



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE
TUXTLA GUTIÉRREZ



DEPARTAMENTO
METAL-MECÁNICA

CARRERA
INGENIERÍA MECÁNICA

ASESOR
M.C. IGNACIO ARRIOJA CÁRDENAS

PROYECTO
INGENIERÍA PARA EL PROYECTO DE REEMPLAZO
DE CONVERTIDOR CATALÍTICO DE LA PLANTA DE
ÁCIDO NO.3 PLANTA PEÑOLES.

PRESENTA
JULIO CÉSAR CABRERA HERNÁNDEZ
No De Control: 12270848

PERIODO
AGOSTO-DICIEMBRE 2016

Índice

Introducción	3
Capítulo 1	4
Generalidades de la empresa.....	4
Acerca de CIATEQ.....	4
Met-mex peñoles	5
Capítulo 2	7
Planteamiento del problema	7
Justificación.....	7
Objetivos	8
Caracterización del área en que participó	9
Problemas a resolver con su respectiva priorización.....	10
Alcances y limitaciones	11
Capítulo 3	12
Marco teórico.....	12
Acerca del software.....	12
Comentarios sobre el uso del software para el diseño.....	12
Diseño de intercambiadores de calor	13
Capítulo 4	24
Desarrollo del proyecto.....	24
Procedimiento y descripción de las actividades a realizadas.....	24
Capítulo 5	44
Resultados.....	44
Modelado de equipos a detalle y su localización.....	44
Conclusiones y recomendaciones	48
Fuentes de información	49
ANEXOS	50

Índice de figuras

Figura 1 Instalaciones de CIATEQ.....	4
Figura 2 Intercambiador de tubos concéntricos	13
Figura 3 Fluido a contraflujo	14
Figura 4 Flujo en paralelo.....	14
Figura 5 Tubo con aletas transversales	14
Figura 6 Tubo con aletas longitudinales.....	15
Figura 7 Tanque encamisado con serpentín	15
Figura 8 Intercambiador tipo tubo y coraza.....	16
Figura 9 Intercambiador de paso múltiple	16
Figura 10 Mampara horizontal.....	16
Figura 11 Arreglo de tubos a 90°.....	17
Figura 12 Arreglo de tubos a 45°	17
Figura 13 Arreglo de tubos a 60°.....	18
Figura 14 Configuración de ranuras en placas de intercambio.....	18
Figura 15 Elementos de un intercambiador Tubo-Coraza	19
Figura 16 Vista isométrica de propuesta 1.....	24
Figura 17 Vista en planta de propuesta 1	25
Figura 18 Vista en isométrico de propuesta 2	25
Figura 19 Vista en planta de propuesta 2	25
Figura 20 Arreglo de toma de combustible.....	35
Figura 21 Diagrama de distancias entre equipos (longitud en metros).....	37
Figura 22 Intercambiador de calor 1	44
Figura 23 Intercambiador de calor 2	44
Figura 24 Intercambiador de calor 3	45
Figura 25 Precalentador	45
Figura 26 Convertidor catalítico.....	45
Figura 27 Intercambiador 4.....	46
Figura 28 Vista en planta de arreglo de equipos, nuevos y existentes.....	46
Figura 29 Vista de equipos nuevos con su respectiva localización	47

Introducción

El presente documento tiene la finalidad de mostrar el trabajo realizado durante el periodo de residencia en la empresa CIATEQ A S.A., el cual se llevó a cabo en los meses correspondientes al periodo agosto diciembre 2016. En este mismo se hace referencia a un proyecto principal denominado “Ingeniería para el proyecto de reemplazo de convertidor catalítico de la planta de ácido no. 3 planta peñoles”. Como evidencia principal se mostrarán los modelos realizados en un software de CAD (computer-aided design) llamado Solidworks, esto debido a que gran parte del trabajo de ingeniería se basó tomando en cuenta los modelos con sus respectivas dimensiones y detalles. Todos los elementos que componen el sistema entero de la planta, como son los convertidores catalíticos, intercambiadores de calor y los precalentadores, se modelaron con las dimensiones originales todas de los planos de construcción de los mismos, agregándoles las modificaciones de la parte de ingeniería esto para hacer su correcta y lo más real posible su distribución en campo.

Así también se describe el área a donde se estuvo apoyando a la empresa, y se describen algunos proyectos secundarios en los cuales se le brindó la ayuda requerida por la misma de acuerdo a sus necesidades y se muestran los resultados en los anexos.

Capítulo 1

Generalidades de la empresa.

Acerca de CIATEQ



Figura 1 Instalaciones de CIATEQ

CIATEQ, A.C. fundado como Centro Público de Investigación en noviembre de 1978, es hoy una organización de Centros especializados en manufactura avanzada con cobertura nacional a través de sus sedes en 8 estados de la República que ha mostrado el mayor crecimiento a lo largo de su existencia con más de 3,600 proyectos de vinculación y más de 44,000 servicios tecnológicos ofrecidos a 3,400 clientes.

La oferta tecnológica de CIATEQ agrupada en 6 áreas de especialidad es integral y apoya prácticamente a toda la industria desde el análisis de materiales, desarrollo de productos, procesos y servicios con alta tecnología e innovación.

Áreas de especialidad:

- TI, Electrónica y Control
- Sistemas de medición
- Sistemas mecánicos
- Ingeniería y construcción de plantas
- Ingeniería virtual y manufactura
- Plásticos y materiales avanzados

- Servicios de Laboratorio:
- Metrología
- Caracterización de plásticos y materiales
- Pruebas destructivas y no destructivas
- Formación de recursos humanos:
- Maestría y Doctorado en manufactura avanzada
- Maestría en sistemas inteligentes multimedia

Misión

"Desarrollar soluciones tecnológicas que incrementen la competitividad de nuestros clientes, generen valor para la organización y aumenten las competencias y satisfacción de nuestro personal."

Visión (2011-2016)

"Ser una organización de centros de excelencia, líderes en desarrollo tecnológico e innovación, responsables con el medio ambiente y la sociedad."

Met-mex peñoles

Peñoles fue fundado en 1887. Es un grupo minero con operaciones integradas para la fundición y afinación de metales no ferrosos y la elaboración de productos químicos.

Peñoles hoy mantiene una posición de liderazgo en las industrias que se desempeña:

Como mayor productor mundial de plata afinada y el más importante de bismuto metálico en América.

Es líder latinoamericano en la producción de oro y plomo afinados.

Se encuentra entre los principales productores mundiales de zinc afinado y sulfato de sodio.

Es una de las empresas exportadoras más importantes de México, con más del 80% de sus ventas en el extranjero.

Las acciones de Peñoles cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores desde 1968 bajo la clave: PE&OLES, y forman parte del Índice de Precios y Cotizaciones, y del nuevo IPC Sustentable.

Peñoles forma parte de Grupo BAL*, una organización privada y diversificada, integrada por compañías mexicanas independientes.

Misión

Agregar valor a los recursos naturales no renovables en forma sustentable.

Visión

Ser la empresa mexicana más reconocida a nivel mundial de su sector, por su enfoque global, la calidad de sus procesos, la excelencia de su gente y la conducción ética de sus negocios.

Capítulo 2

Planteamiento del problema

Justificación

La planta de ácido de una de las industrias mineras más importantes del país necesita una remodelación, motivo por el cual se subcontrató a CIATEQ S.A. para ayudar al reordenamiento de los equipos de manera que se puedan aprovechar el espacio al máximo y a la vez obtener un óptimo funcionamiento de los equipos.

La Planta de Ácido Sulfúrico No.3, que es parte del proceso productivo, cuenta con un Convertidor Catalítico, cuya función es convertir el flujo de gas de dióxido de azufre (SO_2) a trióxido de azufre (SO_3), que posteriormente es absorbido en ácido sulfúrico (H_2SO_4), en la Torre de Absorción.

El Convertidor Catalítico, por estar al final de su vida útil, se ha determinado por estrategia del proyecto, el Reemplazo de todo el Sistema de Conversión por equipos nuevos, contemplando un arreglo físico de acuerdo a las necesidades del proceso y operación.

Objetivos

Objetivo general

Actualizar el arreglo físico y el diseño de los equipos que lo integran, considerando las disciplinas de proceso, civil, estructural, mecánico, tuberías y corrosión.

Objetivos específicos

Modelar todos y cada uno de los elementos primarios y secundarios relacionados con el proceso de obtención de ácido sulfúrico, y realizar los arreglos correspondientes de estos tomando en cuenta sus dimensiones y geometría.

Utilizar los modelos como una herramienta que facilite el entendimiento, la importancia y el proceso que realizan cada uno de estos elementos, así como también mostrar su estructura interna.

Caracterización del área en que participó

El enfoque principal que tendré en el proyecto, será en el área de ingeniería a detalle, en la cual mi labor principal será interpretar la información de planos de los equipo mecánicos, en base a ella modelar a detalle todos y cada uno de los componentes principales para el proceso de catalización del dióxido y trióxido de azufre, todo esto se realizará en el software de diseño Solidworks, esta información será de gran utilidad puesto que la mayoría de las decisiones sobre la ubicación de estos componentes, se basarán de la información proporcionada por el software en cuanto a las dimensiones de los equipos y el espacio disponible en planta. Además de ser una parte importante del proyecto debido a que el cliente solicitó una maqueta electrónica a detalle de tal manera que fuera posible obtener planos de construcción a partir de los modelos realizados, además también será útil para evaluar la viabilidad de la propuesta.

Antes de comenzar con el proyecto se nos proporcionó una pequeña capacitación acerca del lenguaje de dibujo técnico donde aprendimos a leer planos mecánicos de equipos complejos, además se nos brindó una introducción del lenguaje de dibujo, así como también identificar especificaciones de elementos mecánicos que son comunes en el diseño de equipo y los cuales se implementan con frecuencia en planta, como lo son tubería, conexiones, elementos roscados entre otros.

Después de eso nos introducimos un poco en la elaboración de isométricos tomando como referencia los diagramas de instrumentación y tubería; lo cual nos ayudó familiarizarnos con el lenguaje de tuberías y conexiones, de este modo se nos facilitó modelar los elementos e identificar posibles errores en las conexiones de tuberías y los accesorios.

Problemas a resolver con su respectiva priorización

Aprovechando el reemplazo del convertidor catalítico a causa del final de su vida útil, la empresa solicita que se realice un arreglo de equipos aplicando ingeniería para evitar problemas de mantenimiento a los equipos, dichas actividades son demasiado complicadas debido a que el arreglo que tiene desde que inició la empresa, fue realizada sin pensar en las prácticas de mantenimiento y a que con el tiempo se ha venido modificando algunas líneas cuando los equipos salen de operación, y estas mismas son adaptadas al espacio con el que se cuenta, por lo que aun cumpliendo con su función principal, las instalaciones no son adecuadas pues a causa de la mala distribución, hacen casi imposible las labores de mantenimiento.

Por tal motivo, el problema principal a tratar consiste en ubicar los equipos y realizar los planos de distribución y construcción de los equipos nuevos. Por tal motivo se realizará la elaboración de ingeniería para el reemplazando del sistema de conversión de la Planta de Ácido no. 3. Actualizando el arreglo físico y el diseño de los equipos que lo integran, considerando las disciplinas de proceso, civil, estructural, mecánico, tuberías y corrosión.

Para cumplir con lo anterior, en primera estancia se tomaron en cuenta los aspectos de diseño de cada equipo existente, en cada una de las disciplinas mencionadas, una vez teniendo las dimensiones definidas de cada elemento, se procederá a hacer los modelos en Solidworks a lujo de detalle, con la finalidad de que el cliente pueda elegir entre dos propuestas de arreglo de planta. Y con base en estos realizar los cambios pertinentes en las dimensiones y la geometría de los equipos que así lo requieran.

Alcances y limitaciones

Alcances

-  Realización de la ingeniería básica de proceso para la revisión, confirmación, actualización de memorias de cálculo, documentos, planos, filosofía de operación entre otros documentos listados por MMMP, en el alcance del Reemplazo del Sistema de Conversión a intervenir.
-  Realización de ingeniería de detalle multidisciplinaria (civil, estructural, mecánico, tuberías, y corrosión) para su correcta especificación, selección, procura, fabricación, instalación y operación derivado del Reemplazo del Sistema de Conversión.
-  Revisión y actualización de información existente multidisciplinaria (proceso, civil, estructural, mecánico, tuberías y corrosión).
-  Analizar y definir las alternativas técnicas y económicas de mejoras en la selección de materiales para la fabricación de los equipos; Convertidor, Cambiadores de calor 1, 2, 3 y 4, mejoras del sistema de precalentamiento, incluyendo el sistema de ductos de conexión entre sí.
-  Realización de la especificación de materiales de aislamiento para el recubrimiento de equipos y tuberías de proceso.

Limitaciones

Acciones que no están contempladas como parte del alcance de la elaboración de ingeniería para el "reemplazo de convertidor de ácido 3".

No se incluye el estudio de topografía.

-  No se incluye el estudio de mecánica de suelos.
-  No se incluyen los costos por el proceso de certificación de los equipos de proceso por alguna dependencia gubernamental.
-  No se incluyen los costos por modificaciones de instalaciones existentes que estén fuera de los límites de batería.
-  No se incluye asistencia técnica durante el proceso de licitación de los trabajos de obra y trabajos de ejecución de obra.

Capítulo 3

Marco teórico

Acerca del software

SolidWorks es un programa de diseño mecánico en 3D que utiliza un entorno gráfico basado en Microsoft Windows, intuitivo y fácil de manejar. Su filosofía de trabajo permite plasmar sus ideas de forma rápida sin necesidad de realizar operaciones complejas y lentas. Las principales características que hace de SolidWorks una herramienta versátil y precisa es su capacidad de ser asociativo, variacional y paramétrico de forma bidireccional con todas sus aplicaciones. Además, utiliza el Gestor de diseño (FeatureManager) que facilita enormemente la modificación rápida de operaciones tridimensionales y de croquis de operación sin tener que rehacer los diseños ya plasmados en el resto de sus documentos asociados.

Junto con las herramientas de diseño de Pieza, Ensamblajes y Dibujo, SolidWorks incluye Herramientas de Productividad, de Gestión de Proyectos, de Presentación y de Análisis y Simulación que lo hacen uno de los estándares de diseño mecánico más competitivo del mercado.

Comentarios sobre el uso del software para el diseño.

El ideal de un diseñador es que las diferencias entre el primer prototipo físico de su diseño y las piezas de producción sean nulas. El único método posible es la simulación. Bernard Charles, Director General de Dassault Systèmes, empresa matriz de DS SolidWorks, lo resumió en una frase “No construyas nada físico hasta que todo se haya comprobado virtualmente”. Así, la simulación es la herramienta principal para eliminar errores y, en consecuencia, reducir costes. Entre las mejoras en este sentido, SolidWorks, por medio de su opción de simulación, permite controlar, durante el diseño, que las piezas no superen determinados límites de tensión, dimensiones, interferencias, desplazamientos, pesos y distancias de seguridad. De esta forma, se ayuda a evitar el sobredimensionamiento ‘por si acaso’.

El grado de simulación necesario puede llegar a ser realmente muy elevado. Así, Domingo Ochoa, Director General de GTA Motor y GTA Concept, empresa

valenciana que diseña y construye coches de carreras, nos explicó que conseguía hacer “simulaciones en túnel de viento, sin un modelo físico y sin túnel de viento”.

Diseño de intercambiadores de calor

Los Intercambiadores de calor son estructuras diseñados y construidos para intercambiar calor de un fluido caliente a un fluido frío, esta transferencia de calor o intercambio de energía se debe fundamentalmente a la diferencia de temperaturas entre los dos fluidos.

Tipos de intercambiadores de calor

Tubos concéntricos o doble tubo

A continuación, se indica el funcionamiento de un intercambiador de calor de tubos concéntricos o doble tubo:

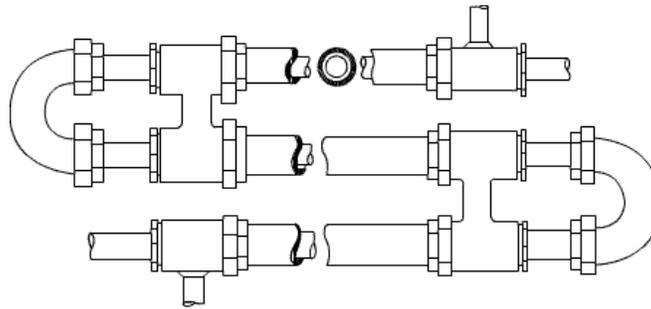


Figura 2 Intercambiador de tubos concéntricos

Los intercambiadores de calor de tubos concéntricos o doble tubo son los más sencillos que existen. Están constituidos por dos tubos concéntricos de diámetros diferentes. Uno de los fluidos fluye por el interior del tubo de menor diámetro y el otro fluido fluye por el espacio anular entre los dos tubos.

Hay dos posibles configuraciones en cuanto a la dirección de los fluidos: a contracorriente y en paralelo. A contracorriente los dos fluidos entran por los extremos opuestos y fluyen en sentidos opuestos; en cambio en paralelo entran por el mismo extremo y fluyen en el mismo sentido. A continuación, se pueden ver dos imágenes con las dos posibles configuraciones de los fluidos dentro de los tubos.



Figura 3 Fluido a contraflujo

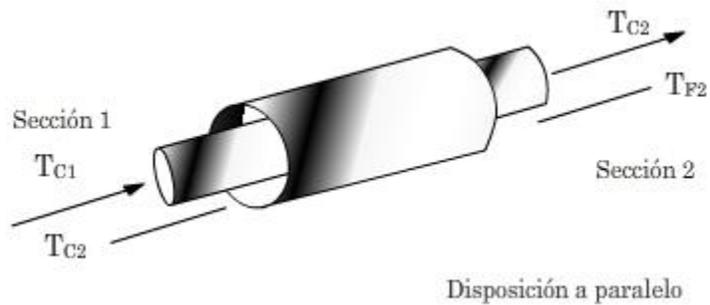


Figura 4 Flujo en paralelo

Los intercambiadores de calor de tubos concéntricos o doble tubo pueden ser lisos o aleteados. Se utilizan tubos aleteados cuando el coeficiente de transferencia de calor de uno de los fluidos es mucho menor que el otro. Como resultado el área exterior se amplía, siendo ésta más grande que el área interior.

El tubo con aletas transversales representado a continuación, se utiliza cuando la dirección del fluido es perpendicular al tubo.



Figura 5 Tubo con aletas transversales

En cambio, cuando la dirección del flujo de los fluidos es paralela al eje de los tubos, el tubo es con aletas longitudinales:

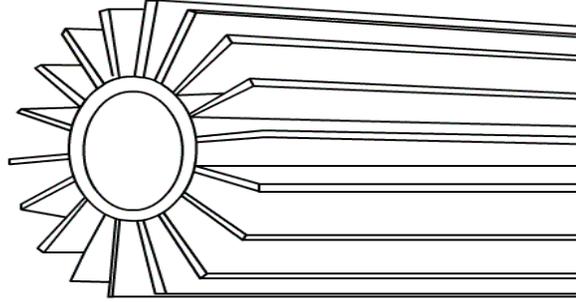


Figura 6 Tubo con aletas longitudinales

Una aplicación de un intercambiador de doble tubo es el que se utiliza para enfriar o calentar una solución de un tanque encamisado y con serpentín (Si se aprieta al botón 1 de la imagen se puede ver en movimiento): En este caso por la camisa entra vapor (burbujas rojas en el dibujo) que hace calentar la solución.

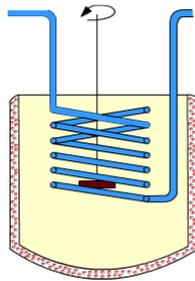


Figura 7 Tanque encamisado con serpentín

Por el serpentín entra agua fría (azul en el dibujo) que hace bajar la temperatura del reactor y, además, al bajar la temperatura, se controla la reacción que se produce.

CORAZA Y TUBOS

A continuación, se indica el funcionamiento de un intercambiador de calor de coraza y tubos.

El intercambiador de calor de coraza y tubos es el más utilizado en la industria. Está formado por una coraza y por multitud de tubos. Se clasifican por el número de veces que pasa el fluido por la coraza y por el número de veces que pasa el fluido por los tubos. Ejemplo:

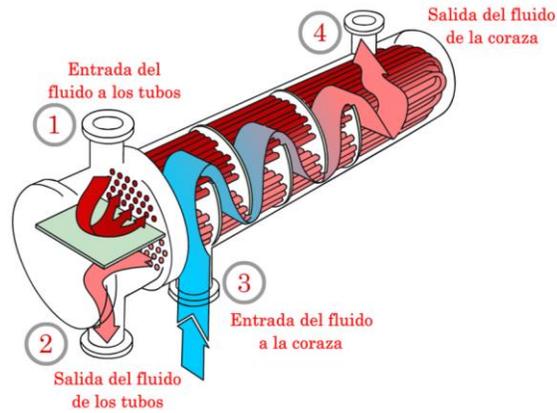


Figura 8 Intercambiador tipo tubo y coraza

En los intercambiadores de calor de paso múltiple se utiliza un número par de pasos en el lado del tubo y un paso o más por el lado de la coraza ejemplo:

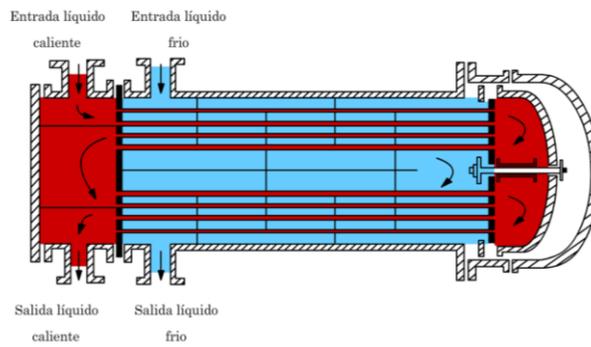


Figura 9 Intercambiador de paso múltiple

Los tubos que van por dentro de la coraza son colocados mediante una placa deflectora perforada, representada a continuación:

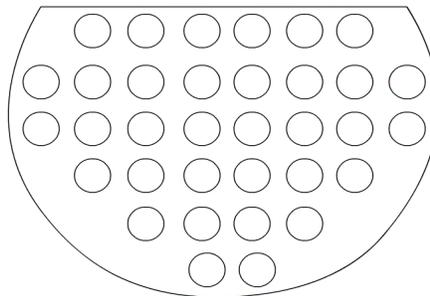


Figura 10 Mampara horizontal

Estas placas deflectoras están puestas para generar un flujo cruzado y inducir una mezcla turbulenta en el fluido que va por la coraza, la cual cosa mejora el intercambio por convección.

Los tubos pueden presentar diferentes distribuciones:

- *Ajuste cuadrado*. Esta configuración permite una mejor limpieza de los tubos. También hace que haya una menor caída de presión en el lado de la coraza.

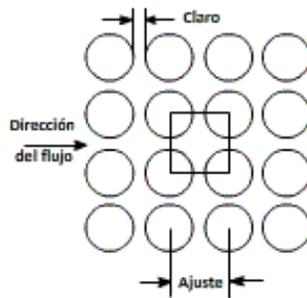


Figura 11 Arreglo de tubos a 90°

- *Ajuste cuadrado girado*. Las ventajas de esta distribución es la misma que el anterior.

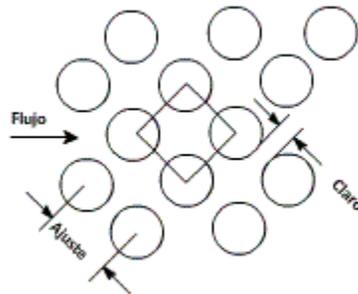


Figura 12 Arreglo de tubos a 45°

- *Ajuste triangular*. Se consigue una mayor superficie de transferencia de calor que con el ajuste cuadrado no se consigue. Si la distancia de centro a centro de los tubos es muy pequeña, no se puede limpiar.

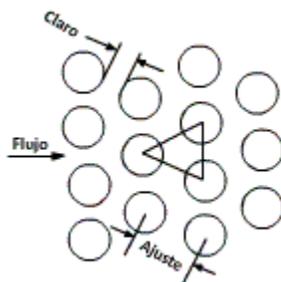


Figura 13 Arreglo de tubos a 60°

PLACAS

Un intercambiador de calor de placas consiste en una sucesión de láminas de metal armadas en un bastidor y conectadas de modo que entre la primera y la segunda placa circule un fluido, entre la segunda y la tercera otro, y así sucesivamente. Estas placas están separadas por juntas, fijadas en una coraza de acero.

La circulación de estos fluidos puede tener diferentes configuraciones, en paralelo y contracorriente.

En la figura de debajo hay diferentes tipos de placas que se pueden encontrar en un intercambiador de calor de placas. Cada placa tiene canalizaciones diferentes de fluido que inducen a turbulencia.

Si el fluido frío circula por la parte de delante de la placa, el fluido caliente lo hace por la parte de detrás.

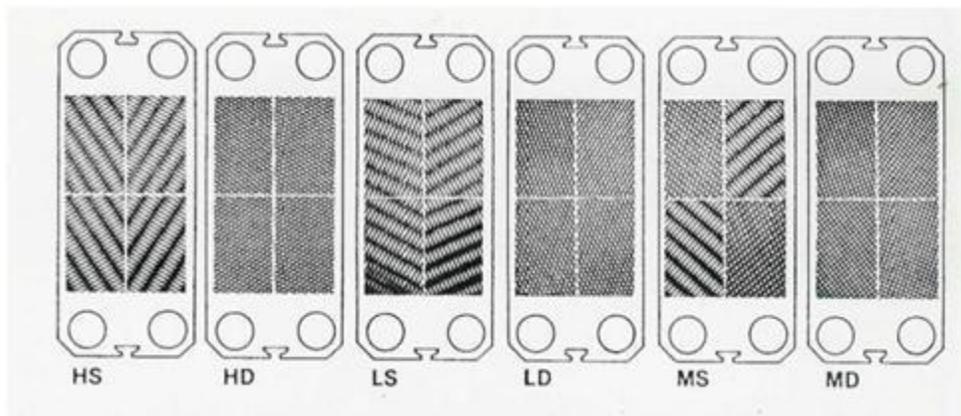


Figura 14 Configuración de ranuras en placas de intercambio

Consideraciones de diseño

La construcción más básica y común de los intercambiadores de calor es el de tipo tubo y coraza que se muestra en la siguiente figura.

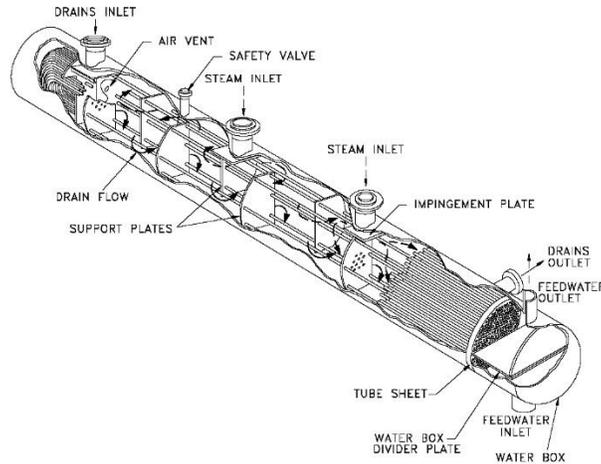


Figura 15 Elementos de un intercambiador Tubo-Coraza

Este tipo de intercambiador consiste en un conjunto de tubos en un contenedor llamado coraza. El flujo de fluido dentro de los tubos se le denomina comúnmente flujo interno y aquel que fluye en el interior del contenedor como fluido de coraza o fluido externo. En los extremos de los tubos, el fluido interno es separado del fluido externo de la coraza por la(s) placa(s) del tubo. Los tubos se sujetan o se sueldan a una placa para proporcionar un sello adecuado. En sistemas donde los dos fluidos presentan una gran diferencia entre sus presiones, el líquido con mayor presión se hace circular típicamente a través de los tubos y el líquido con una presión más baja se circula del lado de la cáscara. Esto es debido a los costos en materiales, los tubos del intercambiador de calor se pueden fabricar para soportar presiones más altas que la cáscara del cambiador con un costo mucho más bajo. Las placas de soporte (support plates) mostradas en figura (1pendiente) también actúan como bafles para dirigir el flujo del líquido dentro de la cáscara hacia adelante y hacia atrás a través de los tubos.

Algunas características de construcción y materiales usados en algunos componentes del intercambiador de calor de tubo y coraza basados en la norma TEMA.

Los materiales más utilizados para los tubos son aceros de bajo carbono, aceros inoxidable, cobre, cuproníquel, aleación de níquel y cromo, aluminio (en varias aleaciones), o titanio.

En la unión de espejo-tubos por soldadura, los materiales de estos tienen que ser iguales o compatibles. En la unión espejo-tubos por expansión mecánica, se puede utilizar una amplia variedad de combinaciones de materiales entre ellos, considerando sus límites de esfuerzo y corrosión.

El corte de las mamparas segmentadas es del 20 al 25% en fluidos líquidos y del 40 al 45% en fluido gaseoso para disminuir la caída de presión del fluido en la coraza.

El material del espejo debe ser resistente a la corrosión del fluido que fluye en la coraza y en los tubos, también debe ser compatible con el material de los tubos. El espejo puede ser de acero de bajo carbono con una capa resistente a la corrosión.

Las etapas del cabezal y las boquillas se deben de fabricar de materiales compatibles con los materiales de los espejos y los tubos, con la finalidad de evitar la corrosión en especial de los tubos.

La placa de choque se debe de utilizar para prevenir el impacto directo del fluido en los tubos superiores producidos por las altas velocidades del flujo de fluido en la coraza, tal impacto puede causar corrosión, cavitación o vibración.

Materiales y detalles de construcción de componentes del intercambiador tomados de TEMA y ASME.

La unión espejo-tubos se debe realizar por soldadura o expansión del tubo dentro del espejo. Los materiales que se recomiendan para la fabricación de los tubos son el acero al carbono, acero inoxidable, cobre, aleación cobre-níquel, aluminio-cobre, aluminio y latón.

La separación mínima entre mamparas es $1/5$ el diámetro de la coraza o 50.8 mm, y la separación máxima recomendada es igual al diámetro de la coraza.

El corte óptimo recomendada para las mamparas segmentadas es del 20-25% el diámetro interno de la coraza. Estos parámetros determinan la velocidad de flujo a través de la coraza, la transferencia de calor y la caída de presión.

TEMA y ASME mencionadas como las principales fuentes para el diseño mecánico y la fabricación de los intercambiadores de calor de tubo y coraza sugieren que:

El material de los espejos deber ser compatible con el material de los tubos. Sin embargo, para tubos de aceros inoxidable y p0ara otras aleaciones, los espejos pueden ser fabricados de aceros al carbono, y revestido con una aleación metálica.

Los materiales más utilizados para la coraza son el acero al carbono y los materiales de las mamparas, barras, espaciadores y listones de sellos deben ser los mismos materiales que la coraza.

Se deben disminuir o eliminar los claros entre la coraza-mamparas y de las mamparas-tubos, con la finalidad de obtener un mayor flujo cruzado.

En tubos con diámetros de 12.7mm, 9.525mm y 6.35mm se recomienda que el fluido que pase a través de estos sea limpio. Los tubos de diámetro de 25.4mm, 38.1mm y 50.8mm son recomendables en U para fluidos de alta suciedad.

El arreglo de tubos triangular proporciona una mayor área de transferencia de calor con mayor coeficiente de transferencia de calor. El arreglo de tubos cuadrados se debe utilizar cuando se requiere limpieza exterior de los tubos.

Aplicaciones del ácido sulfúrico

El Ácido Sulfúrico es un producto industrial fundamental. Sus aplicaciones son numerosísimas y su consumo es extraordinario, por su facilidad de reacción con otras materias, eliminando metales, oxígeno, agua y otras sustancias no deseadas.

Producción de superfosfato de calcio (fertilizantes).

Potabilización de agua: para producir sulfato de aluminio a partir de bauxita.

Detergentes: en la sulfonación de dodecil-benceno, que es la materia prima básica para la mayoría de los detergentes utilizados en el hogar y la industria. También para esto se utiliza óleum 22%.

Fábricas de Papel: En el proceso de producción de la pulpa de papel, e indirectamente en el uso de - sulfato de aluminio. Este también se utiliza en la depuración de aguas residuales y en la potabilización.

- Agro-Fito Sanitario: en la producción de sulfato de cobre.
- Refinación de Petróleo: para las calderas y procesos químicos.
- Generación térmica de energía: para el tratamiento de las calderas.
- Metalurgia: para el decapado de metales.
- Producción de ácido para baterías eléctricas.

Producción de sulfato de aluminio: se lo utiliza en reacción con hidróxido de aluminio. El sulfato de aluminio producido se utiliza principalmente en potabilización de aguas, curtiembres, producción de papel y sales de aluminio.

Producción de sulfato de cromo (II): se lo utiliza en reacción con dicromato de potasio y un agente reductor. El sulfato de cromo se utiliza principalmente para el curtido de cueros (curtido al cromo).

Fabricación de productos orgánicos, pinturas, pigmentos y rayón.

Explosivos: por su gran capacidad de reacción.

Generación de ácido

El proceso de obtención de ácido sulfúrico (H₂SO₄) se desarrolla en tres etapas: secado de gas, conversión catalítica y absorción.

La reacción o transformación catalítica del SO₂ en SO₃ se lleva a cabo cuando los gases son transportados a través de lechos de catalizador de pentóxido de vanadio sólido. La reacción química en esta etapa se puede describir con la siguiente reacción de equilibrio:



Posterior a esta etapa, el gas de SO_3 es enviado a la etapa de absorción, para el proceso de obtención del H_2SO_4 .

Derivado a las condiciones de vida útil de los equipos, se ha determinado realizar el remplazo del sistema de conversión de la planta de ácido No. 3 de Met-Mex-Peñoles.

Se remplazará el sistema de conversión completo el cual comprende de los siguientes equipos:

- Convertidor
- Cambiadores de calor gas-gas
- Sistemas de precalentamiento de gas de proceso
- Ductos de interconexión

Capítulo 4

Desarrollo del proyecto

Procedimiento y descripción de las actividades a realizadas

La primera parte del proyecto consistió en la recopilación de datos sobre el proceso en la planta de ácido, así como los planos de construcción a detalle de cada uno de los equipos que intervienen en el proceso, dentro de los cuales se encuentran 4 intercambiadores de calor con diferentes dimensiones, un precalentador y el equipo principal que es el convertidor catalítico que es donde ocurre el proceso químico de obtención de ácido.

Posteriormente se realizó el modelado de los equipos en el software únicamente con detalles externos de manera representativa para realizar al menos dos propuestas de localización de los mismos solicitadas por el cliente, dichas propuestas de arreglos se fundamentan bajo normas de operación de equipos que laboran con las condiciones que el proceso requiere.

Las primeras propuestas de arreglos de equipos fueron las siguientes:

Propuesta 1:

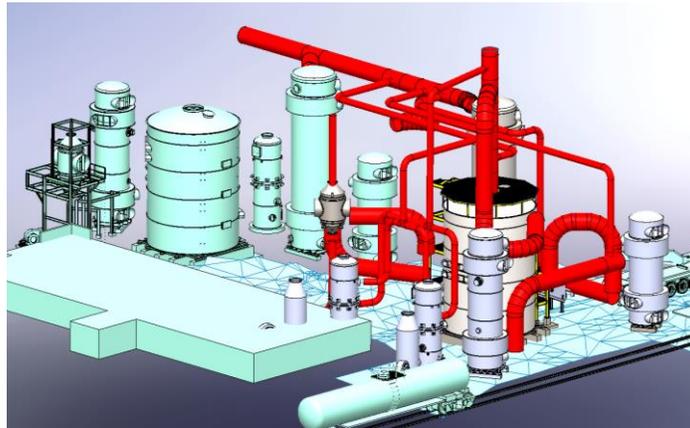


Figura 16 Vista isométrica de propuesta 1

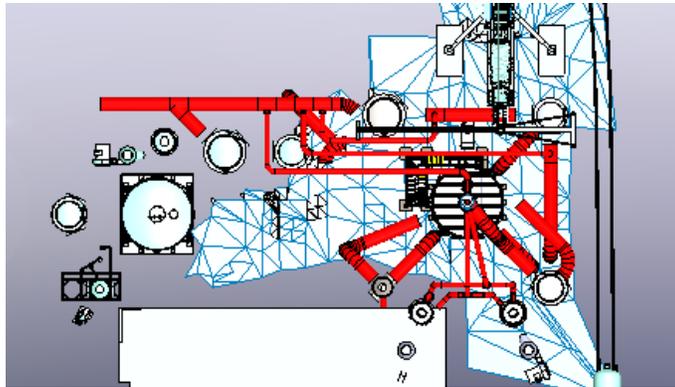


Figura 17 Vista en planta de propuesta 1

Propuesta 2:

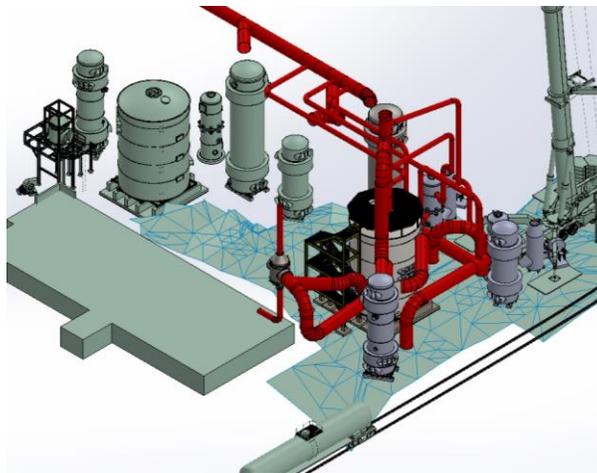


Figura 18 Vista en isométrico de propuesta 2

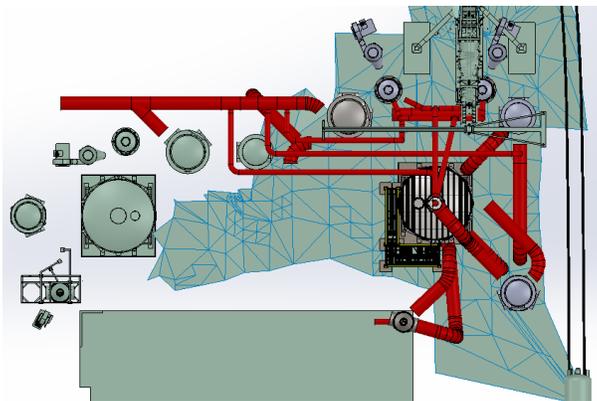


Figura 19 Vista en planta de propuesta 2

Al mismo tiempo, se realiza la ingeniería en las disciplinas civil, mecánica, tuberías y flexión, las cuales determinaran las condiciones finales del nuevo arreglo, y las modificaciones pertinentes a los equipos existentes, tanto de

equipos por la parte mecánica, cimentaciones y soportes por la parte civil, y las conexiones por la parte de tuberías, cabe mencionar que algunas de estas disciplinas se respaldan de la parte de ingeniería de proceso para seleccionar los materiales adecuados o tratamientos que llevarán los ductos y los equipos al interior; ya que esta área es la que define las condiciones de operación de los equipos, como la temperatura, presión flujo y el tipo de fluido en cada línea entre otros, por tal motivo antes de realizar algún cambio se toman las siguientes consideraciones.

Consideraciones de diseño

Ingeniería de proceso

Función del sistema de conversión

Se recibe el gas de dióxido de azufre (SO₂) procedente de la etapa de secado de gas al convertidor catalítico, en el cual se efectúa la conversión del SO₂ a SO₃, al entrar en contacto produce una reacción exotérmica, usando como catalizador pentóxido de vanadio, el cual es colocado en camas sucesivas con el propósito de acelerar la conversión máxima del gas. Posteriormente el gas de SO₃ obtenido será enviado a la torre de absorción.

Capacidad, rendimiento y flexibilidad

La planta está diseñada para operar 350 días por año, con un periodo normal de 15 días de mantenimiento. El diseño se realizará de acuerdo a las condiciones de operación requeridas. En general no se considera sobre diseño con respecto a la capacidad normal que se tiene actualmente. De acuerdo a la información proporcionada por Met-Mex Peñoles la eficiencia por cama colocada de manera sucesiva es la indicada en la siguiente tabla:

Cama	% Eficiencia	Temperatura °C (entrada/salida)
1	75	435/570
2	64	440/469
3	59	426/436
4	46	419/422

Tabla 1. Eficiencia de conversión por cama del convertidor

La ubicación del arreglo del nuevo del sistema de conversión quedará en el lado oriente del actual, esto con el fin de facilitar el reemplazo de los equipos en un

futuro. Se consideran espacios disponibles para los equipos periféricos (cambiadores 1, 2,3 y 4) del sistema de conversión.

Especificación de la corriente de alimentación

El sistema de conversión tiene una capacidad de operación total de 93,000 Nm³/h a la composición y condiciones de operación que a continuación se indica:

Flujo total	93,000 Nm ³ /h
Presión	106.30 in H ₂ O (man.)
Temperatura	95 °C

Componente	Kg/h	% vol.
SO ₂	15,940	7.92
SO ₃	0	0.00
O ₂	13,281	8.10
N ₂	97,615	83.97
Gas seco	126,846	-
H ₂ O	10	0.001

Tabla 2. Condiciones de corriente alimentación

Especificaciones de la corriente de salida

Flujo total	90,260 Nm ³ /h
Presión	10.40 in H ₂ O (man.)
Temperatura	219.80°C

Componente	Kg/h	% Vol
SO ₂	317.62	0.16
SO ₃	19,523.84	7.42
O ₂	9,379.25	5.89
N ₂	97,615	86.52
H ₂ O	10	0.001

Tabla 3. Condiciones de corriente de salida

Disponibilidad y especificación de servicios

Servicios generales

Las condiciones y/o especificaciones de los servicios que se requieren para se indican a continuación:

Se alimenta gas combustible de límite de batería con las siguientes condiciones:

Flujo	Presión	Temperatura
-	5.8 bar	Amb.

Los requerimientos de aire para la planta son:

Flujo	Presión	Temperatura
36,500 Nm ³ /h	1.03 bar	31.95 °C

Energía eléctrica

La alimentación eléctrica de los equipos dinámicos debe de cumplir con lo indicado en la NOM-001-SEDE-2012.

En el diseño de las instalaciones eléctricas, se debe tomar en cuenta la protección del personal, medio ambiente y el funcionamiento de las instalaciones.

La tensión de los motores utilizados debe cumplir con lo siguiente:

Potencia (hp)	Volts	Fases	Ciclos
Hasta 3/4	127 /220	1 / 3	60
De 1 a 150	440	3	60

Tabla 4. Característica de alimentación de motores

La tubería conduit a utilizar en distribución eléctrica aérea visible, instalaciones ocultas y visibles en interiores deben ser de fierro galvanizado por inmersión en caliente, pared gruesa tipo pesado, fabricado de acuerdo a la norma NMX-J-535-ANSE-2008.

Corriente para alumbrado interior y exterior.	127 / 220 Volts, 1 / 3 fases y 60 ciclos.
Corriente para instrumentos de control.	127 Volts, 1 fase y 60 ciclos. Corriente directa: 24 Volts.
La acometida de esta corriente dentro de L.B.	Subterránea.

Tabla 5. Alimentación eléctrica para sistemas de instrumentación

Disponibilidad de instrumentos

Todos los instrumentos, así como sus componentes principales deberán ser accesibles desde el piso, plataformas y/o escaleras fijas; los que requieran calibración o ajuste periódicos quedarán instalados de manera tal que se permita el fácil acceso a sus componentes y al mismo tiempo deberá conservarse el centro visual del medidor o instrumento de referencia.

Toda tubería y accesorios de instrumentación en contacto con el fluido de proceso deberán cumplir con los requisitos del material especificado para la tubería o recipiente a la que estarán unidos.

La selección de los diversos tipos de instrumentos deberá ser flexible, excepto cuando la aplicación requiera de una determinada marca y modelo que no sea posible su sustitución.

Los instrumentos nunca deberán instalarse sobre barandales, peldaños, etc., ni deben quedar debajo de posibles escurrimientos de fluidos provenientes de equipos o estructuras superiores.

El alcance de proyecto considera la siguiente instrumentación para el sistema:

Transmisor indicador de presión

Los transmisores indicadores de presión serán del tipo inteligente, el material del cuerpo y partes de contacto serán en función del fluido que maneje la línea.

El sensor de presión debe resistir una presión de prueba igual o mayor al 150% del valor máximo de la presión del proceso sin dañarse.

El mecanismo detector debe ser tipo diafragma de material mínimo de acero inoxidable 316, o un material mejor el cual debe ser especificado de acuerdo con las normas a este respecto, además de cumplir con las especificaciones de la tubería en la cual se instalará el transmisor.

Los transmisores deben suministrarse con todos los accesorios necesarios para garantizar su adecuada instalación considerando las condiciones de operación (presión, temperatura, etc.).

Transmisor indicador de temperatura

El instrumento transmisor de temperatura debe estar formada por el convertidor y la unidad de procesamiento de datos. La unidad electrónica debe ser intercambiable.

Los instrumentos transmisores de temperatura con señal de salida de 4-20mA, deben incluir la protección para polaridad inversa. Las conexiones eléctricas de los transmisores deben ser de 12,5 mm (½ pulgada.) NPT.

Los transmisores deben ser aprobados para su instalación en áreas peligrosas para operación en áreas de acuerdo a Clase I, División 2, Grupo D y deben ser aprobados por FM (Factory Mutual), UL u otra certificación expedida por compañías de reconocimiento internacional para este fin. El acabado debe ser tropicalizado.

Indicadores de presión diferencial

El indicador de presión diferencial debe ser especificado del tipo a prueba de vibración.

Los materiales en contacto con el fluido de los indicadores de presión diferencial deben ser de acero inoxidable 316, UNS S31600 de acuerdo a ASTM A 182/A 182M-10 o equivalente para soportar las condiciones del fluido.

La carátula debe ser de color blanco con caracteres negros y con escala dual: las unidades de la escala graduada en kg/cm², indicando además la escala equivalente graduada en psi. Debe cumplir con ASME B40.1 incorporado a ASME B40.100-2005 o equivalente.

Cuando se mida la presión absoluta o diferencial, se debe incluir en la carátula las palabras “Absoluta” o “Diferencial”.

Los manómetros deben contar con la certificación ISO 9001, además de un certificado de materiales de fabricación, indicando el número de serie y la trazabilidad del equipo con que fue calibrado.

Válvulas motorizadas

Las válvulas operadas por motor eléctrico, conocidas también como MOV, incluyendo los accesorios deben ser suministradas en forma integral en apego a los requerimientos indicados en ASME B16.34 o equivalente.

Los tipos de válvulas de seccionamiento que deben ser consideradas para el servicio abierto-cerrado son: compuerta y mariposa. Las válvulas operadas por motor eléctrico deben ser para conexiones bridadas.

La posición de las válvulas operadas por motor a falla de energía eléctrica, debe mantener su última posición o conforme sea requerida. El motor eléctrico debe ser tipo reversible, es decir, que gire en sentido de las manecillas del reloj o en sentido contrario, con arrancador integrado, debe ser del tipo inducción jaula de ardilla y el aislamiento eléctrico de los devanados debe ser mínimo clase F.

El motor eléctrico debe estar protegido contra descarga eléctrica, por medio de elementos térmicos, y debe ser de diseño no ventilado totalmente cerrado y cumplir con IEC-60034-1:2004.

La base de montaje y el acoplamiento actuador/válvula debe cumplir con lo especificado en la ISO 5210 e ISO 5211.

La válvula deberá contar con volante para apertura/cierre manual, se debe desacoplar cuando el motor esté energizado y no debe girar durante la operación del motor.

Las válvulas motorizadas deben contar con la certificación ISO 9001, además de un certificado de materiales de fabricación, indicando el número de serie.

Todas las señales de control de los instrumentos se consideran en la configuración de señales existente.

Catalizador

La función del catalizado es provocar la oxidación rápida de SO_2 a temperaturas moderadas. La oxidación se lleva a cabo en una secuencia de cuatro camas de catalizador de pentóxido de vanadio VK-59, el volumen en litros por cama es el siguiente:

1	2	3	4
30,000 l	30,000 l	30,000 l	40,000 l

Tabla 6. Volumen de catalizador por cama

Condiciones y características del catalizador

Las condiciones y características se indican a continuación:

Descripción	
Forma	Anillo acanalado
Color	Amarillo
Longitud	10-14 mm
Diámetro interno/externo	4/12 mm
Propiedades físicas	
Temperatura de ignición	320°C
Densidad (kg/m ³)	440-460
% Perdida de desgaste	4-6
Composición química	% peso
Cs	5-7
K	6-8
Na	0.5-1

Tabla 7. Características del catalizador VK59

Ingeniería mecánico-tuberías

Mecánico

Cambiadores de calor

Los cambiadores de calor deben ser diseñados para resistir los esfuerzos mecánicos causados por las cargas tomando como referencia los criterios del código de diseño UG-22 del ASME Sección VIII Div. 1 o equivalente.

Los materiales deben seleccionarse de tal forma que se obtenga un diseño que cumpla con las condiciones particulares del servicio.

La temperatura de diseño no debe ser menor a la temperatura promedio de metal a través del espesor que se espera, a la más severa coincidente temperatura y presión durante la operación normal más 10°C a 38°C.

Las tolerancias dimensionales de fabricación deben basarse en los criterios de la norma ISO 16812:2007 y/o del estándar TEMA. Cuando existan discrepancias para el mismo caso se debe aplicar la tolerancia más estricta.

El haz de tubos se debe proteger contra el desgaste por efecto del impacto o erosión del fluido en las áreas de entrada y salida a la envolvente mediante una placa de choque, un cinturón de distribución, o una ampliación de la boquilla

(incluida una placa de distribución interna), cuando se requiera como resultado de la aplicación de los requerimientos especificados en los diagramas mecánicos proporcionados por Met-Mex Peñoles.

Toma de muestras

Las tomas de muestra deben llegar a una altura de 1.5 cm del nivel de piso, el diámetro de tubería debe ser de 3/4" con válvula de corte al inicio y final., reducción a 1/4" después de la válvula final.

Convertidor

El convertidor debe ser diseñado tomando como referencia los criterios del código ASME Sección VIII Div. 1 o equivalente.

El convertidor será diseñado para resistir efectos de cargas. Los esfuerzos permisibles de diseño estarán con base a las especificaciones del material empleado, en el espesor mínimo menos la corrosión permisible y la correspondiente temperatura de diseño. El sobre espesor por corrosión, ataque químico o físico, erosión, abrasión será para una vida útil mínima de 20 años en operación normal.

Toma de muestras

Las tomas de muestra en las entradas y salidas de cada cama del convertidor deben llegar a una misma zona a 30 cm del nivel de piso, el diámetro de tubería debe ser de 3/4" con válvula de corte al inicio y final., reducción a 1/4" después de la válvula final.

Pre calentador

El diseño del pre calentador debe cumplir con las condiciones de proceso. Se deben localizar en la periferia dentro del límite de batería y viento arriba de las plantas de proceso, de tal forma que los gases inflamables o vapores no se dirijan hacia las fuentes de ignición de dichos calentadores.

Se deben ubicar en áreas libres de mezclas explosivas, por lo se debe evitar que las instalaciones de muestreo del proceso, se localicen en las cercanías de estos equipos por una eventual fuga de hidrocarburos.

Las eficiencias calculadas para operación en tiro natural se deben basar en un 20% de exceso de aire cuando el combustible principal sea gas, y 25% de

exceso de aire cuando el combustible principal sea combustóleo. Para el caso de operación con tiro forzado, las eficiencias calculadas se deben basar en un 15% de exceso de aire para gas combustible y 20% para combustóleo.

La máxima densidad de flujo térmico es la máxima relación de calor para cualquier porción de cualquier tubo del serpentín. Esta densidad no debe considerarse una densidad de flujo térmico promedio de operación en ninguna longitud dada de superficie de tubo.

La máxima temperatura de pared de tubo se debe determinar en base a los criterios de cálculo para la máxima densidad de flujo térmico establecida en el ISO 13704.

Tuberías

Distribución y arreglo de ductos

Los ductos deben agruparse y ordenarse de tal manera que su instalación sea funcional, lo más sencilla, segura y presente facilidad de construcción, operación y mantenimiento.

Toda la ductería e interconexiones deben ser proyectadas de tal forma que su ruta tenga la menor longitud y el menor número de conexiones posibles sin excluir las provisiones necesarias para la expansión y flexibilidad del arreglo.

Para la distribución de las instalaciones industriales se debe prever que, en caso de perder la contención en alguna sección de proceso, los vapores o gases pesados arrastrados por los vientos no sean llevados hacia equipos que tengan o constituyan fuentes de ignición e incrementen los daños a la propiedad.

De acuerdo a la norma NFPA 86 la tubería de alimentación de gas natural considera el uso de bloqueo doble, el sistema de gas combustible debe contar con el siguiente arreglo:

Soldadura y radiografiado

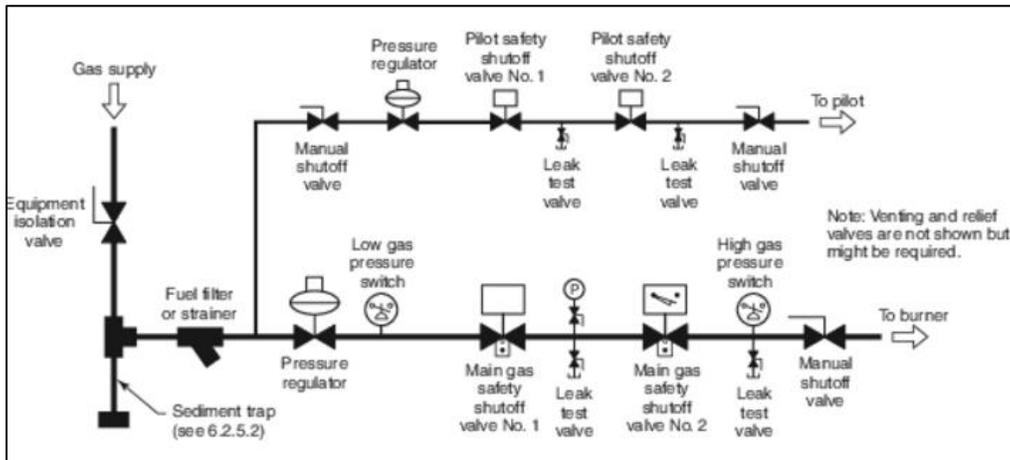


Figura 20 Arreglo de toma de combustible

Las actividades de soldadura y corte se deberán llevar a cabo conforme a lo establecido en la NOM- 027-STPS-2008. Los sitios donde se efectúen trabajos de soldadura, deben contar con ventilación permanente, natural o artificial, o con extracción de gases o humos.

Las soldaduras, incluyendo la adición de metal de soldadura para alineamiento se deben efectuar de acuerdo a una especificación de procedimiento de soldadura calificado y por soldadores u operadores de máquinas de soldar calificados.

Los puntos de soldadura en el fondeo de la junta, deben fundirse con metal de aporte de las mismas características al del paso de fondeo. El punteo debe ser hecho por un soldador u operador de soldadora calificado.

La soldadura a tope será por el proceso de soldadura eléctrica de arco protegido, utilizando el tipo de electrodo adecuado que sea compatible con el material de la tubería y de acuerdo a la norma American Welding Society (AWS).

Los trabajos de soldadura se regirán por la norma API STD 1104 edición 2010 y ANSI/ASME B31.3 edición 2012.

Flexibilidad

Los sistemas de tubería deben tener suficiente flexibilidad para resistir las expansiones o contracciones por efectos térmicos o por movimientos de los

soportes y equipos interconectados para evitar fallas de la tubería o de los soportes debido a esfuerzos o fatiga, fugas en las juntas y esfuerzos y/o deformaciones perjudiciales en la tubería, válvulas o en boquillas de equipos conectados.

Los análisis de flexibilidad deben cumplir con los requisitos especificados en el capítulo II parte 5 del código ANSI/ASME B31.3 edición 2012.

Ingeniería civil

Estas bases y criterios de diseño deberán aplicarse a los equipos a reemplazar y ser utilizadas en todas las cimentaciones y estructuras del proyecto, incluyendo cimentaciones de las mismas estructuras y plataformas de operación, cimentación de equipos y recipientes, soportes para tuberías, registros de válvulas e instrumentos.

Criterios generales para el espaciamiento y distribución de instalaciones industriales

El espaciamiento y la distribución de las instalaciones industriales se debe realizar conforme con los siguientes criterios:

- Orientar las instalaciones industriales en función de la dirección de los vientos reinantes.
- Optimizar los espacios.
- Prever implicaciones por el tipo y complejidad de los procesos involucrados.
- Prever el espacio requerido para fines de operación y mantenimiento.

Como un medio de separación entre equipos de alto riesgo susceptibles a explosiones, tales como reactores o acumuladores de productos inestables, pueden usarse muros resistentes a los efectos de una explosión cuando no sea posible incrementar su espaciamiento.

Los espaciamientos mínimos establecidos están basados en el peligro en efectos de radiación en caso de incendios, se describen en el siguiente diagrama:

Para el diseño por viento se deberá considerar lo indicado en el procedimiento del Manual de CFE o NTC del reglamento de construcciones para el Distrito Federal edición 2004.

Diseño por sismo

Las estructuras se analizarán bajo la acción de dos componentes horizontales ortogonales no simultáneos del movimiento del terreno. Las deformaciones y fuerzas internas que resulten se combinarán con los efectos de las acciones antes descritas. De acuerdo a las características de la estructura de que se trate, ésta podrá analizarse por sismo mediante el método simplificado, método estático o cualquiera de los métodos dinámicos que se describan en las normas y códigos aplicables.

Se calcularán las fuerzas sísmicas, deformaciones y desplazamientos laterales de la estructura, incluyendo sus giros por torsión y teniendo en cuenta los efectos de flexión de sus elementos y, cuando sean significativos los de fuerza cortante, fuerza axial y torsión de los elementos, así como los efectos geométricos de segundo orden, entendidos éstos últimos como los que producen las fuerzas gravitacionales que actúan en la estructura deformada por la acción de dichas fuerzas.

Todas las cargas anteriormente relacionadas se combinarán para obtener las diferentes condiciones de análisis con los que se obtendrá la condición crítica sobre la que se basará el diseño de la estructura definitiva.

El diseño por sismo debe efectuarse conforme a los criterios establecidos en el manual de diseño de obra Civil Sección C.1.3 (Diseño por sismo) de la comisión federal de electricidad (CFE).

El diseño de los elementos estructurales deberá cumplir con las normas y reglamentos vigentes, en sus últimas ediciones, en los apartados que apliquen de manera que cumplan con las condiciones de servicio requeridas.

El modelo matemático propuesto para el diseño de elementos, deberá presentar los resultados en función de deformaciones y esfuerzos dentro de los límites permisibles.

Cuando sean significativos, se deberán tomar en cuenta los efectos producidos por otras acciones, como los empujes de tierras y líquidos, los cambios de temperaturas, las contracciones de los materiales, los hundimientos de los apoyos y las solicitaciones originadas por el funcionamiento de maquinaria y/o equipo.

Las cimentaciones en general se diseñarán de concreto reforzado, desplantadas a los niveles que se recomiendan en el estudio de mecánica de suelos, y su análisis se basará en los reglamentos y normas vigentes que se indican en estas bases de diseño, en la información que nos proporcionen la ingeniería básica, arreglos arquitectónicos para las edificaciones y datos mecánicos y eléctricos para equipos, recipientes, etc., donde apliquen estos.

La cimentación a diseñar deberá ser capaz de soportar la presión transmitida por la estructura en cuestión. La cimentación estará sujeta a presiones y momentos producidos por el peso de la estructura y los efectos del sismo o viento. La presión máxima transmitida al suelo no será superior a la mencionada como capacidad admisible en el estudio de mecánica de suelo.

Las cimentaciones estarán formadas de concreto armado con una resistencia nominal a la compresión mínima de 250 Kg/cm². En la parte inferior de esta cimentación se colocará una plantilla de concreto con un $f'c = 100$ Kg/cm². El terreno en el nivel de desplante de la cimentación deberá ser horizontal y no deberá presentar obstáculos, además su resistencia mecánica deberá ser homogénea para evitar asentamientos diferenciales.

De acuerdo con las recomendaciones del estudio de mecánica de suelos, todas las cimentaciones se deberán desplantar en terreno natural, serán del tipo poco profundas a partir de zapatas aisladas o corridas, salvo aquellas que por sus dimensiones y su carga no se justifique profundizar se desplantaran en relleno, en caso de cimentaciones sobre rellenos se verificará la estabilidad de la cimentación recurriendo a un método de análisis límite, considerando mecanismos de falla compatibles con el perfil del terreno.

A menos que se justifique otra cosa las elevaciones de las cimentaciones, en su tope superior serán de acuerdo a lo listado a continuación:

Parte superior de la cimentación del equipo (asiento de base común) para recipientes, bombas, etc., de 30 cm como mínimo.

Losas de pisos en edificios tal como cobertizos, de 20 cm mínimo.

En el diseño de las losas de cimentación, se recomienda no utilizar varillas del # 8 o mayores, debido a lo reducido de los espesores de dichas losas que impiden que se desarrollen los anclajes de acero de estos diámetros ya que requieren de grandes espacios.

En función del ambiente que prevalecerá en el área, se procurará que la mayoría de las estructuras sean de concreto reforzado, las dimensiones mínimas requeridas serán las que se indican en los planos.

Todas las estructuras y cada uno de los elementos de concreto, deben ser analizados y diseñados de acuerdo con las Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones en el D.F. edición 2004 o con lo que se indica en el American Concrete Institute A.C.I.318-08, y las estructuras metálicas de acuerdo a las indicaciones del Instituto Mexicano de la Construcción en Acero IMCA.

Corrosión

Los sistemas de revestimiento refractario se instalan en el interior de los recipientes, líneas y calentadores, con el objetivo de proteger las superficies de condiciones de servicio agresivas tales como oxidación, erosión, corrosión y daños por calor.

El aislamiento a utilizar en tubería para bajas temperaturas deberá seguir las recomendaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-009-ENER-2014 referida a aislamientos térmicos a alta y baja temperatura con rango de 198 K (-75 °C) a 1088 K (815 °C).

Los materiales refractarios son materiales capaces de soportar elevadas temperaturas, resistir cargas mecánicas sin corroerse o debilitarse y soportan cambios de temperaturas (choques térmicos), ataques químicos y abrasión.

Tipos de material refractario

Los diferentes materiales utilizados en la industria se describen a continuación:

Moldeables

Los materiales moldeables son hidráulicamente unidos por reacciones de cemento con el agua o unido químicamente. Poseen muy altas resistencias a temperaturas y son capaz de resistir a la erosión. Se consideran hormigones refractarios compuestos por un agregado y un aglutinante, que se mezclan con agua.

Agregados

Se utilizan como materiales agregados: Ladrillos refractarios, arcilla calcinada, pizarra y ceniza volcánica expandida, tales como alúmina tabular, gránulos y carburo de silicio, se utilizan cuando existen condiciones severas de servicio

Aglutinante

El aglutinante es generalmente algún tipo de cemento de aluminato de calcio.

El material refractario al reaccionar con agua forma fases de aluminato de calcio hidratado que crean en una masa pétreo. Algunos hormigones también contienen aglutinantes de fraguado químicamente tales como fosfatos y silicatos.

Existen tres tipos de aluminato de calcio, los cuales por si pureza de clasifican de acuerdo a la siguiente tabla:

	Pureza baja	Pureza media	Alta pureza
% Al_2O_3	36-47	48-62	70-80
% Fe_2O_3	7-16	1-3	0.02-2.0
% CaO	35-42	26-39	18-26
% SiO_2	3.5-9.0	3.5-9.0	0-0.5

Tabla 8. Propiedades físicas para cementos comerciales.

El aislante debe quedar bien ajustado a la pared metálica de equipo o tubería. No debe presentar huecos, arrugas, bolsas, roturas, colapsos y demás deformaciones.

Protección anticorrosiva

Los equipos y ductería deben diseñarse para soportar las condiciones climatológicas indicadas de acuerdo al ISO 12944-2.

Se debe considerar el tiempo estimado de protección del recubrimiento, cuanto más mayor sea la resistencia, más largo es el tiempo hasta el primer mantenimiento programado. De acuerdo a la normativa ISO 12944-1 nos indica el siguiente rango:

- Bajo: De 2 a 5 años
- Medio: 5 a 15 años
- Alto: mayor a 15 años

Normatividad aplicable

Para cumplir con el alcance de este proyecto se aplicará la siguiente normatividad:

Comisión Federal de Electricidad (CFE) y Normas Técnicas Complementarias (NTC)	
MDCFE edición 2008	Manual de diseño de obras civiles de la comisión federal de electricidad
NTC edición 2004	Normas técnicas complementarias. Reglamento de construcción para el Distrito Federal
Norma Oficial Mexicana (NOM)	
NOM-001-SEDE-2012	Instalaciones Eléctricas (utilización)
NOM-008-SCFI-2002	Sistema general de unidades de medida
NOM-009-ENER-2014	Eficiencia energética en aislamientos térmicos industriales.
NOM-027-STPS-2008	Actividades de soldadura y corte-Condicion de seguridad e higiene.
NMX-J-535-ANSE-2008	Tubos rígidos de acero tipo semipesado y sus accesorios para la protección de conductores-especificaciones y métodos de prueba
National Fire Protection Association (NFPA)	
NFPA 86 Edición 2015	Standard for the installation of lightning protection systems
American National Standards Institute (ANSI)	
ASME Sección VIII DIV.1. Edición 2010	Rules for construction of pressure vessels
ASME Sección VIII DIV.1. Edición 2010	Rules for construction of pressure vessels

ASME B16.34	
Instrument Society Of America (ISA)	
ISA RP 12.6. Edición 1995	Wiring practices for hazardous (classified) locations instrumentation.
ANSI/ISA - S5.1 Edición 2009	Instrument Symbols and Identification
Otros	
Plant layout and spacing for oil and chemical plants Information June 3,1991	
Sulfuric Acid Manufacture- Analysis, control and optimization_Decrypted M.J. King/W.G. Davempotr/M.S. Moat 2° ed. 1 Jul 2013/ Editorial :Elsevier	

Una vez definida la distribución aprobada por el cliente, las condiciones de operación, y los materiales empleados en los equipos, se comienza a hacer los planos de detalles, para eso los modelos realizados son parte importante pues es de ahí es donde se visualiza que las dimensiones sean congruentes, que el espacio sea el adecuado, que la distribución sea la más adecuada y que en caso de existir algún tipo de error, estos sean corregidos.

Durante la marcha, se presentan las propuestas de cada una de las disciplinas, y los planos son revisados cuidadosamente por un jefe de especialidad quien hace las observaciones correspondientes. Una vez hecho el análisis los comentarios se colocan en los planos, los cuales son aplicados por la disciplina correspondiente. Eventualmente al término de la segunda revisión o durante el proceso de realización de los planos a detalle, se hace una revisión “cruzada” en donde los líderes de especialidad como los encargados de los planos a detalle, revisan que los datos coincidan para las diferentes disciplinas.

Por último, se revisan que los detalles sean funcionales, para ello se hace un pequeño análisis de su funcionamiento, y en caso de ser necesario, se hacen correcciones y se analiza nuevamente que los cambios sean funcionales.

Capítulo 5

Resultados

Modelado de equipos a detalle y su localización

Intercambiador 1:

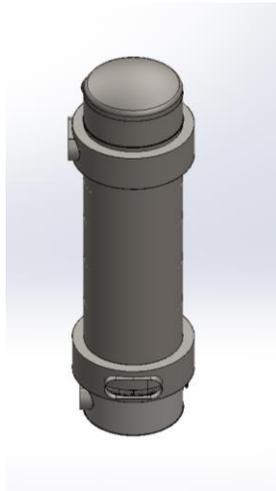


Figura 22 Intercambiador de calor 1

Intercambiador 2:

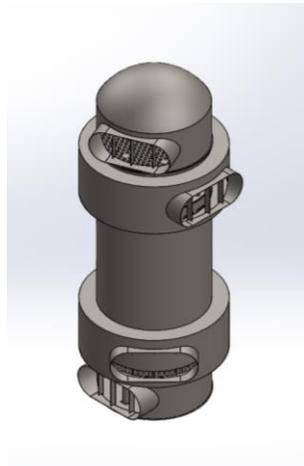


Figura 23 Intercambiador de calor 2

Intercambiador 3:

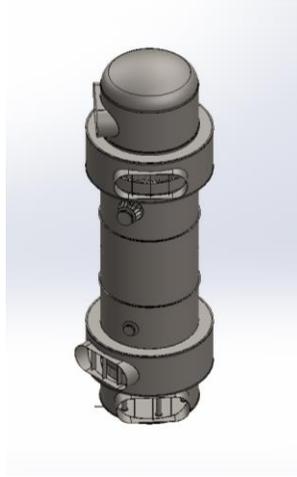


Figura 24 Intercambiador de calor 3

Pre calentador:

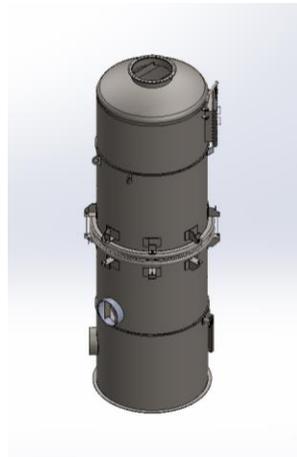


Figura 25 Pre calentador

Convertidor catalítico:



Figura 26 Convertidor catalítico

Intercambiador de calor 4:



Figura 27 Intercambiador 4

Arreglo de equipos:

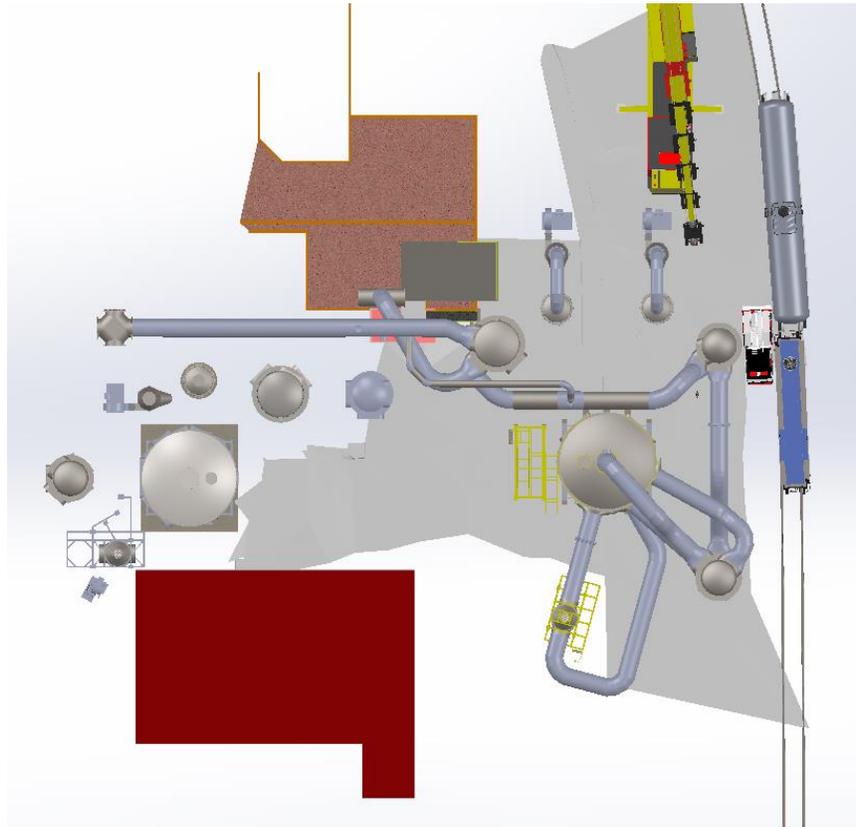


Figura 28 Vista en planta de arreglo de equipos, nuevos y existentes.

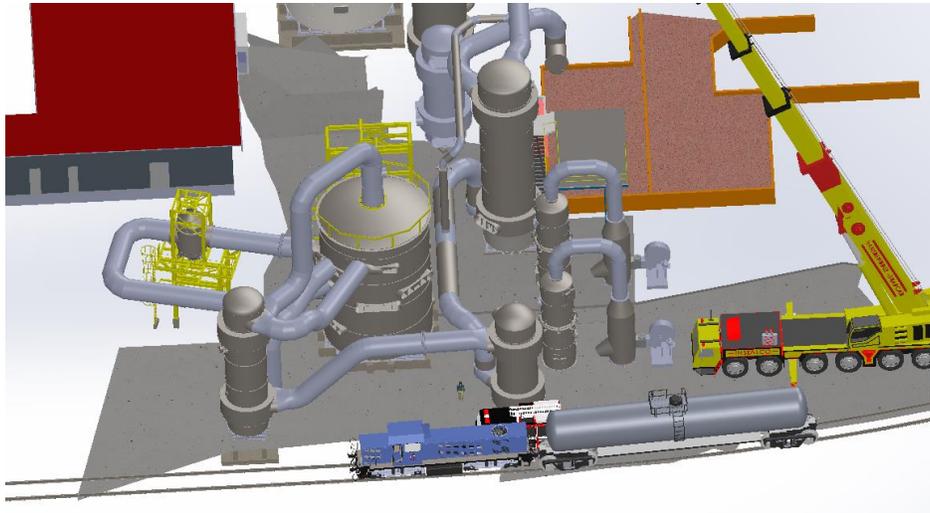


Figura 29 Vista de equipos nuevos con su respectiva localización

Conclusiones y recomendaciones

El uso de un software de diseño para evaluar un proyecto, nos permite tener una visión más clara de una idea que apenas se está concretando, y al hacer uso previo de estas herramientas podemos ahorrar tiempo y dinero al anticiparnos a incongruencias con medidas, relaciones o dimensiones, y nos permite modificar el modelo sin la necesidad de desperdiciar material, o rehacer nuevamente las piezas a la hora de poner en marcha el proyecto.

Por tal razón es recomendable hacer previamente los ajustes en un modelo que represente de manera exacta las ideas que se pretenden para el proyecto final, para así verificar que lo que se está haciendo es lo que uno tenía pensado, si se puede mejorar y en algunos casos sirve para cuestionarse sobre otras posibles alternativas en diseño y equipos que pueden utilizarse para un proyecto.

Cabe mencionar también que una de las ventajas más importantes del modelado, es la facilidad que se tiene de elaborar los planos de construcción a detalle una vez terminado el modelo, esto es útil puesto que el software crea un dibujo con vistas editables las cuales serían difíciles de realizar por una persona con la misma calidad y detalle con la que lo hace el software.

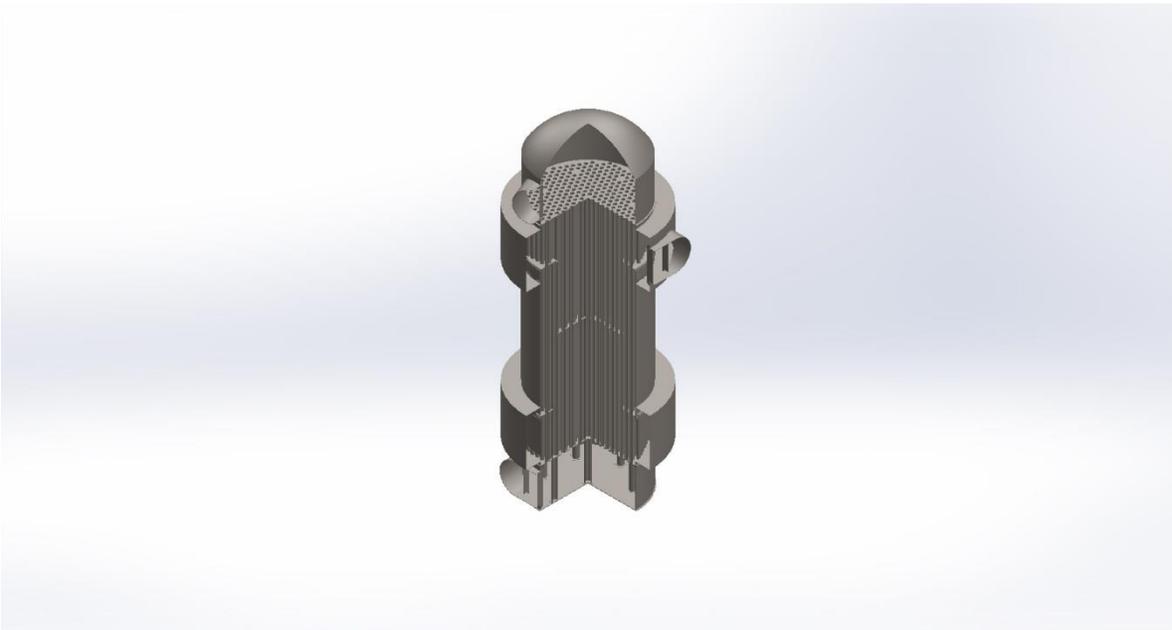
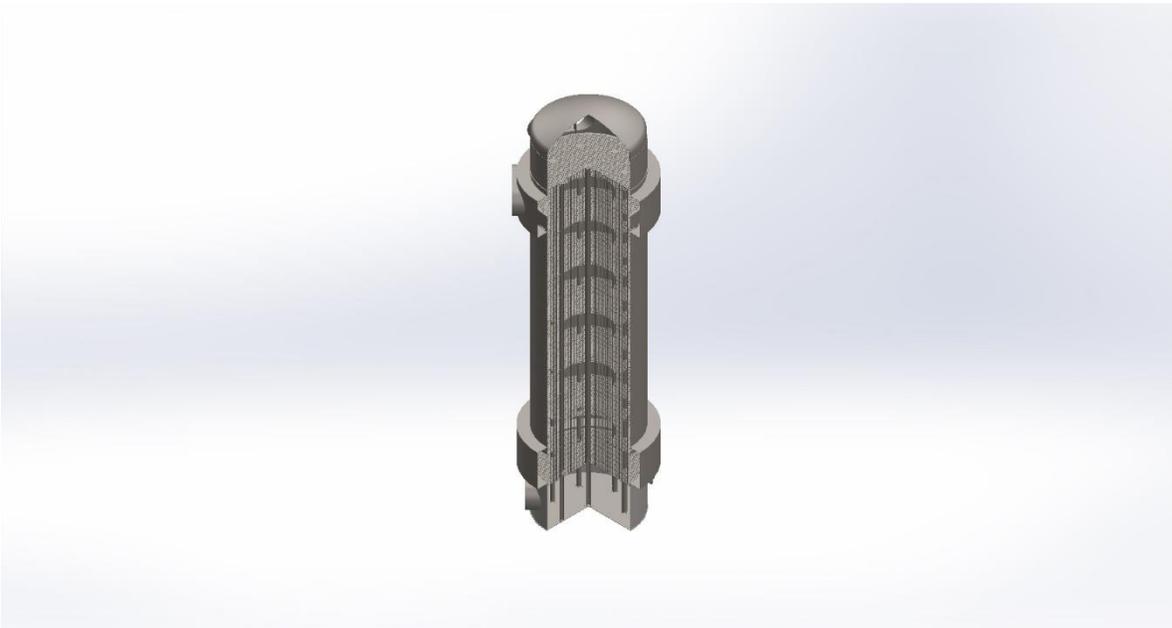
Otra herramienta muy importante de los softwares de diseño, es la capacidad de análisis de esfuerzos y fluidos, los cuales te permiten hacer un mejor trabajo de ingeniería puesto que al analizar los materiales, podemos determinar si las dimensiones son excesivas o si existe la necesidad de agregar un mayor espesor, esto nos ayuda a reducir material donde los esfuerzos son menores y aumentarlo donde los esfuerzos son más críticos, y así al no tener material excedente, los costos disminuyen.

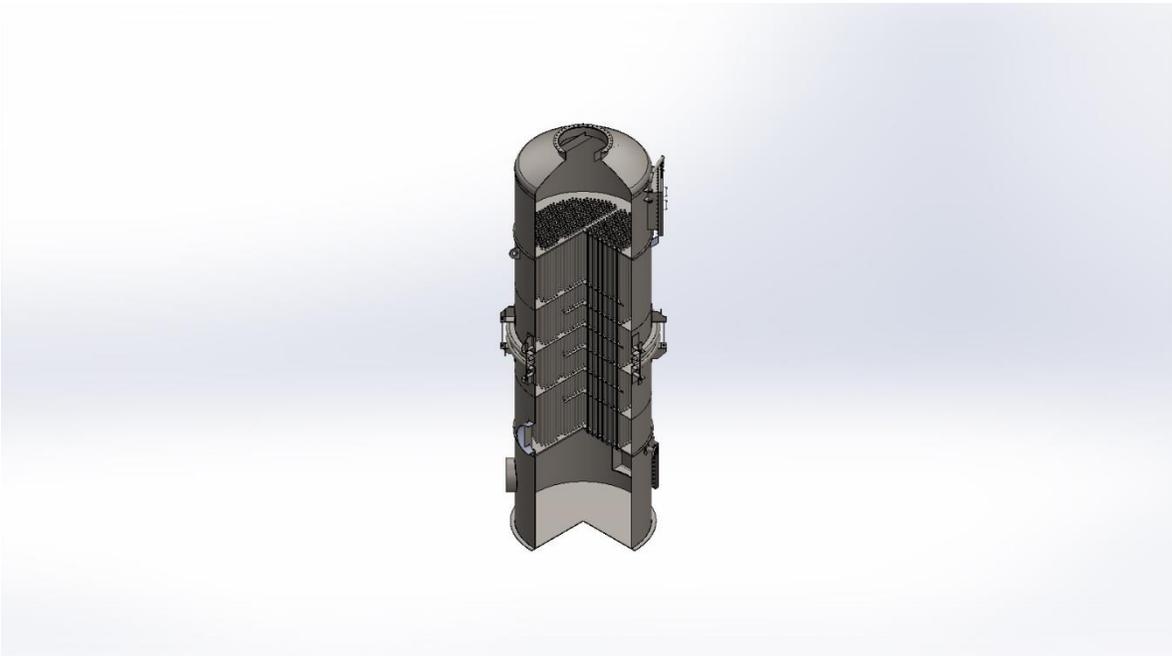
Fuentes de información

- Ácido Sulfúrico. ECURED (S/F). Recuperado de:
https://www.ecured.cu/%C3%81cido_sulf%C3%BArico
- CIATEQ México (S/F). Recuperado de: <http://www.ciateq.mx/conoce-ciateq/mision-y-vision.html>
- MET-MEX PEÑOLES (S/f). Recuperado de:
http://www.penoles.com.mx/wPortal/faces/pages_home/Page372cd3d8_13795a7c8b3_7fb9?_adf.ctrl-state=of1uptpy_4&_afLoop=936224364278672
- Fabricación y validación experimental de un intercambiador de tubo y coraza Ing. Rafael Flores Gonzales (2007). Instituto Politécnico Nacional. Recuperado de:
http://azul.bnct.ipn.mx/tesis/repositorio/1716_2007_ESIME-ZAC_MAESTRIA_flores_gonzalez_rafael.pdf
- Intercambiadores de calor. Universidad politécnica de Cataluña (S/F). Recuperado de:
http://www.epsem.upc.edu/intercanviadorsdecalor/castella/intercanviadors_calor.html
- MC-140-003. CIATEQ noviembre 2016 (archivo de datos).
- CR-102-003. CIATEQ noviembre 2016 (archivo de datos).

ANEXOS

Corte de sección de los equipos modelados





Modelado y elaboración de los siguientes planos a petición de la empresa

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	JACK		1
2	Placa con clavos	24X24X1/2 PULGADAS	1
3	placa nylonid	24X24X1/2 PULGADAS	1
4	placa de acero	24X24X1/4 PULGADAS	1
5	socket head cap screw_03		8
6	socket head cap screw_03		4
7	BASE PARA PRENSA MANUAL		1
8	ELEMENTO DESPLASABLE DE PRENSA		1
9	ELEMENTO FIJO DE PRENSA		1
10	FALANCA DE TUBO PARA PRENSA		1

DETALLE C
7.600 CLAVOS DE 1º CALIBRE 18
ESCALA 1 : 5

MATERIAL: CANTIDAD: XXXX PIEZAS NOTA: 01 02 03 04	MÉTRICO LAS PRÁCTICAS DE ACOTACIÓN TOLERANCIAS DIMENSIONALES TOLERANCIAS DE LAS NOMINALES A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE OTRAS COTAS, TODAS LAS COTAS ESTÁN EN MILIMÉTRICOS (PLUS) CLAVE DE TOLERANCIAS: MEDIO TOLERANCIA ANGULAR: ± 0,5° MÍNIMO FINO Y MEDIO: ± 0,25 RUGOSIDAD GENERAL: 3,2	DISEÑADO POR: FECHA: 26/09/2016 1. PEÑA DIBUJADO POR: FECHA: 26/09/2016 J.C. CABRERA CLIENTE: CIATEO AC. PREPARADO POR: FECHA: 26/09/2016 ANDREA GARCÍA APROBADO POR: FECHA: 26/09/2016 J.P.P. CHIG DESCRIPCIÓN: ENSAMBLE DE PRENSA TAMAÑO: A3 (SOLIDWORKS) SISTEMA CAD: SOLIDWORKS NO. DE PARTES: 10 DEPARTAMENTO: BOMBA DE PRUEBA MATERIALES: IMP. FORMATOS DE HOJA: ESCALA: 1:20 PESO: Kg (pesa 1 de 1)
--	---	--

