E/CEPAL/L.292: "La demanda de maquinaria y equipo de la industria latinoamericana del cemento".

Anexo

CLASIFICACION DE LOS EQUIPOS DE UNA PLANTA DE CEMENTO
PORTLAND DE 1.700 TONELADAS DIARIAS

Tipos de equipo		Peso en toneladas
1.	<u>Mecánica y electromecánica pesada</u>	
1.1	<u>Grandes motores eléctricos y reductores de velocidad</u>	
1.1.1	<u>Grandes motorreductores</u>	289
	- del molino de cemento 3 500 HP	100
	- del molino de crudo 2 500 HP	50
	- del triturador de caliza 750 HP	15
	- del horno de clinker 400 HP	71
	- del tren de mando de giro lento	53
1.1.2	<u>Grandes motores eléctricos con acoplamiento directo</u>	15
	- del ventilador de alta presión de horno 1 250 HP	12
	- del ventilador del molino de crudo 850 HP	3
1.2	<u>Grandes trituradoras y molinos</u>	590
	Trituradoras de caliza	130
	Molino de crudo	226
	Molino de cemento	234
1.3	<u>Horno rotatorio</u>	905
	Tubo, anillos de descanso, rodillos, corona dentada y cajas de alimentación y descarga	690
	Enfriadores planetarios	215
1.4	<u>Grandes ventiladores y separadores rotativos</u>	85
	Ventilador de alta presión del horno	26
	Ventilador de alta presión del molino de crudo	10
	Separador rotativo del molino de crudo	49
2.	<u>Mecánica mediana y liviana</u>	
2.1	<u>Transportadores continuos de tipo mecánico y grúas puentes</u>	674
	Transportadores de cinta	88
	Transportadores metálicos	140
	Transportadores de rosca	77
	Alimentador del molino de crudo	10
	Elevadores de canguilones	143
	Extractores y transportadores vibratorios	4
	Cadena arrastradora de clinker	6

Anexo (cont.)

Tipos de equipo	Peso en toneladas
Transportadores de arrastre de otros materiales	12
Carros de descarga para los depósitos de caliza y arcilla	10
Extractores rotativos de los depósitos de caliza y arcilla	20
Máquina recogedora del depósito de arcilla	52
Puentes móviles del depósito de arcilla	35
Otros puentes-grúas y polipastos (3)	77
2.2 Otros equipos mecánicos	1 069
<u>Equipos de transporte neumático</u>	
Bombas para transporte neumático	20
Válvulas de cambio	2
Sistema de carga de cemento	26
Alimentador del horno	17
Exclusas de aire	3
<u>Trituradoras y molinos</u>	
Trituradoras de arcilla (2)	30
Molino de yeso	9
Molino de clinker (a la salida de los enfriadores)	7
<u>Otros equipos de manejo de materiales y de transporte</u>	
Cargadores frontales (2)	69
Vagonetas para minas	10
Montacargas	46
<u>Ventiladores (32)</u>	
(excepto los enumerados bajo 1.4)	147
<u>Filtros</u>	
Filtros de mangas (12)	65
Filtros electrostáticos (2)	203
<u>Equipos mecánicos diversos</u>	
Reductores de velocidad	27
Bombas	42
Compresores (2), 110 y 150 KW para cantera	36
Válvulas	17
Conexiones	39
Equipos de perforación (2)	23
Quemador del horno	85
Tamices de control	4
Equipos de aire acondicionado	15
Báscula para camiones y vagones ferroviarios	4
Instalación de ensacado	28
Sistema hidráulico para control del horno	15
Accesorios para los silos de homogeneización y de cemento (válvulas, tubos de sondeo, etc.)	38
Equipos para talleres de mantenimiento	42

Anexo (concl.)

<hr/>	
Tipos de equipo	Peso en toneladas
<hr/>	
3.	<u>Equipos eléctricos (excepto el de 1.1)</u> 420
	Motores y motorreductores eléctricos 37
	Transformadores (4) y equipo de distribución 100
	Generador de emergencia (1) 42
	Llaves de mando y equipo de control 42
	Instrumentos de medida 15
	Conductores eléctricos 65
	Materiales para instalaciones eléctricas 73
	Tableros y centros de mando 27
	Equipos para laboratorios 19
4.	<u>Calderería</u> 277
	Precalentadores 135
	Torre de acondicionamiento de gases 70
	Ciclones 11
	Silos de pesaje (2) 12
	Tanques de almacenamiento para agua y combustible 11
	Tanque de uso diario de combustible 9
	Depósitos a presión para transporte neumático 6
	Caldera para el calentamiento de fuel-oil 15
	Hogar auxiliar para el secado del crudo 8
5.	<u>Tuberías</u> 308
6.	<u>Estructuras metálicas de soporte</u> 462
7.	<u>Cuerpos molidores</u> 540
	<u>Total</u> 5 634

Fuente: E/CEPAL/L.292, "La demanda de maquinaria y equipo de la industria latinoamericana del cemento".

