



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

---

---

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE QUÍMICA**

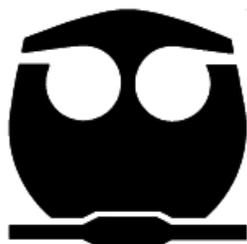
**HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS ACTUALES PARA**  
**PROYECTOS DE INGENIERÍA**

**TRABAJO ESCRITO VÍA CURSOS DE EDUCACIÓN CONTINUA**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**  
**INGENIERO QUÍMICO**

**PRESENTA**

**PEDRO DEL COLLADO LOBATÓN**



**MÉXICO, D.F.**

**2010**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**JURADO ASIGNADO:**

**PRESIDENTE:**                   **Profesor Jorge Rafael Martínez Peniche**

**VOCAL:**                           **Profesora Margarita Rosa Garfias Vázquez**

**SECRETARIO:**               **Profesor Jorge Luís Aguilar González**

**1er. SUPLENTE:**               **Profesor Raúl Sánchez Meza**

**2° SUPLENTE:**               **Profesora Marisol Pasalagua Palacios**

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**ASESOR DEL TEMA:**

**M. EN I. JORGE LUÍS AGUILAR GONZÁLEZ** \_\_\_\_\_

**SUSTENTANTE:**

**PEDRO DEL COLLADO LOBATÓN** \_\_\_\_\_

*Dedico esta Tesis a:*

*Norma Díaz Garduño Bonifant y*

*Pedro del Collado I. Gutiérrez.*

## AGRADECIMIENTOS

Primero que nada quiero agradecer a la Universidad Nacional Autónoma de México y el profesorado de la Facultad de Química por darme las armas para defenderme profesionalmente y enseñarme los principios para hacerlo de forma ética viendo siempre por el bien común y por nuestro País.

Al Ing. Jorge Luís Aguilar por respaldar y asesorarme en este trabajo de Tesis.

Al Jurado de esta Tesis, el Ing. Martínez Peniche y Margarita Garfias por la rapidez con la que realizaron las correcciones y permitieron así terminar este proyecto en el tiempo y calidad necesarios para poder aspirar a cumplir otra de mis metas profesionales.

A todas las personas que hicieron posible el diplomado en Ingeniería de Proyectos, en especial a los Ponentes y Angélica Morales.

A mis padres, Adriana y Pedro, por instruirme con su ejemplo como ser una persona de bien y construir en mí los cimientos para poder crecer como ser humano.

A mis hermanas, Adri, Pau y Moni, gracias por los pleitos, las risas, los abrazos y todo lo demás. Estoy muy orgulloso de ustedes.

A la comunidad Marista de Querétaro, quienes contribuyeron durante doce años a mi educación.

A mi abuelo Pedro, por ser desde siempre mi modelo a seguir como profesionista y persona.

A mis abuelos Norma y Carlos, por abrirme las puertas de su casa para poder estudiar mi carrera. A mi tía Mónica por apoyarme tras el fallecimiento de la Abuela. A Marce, Javier y porque siempre han estado a mi lado.

## AGRADECIMIENTOS

A la familia Zorrilla Lobatón porque mucho tiempo me trataron como a un hijo. A Cacol por los consejos y los cigarros en las noches de estudio, a la Chata por infundirme desde pequeño el espíritu puma y el amor por la Universidad, a Caro por brindarme siempre su cariño y buena vibra.

A mi abuela Rosario quien me ha mostrado temple y fortaleza, gracias por tenerme en tus oraciones.

A mis tíos Del Collado, Rosi, Luz, Mari, Nacho, Fran y Johnny, por su incondicional afecto.

A mis primos: Ro, Dani, Santiago, Chuck, Sofi, Fany, Diego, Thierry, Lily, Gil, Emilia, Jerry, Lucy, Andy, Fran, Mariana, Mau, Fatima, Inés y Gonzalo, por los buenos momentos que han compartido conmigo.

A la familia Valdés Pinal, por ser mi segunda familia, en especial a Sofy porque fuiste durante cinco años la fuerza motriz de mi vida.

A mis hermanos de la prepa; Clau, Torres, Valencia, Chava y Vargas, gracias por el simple hecho de estar. A Almendra por recordarme siempre de lo que soy capaz.

A Cris Grande, Mitzi Díaz, Paola Arévalo, Valeria Mora, Elio Martínez, Jorge Ramírez, Raúl Montesano, Carlos Mendoza, Ro Flores, Fer Belmont, Ariel Baltazar, Nesy Muñoz, Charly Horta, Jesús Marín y Miguel García por hacer más placentera la vida en la universidad y salvar académicamente mi pellejo en más de una ocasión.

A la “Comunidad del anillo” por ayudar a adaptarme a la inmensidad de la UNAM.

A toda la “Maldad” por enseñarme a jugar dominó y de paso darme su amistad. A la sangre nueva de la facultad que ha continuado la tradición de la ficha.

## AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Tatiana Klimova, Lilia Lizama y Mike Pérez, por su colaboración y buenos momentos en el laboratorio donde realicé mi servicio social.

Al Instituto Mexicano del Petróleo, en especial al Ing. Ernesto Alfaro, Javier García y Pedro Lemus por resolver varias de las dudas que surgieron en el desarrollo de la Tesis.

Al Ing. Adrián Hernández, César Ponce y Luís Vázquez de Intergraph y al Ing. Hugo Flamand de AVEVA, quienes no dudaron en brindarme información del software para proyectos de ingeniería.

Al Ing. Mauricio Márquez y Aldo Vergara de MARQAND por su ayuda durante el desarrollo del examen oral de mi Tesis.

A los “Precarios” y demás ex compañeros de CH2MHill, por enseñarme lo que hoy es mi pasión profesional, los proyectos de ingeniería. A mis cuates de ECO y a la guardia de Diarqco, por ayudarme a sobrevivir en ciudad del Carmen.

A los Ingenieros de KAP Rodolfo Yonemoto, César Mosqueda y Alejandro Figueroa, por darme la visión de negocio, aunado a una disculpa por quedarles mal.

Al Ing. Fernando Pérez Lara por su comprensión y apoyo.

Por último pero no menos importante a mi grupo de edición: el Moko, el Piojo y la Vatita. A Clau Urruchúa por ayudarme con las ilustraciones que le quedaron increíbles.

*“No sólo Dios juega definitivamente a los dados, sino que además a veces los lanza a donde no podemos verlos”*

*Stephen Hawking*

## ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN .....	1
1. Objetivos .....	1
2. Definiciones.....	1
3. Antecedentes.....	3
II. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL TEMA .....	5
1. Factores desencadenantes en la creación y uso de las herramientas tecnológicas para proyectos de ingeniería.....	5
2. Factores que permitieron la creación y uso de las nuevas herramientas tecnológicas.....	9
3. Procedimiento actual vs. Procedimientos tradicionales para hacer proyectos de ingeniería .....	13
4. Herramientas para los departamentos en firmas de ingeniería.....	21
5. Herramientas en las Fases de los Proyectos de Ingeniería.....	37
6. Tendencias Tecnológicas en los Proyectos de Ingeniería.....	41
III. DISCUSIÓN.....	43
IV. CONCLUSIONES.....	45
V. BIBLIOGRAFÍA .....	47



## I. INTRODUCCIÓN

### 1. Objetivos

Dado que, comúnmente, el Ingeniero Químico se ve involucrado en distintas disciplinas y etapas en el desarrollo de los proyectos de ingeniería, se pretende lograr los siguientes objetivos:

1. Describir cómo se trabaja actualmente la ejecución de los proyectos de ingeniería en las compañías dedicadas a esto y así orientar a groso modo a los alumnos de ingeniería que tuviesen interés por desempeñarse en este tipo de empresas.
2. Analizar cómo impacta el uso de las herramientas tecnológicas a los proyectos de ingeniería.
3. Determinar los factores que orillaron a la creación de las herramientas y los sucesos que han permitido el desarrollo de los mismos.

Asimismo, se citan las herramientas empleadas actualmente en las firmas de ingeniería más importantes del mundo y una breve descripción de éstas. Finalmente se mencionan las posibles tendencias que las herramientas pudiesen dar a la gestión de los proyectos de ingeniería.

### 2. Definiciones.

Es necesario establecer el significado de algunos términos en los que este trabajo hace hincapié para no dar cabida a interpretaciones que generen confusión.

#### Proyecto:

Se define como un conjunto de actividades interrelacionadas y coordinadas, limitadas por un lapso de tiempo y restricciones de costo. Su finalidad es alcanzar objetivos específicos



mediante un esfuerzo progresivo para así poder crear un producto o servicio único<sup>1</sup>. Es decir, un proyecto debe contener los siguientes aspectos<sup>2</sup> para considerársele como tal:

- Objetivo(s) específico(s).
- Fechas definidas de inicio y terminación.
- Recursos limitados (dinero, personas, maquinaria, equipos, etcétera).
- Actividades vinculadas entre sí.
- Criterios de calidad medibles (bajo ciertas especificaciones, generalmente establecidas por el cliente).

### Tipos de Proyectos:

Bajo el criterio de que la finalidad de los proyectos es generar riqueza, éstos pueden clasificarse en tres tipos:

- *Proyectos Productivos (Rentables)*: orientados a producir bienes o servicios entregados a cambio de una contraprestación económica.
- *Proyectos Estratégicos*: son aquellos que no tienen como finalidad generar utilidades para una organización, sino que buscan cubrir necesidades o requerimientos que pudiesen comprometer el futuro de la misma. En México, el término de *Proyecto Estratégico* es usado por Instituciones gubernamentales como la Comisión Federal de Electricidad (CFE) o Petróleos Mexicanos (PEMEX) para designar proyectos de enorme importancia para el curso de la institución misma y, por ende, del país. Sin embargo *“Un proyecto cualquiera debe ser estratégico porque ha de concordar con la estrategia de la empresa”*\*.
- *Proyectos No Productivos*: son aquellos que por sí mismos no generan beneficios económicos pero que son necesarios para garantizar la operabilidad de la

---

\* Ing. Benito Bucay Faradji.



empresa, cumplir requerimientos oficiales u otros motivos similares (proyectos ecológicos, de seguridad e higiene, soporte para otros proyectos).

### Gestión (administración) de Proyectos:

La gestión de proyectos es el conjunto de conocimientos y acciones enfocados en la planeación, organización y la adecuada administración de los recursos necesarios para concluir exitosamente un proyecto y alcanzar los objetivos que éste conlleva.

Alrededor de 1950, diversas técnicas para la gestión de proyectos fueron unificadas en un solo sistema por el Departamento de la Defensa de los Estados Unidos de América durante el desarrollo del misil *Polaris*. Posteriormente la gestión de proyectos fue empleada por diversas ramas industriales y luego adoptada por organizaciones de ingeniería tanto del sector público como privado.<sup>3</sup>

Se ha establecido una secuencia de pasos para la gestión de los proyectos en todas sus etapas sin importar el tipo de proyecto del que se trate:

- Inicio.
- Planificación.
- Ejecución.
- Seguimiento y Control.
- Cierre.

### **3. Antecedentes**

Los proyectos de ingeniería existen desde que el hombre empezó a construir edificaciones que lo protegieran de los elementos de la naturaleza. Como consecuencia generó, de forma inconsciente, la gestión de proyectos.



En general, los grandes logros del ser humano han hecho uso de la administración de proyectos<sup>4</sup>. Como ejemplo, los mayas al erigir sus templos y pirámides, o los romanos para construir acueductos, carreteras y sistemas de drenaje. Esto por mencionar sólo algunas de las culturas que desarrollaron proyectos para satisfacer diversas necesidades.



## II. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL TEMA

### 1. Factores desencadenantes en la creación y uso de las herramientas tecnológicas para proyectos de ingeniería.

La inventiva del ser humano es casi siempre impulsada por el deseo de resolver un problema o necesidad. Los proyectos de ingeniería surgen por la necesidad para generar productos o servicios que satisfagan al ser humano y de igual manera la creación de nuevas herramientas que ayudan en proyectos de esta índole.

En esta sección primero se citan y posteriormente son analizados, de manera conjunta, los factores que han llevado a la implementación de nuevas formas para realizar los proyectos de ingeniería son los siguientes:

- Hípercompetitividad.
- Globalización.
- Reducción del ciclo de vida de los productos.
- Mercadotecnia y velocidad en la difusión de los productos.
- Innovación perpetua.
- Creciente importancia de la información y adquisición del conocimiento.

La competitividad estratégica se alcanza cuando una firma desarrolla y explota una ventaja competitiva sustentable lo que conlleva a mejorar las ganancias sobrepasando lo esperado por los accionistas.

Las compañías ya no operan en la seguridad de los mercados domésticos, sino que están expuestos a un ambiente de competencia económica mundial, el cual es siempre



complejo, altamente incierto e impredecible. La economía global demanda personas efectivas para que las compañías prevalezcan y triunfen.

La Globalización y la Revolución Tecnológica han generado un nuevo horizonte de competitividad, el cual representa un ambiente dinámico y complejo para las compañías, pero que, a su vez, representa oportunidades. Siendo las nuevas claves de éxito:

1. El uso eficiente de los recursos para mantener o abatir costos.
2. Tratar de anticipar cambios frecuentes por parte de los clientes.
3. Adaptarse a los cambios tecnológicos.
4. Identificar, enfatizar y gestionar aquello que la compañía hace mejor que sus competidores.

### *Hipercompetitividad*<sup>5</sup>

Es un término empleado para capturar la realidad en el nuevo horizonte de competitividad. De acuerdo con Richard A. D'Aveni, es el resultado del dinamismo en el maniobrar de las empresas a nivel global o es la condición de la competencia a gran escala. Con base en el posicionamiento de precio-calidad, la creación de un nuevo “*know-how*” que conlleva ventajas, lo que protege o invade productos ya establecidos o mercados locales y la competitividad basada en grandes inversiones para la creación de alianzas con mayor capital.

Aspectos que provocan la *hipercompetitividad*:

### *Economía globalizada*

Es aquella en que los bienes, servicios, personas, habilidades e ideas se mueven libremente a través de las fronteras geográficas, relativamente restringidas por barreras artificiales como aranceles, ésta se encuentra en expansión y complica el ambiente de competitividad



de las compañías. Debido al surgimiento de la economía global han surgido oportunidades y riesgos para las empresas.



Figura 2.1-1. El nuevo panorama de Competición según McGhee.

### *Globalización*

Es el esparcimiento de innovaciones económicas alrededor del mundo y los ajustes culturales y políticos que acompañan esta difusión. La globalización alienta la integración internacional, la cual ha aumentado notablemente en la última generación. Por ejemplo, el capital para financiar una cierta industria puede ser obtenido en un país para comprar insumos en otro, mientras que el equipo industrial es comprado en una tercera nación y procesar dichos insumos para finalmente venderlo en un cuarto estado. Por tanto la globalización aumenta el abanico de oportunidades para las empresas.

### *Factores de tecnología*

El incremento en la tasa de cambio tecnológico y de difusión. La “Innovación Perpetua” es un término para describir cuan rápido las nuevas tecnologías reemplazan a sus predecesores. Así como también el acortamiento en el ciclo de vida de los productos es el



resultado de la veloz difusión de las nuevas tecnologías. El más claro ejemplo es cuando ya no se distingue de un producto y otro cualitativamente hablando.

También existe el factor del espionaje industrial que permite, por ejemplo, que una compañía asiática lance una copia de menor calidad de un nuevo producto recién introducido al mercado en EUA. Una forma efectiva de prevenir estos sucesos es mediante el apoyo de patentes principalmente usadas en la industria química.

### *Era de la información*

“El comercio electrónico ha convertido un proceso que llevaba días a cuestión de minutos y el esfuerzo que antes implicaba encontrarse con un solo colaborador ahora es suficiente para hacerlo con docenas”<sup>6</sup>. Por lo anterior, un resultado importante en los cambios tecnológicos, es la habilidad de acceder a la información y la eficiencia para usarla, ya que es una ventaja desde la óptica de competitividad para cualquier industria.

El conocimiento es la base de la tecnológica y su aplicación. En el panorama actual de competencia el conocimiento es un recurso crítico y una valiosa fuente de ventaja competitiva. El ámbito tecnológico incluye a todas aquellas actividades e instituciones cuyo propósito es generar nuevo conocimiento con el fin de trasladarlo a productos, procesos y materiales. Se ha visto que aquellas empresas que adoptan nuevas tecnologías en etapas tempranas obtienen mayores ganancias.

La necesidad de innovación, el espíritu empresarial la revolución tecnológica y la creciente competencia en los mercados internacionales han aumentado la importancia de la innovación<sup>7</sup>.

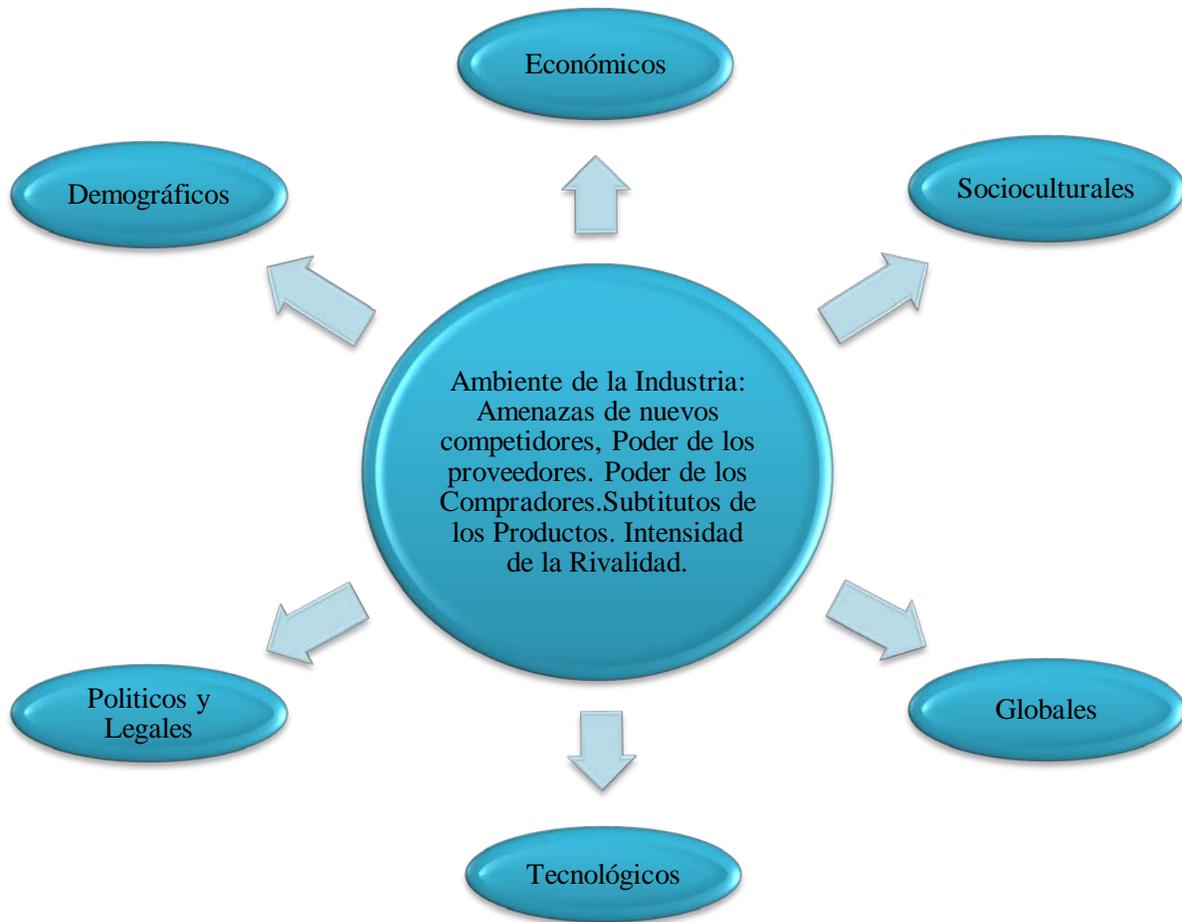


Figura 2.1-2. Factores del medio externo que influyen en la competitividad.

## 2. Factores que permitieron la creación y uso de las nuevas herramientas tecnológicas.

Los factores que han permitido el desarrollo de las herramientas que actualmente se emplean en la planeación, desarrollo, control y seguimiento de los proyectos de ingeniería son los siguientes:

- Invención del Microprocesador y las Computadoras.
- Aumento en la Capacidad de Almacenamiento de Información.
- Redes y Transferencia de Datos (Internet, TCP/IP)



- Invención de Servidores.
- Accesibilidad a los sistemas computacionales. Disminución en los costos de procesamiento, almacén y transferencia de datos.

Dado que el ser humano es un ente que continuamente está cambiando, su forma de pensar y de accionar también evoluciona. El modo en que las sociedades interactúan es un proceso dinámico en todos sus aspectos. Dicho proceso se ha visto acelerado por la implementación de las telecomunicaciones y la Informática.

Cualquier cosa inventada por la humanidad es, en lo general, el resultado de la satisfacción de una necesidad y las herramientas para el desarrollo en los proyectos de ingeniería no son la excepción.

Con la invención de las computadoras, siendo la primera a escala industrial la IBM 650 lanzada al mercado en el año de 1953, mediante la miniaturización del procesador, por eso llamado Microchip, y las computadoras personales (PC's), muchos aspectos en la vida del hombre sufrieron cambios que impactaron significativamente la manera de realizar los proyectos de ingeniería.

Los sistemas computacionales permitieron el nacimiento, primero, de los programas de diseño asistido por computadora CAD (por sus siglas en inglés "Computer Aided Design") y posteriormente de los programas de ingeniería asistida por computadora CAE ("Computer Aided Engineering"), que han permitido modificar la forma de hacer ingeniería. Mediante el uso de los programas CAD los restiradores se vieron reemplazados por monitores de computadora e impresoras de formato amplio denominadas "*Plotters*".

El desarrollo de los sistemas CAD/CAE iba de la mano con la evolución de las computadoras; al poseer mayor capacidad de almacenaje y velocidad de procesamiento los programas CAD/CAE se tornaron más sofisticados y poderosos, pasando del 2D al 3D y hasta llegar al software 4D o también denominados *Inteligentes*. Cabe aclarar que el término *Inteligente* se refiere a la capacidad del programa de asociarle información a un



objeto virtual en 2 o 3 dimensiones. Es así que nacen los modelos electrónicos inteligentes, tanto bidimensionales (MEBI) como tridimensionales (METI).

El dibujo técnico siempre ha estado ligado a los Proyectos de Ingeniería ya que en éste se plasman los conocimientos y las directrices necesarias para concretar, mediante la construcción, el diseño del producto deseado.

El plano de más antigüedad hasta ahora encontrado, y que todavía existe, es la vista en planta del diseño de una fortaleza que aparece grabado en la estatua *Gudea sentado con mapa en el regazo*. Con la aparición del papel y la tinta, los dibujos de ingeniería se hicieron en planos, lo cual continuó prácticamente sin cambios hasta hace 30 años en que los espacios de trabajo dentro de las firmas de ingeniería se encontraban repletos de restiradores, escuadras y distintos tipos de dispositivos para dibujar.

Los Modelos Electrónicos Inteligentes reemplazaron las maquetas plásticas usadas en décadas anteriores dentro de las Firmas de Ingeniería y en cierto grado también a los sistemas CAD no inteligentes.



En la Figura 2.2-1, se esquematiza la evolución del dibujo para ingeniería.



Uno de los mayores avances tecnológicos ha sido el Internet, que es un conjunto descentralizado de redes de comunicación de alcance mundial, cuyo origen se remonta al año de 1969 cuando fue establecida una red de comunicación a distancia entre tres universidades de California y una en Utah, EUA. Internet es una red global que cuenta, al 30 de junio de 2010, con 1,966,514,816 usuarios<sup>8</sup>, soportado por dos protocolos de comunicación: el “Protocolo de Control de Transmisión” o “TCP” y el Protocolo de Internet denominado “IP”.<sup>9</sup> Muchas compañías como GE, Motorola, Schlumberger y Xerox utilizan el Internet como un recurso barato de comunicación a nivel global y para acceso a información.<sup>10</sup>

Las herramientas computacionales tanto de hardware y software se han vuelto indispensables en el diseño de procesos y plantas industriales. La capacidad que ofrecen las computadoras en la velocidad de cálculo, almacenamiento de datos y decisiones lógicas ha permitido a los ingenieros examinar el efecto que tendría el modificar distintas variables sobre el proceso o el diseño de la planta de forma mucho más rápida.

El uso de computadoras facilita y mejora la habilidad del ingeniero de diseño para realizar tareas preexistentes o permitiendo hacer tareas repetitivas que por su complejidad eran prácticamente imposibles de realizar.

En específico para el Ingeniero Químico que, por lo general, se desempeña como ingeniero de proceso dentro de las firmas de ingeniería, el software le permite realizar los balances de materia y energía, dimensionamiento de equipos, estimado de costos, análisis económico y optimización de diseño con mayor certeza y rapidez.

Los simuladores de procesos a menudo sirven para generar bases de datos con propiedades de mezclas a partir de las propiedades de compuestos puros de los bancos de datos precargados de los programas.



Otro factor importantes es que los costos en las herramientas para procesamiento y almacenamiento de la información disminuyen lo implica que dichas herramientas se vuelvan más accesibles.

Como en todos los aspectos de la ingeniería, el uso de software computacional se encuentra arraigado y es indispensable en el diseño de procesos, el análisis y la evaluación económica que el mismo conlleva. Finalmente, los planos, esquemas (diagramas) y todos los entregables para construcción pueden ser generados usando programas CAD.

### **3. Procedimiento actual vs. Procedimientos tradicionales para hacer proyectos de ingeniería**

#### **i. Procedimiento tradicional (Ingeniería en serie)**

El proceso tradicionalmente empleado para realizar los proyectos de ingeniería esta basado en un método secuencial, donde las actividades interrelacionadas, llevándose a cabo en serie, es decir que si la tarea B depende de la tarea A, la primera se comienza una vez que la segunda ha sido completada. La figura 3.i-1 ilustra el método secuencial en el caso de la fase de ingeniería para una planta de proceso.

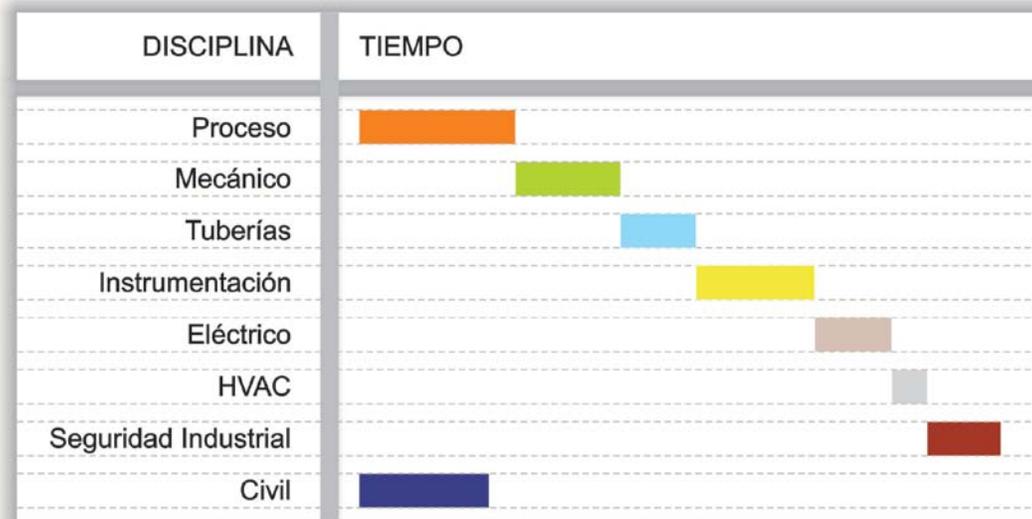


Figura 3.i-1. Diagrama de Gantt para las actividades desarrolladas por las disciplinas en una firma de ingeniería ejecutadas de forma tradicional.

#### Problemas con el método secuencial (tradicional):

1. Las alternativas de diseño son rápidamente eliminadas debido a la falta de tiempo para analizarlas y se sigue una propuesta en particular.
2. La definición en los detalles de diseño consume muchas horas hombre e implica demasiado trabajo manual.
3. El diseño está caracterizado por seguir una secuencia de decisión rígida.
4. Los asuntos de productividad, mantenimiento, confiabilidad y seguridad industrial a veces son considerados hasta etapas tardías del proceso, cuando cambios en el diseño se vuelven prohibitivos económicamente hablando, además de que los aspectos anteriormente citados se consideran de forma independiente.
5. La información de diseño tiende a fragmentarse o perderse a lo largo del diseño.
6. Los diseñadores muy pocas veces tienen en cuenta la meta en reducción de costos, debido en gran parte a la mala estimación de costos y a su vez está a la falta de herramientas para presupuestar adecuadamente los proyectos.



## ii. Ingeniería Concurrente (IC)

La Ingeniería Concurrente (IC) es un acercamiento sistemático a diseño integrado, simultáneo de ambos productos y su proceso relacionado, incluyendo producción. Para usar la IC con efectividad en las industrias de proceso se requiere precisión en cuanto al flujo de información, ya que los participantes requieren de una constante retroalimentación entre ellos, pues el trabajo que realizan es interdependiente.

Durante las últimas dos décadas, han aparecido algunos artículos que discuten la aplicación de computadoras en industrias de proceso, que es básicamente uno de los puntos medulares del presente trabajo.

Tanto la industria de manufactura como la de proceso tienen los mismos objetivos; reducción de inventarios, tiempo de lanzamiento de un producto al mercado y mejora de la productividad. A diferencia de la industria de manufactura, el diseño y la instalación en las plantas de proceso juegan un papel crucial en la mejora de producción. Es por eso que la aplicación de la Ingeniería Concurrente no sólo debería destinarse al diseño de productos con el objetivo de mejorar la efectividad de actividades “menores” en el ciclo de vida del proyecto, sino también en el diseño de la planta como una “estrategia organizacional” con la idea de acortar el tiempo de diseño del producto por medio de una planeación simultánea del producto y de la producción.

Sin embargo, la aplicación de la ingeniería concurrente también debería de extenderse al diseño e instalación de la planta de proceso, aplicándose tanto a los principales aspectos involucrados (tales como competidores, condiciones económicas, mercado potencial y requerimientos del cliente) y aspectos secundarios o “menores” (como diseño, ingeniería de producción y distribución).

En la industria de procesos, el aumento en la productividad proviene de las mejoras e implementaciones aplicadas a los procesos mismos. En años recientes la implementación de computadoras en la industria de proceso ha aumentado con el tiempo, integrando varias



áreas funcionales tales como mercadotecnia, diseño e ingeniería, producción y distribución a través del mejoramiento en el flujo de la información y por tanto la fluidez de las materias primas y los productos.

La aplicación de multimedia en la industria de proceso ha permitido el entrenamiento interactivo que apunta a la eliminación de actividades que no proporcionan un valor agregado a los productos tales como los retrabajos y el mantenimiento.

El ciclo de vida de los productos se hace cada vez más corto y la cercanía entre la rentabilidad de los negocios y la tecnología es crítica. Según Clark Cleetus; “La Ingeniería Concurrente es un acercamiento sistemático a la integración y el desarrollo de un producto y los procesos para generarlos, que enfatiza la respuesta hacia las expectativas del cliente e incorpora valores de cooperación, confianza y compartición del equipo de trabajo, de tal manera que las decisiones tomadas suceden en intervalos largos de trabajo simultáneo para todos los aspectos del ciclo de vida del producto desde etapas muy tempranas del proceso, sincronizados en intercambios breves”.<sup>11</sup> Esto dicho de una forma más simple, es llevar a cabo tareas interrelacionadas del proyecto, a cargo de diversos individuos, de forma simultánea en beneficio del proyecto ya que realizarlo con Ingeniería concurrente permite acortar los tiempos de entrega, sin embargo para que el uso de la IC sea exitosa, se requiere de una comunicación efectiva entre los miembros del equipo.

En el pasado las computadoras han sido usadas en distintas áreas pero de manera aislada sin tener una integración. La Ingeniería Concurrente usa sistemas integrados que mejoran la versatilidad y capacidad de respuesta mediante el desarrollo de una amplia gama de productos y bajos volúmenes de producción en la Industria de Proceso, haciendo que los productos sean “hechos a la medida” para ser ofertados con mayor calidad y precios más competitivos.

La IC puede lograrse a través de un enfoque multidisciplinario que intenta motivar a los diseñadores del proceso, de la planta, proveedores de equipos, constructores, operadores, el cliente y demás involucrados para considerar todos los elementos relativos al



proceso productivo y del producto mismo, tomando en cuenta costo, calidad, tiempo, funcionalidad y sobretodo los requerimientos del usuario final.

La rapidez requerida para que un producto sea lanzado al mercado justifica el esfuerzo de adoptar la ingeniería concurrente y algunas herramientas que en primera instancia parecerían demasiado sofisticadas y costosas, como lo es la simulación por computadora, diseño y producción virtual, las cuales ayudan a eliminar mermas y minimizan el riesgo que conlleva cualquier cambio en el proyecto.

Mediante el rápido desarrollo de tecnologías para generar prototipos, diseño de plantas e instalaciones industriales, que sumado al análisis de desempeño y los principios de la Ingeniería Concurrente resultan en la mejora de producción, calidad, operatividad y seguridad de los procesos y por ende se pueden generar productos con mayor valor agregado o aumentar los márgenes de ganancia.

Para eliminar actividades que no agregan valor al proceso, todos los participantes deben de compartir la mayor cantidad de información posible en las etapas tempranas del proyecto.

Actualmente la demanda del mercado está orientada a productos/servicios personalizados, generando un constante cambio en los mismos y provocado que el ciclo de vida del producto sea sustancialmente más corto. Para el diseño de procesos usando IC existen dos tipos de herramientas:

1. Simulación computada.
2. Modeladores de procesos.

Ambas son esenciales para el ingeniero de diseño ya que los simuladores le ayudan a evaluar distintas tecnologías y configuraciones para un proceso, mientras que los modeladores permiten capturar, probar, integrar, transferir e institucionalizar el conocimiento requerido a lo largo del proyecto.



Una de las razones por las cuales los diseñadores y constructores de las plantas industriales deben de tener mucha comunicación durante el inicio del proyecto es que ambos juegan un rol vital en actividades subsecuentes afectando de manera directa el desempeño del proceso productivo y la calidad de los productos obtenidos de los mismos.

La postura de IC genera, sin duda, una mayor eficiencia, efectividad del personal, y ahorros que se reflejan en mejoras de calidad y flexibilidad de los procesos productivos mediante una amplia comunicación entre las personas relacionadas al proyecto. Compañías de probado éxito reconocen la importancia de involucrar a sus clientes y proveedores en el diseño y desarrollo de sus productos y servicios.

Debido a las apretadas agendas de los proyectos, los ingenieros no pueden darse el lujo de esperar a tener toda la información para comenzar a diseñar, si no que empiezan a trabajar con información preliminar proveniente de actividades interdependientes, lo que requiere de una cercana coordinación y comunicación. Existen dos problemas fundamentales en la coordinación de IC:

1. La incertidumbre; informar a las personas adecuadas que la información que se esta proveyendo es de naturaleza preliminar.
2. Entender cómo debe ser usada la información por los colaboradores subsecuentes; ya que si no se hace la aclaración de que la información es de carácter preliminar y se trata como una versión final, inevitablemente se generan costos retrabajos, los cuales pueden representar hasta el 50% extra en mano de obra y 30% del presupuesto.<sup>12</sup>

La clave es saber cuándo se debe de intercambiar información, que información se comparte, el formato para compartirla y cómo reaccionan ambas partes, tanto emisor como receptor durante y después de la transmisión de la misma. En un proceso completamente secuencial no se libera información a las partes subsecuentes hasta que la actividad precedente no está concluida en su totalidad.<sup>13</sup>

El grado de concurrencia está fuertemente ligado con el conocimiento y experiencia que se tenga del proceso a realizar por parte del equipo de trabajo, siendo que la



construcción de una planta con una tecnología totalmente nueva permitirá menor reducción en el consumo de horas hombre mediante concurrencia en comparación con un proceso conocido y con el cual ya se ha concretado la construcción de una planta. A continuación se enlistan algunos de los beneficios de la IC:

- Reducción en el tiempo de diseño del proyecto.
- Reducción de retrabajos durante el diseño y producción de entregables, con la consecuente reducción de costos que lo anterior implica.
- Promueve la comunicación entre el Cliente y la Firma de Ingeniería.
- Considerable aumento en la Calidad y Uniformidad de los entregables.

En la figura 3.ii-1 se puede apreciar cómo es que se logra reducir el tiempo de la etapa de diseño de una planta de proceso usando la IC.

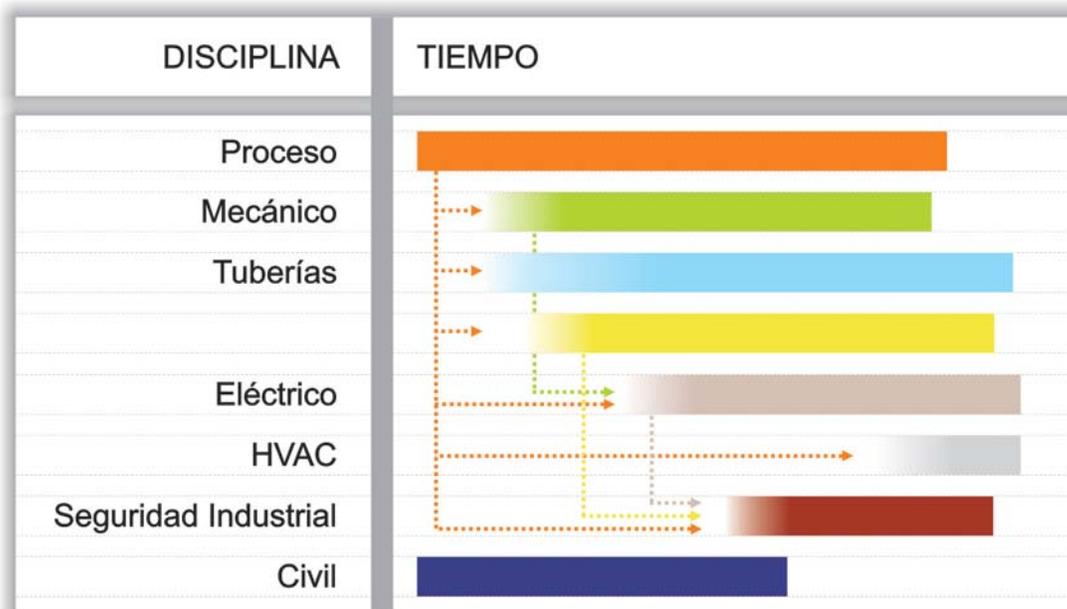


Figura 3.ii-1. Diagrama de Gantt para la etapa de Ingeniería para una planta de Proceso.



### iii. Ingeniería siguiendo al sol (*Following the sun engineering*)

La ingeniería actualmente puede ser vista como un proceso de tiempo completo y gracias a las redes globales de telecomunicación se ha implementado un sistema de trabajo llamado *Ingeniería Siguiendo al Sol*, que consiste en repartir la carga de trabajo de un proyecto en tres distintos lugares del mundo cuyos usos horarios tengan alrededor de 8 horas de diferencia, lo que permite que el proyecto sea ejecutado las 24 horas del día por consecuencia se reduzca el tiempo en que el mismo es completado.

Los sistemas de manejo de información de ingeniería EDM (por sus siglas en inglés *Engineering Data Management*) como una plataforma de comunicación central son ideales para manejar todo el proceso de ingeniería, especialmente en un ambiente globalmente difundido. Trabajar con EDM disminuye el riesgo de perder información, es por un lado posible controlar el constante flujo de información a todos los compañeros de proyecto.

La Ingeniería Siguiendo al Sol ofrece ventajas, ya que reduce tiempos de ejecución y por tanto costos. El manejo de información es realizado con exactitud, confiabilidad y rapidez. Una reconocida compañía de Ingeniería, Procura y Construcción (IPC) asegura que al usar el método de ingeniería *Siguiendo al Sol* ha logrado ejecutar proyectos con una reducción del 30% en el consumo de horas hombre.<sup>14</sup>



Figura 3.ii-1. Esquema de Ingeniería Siguiendo al Sol.



#### 4. Herramientas para los departamentos en firmas de ingeniería.

En esta sección se enlistan los principales programas computacionales usados actualmente en las firmas de ingeniería, así como una breve descripción de lo que permiten realizar, el modo en que ayudan a los ingenieros en las distintas partes del ciclo de vida de un proyecto de ingeniería.

Dado que este trabajo es para obtener el título en Ingeniería Química se hará un análisis relativamente más profundo en los softwares empleados en las disciplinas que un Ingeniero Químico puede desempeñarse.

##### i. Dibujo asistido por computadora (CAD)

Aunque tal vez en muchas firmas de Ingeniería ya no exista un departamento de dibujo como tal, es importante mencionar el software disponible hoy en día para esto, ya que es ampliamente usado, no solo en las firmas de ingeniería, si no también en cualquier lugar que este relacionado con el diseño e ingeniería en cualquiera de sus ramas.

En la figura 4-1 se enlistan los programas comerciales más empleados para generar dibujos por computadora, siendo los más importantes el *AutoCAD* de *Autodesk* y el *Microstation* de *Bentley*, dado que fueron los pioneros del dibujo asistido por computadora. Este tipo de programas cuentan con herramientas que permiten hacer prácticamente cualquier trazo requerido ya sea en dos o tres dimensiones (2D y 3D). Cabe señalar que las licencias de este software es económicamente accesible pero que también existen desarrolladores de software de uso libre como el *Google Sketchup*.

La versatilidad de estos programas es también la causa de que no sean tan útiles en el diseño de plantas industriales, ya que al no haber sido concebidos con este propósito en específico, se han visto desplazados por otro software especializado para proyectos de ingeniería.



Los entregables generados en CAD son de fácil manipulación, reproducción y transferencia, y debido a que los archivos electrónicos son relativamente ligeros, alrededor de 2 MB, permite que éstos sean enviados por correo electrónico.



Figura 4-1. Esquema de los sistemas CAD comúnmente usados.

## ii. Gestión de Proyectos

Existe una amplia gama de software disponible para la gestión de los proyectos en todas sus etapas, desde la planeación, ejecución, control y cierre. Uno de los puntos clave en el éxito de los proyectos, es su adecuada administración. En la figura 4-2 se aprecian los programas para gestión de proyectos.

*Microsoft Project* es una herramienta de fácil uso, basada en el PMBOK del PMI, que permite generar diagramas de Gantt, determinar los tiempos y fechas a tareas e hitos,



asociarle costo y consumo de horas hombre a las actividades, establecer diferentes tipos de dependencia en las tareas y con esto obtener la ruta crítica del proyecto. Existe un conector que permite intercambiar información entre el *MS Project* y el *WBS Chart Pro* para generar la Estructura de Desglose del Trabajo o *Work Breakdown Structure* (WBS por sus siglas en inglés) para poder dividir el proyecto en paquetes de actividades realizables por una persona.

*SAP* es un paquete que posee diversos módulos, ampliamente usado alrededor del mundo. Permite la administración de los recursos y el intercambio de información entre los diferentes departamentos que comprenden una compañía, desde el departamento de compras y adquisiciones hasta el de contabilidad. Sin embargo es poco utilizado por las firmas de ingeniería debido a su compleja estructura y a que muchos módulos no son aplicables en el desarrollo de un proyecto de ingeniería.

*Icarus*, *Opus*, *Primavera* y *Neodata*, permiten generar estimados de costos del proyecto, tanto de recursos humanos como de material para la construcción y de los equipos, determinar precios unitarios y algo de mucha importancia, llevar el control en la fase de construcción.



Figura 4-2. Esquema de los Programas para la Gestión de Proyectos.

### iii. Departamento de Proceso

El software que se utiliza en la disciplina de proceso está orientado a auxiliar a los ingenieros en tres actividades:

- Hacer la simulación del Proceso, Balances de Materia y Energía.
- Generar los Diagramas de Flujo de Proceso (DFP) y Diagramas de Tuberías e Instrumentación (DTI o también llamado PID por sus siglas en inglés).
- Generar el Plano General de Localización de la planta (PLG).

La simulación de los procesos es uno de los ejemplos que mejor ilustran el apoyo de la ingeniería en los programas computacionales debido a que este tipo de software permite analizar las diferentes propuestas de la tecnología que se usará en la planta, optimizar el proceso seleccionado desde la óptica de costos, seguridad y operatividad pudiéndose omitir



la etapa de planta piloto. También son de suma utilidad los softwares de simulación de procesos (enlistados en la figura 4-3) ya que poseen bases de datos de propiedades termodinámicas de compuestos puros lo que permite la rápida ubicación de los mismos, por ejemplo; temperatura de ebullición, presión de rocío, factor acéntrico, entre otras. En el caso de que la base de datos no contenga información de un compuesto de una mezcla las propiedades se pueden medir experimentalmente y agregarlas a la base de datos del simulador además de poder acceder a bases de datos digitales alrededor del mundo.

El simulador permite obtener una versión preliminar del Diagrama de Flujo de Proceso, entregable que se usa posteriormente para generar otros entregables. En cuanto a la parte de DFP's y DTI's existen numerosos softwares que sirven para generar los entregables antes mencionados, los cuáles pueden dibujarse con programas convencionales como *Microstation* o *AutoCAD*, sin embargo dichos programas no fueron diseñados en específico para hacer DTI's o DFP's. Actualmente se usa software que nos ayuda a generar los entregables denominados inteligentes, dicha inteligencia se refiere a la asociación de datos a un gráfico lo que permite asignar información ligada a la representación gráfica de un elemento del DTI o DFP que es almacenada en una base de datos centralizada. Algunos de los softwares disponibles comercialmente se muestran en la figura 4-3.1. Además de los DTI's y DFP's inteligentes los programas permiten obtener de forma automatizada los siguientes entregables:

- Índice de Líneas.
- Índice de Instrumentos.
- Índice de Equipos.
- Especificaciones de Equipos
- Hojas de Datos de los Equipos.

En lo que respecta al Plano General de Localización existen pocos programas; el que ayudan a crear de forma rápida y eficiente el entregable antes mencionado, que es esencial para el resto de las disciplinas, ya que delimita los espacios físicos y da la ubicación de los equipos principales del proceso.

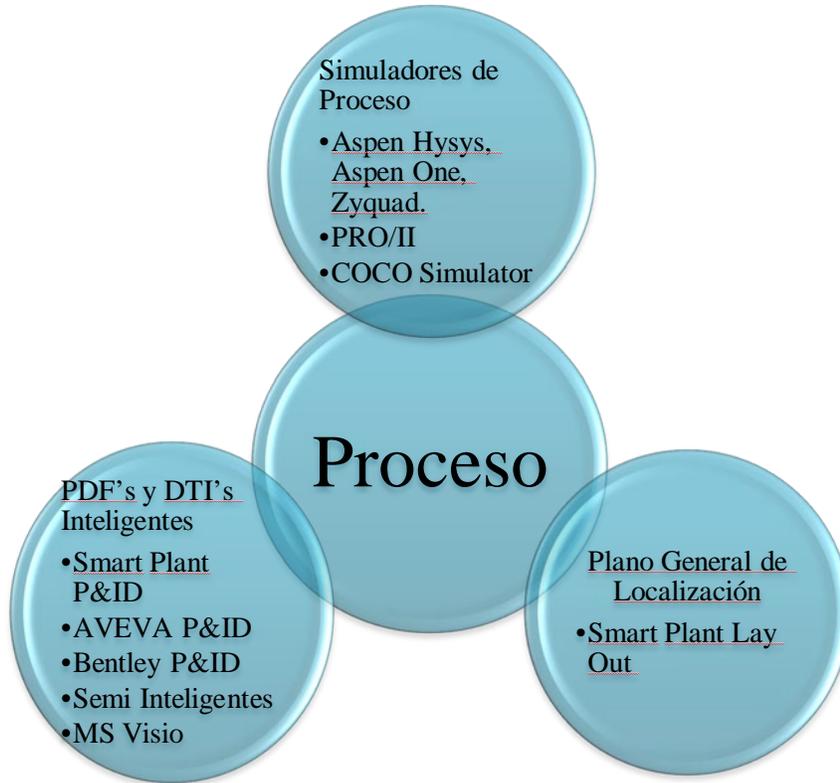


Figura 4-3.1. Esquema del tipo de Software usado por el departamento de Proceso.

El DTI es uno de los documentos de mayor importancia para el desarrollo de un proyecto de ingeniería, ya que de éste dependen casi todos los entregables afectándolos directamente (ver figura 4-3.2).

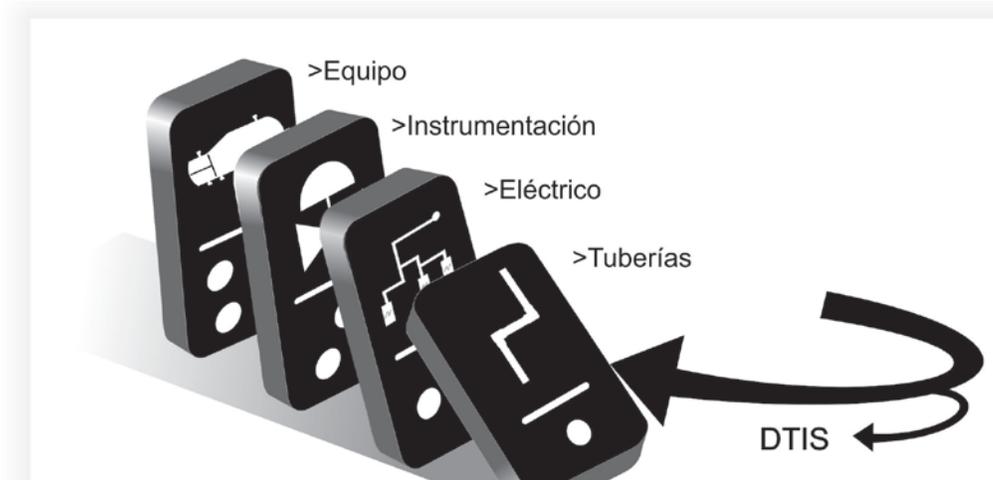


Figura 4-3.2. Efecto dominó de los DTI's sobre las otras disciplinas de ingeniería.



#### iv. Departamento de Seguridad Industrial

Este es otro de los departamentos donde se puede desenvolver el Ingeniero Químico y se pueden agrupar en tres distintas actividades:

- Realizar estudios de Peligro y Operatividad (Llamados HazOp); teniendo algunos paquetes comerciales como el *Smart Plant Process Safety* de *Intergraph* y el *SIL HazOp* de *Exida*, que cuentan con funciones de Identificación de riesgos, gestión de cambios en todo el ciclo de vida del proyecto, pueden utilizar bases de datos de proyectos anteriores lo que permite ahorrar tiempo en puntos de seguridad y operatividad comunes con el proyecto actual, generación automática del entregable “Matriz Causa-Efecto y la determinación del Nivel de Integridad (*Safety Integrity Level* o *SIL*) que es un método de evaluación cualitativa de la seguridad en las plantas industriales, implementado por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) . El *SP Process Safety* posee un conjunto de reglas precargadas del API 14C y del ISO 2418 para plataformas marinas.
- Diseño de sistemas para detección de gas y fuego: Consistente en hacer, una vez obtenido el HazOP, el diseño de la red contra incendio; para lo que existe una variedad amplia de software comercial, clasificar las zonas de riesgo, establecer rutas de evacuación de las instalaciones, selección de los sistemas de detección de gas y fuego, para posteriormente generar los planes de contingencia.
- Un nuevo concepto en el que trabaja el Ingeniero de Seguridad es el desarrollo de Seguridad Funcional, teniendo por objetivo la reducción del riesgo mediante Sistemas Instrumentados de Seguridad (SIS), que consiste en la evaluación cuantitativa del SIL. *Exida* posee un software para realizar esta actividad, y es además de suma utilidad, ya que ahorra muchos recursos al automatizar cálculos iterativos que se requieren en esta etapa y que hechos de forma manual consumen tiempo valioso del proyecto.



Figura 4-4. Esquema de las tareas y Software para el departamento de Seguridad.

#### v. Departamento de Instrumentación y Automatización

Este departamento se encarga de determinar los métodos para automatizar los procesos mediante elementos especiales de control e instrumentación, lo que es al día de hoy, parte esencial de la operatividad en las plantas de proceso, permitiendo que muchos de los procesos productivos sean seguros y costeables.

Como se muestra en la figura 4-5 se pueden clasificar en dos partes las tareas del departamento de instrumentación, aquellas relativas a generar entregables en 2D y las que están enfocadas a alimentar el modelo electrónico tridimensional (METI).

Los programas para 2D ayudan a generar entregables como son; Planos interconexión a tableros de control, Detalles de Instalación para instrumentos, Diagramas de control eléctrico, Diagramas de localización de instrumentación, Típicos de Instalación,



Diagramas de lazos de control, especificaciones de instrumentos para su adquisición, entre muchos otros.

La parte 3D se concentra básicamente en el modelado de los instrumentos y los respectivos tableros de control, para el espacio físico que éstos ocupan se respeten y no exista interferencia con el diseño de las otras disciplinas.



Figura 4-5. Esquema de las tareas y Software para el departamento de Instrumentación.

#### vi. Departamento de Tuberías

En este departamento se puede encontrar a Ingenieros formados en distintas ramas ya que en nuestro país no existe una rama de la ingeniería que forme a profesionistas especializados para dicho departamento, predominando los Ingenieros Mecánicos, aunque se presentan casos en que Ingeniero Químicos, Electromecánicos y hasta Civiles deciden dedicarse al diseño de los sistemas de tuberías.



A pesar de su sencillez, las tuberías son de suma importancia en las plantas de proceso, pues representan hasta un 60% de la instalación industrial.

Las actividades que los Ingenieros de Tuberías realizan son clasificadas en cuatro:

- Diseño; actualmente se realiza un diseño tridimensional, eligiendo las rutas más cortas de tuberías que llevan materia prima o producto en proceso de una etapa a otra. Para esta fase se emplean los programas bajo la categoría de “Diseño” en la figura 4-6, los que permiten generar reglas en base al tipo de planta de proceso que se trate y de las especificaciones de diseño, que permiten o no al Ingeniero establecer una configuración de las líneas de tubería. Además estos paquetes computacionales proporcionan una extracción automatizada de los entregables de la disciplina: Isométricos de tuberías para construcción e instalación, listas de materiales (*Bill of Materials* BOM), planos en planta, en elevación y vistas isométricas.
- Simuladores de Flujo: Son programas que permiten, una vez hecho el arreglo de tuberías, hacer cálculos y simulación del flujo dentro de los conductos para poder determinar caídas de presión, tipo de flujo, lo que sirve para prever condiciones indeseadas de operación, como por ejemplo golpes de ariete. Algunos de los paquetes disponibles se enlistan en la figura 4-6.
- Otra actividad es la selección y diseño de soportería para tuberías. Los programas disponibles (citados en la figura 4-6) permiten modelar en 3D toda la soportería, además de obtener los planos de detalle de los mismos.
- Finalmente con los entregables generados en las actividades antes mencionadas se realiza el análisis de flexibilidad, lo que permite predecir mediante cálculos complejos, si ciertas líneas de tuberías se verían afectadas por expansiones o contracciones térmicas. El software disponible (mencionado en la figura 4-6) genera los reportes de análisis de flexibilidad y tienen precargados estándares internacionales como el ANSI o el API que ayudan a dictaminar si los esfuerzos de las líneas son permisibles o no.

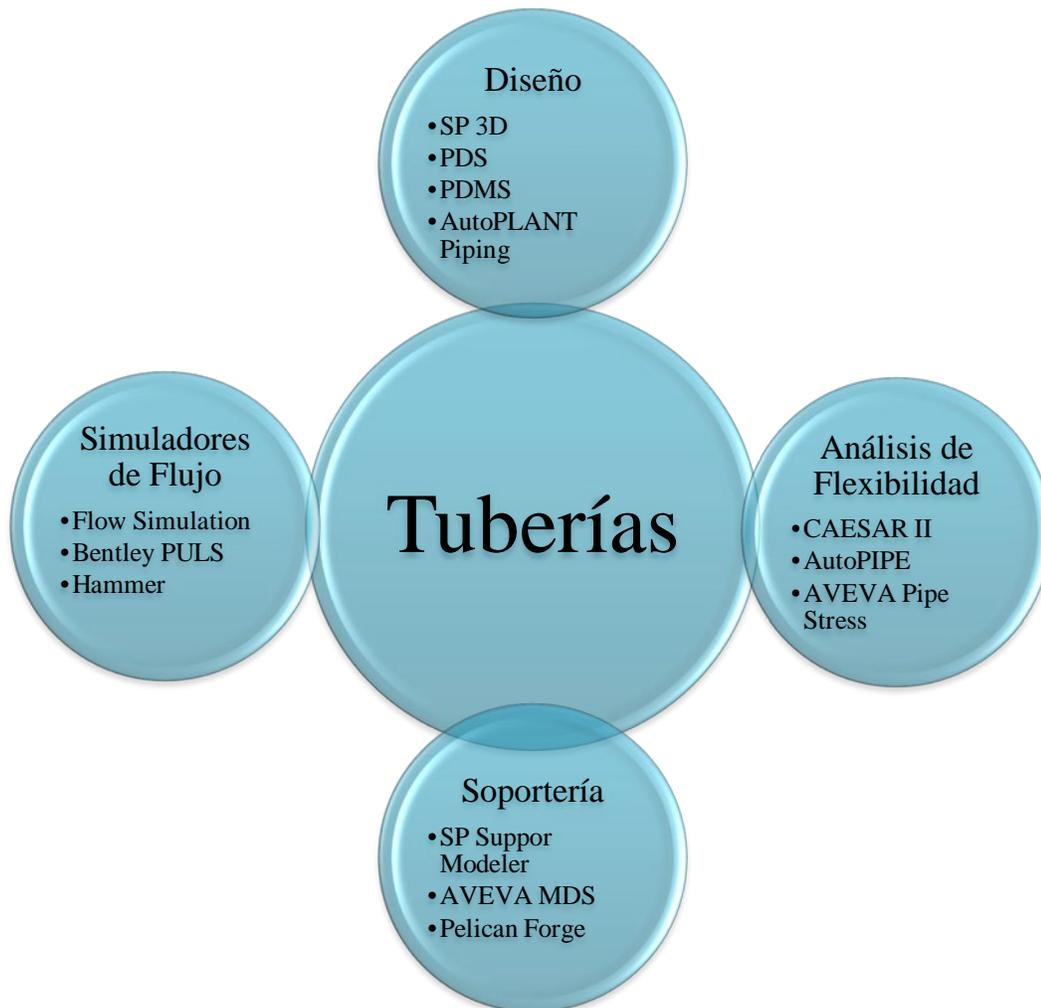


Figura 4-6. Esquema de las tareas y Software para el departamento de Tuberías.

#### vii. Departamento Mecánico

Este departamento es el encargado de hacer el diseño en la etapa de ingeniería detalle de los equipos estáticos y de la selección de equipos dinámicos en la misma fase de ingeniería.



Las actividades que se realizan en este departamento pueden ser clasificadas como:

- Actividad de Cálculo de los equipos: que es, como su nombre lo dice, la acción de calcular las dimensiones y partes mecánicas de un equipo de proceso. En la figura 4-7 se puede observar algunos de los programas comerciales que ayudan a los Ingenieros a desarrollar los cálculos. Los entregables de esta actividad son las memorias de cálculo y las hojas de especificación de los equipos.
- Actividades de Diseño y Selección; que consiste en el modelado de los equipos dentro de la maqueta electrónica, basándose en las hojas de especificaciones que proveen los fabricantes de equipo.



Figura 4-7. Esquema de las tareas y Software para el departamento Mecánico.



viii. Departamento de Sistemas de Aire Acondicionado, Ventilación y Calefacción (HAVAC por sus siglas en inglés)

En este departamento también se desarrollan los ingenieros Químicos debido a su alta comprensión de los fenómenos termodinámicos concernientes a esta disciplina. Al igual que el departamento Mecánico, las actividades en HVAC se pueden clasificar en dos:

- Cálculo: Actividad que determina las cargas térmicas necesarias para mantener una temperatura requerida en ciertas áreas de las plantas industriales. Para esta actividad hay muchos programas comercialmente disponibles (figura 4-8) que ayudan a los ingenieros a calcular las cargas térmicas y por tanto a dimensionar los sistemas de HVAC.
- Diseño: Consiste en el modelado de los ductos de HVAC de las plantas industriales y el software permite obtener los planos y los BOM's de los mismos.



Figura 4-8. Esquema de las tareas y Software para el departamento de HVAC.



### ix. Departamento Eléctrico

Esta disciplina se encarga de diseñar los sistemas que conducen la energía eléctrica para alimentar a los diversos equipos, instrumentos y alumbrado de la planta. En este trabajo se han clasificado en dos partes las actividades realizadas por este departamento:

- Actividades 2D: aquellas que involucran cálculos y generación de entregables en dos dimensiones; Diagramas unifilares, Clasificación de áreas de acuerdo a la Asociación Estadounidense de Protección contra Incendio (NFPA), sistema de tierras, sistema de para rayos, entre otros. Las diferentes aplicaciones comerciales de software se muestran en la figura 4-9.
- Actividades 3D: consiste básicamente en el modelado de las charolas eléctricas o *Race ways* que conducen los cables de fuerza o instrumentación.

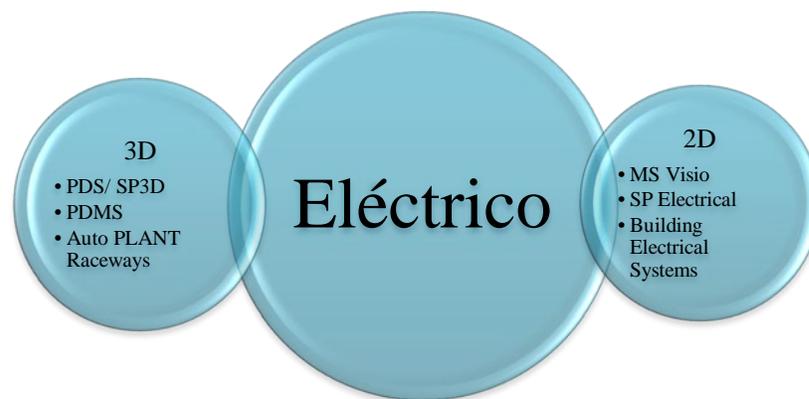


Figura 4-9. Esquema de las tareas y Software para el departamento Eléctrico.



#### x. Departamento Civil-Arquitectónico

Este departamento se encarga de diseñar toda la parte estructural y arquitectónica de la planta. Existen dos tipos fundamentales de software que los Ingenieros de esta disciplina emplean:

- Software para cálculo: que se menciona en la figura 4-10 y permite realizar los cálculos estructurales de los diversos elementos de esta disciplina.
- Software para Diseño: aquel que sirve para alimentar el METI con los elementos estructurales como vigas, trabes, zapatas, cimentaciones, racks de tuberías, etc.



Figura 4-10. Esquema de las tareas y Software para el departamento Civil.



#### xi. Departamento de Control de Documentos

A raíz de la enorme cantidad de información generada en los proyectos, las firmas de ingeniería se han visto obligadas a instaurar un departamento cuyo objetivo sea gestionar dicha información.

Para esta parte los programas computacionales (se mencionan algunos en la figura 4-11) han sido de mucha ayuda ya que permiten el control de los documentos basándose en la jerarquización de los documentos, privilegios de modificación y visualización de los usuarios. Otra de las ventajas que ofrece este tipo de software es que la revisión de los entregables puede hacerse de forma electrónica evitando usar papel lo que representa, por un lado, ahorro de recursos económicos, y más importante aún, la protección al medio ambiente.

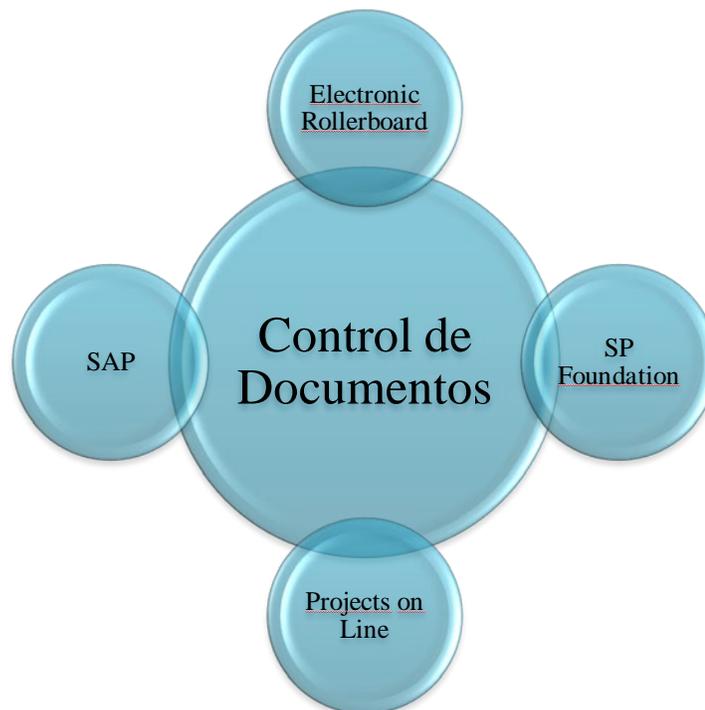


Figura 4-11. Software usado por el departamento de Control de Documentos.



## 5. Herramientas en las Fases de los Proyectos de Ingeniería.

En la presente sección del trabajo se muestran figuras correspondientes a las diferentes etapas del ciclo de vida de una planta de proceso y el software empleando en dichas fases, aunque ya no se mencionan las funciones del mismo porque en muchos de los casos se repite con la sección anterior y haría muy extenso este escrito.

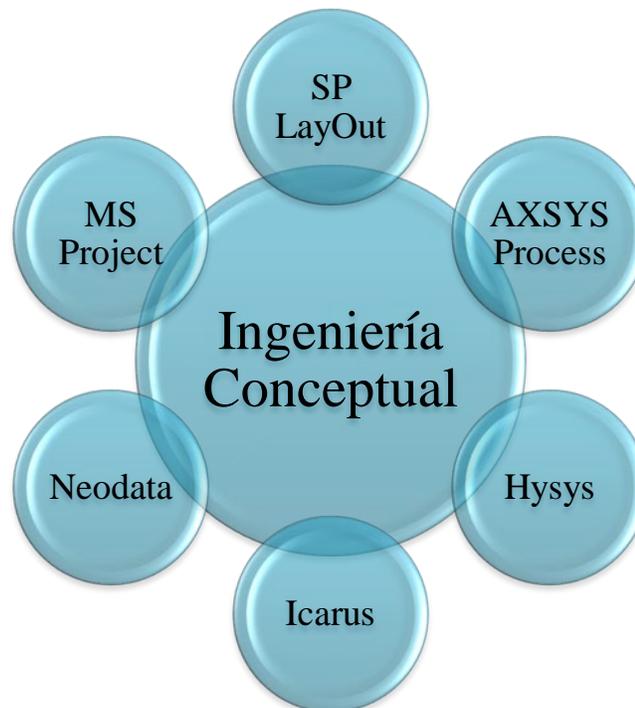


Figura 5-1. Software empleado en la fase de Ingeniería Conceptual.

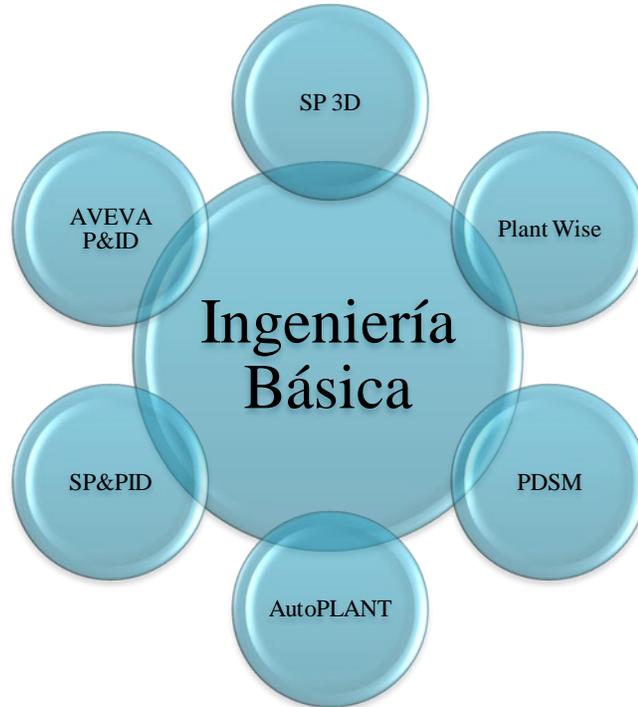


Figura 5-2. Software empleado en la fase de Ingeniería Básica.

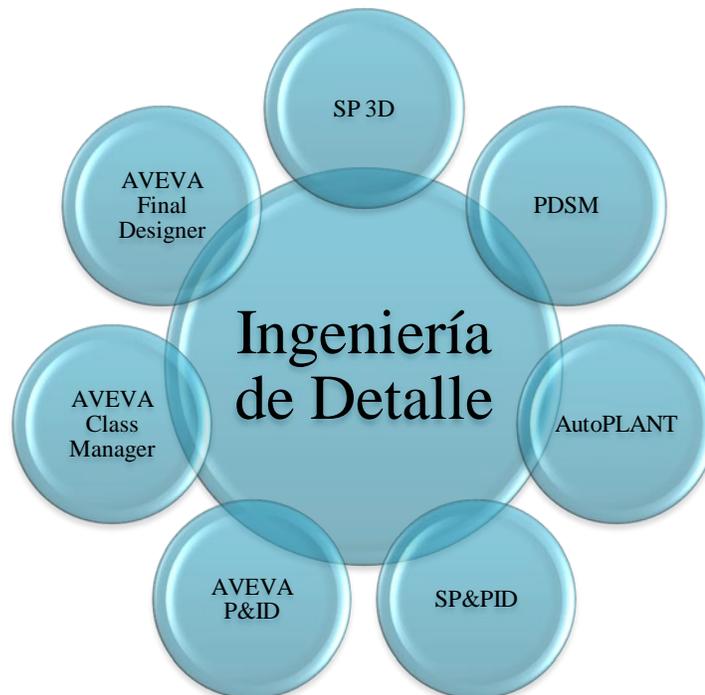


Figura 5-3. Software empleado en la fase de Ingeniería de Detalle.

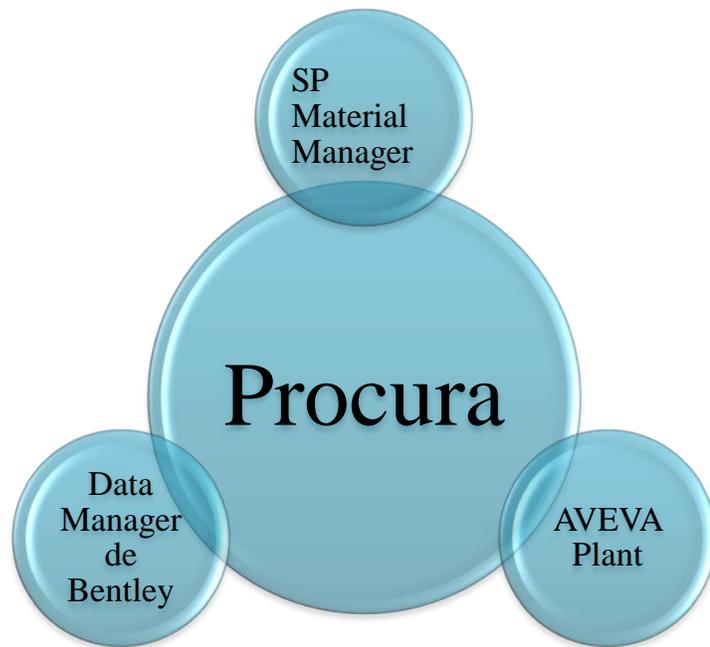


Figura 5-4. Software empleado en la fase de Procura.



Figura 5-5. Software empleado en las etapas de Construcción y Arranque.



Figura 5-6. Software empleado en la fase de Operación y Mantenimiento.



## 6. Tendencias Tecnológicas en los Proyectos de Ingeniería.

La tendencia en los proyectos de ingeniería es el desarrollo integral de la planta en todo su ciclo de vida, desde su conceptualización, diseño, arranque, operación, mantenimiento, remodelación (Denominado “*revamp*” en inglés) y desmantelamiento, como se aprecia en la figura 6-1. Participación estrecha entre todos los involucrados o también llamados “*stakeholders*” del proyecto, manteniéndose un alto flujo de información entre los mismos en etapas tempranas del proyecto, lo que evita posteriores retrabajos por malentendidos y un consecuente ahorro.

El concepto principal de la integración del flujo en la información reside en que la paquetería computacional empleada permite transmitir la información del proyecto desde la etapa de ingeniería conceptual hasta el desmantelamiento de la planta soportado en bases de datos centralizadas que permiten la modificación de los datos, como por ejemplo cuándo se generan documentos de “como fue construido” (también conocido como “*as-built*”) o se reemplaza un equipo.

Hoy en día se puede encontrar paquetería que permite hacer proyectos de Ingeniería de forma integrada; *Smart Plant Foundation* de *Intergraph* o el *AVEVA Plant*, por mencionar sólo las marcas líderes del mercado.

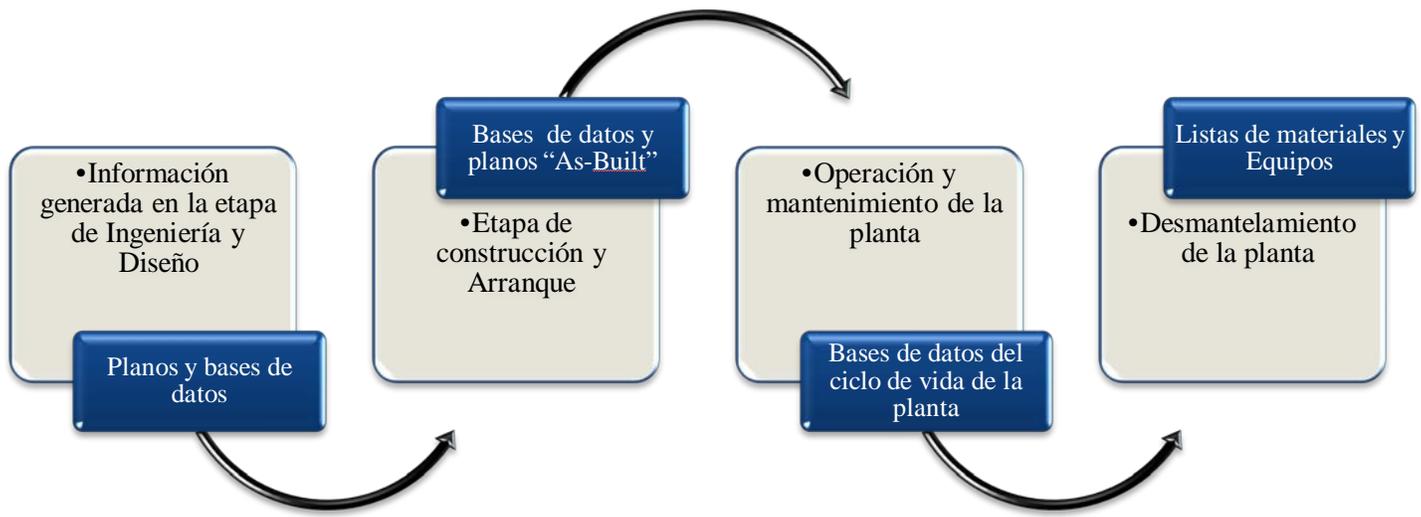


Figura 6-1. Esquema del flujo de Información.

Una compañía de sumo interés para nuestro país ha entendido la importancia y el valor de la información, dicha empresa es Petróleos Mexicanos (PEMEX), la cual ha implementado el uso de tecnología de punta en algunas de sus instalaciones, principalmente plataformas marinas (denominadas instalaciones costa afuera u *offshore*). PEMEX bautizó como modelos electrónicos inteligentes al resultado de aplicar la tecnología de Software integral para instalaciones industriales y además ha expedido una norma propia para regular los proyectos relacionados; la NRF-PEMEX-107 para modelos electrónicos bidimensionales (MEBI's) y tridimensionales (METI's).

La paraestatal decidió adoptar esta tecnología debido a la enorme cantidad de información que debe ser almacenada y procesada para cada una de sus instalaciones, donde dicha información es de vital importancia para el funcionamiento adecuado, óptimo y seguro de las mismas, además de que se tiene el incentivo que las aseguradoras reducen las primas que cobran a PEMEX por el reaseguro de sus plantas.



### III. DISCUSIÓN

La discusión del trabajo toma como referencia un estudio realizado por *Daratech Incorporated*, compañía que se dedica a realizar estudios de mercado relacionados con tecnologías de la información.<sup>15</sup>

El estudio revela que:

- En el año 2008 el 11% de las firmas de ingeniería ya estaban usando software del tipo MEBI/METI.
- El 66% de los involucrados en proyectos de ingeniería afirman que si las compañías dedicadas a la ingeniería no adoptan el uso de los programas antes citados en un corto plazo, éstas no serán competitivas.
- Los beneficios que otorga este tipo de herramientas cumplieron o superaron las expectativas por parte de la compañía y de los usuarios, siendo los más importantes: Implementación rápida de los cambios en el diseño, capacidad por competir en proyectos más grandes, la habilidad de ser más competitivos, mejora en la precisión de las listas de materiales (BOM's), reducción del retrabajo y la capacidad de detectar interferencias entre los diseños de las diferentes disciplinas.
- La productividad del proyecto se incrementó en un rango del 30 al 45%.
- La productividad individual mejoró hasta en un 50%.
- El 39% de los proyectos no pueden ser competidos por compañías que no usan software MEBI/METI.
- El 87% de las firmas aseguran que usarían los programas computacionales para proyectos pequeños (definidos por la mayoría de los participantes en el estudio como aquellos que no rebasan las mil líneas de tuberías) y 91% para proyectos grandes aunque sus clientes no exigiesen este tipo de software.



- El 73% de los encuestados concuerdan en que sus opciones de conservar sus empleos o conseguir uno nuevo se verían comprometidas si no aprenden a usar las herramientas actuales para proyectos de ingeniería.
- Las características más importantes del software según los participantes son: facilidad de uso, adecuada gestión de la información y que la curva de aprendizaje sea lo más corta posible.
- Las razones más mencionadas en el estudio para no implementar este tipo de sistemas fueron; Costo, falta de experiencia y falta de tiempo para aprender a usarlo.
- El 74% cree que la mitad de los ingenieros que usan software “no inteligente” sí será capaz de aprender a usar los nuevos programas.

En cuanto a las técnicas como la de “Ingeniería Concurrente” e “Ingeniería Siguiendo al Sol” son factibles gracias a las herramientas actuales para proyectos de ingeniería y estas a su vez a los avances tecnológicos, que de forma resumida, han permitido que los proyectos se desarrollen en un menor tiempo, menor costo y mejor calidad, en comparación a como se hacían hace un par de décadas.

Para el Ingeniero Químico una de las herramientas de mayor utilidad es el simulador de procesos, ya que le permite predecir en un inicio todas las características del proceso en un estado estacionario y también, junto con los datos generados por otro software, hacer la simulación del proceso en un estado dinámico para así poder evaluar el comportamiento del mismo cuando se presentan variaciones en las condiciones del proceso.



## IV. CONCLUSIONES

Se consideran cumplidos los objetivos del presente trabajo, al mostrar cómo es que los proyectos de ingeniería se ven impactados por las herramientas, siendo éstas, principalmente, programas computacionales, cuáles fueron los sucesos que permitieron el desarrollo de los mismos y las condiciones que crearon la necesidad de desarrollar dichas herramientas.

Para que un proyecto de ingeniería pueda ser exitoso, es esencial realizar una selección correcta del software, así como una buena comprensión y evaluación de su funcionamiento y uso basado en el análisis de costo/beneficio de los mismos. Algunos de los criterios para seleccionar un software determinado son: el tamaño del proyecto, la capacidad y experiencia de los grupos de trabajo que desarrollan el proyecto así como la adecuada planeación.

Actualmente se considera que las firmas de ingeniería deben adoptar el uso de las nuevas tecnologías para ser competitivas. La implementación de los softwares en proyectos de ingeniería ayuda a la reducción de tiempo, errores, pérdida o distorsión de información cuando ésta es transferida de una parte a otra y, por tanto, abate los costos al evitar retrabajos.

En muchas ocasiones, los proyectos fracasan al no realizarse con los parámetros preestablecidos de tiempo, costo o calidad. Debido a esto, se cree que el desarrollo de la ingeniería no es adecuado, cuando, en realidad, el fracaso se debe a una mala gestión del proyecto.

No se debe de caer en el error de pensar que las herramientas computacionales pretenden sustituir al ingeniero, ya que el software está basado en reglas lógicas predeterminadas y no son comparables a la complejidad que posee la mente humana. La finalidad de estas herramientas es agilizar tareas repetitivas y de cálculo para que el ingeniero se concentre en tareas que requieren una mayor abstracción y complejidad.



Las tendencias actuales apuntan hacia un diseño e ingeniería integral de la plantas industriales que van desde el diseño, la construcción, el arranque, operación, mantenimiento, remodelación y desmantelamiento de dichas plantas. Cubriendo, de esta manera, todo el ciclo de vida de la mismas.

Las instituciones de educación superior que imparten la carrera de Ingeniería Química, debiesen considerar la adopción y enseñanza de las herramientas tecnológicas que son usadas actualmente por los Ingenieros Químicos dentro de las firmas de ingeniería. De este modo, se aumentarían las fortalezas de sus egresados y mejorarían las oportunidades laborales a las que se ven enfrenados éstos en el mundo de hoy.



## V. BIBLIOGRAFÍA

- 
- <sup>1</sup> Project Management Institute (PMI), “*Guía de los fundamentos de gestión de proyectos: PMBOK*”, Tercera Edición. EUA. 2004.
- <sup>2</sup> Rosales, A. “*Presentación de Introducción a la Administración de Proyectos*”, Instituto Mexicano del Petróleo, Diplomado en Ingeniería de Proyectos, UNAM, México, 2010.
- <sup>3</sup> Harvard Business School, “*Project Management Manual*”, EUA, 1996.
- <sup>4</sup> McGhee, P. “*Painless project management: a step-by-step guide for planning, executing, and managing projects*”, Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey. 2007.
- <sup>5</sup> D’Aveveni, R. “*Coping with Hypercompetition: Utilizing 7’s Framework*”, Academy of Management Review: vol. 20, p. 119. 1995.
- <sup>6</sup> Hitt, M. “*Strategic Management; Competitiveness and Globalization*”, Ed. West, 2a Edición, EUA, 1996.
- <sup>7</sup> Dos Santos, B. “*Rewards to investors in innovative information technology applications: First movers and early followers in ATM’s*”. Organized Science: vol. 6, pp. 241-259. 1990.
- <sup>8</sup> World Internet Usage Statistics News and World Population Stats  
<http://www.internetworldstats.com/stats.htm>
- <sup>9</sup> Kessler, G. “An Overview of TCP/IP Protocols and the Internet”, InterNIC, 16 de enero de 2007.  
<http://www.garykessler.net/library/tcpip.html>
- <sup>10</sup> Bettis, R. “The new competitive landscape”. Strategic Management Journal: vol. 16 (Special Issue), pp.7-19. 1995.
- <sup>11</sup> Cleetus, K. “*Definitions of concurrent engineering*”. CERT Technical Report Series. Nota de Investigación, CERC-TR-RN-92-003, pp. 1-5. West Virginia University, EUA. 1992.
- <sup>12</sup> Clark, K. “*Product Development Performance: Strategy, Organization and Management in the World Auto Industry*. Harvard Business Scholl Press. Cambridge. EUA. 1991.
- <sup>13</sup> Terwiesch, C. “*Exchanging Information in Concurrent Engineering: Alternative Coordination Strategies*”. Organization Science: vol. 13, pp. 402-419. 2002.
- <sup>14</sup> Spear, M. “*Follow the sun to global projects*”. Process Engineering, p. 19. Septiembre de 2003.
- <sup>15</sup> Daratech, Inc. “Daratech 2D vs. 3D Study highlights”, E.U.A. Mayo de 2008  
[www.daratech.com/research/studies](http://www.daratech.com/research/studies)