

# El CAD en la actividad de reingeniería e ingeniería en los mantenimientos a centrales eléctricas

**R. García Ramírez**

Empresa de Mantenimiento a Centrales Eléctricas ( E.M.C.E.)  
calle 100 y 69 Marianao C. de la Habana, Cuba

(Ponencia recibida para ser presentada en el 2º Congreso Cubano de Ingeniería Mecánica, ISPJAE, Ciudad de la Habana, Septiembre 2000)

## Resumen

El presente trabajo muestra algunas experiencias obtenidas en la actividad de ingeniería y reingeniería durante el mantenimiento a centrales eléctricas con empleo del CAD (Computer Aided Design), se muestran además las estrategias seguidas con vistas a automatizar la actividad de reingeniería en ordenadores y a lograr mejoras económicas en la actividad a costa de disminuir los costos de producción.

**Palabras claves:** CAD, reingeniería, mantenimiento de calderas.

## 1. Introducción

La E.M.C.E (Empresa de Mantenimiento a Centrales Eléctricas) se dedica al mantenimiento de las centrales eléctricas a lo largo de todo el país por ser la única en su tipo.

La responsabilidad del departamento de proyecto en la empresa es alta si se tiene en cuenta la importancia que tiene para el país el mantenimiento de las centrales sin la ayuda de sus fabricantes originales, exigiéndose cada vez mayor rapidez de respuesta a soluciones de problemas de ingeniería con la calidad que necesitan estos y la elevada precisión en las decisiones.

Lo anterior es posible solo con la ayuda del CADD, por lo que esta actividad cobra gran auge en la empresa, invirtiéndose en la misma gran cantidad de dinero, creándose, además, un grupo de ingeniería dedicado a la actividad del CADD.

En el artículo se muestran algunas experiencias en el CAD durante el trabajo cotidiano y las estrategias para automatizar el mismo, describiéndose aplicaciones que se fabricaron en este departamento para ser usadas en AutoCADr14.

## 2. Generalidades

En un ciclo de generación de corriente eléctrica forman parte los siguientes elementos:

- ♦ Sustancia de trabajo (Agua)
- ♦ Fuente calorífica (Generador de Vapor)

- ♦ Motor o máquina que entrega trabajo (Turbina)
- ♦ Generador de corriente.

La actividad de reingeniería e ingeniería en este departamento, en su mayoría, esta ocupada por los equipos de transferencia de calor que forman parte de los Generadores de Vapor o Calderas como también se le conoce.

El término Caldera se aplica estrictamente a aquella parte de la unidad en la cual el agua (u otro líquido en general) se vaporiza. Al principio un Generador de Vapor consistía solamente en una Caldera, nombre que se ha aplicado a todos los tipos de generadores de vapor.

Las calderas se clasifican básicamente en:

- Calderas de tubos de fuego.
- Calderas de tubos de agua.

En el caso de las Centrales Eléctricas las calderas son de tubos con circulación de agua por el interior. Los gases producto de la combustión rodean los tubos transmitiendo el calor desde afuera hacia dentro de los mismos

Estas calderas se clasifican a su vez de acuerdo con la forma de los tubos en dos tipos:

- Calderas de tubos rectos
- Calderas de tubos curvos

Para este caso sólo interesan las segundas, estas son mucho más flexibles que las de tubos rectos con relación a la forma en que puede disponer la superficie

de calentamiento, tienen uno o más domos superiores y en general un solo domo de fango. Los domos están interconectados entre sí por medio de tubos curvos que los penetran radialmente.

Las paredes del horno están cubiertas completamente por tubos, que constituyen las paredes de agua. Estos tubos están expuestos directamente al calor radiante de las llamas y transfieren gran cantidad de calor al agua.

Las paredes de agua protegen las paredes del horno contra la acción destructora del calor y reducen la superficie total de la caldera para una capacidad determinada, pues como se ha dicho, aprovechan la energía radiante en mayor grado.

El diámetro de los tubos varía de 3 ½ a 2 pulgadas usándose los de mayor diámetro en el primer paso de los gases, por ser en esta etapa de su recorrido donde es mayor la evaporación, y al mismo tiempo para facilitar la circulación del agua. El espaciamiento de los tubos en el primer paso es mayor con el fin de reducir la formación de escoria que impediría la libre circulación de los gases.

Los tubos de menor diámetro se usan en los pasos posteriores donde la evaporación es menor. El diámetro

pequeño de los tubos aumenta la superficie de calentamiento para un determinado espacio.

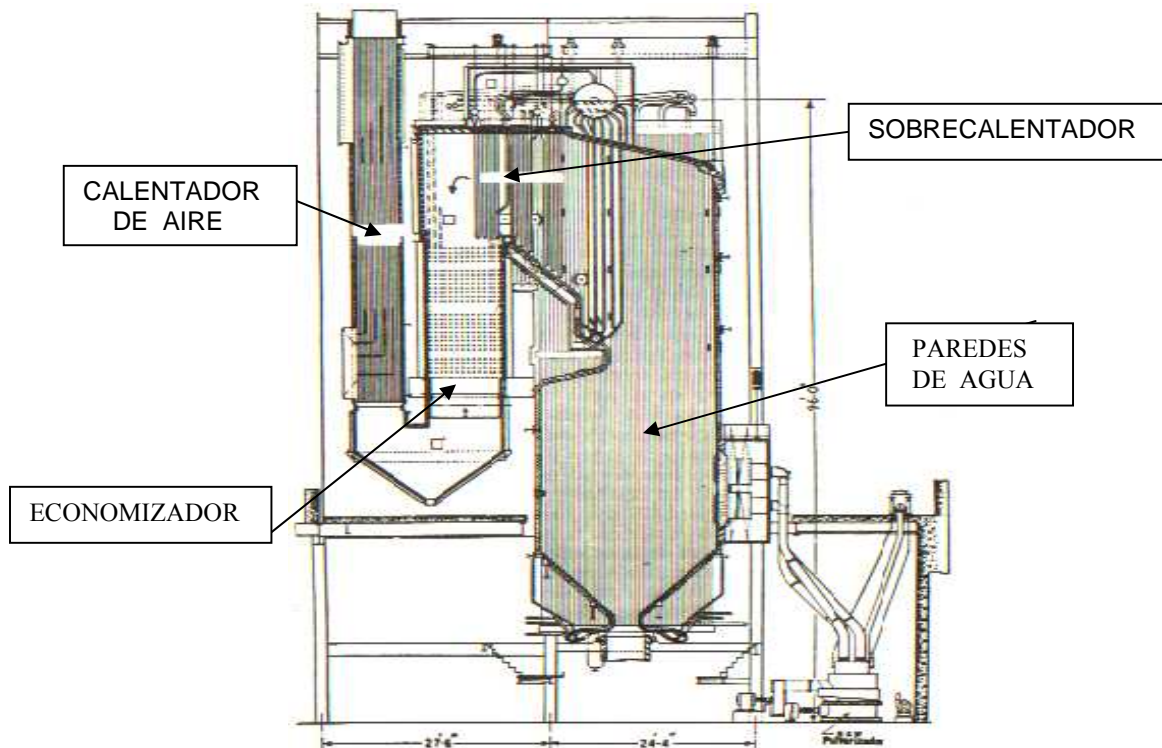
Se verán por separado los elementos mencionados anteriormente que conforman un generador de vapor y que constituyen los equipos que son la base del trabajo del departamento de proyecto y diseño en el área de *Termomecánica*, para ello se usará la figura 1 que muestra la estructura de una caldera de una central Termo Eléctrica

### 3. Equipos de transferencia de calor

Estos equipos durante su funcionamiento sufren deterioros y durante los mantenimientos son sustituidos, a continuación se mencionan algunos de estos:

- ◆ Calentador de aire
- ◆ Sobrecalentador
- ◆ Economizador
- ◆ Quemadores

La ubicación de estos dentro de las calderas puede observarse en la figura 1.

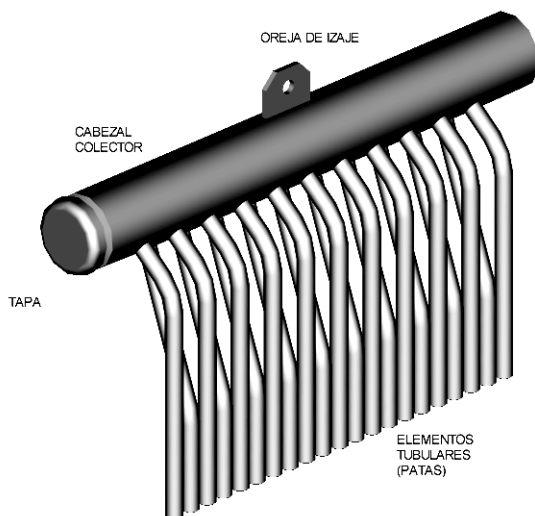


**Figura 1.** Vista de una caldera y la posición de algunos de los equipos de transferencia de calor .

#### 4. Estructura general de los equipos de transferencia de calor

Estos equipos, están compuestos por un número determinado de tubos que están soldados a uno o dos cabezales colectores, formados estos últimos a su vez por tapas, como se muestra en la figura 2; sobre estos elementos se realizan los estudios para la automatización en CAD.

En la representación gráfica de estos equipos hay características en comunes que los identifican, tanto en la representación en el plano como en el espacio, este aspecto se tuvo en cuenta para el diseño de herramientas para el CAD, que facilitan la representación tanto en el plano como en el espacio (2D y 3D).



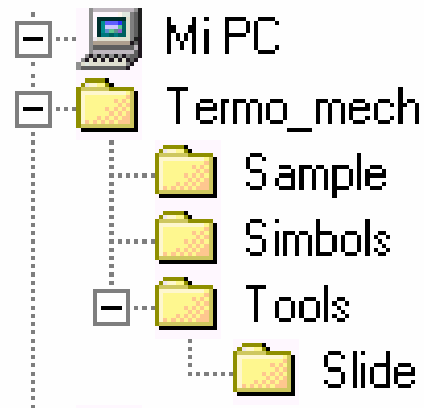
**Figura 2** Representación en 3D de un equipo de transferencia de calor.

El resultado final del uso de estas herramientas es el de una maqueta electrónica del equipo, lo que posibilita su mejor entendimiento, detectándose los errores de diseño con mayor exactitud, teniéndose una imagen en realidad virtual del mismo (ver figura 2).

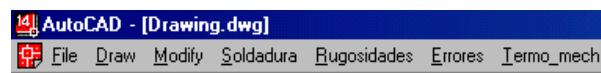
#### 5. Diseño de las herramientas para el CAD

Estas herramientas fueron hechas en AutoLISP para ser usadas en AutoCAD release 14, están organizadas en carpetas con la estructura que se observa en la Fig. 3.

Las herramientas son manipuladas a través de un menú *pull down* en AutoCAD en el bloque con nombre *Termo mech* como se muestra en la figura 4, o a través de un menú de *botón* como se muestra en la figura 5.



**Figura 3** .Estructura en carpetas de las herramientas.



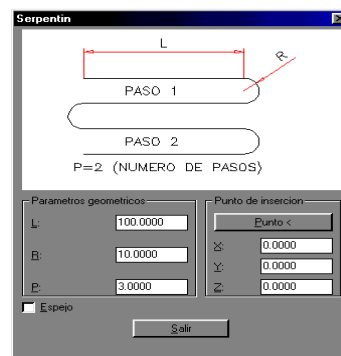
**Figura 4** .Menú Pull Down



**Figura 5** .Menú de botón.

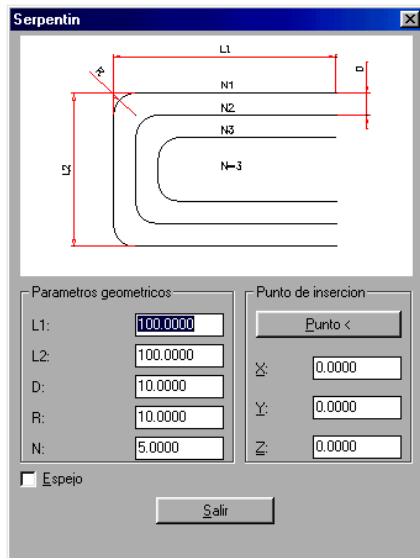
A continuación se verán brevemente las herramientas y sus usos, para ello se seguirá el orden mostrado en la figura 5.

El primer bloque de botones lleva por nombre *Serpentines*, este bloque contiene las herramientas para dibujar de forma rápida dos tipos de serpentines usados con frecuencia en los equipos intercambiadores de calor. La primera de las opciones se usa para construir serpentines de economizadores, la caja de diálogo se muestra en la figura 6.



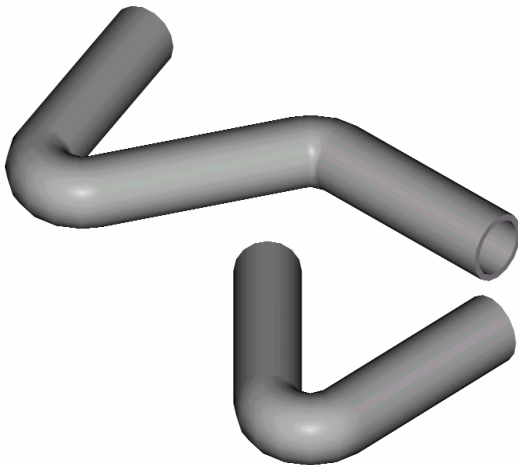
**Figura 6** .Caja de diálogo de la herramienta para construir serpentines de economizadores.

La segunda opción se usa para la construcción de los serpentines característicos de los equipos sobrecalentadores, la caja de diálogo se observa en la figura 7.

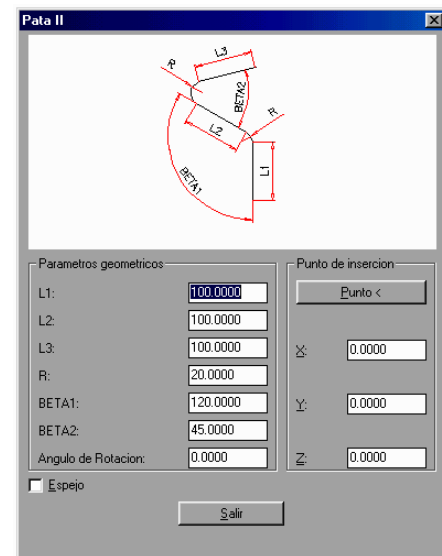


**Figura 7.** Caja de diálogo de la herramienta para construir serpentines de sobrecalentadores.

El segundo bloque de botones lleva por nombre patas. Las patas son el elemento básico que componen un equipo intercambiador de calor; obsérvese la figura 2; estas no son más que tramos de tuberías formados por la combinación de tramos rectos y tramos curvos, las uniones de estos tramos por soldadura van conformando un equipo en general como se muestra en la figura 8 donde se observa el *render* de dos tipos de patas diferentes.

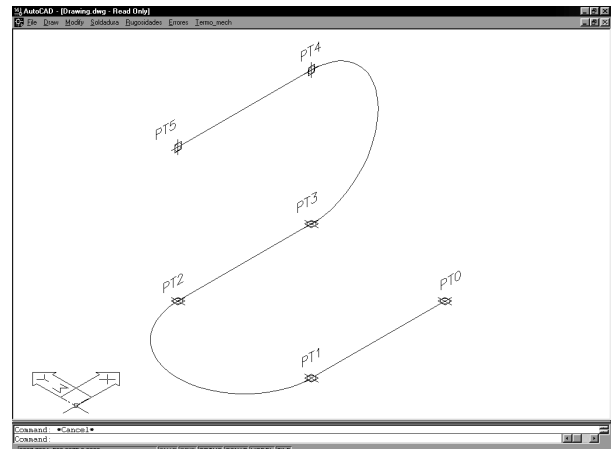


**Figura 8.** Render de dos patas con geometrías diferentes.



**Figura 9.** Caja de diálogo de una de las herramientas para construir patas.

La última de las opciones de este menú de botón es la de construcción de las trazas de las tuberías en el espacio, esta representación se hace en forma de alambre (combinando líneas y arcos), como puede observarse en la figura 10.



**Figura 10.** Representación de una traza de tubería en el espacio.

Esta herramienta se manipula a través de una caja de diálogo principal como se muestra en la figura 11, la que posee tres botones del tipo imagen, que contienen las tres opciones principales, la primera es la de construcción de los tramos rectos en el espacio, la segunda la de construcción de los tramos en forma de curva y la última manipula el UCS( User Coordinate System) de AutoCAD.



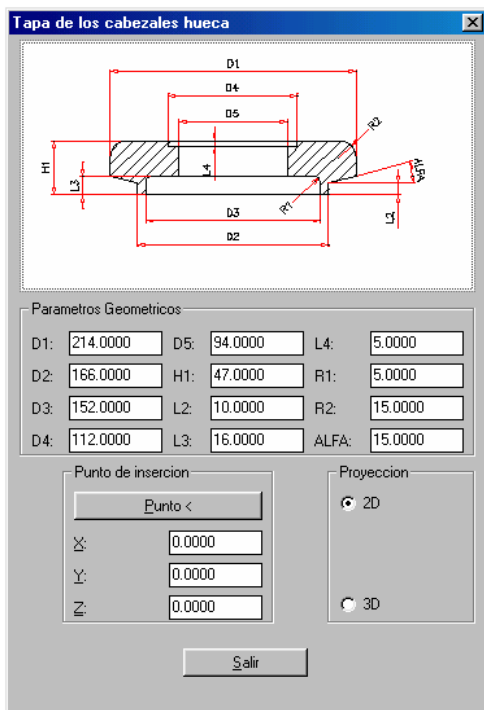
**Figura 11** .Caja de diálogo principal para la construcción de trazas de tuberías en el espacio.

La botonera de *Elementos*, contiene aplicaciones que se usan para la representación de sólidos en el espacio o en el plano de algunas de las piezas y accesorios que forman parte también de los equipos de transferencia de calor como son el caso de las tapas y los separadores.

Las tapas en estos equipos son de dos tipos:

- ◆ Con agujero central
- ◆ Sin agujero central

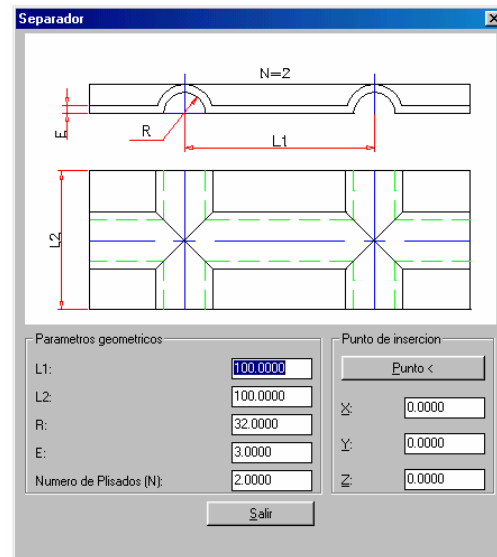
La representación de estas se hacen a través de cajas de diálogos similares, una de ellas se observa en al figura 12.



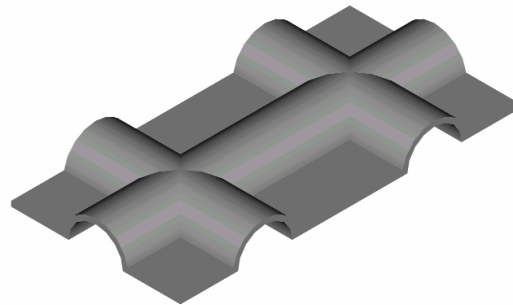
**Figura 12** .Caja de diálogo principal para la construcción de tapas.

Otro de los elementos son los separadores, estos se construyen también con una aplicación cuya caja de diálogo se muestra en la figura 13 y el resultado de la

misma en la figura 14, donde se observan las características geométricas del mismo.



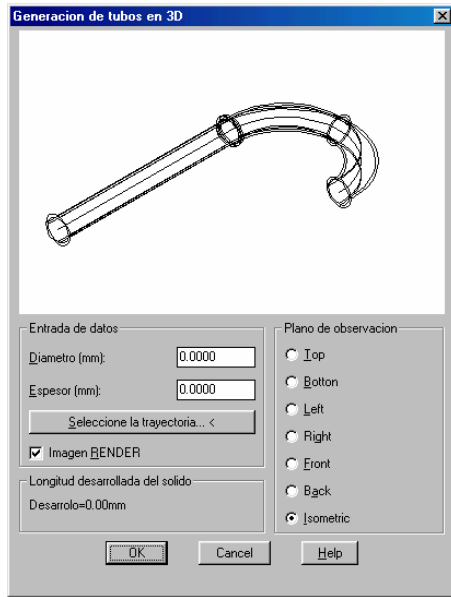
**Figura 13** .Caja de diálogo para la construcción de los separadores.



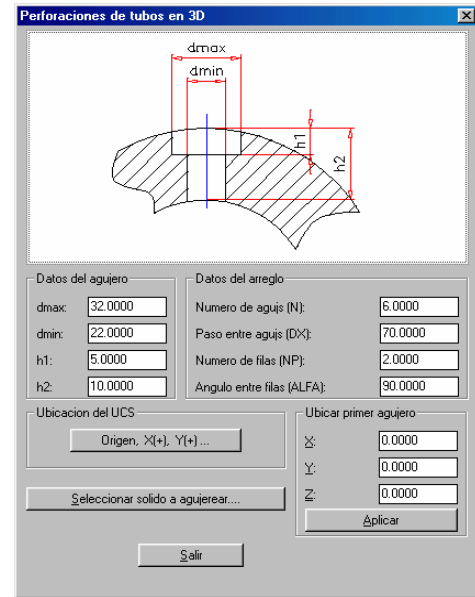
**Figura 14** .Elemento separador de tubería después de un *Render* en AutoCAD.

El último botón del menú: *Herramientas*, contiene aplicaciones de gran importancia en la generación tridimensional de estos equipos, la primera genera la tubería a partir de las trazas generadas en el espacio; la caja de diálogo se observa en al figura 15. Esta herramienta ahorra un tiempo considerable en la representación de toda la tubería , pues estos equipos en general contienen un número considerable de tubos y esta operación sin esta herramienta se hace verdaderamente tediosa..

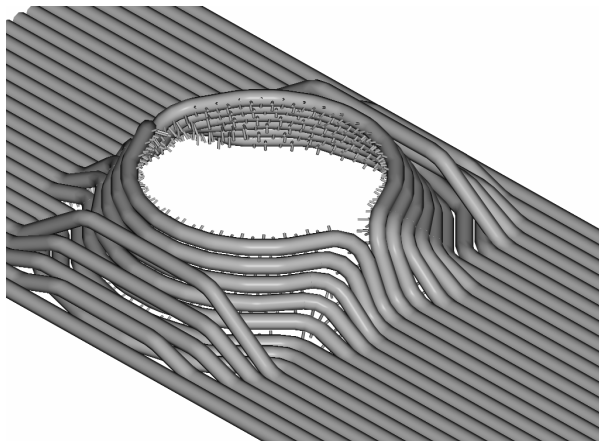
En la figura 16 se observa un detalle de una zona de una pared de agua de una caldera, conocida esta zona como boca de quemadores, pudiéndose ver la complejidad de la misma.



**Figura 15** .Caja de diálogo principal para la generación de tubos a partir de las trazas en el espacio.



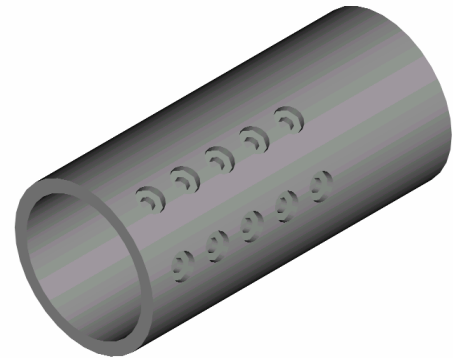
**Figura 17** .Caja de diálogo principal para la construcción de agujeros en sólidos tipo tubo.



**Figura 16** .Detalle de la zona de boca de quemadores de una pared de agua de una caldera de Central Eléctrica.

La otra herramienta construye agujeros escalonados en sólidos en forma de tubos contruidos con la herramienta anterior, estos tubos perforados son los cabezales colectores de los equipos de intercambio de calor, véase la caja de diálogo que se muestra en la figura 17, y el resultado de la misma en la figura 18

Como colofón del uso de estas herramientas para el CAD se obtienen maquetas electrónicas de estos equipos de transferencia de calor, teniéndose una visión de los mismos cercana a la realidad en ordenador como puede observarse en la figura 16.



**Figura 18** .Tubo de un cabezal colector con las perforaciones.

## 6. Conclusiones

La ingeniería moderna se apoya en gran medida en las técnicas del CAD, la actividad de ingeniería y reingeniería en la empresa se sustenta en gran medida en estas técnicas, se ha generalizado el hecho de fabricar modelos tridimensionales en ordenadores de los equipos que requieren de ingeniería o reingeniería para ser sustituidos durante los mantenimientos, estos modelos son usados por *Mechanical Desktop* para elaborar las proyecciones en 2D, isométricos, etc.

La documentación de proyecto en la actualidad va acompañada de una escena del equipo para ser usada en el taller donde será construida, esto hoy en día constituye una herramienta ya obligatoria bien recibida por los obreros que intervienen directamente en la elaboración de estos equipos.

La elaboración rápida de modelos 3D ha servido para estudios complejos de sustitución de estos equipos, simulando en ordenador todos los movimientos necesarios a realizar dentro de la caldera de las unidades generadoras previas al mantenimiento, ahorrándose tiempo y dinero, pues se pueden prever posibles errores, etc.

La fabricación de herramientas permitieron automatizar el proceso de elaboración de los modelos en 3D de estos equipos.

## 7. Bibliografía

1. García Ramírez, Roberto.: Herramientas para el diseño de elementos tubulares de calderas de centrales termoeléctricas.(tesis de diplomado de AutoCAD, 1999), 50p..

---

## CAD in the reengineering and engineering activity in maintenance of power plants

### Abstract

The present work shows some experiences obtained in the engineering and reengineering during the maintenance activity in power plants carried out by our company applying the CAD (Computer Aided Design), it is also exposed the strategy followed with a view to automating the reengineering activity with the use of computers, keeping in mind a view to achieve economic improvements in the activity to diminish production costs.

**Key words:** reengineering, CAD, maintenance, boiler.