

La influencia de la automatización en la concepción de una moderna fábrica de cemento

H. EGGER y U. PIGNATELLI

Prospective Engineering Gestion (PEG), Ginebra, Suiza

Muchas y excelentes publicaciones referentes a los aspectos técnico y operacional de la automatización, han sido ya publicadas y presentadas en conferencias.

Sólo algunas de dichas publicaciones tenían en cuenta la influencia que la automatización y la integración podrían tener sobre el estudio y la concepción de una fábrica de cemento.

Vamos a intentar describir las experiencias que los clientes, los técnicos y los operadores han efectuado al proyectar fábricas de cemento, teniendo en cuenta que éstas debían ser completamente automatizadas.

Si las fábricas automatizadas tienen cada vez más éxito, el mérito corresponde a los ingenieros y técnicos que han tenido la previsión y el valor de ensayar nuevas ideas, y que después han comunicado los resultados al mundo industrial.

Los autores no pretenden conocer la respuesta a todas las preguntas que podrían ser formuladas. Pero no vacilan en afirmar que, con un proyecto adecuado, es posible concebir fábricas de cemento que puedan funcionar con el más elevado porcentaje de eficacia al más bajo coste, en comparación con las demás fábricas convencionales.

El concepto de la automatización está descrito, de acuerdo con su empleo, en las fábricas de nueva construcción. La influencia que la automatización podría tener sobre las fábricas ya existentes, será descrita en un próximo párrafo.

Aunque la crítica constructiva sobre la conveniencia de la automatización y de la integración sea bienvenida, no tenemos intención de crear aquí un "casus belli".

DESARROLLO TECNOLOGICO DE NUESTRA CIVILIZACION INDUSTRIAL

Tres fases distintas han marcado el desarrollo de nuestra era industrial:

- 1) La introducción de las máquinas a vapor desde hace más de un siglo, ha sustituido el esfuerzo muscular por la fuerza mecánica.
- 2) La introducción de la electricidad hace 50 años que, gracias a la facilidad de su distribución y conversión en energía mecánica, revolucionó el concepto de las industrias.

3) La última de estas fases de evolución está representada por la introducción de las calculadoras electrónicas para el tratamiento y el proceso de la información.

Todo esto conducirá, en un porvenir no muy lejano, a la realización de sistemas completamente integrados, con calculadoras "on-line" para el control, que mejorarán los procesos de trabajo, sin ayuda exterior.

Estos diferentes grados del proceso técnico, se reflejan también en la evolución de los distintos métodos empleados en la producción del cemento durante los últimos 50 años.

La *mecanización* ha reducido y, en muchos casos, ha eliminado casi completamente el trabajo manual, que requería considerables esfuerzos físicos, permitiendo, de esta manera, un notable aumento de la capacidad productiva.

Los *circuitos de regulación individual* en la línea de producción han reducido muchísimo la necesidad de la intervención del hombre; esto ha permitido controlar operaciones mucho más complicadas y complejas.

La *centralización de los controles* permite la supervisión de toda la cadena de producción desde una sala central. Esta innovación fue debida, esencialmente, al deseo, de la dirección, de tener una influencia más directa sobre el proceso de fabricación.

Por otro lado, la introducción de ordenadores en la industria del cemento constituye un importante paso en la cadena de la evolución técnica: aquí tenemos que hacer frente a una verdadera mutación causada por la automatización y caracterizada por la utilización sistemática de los ordenadores en campos como: la supervisión (estudio mismo del proyecto); la regulación; la dirección del procedimiento de fabricación; la mejora del rendimiento de las líneas de producción; etc.

No se ha previsto de sustituir sencillamente el operador por el ordenador, sino más pronto de imaginar fábricas e instalaciones compatibles con las posibilidades ofrecidas por la automatización. El resultado de todo esto, será, finalmente, lo que llamaremos una "fábrica de cemento integrada".

EL CONCEPTO DE AUTOMATIZACION

La automatización nos obliga a una manera de vida distinta. Requiere una nueva forma de pensar, porque en la mayoría de casos está en contraste directo con los métodos convencionales. La automatización rompe las barreras a través de los diversos sectores y conduce al principio de la integración.

La idea de automatización debería ser enseñada, mejor que propagada. Los clientes potenciales deberían familiarizarse con este concepto, comprender todas las consecuencias que éste implica, y convencerse de que la automatización pone término a una era y que, en fin, deberían estar seguros de su utilidad.

Un ordenador de proceso no debe ser adquirido solamente porque el vecino tiene uno, ni tampoco puede decirse que el nuestro trabajará bien sólo porque el del vecino da satisfacción. Incluso el mejor sistema puede transformarse en un desastre y en una desilusión si, previamente, no se ha aceptado la idea y realizado con conocimiento de causa.

Estas ideas de nuevos instrumentos deberían ser propagadas por todos los ingenieros y técnicos que están convencidos de su validez y de las ventajas que la industria del cemento podría obtener de ellos.

Los clientes potenciales de la automatización, que toman en consideración sus aplicaciones prácticas, se desaniman a menudo a causa de los rumores que corren sobre las dificultades halladas por otros en este dominio. Ello puede ser también debido al hecho de que los fracasos hacen más ruido que los éxitos.

Si, en algunos casos, la idea de la automatización es desechada por los propietarios y técnicos de las fábricas de cemento, gran parte de la responsabilidad debe recaer sobre los ingenieros encargados de la automatización y sobre los proveedores de los ordenadores, que no han sabido presentar el problema desde el aspecto exacto y con un lenguaje accesible a las personas que no sean expertas en este campo.

En el ejemplar de febrero 1966 del "Datamation Magazine" en artículo titulado "Process Control", el Sr. Th. M. Stout opina que, en el futuro, la finalidad de los vendedores de ordenadores será de demostrar que su uso en el control de procesos no es solamente un hecho tecnológico, sino, y sobre todo, un hecho comercial. Y añade que, muchas veces, los vendedores impacientes han hecho promesas imprudentes, y que el personal técnico inexperto ha menospreciado su propia tarea.

No es que se quiera negar a los constructores de ordenadores su fundado derecho a la publicidad industrial. Pero en el caso de que esta publicidad sea emprendida con un exceso de celo comercial, se obtendrá, como resultado, cierto número de clientes insatisfechos.

Los operadores de las fábricas de cemento tienen, en general, fama de ser conservadores, de ser opuestos a todo cambio, de limitarse a la rutina cotidiana, de ser arbitrarios en sus elecciones e infinitamente suspicaces respecto a todo cuanto no ha sido inventado por ellos mismos. Todo esto es, seguramente, una exageración y una deformación de la realidad. Cuando se habla con ingenieros responsables en el dominio técnico y comercial, éstos, salvo raras excepciones, han demostrado una laudable curiosidad e interés por los nuevos instrumentos y su utilización.

ARGUMENTOS CONTRA LA AUTOMATIZACION

Para responder a la pregunta: ¿Por qué no se ha automatizado una fábrica en construcción o recién terminada? Podemos esperar las siguientes respuestas:

- la automatización es un sueño de los técnicos y no justifica el gasto y los esfuerzos;
- la fábrica ha sido proyectada de tal manera que la automatización podrá ser realizada en una segunda etapa;
- la firma no podía permitirse las inversiones suplementarias que se derivarían de ello;
- nuestro personal especializado nunca la hubiera aceptado;
- tenemos una materia prima regular y fácil de cocer;
- algunos de nuestros conocidos en la industria se han pronunciado desfavorablemente;
- la falta de personal calificado nos hubiera obligado a depender demasiado de la ayuda externa.

Tales argumentos presentados en contra de la automatización dejan entrever cierto grado de confusión y de mala interpretación al abordar un problema.

ARGUMENTOS EN FAVOR DE LA AUTOMATIZACION

Dado que cierto número de fábricas automatizadas están ya en funcionamiento o en cons-

trucción, será interesante destacar algunos argumentos típicos en favor de tal elección:

- los gastos se reducirán y la calidad mejorará;
- estamos convencidos de las ventajas ponderadas por los proveedores y por los mismos clientes que la utilizan ya;
- la automatización no resulta más costosa que un sistema de control convencional;
- la automatización avanza cada día más; entonces... ¿por qué no aprovecharnos?;
- la Dirección es favorable;
- el reclutamiento de personal para las instalaciones convencionales resulta cada vez más difícil.

Aunque todos estos argumentos sean bastante positivos para la introducción de la automatización, existe todavía una falta de comprensión sobre las posibilidades que ésta presenta realmente. Es raro que se acepte la automatización como base del proyecto de nuevas instalaciones.

¿PUEDE AUTOMATIZARSE CON LA SOLA AYUDA DE LOS PROVEEDORES ESTE SISTEMA?

Una de las últimas tendencias de la técnica de dirección está representada por el TREM (Total Research Management). Ello significa, que todas las posibilidades técnicas de un complejo industrial y de sus proveedores deben ser reunidas y utilizadas en beneficio de las actividades de la corporación.

Una de las posibilidades invisibles de un complejo industrial es la experiencia tecnológica y operativa que se puede obtener de las diversas fábricas, de los varios grupos de técnicos y operadores especializados conjuntamente con los técnicos de los proveedores.

Las normas del TREM insisten en que todas estas posibilidades ocultas deben ser analizadas y aprovechadas en todos los proyectos y actividades de la corporación.

El resultado final de un sistema automático controlado con ordenadores, será solamente el producto de programas establecidos previamente por personas que sabían exactamente lo que querían y que se daban cuenta de las posibilidades de la automatización.

Los constructores de ordenadores solamente pueden poner a disposición del cliente sus conocimientos sobre el "hardware" y el "software" de sus equipos y, tal vez, la experiencia relativa que poseen respecto a la influencia que la automatización puede tener sobre el concepto de base de toda la instalación.

Sin embargo, sin la participación activa de los ingenieros y de los técnicos del cliente sería realmente arriesgado contar con los proveedores del sistema y de los instrumentos para que éstos realizaran un proyecto que respondiera a todas las características requeridas por los clientes.

Es un derecho y un deber del cliente decidir qué es lo que quiere y cuáles son sus necesidades, después de haber obtenido la seguridad de que sus demandas podrán ser satisfechas con la aplicación del "hardware" y del "software" ofrecidos por la sociedad constructora de los ordenadores.

Una vez tomada esta decisión, el cliente debe poner su experiencia y sus conocimientos al servicio del proyecto. Deberá, además, tomar todas las medidas necesarias para garantizar la plena aceptación de las responsabilidades por parte de su personal técnico. Esto

equivale prácticamente a reorganizar su personal de forma que se asegure la colaboración continua de sus ingenieros y técnicos para el desarrollo del proyecto. Esto les familiarizará, además, con los detalles de los proyectos y, cosa más importante todavía, les hará sentirse conscientes de los motivos que han incitado a la elección de las diferentes soluciones.

Permítanme dudar de que exista una sociedad proveedora de ordenadores que, sin la asistencia adecuada del cliente, sea capaz de realizar, con alguna probabilidad de éxito, un sistema completamente automático. Pero con la ayuda de los clientes y de los proveedores de los instrumentos, una buena sociedad constructora de ordenadores puede asegurar al cliente su total responsabilidad del sistema y la calidad final del producto.

Por amor de la justicia se debe subrayar que no existe ni una sola organización de "engineering" que pueda, sin la asistencia de todas las partes interesadas en el proyecto, realizar un estudio que comprenda la automatización y la integración. Los problemas de tales estudios son tan complejos, que sólo un grupo extremadamente bien organizado podrá operar en tal campo con esperanzas de éxito y asegurar al cliente la continuidad de la asistencia técnica y de consulta.

CONTRIBUCION DE LOS PROVEEDORES DE MAQUINARIA A LA AUTOMATIZACION Y A LA INTEGRACION

Los constructores de maquinaria han hecho considerables esfuerzos para realizar modelos tales que permitan una mejor y mayor producción. Ellos han sido los animadores que han influido sobre los productores de materiales a mejorar los refractarios, las trituradoras, los molinos, etc.; pero, aparte de todo esto, pocos esfuerzos han sido dirigidos en pro del desarrollo del lado operacional de dicha maquinaria. Sólo algunos constructores han intentado tímidamente familiarizar a sus ingenieros con el principio de la automatización y de la integración, y su posible influencia sobre el concepto y la conducción de una moderna fábrica de cemento. La industria del cemento debe pues aceptar como un hecho consumado que, en el desarrollo de estos nuevos sistemas, recibirá poquísima, sino ninguna, ayuda por parte de los constructores.

En Europa, especialmente, la costumbre de exigir garantías por parte de los proveedores es muy corriente y muchos clientes vacilan en hacer excepciones a la regla. Se espera solamente que los proveedores de maquinaria no se aprovechen de esta situación imponiendo su material y sus soluciones técnicas a cambio de la consabida "garantía total". Dichos constructores, deberían darse cuenta de que la época de los clientes que encargan maquinaria sin fijarse en detalles ha terminado para siempre. La garantía de las características requeridas, obtenida mediante máquinas superdimensionadas, que se han sobrelaborado respecto a las de la competencia, el comprometerse a respetar el precio fijado, etc., no son hechos suficientes para satisfacer los requerimientos de una industria tan importante, como es la de las fábricas de cemento. Mientras los proveedores de maquinarias mecánicas no quieran o no sean capaces de reconocer las posibilidades ofrecidas por la automatización, éstos no estarán ciertamente en posición de aceptar o de difundir la idea de la integración de los controles y de las maquinarias. Como consecuencia, el desarrollo de la maquinaria de proceso no estará al nivel de la técnica moderna.

RELACIONES ENTRE PROVEEDORES DE MAQUINARIA Y DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACION

Al Director de una gran compañía de piezas mecánicas, que tenía que suministrar el

equipo para una nueva fábrica de cemento, se le oyó decir que había utilizado toda su influencia para convencer al cliente de que desistiera de la idea de comprar un ordenador para automatizar la fábrica. Por razones que nunca fueron conocidas, el pedido para el ordenador fue cancelado al poco tiempo.

Por otra parte, muchos representantes de ordenadores han expresado la opinión de que es perder el tiempo hablar de automatización a los proveedores de maquinaria para las fábricas de cemento. Y esto, porque muchos de tales señores no han comprendido el aspecto operacional de sus propias máquinas.

Mientras la idea de la automatización no se haya impuesto como solución inevitable de todo nuevo proyecto, no se podrá contar con que los constructores de ordenadores y de máquinas puedan presentar al cliente soluciones aceptables sin la colaboración de un grupo coordinador.

OPTIMIZACION DEL PROYECTO DE LA LINEA DE PRODUCCION

La disposición general de una fábrica convencional no automatizada, se halla influenciada por ciertas restricciones impuestas por los métodos de producción. Estos métodos están compuestos por un conjunto de operaciones efectuadas independientemente unas de otras.

Por razones de facilidad de control y supervisión, todos los molinos están agrupados en un local central, aunque el sistema de transporte del material resulte más complejo.

La necesidad de reducir las distancias cubiertas por el personal de la fábrica que, normalmente, debe efectuar diversas preparaciones independientes, conduce a la elección de la forma U o T. La sala de control colocada en el centro de dicha forma, responde igualmente a las exigencias de la supervisión directa de todas las fases de la elaboración. Se ha demostrado muchas veces que esta configuración requiere largos transportes de material y, lo que es más grave, no se presta a futuras ampliaciones, sino al precio de la destrucción de la idea original.

Para protegerse contra eventuales interrupciones del ciclo se duplican las maquinarias para la producción, los silos de almacenamiento son superdimensionados, los enfriadores del clínker están comprimidos debajo del piso del quemador... mientras el clínker cae desde una altura de 5 a 6 m sobre la parrilla de enfriamiento.

El departamento de trituración que comprende molinos y tamices primarios, secundarios y algunas veces también terciarios, está aún considerado como una solución válida.

Las fábricas automatizadas e integradas se encuentran libres en gran parte de estas restricciones. El proyectista puede buscar las soluciones más eficaces y directas, y como resultado se obtendrán las siguientes simplificaciones:

- a) transporte de material; recorrido más breve y reducción del número de puntos de transferencia;
- b) sustitución de la trituración; tamizado y secado de las materias primas por medio de molinos autógenos;
- c) almacenamiento del clínker; en silos con descarga por gravedad;
- d) reducción de la altura de caída del clínker desde el horno al enfriador;
- e) eliminación de todos los pozos subterráneos;
- f) reducción de la reserva de materias primas o capacidad de homogeneización;

- g) disposición más compacta de la cadena de producción en forma de línea “on-line layout”;
- h) utilización “on line” del aparato de fluorescencia por rayos X y medición de superficie específica (medida de fineza);
- i) el control centralizado; cuya sala estará situada cerca de los laboratorios y las oficinas de la fábrica;
- j) reducción del número de instrumentos, registradoras y llaves de mando;
- k) proceso de puesta en marcha y de paro con lógica incorporada.

En una fábrica integrada, la diferencia entre las distintas secciones, son menos marcadas. La fábrica misma es un conjunto homogéneo con todas las funciones articuladas y conectadas entre ellas.

El proyecto de una fábrica integrada, pide un estudio más profundo que el requerido por una fábrica convencional. El concepto de integración implica un análisis completo y una clara definición de los objetivos, así como un profundo examen de los diferentes métodos y sistemas de fabricación.

Es durante la fase de proyecto cuando se puede realizar la máxima economía en las inversiones de capital y no después de la puesta en marcha de la fábrica, con retoques y modificaciones.

El concepto de una fábrica integrada está completamente libre de la servidumbre que imponen los controles anuales, la manutención de las instalaciones, y la supervisión por parte del personal. La automatización integrada, permite igualmente la introducción de las soluciones más favorables y la aplicación de reglas funcionales basadas en criterios imperativos: transportes más cortos del material y del gas; almacenamiento intermedio mínimo del material; unidad de producción reducida, y mayor control del ciclo de producción por parte de la dirección.

El desarrollo del automóvil no ha consistido en sustituir sencillamente el caballo por el motor, manteniendo inalterada la carrocería del coche. Asimismo, la fábrica de cemento integrada no puede ser realizada sustituyendo el operador por un ordenador, sin efectuar modificaciones sustanciales de los conceptos de base.

Todo esto conduce a la pregunta: ¿quién debe contribuir a la filosofía del estudio del proyecto y la utilización de este tipo de fábricas? Antiguamente, y tal vez todavía actualmente, el dueño y el gerente (o el director técnico) discutirían con más o menos fantasía para decidir la sistematización general de la fábrica. Sus decisiones serían luego defendidas e impuestas con toda la autoridad derivada de su posición.

Pero una vez realizada una instalación, tanto el dueño como los técnicos tendrán que convivir con ella durante largos años. Por este motivo, es inconcebible que una sola persona pueda imponer sus ideas y sus deseos, sin ninguna consideración de la opinión ajena. Los expertos en control y en automatización tendrían, por consiguiente, que tener la máxima influencia sobre el proyecto y sobre la concepción de la fábrica.

ESTUDIO DE LA DISPONIBILIDAD (Availability Engineering)

El grado de disponibilidad de buena parte de la maquinaria de producción ha alcanzado niveles tan elevados, que los gastos imprevisibles son la excepción. Desgraciadamente, otros tipos de maquinaria, con un grado bajo de disponibilidad, debido a agentes tales

como el calor, la abrasión, el polvo, etc., existen todavía y son empleados en el ciclo de producción. No hay que olvidar la posibilidad de paros debidos a la falta de energía eléctrica.

No es únicamente el rendimiento de una máquina aislada lo que cuenta, sino más bien el rendimiento compuesto de todas las maquinarias en conjunto; por ejemplo, si una línea de producción está compuesta por 16 máquinas diversas, cada una con un grado de disponibilidad del 98 % del tiempo, la disponibilidad total de la línea se calculará en un 83 % aproximadamente. Si una sola de dichas máquinas tiene una disponibilidad del 85 %, el tiempo útil total de empleo de toda la línea ascenderá aproximadamente al 73 por 100.

Todo es para indicar que, en una fábrica integrada, el cálculo del tiempo de utilización es un factor extremadamente importante en la elección de la maquinaria mecánica y eléctrica, en la determinación de su número en la línea de producción, y en la elección del número y de la capacidad de los silos para el producto intermedio y terminado.

En el estudio de la disponibilidad influye también el concepto básico de cierta maquinaria. En el caso, por ejemplo, de los molinos, con un conjunto de motores de tipo convencional, el rendimiento del sistema es bastante bajo. Los 3 ó 4 motores deberían, por tanto, reemplazarse por uno solo.

El estudio de la disponibilidad es, por esto, la base para la mejora de la capacidad de las líneas de producción. Un modelo matemático que tome en consideración factores tales como: capacidad y rendimiento de las instalaciones, previsiones de venta, fluctuaciones según las épocas del año y capacidad de almacenamiento permitirán determinar y mejorar la capacidad de las instalaciones, evitando un peligroso empirismo y graves errores de evaluación.

Los técnicos se interesan continuamente en cosas como las calorías, kW, kwh y consumo de los molturadores. La reducción del personal, la duración de los refractarios y las medias diarias de producción, provocan noches de insomnio a técnicos, supervisores y directores.

Pero a la luz de la teoría de la disponibilidad, todas estas cosas resultan de importancia secundaria. Automáticamente se obtiene un mayor rendimiento y, por tanto, una producción mensual y anual más elevada. La reducción del número de quemadores de los hornos, trae como consecuencia una mayor duración de los refractarios, mientras que un funcionamiento más regular de los hornos se traduce en un consumo inferior de calorías.

EL COSTE DE LA AUTOMATIZACION

La opinión de que la automatización es demasiado costosa está todavía, por razones varias, muy difundida.

Es fácil probar que un sistema de control con ordenadores con todos sus instrumentos especiales, resulta mucho más caro que una instalación convencional o semi-automática. En general, el coste del estudio del proyecto es más elevado que el requerido por una instalación convencional. Pero si la instalación está proyectada de manera que se obtengan las máximas ventajas de las posibilidades ofrecidas por la automatización y por la tecnología moderna, las más elevadas inversiones de capital inicial para la adquisición del sistema serán amortizadas, con toda seguridad, en poco tiempo.

CONSECUENCIAS DE LA AUTOMATIZACION

En el momento actual, es evidente que las futuras fábricas de cemento con un alto grado de integración, además de las características mencionadas, tendrán las siguientes particularidades:

- un control más estricto de las cargas del molino, con medidores de finura usados para el control de los separadores;
- pre-clasificación de la materia prima por medio del titulador continuo “on line”;
- control en circuito cerrado de la composición del material por medio de los analizadores químicos “on line”;
- mayor recuperación de energía para el secado de los hornos, y para el gas más frío;
- arranque, marcha y paro programados en todas las secciones;
- la dirección ve aumentadas sus posibilidades de decisión, gracias a la disponibilidad inmediata de informaciones y previsiones respecto al ciclo productivo;
- aplicación de las verdaderas técnicas de mejoramiento para minimizar el uso de aditivos costosos, aumentar el rendimiento de las instalaciones, etc.;
- un mejor adiestramiento de la dirección y del personal, de cómo utilizar al máximo las nuevas técnicas.

El análisis del coste de cada una de estas maquinarias es necesario; ahora bien, si no se efectúa en el marco del conjunto de todas las instalaciones, de las inversiones globales de los métodos de trabajo, etc., el resultado será, a menudo, el rechazo de la aceptación de las nuevas técnicas.

Como ejemplo, diremos que un molino con motor sin reductor es más costoso que un grupo motor reductor. Pero puede ocurrir que la reducción de las dimensiones del edificio donde se instala el molino, la más alta disponibilidad de la unidad de fabricación, la posibilidad de tener un molino de velocidad variable, compensen ampliamente los mayores gastos.

RELACIONES ENTRE GRUPOS CONSULTORES Y CLIENTES

Lo que se dice en general “el cliente tiene siempre razón” es muy popular y, además, aceptado como regla. No se debe olvidar que, aunque en general sea un privilegio del dueño el tomar la decisión final, es igualmente un deber del ingeniero responsable del proyecto el desarrollar, preparar y analizar las cosas de manera tal que “EL” tome la mejor y la más “justa decisión”.

El estudio y el proyecto de una fábrica de cemento moderna e integrada hacen indispensable una más completa, nueva y más estrecha colaboración entre los distintos grupos que “*conciiben*”, estudian las maquinarias, toman decisiones, instalan y, finalmente, manejan la instalación.

La introducción de un ordenador en un proceso de fabricación necesita una revisión completa de la implantación, disposición, concepción, maquinaria, proceso y métodos de trabajo.

La importancia de la diversificación de estos estudios y la necesidad de una absoluta objetividad, justifica la intervención de grupos de ingenieros completamente independientes y con experiencia en dicho campo de trabajo. A esta objetividad se podrá llegar, bien

con un grupo de técnicos de la propia empresa organizado y guiado por un responsable del proyecto "Project Engineer", o bien por un grupo ajeno perteneciente a una compañía de consultores (Consulting Engineering Group).

En el caso de que este último grupo goce de la confianza del cliente, éste podrá operar con la necesaria libertad de juicio, de modo que podrá efectuar la mejor elección para la realización de la fábrica integrada. Con los proveedores, por una parte, y los técnicos de la fábrica, por otra, dicho grupo de consulta estará en posición de analizar los pedidos y los deseos de ambas partes, de armonizarlos y de sacar el mayor beneficio para todos.

Por estas razones, lo más conveniente es que el proyecto que se debe llevar a cabo sea planificado con todo detalle desde un comienzo, ateniéndose después estrictamente al mismo. Los servicios técnicos y los servicios generales del cliente deberán abstenerse de sustituir al grupo de consultores en los contactos con los proveedores y los contratistas. Para obtener los mejores resultados, el cliente, o bien sus representantes, deben someterse estrictamente a las reglas del estudio analítico del problema.

COMO SECUNDAR AL CLIENTE

No hay nada más agradable que tomar la decisión de comprar un bonito automóvil o una casa lujosa. El encanto comienza cuando los parientes, los amigos y las demás personas se enteran de nuestra decisión. Una cosa similar sucederá probablemente en el caso de la adquisición de un ordenador para la automatización. Los socios, los conocidos de la persona que se ha decidido a dar el gran paso, se transforman en expertos improvisados de la automatización y de la modernización. Y como cuenta las razones en favor o en contra de la automatización son tan variadas, como pasar de las teorías religiosas a la ciencia-ficción.

A este grado, se sabrá si los técnicos han sabido familiarizar al cliente y a sus socios con todos los aspectos de esta nueva técnica. Las explicaciones deberán ser repetidas innumerables veces, de modo que el cliente quede satisfecho de la decisión tomada. Un cambio de ruta a mitad del camino, con los consiguientes retoques del proyecto inicial, puede conducir a resultados desastrosos.

Los ingenieros que se ocupan de la realización del sistema tienen tendencia, a menudo, a dejarse llevar por su entusiasmo. Deben mantenerse serenos y modificar su lenguaje en beneficio de una mejor comprensión por parte de los técnicos e ingenieros que se ocupan de la producción.

APLICACIONES DE LA AUTOMATIZACION A LAS INSTALACIONES YA EXISTENTES

A menudo se plantea el problema, de si la filosofía de la integración y de la automatización se puede aplicar también a las fábricas ya existentes, o si se debe reservar para las nuevas.

Las instalaciones existentes pueden ser conciliadas, hasta cierto punto, con las ideas de la automatización y con los principios de la integración. Para justificar tales decisiones será necesario, probablemente, modificar las instalaciones, alterar los conceptos y los métodos de producción, y el personal deberá ser reeducado o sustituido.

Se deberá tomar la decisión de adquirir un ordenador, después de un detallado examen de las consecuencias que ello tendrá en el funcionamiento de toda la fábrica. El encargar un ordenador y analizar después las consecuencias que de ello se deriven significa exponerse, en muchos casos, a experiencias negativas.

Primeramente, se deberá emprender un estudio que dirá si la integración es posible. Dicho estudio demostrará también, qué cambios del aspecto físico de las instalaciones son necesarios, qué líneas de la producción deberán ser eliminadas, sustituidas o modificadas. Además, se indicarán las eventuales pérdidas debidas al paro de la producción durante el período de transición, cuáles serán las consecuencias para el personal, cuáles las mejores de la calidad del producto terminado y a cuánto ascenderán las inversiones necesarias.

Es posible, ciertamente, introducir gradualmente la automatización en una fábrica no integrada. La base para un mejor proceso de elaboración, es la optimización y la mejora del crudo. Esto es posible, sin modificar demasiado el proceso de elaboración, con la adición de valoradores "on-line" o equipos X "on-line". El control de molturación puede ser mejorado con el uso de medidores de finura continua (on-line) que, a su vez, actuarán sobre los separadores. Hay (todavía muchas) más soluciones que, con un coste modesto, permiten dar el primer paso hacia la integración y la automatización.

Muchas de las instalaciones existentes van siendo aplazadas y modernizadas. Y es interesante observar, cómo sólo en raros casos el proyecto ha sido estudiado y analizado desde el punto de vista de la automatización y de la integración.

Siempre existe la posibilidad de transformar una fábrica clasificada como "atrasada o anticuada", en una de la categoría "moderna y eficiente", con la introducción de cierto grado de automatización e integración.

DIFERENCIAS ENTRE EUROPA Y NORTEAMERICA

A los dos extremos del Atlántico, los industriales del cemento y de las maquinarias afirman que nuevos conceptos, tales como maquinarias cada vez más grandes, procesos de clinkerización con bajo número de calorías, automatización, etc., están justificados solamente del otro lado del océano.

Un análisis comparado de todos los factores que gravan sobre el coste de producción y sobre las inversiones de capital, muestran que existen sólo diferencias marginales entre las industrias del cemento en los dos continentes. Los salarios son más elevados en Norteamérica, pero esto está compensado por el precio más bajo del combustible. Los márgenes de beneficio no son más elevados en Europa que en Norteamérica. Si una moderna fábrica en curso de realización en Europa fuese construida en Norteamérica, en igualdad de condiciones en lo que a la materia prima respecta, su poder competitivo no será muy distinto.

Se puede argüir que la instalación de cierto horno no será necesaria aquí o allá, porque el combustible es barato. Pero esta objeción puede ser refutada si se consideran otros factores, tales como: anchura, diámetro y tiempo de retención del material, etc.

La experiencia enseña que los mismos criterios se pueden aplicar a las nuevas instalaciones de los dos continentes. Tendría que ser la aspiración lógica de todos los interesados, el estudiar unas instalaciones lo más eficientes posibles y el utilizar toda la experiencia disponible en la industria del cemento o, incluso, fuera de ella.

El problema, cada vez más grave, provocado por el coste ascendente de la mano obrera y del combustible, puede ser neutralizado, en parte, por una más alta producción unitaria, por una duración más larga de los molinos y del material refractario de los hornos, disminuyendo el precio de la materia prima con la mejora del crudo, rebajando el coste de las inversiones y del financiamiento con una acción directiva más precisa y directa gracias al uso de ordenadores electrónicos, etc.

EL FUTURO EN LOS PROYECTOS DE FABRICAS DE CEMENTO

Hasta hace aproximadamente 10 años, hornos de 1.000 t diarias de producción eran considerados como grandes dimensiones. Actualmente, hornos de 3.500 t diarias son considerados normales, y ciertas industrias tienen en proyecto hornos de 5.000 t diarias.

Los molinos, que hasta hace unos 10 años estaban limitados a una potencia de 1.000-1.500 CV, han pasado actualmente a potencias del orden de 10.000 CV.

La trituración autógena, ya utilizada en la minería como solución válida de institución de los métodos convencionales, adquirirá cada vez mayor importancia.

La idea de la fábrica totalmente integrada se concretará, y la optimización de los procesos de fabricación por medio de calculadoras será conocido como factible.

Se harán notables esfuerzos para eliminar muchas formas de manutención, sustituyéndola por un servicio de piezas de recambio más perfeccionado. Se harán también materiales con un más alto grado de resistencia al calor y a la abrasión.

Uno de los cambios más importantes que ya se entrevé y que está destinado a acentuarse con el tiempo es el de los consultores, en la estabilización de los conceptos de base y operacionales de las nuevas instalaciones. Aquellos que no pertenezcan al círculo de los expertos de la industria del cemento, deberán reconocer que su trabajo en el terreno técnico y operativo no ha sido de los mejores.

La producción y la capacidad de las fábricas seguirá en aumento. Como consecuencia directa, la automatización será común a todas las fábricas. La automatización de las líneas de producción principales (por ejemplo trituración del crudo, homogeneización, clinkerización, enfriamiento del clínker, molturación del cemento) ha sido aplicada ya al comienzo de los años sesenta.

Un análisis aproximado de las funciones tratadas entera o parcialmente por un ordenador digital en las fábricas de cemento en funcionamiento o en construcción, demuestra que:

- 14 % le usan para la programación de la mina y para el cálculo y el control del depósito de pre-homogeneización;
- 93 % para el control del horno;
- 86 % para el control de la composición del crudo;
- 14 % como almacen de datos;
- 45 % están empleadas como control digital directo;
- 10 % para control de la mezcla del cemento;
- 100 % como sistema de seguridad para dar diferentes alarmas.

El estudio de una nueva fábrica o la renovación radical de una ya existente, que comprenda las características mencionadas, equivale a construir una fábrica moderna similar

a otras que están funcionando ya. Pero cuando tales instalaciones entren en la fase operativa, algunos años más tarde, éstas estarán ya sobrepasadas. Quienes no se muestren previsores en la elección de las nuevas soluciones técnicas, corren el riesgo de tener en su poder nuevas fábricas ya atrasadas el día en que estas instalaciones sean puestas en marcha.

La aplicación a las fábricas de cemento de algunos conceptos utilizados en la industria petroquímica y minera, debería tomarse en seria consideración. Tales principios permiten la realización de fábricas integradas, con la consiguiente reducción del coste de la producción y de la inversión de capitales, y requieren el uso de la automatización total para la obtención de las mejores características.

Los países con un índice bajo de industrialización tienen la tendencia de desechar la idea de pasar por los diversos períodos de evolución técnica, necesarios para la realización de fábricas de concepción muy avanzada. Estos países no están frenados por consideraciones restrictivas que, en las naciones de alto desarrollo comercial, obstaculizan la aceptación de los modernos métodos de desarrollo de la industria del cemento. Por consiguiente, los mencionados países sub-desarrollados compensarán su retraso y, en algunos casos, podrán incluso ir a la vanguardia de las modernas técnicas de la industria del cemento.

Guste o no, la industria del cemento debe lanzarse a la aplicación de los ordenadores de proceso. Las ventajas potenciales de tal decisión no pueden ser ignoradas por más tiempo.

BIBLIOGRAFIA

- (1) "Computer Direction of Quarry Operations"; by F. LEBEL, A. GUY and D. E. HAMILTON, ROCK PRODUCTS magazine (March 1967).
- (2) "Sophisticated Sampling Systems Optimize Computer Operations at Allentown Portland Cement"; by S. LEVINE, ROCK PRODUCTS magazine (April 1967).
- (3) "Cement Automation (1965)"; by E.A.E. Rich, 1965 IEEE Cement Industry Conference at Allentown, Pa., U.S.A.
- (4) "Application of A Digital Computer To The Cement Making Process"; by J. R. ROMIG and W. R. MORTON (at Sept. 1964). Stockholm, Sweden, International Conference at IFAC-IFIP.
- (5) "Some Basic Concepts Involved in Automating Cement Plants", by E.A.E. RICH (1961) AIEE Cement Industry Conference at Detroit, Michigan, U.S.A.
- (6) "Large Size Clinker Cooler Operations"; by C. J. DICK and R. G. SCHLAUCH of The Fuller Co., Third Annual Cement Industry Operations Seminar at Chicago, Ill. (November 26-28, 1967), sponsored by ROCK PRODUCTS magazine.
- (7) "Instrumentation and Control For Industrial Minerals Current and Future"; by J. SCRIMGEOUR, Canadian Mining And Metallurgical Bulletin (July 1967).
- (8) "Applications Of A Digital Computer Control To The Cement Manufacturing Process"; by M. R. HURLBUT, D. L. LIPPITT and E.A.E. RICH, International Seminar, Brussels (1968).
- (9) "A New Concept Of Management"; by R. ANDERSON, North American Rockwell Corporation, The American Club of Geneva (March 14, 1969).
- (10) "Process Control"; by TH. M. STOUT, Datamation Magazine (February 1966).
- (11) "Availability Engineering Unravels The Cost of Downtime"; by R. FOWLER, Jr., in Modern Manufacturing (July 1968).

COLOQUIO

Sr. PRESIDENTE: *Esta presidencia está segura de que todos los asistentes, al oír la amena disertación que acabamos de escuchar, no saben que alabar más, si sus profundos conocimientos o la aguda perspicacia psicológica e ironizante del Sr. PIGNATELLI. En esta exposición, nos ha dejado ver la absoluta necesidad de que, si se desea automatizar las fábricas de cemento, es preciso que se considere esta automatización como un elemento más en el momento de proyectarlas. Igual que cuando se introdujo la mecanización, sustituyendo operaciones manuales, hubo que considerar una reestructuración total de la fábrica. Hoy, en vista de este nuevo elemento fabril, hay que reestructurar el proyecto, desde un principio, y para ello es fundamental la colaboración de las empresas especializadas en automatización de las fábricas de cemento, no sólo con los empresarios fabricantes, sino también con las empresas constructoras de maquinaria para la fabricación. Es preciso que todos los que hemos de integrar la futura fábrica tengamos una nueva mentalidad pensado en la automatización, y en esta mentalidad le corresponde quizás al técnico un gran papel en el diálogo entre técnicos de las distintas entidades industriales, lo que puede llevar a la concordia de una solución, y es que los técnicos hablan un mismo idioma, el idioma de la técnica. Y es, por consiguiente, hablando un mismo idioma como todos pueden llegar a entenderse. Entonces, hace falta una mayor información sobre el tema; es preciso que haya una información total para que se cree esa nueva mentalidad de que el conferenciante nos habla, para que podamos tener una cultura que abra la nueva era de las fábricas de cemento integradas con una real eficacia, no haciendo adquisiciones de carácter espectacular y vanidoso, sino yendo realmente a una nueva reestructuración de las fábricas, con un beneficio económico para la industria y un beneficio económico para el país.*

En esta información sobre el tema muy de actualidad que los V^{os} Coloquios han escogido como cuestión que abre esta perspectiva, la conferencia del Sr. PIGNATELLI ha resultado exhaustiva y fundamental, centrando el tema en todos sus aspectos. Por ello, me permito en nombre de todos Vds. felicitar al Sr. PIGNATELLI y agradecerle esta magnífica exposición.

Se ofrece amablemente a contestar a las preguntas que Vds. quieran hacerle. Si es así, estoy seguro de que el Sr. PIGNATELLI les pondrá al corriente a todos los que pregunten.

Sr. LOPEZ SOLER: *Yo quisiera preguntarle si podría indicarnos la capacidad mínima de una fábrica en la que sea rentable la automatización. Ya sé que no se puede traducir en cifras exactas; pero dentro de un amplio margen, puede ser.*

Sr. PIGNATELLI: *Es un poco como la pregunta que el Sr. VARGAS ha hecho esta mañana. Ya había tomado una nota sobre la conveniencia de los ordenadores ¿Cuál es el límite? Esto no es tan fácil de decir. Hay un límite en el que se tienen que considerar muchas cosas, como el mercado, o cuanto cemento puede producirse. Pero en líneas máximas sí se puede decir, que a partir de 1.500 t diarias, se puede empezar ya a ver la necesidad y la posibilidad de una automatización. Y esto más que nada para poder obtener una calidad controlada y constante, como otros conferenciantes han dicho esta mañana,*

para poder disminuir los gastos de mantenimiento, poder disminuir los paros de la línea de producción, debido al hecho de que, en una máquina automatizada, hay muchos detectores, muchos medidores. En todas las máquinas hay controles que pueden decirnos, por ejemplo: "Señor, mañana me voy a romper. Entonces, vete ya un poco más despacito y ponme un poco de aceite, hazme algo, pero tienes que hacerme algo, hoy".

Cuando una máquina se ha roto ya, se necesita mucho más tiempo para repararla que hacer un pequeño mantenimiento cuando se sabe ya que esto va a romperse. Entonces tienen también paros que están previstos, como cada año tiene que haber un paro de unas cuantas semanas para la limpieza; es en esta temporada cuando esta máquina tiene que ser sustituida y entonces se tienen ya las piezas para la sustitución y así se gana tiempo. Así se gana tiempo y dinero.

Sr. LOPEZ SOLER: No, si yo no discuto las ventajas de la automatización, pero tiene distinta aplicación entre hornos de diversas producciones más o menos entre 500 y de 5.000 t; entre los dos límites, ¿en cuál de ellos resulta más económica?

Sr. PIGNATELLI: Pues más o menos sobre las 1.500 t diarias. Antes se ha proyectado un gráfico, donde se veía que el coste de la automación subía muy poco con la producción, mientras que había un doble ahorro, ahorro material y ahorro por aumento de producción, que ya en 1.100 t empezaba a manifestarse y en 1.500 t se limitaba.

Sr. PONT: Solamente quería preguntar si esas 1.500 t son por horno o por fábrica.

Sr. PIGNATELLI: Por horno. Si se hace por fábrica, la inversión inicial es más cara, porque tiene Vd. dos hornos y tiene todo el doble. También, si Vd. empieza con esto, emplea un sólo ordenador para los dos.

Sr. TOBIO: Yo quería preguntar al Sr. PIGNATELLI si ha pensado que el cemento es el producto más barato que la industria química fabrica y, por consiguiente, si esta razón no frenará en un futuro la aplicación de la automatización. Es decir, no es lo mismo pensar en automatizar una fábrica de gasolina, en que el litro vale mucho dinero, que una fábrica de cemento, donde el kilo no vale casi nada. Es decir, ¿se ha pensado en este factor cuando se habla de automatización? No digamos en una fábrica de plástico o fibras sintéticas que tienen un alto precio por kilo.

Sr. PIGNATELLI: Es un poco difícil contestar a Vd. y creo que también los fabricantes de cemento se han planteado esta pregunta, que mucho me gustaría resolver. Si hoy día un señor decide hacer una fábrica automatizada clásica, mañana pueden salir nuevas maquinarias, ¿verdad? Estas maquinarias no pueden sustituirse de un día a otro. Si hoy vamos a automatizar, si pensamos hacer una fábrica, tendremos siempre tiempo de amortizarla antes de empezar a emplear estos nuevos productos. Si alguien tiene una respuesta mejor, que me ayude.

Sr. CALLEJA: Yo quisiera preguntarle si cree que hay o puede haber una relación con el paralelismo de distintas etapas de automatización, es decir, instrumentación, control centralizado pero manual, control automático y control por ordenador y los valores crecientes de la capacidad de producción de las fábricas, que pudieran venir afectados por cada una de estas etapas.

Sr. PIGNATELLI: *No creo que haya una relación entre eso, porque vamos a tomar esto por etapas. Si Vd. empieza a poner detectores y varios instrumentos de medida para controlar muchos más puntos de sus maquinarias, Vd. tendrá siempre que conducir la fábrica como lo hacía antes. La única cosa es que tiene que mirar muchos más instrumentos y nada más. Yo creo que la manera mejor, sería hacer un taller a la vez previendo un ordenador, después de haber estudiado esto. Pero hacer por completo un taller y al final hacer la coordinación a través del ordenador de todo este complejo, entonces empieza Vd. a aumentar la capacidad productiva de un taller. Pero empezar a hacer un poco en toda la línea, Vd. no aumenta nada. Esto no tiene relación con el aumento de capacidad. Al final Vd. hace sólo un paso. Pone el ordenador a todas esas cosas, pone el ordenador para coordinar todo y entonces no creo que haya nada que sea rentable al hacer las cosas en este sentido, pero por etapas en cada sección sí lo es.*

Sr. ALAMAN: *¿Cuál es el tiempo medio de amortización del equipo de automatización?*

Sr. PIGNATELLI: *Lo que se calcula normalmente son entre 10 a 15 años; máximo 15 años. Depende sobre todo del mercado que Vd. tiene, de cuál es la relación entre la automatización y el mercado.*