



# Aseguramiento de calidad en ingeniería de proyecto

S. De la Orta-Gamboa, F. Aguilar-López de Nava y J.S. Siu-Chirinos  
*Subdirección General de Ingeniería de Proyecto del IMP*  
Email: [sorta@imp.mx](mailto:sorta@imp.mx) y [jsiu@www.imp.mx](mailto:jsiu@www.imp.mx)

(recibido: abril de 1997; aceptado: agosto de 2000)

## Resumen

Actualmente la ingeniería se enfrenta a diversos retos de competitividad creciente dentro de un mercado prácticamente multinacional; entre esa competencia se encuentra el disponer de un sistema de aseguramiento de la calidad que garantice que los productos y servicios que se ofrecen, cumplan y se realicen con los requerimientos de calidad establecidos bajo normas reconocidas internacionalmente. En este trabajo se describe el sistema de aseguramiento de la calidad para ingeniería de proyecto de plantas e instalaciones industriales, el cual se ha desarrollado en el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) siguiendo los criterios establecidos por normas internacionales, que se están volviendo obligatorias para la aceptación y participación en los concursos de proyectos. Asimismo, se discute la influencia que tiene el uso de herramientas CAD/CAE en el aseguramiento de la calidad, las actividades de ingeniería, así como en el diseño.

Descriptores: aseguramiento, calidad, ingeniería, proyecto, instalaciones, industriales.

## Abstract

*Currently, engineering confronts various challenges of increasing competitiveness in a practically multinational market. One of those challenges is to have a Quality Assurance System guaranteeing that any product or service offered complies with and is available in accordance with quality requirements established by internationally recognized norms. This work describes the Quality Assurance System for Project Engineering of industrial plants and facilities that was developed at the IMP (Mexican Petroleum Institute) under criteria set forth by international norms, the compliance of which is compulsory, so that such plants and facilities can be accepted and participate in bidding procedures for the project. This work also deals with the effect of the use of CAD/CAE tools in Quality Assurance engineering and design activities.*

*Keywords: assurance, quality, engineering, project, industrial facilities.*

## Introducción

La ingeniería de proyecto para plantas e instalaciones industriales es uno de los diversos tipos de servicio en la práctica de la ingeniería, que requiere más de la participación multidisciplinaria de las distintas especialidades de esta materia.

Lo anterior, aunado a que cada vez son más complejos y avanzados los procesos de producción, transformación, fabricación, construcción, instalación y operación requeridos en una planta o instalación industrial, y que a su vez, también son más estrictos los requisitos de seguridad y protección al medio ambiente en dichas instalaciones, ha hecho necesario no sólo disponer de capacidad e infraestructura

tecnológica actualizada, sino también, contar con metodologías y herramientas CAD/CAE (Dibujo Asistido por Computadora/Ingeniería Asistida por Computadora) que permitan a las compañías mantener una competitividad, acortando tiempos de duración del proyecto, reduciendo costos y aumentando la calidad del proyecto realizado.

En este país, para lograr la competitividad y poder participar aún en el mercado local, las empresas de servicios deben enfrentarse a competidores multinacionales; para ello requieren de sistemas de aseguramiento de calidad para garantizar al cliente que los servicios y productos que ofrecen cumplen con los requerimientos de calidad establecidos por normas reconocidas y aceptadas internacionalmente.

*“Para tener la oportunidad de integrarse al mercado de libre competencia, solamente se requiere de cierto nivel de calidad, ... Y mucho más que eso para ganar”.*

### Antecedentes

En un proyecto de ingeniería complejo, la falla de cualquiera de sus partes puede provocar el fracaso del conjunto. Esto aplica al diseño, la procura (compra de insumos), la fabricación, la construcción y la administración de proyecto. Cada uno de ellos como parte integrante del mismo participa en la calidad del proyecto. En la Fig.1 se muestra que para obtener la calidad en un proyecto, el producto debe cuidar las diversas partes que lo constituyen, empezando con las especificaciones que establece el cliente, la ingeniería que se desarrolle, la calidad con que son diseñados y fabricados los diferentes equipos, los materiales empleados de las distintas componentes e instalaciones y la realización de la construcción, apegándose a lo establecido en la ingeniería, la dirección y programación de la obra, así como la calidad con que se lleve a cabo la operación por el usuario para no dañar las diversas partes y componentes del proyecto.

A medida que los proyectos se han hecho más grandes y complejos, se han desarrollado herramientas para su administración. Tal vez la primera de ellas fue la inspección, cuyo objetivo era asegurar que las partes y componentes de las piezas manufacturadas cumplieran con las

tolerancias dimensionales indicadas en los planos. Cuando se incrementó el uso de subcontratistas para diseñar y fabricar componentes de un conjunto, se hizo necesaria la creación de herramientas de control para asegurar el ensamble adecuado de las partes, así también de herramientas, para asegurar que las mismas se produjeran en la secuencia más conveniente. Así, las herramientas de planeación y los métodos de programación mediante ruta crítica se hicieron populares durante las décadas de los años 50 y 60, principalmente a través de varios proyectos militares como los cohetes Polaris y los submarinos nucleares. Con la introducción comercial de los reactores nucleares y el desarrollo explosivo de la industria aeroespacial, se cobró conciencia de que la falla de un solo componente de un conjunto de miles de piezas similares podía provocar fallas muy costosas e incluso catastróficas. Para contrarrestar esto, se desarrollaron herramientas de confiabilidad, las cuales puedan mejorar, duplicar, redundar o comprobar diseños exhaustivamente. Por otra parte, con la introducción de las computadoras digitales y los métodos de análisis como el elemento finito, que hasta esta época no habían podido ser aplicados industrialmente por cuestiones de tiempo y costo, las técnicas y métodos de diseño cambiaron radicalmente, requiriendo de una coordinación rigurosa y planificada, principalmente por las reducciones en tiempo calendario que se han podido lograr al utilizar las herramientas de diseño automatizadas.



Figura 1. Componentes de la calidad en un proyecto

Para llevar a cabo otras tareas igualmente importantes en el desarrollo de los proyectos, se elaboraron métodos de análisis financiero, conceptos de valor presente y control de flujo monetario. Por otra parte, en las fábricas y talleres se implementaron técnicas de control de calidad, métodos estadísticos y recientemente conceptos como calidad total y aseguramiento de la calidad. Este último concepto se ha extendido al diseño, la procura, construcción y la administración de los proyectos para asegurar las características de calidad del producto final.

### Aseguramiento de calidad en el diseño

La definición formal de aseguramiento de calidad cubre todas las actividades necesarias para asegurar que el producto final funcionará satisfactoriamente cuando se encuentre en servicio. Sin embargo, es apropiado definir el alcance del aseguramiento de la calidad en el diseño, que puede considerarse como:

“Asegurar que la etapa de diseño se lleve a cabo de una manera planeada y sistemática, que conduzca a obtener una confianza razonable para que el producto se fabrique de acuerdo con los requerimientos del diseño y se comporte de una forma satisfactoria, confiable y con condiciones de seguridad”.

Esta definición reconoce que lograr un nivel adecuado de confianza en la calidad del diseño es un pre-requisito para lograr la confianza adecuada en el producto final. Hasta hace poco, se pensaba que la aplicación de un sistema formal de aseguramiento de calidad pertenecía al dominio de la fabricación y el montaje. En la actualidad, existe la convicción de que los controles que se puedan llevar a cabo durante la etapa de manufactura no pueden compensar de ninguna manera los errores de diseño. A lo más que se puede aspirar es a detectar las fallas durante las pruebas y llevar a cabo acciones correctivas que serán costosas en tiempo y recursos. Por el contrario, de no detectarse resultarán con problemas de funcionamiento durante el servicio, lo cual ocasionará afrontar serias implicaciones comerciales, o bien, poner en riesgo la seguridad de las instalaciones.

Además de la presión de las repercusiones económicas y de prestigio para reducir los errores que puedan producirse en las etapas de diseño, hay otros factores que implican la necesidad de tener un método más sistemático para llevar a cabo el control de la calidad del diseño, entre ellos está el uso cada vez más amplio de las computadoras, paquetes de software para aplicaciones diversas, uso de herramientas CAD-CAE, sistemas electrónicos de disseminación de información, etc. Estos factores se analizan con detalle más adelante, para

evaluar las mejoras en los controles de diseño requeridos y lograr la calidad adecuada.

La escala y complejidad técnica de los proyectos que requiere la industria, implican conjuntar cantidades importantes de ingenieros especialistas y técnicos experimentados para llevar a cabo las labores de diseño.

Esto conduce a organizaciones complejas con múltiples interfases internas y externas, así como actividades que abarcan desde las etapas de definición del proyecto hasta las pruebas y puesta en marcha de las instalaciones. En la Fig. 2 se muestran las etapas y las principales interfases de un proyecto industrial típico. Cada interfase representa una fuente potencial de problemas de aseguramiento de la calidad, que pueden surgir ya sea por la falta de definición de las responsabilidades de los grupos o personas involucradas, o bien, por a la falta de control del flujo de información. Para un proyecto particular, la definición clara de las responsabilidades de las diversas especialidades y grupos involucrados es esencial. Una falla en la definición de las responsabilidades o el control adecuado de información en las interfases es aún más grave en la calidad del producto final. La información para diseño necesita ser precisa, clara y completa, así también, sujeta a un procedimiento de control estricto de cambios. Los procedimientos informales basados en costumbres y prácticas erráticas deben evitarse e incluso erradicarse dentro de un ambiente de diseño que propicie el aseguramiento de la calidad.

### Uso de computadoras

El impacto de las computadoras digitales en los ambientes de diseño de ingeniería ha sido muy significativo y su constante evolución representa un reto para mantenerse al día. Por otra parte, los beneficios reales y potenciales son enormes; de hecho, en la actualidad es posible llevar a cabo actividades de cálculo y análisis, que sin auxilio de las computadoras sería imposible realizar. Asimismo, es posible almacenar y obtener casi instantáneamente cantidades inmensas de información y datos para su utilización en la toma de decisiones para diseño, actividad que hasta muy recientemente se realizaba con poca información y de forma empírica.

Sin embargo, también hay peligros que sólo mediante una metodología extremadamente disciplinada y consistente con los principios de aseguramiento de calidad, se pueden evitar. Las áreas de problemas potenciales varían de acuerdo con la utilización de las computadoras y en este contexto nos referiremos a las aplicaciones por computadora en las siguientes áreas:

- Solución de problemas
- Sistemas de información e
- Ingeniería y diseño por computadora CAD, CAE

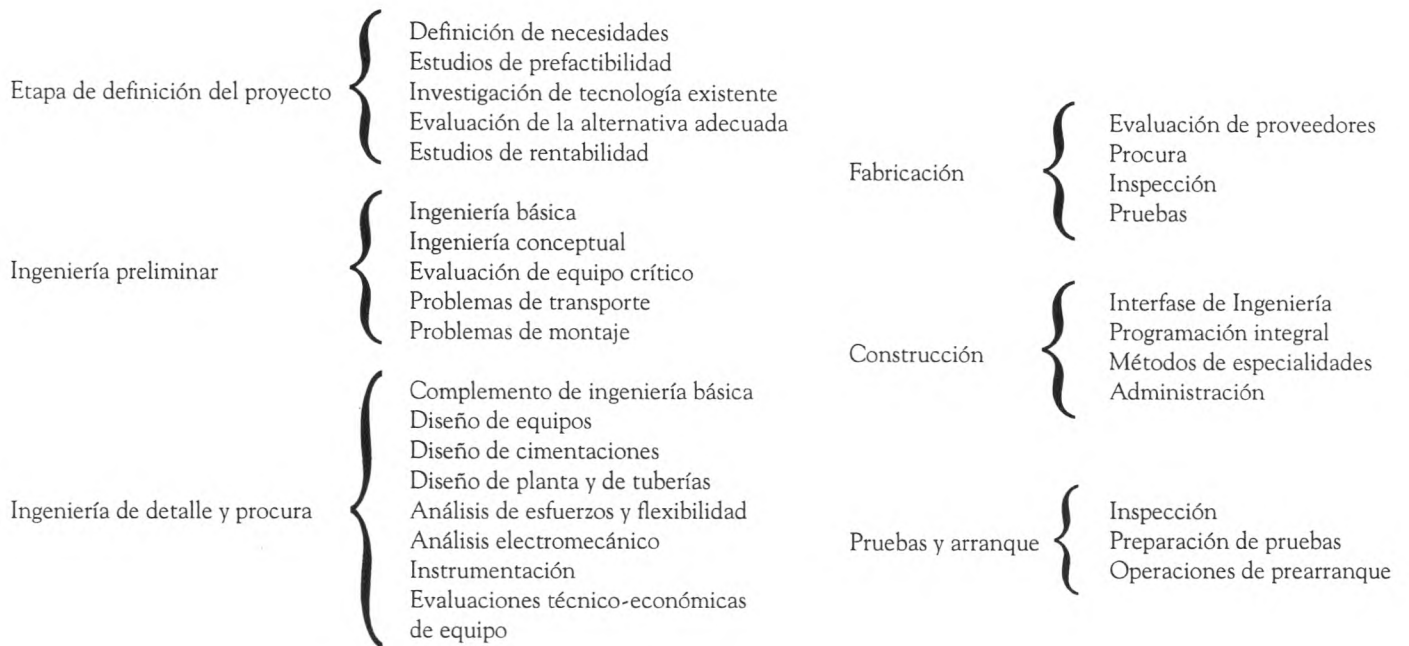


Figura 2. Etapas e interfases de un proyecto típico

## Solución de problemas

Antes de utilizar un programa de computadora para llevar a cabo cualquier tipo de cálculo, se requieren procedimientos para asegurar que éste ha sido validado y que su versión es la correcta. Dependiendo de la fuente del programa, que puede ser interna o externa, se debe contar con procedimientos y controles apropiados para esta tarea.

Durante el uso del programa se debe verificar la consistencia y validez de los datos de entrada, incluso por otra persona; y en algunos casos muy críticos, la corrida se debe efectuar con dos programas de computadora diferentes basados en métodos analíticos distintos. Es obvio, que los resultados deben verificarse por comparación con resultados similares e incluso someterse a la revisión y evaluación por algún experto en el área específica de aplicación.

## Sistemas de información

En esta área, lo más importante será contar con la base de datos adecuada, que deberá permitir el acceso y manipulación sencilla de la información, a la vez de contar con un sistema de seguridad que asigne autorizaciones de acceso por áreas y niveles de responsabilidad. También, debe contarse con filtros adecuados para la validación de la información de entrada.

Asimismo, es sumamente importante contar con procedimientos para efectuar respaldos electrónicos redundantes con la periodicidad adecuada a cada caso, ello para evitar pérdidas y daños en los datos o información requeridos para el diseño.

## Ingeniería y diseño auxiliado por computadora

Desde los años setenta apareció en el mercado un conjunto de programas y sistemas orientados a automatizar las labores de graficación, dibujo y diseño, de los cuales actualmente se cuenta con los siguientes tipos:

- 2D con o sin base de datos
- 3D únicamente gráficos
- 3D gráficos con base de datos (inteligentes),
- 3D "inteligentes" con interfases para análisis de Ingeniería (CAE) y postprocesamiento.

Entre los primeros, existen programas para generar diagramas de flujo, diagramas de tuberías e instrumentación, diagramas de control, esquemas de diversos equipos de proceso, dibujos de cimentaciones, dibujos de estructuras metálicas, dibujos de distribución de cables eléctricos, y en general, dibujos en dos dimensiones. Recientemente, han aparecido programas para el diseño auxiliado por computadora que permiten la creación de modelos tridimensionales a escala, de equipos, componentes, estructuras e incluso

instalaciones completas. Algunos de ellos, que se pueden clasificar como preprocesadores, permiten generar, además de una representación muy realista del equipo o componente, la malla de elementos finitos (EF) requerida para el análisis. Otros, denominados postprocesadores, permiten superponer información de los resultados sobre el modelo o la malla de EF, produciendo como salida una representación gráfica a color en la pantalla de una terminal de computadora, o bien, en papel.

Entre los programas más completos para diseño tridimensional de instalaciones industriales, se tienen paquetes como el PDMS, el PASCE, el 3-DM y el CATIA.

Diseñar con estas herramientas ha presentado una serie de ventajas, entre las que se pueden señalar:

1) Todos los componentes se manejan con sus dimensiones reales, evitando confusiones, a diferencia de los métodos tradicionales en los que frecuentemente se llevan a cabo distorsiones de escala o los componentes se muestran en forma aproximada.

2) Se obtiene una representación única de la planta, a disposición continua de todas las especialidades, con las ventajas de consistencia, precisión y facilidad de interpretación.

3) Se eleva la calidad de diseño, ya que se puede efectuar la verificación de interferencias a lo largo del proceso de diseño en varios niveles, desde el visual, hasta el completamente automático.

4) Se puede transferir información en forma automática entre los DTI's (Diagramas de Tubería e Instrumentación) y el modelo tridimensional (3D), lo que mejora la consistencia de los datos.

5) Se puede extraer todo tipo de informes gráficos o alfanuméricos de todos los componentes del modelo, en forma independiente o de conjunto, con lo que se facilita la tarea del constructor.

6) Se puede hacer transferencia electrónica de información entre la base de datos del modelo y otros programas de aplicación, como los de análisis estructural o flexibilidad de tuberías, con el consiguiente ahorro de tiempo y la mejora en calidad.

7) El avance del diseño es más evidente y lo puede revisar cualquier persona, incluso externa al proyecto, a través de la visualización selectiva de áreas, especialidades o componentes, directamente en las pantallas gráficas de las estaciones de trabajo.

8) El modelo también se puede utilizar para planear la actividad constructiva, simulando las operaciones de montaje y maniobras. A este respecto, cabe mencionar que se han desarrollado herramientas muy modernas denominadas simuladores de construcción que utilizando precisamente como información base los archivos de diseño tridimensional creado con el paquete 3-DM permiten simular el proceso constructivo y su logística, y comparar alternativas. Estos paquetes permiten modelar, visualizar e incluir en la simulación, equipos de construcción como grúas, plumas, etc., lo que repercute grandemente en la previsión de problemas y en el costo de la construcción.

Un proyecto de gran envergadura que realizó Snamprogetti y el Instituto Mexicano del Petróleo para Petróleos Mexicanos, consistió en el complejo de hidrodesulfurización de residuales para la refinería de Tula, Hgo., en el cual se utilizaron varias de las herramientas de automatización e integración CAD/CAE. El proyecto total tuvo un costo superior a los 600 millones de dólares y estuvo planeado para realizarse en su totalidad en menos de 3 años.

El desarrollo de métodos asistidos por computadora asociados con los de aseguramiento de calidad permite realizar proyectos muy grandes y complejos en tiempos reducidos y con mayor calidad y precisión. La tendencia es hacia una mayor integración de los procesos y las áreas que aún no han sido incorporadas en las herramientas existentes. De acuerdo con la tendencia actual, en un futuro cercano se logrará la ejecución automática de ciclos de diseño y revisión contra los reglamentos y requerimientos del proyecto, con objeto de lograr una optimización en términos de costo, seguridad, facilidad de construcción o de minimización de residuos. Sin embargo, el peligro potencial de mala utilización o subutilización de estas herramientas no debe soslayarse, ya que el mejor de los programas no sustituirá, al menos en un futuro previsible, el sentido común y la experiencia de personal capacitado.

### Programa de aseguramiento de la calidad

Dentro de las actividades principales para la implantación del sistema de aseguramiento de la calidad de un proyecto, y en este caso, para proyectos de plantas industriales, se encuentran:

a) Revisar el manual del programa de aseguramiento de calidad para identificar las áreas que requieran mejorarse y cumplir con los requerimientos del contrato, así como con los estándares especificados.

b) Revisar el plan de calidad del proyecto para verificar que se identifica con las secciones aplicables al contrato,

al alcance del trabajo, del manual de aseguramiento de la calidad y que suministre una referencia comparativa para implantar los procedimientos.

c) Revisar los procedimientos implantados para asegurar que proveen la dirección y guía necesaria para satisfacer los requerimientos del programa de aseguramiento de la calidad.

d) Revisar las actividades en el momento en que se están desempeñando para asegurar que se cumplan de acuerdo con los procedimientos implantados.

Para cada proyecto se elabora un plan de mejoramiento documentado como parte del sistema de mejoramiento para las actividades de ingeniería y diseño del proyecto, a fin de disponer de un medio efectivo para asegurar que los compromisos contractuales del proyecto, establecidos en el contrato, se cumplan de acuerdo con lo establecido con el cliente, garantizando la calidad de los servicios de ingeniería.

El plan de calidad del proyecto, está constituido por el manual de calidad del mismo, o sea, los procedimientos de coordinación, de trabajo en las especialidades, los compromisos contractuales del proyecto con el cliente, el aseguramiento de la calidad de los compromisos contractuales y auditorías internas. La aplicación y elaboración de cada uno de estos documentos está en función de los requerimientos contractuales.

La actividad de las auditorías internas permite verificar el cumplimiento de los compromisos contractuales y la experiencia permite establecer la necesidad de programarlas con tiempo y participación de personal experimentado que cuente con un nivel adecuado y que no se encuentre involucrado en el

proyecto, además de realizar la adaptación de las listas de verificación generales al tipo de proyecto.

En la Fig. 3 se muestran de manera objetiva los documentos típicos que constituyen el sistema de aseguramiento de la calidad y el plan de calidad de una empresa.

Dentro de las acciones inmediatas que se han iniciado para la implantación de este sistema de aseguramiento de la calidad, algunas de las cuales se encuentran en proceso de automatización, se tienen:

- 1) Ingeniería conceptual temprana en el proceso.
- 2) Creación y preservación de base de datos única para cada proyecto.
- 3) Modificación en la secuencia de pasos del diseño.
- 4) Diseño concurrente mediante el uso de redes.
- 5) Construcción de un modelo tridimensional de la geometría exterior de los componentes más importantes.
- 6) Intercambio electrónico de información relevante para evitar errores de transferencia.
- 7) Visualización electrónica del diseño para revisión mediante superposición selectiva de especialidades.
- 8) Generación de información gráfica volumétrica, selectiva en forma convencional o especial para revisión, referencia o documentación.
- 9) Integración de procesos de cálculo a los datos de la base única de cada proyecto.
- 10) Uso de filtros y verificación automática de especificaciones o interferencias.
- 11) Generación selectiva de reportes de componentes instalados en el modelo por grupo o cualidades para verificación y demostración.

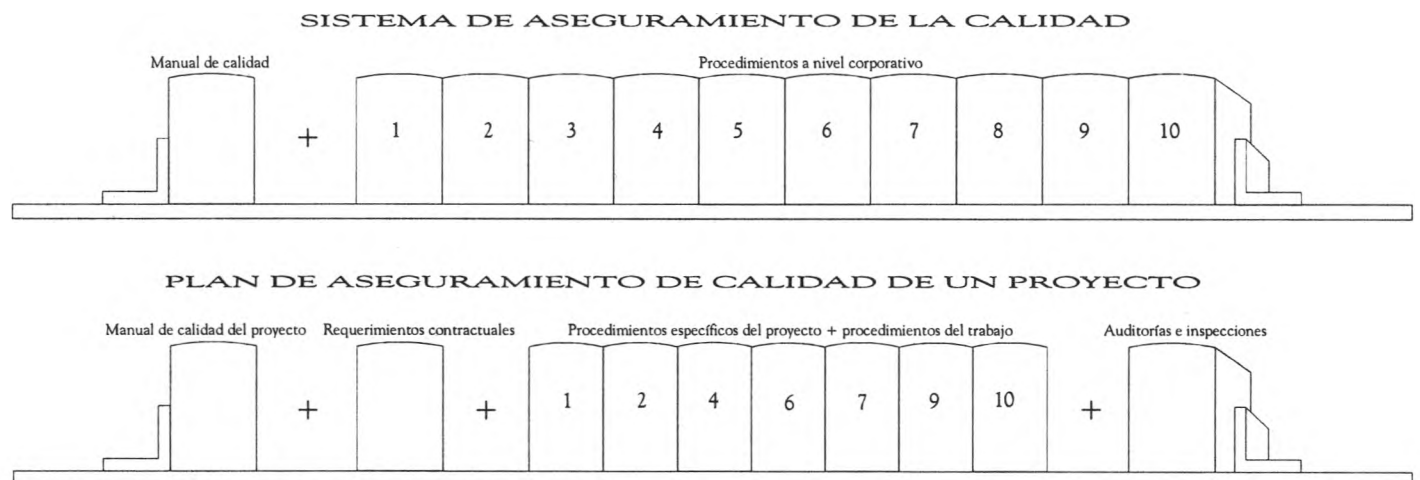


Figura 3. Sistema y plan de calidad de una empresa

## Normas de aseguramiento de la calidad

Se dice que el grado de avance y desarrollo tecnológico de un país se refleja en el nivel de las normas que utiliza.

Bajo el esquema de competitividad que enfrenta la industria y las empresas de servicios, la normalización y certificación juegan un papel fundamental para unificar los criterios a seguir y para obtener la confianza necesaria de la calidad de los productos y servicios.

No hace mucho tiempo, la etiqueta "Hecho en Gran Bretaña" era reconocida y respetada en todo el mundo como una garantía implícita de calidad y funcionamiento inigualados; en la actualidad, no mantiene el mismo dominio mundial por la enorme competencia de los últimos treinta años.

Japón ha buscado que la ruta del éxito económico se mantenga mediante normas de calidad cada vez más altas, mediante el continuo establecimiento de nuevos estándares de innovación tecnológica, confiabilidad y rendimiento, que lo han convertido en el mayor exportador de bienes manufacturados en el mundo.

En un campo complejo como el del aseguramiento de la calidad, resulta prácticamente imposible manejarlo bajo normas, códigos o estándares de carácter local, por lo que se han adoptado normas reconocidas internacionalmente que cubran los aspectos fundamentales del aseguramiento de la calidad.

Actualmente, la normatividad ISO-9000, Organización Internacional de Normalización, está siendo adoptada por la mayoría de los países.

La serie de Normas Oficiales Mexicanas de Sistemas de Calidad "NMX-CC" dadas a conocer por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial a principios del año 1991, tienen el propósito de plantear los lineamientos generales para apoyar a la industria en el establecimiento y desarrollo de los sistemas de calidad de una manera congruente con los requisitos internacionales aceptados por las Normas ISO-9000, ya que de hecho son una traducción de éstas.

En los servicios de ingeniería de proyecto para plantas e instalaciones de la industria petrolera en nuestro país, donde los proyectos se han realizado bajo la modalidad de "Llave en mano" en convocatorias a nivel internacional, las normas de calidad que se deben cumplir son precisamente las ISO-9000.

Por esta razón, prácticamente desde principios del año de 1993, la ingeniería de proyecto que se realiza en el IMP se abocó a desarrollar un sistema de aseguramiento de la calidad, basado precisamente en la normatividad ISO-9000.

El desarrollo del sistema de aseguramiento de la calidad en ingeniería de proyecto del IMP, se realizó bajo las directrices de la alta dirección con la participación gerencial, habiéndose creado para tal efecto un Comité de Aseguramiento de la Calidad en Ingeniería de Proyecto de Plantas Industriales.

Con ello, se logró desarrollar de manera muy rápida el sistema de aseguramiento de calidad para los servicios de ingeniería de proyecto del IMP, el cual está constituido por el manual de calidad, los procedimientos de coordinación y los procedimientos de trabajo.

El sistema de aseguramiento de la calidad del IMP, implantado con base en la normatividad ISO-9000, ha permitido su aplicación directa a las actividades de ingeniería de varios proyectos mediante la elaboración de los documentos que constituyen el plan de calidad, los cuales se muestran en la Fig. 3, y son la base para garantizar y asegurar, con carácter preventivo, que los compromisos contractuales establecidos para las actividades de ingeniería de proyecto se cumplirán con la calidad requerida y esperada por el cliente.

## Definiciones

Anteriormente se hizo referencia a varios documentos básicos del sistema de aseguramiento de la calidad que tienen nombres similares, por lo que, para aclarar en qué consisten y cómo se utilizan, a continuación se enlistan las definiciones que establece la Normatividad Oficial Mexicana de Sistemas de Calidad, NMX-CC, la cual es equivalente y está basada en la Normatividad Internacional ISO-9000 (International Standard Organization) que se aplica tanto a productos, como a servicios.

### *Aseguramiento de la calidad*

Conjunto de actividades planeadas y sistemáticas que lleva a cabo una empresa con el objeto de brindar la confianza apropiada acerca de un producto o servicio que cumple con los requisitos de calidad especificados.

### *Sistema de calidad*

Estructura organizacional, conjunto de recursos, responsabilidades y procedimientos establecidos para asegurar

que los productos y servicios cumplirán satisfactoriamente con el fin al que están destinados y que están dirigidos hacia la gestión de la calidad.

El sistema de calidad, también es conocido y denominado como sistema de aseguramiento de la calidad, programa de calidad, programa de aseguramiento de la calidad.

#### *Manual de calidad*

Es el documento que establece las políticas de calidad, los procedimientos y las prácticas generales de una organización o de una empresa.

Normalmente, el manual de calidad es la primera señal que un cliente recibe del enfoque otorgado por una compañía al aseguramiento de la calidad.

#### *Plan de calidad*

En algunos casos denominado plan de aseguramiento de la calidad, es el documento que establece las prácticas operativas, procedimientos, recursos, compromisos contractuales y la secuencia de las actividades relevantes de calidad de los servicios, productos de un contrato o proyecto en particular.

#### *Control de calidad*

Conjunto de métodos y actividades de carácter operativo, que se utilizan para satisfacer el cumplimiento de los requisitos de calidad establecidos.

#### *Auditoría de calidad*

Examen sistemático e independiente para determinar si las actividades de calidad y sus resultados cumplen con las disposiciones preestablecidas y si éstas son implantadas eficazmente además de ser adecuadas para alcanzar los objetivos.

#### *Política de calidad*

Conjunto de directrices y objetivos generales de una empresa, relativos a la calidad y que son formalmente expresados, establecidos y aprobados por la alta dirección.

#### *Ciclo de calidad*

Modelo conceptual de las actividades interdependientes que influyen sobre la calidad de un producto o servicio a lo largo de todas sus fases, desde la identificación de las necesidades del cliente, hasta la evaluación del grado de satisfacción de éstas.

## Conclusiones

Como conclusiones principales se pueden establecer algunos enunciados que pueden ayudar a entender de mejor manera el papel del aseguramiento de la calidad en el desarrollo de proyectos grandes de ingeniería:

- a) Para producto igual o similar, a mayor número de horas para producirlo, mayor posibilidad de errores.
- b) Entre mayor número de personas participen en un proceso, mayor probabilidad de errores en el producto.
- c) Entre menor conocimiento global de un producto tengan los participantes en su producción, tendrán menor posibilidad de detección de errores.
- d) La optimización de los objetivos particulares de las especialidades participantes puede impedir o diferir excesivamente la optimización global del producto.
- e) Mejorar el sistema de producción, no el producto o un componente, es la clave para elevar la calidad.
- f) El procesamiento de información no calificada, produce consumos excesivos y distorsión en la calidad.
- g) La detección temprana de problemas potenciales es más importante que la verificación de todos los procesos posteriores.
- h) Una mala decisión al principio de un proyecto produce mayor consumo de recursos, incremento en la complejidad del proceso y queda intrínseco en el producto final.
- i) Casi cualquier proceso de producción importante involucra la ejecución de miles de operaciones unitarias secuenciales o en paralelo, muchas de ellas iterativas.

Cada operación retroalimenta a su vez, a otras, o a combinaciones de ellas, por lo que un error llega a repercutir en formas inimaginables. Sin embargo, cada operación unitaria depende de varias variables dependientes e independientes, controladas e incontroladas, y sólo algunas de ellas afectan en forma significativa la calidad final.

En las actividades de ingeniería de proyecto del IMP, hemos llevado a cabo en los últimos años una transformación de nuestra mentalidad y de los procesos productivos para adecuarnos al nuevo entorno de trabajo que con motivo de la apertura comercial y la globalización en la economía se ha dado. En particular, hemos logrado resultados muy importantes en lo referente a la duración de los proyectos y a la calidad de la ingeniería, ya que el número de retrabajos y problemas de construcción, ha disminuido a niveles muy bajos; sin embargo, entendemos que el aseguramiento de la calidad es un proceso de mejora continua, por lo que redoblabamos nuestros esfuerzos en esta dirección.



### Bibliografía recomendada

Joint I., Mech E.I. y Chem E. (1982). Quality Assurance in Design. Symposium University of Manchester. Institute of Science and Technology, February.

Stebbing L. (1991). *Aseguramiento de la calidad. El camino a la eficiencia y la competitividad.*

---

### Semblanza de los autores

*Saúl De la Orta-Gamboa.* Concluyó su licenciatura en ingeniería civil y una maestría en estructuras. Presta sus servicios en el Instituto Mexicano del Petróleo desde el año de 1967 en la subdirección de ingeniería de proyectos de plantas industriales. Ha participado en más de 100 proyectos de ingeniería de detalle de plantas de refinación y petroquímicas como jefe de la División de Ingeniería Civil, jefe de división de tuberías, gerente de aseguramiento de la calidad y director de proyectos. Actualmente ocupa el cargo de ejecutivo de la competencia de ingeniería asistida por computadora. Su experiencia profesional se desenvuelve en las áreas de análisis de esfuerzos, análisis dinámico de estructuras e ingeniería sísmica.

*Francisco Aguilar-López De Nava.* Licenciado en ingeniería civil y maestro en estructuras. Prestó sus servicios en el Instituto Mexicano del Petróleo desde el año de 1966 en la subdirección de ingeniería de proyectos de plantas industriales. Ha participado en la dirección y desarrollo de proyectos de ingeniería de detalle de plantas de refinación y petroquímicas. Ocupó varios cargos de dirección en el área de ingeniería, siendo el último como gerente de ingeniería. Inició y promovió varias de las especialidades que son parte fundamental para el desarrollo de la ingeniería de detalle de plantas industriales en el Instituto Mexicano del Petróleo. Actualmente, se desenvuelve como asesor externo de proyectos de ingeniería.

*Julia Sara Siu-Chirinos.* Licenciada en ingeniería civil, obtuvo su maestría en estructuras, una especialización en construcción y un diplomado en administración de proyectos. Su experiencia profesional se desenvuelve en el Instituto Mexicano del Petróleo, en el área de ingeniería de proyectos de plantas industriales, ha participado en proyectos de ingeniería de detalle de plantas de refinación y petroquímicas. Ha colaborado en el desarrollo e implantación del programa de aseguramiento de calidad del área de ingeniería de proyectos de plantas industriales del IMP; coordinó y elaboró los planes de calidad para los proyectos del área de ingeniería. Fue representante de la subdirección de ingeniería en el programa de formación y certificación de auditores bajo la normativa ISO-9000 a través del convenio realizado entre el Instituto Portugués de la Calidad IPQ y el IMP.