



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Reporte de actividades
profesionales en ICA FLUOR**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de

Ingeniera Mecánica

P R E S E N T A

RAZO BAYÓN TANIA AMAIRANI

ASESOR(A) DE INFORME

M.I. Billy Arturo Flores Medero Navarro



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2017

INTRODUCCIÓN

ICA Fluor es una firma de ingeniería la cual tiene como enfoque el desarrollo de proyectos IPC (ingeniería, Procura y Construcción) dentro de un gran espectro de la industria, ya que tiene presencia en ramas tan diversas e importantes como son: Proyectos para generación de energía, extracción de petróleo tanto en tierra como en mar, refinación, transporte por medio de gasoductos y/o poliductos, almacenamiento de hidrocarburos y con presencia también en la industria petroquímica.

Dentro del cuerpo del reporte se realiza una descripción de la experiencia profesional en ICA Fluor, la cual cuenta con diferentes áreas como son: proceso, eléctrico, mecánico, procuración, tuberías, etc.

Éste reporte comprende el área de tuberías; es en esta gerencia donde participo como Ingeniero de materiales.

Mi desempeño consiste en elaborar especificaciones y cálculos necesarios para cubrir los requerimientos constructivos necesarios para las diferentes plantas. Siempre con apego a códigos nacionales e internacionales garantizando la durabilidad de los sistemas durante la vida útil especificada por nuestros clientes.

El proyecto en el que participé del ámbito energético, se trata de una planta cogeneradora ubicada en Altamira; dicha planta se construye en un área de 2025m². La planta debe cumplir con un suministro mínimo especificado por parte del cliente en el contrato y se desarrolló como un proyecto IPC; dentro de los tiempos establecidos se involucra el cumplimiento de la ingeniería, la procuración de todos los materiales y la construcción de la misma; ya que en dado caso de que no se encuentre puesta en marcha para la fecha pactada por cada día se tiene que pagar una multa que puede ir incrementando en función del tiempo en incumplimiento después de la fecha estipulada.

Durante el desarrollo del proyecto para ésta planta de Cogeneración en la cual participé activamente, explicaré una a una las tareas que se me asignaron como ingeniera de materiales y daré a conocer como se integran con las demás disciplinas.

Lo cual permitió terminar en tiempo y forma para concluir con la puesta en marcha de la planta que se entregó de acuerdo a lo estipulado en el contrato con un consumo menor al estipulado en un inicio y una mayor cantidad de producto generado comparado con lo que se tenía esperado en el contrato.



ÍNDICE

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN A LA EMPRESA	1
1.1 HISTORIA DE ICA	1
1.2 HISTORIA DE FLUOR DANIEL	2
1.3 HISTORIA ICA FLUOR	4
1.4 MISIÓN, VISIÓN Y VALORES	4
1.5 ORGANIGRAMA	5
1.6 PARTICIPACIÓN EN LA EMPRESA	6
1.6.1 PERFIL DE PUESTO	7
CAPÍTULO 2 PROYECTO PLANTA COGENERADORA	9
2.1 DESARROLLO DEL PROYECTO	12
2.1.1 LISTA DE LÍNEAS	12
2.1.2 ESPECIFICACIONES	16
2.1.2.1 ESPECIFICACIÓN DE MATERIALES	16
2.1.2.2 ESPECIFICACIÓN DE PRUEBAS HIDROSTÁTICAS	19
2.1.2.3 ESPECIFICACIÓN DE AISLAMIENTO	21
2.1.2.4 ESPECIFICACIÓN DE PINTURA	22
2.1.2.5 ESPECIFICACIÓN DE SOLDADURA	25
CAPÍTULO 3 ANÁLISIS DE RESULTADOS	27
CAPÍTULO 4 CONCLUSIONES	29
CAPÍTULO 5 REFERENCIAS	30



CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN A LA EMPRESA

1.1 HISTORIA DE ICA

La historia de ICA empezó con la intención de impulsar el talento y el desarrollo de la ingeniería nacional. Durante el año de 1947, un nuevo régimen presidencial estaba en curso y el constante crecimiento de la población demandaba la creación de más infraestructura. México era un país que debía realizar obras necesarias para progresar y formar profesionistas capaces de tomar las riendas del futuro.

De acuerdo con esta forma de pensar, un grupo de jóvenes formó una asociación de ingenieros civiles, liderados por el Ingeniero Bernardo Quintana Arriola, quien asumió la misión de contribuir en la modernización y el crecimiento de México.

Con lo anterior nació la intención de impulsar el talento y el desarrollo de la ingeniería nacional y fue gracias al multifamiliar Alemán y al liderazgo del Ingeniero Quintana que hoy tiene 68 años de experiencia en dar soluciones integrales a los más grandes retos de construcción.

Las fechas más importantes dentro de la historia de ICA, se explican brevemente a continuación en la figura 1.1:

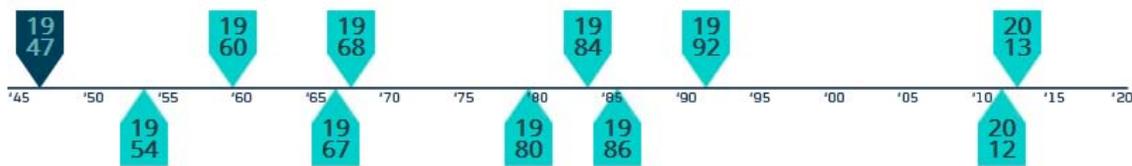


Figura 1.1 Cronología ICA (https://www.ica.com.mx/es_ES/history)

1947. Se funda ICA con un capital de 100 mil pesos y el alma de 18 ingenieros con un sueño en común: impulsar el crecimiento de México. Meses después, ganaron la licitación para la construcción del multifamiliar Alemán.

1954. Construyeron el puente Belisario Domínguez, que salva el Cañón del Sumidero en Chiapas. Posteriormente, el Estadio Olímpico de Ciudad Universitaria y Ciudad Satélite.

1960. Iniciaron la construcción de la estación hidroeléctrica "Presas El Infiernillo" que fue, durante varios años, la más grande de México.

1967. Comenzaron la planeación y desarrollo de la Línea 1 del Sistema de Transporte Colectivo Metro.

1968. Construyeron el Palacio de los Deportes y la Villa Olímpica con motivo de los Juegos Olímpicos en México.



1980. Iniciaron la construcción de un número importante de carreteras y autopistas nacionales, así como la edificación de instalaciones turísticas y hoteles como el Camino Real, Cancún Sheraton, entre otros.

1984. Fallece el Ingeniero Bernardo Quintana Arrijoja, fundador de ICA.

1986. Crearon ICA Fundación para ayudar a la investigación y desarrollo tecnológico de las construcciones después de los desastres del terremoto de 1985.

1992. Se constituyeron como la primera empresa mexicana en cotizar en la Bolsa de Valores (BMV) y en el *New York Stock Exchange*. En la misma década, construyeron la Autopista del Sol y el Papalote Museo del Niño.

2012. Se entrega la Línea 12 del Sistema de Transporte Colectivo Metro, mejor conocida como la Línea Dorada.

2013. Se entrega el proyecto hidroeléctrico la Yesca, la segunda en su tipo más grande del mundo.

1.2 HISTORIA DE FLUOR DANIEL

Fluor Corporation es una compañía multinacional de ingeniería y construcción con sede en Irving, Texas, Estados Unidos.

Fluor es un conglomerado que brinda servicios a través de sus subsidiarias en cuatro áreas: energía y químicos, industrial e infraestructura, gobierno y Fluor Global Services (Servicios Globales de Fluor); cuya función es brindar servicios tales como, servicios de personal y alquiler de equipo. De acuerdo con Fortune 500, Fluor ocupa el lugar 109 en su lista y se encuentra clasificada como la compañía más grande de construcción.

Fundada por John Simon Fluor en 1912 bajo el nombre de Fluor Construction Company, esta creció rápidamente, gracias, principalmente a la construcción de refinerías petroleras, oleoductos y otras instalaciones para la industria del petróleo y gas; abriéndose camino primero en California y luego en el Medio Oriente para finalmente establecer su presencia en todo el mundo. A finales de la década de 1960 comenzó a diversificarse en una compañía de perforación, minería de carbón y otras materias primas, como el plomo.



Una recesión mundial en la industria del petróleo y el gas, aunado a las pérdidas de su operación minera, ocasionaron su reestructuración y el despido de empleados en la década de 1980. Fluor vendió sus operaciones petroleras y diversificó su trabajo de construcción en una gama de servicios e industrias más amplias. En la década de 1990 Fluor introdujo nuevos servicios como el alquiler de equipo y servicios de personal. Proyectos de limpieza de desechos nucleares y varios tipos de trabajo ambiental pasaron a formar una parte significativa de los ingresos de Fluor.

De igual manera, ha formado parte de proyectos relacionados con el trabajo de reconstrucción tales como, el Proyecto Manhattan, la reconstrucción después de la Guerra de Irak, la restauración después del Huracán Katrina y la construcción del Sistema del Oleoducto Trans-Alaska

En 1890, John Simon Fluor y su hermano Rudolph Fluor fundaron Fluor Corporation, una procesadora de madera y papel en Oshkosh, Wisconsin. John Fluor fungió como su presidente y contribuyó con \$100 dólares de sus ahorros personales para ayudar a comenzar el negocio. Para 1903 el nombre de la compañía cambió a Fluor Bros. Construction Co.

En 1912, John Fluor se mudó a Santa Ana, California por razones de salud sin sus hermanos y bajo el nombre de Fluor Construction Company, desde el garaje de su casa. Para el año 1924, el negocio tenía ingresos anuales de \$100,000 dólares (equivalente a \$1.36 millones de pesos en 2013) y un personal de 100 empleados. John Fluor delegó la mayoría de las operaciones de la compañía a sus hijos Peter y Simon Fluor. Ese mismo año, al incorporarse, se hizo una inversión de capital de \$100,000 dólares.

Peter, el hijo mayor de John, trabajó como director de ventas y logró que la compañía aumentara sus ingresos a \$1.5 millones de dólares (equivalente a \$20.4 millones de pesos en el 2013). En 1929, la compañía se reincorporó como Fluor Corporation y para la década de 1930, Fluor tenía operaciones en Europa, el Medio Oriente y Australia.

Durante la gran depresión, el negocio disminuyó rápidamente, pero para la Segunda Guerra Mundial logró recuperarse ya que fabricó goma sintética y fue responsable por una gran parte de la producción de gasolina de alto octanaje en los Estados Unidos, y en 1948, se creó en Houston, una división de gas-gasolina de Fluor.

En 1940 para estar más cerca de sus clientes de la industria del petróleo y gas, las oficinas principales de Fluor se mudaron a Los Ángeles; pero durante los años 60, debido al tráfico y el costo de vida, la sede se reubicó al Condado de Orange, California. John Simon Fluor falleció en 1944 le sucedió su hijo Peter Fluor, quien falleció tres años más tarde.



A Peter le sucedieron Shirley Meserve (1947) y Donald Darnell (1949), luego John Simon "Si" Fluor Jr. en 1952 y J. Robert (Bob) Fluor en 1962. Fluor fue incluida en el New York Stock Exchange en los años 50's y en 1961, Fluor adquirió un interés en la compañía de construcción, diseño y contratos William J. Moran.

1.3 HISTORIA DE ICA FLUOR

ICA Fluor Daniel, S. de R.L. de C.V. es una asociación entre ICA de México y Fluor Daniel de Estados Unidos de Norteamérica, formada el 30 de junio de 1993. La asociación de ICA y de Fluor Daniel, ofrece a sus clientes servicios integrales para la ejecución de proyectos Ingeniería, Procuración y Construcción (IPC), con tecnología avanzada y con métodos probados. Industria del Hierro, S.A. de C.V. (IH), es una empresa 100% subsidiaria de ICA Fluor Daniel, S. de R.L. de C.V. (ICA Fluor), es decir, ICA Fluor es la propietaria del 100% del capital social de IH.

1.4 MISIÓN, VISIÓN Y VALORES

- **MISIÓN**

Desarrollar proyectos industriales rentables basados en la capacidad técnica de la empresa, personal altamente competente que trabaje con ética profesional, calidad y seguridad, enfocados a proporcionar un valor superior a nuestros clientes para incrementar su competitividad

- **VISIÓN**

Ser un contratista IPC (Ingeniería, Procuración y Construcción) para proyectos industriales a nivel mundial, enfocado a la satisfacción de clientes, accionistas y empleados.

- **VALORES**

Excelencia: Promueve procesos de cambio e innovación y se compromete a ser cada día mejores.

Seguridad: Cuida la salud y la seguridad de la gente.

Integridad: Actúa con responsabilidad, ética profesional y respeto.

Trabajo en equipo: Colabora y lucha por objetivos comunes

Sustentabilidad: Trabaja en forma responsable en materia social, económica y ambiental



1.5 ORGANIGRAMA

ICA Fluor se compone por una dirección general, tres direcciones que facilitan la organización de las diversas gerencias que se desprenden de cada una de ellas, para poder consolidar los proyectos; lo cual se muestra en la figura 1.2 :

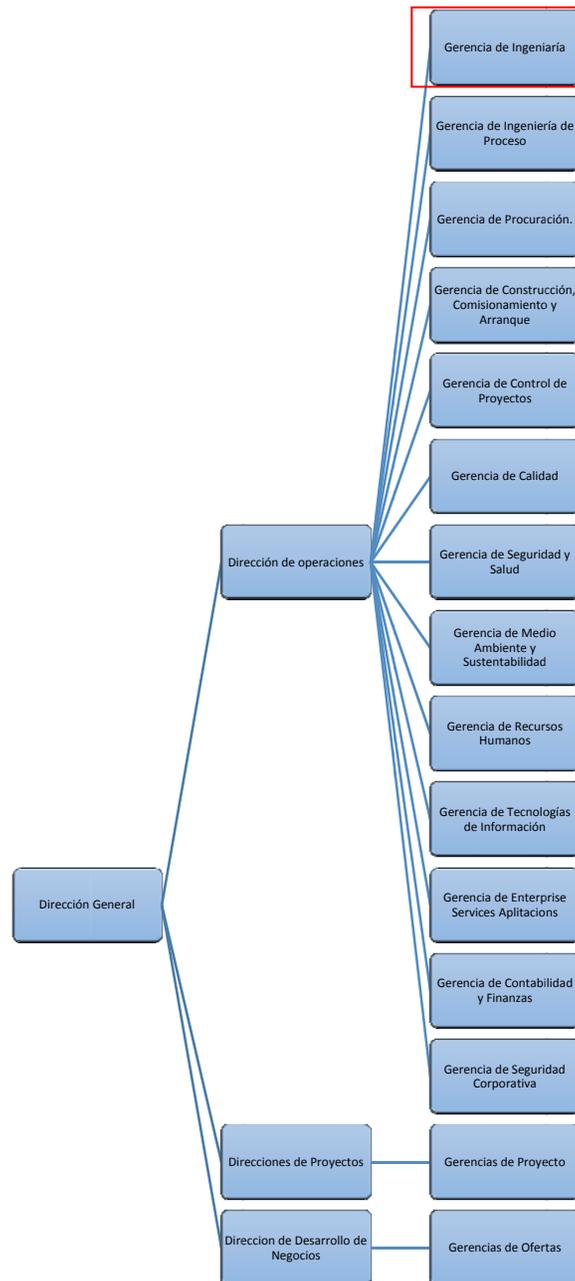


Figura 1.2 Organigrama General de ICA Fluor. (Portal intranet de Ica Fluor)



De manera particular mencionaré la Gerencia de Ingeniería; ya que en esa gerencia es en la que se encuentra el área de tuberías y de ahí se desprende el puesto que desempeño: ingeniero de materiales.

En el organigrama siguiente (figura 1.3), se visualizan de manera particular los departamentos que se ven coordinados por el Ingeniero de Proyecto.

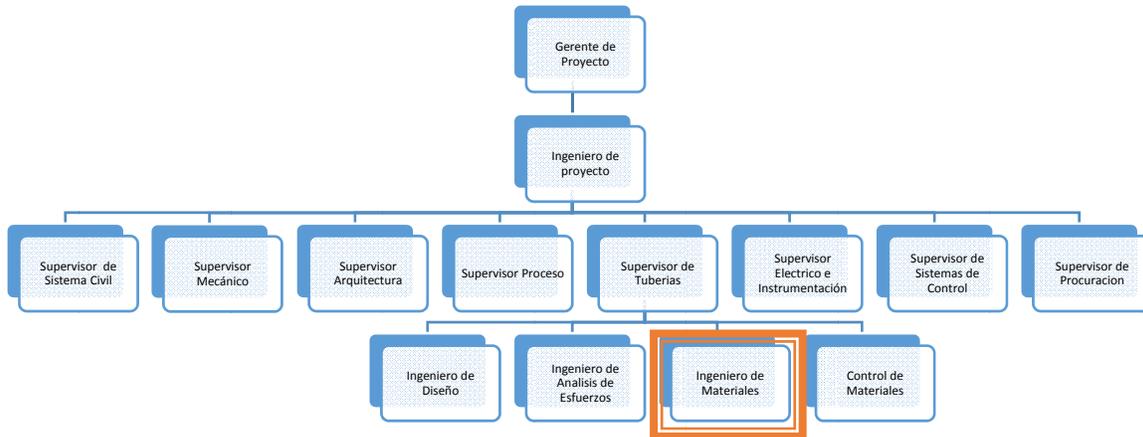


Figura 1.3 Organigrama de Proyecto.

1.6 PARTICIPACIÓN EN LA EMPRESA

En la gerencia de ingeniería se encuentran varias disciplinas, dentro de las cuales se deriva tuberías que se encarga del diseño, cálculo, ruteo de las líneas que alimentan a las plantas; así como la ubicación y/o distribución de equipos, soporte de líneas, definición de materiales para accesorios, tuberías y componentes especiales y se encarga de realizar las órdenes de compra del material requerido.

Dentro de la disciplina de tuberías se tienen diferentes subcategorías y/o especialidades de acuerdo con la tarea desempeñada para el proyecto; dentro de la cual se desarrolla participación es en ingeniería de materiales para ICA Fluor.

En las descripciones de puesto asignadas dentro de la empresa, se indican las responsabilidades y autoridad de cada puesto; la cual se muestra en la figura 1.4:



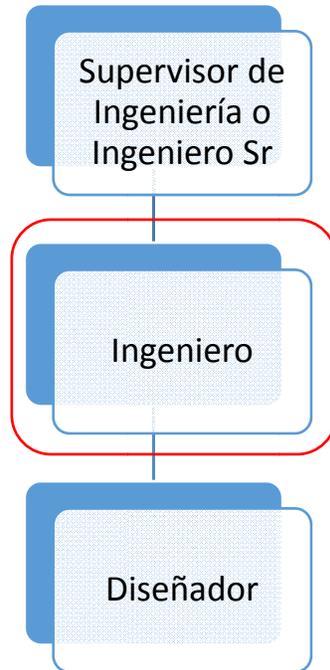


Figura 1.4 Puesto actual dentro de la empresa.

1.6.1 PERFIL DE PUESTO

Licenciatura a fin al diseño de plantas industriales, plantas de energía, plantas químicas y/o plataformas petroleras.

Cálculos, análisis y diseño en proyectos de plantas industriales de su especialidad, en los sectores de negocio de la empresa (energía, minería, petroquímica, refinación, ductos y *off-shore*, etc.).

- Licenciatura: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Química o a fin.
- 310-350 puntos TOEFL.
- Paquetería Office.
- Autocad (requerido nuevo ingreso).
- Microstation (dominio).
- Modelado 3D (dominio).
- Software de análisis o cálculo de su disciplina.
- Conocimiento para diseño 2D y 3D.
- Capacidad de interpretación de resultados.

Formación:

- Cursos establecidos en el plan de capacitación vigente (de acuerdo con el perfil y/o puesto).
- Adoctrinamientos de acuerdo con la matriz de procedimientos vigentes.



Responsabilidades:

- Cálculos y diseños: Desarrollar cálculos y diseños por medios electrónicos o manuales de sistemas, bajo supervisión constante y lineamientos específicos para el dimensionamiento, selección y cuantificación de sistemas, equipos y materiales, aplicables de su especialidad.
- Códigos y normas: Comprender de forma general los códigos y normas aplicables a los diseños de su disciplina, aplicándolos bajo supervisión constante.
- Bases de diseño y especificaciones: Conocer en forma general las bases de diseño y especificaciones aplicables del proyecto aplicándolos bajo supervisión constante.
- Contrato y alcance: Conocer de manera general el resumen del contrato y anexos aplicables a su disciplina. Conocer el alcance de servicios e instalaciones de su disciplina.
- Planes y programas: Conocer de manera general la planeación y programación del proyecto y específicamente de las actividades de la responsabilidad que se le asignen.
- Control de recursos y presupuestos: Ejecutar las actividades de su responsabilidad cumpliendo con los presupuestos de horas hombre (HH) y volúmenes de materiales, así como los programas de ejecución.
- Administración de cambios, riesgos y oportunidades: Entender el concepto de la administración de cambios en alcance, tiempo y costo (Línea Base), así como el concepto de riesgos y oportunidades en el desarrollo de una oferta y/o proyecto. Notificar cualquier variación a la supervisión.
- Administración de equipo y materiales: Entender el proceso de gestión de equipo y materiales, así como su importancia en la continuidad de los trabajos de construcción.
- Formación de personal: Cumplir con su plan de aprendizaje, así como con el adoctrinamiento de procedimientos asignados. Asegurar la aplicación de los conocimientos adquiridos en proyectos y basar sus actividades en los procedimientos de su disciplina.
- Proceso IPC (Ingeniería, Procuración y Construcción): Conocer las interfases con las demás disciplinas de ingeniería, así como el valor de la aportación de sus actividades en el proceso IPC. Cumplir con las asignaciones necesarias en sitio para apoyo a construcción, comisionamiento, arranque e inspección a proveedores.

De acuerdo al perfil y responsabilidades antes mencionadas para el puesto de Ingeniero de Materiales, en el siguiente capítulo se describirán las actividades realizadas en el proyecto de una planta cogeneradora; ya que es en el proyecto que me desempeñé como ingeniera de materiales desde el inicio del mismo.

Dando a conocer el proceso por parte de ingeniería de materiales para realizar una planta cogeneradora.



CAPÍTULO 2 PROYECTO PLANTA COGENERADORA

Es una planta de ciclo combinado de generación de calor y energía que consta de dos grupos de generación de turbina de gas, generadores de vapor de recuperación de calor y deaerador (Figura 1.6).

El sitio del proyecto se encuentra ubicado en el corredor industrial Tampico-Altamira. La instalación será construida en un sitio de aproximadamente 2025m².

La instalación estará diseñada para suministrar energía y vapor a las instalaciones *Host*. Los resultados combinados de las instalaciones de la Fase I y Fase II (Expansión de instalaciones) tendrán los siguientes valores de referencia:

- Potencia neta mínima de salida = 49.5 MW (24MW a una instalación y 25.5MW para otra).
- Consumo mínimo de vapor = 85 toneladas métricas / hora a condiciones de vapor nominal de 480 psig / 600°F.
- Consumo promedio de vapor = 110 toneladas métricas / hora en condiciones de vapor nominal de 80 psig/ 600°F.
- Máxima salida de vapor expandida = 120 toneladas métricas/hora a condiciones de vapor nominal de 480psig /600F en 100% de disponibilidad.

El alcance de servicios debe incluir:

Suministro de diagramas de flujo de proceso (PFD), diagramas de tuberías e instrumentación (P&ID), arreglo de equipo, sistema de energía y balance de masas, especificaciones de equipo, especificaciones de materiales, revisión e integración de dibujos de proveedores en diseño de instalaciones, ingeniería, ingeniería de detalle, diseño y especificación de sistemas de todas las válvulas, calibradores y otros equipos que requieran operación manual, monitoreo local o mantenimiento operacional sean accesibles durante las operaciones (incluyendo escaleras y plataformas que se suministrarán para el funcionamiento y mantenimiento de rutina de todos los equipos e instrumentación) necesarios para definir, documentar y probar completamente la instalación. El diseño de vida mínimo para la Fase II corresponde a 25 años.

La planta de cogeneración realiza una producción simultánea de dos o más tipos de energía. Las energías generadas son electricidad y calor. La producción simultánea implica proximidad de la planta generadora a los consumos. El objetivo de la cogeneración es que se aproveche la mayor cantidad posible de energía generada (ver figura 1.5).



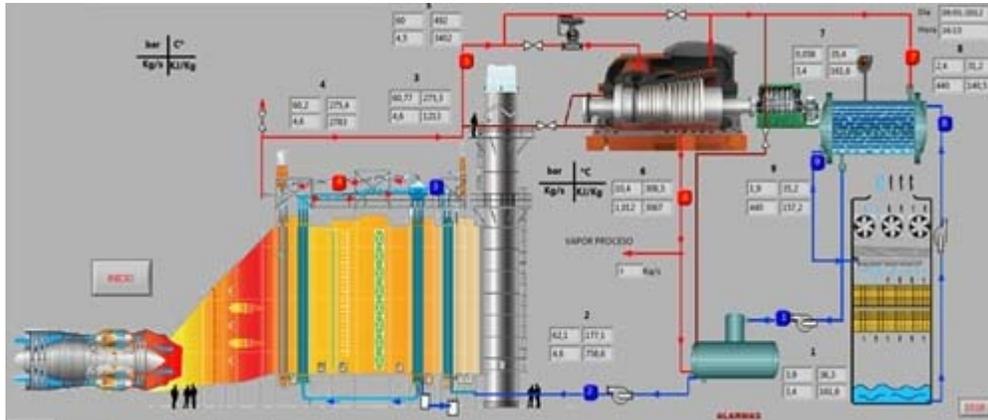


Figura 1.5 Diagrama para planta de cogeneración (www.renovetec.com/simulador-de-plantas-de-cogeneracion.html)

La secuencia que realiza una planta cogeneradora, se muestra en la figura 1.6:

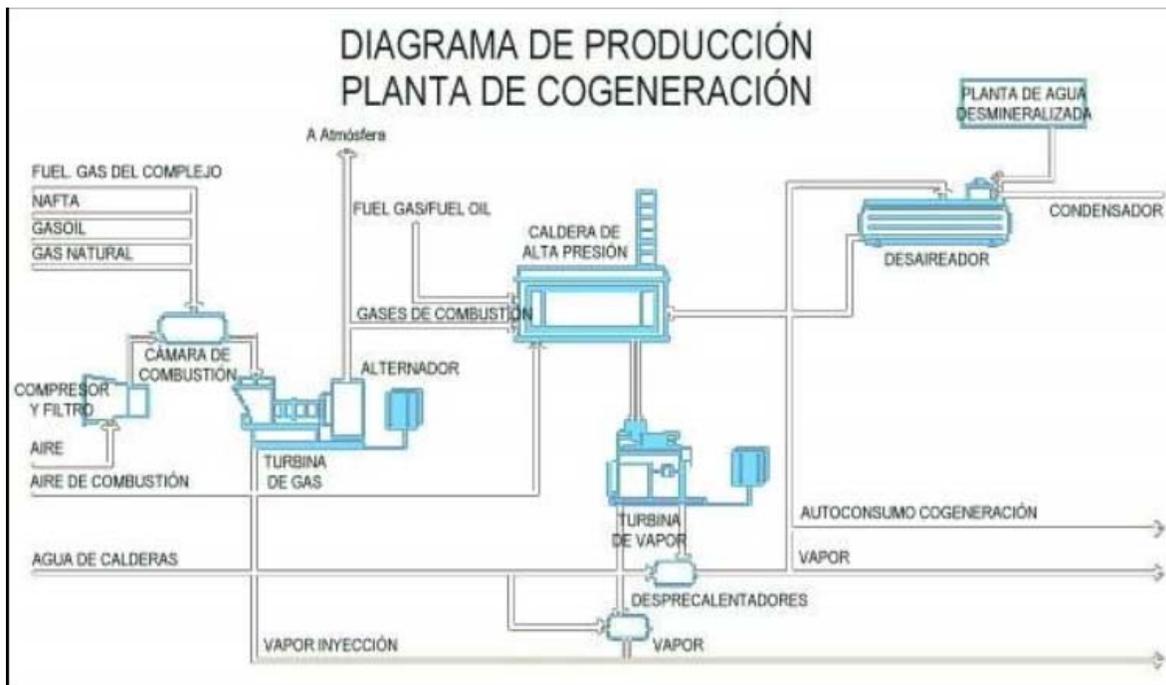


Figura 1.6 Diagrama de producción de planta de cogeneración (<http://www.ingenieros.es/noticias/ver/la-cogeneracion-instrumento-de-competitividad-para-la-industria-quimica/1029>)

De acuerdo a las características mostradas en el diagrama anterior, se pueden mencionar las siguientes ventajas de una planta cogeneradora:

- Se aprovechan varios tipos de energía, por lo que tiene un potencial de rendimiento mayor que una central convencional. A su vez este mayor rendimiento da origen a tres de sus mayores ventajas: menor consumo de combustible, costo de producción menor y menor impacto ambiental.

- Se produce la energía donde se consume, por lo que hay menores pérdidas por transporte y aumenta la autonomía de las fábricas.

Las funciones y actividades que desarrollé dentro de este proyecto como ingeniera de materiales son las siguientes:

- Elaborar lista de líneas.
- Elaborar las especificaciones de ingeniería de materiales del proyecto.
 - a) Especificación de materiales.
 - b) Especificación pruebas hidrostáticas.
 - c) Especificación de aislamiento.
 - d) Especificación de pintura.
 - e) Especificación de soldadura.
- Realizar evaluaciones técnicas de los accesorios y/o materiales.
- Elaborar Lista de especialidades.
- Elaborar base de datos de los materiales y componentes a utilizar en el diseño.
- Cálculo de espesores de tuberías.
- Cálculo pruebas hidrostáticas.
- Asignación de materiales por servicio y libraje.
- Revisión de diagramas de tuberías e instrumentación.

En el siguiente punto explico brevemente cada uno de las actividades mencionadas.



2.1 DESARROLLO DEL PROYECTO

Dentro del plano general mostrado en el capítulo anterior a continuación enlisto y describo a detalle las actividades desarrolladas como Ingeniera de Materiales.

2.1.1 LISTA DE LÍNEAS

Documento generado por ingeniería de materiales, el cual contiene todas las líneas de tuberías plasmadas en los DTI's (Diagramas de Tuberías e Instrumentación) del proyecto que simulan la estructura y funcionamiento de equipos e instrumentos involucrados en el proceso de la planta cogeneradora; el listado de líneas incluye la información requerida por las necesidades del proyecto.

Dicho documento debe cumplir con el procedimiento de la empresa de lista de líneas en cuestión de contenido y/o formato del mismo. Este debe contar con la información siguiente:

- Número consecutivo.
- Especificación.
- Diámetro.
- Servicio.
- Aislamiento.
- Descripción.
- Fase.
- DTI (Diagrama Tuberías e Instrumentación).
- Origen.
- Destino.
- Condiciones de operación.
- Condiciones de diseño.
- Presión de prueba.
- Tratamiento térmico.
- Análisis de esfuerzos.

Todos los puntos anteriormente mencionados, se encuentran en la lista de líneas del proyecto; cada una de las líneas registradas en el DTI de proceso; es decir, se lleva un registro individual donde se estipula su respectivo servicio y condiciones de diseño y de operación.

A continuación se describen cada uno de los puntos que se tomaron en cuenta para realizar la lista de líneas del proyecto:



- **Identificación de la línea:**
Se refiere a la información asignada a cada una de las líneas que se encuentran en la planta; indicando la información particular de cada una de ellas de acuerdo con su servicio, diámetro, especificación asignada y tipo de aislamiento. Esto permite tener un control del número de líneas que se tienen en el proyecto (Ver tabla 1.1).

La información necesaria para la identificación de la línea es la siguiente:

- Muestra el área a la que pertenece.
- Número consecutivo.
- Especificación de materiales en función de condiciones de diseño y servicio.
- Diámetro de la línea.
- Servicio que lleva la línea.
- Tipo y/o uso de aislamiento.

Tabla 1.1 Identificación de la línea.

WBS	Consecutive Number	Specification	Size	Service	Insulation
2080	001	PAA1	1"	SW	N/A
2080	002	PAA1	1"	SW	N/A
2080	003	PAA1	2"	SW	N/A

- **Identificación de fluido:**
Se refiere al nombre del tipo de fluido que lleva cada una de las líneas de la planta y la respectiva fase en la que se encuentra (Ver tabla 1.2).
 - Indica la descripción completa de la simbología que se tenía colocada en la columna servicio.
 - La fase en la que se encuentra el servicio descrito.

Tabla 1.2 Identificación de fluido.

Description	Phase
SERVICE WATER	LIQUID
SERVICE WATER	LIQUID
SERVICE WATER	LIQUID



- Localización:

Se refiere a la información requerida para localizar la línea en la planta y/o diagramas para mayor facilidad (ver tabla 1.3).

 - a) Indica el diagrama de instrumentación y control en el que se localiza la línea y/o su origen de ruta.
 - b) Indica el origen de la línea mencionada.
 - c) Indica el destino de la línea.

Tabla 1.3 Localización de la línea.

P&ID	From:	To:
7423-2082-280-PID-001	2080-003-PAA1-2"-SW	SP-100 OIL/WATER SEPARATOR
7423-2082-280-PID-001	2080-006-PAA1-1"-SW	SAMPLE PANEL
7423-4001-280-PID-002	TP 29	HRSR AREA

- Condiciones de operación:

Se refiere a las condiciones que llevarán las líneas con su respectivo servicio en un caso normal de operación; es decir, las condiciones en las que se requiere el proceso (Ver tabla 1.4)

 - a) Presión que lleva la línea en el proceso.
 - b) Temperatura que lleva el servicio en función de la línea indicada.

Tabla 1.4 Condiciones de operación de presión y temperatura.

Pres.(barg)	Temp.(oC)
3.5	25
3.5	25
3.5	25

- Condiciones de diseño:

Se refiere a las condiciones con las que se realiza el diseño y/o cálculo de espesores de tubería (Ver tabla 1.5).

 - a) Indica la presión de diseño, es decir, la presión máxima que puede llegar a suceder en un caso extraordinario.
 - b) Indica la temperatura que puede llegar a presentar en un caso extraordinario.



Tabla 1.5 Condiciones de diseño de presión y temperatura

Pres.(barg)	Temp.(oC)
5.5	55
5.5	55
5.5	55

- Presión de prueba:
Se refiere a la presión requerida para probar la línea en cuestión de su funcionamiento de acuerdo con el código ASME B31.1-2014 (Ver tabla 1.6)
 - a) Valor para prueba hidrostática de la línea; la cual está en función de las condiciones de la línea y el material utilizado.

Tabla 1.6 Presión de prueba.

Pres.(barg)
8.25
8.25
8.25

- Tratamiento térmico y análisis de esfuerzos:
Se refiere a indicar si la línea requiere un análisis de esfuerzo de acuerdo con el análisis del especialista de flexibilidad considerando las cargas y/o condiciones de la línea; así como el tratamiento térmico indicado de acuerdo con el código de diseño en función del material y espesor de la tubería. (Ver tabla 1.7).
 - a) El tratamiento térmico se asigna en función de los códigos de diseño, considerando el material y el espesor de la tubería utilizada.
 - b) El análisis de esfuerzos se coloca en las líneas críticas; ya sea por presión y/o temperatura de acuerdo con el análisis de flexibilidad.



Tabla 1.7 Tratamiento térmico y análisis de esfuerzos

PWHT	Stress Check
Yes or No	Yes or No
no	No
no	No
no	No

2.1.2 ESPECIFICACIONES

Es el documento que contiene la información y procedimiento para la elaboración de procesos en la planta, de acuerdo con lo solicitado por el cliente y considerando las condiciones de ubicación de la planta, las especificaciones a realizar por parte de Ingeniería de Materiales son las siguientes:

- Especificación de materiales.
- Especificación pruebas hidrostáticas.
- Especificación de aislamiento.
- Especificación de pintura.
- Especificación de soldadura.

2.1.2.1 ESPECIFICACIÓN DE MATERIALES

Documento particular de cada planta y/o proyecto que contiene los materiales a utilizar en las tuberías, accesorios, válvulas de la planta filtros, bridas, tornillos y/o espárragos, empaques, tipos de cara y su respectivo libraje; las cuales son seleccionadas por el tipo de fluido, corrosión permisible, condiciones de diseño de presión y temperatura de las líneas, tiempo de durabilidad de la planta con sus respectivos códigos, normas de válvulas y accesorios aplicables.

Primero se deben de conocer los servicios que se suministran a la planta; los cuales están involucrados en el proceso de la planta cogeneradora para poder seleccionar el material. Partiendo de las condiciones de diseño de cada servicio, es decir, de las condiciones de presión y temperatura a las que será sometida se seleccionan los materiales base de los servicios considerando la corrosión que conlleva el fluido con el paso del tiempo.

Para la tubería de los servicios requeridos, se lleva a cabo un cálculo para el espesor de acuerdo con el código aplicable de cada planta, es decir, dependiendo el tipo de planta es el código aplicable en normatividad, sus respectivas limitaciones y cálculos.

El cálculo realizado para una planta de energía se encuentra en el código *ASME B31.1-2014 POWER PIPING*, que consta de la siguiente ecuación para determinar el espesor mínimo requerido:

$$P = \frac{2SE(t_m - A)}{D_o - 2y(t_m - A)}$$

ecuación 1

donde:

P = Presión de diseño (PSI),

S = Esfuerzo permisible de tensión (Tabla del código ASME B31.1-2014 de acuerdo con el material) (PSI),

D = Diámetro exterior de la tubería (in).

y = Coeficiente de temperatura (Tabla de código ASME B31.1-2014 de acuerdo con el grupo del material seleccionado).

E = Factor de eficiencia de junta longitudinal (Tabla de código ASME B31.1-2014 de acuerdo con el tipo de fabricación del tubo, es decir, con costura, sin costura y el material).

t_m = Espesor mínimo requerido (in).

El cálculo también requiere una presión interna de diseño:

$$t = PD / 2(SE + Py) \text{ ecuación 2}$$

Cálculo de espesor mínimo requerido es:

$$t_m = t + c \text{ ecuación 3}$$

donde c = tolerancia de corrosión o fabricación, erosión, rosca, etc.

La ecuación del espesor mínimo, ecuación 3, requerido incluye el valor de la corrosión permisible en el cálculo, es decir, el valor de desgaste que tiene la tubería, accesorios y/o material por año de acuerdo con el tipo de fluido.



El valor de presión (P) es el que se tiene como presión de diseño, es decir, el valor máximo permisible en la línea por parte del servicio. El cual tiene un Factor de seguridad que se utiliza como protección en el cálculo de espesores para desgaste. El factor "E" es el de junta, el cual es proporcionado por la tabla del código ASME B31.1-2014 de acuerdo con el material y su temperatura.

El valor de esfuerzo permisible es el valor que se obtiene del código ASME B31.1-2014 en función del material a utilizar en la tubería a la temperatura solicitada; en caso de no conocer el valor exacto en los rangos que contempla el código es necesario interpolar los datos para obtener el valor real del esfuerzo a la temperatura requerida.

El área de ingeniería de materiales es la encargada de realizar el cálculo de espesores de las tuberías; por lo cual se llevó a cabo el cálculo con los datos anteriores considerando un valor de espesor mínimo requerido para la tubería a las condiciones indicadas; esto se realiza con cada servicio y condiciones solicitadas para conocer el valor del espesor a los diferentes diámetros contemplados en la planta.

A partir del valor obtenido se revisa en una tabla de cédulas de acuerdo con el material en cuestión y se asigna el valor superior comercial de las tuberías mencionadas. Con el valor proporcionado de acuerdo con el cálculo realizado se colocan los accesorios soldables con el mismo espesor de la tubería en función del diámetro.

En el caso de los diámetros pequeños la mayoría de las veces se contempla conexiones tipo caja soldable con el libraje correspondiente en el código ASME B16.11-2011 de acuerdo con la cédula que tiene el diámetro correspondiente.

De igual manera con la presión y temperatura de diseño se selecciona el rango de la especificación en el que está involucrado el servicio; se selecciona en función del código ASME B16.5-2013 el cuál proporciona los límites de presión temperatura para las bridas de acuerdo con el rango solicitado.

Este procedimiento se realiza para cada condición de servicio, proporcionada por el departamento de proceso; el cuál realiza los diagramas de tuberías e instrumentación (DTI's), el índice de servicios que se utilizará en la planta y el valor de corrosión permisible de cada servicio.



Para este proyecto se realizaron diversas especificaciones de acuerdo con el requerimiento de libraje, servicio y corrosión permisible; la cual se carga en una base de datos que proporciona una característica (item) asignada a cada componente donde se especifica la información del material, libraje, código aplicable, espesor, tipo de cara solicitada, etc.; formando así familias comunes en su material y condiciones de trabajo para que se pueda lograr una trazabilidad de estos materiales desde su diseño, compra, construcción y pruebas para la puesta en marcha de la planta.

Todas las descripciones se colocaron con la información anterior, para que la base de datos elaborada de las especificaciones, pueda ser utilizada por los diseñadores y así realizar el ruteo de las líneas en la planta mediante el uso de un software que nos permite diseñar de un modo virtual y visualizarlo en 3 dimensiones (software 3D); en el cuál asignan el tipo de especificación de acuerdo al servicio a utilizar y se envía la orden de compra de material de acuerdo a los ítems solicitados en el diseño; por lo cual es importante que se tenga la información completa de las descripciones de cada tubería, componente, accesorio, filtro, trampas de vapor, empaques, tornillos, bridas, etc. para que se efectúe la compra adecuada del material.

En el documento emitido para el cliente se incluye una gráfica de presión vs temperatura del material seleccionado en el documento entregable como especificación del proyecto; para conocer el límite soportado de cada especificación de acuerdo con el material, temperatura y rango seleccionado.

Así mismo se coloca en el mismo archivo una tabla de ramales que le permite conocer al diseñador el tipo de conexiones a utilizar en cada ramal a colocar en función del diámetro del cabezal y ramal.

2.1.2.2 ESPECIFICACIÓN DE PRUEBAS HIDROSTÁTICAS

Es el documento realizado por ingeniería de materiales en el que se encuentra la información y procedimiento de ejecución de las pruebas hidrostáticas y/o neumáticas de las líneas colocadas en la planta desde la limpieza de las líneas hasta la ejecución de la misma con su respectiva presión de prueba hidrostática en función de cada número de línea, para asegurar el funcionamiento sin fugas y/o fallas de la planta.



Las pruebas hidrostáticas se encuentran regidas por la ecuación siguiente que contempla el código ASME B31.1-2014:

$$P_T = 1.5 P R_r$$

donde:

P_T = presión mínima de prueba (PSI).

P = Presión de diseño (PSI).

R_r = $S_T/S < 6.5$

S = esfuerzo permisible a temperatura de diseño (PSI) (De acuerdo con el código ASME B31.1-2014 del material correspondiente).

S_T = esfuerzo permisible a temperatura de prueba (PSI) (De acuerdo con el código ASME B31.1-2014 del material correspondiente a temperatura ambiente).

Las variables anteriores se rigen por los esfuerzos permisibles de acuerdo con el material utilizado; es decir, el esfuerzo a temperatura ambiente puede ser el mismo hasta un límite de temperatura, dependiendo el material utilizado. La relación del esfuerzo a temperatura ambiente y el esfuerzo a la temperatura de diseño equivale a 1; ya que los esfuerzos son iguales, en este caso el valor de la prueba hidrostática se simplifica a 1.5 veces la presión de diseño.

En caso de no ser una relación de 1 y que el esfuerzo cambie en la temperatura requerida; se requiere realizar la multiplicación antes mencionada para dicho cálculo.

Para el caso de las líneas que son atmosféricas, es decir, venteos y/o drenajes no requieren la prueba hidrostática de la línea, debido a que se encuentran abiertas a la atmósfera. En el caso de los servicios categoría D, es decir que no son peligrosos, ni flamables y/o dañinos o tóxicos, se les puede realizar la prueba inicial de servicio, es decir, probar la línea con el mismo fluido requerido a las condiciones que se va a utilizar la línea.

Las pruebas hidrostáticas de las líneas se realizan a temperatura ambiente; es indispensable asegurar que las pruebas hidrostáticas tienen el valor correcto; ya que en caso de no ser el valor adecuado puede afectar las bridas y/o accesorios colocados en la línea ocasionando que se dañen los accesorios y/o tener que realizar otra prueba hidrostática cambiando los accesorios dañados; lo cual implica un gasto en el proyecto y un riesgo para los que realizan las pruebas.



2.1.2.3 ESPECIFICACIÓN DE AISLAMIENTO

Es el documento generado por ingeniería de materiales para el proyecto, el cual contiene el procedimiento de limpieza, selección de tipo de material, espesor requerido en función de la temperatura de operación de la línea y las instrucciones para colocar dicho material y poder evitar la pérdida de temperatura para los casos de aislamiento térmico; ya que en esas líneas es indispensable evitar la pérdida de temperatura para el proceso o en caso de ser protección a personal para las líneas que van a más de 60°C y se encuentran al alcance del personal.

Realizo un cálculo de acuerdo con la NOM009-2014 "Eficiencia energética en sistemas de aislamientos térmicos industriales", el cuál proporciona un valor de máxima densidad de flujo térmico en función de la temperatura de operación de la línea y el diámetro; con este valor se realiza el cálculo de espesores mediante el uso de software.

Con dicho valor se realiza un cálculo utilizando un software especializado, el cual contempla como variables: el ASTM del aislamiento, temperatura de operación, temperatura ambiente del lugar en donde se ubica la planta (°C), velocidad del viento de acuerdo a la localización de la planta (m/s), el diámetro de la línea, tipo de protección del aislamiento, es decir, si se requiere protección de personal, aislamiento térmico, aislamiento frío, material base de la tubería y el material de la chaqueta que queda al final del aislamiento.

Al realizar el cálculo se obtiene una tabla de densidad de flujo térmico en función de diámetro y porcentaje de eficiencia; lo cual genera el espesor requerido para cada uno de los casos que se vayan realizando y requiriendo en la tabla de espesores para las líneas. Se busca en la tabla proporcionada por el software el valor obtenido de acuerdo con la NOM y para obtener la mayor eficiencia proporcionando el espesor requerido para dichas condiciones.

De acuerdo con el archivo realizado como entregable de especificación de aislamiento, es indispensable colocar la tabla de espesores; ya que todos los espesores de aislamiento de las tuberías se colocan en función de esa tabla. Dicho documento debe contener el material ASTM del aislamiento seleccionado, los flejes a utilizar y el material de la chaqueta del aislamiento.



2.1.2.4 ESPECIFICACIÓN DE PINTURA

Es el documento generado por ingeniería de materiales, el cual contiene el procedimiento de limpieza de las líneas con el respectivo grado requerido, de acuerdo con lo especificado en la norma.

De igual manera se colocaron los sistemas de pinturas utilizados para cada servicio, de acuerdo con su temperatura, material y el color de la línea con su respectivo nombre de acuerdo con la norma.

Se seleccionó el sistema de pintura de acuerdo con la ISO 12944-2007, en todos los capítulos que éste contiene se maneja la selección de sistemas de pintura de acuerdo con su durabilidad, ambiente, temperatura y con estas características se selecciona un sistema que involucra sus grados de limpieza, su preparación de superficie, sus capas y acabados de acuerdo con el sistema solicitado. En la misma norma indica las pruebas que se le deben hacer al sistema cuando ya está colocado.

El archivo que se genera para el proyecto; debe indicar el alcance de la especificación de pintura, con las respectivas referencias de normas y/o códigos aplicables con los que se deben cumplir de acuerdo con cada aspecto señalado en la tabla de sistema de pintura; así como los procedimientos permitidos y la seguridad con que se debe realizar el trabajo.

En el cuerpo del archivo se coloca el procedimiento para el pintado de las líneas que se tendrán en la planta; es decir, aquellas que se encontrarán en sitio para el correcto funcionamiento; así mismo se coloca el alcance que involucra la especificación; ya que sólo se establece para las tuberías de proceso (se refiere a las líneas que involucran el fluido principal para realizar el proceso de la planta) y servicios (se refiere a las líneas que son servicios para funcionamiento de equipos, alimentación de válvulas, instrumentos, etc.).

Se indican las condiciones del ambiente con las que debe contar en sitio para realizar el procedimiento de pintado de las tuberías.

También se indica el equipo que tiene permitido usar y las regulaciones para utilizar el equipo de manera segura para el personal de la planta, marcando los tipos de solventes a utilizar, los materiales que pueden usar para limpieza, el tipo de agua y el tipo de aplicación de la pintura.



Después se desarrolló el grado de limpieza requerido para la superficie de la tubería, es decir, en función del tipo de planta y su localización se seleccionó el sistema de pintura requerido; el cual involucra el grado de limpieza de acuerdo con el tipo de material de la tubería y ahí se describe el tipo de superficie que se requiere para el sistema.

Al terminar de colocar la limpieza de la superficie y antes de colocar la primera capa de pintura es indispensable indicar el perfil de anclaje requerido para que la primera capa sea ligeramente rugosa para tener una mejor adherencia en la primera capa del sistema seleccionado.

El sistema seleccionado para esta planta fue en función de la durabilidad requerida y del ambiente en el que se encuentra, en este caso es un ambiente marino y se hace referencia al ISO 12944-2007 que permite hacer la selección del sistema, con sus respectivas pruebas al final de colocar el sistema de pintura.

Se especificó la pintura para las superficies sin aislamiento de acero al carbono de acuerdo con el ISO 12944-2007 y las superficies con aislamiento se seleccionaron de acuerdo con el NACE SP0198-2010 haciendo énfasis en los límites de temperatura de cada sistema.

Cada sistema se indicó en una tabla que contiene el rango de temperatura, la preparación de la superficie, la descripción de los materiales requeridos y el número de capas requeridas con sus respectivos espesores de película seca que debe llevar cada capa y el sistema completo.

En el documento también se colocó el color de identificación del fluido de acuerdo con la NOM-026-2008, ya sea rojo para fluidos para sistema contra incendio, amarillo para fluidos peligrosos o verde para los que son de riesgo bajo.

Se colocó una tabla de los servicios de la planta con sus respectivos colores de acuerdo con la norma con sus respectivos tonos requeridos.

Se indicaron los colores de contraste de las letras y el fondo del letrero; se debe cumplir con las dimensiones de la norma; en la tubería se colocará el nombre de identificación del servicio, la dirección del flujo en caso de ser flamable y/o peligroso se colocan diagonales amarillas y negras para indicarlo (ver figura 1.7).





Figura 1.7 Vista de un rack de tuberías en una estación de compresión de gas.

Se requieren pruebas de calidad; las cuales se mencionan en el ISO 12944-2007; se seleccionaron las pruebas requeridas y se enlistan en el documento; así como el procedimiento y validación de las mismas para asegurar la calidad del sistema de pintura.

El archivo que se generó se emite y se envía a sitio para el momento de construcción de la planta y se tenga el procedimiento para la pintura de tuberías.



Figura 1.8 Vista del montaje de tuberías para un sistema de compresión y almacenamiento de aire de servicios.

2.1.2.5 ESPECIFICACIÓN SOLDADURA

La especificación de soldadura es un documento que se genera para establecer el procedimiento de lo que se debe realizar en sitio para la construcción de la planta.

En la especificación se incluyen los códigos de referencia; así como las pruebas no destructivas que se le deben hacer a las soldaduras, de acuerdo con el tipo de soldadura y libraje.

Se le deben realizar pruebas a la soldadura realizada; de acuerdo con los porcentajes proporcionados en la tabla de la especificación en función del código ASME B31.1-2014; el cual menciona mínimo un 5% de pruebas no destructivas.

Las pruebas no destructivas especificadas son: radiografiado, líquidos penetrantes e inspección visual. Las inspecciones visuales se realizan a un 100% de las soldaduras sin importar libraje, material y/o diámetro.

El radiografiado y los líquidos penetrantes se separan en función del tipo de soldadura a realizar; ya que las soldaduras en caja para soldar se realiza una inspección de líquidos penetrantes en la soldadura con un porcentaje que va aumentando en función del libraje de la especificación de materiales y las soldaduras a tope se realiza un radiografiado en la soldadura con un porcentaje que se suministra en función del libraje que se lleva en la especificación de material (*line class*).

Los materiales de aporte para la soldadura deben cumplir con el código ASME SEC II parte C, la cual identifica los *P number* que clasifica a los materiales en función de su composición para seleccionar el material de aporte a fin al material a soldar, es decir, el material de aporte para la unión de dos tuberías y/o accesorios es indispensable que tengan una composición química similar para que permita la unión correcta del material.



CAPÍTULO 3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos de manera general en éste proyecto en función de todas las actividades realizadas por el conjunto de disciplinas que interactúan en el proyecto fue una mayor eficiencia, es decir, que gracias al diseño, arreglo de equipo y selección de materiales se produjo un ahorro en el consumo inicial en las turbinas y el proceso en función de lo que se tenía planeado y se logró generar mayor energía y vapor para la venta de la planta; lo cual le dió una plusvalía al proceso debido a que se generó una mayor ganancia en función de producción de la requerida por parte del cliente y un consumo menor al estipulado en el contrato para llevar a cabo el proceso.

Los resultados enfocados a mis actividades realizadas en el proyecto fueron la compra de materiales acorde a lo requerido y/o estipulado para no encarecer el proyecto y/o modificar a algo inferior a lo requerido.

El cálculo de espesores lo optimice en función de las condiciones de temperatura y presión de diseño que tiene cada servicio; esto favorece a que no se coloque tubería con espesores mayores al requerido por el fluido.

El cálculo de las pruebas hidrostáticas se requiere para evitar un accidente en sitio al momento de realizar la prueba; es decir, realizar el cálculo en función del libraje estipulado para cada línea.

El cálculo para indicar el espesor requerido para el aislamiento en función de su diámetro, temperatura de operación, material del tubo y tipo de aislamiento requerido, es decir, conservación de calor o protección de personal, se concluye que se tuvo un buen cálculo ya que éste ayuda a la eficiencia del proceso para que no exista pérdida de calor debido a que el proceso lo requiere de manera esencial para no requerir un mayor gasto de combustible en función de la energía y vapor producido.

La especificación de pintura es indispensable que se genere de manera clara para localizar las líneas en sitio; así como identificar los fluidos que se tienen con su respectiva dirección e indicar el tipo de preparación de la superficie y revisar las temperaturas de las líneas para que el trabajo de pintura sea realizado de la manera adecuada y éste sea duradero.

Las pruebas no destructivas para las soldaduras realizadas se colocaron en función del libraje manejado y el fluido que lleva; ya que es un costo que se debe llevar a cabo para asegurar el funcionamiento de la planta sin fallas en las soldaduras; ya que genera pérdidas y de igual manera pone en peligro a la gente que labora en la planta; por lo cual es indispensable realizar dichas pruebas.



Se debe considerar toda la información proporcionada por el cliente en función de condiciones de clima, datos de referencia, requisitos para poder cumplir con lo requerido y ofrecer lo que necesita el cliente; no se debe perder de vista el alcance de la planta, el funcionamiento y lo que se debe realizar para llegar a él, es decir, se debe leer el alcance de la planta, conocer el proceso, conocer el código que se requiere para la planta indicada y tener las referencias de normas nacionales e internacionales para realizar las especificaciones del proyecto.



CAPÍTULO 4 CONCLUSIONES

Logré desarrollar especificaciones técnicas para el desarrollo del proceso de pintura, soldadura, pruebas hidrostáticas y aislamiento en sitio, para así realizar el procedimiento cumpliendo con los códigos que se estipulan para las plantas de energía.

Realicé evaluaciones técnicas para poder suministrar el material requisitado y especificado en las clases de materiales para cada uno de los servicios; lo cual nos permite conocer diversos puntos de vista; ya que se puede aceptar un material igual o superior al requisitado pero jamás inferior a éste.

Es por eso que se requiere tomar en cuenta el ASTM de los materiales a evaluar para conocer las propiedades que tiene cada uno; ya que los cálculos realizados para las diferentes especificaciones de materiales en función de su libraje y material se encuentra como valor primordial para dichos cálculos el esfuerzo permisible a la temperatura requerida del fluido; con éste se realizan los cálculos y cuando se obtiene un material con un valor de esfuerzo menor al requerido se rechaza, ya que el cálculo de espesores y durabilidad de la tubería y/o accesorios disminuye si se contempla el mismo espesor con un esfuerzo menor; pero si se realiza el cálculo nuevamente con un esfuerzo menor lo que generará será un espesor mayor para el caso de la tubería y así mismo de los accesorios a usar en la planta.

Se realizaron diversos cálculos con diferentes esfuerzos que me permiten conocer los espesores que se pueden utilizar para cada condición y optimizar espesores más delgados pero con materiales con un mayor esfuerzo; según sea el fluido requerido y en función de la corrosión permisible.

La formación recibida por parte de la Facultad de Ingeniería, proporciona un panorama general para realizar las actividades que desempeño en mi trabajo; ya que nos proporciona las bases para poder comprender los cálculos, los materiales y la selección de los mismos en función del fluido; así como es indispensable conocer las normas que se tienen de manera internacional y nacional para materiales, plantas industriales, cálculos de espesores, documentos de pintura, soldadura, aislamiento y otros; que permiten que con los conocimientos adquiridos se pueda entender de manera clara el proceso para generar todas las especificaciones de manera general; ya que como parte de la carrera no se tiene una materia enfocada a tuberías, pero si proporciona las bases para el desarrollo laboral.

CAPÍTULO 5 REFERENCIAS

- Código ASME B16.11-2011 Forged fittings, Socket-Welding and Treaded
- Código ASME B16.5-2013 Pipe Flanges and Flanged Fittings NPS ½ through 24.
- Código ASME B31.1-2014 Power Piping.
- ISO 12944-2007 Paints and Varnishes- Corrosion protection of Steel structures by protective paint systems
- NACE SP0198-2010 Control of corrosion under thermal insulation and fireproofing materials.
- NOM 009-2014 Eficiencia energética en sistemas de aislamientos térmicos industriales
- NOM 026-2008 Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.
- www.renovetec.com Septiembre 2017

