

CRITERIOS SOBRE EL CONTROL DE LA PRECISION EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGON PREFABRICADO (*)

Por JUAN F. LOPEZ BAILLO

Del Seminario de Prefabricación

La elevada trascendencia económica de las pérdidas ocasionadas por las imperfecciones que aparecen en determinados elementos prefabricados de hormigón a raíz de fallos surgidos en cualquiera de las fases de su producción, requieren el establecimiento de los procedimientos idóneos para erradicar, o al menos reducir hasta límites económicamente aceptables, la cuantía de tales pérdidas.

El presente artículo recoge una propuesta en este sentido, en la que se detallan las principales características de los elementos prefabricados y las medidas necesarias para conseguir un control eficaz de la producción.

El Seminario de Prefabricación es un grupo pluridisciplinar dedicado a la investigación y divulgación de los aspectos técnicos, sociológicos, económicos y estéticos de la construcción industrializada, que se formó en 1968 en la Escuela de Caminos de Madrid, y que fue becado por la Fundación Juan March durante el periodo 1971-72, fruto de lo cual son sus libros "Arquitectura y represión", editado por Cuadernos para el Diálogo, y "Prefabricación. Teoría y práctica", editado por Editores Técnicos Asociados, de Barcelona, y galardonado con el Premio Internacional Eduardo Torroja al mejor libro técnico sobre cemento y sus aplicaciones escrito en lengua castellana durante los últimos cinco años, siendo también autores de numerosas publicaciones en la prensa especializada nacional y extranjera.

El seminario está integrado por: Miguel Aguiló Alonso, ingeniero de Caminos; Federico Echavarría Sainz, arquitecto; José A. Fernández Ordóñez, doctor ingeniero de Caminos; Juan F. López Baillón, estudiante de Caminos; Salvador Pérez Arroyo, arquitecto, y Julián Salas Serrano, ingeniero industrial.

1. Introducción.

Los continuos avances que viene registrando la tecnología de la prefabricación en hormigón han dado lugar a una creciente diversificación no sólo de los productos existentes a disposición de proyectistas y constructores, con el correlativo ensanchamiento del campo de aplicación de los mismos, sino también de las funciones a satisfacer por cada elemento en particular.

De este modo, el hormigón, en sus distintas manifestaciones, se ha visto en condiciones de competir económicamente con otros materiales en campos que hasta no hace mucho tiempo le estaban vedados. Para conseguirlo ha sido preciso que los elementos prefabricados se sometieran a nuevas y más severas especificaciones que implican unas mayores exigencias a la hora de planificar y controlar las diversas fases por las que pasa cada uno de ellos desde su concepción a su puesta en obra y posterior utilización.

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que pueden remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 28 de febrero de 1975.

Simultáneamente, la generalizada necesidad de alcanzar mayores niveles de racionalización en el proceso constructivo también se traduce en nuevas exigencias en cuanto a calidad intrínseca de los elementos prefabricados, a fin de aumentar su versatilidad funcional y de mejorar sustancialmente los rendimientos de las distintas fases del citado proceso.

Por otra parte, algunas investigaciones han puesto de relieve la elevada trascendencia económica de las pérdidas ocasionadas por las imperfecciones que aparecen en determinados elementos a raíz de defectos de diseño, de fabricación, de transporte o de puesta en obra (1), imperfecciones que determinan su rechazo o que, en el mejor de los casos, implican la consiguiente reparación, así como la repercusión de tales defectos en accidentes, en los que pueden estar involucradas las vidas o la seguridad de trabajadores y usuarios (2).

Consecuencia directa de todo lo anterior es la patente necesidad de conseguir, de una manera económica, una mayor precisión en la fabricación de los elementos prefabricados, pre-

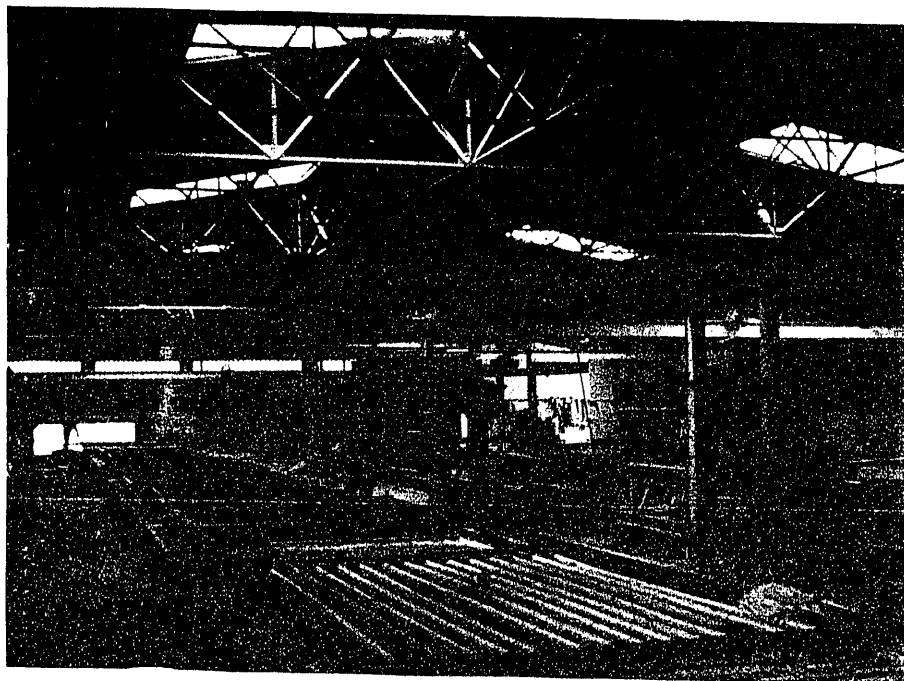


Fig. 1. — Interior de la factoría de la empresa Nadeco, en Pamplona, dedicada a producir grandes paneles de hormigón para edificación.

cisión y economía que sólo podrán lograrse a base de un profundo replanteamiento del proceso productivo desde supuesto más racionales y acordes con las nuevas circunstancias (fig. 1).

Sin embargo, la producción de elementos prefabricados a base de hormigón adolece, desde el punto de vista de la precisión, de dos características que podíamos definir como congénitas y que limitan severamente tanto la estructura de su organización industrial como sus posibilidades de responder adecuadamente a las necesidades crecientes de calidad en este campo.

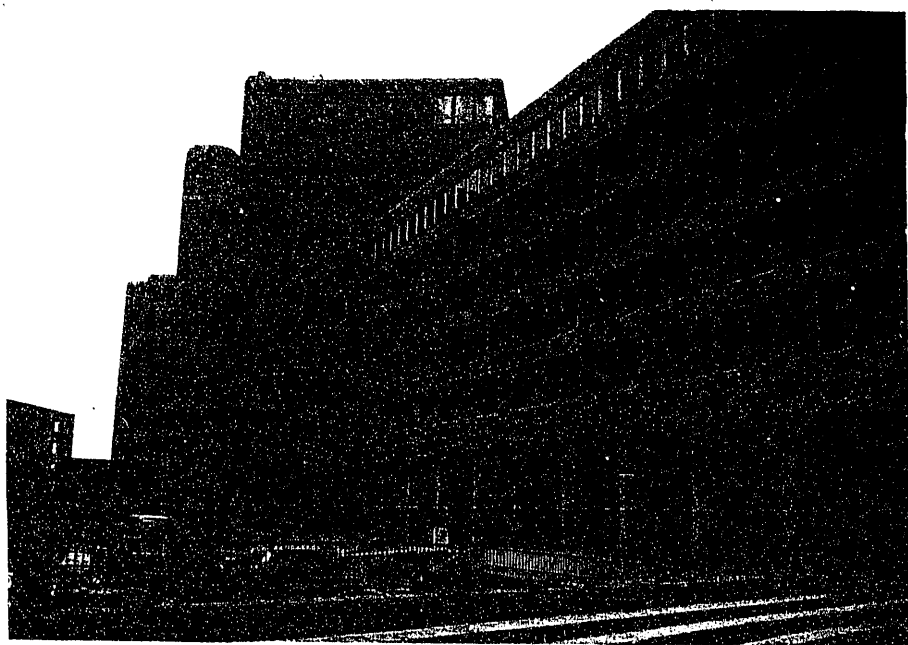
En primer lugar, la fabricación de elementos de hormigón armado o pretensado está, desde sus comienzos, en manos de personas que provienen por lo general del mundo de la construcción. Aunque esta formación, al permitirles conocer en detalle las exigencias de todo tipo impuestas a las unidades que producen, sea de decisiva importancia a la hora de racionalizar un determinado proceso constructivo o fabricar un cierto elemento en las condiciones más adecuadas para obtener la máxima idoneidad estructural y funcional, no es menos cierto que esta manifiesta eficacia no se ha visto correspondida por una análoga en lo que respecta a la organización industrial, pues las mejoras en este campo han ido obteniéndose exclusivamente a partir de la experiencia y no en razón

a un planteamiento previo, y simultáneo al anterior, de toda la producción desde puntos de vista estrictamente industriales, aprovechando y traduciendo al hormigón la riquísima experiencia existente en el mundo de la industria sobre gran parte de los aspectos que en estos momentos son conflictivos con respecto a la fabricación y al control de la calidad de los elementos prefabricados (fig. 2).

Fig. 2. — Fase de inspección en una industria de equipos domésticos de cocina.



Fig. 3. — St. James Center
(Edimburgo, G. B.).



Por otra parte, existe un patente distanciamiento entre las fases de diseño y de producción y montaje, que es tanto mayor cuanto más se generaliza el empleo de estas unidades, ya que es más frecuente el hecho de que las fábricas trabajen bajo encargo, produciendo, en series más o menos grandes, elementos no totalmente estandarizados concebidos exclusivamente para una obra determinada (3).

A consecuencia de ello, suele ocurrir que el diseño esté en manos de personas alejadas del mundo de la producción y que desconocen hasta qué punto pueden influir sus prescripciones en la economía y el ritmo de la fabricación. Este hecho, que se hace más patente en el caso del "fachadismo" y de las fachadas prefabricadas, con arquitectos y proyectistas especificando tolerancias dimensionales y funcionales inalcanzables, no ya económicamente, sino incluso prácticamente a causa de la naturaleza misma del material empleado, provoca innumerables problemas en la organización de la producción, que se ve así gravemente coartada.

Ambos factores, actuando simultáneamente, pueden imponer en un plazo más o menos corto, y de hecho ya lo están imponiendo, un cierto "techo" económico y práctico en el mercado de los elementos prefabricados de hormigón que, a partir de unas determinadas calidades funcionales y estéticas, se ven obligados a com-

petir con otros productos análogos realizados con diferentes materiales y que vienen siendo tradicionalmente concebidos con un sentido industrial más estricto.

Pero la consecuencia más directa se encuentra en las pérdidas económicas derivadas de las citadas características, en especial las debidas a la primera de ellas, tanto por lo generalizado de su extensión como por involucrar a muy diferentes operaciones, de las que, como ya indicamos anteriormente, no está desligada la seguridad física de las personas, ya sean trabajadores o usuarios. El segundo de los citados factores, también de gran importancia y con una elevada repercusión económica, suele afectar a círculos más reducidos.

2. Características de los productos.

En esencia, las propiedades exigibles a todo elemento prefabricado utilizado en la construcción industrializada son las siguientes:

2.1. *Exactitud dimensional.*

Gracias a ella es posible acoplar fácilmente distintos elementos, asegurando que las juntas funcionan convenientemente y que los esfuerzos se transmiten de la manera prevista. En unidades coordinadas dimensionalmente, imprime un

fecundo "anonimato" al destino de cada elemento, haciendo factible su empleo en circunstancias y ubicaciones tan variadas como lo permita la flexibilidad funcional del mismo. Por otra parte, la exactitud dimensional de los componentes tiene una decisiva influencia en el aspecto estético del edificio formado a base de paneles prefabricados, ya que las variaciones en las dimensiones se manifiestan inevitablemente en la planeidad de las fachadas o en la alineación de las aristas verticales u horizontales determinadas por las juntas (fig. 3).

2.2. Resistencia.

A medida que la industria del hormigón prefabricado ha ido estando en condiciones de acceder a mercados más amplios, el valor añadido de los elementos ha aumentado correlativamente, en función de la alta calidad de los acabados, de las texturas posibles, de la necesidad de cumplir adecuadamente nuevas funciones, como impermeabilidad en las uniones, aislamiento térmico y acústico, durabilidad, etcétera. De esta forma, la importancia relativa de las características resistentes ha ido disminuyendo para dejar paso a estas nuevas exigencias que aparecen en la actualidad como determinantes de la calidad de un elemento prefabricado.

Esto no quiere decir, por supuesto, que no haya que controlar de manera directa todo lo relativo a la consecución de una adecuada resistencia. Sin embargo, la calidad de las materias primas, en especial cementos y acero para armaduras, unida al estado actual de la tecnología del hormigón, con la enorme experiencia acumulada que posibilita un acceso relativamente sencillo a las resistencias características habituales en la edificación, permiten poner el mayor énfasis en determinados detalles que influyen directamente sobre otras propiedades no específicamente resistentes, pero que revierten en una mayor seguridad a este respecto. Así, el logro de una mayor compacidad y una menor relación agua/cemento en la mezcla facilita la posterior estabilidad dimensional del elemento y mejora su durabilidad, pero también influye positivamente en la resistencia del hormigón. La perfecta homogeneidad de éste, una vez vertido en el molde, permite conseguir un perfecto acabado, pero también redundará en beneficio de una mayor resistencia.

2.3. Calidad de los acabados superficiales.

La consecución de una adecuada calidad en los acabados, tanto de las caras exteriores como de las internas, tiene una inmediata repercusión en la economía del proceso constructivo global.

Un acabado exterior uniforme y de alta calidad es indispensable, en general, para la aceptación del elemento. Cualquier defecto en este sentido ha de ser reparado antes del envío de aquél para su posterior puesta en obra, reparación que no sólo tiene que ser llevada a cabo por mano de obra adicional, sino que repercute desfavorablemente en la buena marcha del proceso de fabricación, expedición de las unidades y colocación en obra de las mismas.

Otro tanto puede decirse de las superficies interiores, que deben salir del molde con la calidad precisa para su inmediata puesta en obra, haciendo innecesaria cualquier tipo de preparación para recibir el acabado decorativo final, que muy bien puede darse también en la misma fábrica.

2.4. Funciones secundarias.

Ya hemos apuntado las más importantes de las cada día más numerosas funciones exigibles en la actualidad a los componentes prefabricados, existiendo otras especificaciones no esenciales que se refieren a una serie de requerimientos funcionales secundarios que, sin embargo, tienen una decisiva importancia a la hora de la aceptación o del rechazo de un elemento.

Así, por ejemplo, en los paneles con conductos incorporados para las instalaciones eléctricas es indispensable que tales conductos estén dispuestos de modo que faciliten la posterior colocación de las redes o/y su conexión con las de los paneles adyacentes, o que tales conductos partan de las cajas de registro cuando éstas existan en un determinado panel, sin que se hayan separado a consecuencia de la puesta en obra del hormigón y del posterior tratamiento para vibrar y homogeneizar la masa. Consideraciones análogas pueden hacerse también en el caso de las instalaciones de fontanería de los paneles húmedos. Tanto en unos casos como en otros, la reparación posterior de tales defectos implican la rotura parcial del elemento con los consiguientes incrementos de los costos directos e indirectos.

2.5. Durabilidad.

La durabilidad puede definirse como la propiedad que posee un elemento de satisfacer cumplidamente, en un cierto periodo de tiempo, las especificaciones de todo tipo para las que ha sido diseñado, que, como hemos visto, van desde su adecuación estructural a su resistencia al deterioro por uso o por la acción de los agentes agresivos del ambiente, su estabilidad dimensional, etc.

La importancia de la durabilidad de un elemento prefabricado es tanto mayor cuanto que condiciona la del conjunto del edificio. Desde este punto de vista resulta imprescindible tomar de antemano determinadas medidas, tanto en el mismo diseño del elemento como en su fabricación, a fin de que se alcance la deseable permanencia en el tiempo de su funcionalidad (4).

Pero hay un aspecto de la durabilidad que debería ser convenientemente resaltado: su enorme repercusión sobre la *imagen* que del producto prefabricado se forman el cliente y el usuario, de la que depende potencialmente la continuidad de este floreciente mercado para el hormigón.

Por ejemplo, en este sentido no cabe duda que la funcionalidad y el aspecto que presenten dentro de una decena de años las sofisticadas fachadas de esos edificios singulares prefabricados que han surgido en todas las ciudades europeas serán la clave de la definitiva aceptación de los muros cortina de hormigón, portantes o no, en un mercado que hasta hace poco estaba cubierto exclusivamente con los materiales metálicos (fig. 4).

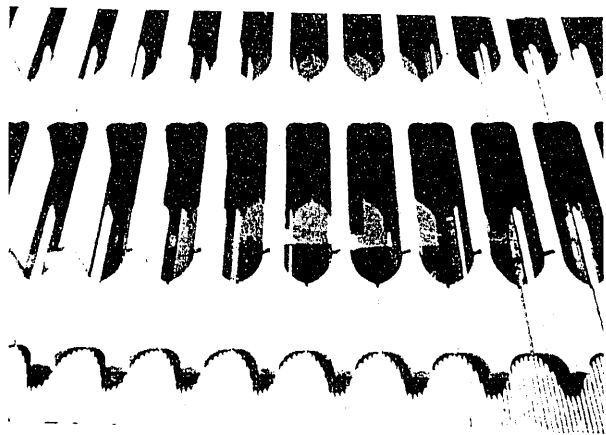


Fig. 4. — Edificio Beatriz (Madrid). Fachada prefabricada portante.

3. Aspectos económicos de la precisión en la producción.

La fabricación de un determinado elemento debe estar concebida de modo que todas y cada una de las propiedades citadas estén comprendidas entre márgenes de aceptación previamente fijados. Es claro que determinados deterioros que afecten a su apariencia externa o a su eficacia funcional pueden producirse también en las fases de transporte y montaje, implicando, por tanto, la necesidad de una reparación, si ésta es factible, o de la sustitución del elemento por otro nuevo, si el defecto es suficientemente considerable. Sin embargo, un cierto grado de exactitud en la fabricación es condición indispensable y previa, con independencia de que agentes internos o externos puedan actuar deteriorando el elemento en otras fases del proceso constructivo. Este hecho se ve corroborado por la experiencia, estimándose que el 70 por 100 de los deterioros tienen lugar en el proceso de fabricación.

La variación del *costo de producción* de los elementos para un determinado proceso de fabricación, en función del grado de precisión alcanzable, puede representarse en un gráfico análogo al de la figura 5.

En ella puede apreciarse cómo aumentan los costos de producción a medida que disminuye la desviación funcional del elemento respecto de la tipo. Dada la naturaleza del material base y de los medios generalmente empleados en el proceso de fabricación, la precisión absoluta es prácticamente imposible de alcanzar de manera económica, y en todo caso lo será a expensas de unos costos de producción muy elevados (5), lo que conduce al establecimiento de tolerancias para algunas o todas las características del elemento, en especial las referentes a sus dimensiones geométricas y la perfección de su acabado.

En principio, el margen de actuación viene marcado exclusivamente por la parte de la curva situada a la derecha del punto A, que señala, de acuerdo con las tolerancias, el límite admisible de desviación funcional o la precisión mínima exigible. Sin embargo, al ir disminuyendo la precisión a partir del valor correspondiente a la tolerancia extrema, se hace preciso establecer las medidas necesarias para corregir tales desviaciones hasta hacerlas admi-

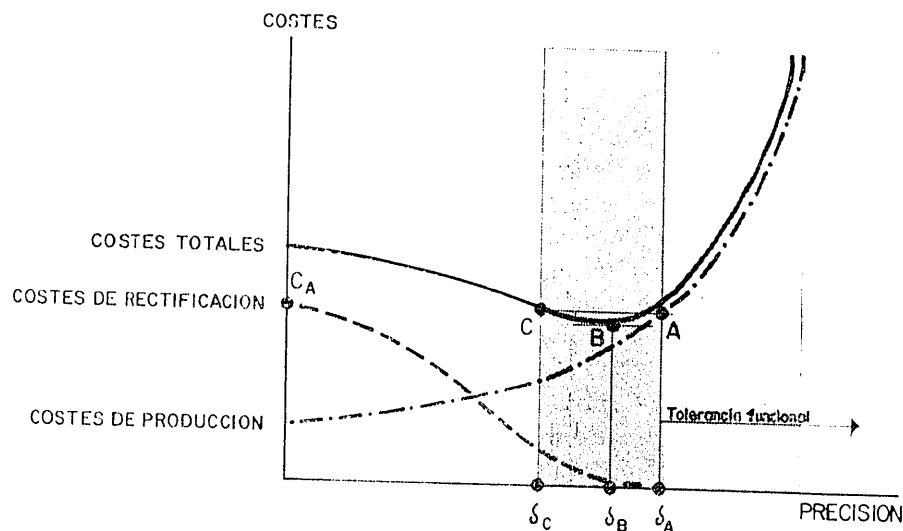


Fig. 5.—Variación de los costos con el grado de precisión

sibles, lo que originará unos nuevos costos, esta vez *costos de rectificación* (6), que, a su vez, irán aumentando, tendiendo hacia C_A , ya que en el caso de la desviación funcional límite, es decir, cuando el elemento sea inaprovechable, el costo de rectificación coincidirá con el de fabricación de otro elemento análogo que lo sustituya.

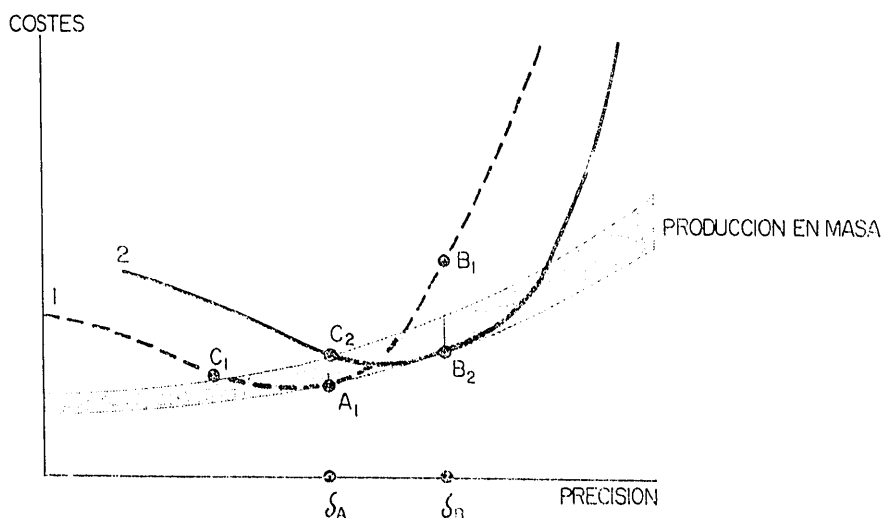
Una vez establecidas estas curvas podemos obtener, por adición de las anteriores, la referente a los *costos totales*. En ella, el punto B determinará el costo total mínimo, es decir, el punto óptimo de explotación del proceso, en el que los costos marginales de producción coinciden con los de reparación. Este valor podrá coincidir o no con C_A , dependiendo de la naturaleza de las reparaciones a efectuar en el elemento a fin de hacerlo aprovechable. En el caso de que el costo total mínimo, $C_{B_{min}}$, no coincida con C_A , es obvio que podríamos disponer de antemano de un margen de producción definido por los puntos A y C, en el que los costos totales son iguales o inferiores a C_A . Con ello vemos que es posible aceptar, en el proceso estricto de fabricación, una precisión δ_C inferior a la δ_A previamente exigible, con las consiguientes reparaciones que asimilen el producto al elemento tipo.

Este margen económico de producción será más o menos amplio en función de la naturaleza del elemento, del proceso de fabricación seguido y, por supuesto, de las condiciones coyunturales existentes en cada país, variando de unos países a otros según curvas afines. En

todo caso, la determinación aunque sea a *grasso modo* del citado margen de precisión en la producción es indispensable para la optimización del proceso de fabricación.

Las interdependencias existentes entre el proceso de fabricación elegido para producir un determinado elemento, los costos totales y la precisión exigible pueden apreciarse en la figura 6. Supongamos, por ejemplo, en el caso de un panel de cerramiento, que la situación en la industria de la construcción sea tal que permita su fabricación de acuerdo con tolerancias dimensionales y de acabados no demasiado estrictas, δ_A , facilitadas por una mano de obra abundante que posibilite el montaje de los elementos de modo que las juntas húmedas absorban las variaciones dimensionales, así como la ejecución en obra de los acabados definitivos interiores o exteriores. La curva de costos totales en función de la precisión, para un proceso de fabricación que contase con estas circunstancias, podría ser la marcada con el número 1, con un margen económico de producción comprendido entre los puntos A_1 y C_1 . Sin embargo, si las condiciones evolucionan hacia la necesidad de conseguir una mayor precisión, $\delta_{B_{min}}$, en los elementos, bien porque haya una gran competencia con respecto a materiales tradicionalmente industrializados, como muros-cortina o elementos metálicos ligeros, o porque la situación de la mano de obra *in situ* sea tal que obligue a realizar todos los acabados directamente en la fábrica, o haya que satisfacer unas tolerancias dimensionales más

Fig. 6.—Variación de los costos con el proceso de fabricación, en función de la precisión.



estrictas a fin de poder unir los elementos a base de juntas en seco, o por la naturaleza del proyecto, en este caso se hace preciso cambiar a un nuevo proceso de fabricación, empleando moldes de alta precisión, instalaciones para conseguir hormigones de gran calidad y con alto grado de homogeneidad, etc. En la figura se aprecia cómo, si pretendiésemos alcanzar la precisión marcada por δ_B , mediante el proceso número 1, nos iríamos a costos muy elevados respecto a los correspondientes a la precisión δ_A , para la cual fue establecido dicho proceso. Sin embargo, un nuevo proceso de fabricación, el marcado con el número 2, podría darnos la nueva precisión exigida con costos considerablemente menores, comprendidos entre B_2 y C_2 , aunque es evidente que el proceso 2 sería antieconómico por demasiado caro para alcanzar la precisión δ_A , anteriormente marcada.

De esta forma, es posible establecer una cierta banda de actuación económica en función de la precisión, banda que se desplazaría verticalmente hacia arriba en el caso de que las series de producción fueran de menor cuantía.

4. El control de la precisión en la producción.

La experiencia obtenida en otros sectores que han llevado la industrialización de los procesos de fabricación hasta sus últimas consecuencias, señala que la única forma posible de conseguir económicamente el creciente grado

de precisión impuesto por un mercado claramente exigente a este respecto es estableciendo un amplio y riguroso sistema de control de la precisión en la producción. Con él, no sólo se obtendrían competitivamente los cada vez mayores refinamientos impuestos a los productos, sino que sería posible reducir considerablemente los costos directos e indirectos ocasionados por la aparición de elementos defectuosos.

Veamos cuáles son los aspectos fundamentales de la organización habitual del control de calidad en la industria, a fin de analizar los posibles beneficios que la adopción de medidas análogas aportaría a la construcción industrializada y a la industria del hormigón prefabricado.

En primer lugar, el control de calidad se establece como una organización independiente de la producción, aunque ambas tengan idénticos fines en lo que se refiere a la adecuada calidad del producto. El departamento de producción se ocupa de todo el proceso, que va desde el diseño hasta la obtención del elemento definitivo, teniendo plena responsabilidad, por tanto, sobre la fidelidad con el producto sigue las prescripciones marcadas en el proyecto. Por su parte, el departamento de control de calidad tiene a su cargo el establecimiento de los niveles de precisión alcanzables y de las medidas necesarias de supervisión en todas las fases del proceso de fabricación, a fin de que el producto alcance el grado de perfección previamente establecido (7).

La dirección del control de calidad es la responsable de fijar la política de perfección y los objetivos de precisión que han de ser alcanzados, coordinando los programas de actuación de su departamento con el de producción, que, a su vez, deberá organizar el proceso de fabricación en base a los niveles de calidad previstos.

La Ingeniería de Calidad reúne una serie de actividades que van desde el control de diseño a la planificación y verificación de los equipos y procedimientos de ensayos y medidas a efectuar en el transcurso del proceso de producción.

La Inspección tiene a su cargo todas las actividades relacionadas con el control estadístico directo de la producción para la aceptación o rechazo tanto de las materias primas como del producto final, analizando aquellos defectos de producción que pueden ser aceptados mediante determinados retoques y certificando que todo producto acabado satisface todos los requisitos.

Los Laboratorios de Metrología, Materiales y Procesos reúnen todas las instalaciones y medios de control necesarios para que la Inspección lleve a cabo las recomendaciones establecidas por la Ingeniería de Calidad (9).

Por último, la sección de Fiabilidad es la encargada de establecer las medidas necesarias para asegurar la durabilidad del producto durante un período de tiempo establecido de antemano a partir de consideraciones económicas basadas en el mercado y en la naturaleza y funciones del elemento. Aunque, por el momento, sea muy pequeña la posibilidad de apreciar en la industria del hormigón prefabricado la trascendencia económica derivada de la decisión de que un determinado elemento tenga un período de vida útil previamente establecido, no cabe duda que a medida que el sector alcance niveles mayores de industrialización se tenderá a establecer una política de fiabilidad de los productos que se ha mostrado en otros sectores como indispensable para la economía global de la producción (10).

5. El costo de la precisión.

El establecimiento de una organización paralela a la de fabricación encargada de velar por la precisión del proceso, lleva consigo una

serie de inversiones en equipo de control y de gastos generales y de explotación que repercuten indudablemente sobre los costos de producción. Sin embargo, los beneficios derivados directa e indirectamente de la adopción de tales medidas han hecho imprescindible su adopción por la industria (11).

Por una parte, el departamento de fabricación, al conseguir disminuir el volumen de elementos defectuosos y la naturaleza de las faltas gracias a la gestión del control de la precisión, puede rebajar el costo total de fabricación al anular los trabajos de reparación o reducirlos hasta el punto económicamente óptimo, a la vez que aumentará la capacidad de producción de sus instalaciones.

Simultáneamente, es posible obtener suministros de materias primas y productos básicos de mayor calidad, disminuyendo los trabajos de inspección de recepción y eliminando inconvenientes a la fabricación propiamente dicha.

A consecuencia de lo anterior, el departamento comercial verá disminuir el costo de las reclamaciones originadas por defectos de los elementos. Además, al conseguirse una mayor satisfacción de los clientes y usuarios será posible ampliar el mercado.

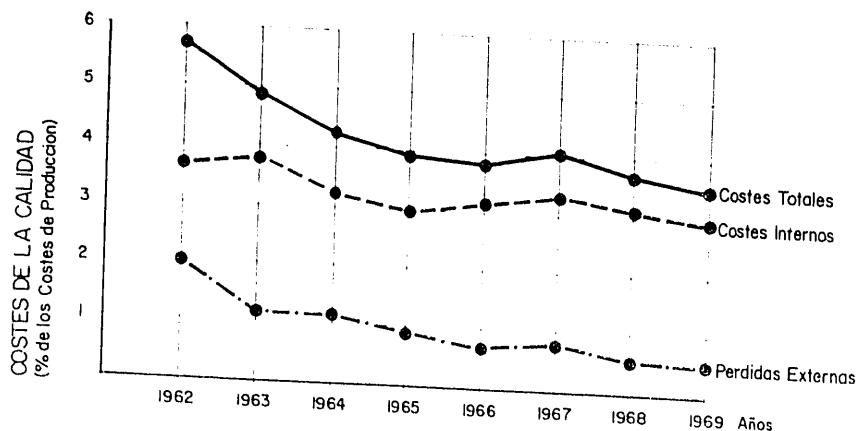
Con todo ello, este control podrá disminuir su presupuesto a medida que aumente la eficacia de su labor, ya que sus criterios y motivaciones pasarán a ser parte integrante de cada una de las fases del proceso productivo.

La estimación del costo de la precisión puede hacerse en base a una serie de conceptos de diversa naturaleza. En general, el costo total de precisión se concibe como suma de unos costos internos y unas pérdidas externas. Los costos internos constan de tres sumandos: costos de prevención, costos de evaluación y pérdidas internas.

Los costos de prevención recogen todas las cargas económicas soportadas por la empresa para prevenir la aparición de defectos y asegurar económicamente un nivel de calidad definido, incluyendo no sólo los gastos directos en que se incurre para alcanzar los objetivos de calidad, sino también la amortización de las inversiones en equipos de verificación de los medios de control y en adiestramiento del personal.

Los costos de evaluación están constituidos

Fig. 7.—Evolución de los costos de calidad en Metalurgia de Santa Ana.



por todos aquellos en que incurre la empresa para asegurar que la calidad de los productos que se ponen en el mercado corresponde a la previamente establecida, incluyendo también la amortización de las inversiones realizadas en equipo de control.

Las pérdidas internas son las originadas en la misma empresa, es decir, antes de que el producto salga al mercado, por los gastos debidos a productos defectuosos que no cumplen los requisitos de calidad, es decir, por rechazos, inutilidades, reparaciones, etc.

Por otra parte, las pérdidas externas o costos externos de precisión son las debidas a defectos que aparecen en el producto una vez que éste se encuentra en poder del cliente, tratándose de defectos económicamente inevitables a pesar del más estricto control, y la misma industria lo reconoce así al establecer diversos períodos de garantía para sus productos.

En general, los costos de la calidad oscilan en la industria del automóvil, por citar una rama de la industria en que estas medidas son habituales, entre el 4 y el 7 por 100 de los costos de producción. Sin embargo, la eficacia del departamento de control de calidad influye decisivamente en la reducción de estos valores. A este respecto, creemos de sumo interés analizar las experiencias de dos empresas industriales españolas dedicadas a la fabricación de automóviles (12).

La primera de ellas, Metalúrgica de Santa Ana, S. A., filial española de la British Leyland Co., produce pequeñas series de vehículos "Land-Rover", con tracción a las cuatro ruedas, y cajas de cambio para camiones, habiendo pasado de realizar unas ventas totales por valor

de 12 millones de dólares en 1962 a más de 40 millones en 1969. En dicho período, la evolución de los costos de calidad fue la que recoge la figura 7, en la que se observa la clara tendencia decreciente, tanto del total como de los dos componentes.

La figura 8 ilustra de la distribución de los costos internos de calidad, que no sólo son, obviamente, los de mayor interés para todos los dedicados a la fabricación de cualquier producto, sino también los de mayor entidad en los costos totales.

Como puede verse, el aumento experimentado por los costos de prevención, más de un 200 por 100, y los costos de evaluación, ha originado la patente disminución de las pérdidas internas, que pasaron del máximo de 65,9 por 100 en 1963 al 41 por 100 de 1969.

La otra empresa de la que conocemos datos es la SEAT, la mayor no sólo del sector del automóvil, sino de todas las empresas industria-

	PREVENCIÓN	EVALUACIÓN	PERDIDAS INTERNAS
1962	5,1%	36,8%	58,1%
1963	4,5%	29,6%	65,9%
1964	7,2%	40,5%	52,3%
1965	7,5%	38,0%	54,5%
1966	7,4%	38,3%	54,3%
1967	9,7%	39,5%	50,8%
1968	10,8%	41,7%	47,5%
1969	16,4%	42,6%	41,0%

Fig. 8.—Desglose de los costos internos de calidad en Metalurgia de Santa Ana.

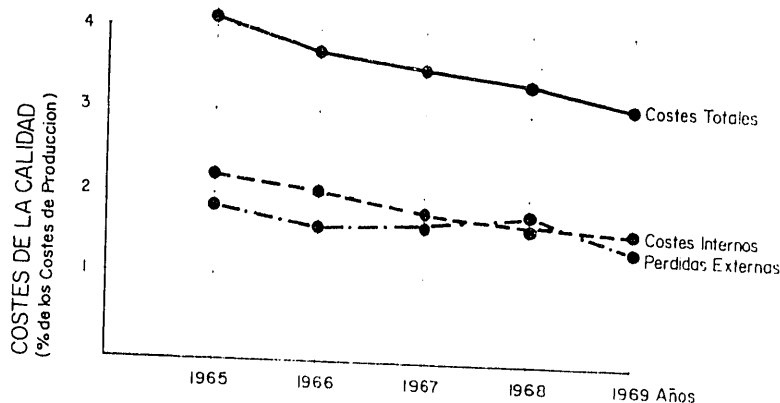


Fig. 9.—Evolución de los costos de calidad en SEAT.

les españolas, que se dedica a fabricar en masa vehículos bajo licencia de la italiana FIAT.

La evolución de los costos de calidad de SEAT aparece en la figura 9, en la que se aprecia su disminución desde el 4,1 por 100 de los costos de producción en 1965 al 3,1 por 100 en 1969. Los componentes de los costos internos se detallan en la figura 10, pudiéndose observar que mientras los costos de evaluación se mantenían entre el 55 y el 57 por 100 de los costos internos, los costos de prevención experimentaban un notable aumento y las pérdidas internas disminuían correlativamente.

Como acabamos de ver, el común denominador de los costos de calidad de dos empresas del mismo sector, pero de muy diferente naturaleza, tanto por sus productos como por el régimen de producción, es el hecho de que en ambas han experimentado un progresivo descenso.

Las consecuencias del análisis de estos datos desde el punto de vista de la economía y de la calidad de la producción son obvias. En las dos empresas, el volumen de ventas se ha

multiplicado aproximadamente por tres, mientras que los costos de calidad han experimentado notables reducciones en el mismo período de tiempo, al final del cual los costos de prevención representaban el 4,9 por 1.000 de los costos totales de producción en la primera empresa (Santa Ana) y el 1,8 por 1.000 en SEAT; los costos de inspección, el 13,8 por 1.000 en Santa Ana y el 10,6 por 1.000 en SEAT, y las pérdidas internas eran el 12,6 por 1.000 en Santa Ana y apenas el 6 por 1.000 en SEAT, cifras todas ellas referidas al volumen total de los costos de producción.

Un examen más detenido de la importancia relativa de los 24 componentes de los costos básicos revela que la mayor parte de los costos de precisión puede atribuirse a unos pocos de ellos, principalmente a los rechazos, recuperaciones, inspección, reclamaciones y rechazos de suministros de proveedores. Es significativo que se traten de costos de comprobación o de fallos. En otras palabras, los mayores costos se originan más por el esfuerzo de corrección que por el de prevención (13).

Si desde esta perspectiva analizamos brevemente la fabricación "industrializada" de elementos de hormigón, el panorama es francamente desolador. En primer lugar, en la industria del hormigón prefabricado no hay prácticamente unos costos de precisión considerados específicamente como tales, ya que en general no existe una organización independiente de la de producción que se dedique a controlar el grado de calidad de los productos. Ni la supervisión normalmente ejercida en la fabricación ni los medios de que se disponen para llevarla a cabo permiten deducir unos costos de prevención y

	PREVENCIÓN	INSPECCIÓN	PERDIDAS INTERNAS
1965	3,5%	61,1%	35,4%
1966	4,6%	55,4%	40,0%
1967	8,8%	47,5%	43,7%
1968	10,9%	57,9%	31,2%
1969	10,0%	57,1%	32,9%

Fig. 10.—Desglose de los costos internos de calidad en SEAT.

de inspección, ya que los gastos derivados de tales actividades están habitualmente englobados en los costos de producción.

Sin embargo, la repercusión en los costos totales de las pérdidas debidas a los desperdicios primarios y secundarios originados por la falta de precisión en la fabricación es de tal magnitud que, *aunque sólo fuera por razones exclusivamente de rentabilidad*, haría imprescindible la adopción de un sistema de control de precisión.

Dunnung ha evaluado en un 10 a un 15 por 100 el incremento experimentado por los costos previstos a causa de tales imperfecciones en los productos, es decir, que el coste de tales pérdidas representa del 9 al 13 por 100 de los costos finales de producción. Estas cifras contrastan profundamente con el valor de las pérdidas totales, tanto externas como internas, debidas a defectos en la calidad de los productos fabricados en las citadas empresas españolas, que eran de 1,76 por 100 para Santa Ana y el 2 por 100 para SEAT.

No cabe duda, por tanto, que la reducción hasta cifras semejantes del costo de las pérdidas en la industria del hormigón prefabricado haría extremadamente rentable la inversión originada por el establecimiento de un control de precisión, cuyos costos (prevención más inspección) hemos visto que representan tan sólo el 1,9 y el 1,3 por 100 de los costos de producción de Santa Ana y SEAT, respectivamente.

REFERENCIAS

1. DUNNUNG, P. V.: "A Study of Waste in Industrialised Building Systems". Concrete, septiembre 1972.
2. POUYES, C.: "Préfabrication Lourde-Rebuts. Sécurité". Annales de l'Institut Technique du Batiment et des Travaux Publics, núm. 286, octubre 1971.
3. Von HALASZ, R.: "Tolérances dimensionelles de fabrication et de montage". V^e Congrès International de l'Industrie du Béton Manufacturé. Londres, mayo 1966.
4. LOPEZ BAILLO, Juan F.: "Evaluación de la durabilidad: el concepto de fiabilidad en la construcción". Primeras Jornadas de Durabilidad. Instituto Eduardo Torroja, Madrid, octubre 1972.
5. SCHMID, A.: "Is Prefabrication Accuracy Costly?". Research into Practice-The Challenge of Application. 5th. C.I.B. Congress. París, junio 1971.
6. ANDERSEN, P. R.: "Tolerances in Building. Economical Principles for Acceptance". Research into Practice-The Challenge of Application. 5th. C.I.B. Congress. París, junio 1971.
7. SNODGRASS, L. E.: "Integrating the Quality Control Contribution in Research and Development". Industrial Quality Control, septiembre 1961.
8. MILLET MALUQUER, Francisco: "Gestión de calidad como sistema". Segundas Jornadas Nacionales de Calidad en la industria de fabricantes de equipos y componentes de Automoción. Barcelona, noviembre 1972.
9. Asociación Española para el Control de la Calidad: "Recomendaciones sobre requisitos de control de la calidad para proveedores de las industrias básicas de Automoción". Madrid, febrero 1968.
10. A.E.C.C.: "Fiabilidad, fundamentos y aplicaciones". Madrid, junio 1970.
11. A.E.C.C.: "Costes de la calidad. Sistemas y aplicaciones". Madrid, febrero 1973.
12. BRISAC, A.; OISTRACH, G., y YAÑEZ, O.: "Quality Cost Data in Three Spanish Automotive Companies". Automotive Symposium, 15th European Organization of Quality Control Conference. Moscú, junio 1971. Publicado en *Quality*, vol. XV, núm. 4.
13. FEIGENBAW, A. W.: "Total Quality Control". McGraw-Hill. New York, 1961.