



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

**MANUAL PARA LA PLANEACIÓN DE LA
CONSTRUCCIÓN (IPC) DE UNA PLANTA
INDUSTRIAL**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

P R E S E N T A:

LUIS ALBERTO GONZÁLEZ MAGAÑA



**DIRECTOR DE TESIS:
ING. CHRISTIAN PIMENTEL PIEDRABUENA
2017**

CIUDAD NEZAHUALCÓYOTL, ESTADO DE MÉXICO



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN.....	2
OBJETIVO.....	5
GLOSARIO.....	6
CAPITULO 1. BASES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA INDUSTRIAL.....	8
1.1. Estudio de Mercado y Factibilidad.....	9
1.2. Definición conceptual del proyecto y estimado inicial de inversión.....	11
1.3. Ingeniería Básica.....	14
1.3.1 Permisos de Construcción y disponibilidad de infraestructura.....	15
1.4. Ingeniería Básica Extendida (IBE o FEED) y estimado de inversión Nivel 2.....	17
1.5. Desarrollo del proyecto ejecutivo para la construcción de la planta industrial.....	18
1.6. Puesta en marcha e inicio de la producción industrial.....	19
1.7. El alcance del proyecto.....	20
1.8. El contrato para la ejecución del proyecto.....	21
CAPITULO 2. LA FASE DE INGENIERÍA Y ESPECIALIDADES INVOLUCRADAS.....	23
2.1. Especialidad Proceso.....	38
2.2. Especialidad Instrumentación y Control.....	40
2.3. Especialidad Arreglo de Equipos.....	41
2.4. Especialidad Mecánico/ Equipos.....	42
2.5. Especialidad de Tuberías.....	43
2.6. Especialidad Eléctrica.....	44
2.7. Especialidad Civil-Estructural.....	45
2.8. Especialidad Arquitectura.....	46
2.9. Especialidad HVAC y Manejo de Polvos.....	47
2.10. Especialidad Sistema contra Incendio.....	48

CAPITULO 3. LA FASE DEL SUMINISTRO (PROCURA) DE EQUIPOS, MATERIALES Y SUBCONTRATISTAS.....	49
3.1. Requisición.....	50
3.2. Compras.....	51
3.3. Inspección.....	53
3.4. Expeditación.....	53
3.5. Logística.....	54
CAPITULO 4. LA FASE DE CONSTRUCCIÓN.....	56
4.1. Construcción/ Obra Civil y Estructural.....	57
4.2. Montaje/Obra Electromecánica.....	58
4.2.1. Montaje e Instalación de Equipos.....	58
4.2.2. Montaje e Instalación de Tuberías y Válvulas.....	58
4.2.3. Montaje e Instalación de Instrumentos y sistemas de control.....	59
4.2.4. Instalación Eléctrica.....	59
4.3. Sistema contra Incendio.....	59
4.4. HVAC Ventilación y aire acondicionado.....	59
CAPITULO 5. LA FASE DE COMISIONAMIENTO.....	61
5.1. La puesta en marcha de la planta de producción Industrial (Prueba y Arranque).....	63
CAPITULO 6. LA PLANEACIÓN DEL PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA.....	64
6.1. El Plan de Ejecución.....	65
6.2. El WBS: Local procedure (Project Work Breakdown Structure).....	67
6.3. La secuencia de Fases, Especialidades y Actividades.....	70
6.4. El Programa (Cronograma).....	75
CONCLUSIONES.....	81
REFERENCIAS.....	82

INTRODUCCIÓN

La ingeniería industrial está orientada al seguimiento de procesos, control y aseguramiento de calidad entre otras cosas, sin embargo, en la oportunidad que tuve de desarrollar mis prácticas profesionales, estas las desarrolle en una empresa orientada al desarrollo de la Ingeniería (Proyecto) y Construcción de Plantas de Producción Industrial.

Uno de los aspectos que me llevó a realizar este trabajo es lo interesante que son todos los aspectos que se deben tener en cuenta en la planeación para realizar el proyecto y construir un planta de producción. Lo que involucra el considerar la participación de un gran número de especialidades de ingeniería, así como el conocer las etapas que se tienen que llevar a cabo en todo el proceso desde la conceptualización de la planta hasta su construcción y puesta en marcha.

En sí, la “Planeación” para el desarrollo del Proyecto y Construcción de una planta es uno de los procesos requeridos en la “Administración o Dirección de Proyectos” mediante la cual se establecen los procesos principales para realizar Proyectos en general.

El “Project Management Institute” (PMI) es la entidad internacional que ha desarrollado una metodología para estandarizar la “Administración o Dirección de Proyectos”, y en base a la cual se definen 13 Áreas de conocimiento como se detallan en la **IMAGEN 1**, con sus diferentes procesos agrupados en cinco Grupos de Procesos principales como se listan a continuación:

1. Inicio del Proyecto
2. Planificación
3. Ejecución
4. Monitoreo y Control
5. Cierre o Terminación del proyecto ejecutado.

Se dará a conocer y desarrollarán de forma general aspectos relacionados con el Inicio y Planificación del proyecto, presentando un esquema general de aspectos a considerar, específicamente para Proyectos de Ingeniería y Construcción de Plantas de Producción Industrial. No es una descripción detallada de los procesos de administración del PMI ni de las herramientas necesarias para llevar a cabo y a detalle los procesos establecidos por esta organización.

Grupos de Procesos y Áreas de Conocimiento de la Administración de Proyectos

Áreas de Conocimiento	Grupos de Procesos de la Gestión de Proyectos				
	Grupo de Procesos de Inicio	Grupo de Procesos de Planificación	Grupo de Procesos de Ejecución	Grupo de Procesos de Monitoreo y Control	Grupo de Procesos de Cierre
4 Gestión de la Integración del Proyecto	4.1 Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto	4.2 Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto	4.3 Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto	4.4 Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto 4.5 Realizar el Control Integrado de Cambios	4.6 Cerrar Proyecto o Fase
5 Gestión del Alcance del Proyecto		5.1 Planificar la Gestión del Alcance 5.2 Recopilar Requisitos 5.3 Definir el Alcance 5.4 Crear la EDT/WBS		5.5 Validar el Alcance 5.6 Controlar el Alcance	
6 Gestión del Tiempo del Proyecto		6.1 Planificar la Gestión del Cronograma 6.2 Definir las Actividades 6.3 Secuenciar las Actividades 6.4 Estimar los Recursos de las Actividades 6.5 Estimar la Duración de las Actividades 6.6 Desarrollar el Cronograma		6.7 Planificar la Gestión del Alcance	
7 Gestión de los Costos del Proyecto		7.1 Planificar la Gestión de los Costos 7.2 Estimar los Costos 7.3 Determinar el Presupuesto		7.4 Controlar los Costos	
8 Gestión de la Calidad del Proyecto		8.1 Planificar la Gestión de la Calidad	8.2 Realizar el Aseguramiento de Calidad	7.4 Controlar las Comunicaciones	
9 Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto		9.1 Planificar la Gestión de los Recursos Humanos	9.2 Adquirir el Equipo del Proyecto 9.3 Desarrollar el Equipo del Proyecto 9.4 Dirigir el Equipo del Proyecto		
10 Gestión de las Comunicaciones del Proyecto		10.1 Planificar la Gestión de las Comunicaciones	10.2 Gestionar las Comunicaciones	10.3 Controlar las Comunicaciones	
11 Gestión de los Riesgos del Proyecto		11.1 Planificar la Gestión de los Riesgos 11.2 Identificar los Riesgos 11.3 Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos 11.4 Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos 11.5 Planificar la Respuesta a los Riesgos		11.6 Controlar los Riesgos	
12 Gestión de las Adquisiciones del Proyecto		12.1 Planificar la Gestión de las Adquisiciones	12.2 Efectuar las Adquisiciones	12.3 Controlar las Adquisiciones	12.4 Cerrar las Adquisiciones
13 Gestión de los Interesados del Proyecto	13.1 Identificar a los Interesados	13.2 Planificar la Gestión de los Interesados	13.3 Gestionar la Participación de los Interesados	13.4 Controlar la Participación de los Interesados	

Project Management Institute, A Guide to the Project Management Body of Knowledge, (PMBOK® Guide) - Fifth Edition, Project Management Institute, Inc., 2013, Table 3-1, Page 61.

IMAGEN 1: Procesos y Áreas de la Administración de Proyectos

La intención de desarrollar el presente trabajo de manera general, es poder identificar los principales pasos a seguir para la construcción de una planta de producción industrial, ya que es prácticamente imposible definir a detalle los pasos a seguir durante un proyecto debido a los diversos factores que se pueden presentar.

Este trabajo está dividido en 2 partes principalmente.

En la primera de ellas (Capítulos 1 a 4) se hará mención de conceptos generales y se definirá el **QUÉ** es lo que se debe de tener en cuenta para la planeación del proyecto y construcción de una planta industrial.

La segunda parte (Capítulos 5 y 6) de este trabajo está enfocada a **CÓMO** hay que aplicar los conceptos, la forma en que se desglosa y determinan los trabajos y/o actividades por disciplina, para lograr esto, es de gran importancia que personal con gran experiencia se reúna para definir cómo se iniciará el proyecto. La disciplina principal (dependiendo el tipo de proyecto o industria) será la base para poder definir o desarrollar posteriormente la secuencia de actividades para cada disciplina. Apoyados mediante herramientas (en este caso programas para la planeación de proyectos) se podrá visualizar esta secuencia y si es posible, adelantar o iniciar dos o varias disciplinas a la vez, además de la documentación que se pueda llevar a la par de otras actividades, etc.

JUSTIFICACIÓN:

Se desarrolla el presente trabajo enfocado principalmente a la guía y eliminación de situaciones problemáticas detectadas durante la planeación y ejecución de proyectos IPC o EPC (Engineering, Procurement and Construction) por sus siglas en inglés.

El enfoque que se le da al trabajo, es dirigido a proyectos IPC ya que se puede apreciar de mejor manera los procedimientos para la planeación y ejecución de proyectos, visualizando los pasos principales en cada fase de la planeación.

Los proyectos pueden ser o no IPC, ya que puede presentarse una combinación de cada fase o simplemente tener una sola.

En este caso y para presentar un caso completo, se abordará un proyecto que incluya las 3 fases.

La intención del presente trabajo está enfocado en poder contar con una guía de gran utilidad para aquellas personas que estén involucradas en la gestión, administración y/o gerencia de proyectos.

Es muy importante (además de conveniente) tener en cuenta los pasos a seguir desde antes de iniciar con un proyecto. Esto aplica para todas y cada una de las áreas involucradas ya que el éxito de un proyecto IPC depende de todos y cada uno de ellos.

Aunque los factores que llevan un proyecto al fracaso son bien conocidos:

-Retrasos en la **Ingeniería Básica**

-Mala selección de proveedores

-Falta de experiencia en las diferentes fases

Se tratará de manera general cada uno de ellos para poder visualizar todos los puntos importantes desde que se ve el índice de esta Tesis y de este modo tener un panorama general de los pasos a seguir y de cierta manera, ubicar y tener en mente la secuencia y tal vez cronología de estos. Dicha secuencia podrá ser apreciada al final de este trabajo mediante el uso correcto de las herramientas de tecnología.

Se presenta este trabajo en base a dos puntos importantes, uno es la investigación e interés en planeación y ejecución de proyectos y el contacto o acercamiento que logré al tener la oportunidad de trabajar en un proyecto de este tipo para una planta de la industria Química.

OBJETIVO:

Desarrollar los conceptos fundamentales para la planeación del proyecto y construcción de una planta de producción industrial (IPC), considerando las fases principales de su ejecución y las etapas que involucra como son la Ingeniería, Procura, Construcción, Comisionamiento y Puesta en marcha de la planta, mostrando de manera general las funciones y procesos que se involucran en cada una de estas fases.

Se pretende ampliar el panorama para los alumnos de Ingeniería Industrial, principalmente, del campo de acción donde pueden intervenir y no enfocar las actividades a sistemas de producción, ya que la Ingeniería Industrial es indispensable en cargos de dirección y gerencia, entendiendo y dando solución a actividades técnicas y administrativas, generando soluciones integrales a diversos problemas que plantean los retos a los que llevan temas de construcción.

El presente trabajo se enfoca a ser una guía general y entendible, a fin de dejar plasmados la mayoría de procesos y actividades dentro de la industria de la construcción, para entender la secuencia de trabajos y actividades; con esto, el Ingeniero Industrial tendrá conocimiento de las áreas donde puede ser indispensable su intervención, conocimientos, aptitudes y capacidades.

Actualmente, se tienen distintas maneras de presentar el desarrollo de un Proyecto, sin embargo, desarrollamos una secuencia de actividades a fin de tener una línea fundamental para el seguimiento y entendimiento del significado y sentido del mismo.

GLOSARIO

El siguiente “Glosario” es una compilación de las palabras clave y su significado considerado en este trabajo.

Empresa. Empresa o compañía productora dedicada a la elaboración o fabricación de un producto terminado que puede ser un producto Químico (Pegamentos, Cloro, Fertilizantes, etc.), Petroquímico (Gasolinas, Aceites, Plásticos y productos básicos derivados del petróleo), Manufacturado (automóviles, televisores, etc.), Alimenticios (bebidas y alimentos embazados), Farmacéuticos (productos medicinales), etc.

Entidad Financiera. Banco entidad financiera que presta el dinero para el desarrollo del proyecto y construcción de la planta bajo un contrato con los representantes o dueños de la **Empresa** con un acuerdo de pago de intereses de por medio.

Tecnología. Conocimiento resultado de investigaciones previas, herramientas, equipos, y el saber técnico (Proceso Especializado) para elaborar o producir un bien o producto especial y/o específico a partir de materias primas.

Compañía de Tecnología. Compañía especialista en la tecnología para producir el producto deseado.

Compañía de Ingeniería. Compañía especialista en la elaboración de planos, especificaciones y documentos en general de todas las especialidades de ingeniería requeridas para el diseño de una Planta de Producción Industrial. En muchas ocasiones la Compañía de Ingeniería es parte de la Compañía Constructora

Compañía Constructora (Industrial). Compañía especialista en la construcción, montaje e instalación de los edificios, sistemas, equipos, etc. Requeridos en forma integral para una Planta de Producción Industrial

Ingeniería Básica (IB). Es la documentación (Diagramas, Planos, Especificaciones, etc.) suficiente para evaluar los requerimientos para producción que tendrá la Planta, y en base a la cual se puede determinar un primer estimado de Costo Total de la inversión para construirla, pero con un rango de precisión muy abierto, entre el +/-30 y 40%. La ingeniería básica no es constructiva ya que con la documentación disponible en esta etapa no se pueden construir una Planta.

Ingeniería Básica Extendida (IBE o FEED). Es la Ingeniería Básica pero complementada con documentos (diagramas, planos y especificaciones) clave de todas las disciplinas de ingeniería involucradas que permiten cotizar los sistemas, equipos y materiales más importantes de la Planta, sin necesidad de desarrollar todavía todos los documentos con

todo el detalle requerido como en una ingeniería de detalle. Esto permite obtener un estimado de inversión de hasta un +/-25-15% de precisión.

Ingeniería de detalle (ID) o Proyecto Ejecutivo. Es la elaboración a detalle de todos los cálculos, planos, especificaciones, y documentos de todas las especialidades involucradas requeridas para llevar a cabo la realización de la construcción e instalación de la planta y el suministro de sistemas, equipos y materiales requeridos. En base a esta ingeniería se puede obtener un estimado de costo de inversión ya muy preciso con variaciones entre el +/-10 y 15%

Paquete de Concurso de Obra o Paquete de Cotización (licitación). Paquete de información para cotización de la Construcción e Instalación de la Planta Industrial que contiene: La Ingeniería Básica, la Básica Extendida o la Ingeniería de Detalle con todas las especificaciones para realizar la Planta de Producción, así como aspectos adicionales a considerar como permisos ambientales y de construcción, aspectos comerciales y de contratación de los servicios, tiempos de ejecución, inicio y termino de la obra, monto del contrato, precios requeridos por equipos, instalaciones o actividades (precios unitarios), etc.

Short List. Etapa de la Licitación donde se definen únicamente a dos de las Compañías Constructoras participantes previo a la adjudicación del Proyecto

CAPITULO 1. BASES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA INDUSTRIAL

CAPITULO 1. BASES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA INDUSTRIAL.

Dependiendo el sentido de la palabra Proyecto, podemos tener una gran variedad de significados, pero el común denominador siempre será que un Proyecto es un designio de ejecutar algo. Para nuestro caso de estudio, llevaremos ese designio a una ejecución real, conociendo algunos de los detalles que conlleva tener una Proyecto Industrial. (Real Academia Española)

La intención de este manual se limita a establecer los conceptos generales para la planeación de proyectos individuales como parte de la Gestión o Dirección de Proyectos, tomando esta información como una buena práctica para el desarrollo de los mismos.

La idea de la construcción de una planta de producción industrial cuyo producto sea de alimentos, manufactura, productos químicos, petroquímicos, farmacéuticos etc., está dada por un requerimiento de mercado o de consumo que las **Empresas** especializadas detectan en un área, ciudad o país.

Una vez que la necesidad del producto es detectada, la **Empresa** realiza una serie de estudios para evaluar la factibilidad para la construcción de una planta que produzca o que fabrique el producto detectado.

El proceso para la toma de decisiones de la inversión hasta la construcción de la planta industrial implica una serie de etapas muy estandarizadas para la decisión y ejecución del proyecto. Estas etapas son:

1. Estudio de mercado y factibilidad.
2. Definición conceptual del proyecto y estimado inicial de inversión.
3. Ingeniería básica.
4. Ingeniería básica extendida (FEED) y estimado de inversión de inversión nivel 2.
5. Desarrollo del proyecto ejecutivo para la construcción de la planta industrial.
6. Puesta en marcha e inicio de la producción industrial.

El desarrollo de una Planta Industrial puede estar enfocado a la creación de una nueva planta, una existente, ampliación o modificación con la finalidad de actualizar procesos, modificarlos o para la creación de nuevos productos. (Peters, 1991)

1.1 Estudio de Mercado y Factibilidad.

Estudio de Mercado es la primera parte de la investigación formal para la evaluación de un proyecto. Es la determinación y cuantificación de la demanda y la oferta, el análisis de los precios y el estudio de la comercialización. (URBINA, 2010)

“El estudio o investigación de mercados es la identificación, recopilación, análisis difusión y uso sistemático y objetivo de la información con el propósito de mejorar la toma de decisiones relacionadas con la identificación y solución de problemas y oportunidades” (MALHOTRA, 2008)

Se puede definir en dos vertientes la investigación o estudio de mercados; la primera de ellas es identificar el problema, donde se estudia principalmente el potencial y participación del mercado, pronósticos y características del mismo. La segunda vertiente estará enfocada a la solución de problemas, identificando los productos, distribución de bienes, etc. Dependerá del tipo de proyecto que se ejecute la selección de estas dos alternativas de investigación. Principalmente se tiene bien definido el camino a seguir para la evaluación de proyectos en la fase de estudio de mercado ya que es mandatorio generar un análisis de oferta, demanda, precios y comercialización.

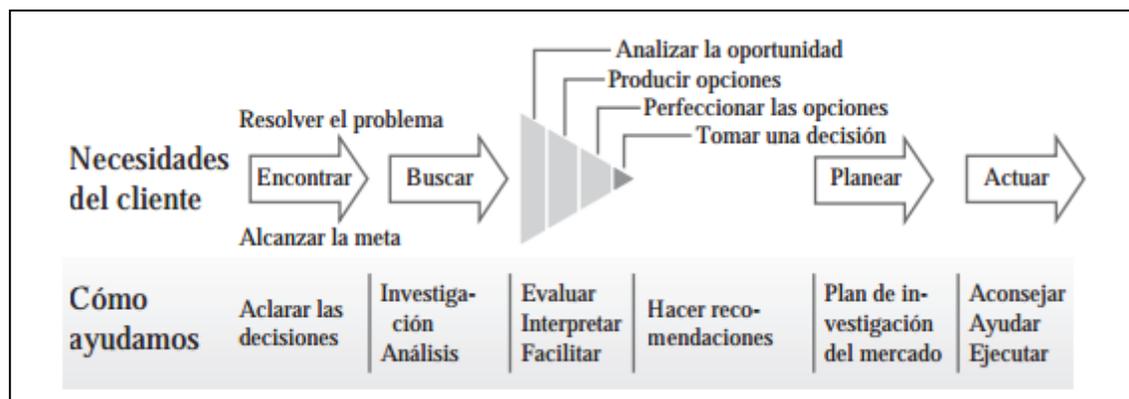


IMAGEN 1: Metodología de Power Decisions (URBINA, 2010)

Durante esta fase, la **Empresa** interesada en la producción de un determinado producto realiza estudios de mercado en los cuales se determina la capacidad de venta en el área, ciudad o país del producto en cuestión. Se determinan las potenciales ventas y costos de producción con los cuales se plantea el monto de la inversión requerida para la construcción de la planta de producción, determinando a su vez el tiempo en que se recuperará la inversión requerida.

Una vez que se ha determinado el tiempo de retorno de la inversión y la utilidad que se generara por la venta del producto, el consejo de inversionistas y/o los dueños de la **Empresa** emiten una decisión de inversión y la aprueban, o bien, presentan su estudio a un banco o **Entidad Financiera** que suministre el dinero (Financiamiento) para la realización de la planta.

Una vez que la **Entidad Financiera** evalúa y valida el estudio, se aprueba el proyecto de inversión, solicitando ya sea el banco o la **Entidad Financiera** un soporte técnico para

garantizar tanto el proceso de producción, los estudios de mercado y la confirmación del retorno de la inversión.

1.2 Definición conceptual del proyecto y estimado inicial de inversión.

Como principio, es importante definir lo que es un Proyecto y diversas fuentes proporcionan una gran cantidad de definiciones. Para este caso en particular, se hará mención y resaltará la siguiente definición: Conjunto de escritos, cálculos y dibujos que se hacen para dar idea de cómo ha de ser y lo que ha de costar una obra de arquitectura o de ingeniería. (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, 2017)

Se define también como Proyecto, a la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema, la cual tiende a resolver una necesidad humana.

El proyecto de inversión es un plan que, si se le asigna determinado monto de capital y se le proporcionan insumos de varios tipos, producirá un bien o un servicio, útil al ser humano o a la sociedad.

Cualquier actividad que tenga como finalidad la toma de decisiones (principalmente de inversión) sobre un proyecto, será identificada como Evaluación de Proyectos. (URBINA, 2010)

La relación de diversos factores que intervienen para poder dar inicio a la evaluación de un proyecto puede ser entre otros, la situación económica, política y social de la entidad o región donde se realizará dicha inversión. (URBINA, 2010)

De manera general y considerando que para cada proyecto se deberá aplicar una metodología en específico, podemos mencionar algunas áreas generales en las que se puede aplicar una metodología para la evaluación de un proyecto, como por ejemplo:

1. Instalación de una planta nueva (sin importar el tipo de tecnología que será aplicada).
2. Productos nuevos.
3. Ampliación en la producción existente. Modificación a los procesos existentes en una planta o bien, creación de sucursales.
4. Remplazo de equipos (maquinaria, equipos, instrumentos) por deterioro o para mejorar la capacidad actual.

A manera de resumen, toda evaluación de proyectos deberá seguir una secuencia a fin de visualizar cada uno de los factores que serán determinantes para tomar una decisión final. Como primer paso, se deberán definir claramente los objetivos, realizar diversos tipos de análisis como lo son: análisis de mercado, técnico, económico/financiero, socio-económico, presentar una retroalimentación de dichos análisis y dar un resumen con las conclusiones para tomar la decisión sobre invertir o no en un Proyecto.

Una vez aprobado el primer paso por el consejo de inversiones de la **Empresa** y aprobada la propuesta por la **Entidad Financiera**, se procede al desarrollo de la ingeniería conceptual y un estimado de inversión aproximado en más menos 30-40%. En esta fase, la **Empresa** contrata a compañías especialistas en la tecnología para producir el producto deseado. La **Compañía de Tecnología** desarrolla un concepto básico del proceso y conjuntamente con la **Empresa** se determina la capacidad de producción de la planta así como las materias primas requeridas en las cantidades necesarias, los productos de desecho resultados del proceso de producción (“wastematerials”), así como los procesos para su eliminación, proceso o disposición de estos.

Se predefinen los equipos principales, la localización estimada de la planta en base a la localización estratégica para suministro de materias primas y disposición del producto terminado, las facilidades disponibles en el área o sitio o sitios específicos preseleccionados, el cumplimiento de las normatividades ambientales y construcción de la zona y la mano de obra de nivel de calificación requerido.

En esta base se hace una determinación del costo de inversión como un primer nivel de referencia, también conocido como anteproyecto.

Se definirá la palabra costo como un desembolso de efectivo hecho en el presente; en una evaluación económica se le llama inversión.

Una vez desarrollados todos los estudios indicados, se realiza un reporte resumen en el cual quedará determinada la capacidad de producción de la planta, la especificación básica de los productos, las materias primas y capacidades requeridas, la tecnología y el proceso fundamental del proceso de producción, el sitio o sitios preseleccionados con las facilidades disponibles e indicando la mejor de ellas y un estimado de inversión con una aproximación en más menos 30-40%.

En esta base, la **Empresa** confirma la inversión requerida a la **Entidad Financiera**, quienes confirmarán el monto de la inversión y formalizaran el contrato para el pago del préstamo correspondiente.

La siguiente tabla, muestra un ejemplo de un estimado del costo total de los equipos y/o materiales requeridos por las diversas áreas. (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, INC)

COSTO ESTIMADO POR ESPECIALIDAD	COSTO APROXIMADO (mill. USD)
EQUIPOS Y MONTAJE MECANICO	28.2
TUBERÍAS	8.82
ELÉCTRICO. FUERZA Y ALUMBRADO	7.23
INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL	8.95
HVAC	4.62
CIVIL, ESTRUCTURAL Y ARQUIRECTONICO	9.3
TOTAL	67.1

IMAGEN 2: Costos estimados por especialidad

Estos montos son inicialmente un estimado de acuerdo a la información proporcionada por el Cliente (planos, catálogos de conceptos, hojas de datos, especificaciones, etc.).

En base a la documentación generada, los equipos y sistemas principales se cotizan con proveedores y compañías especializadas en el suministro o venta de equipos. Así mismo, se estiman en forma aproximada todos los costos involucrados y requeridos para la construcción de la planta. Obteniéndose en esta base un Costo Total con una aproximación de +/- 30% y 40%, precisión que puede disminuir o aumentar tomando en cuenta la experiencia e información de referencia que se tenga o no de una planta similar ya construida.

Dentro del paquete de información inicial, el departamento de Procura (en principio la especialidad de Compras), realiza una serie de paquetes de acuerdo a las especialidades para salir a concursar y en busca de diferentes precios (considerando precios tanto de empresas nacionales como de empresas extranjeras) con la finalidad de poder tener un estimado de precios inicial y preparar una oferta general, misma que será definida en conjunto con las disciplinas técnicas para avalar los detalles técnicos, o bien, poder ofrecer desviaciones al paquete original y que puedan agregar valor a la oferta que será presentada al cliente.

Una vez definido y aclarado el alcance y cumplimiento de la parte técnica, se revisan los precios y cantidades principalmente junto con el personal de estimaciones, quienes serán responsables de detallar los precios que no entran dentro del paquete de materiales, equipos y subcontratos, es decir, todos los costos indirectos que deberán ser contemplados al momento de la ejecución del proyecto.

Como parte intermedia de la licitación, se entrega al Cliente una oferta Inicial para ser revisada y analizada, considerando las posibles desviaciones al paquete Principal y/o

comentarios al mismo que puedan agregarle valor al proyecto e inclusive, reducir el costo de manera considerable.

Después de una serie de revisiones, comentarios y aclaraciones entre el Cliente y la Compañía Constructora, se define una "Short List", la cual reduce únicamente a 2 la lista de Compañías Constructoras participantes. Durante esta etapa de la Licitación, se procede a detallar aún más las ofertas con la intención de ofrecer precio más competitivo donde la Compañía Constructora con mejores números será la ganadora del Proyecto para iniciar con la Ingeniería y Ejecución del mismo.

1.3 Ingeniería Básica.

La Ingeniería Básica es la etapa más temprana dentro de un Proyecto de ingeniería, se puede identificar por la gran concentración de recursos en disciplinas limitadas, una de ellas será la disciplina dominante y otra será el respaldo únicamente para determinar un posible alcance y poder visualizar la posible complejidad del Proyecto. La selección disciplinas dependerá del tipo de Proyecto que será ejecutado (YONG, 2014)

Una vez aprobado el proyecto y confirmado el financiamiento, la **Empresa** solicita a la **Compañía de Tecnología** o bien a una **Compañía de Ingeniería** la realización de una **Ingeniería Básica** para determinar con más precisión los equipos y la infraestructura requerida para la construcción de la planta.

Dependiendo de la capacidad de capital humano de la Empresa, esta podría también encargarse de generar todo el paquete de planos y especificaciones a detalle de los equipos y/o materiales.

La **Ingeniería Básica** consiste en el desarrollo, a partir de la información de la **Tecnología**, de los documentos fundamentales del proceso de producción en los cuales se establecen ya las cantidades requeridas de materia prima, capacidad de producción, la secuencia detallada del proceso de producción, así como el o los sistemas de monitoreo y control del proceso, tipos y capacidades de equipos requeridos del proceso, el arreglo o layout de la planta, la logística básica de la ubicación de áreas de almacenamiento y manejo de materias primas, producción, almacenamiento y manejo de producto terminado, áreas de servicios o insumos requeridos como: suministro eléctrico, agua potable, sistema de disposición o tratamiento de desechos, agua de enfriamiento, vapor y condensado, aire comprimido entre otros.

A lo largo de esta etapa, la disciplina de Proceso, será la encargada de dar pie a la selección de materiales principales para cada una de las áreas y dependiendo el producto que se manejará a lo largo de cada línea de tubería o equipo.

Cada disciplina técnica será responsable de generar diagramas, planos, cálculos preliminares de cada uno de los sistemas y en base esto, definir las cantidades iniciales de materiales y equipos, así como su ubicación “teórica dentro de la Planta”

Una vez desarrollados los documentos de **Ingeniería Básica**, la compañía que la haya desarrollado, genera un paquete de ingeniería básica en el cual está incluida la descripción y capacidad de la planta así como especificaciones de Materias Primas y Producto(s) Terminados, diagramas de proceso, especificaciones de equipo y del control del proceso, el arreglo o “Layout” de la planta y una descripción del proceso.

1.3.1 Permisos de Construcción y disponibilidad de infraestructura.

Paralelamente al desarrollo de la **Ingeniería Básica**, se realizan los trámites y trabajos para obtener el permiso de construcción de las autoridades locales y federales de acuerdo a la reglamentación del sitio en el que se planea construir la planta. Normalmente es necesario obtener y realizar los siguientes estudios y/o permisos:

- Estudios de Impacto ambiental.
- Permisos municipales y estatales de construcción.
- Confirmación de disponibilidad de infraestructura y servicios requeridos durante la operación de la planta con las compañías de Servicios de la localidad, como agua potable, drenaje, disposición de desechos, energía eléctrica en las cantidades/volúmenes y características necesarias.
- Confirmación de vías de comunicación requeridas para tránsito de materias primas y productos terminados, como carreteras, puertos, vías de ferrocarril, etc.

Es muy importante asegurarse de que se obtendrán y tendrán estos permisos e infraestructura para la operación de la planta. En caso contrario un presupuesto adicional podría ser requerido para implementar la infraestructura necesaria o bien, decidir por la ubicación de la planta en otra localidad.

En algunos casos y dependiendo del tipo de proyecto y alcance del mismo, se determina si estas actividades serán parte de la Empresa Constructora o estarán dentro de los alcances del Cliente.

Si el alcance de las actividades es parte de los trámites que debe ejecutar el Cliente, la Empresa Constructora deberá asegurar el cumplimiento y obtención de dichos permisos ya que será parte fundamental para el inicio de obras principalmente, trabajos y/o subcontratos civiles. Si el alcance para los trámites de los permisos de construcción entran dentro del paquete del EPC, entonces la Empresa Constructora deberá analizar todos los riesgos y dar paso a estudios previos (terreno, área disponible, accesos al sitio, situación social y ambiental) para generar las directrices y alternativas a fin de no impactar de gran medida a comunidades establecidas y no afectar vías y/o terrenos federales, los cuales quedarán fuera de opción para modificación o construcción.

A la par, se pueden transferir estos permisos a alguna Subcontratista con la finalidad de que la Empresa que ejecute los trabajos de construcción, sea responsable también de tener considerados estos puntos. La Empresa Constructora deberá únicamente dejar claro el alcance de actividades, diseño y rutas de acceso.

Los responsables del deterioro de la vía pública, determinados por la autoridad competente, están obligados a efectuar las reparaciones correspondientes para restaurar o mejorar el estado original de la vía pública, o a pagar su importe cuando la Administración las realice.

Corresponde a la Administración el manejo, aplicación y cumplimiento de los requisitos que se mencionan en el Reglamento, incorporando los aspectos de accesibilidad a las construcciones para los discapacitados, además, se incluye la Ley de salvaguarda del patrimonio urbanístico arquitectónico y las normas de ordenación de los programas generales y delegacionales, como condicionantes en el proyecto. El punto acerca de llevar un registro de las manifestaciones de construcción que debiera estar abierto en archivos electrónicos para poder realizar investigación y estudios.

Se deberá definir la vía pública, aunque el espacio común en muchas ocasiones se encuentre invadido, incluso por viviendas o en cauces de ríos, etc. Quizá la definición es limitativa y habría que establecer las condiciones y variantes de la vía pública, por ejemplo peatonal, de servicio, para instalaciones, reservas o residuos urbanos, sitios bajo los puentes y otras que acaban por ser tierra de nadie. (Simón, 2005)

1.4 Ingeniería Básica extendida (IBE o en inglés FEED) y estimado de inversión Nivel 2.

Con objeto de determinar con mayor precisión el estimado de inversión total de la planta, en base al paquete de **Ingeniería Básica**, la **Compañía de Ingeniería** desarrolla los documentos y especificaciones fundamentales de ingeniería de todas las disciplinas que se involucraran para la realización de la planta. Estas especialidades de ingeniería son:

1. Proceso (Ing. Química, Mecánica o Industrial dependiendo el tipo de planta).Instrumentación y Control.
2. Mecánico–Arreglo de Equipos.
3. Mecánico–Especificación y/o Diseño de Equipos
4. Mecánico-Tuberías.
5. Eléctrico.
6. Civil- Estructural.
7. Arquitectura.
8. Aire acondicionado y manejo de polvos.
9. HSE. Salud, Medio Ambiente y Seguridad.

En esta fase de **IBE o FEED (Front End Engineering Design)**, todas estas especialidades desarrollan el concepto fundamental de su disciplina con objeto de determinar especificaciones principales y cantidades estimadas de actividades y materiales para la instalación y construcción de la Planta, con objeto de obtener un costeo o precio más aproximado de los sistemas, instalaciones, áreas, edificios, etc. requeridos por su especialidad para la realización de la planta con el proceso y tecnología establecida.

Complementa la ingeniería al punto de estimar un costo y se puede comenzar con una programación de ejecución con razonable certeza. (YONG, 2014)

Se elaboran documentos que permitan estimar el monto de la inversión del Proyecto y a su vez, se elaboran las Especificaciones Técnicas para proceder con la Licitación o Concurso. Algunos de los documentos generados durante esta etapa son los siguientes: Arreglos Generales, Especificaciones de componentes principales o críticos, diagramas de flujo de procesos, P&ID (Piping and Instrumentation Diagrams), memorias de cálculo, etc.

1.5 Desarrollo del proyecto ejecutivo para la construcción de la planta industrial.

Una vez obtenido el paquete de **Ingeniería Básica Extendida (IBE)** con un nivel de detalle que permite tener una certeza del monto total de la inversión, la **Empresa** confirma y contrata el financiamiento, el cual una vez aceptado y confirmado, los fondos para la ejecución del proyecto están disponibles en base a un programa de disposición de efectivo.

En esta base, la **Empresa** “licita” o “saca a concurso” la construcción del proyecto. Lo cual consiste en cotizar con diferentes **Compañías Constructoras** la realización de la planta. El contrato se otorgará a aquella compañía que ofrezca principalmente las mejores condiciones en cuanto a tiempo de ejecución, garantías de calidad y precio.

En algunos proyectos la realización o ejecución del proyecto se concursa, contrata y desarrolla con una o varias **Compañías Constructoras**, asignando cada una de las fases de ejecución a diferentes compañías.

El desarrollo de la **Ingeniería de Detalle** o Proyecto Ejecutivo (que es la elaboración a detalle de todos los cálculos, planos, especificaciones, y documentos de todas las especialidades involucradas) se cotiza y asigna entre compañías especializadas de ingeniería para plantas industriales en general (manufactura, alimentos, farmacéuticas, químicas, petroquímicas, manejo de materiales, etc.).

La Fase de Procura (adquisición y suministro de equipos materiales, subcontratos de instalación especializados, etc.) se puede realizar por la misma **Empresa** si esta tiene un área de ingeniería y suministros (Procura) con capacidad y conocimiento para desarrollar estos trabajos; o bien se otorga a alguna compañía constructora o especializada para estos fines.

La Fase de Construcción se concursa y se asigna en base a la **Ingeniería de Detalle** desarrollada la cual incluye planos, especificaciones, descripciones del proceso y su control, normas y estándares a detalle de todas y de cada una de las especialidades de ingeniería involucradas en la realización del proyecto, con este paquete de ingeniería de detalle, la **Empresa** concursa con diferentes **Compañías Constructoras** la construcción de la planta y normalmente se otorga a aquella compañía que demuestra mayor capacidad, experiencia y prueba de realización de proyectos semejantes en el pasado cercano. Además de que la **Compañía Constructora** ganadora ofrece obviamente el mejor precio, tiempo y procedimientos de calidad para asegurar la realización.

La compañía constructora ofrece una fianza para asegurar el buen uso o manejo del anticipo que proporciona la compañía productora o cliente. De hacer un mal uso del anticipo, la compañía productora puede solicitar al banco la aplicación de la fianza, reembolsando el dinero invertido y a su vez, cobrándolo a la compañía constructora mediante embargos.

La fianza se tramita con una compañía afianzadora la cual solicita propiedades y bienes del afianzado a quien le emite la fianza

Cartas de crédito bancarias (stand by letter of credit): es un tipo de cheque abierto, ya que si se hace mal uso del anticipo, la compañía productora o cliente puede hacer el reclamo del mismo.

Es emitida por bancos, los cuales tienen una relación comercial con la compañía constructora mediante cuentas, inversiones o financiamientos.

- Customdutes: impuestos y derechos de importación/exportación
- Liabilityfordelays: responsabilidad por retrasos

1.6 Puesta en marcha e inicio de la producción industrial.

Una vez terminada la construcción y montaje de la planta, se realizan las pruebas de todos y cada uno de los sistemas instalados incluyendo los equipos, tuberías, instrumentos, sistemas de control y eléctricos, de emergencia, de seguridad que los conforma de forma independiente e integrada, ajustándose y corrigiéndose los sistemas necesarios para cada equipo, a esto se le llama Comisionamiento.

Una vez terminado el Comisionamiento, los especialistas de la **Compañía de Tecnología** o los ingenieros especialistas en el proceso de producción hacen funcionar toda la planta de uno a tres días de pruebas continuas para asegurar y en su caso, corregir los detalles necesarios para el funcionamiento de toda la planta según lo planeado y lo especificado en cuanto a calidad del producto terminado, el volumen de producción e insumos y materiales de desecho. Cualquier desviación de lo originalmente especificado, debe ser corregida o ajustada, lo que muchas veces implica la modificación e incluso el cambio de algunos equipos, instrumentos o sistemas que pudieron haber sido instalados fuera de especificación o de la capacidad requerida.

Una vez que los ajustes se han realizado, la compañía constructora hace entrega para el inicio de la producción formal a la **Compañía Productora**, con lo cual se termina la construcción de la planta de producción.

En este estudio, se presenta la descripción de las fases de construcción involucradas para una planta de producción industrial, las cuales como antes se mencionó, son la ingeniería de detalle, la procura, la construcción y la puesta en marcha, describiendo los conceptos y actividades que se consideran. Esto tomando en cuenta que antes de desarrollar cualquier actividad, uno de los pasos fundamentales para la ejecución de proyectos es la planeación, la cual solo puede darse en forma adecuada si se entienden los conceptos

principales que se involucran en cada una de las fases de la construcción, los cuales se describirán en el desarrollo de esta tesis.

1.7 El alcance del proyecto.

La decisión de una **Empresa** de realizar la construcción de una planta industrial para la elaboración de un determinado producto, se da una vez que se han confirmado los aspectos del financiamiento, la tecnología, capacidad de producción y el paquete de **Ingeniería Básica Extendida**, así como el presupuesto establecido para la construcción. En base a esta información, la **Empresa** decide la realización de la planta que asignará a una compañía constructora. Sin embargo, todos los trabajos a realizar para la construcción deben ser claramente desglosados y definidos con objeto de que todos los aspectos necesarios como equipos, sistemas, edificios, infraestructura, servicios e insumos para la construcción sean considerados.

Definir el alcance es el proceso que consiste en desarrollar una descripción detallada del proyecto y producto. Es decir, el alcance es la definición y desglose de todas las actividades a realizar para la construcción de una planta en las diferentes etapas que se requieren para la construcción, las cuales son:

- Desarrollo de la **Ingeniería de Detalle (ID)** en todas las especialidades y disciplinas de ingeniería.
- La **Procura** o suministro de equipos y subcontratos especializados.
- La **Construcción de la obra civil y estructural**.
- El **Montaje u Obra Electromecánica** de equipos, sistemas, instrumentación, control y energía.
- **El Comisionamiento**
- **Arranque de la planta**

En el alcance se incluye la descripción de las actividades involucradas en cada una de estas fases, relacionando estas con la información técnica resultado de la **Ingeniería Básica (IB)** o **Básica Extendida (IBE)**. Es decir, las actividades en cada fase de la construcción se desglosan para ser desarrolladas en función de las características y capacidades de instalaciones, equipos y edificaciones requeridas de acuerdo a lo especificado o requerido como resultado del paquete de ingeniería básica o básica extendida.

El alcance normalmente se elabora por el grupo de proyectos o especialistas de la **Empresa** asesorados por la **Compañía de Tecnología**. Normalmente se forma un equipo de trabajo el cual define el alcance a desarrollar para cada etapa de la construcción y quienes preparan, lo que se llama un **Paquete de Concurso de Obra** o un **Paquete de Cotización (licitación)** el cual contiene:

- Lineamientos generales para presentar la cotización de la construcción o fase por las **Compañías Constructoras** que se invitaran para cotizar la realización de la construcción completa o fase.
- Paquete de ingeniería básica o básica extendida con todos los documentos y especificaciones para realizar la planta de producción.
- Aspectos legales, de seguros y garantías que se deben proporcionar.
- Permisos ambientales y de construcción.
- Aspectos comerciales y de contratación de los servicios.
- Tiempos de ejecución, inicio y termino de la obra.
- Formato del desglose de precios requeridos por equipos, instalaciones o actividades (precios unitarios).
- Consideración o lineamientos bien detallados para ingreso a las instalaciones.

1.8 El contrato para la ejecución del proyecto.

El contrato es el documento legal que formaliza el acuerdo para la realización de la planta de producción entre la compañía productora (propietario) y la compañía constructora (constructor). En este documento se establecen legalmente los compromisos para realizar los trabajos entre ambas partes así como los montos a pagar y la forma de pago entre otros. Los aspectos que se consideran en un contrato normalmente son los siguientes:

- Scope of supplies and services/ Alcance de proveedores y servicios
- Price policy/ Políticas de precio
- Terms of payment, bank guarantees, financing/ Términos de pago, garantías bancarias, financiamiento
- Taxes, customs duties/Impuestos, derechos de aduana
- Liability for delays/ Responsabilidad por retrasos
- Engineering liability/ Responsabilidades por ingeniería
- Material warranty/ Garantía de materiales
- Process guarantee/ Garantía de procesos
- Rights of third parties/ Derechos de terceras partes
- Insurance/ Seguros
- Force Majeure and suspension/ Fuerza mayor y suspensión
- Termination, rescission, rejection/ Terminación, rescisión, rechazo
- Limitation of liability/ Limitación de responsabilidades
- Court of arbitration, applicable law/ Mediador
- Project execution/ Ejecución del proyecto
- Miscellaneous/ Varios

No es posible detallar en ese manual, un ejemplo de Contrato, ya que fungiría únicamente como una referencia debido a que cambia dependiendo del alcance y las condiciones que ambas partes (propietario y contratista) puedan definir y que sean requeridas y/o acordadas.

Una parte fundamental del contrato es la inclusión en uno de sus anexos, el alcance de los trabajos a desarrollar, en el cual se desglosan las actividades, equipos, diseños, construcciones, instalaciones, sistemas, etc. Que deben ser suministrados para la construcción de la planta o el contratista.

En la planeación de la construcción e instalación de la planta de producción, los aspectos clave indicados en el contrato, son fundamentales para establecer la planeación, pues se definen las fechas oficiales de inicio y termino del contrato, las condiciones y características de las instalaciones o infraestructura a construir e instalar, fechas compromiso por ambas partes como entrega de información, permisos de construcción, ambientales, de capacidad de servicios disponibles en la zona de instalación de la planta y su suministro por las entidades o dependencias de gobierno, por ejemplo, energía eléctrica, agua potable, drenaje de tipo industrial, pluvial y sanitario, interconexión para suministro de materia prima y producto terminado por medio de ferrocarril, entre otras.

Es decir, se establecen las fechas oficiales de compromiso y referencia para realizar toda la planeación de la ejecución del proyecto.

El contrato en todo momento regirá el camino que tomará el Proyecto así como la toma de decisiones para el mismo.

Por otra parte, dicho Contrato puede tener variaciones o desviaciones detectadas durante la ejecución del Proyecto, por lo que dichos cambios siempre deberán ser notificados al Propietario o cliente mediante un documento llamado "Boleta de Cambio". En estos documentos, se debe plasmar cualquier modificación, ya sea en cuanto a ingeniería, tiempos, horas hombre, etc.

CAPITULO 2. LA FASE DE INGNIERÍA Y ESPECIALIDADES INVOLUCRADAS

CAPITULO 2. LA FASE DE INGENIERÍA Y ESPECIALIDADES INVOLUCRADAS.

En el desarrollo de una planta de producción se involucran e interrelacionan conocimientos, aplicaciones y diseños de muchas de las especialidades de la ingeniería.

La interdisciplinariedad no es simplemente el enfoque fundamental de los ingenieros, sino la clave del cambio en la misión y el estatus para cada una de las actividades a desarrollar.

Como se indica en el Capítulo 1, normalmente en la construcción de una planta de producción industrial las especialidades que intervienen son las que siguientes, y de las cuales se hace la siguiente descripción:



IMAGEN 3: Planta Química

Proceso. Ingeniería Química, Mecánica o industrial.

Consiste en el desarrollo, concepción y diseño, así como la innovación y aplicación de los procesos y sus productos, sin dejar de lado el desarrollo económico, construcción, operación y control de plantas químicas para dichos procesos.

Tiene por objetivo final la transformación de materias primas en productos útiles mediante la aplicación de procesos físicos y químicos con ganancias económicas.

Propiamente en la disciplina de Proceso, se enfatiza el análisis de los procesos químicos considerados como un conjunto de elementos u operaciones. El conocimiento de las materias primas para la obtención de diversos productos dentro de este sector, resulta esencial para el desarrollo del Proyecto.

Es la especialidad que determina el proceso por el cual se desarrolla la producción, determinando el balance entre la cantidad y especificación de las materias primas para obtener el producto en las cantidades y especificaciones requeridas.

Esta disciplina determina la filosofía de operación, el control conceptual de la planta, desarrolla la documentación necesaria para representar en diagramas el flujo del proceso, las cantidades de materias primas intermedias y resultantes, las capacidades de las áreas o tanques de almacenamiento, equipos del proceso (reactores, áreas de mezclado, áreas de ensamblado, áreas de embotellado, áreas de llenado, áreas de empaque, etc.) y las capacidades de las áreas o tanques de almacenamiento del producto terminado. Asimismo, desarrolla las especificaciones de los equipos del proceso en base a las características de los materiales o sustancias a manejar.

Cualquier modificación de ingeniería durante esta fase, afecta directamente a las demás disciplinas, ya que, se puede traducir en cambios de relevancia en etapas críticas del Proyecto. La definición de productos a manejar, o de procesos, altera materiales de construcción como lo pueden ser equipos críticos, arreglos al diseño de la Planta, material de tuberías, conexiones, instrumentación requerida, etc., afectando también la compra y entrega de estos en tiempo y forma, lo cual retrasa los tiempos del Programa de trabajo determinado durante las juntas de inicio del Proyecto.

A continuación una imagen no limitativa que representa de manera global la función o trabajos de la Especialidad de Proceso. La documentación principal y puntual que genera esta especialidad se indicará en los capítulos posteriores.

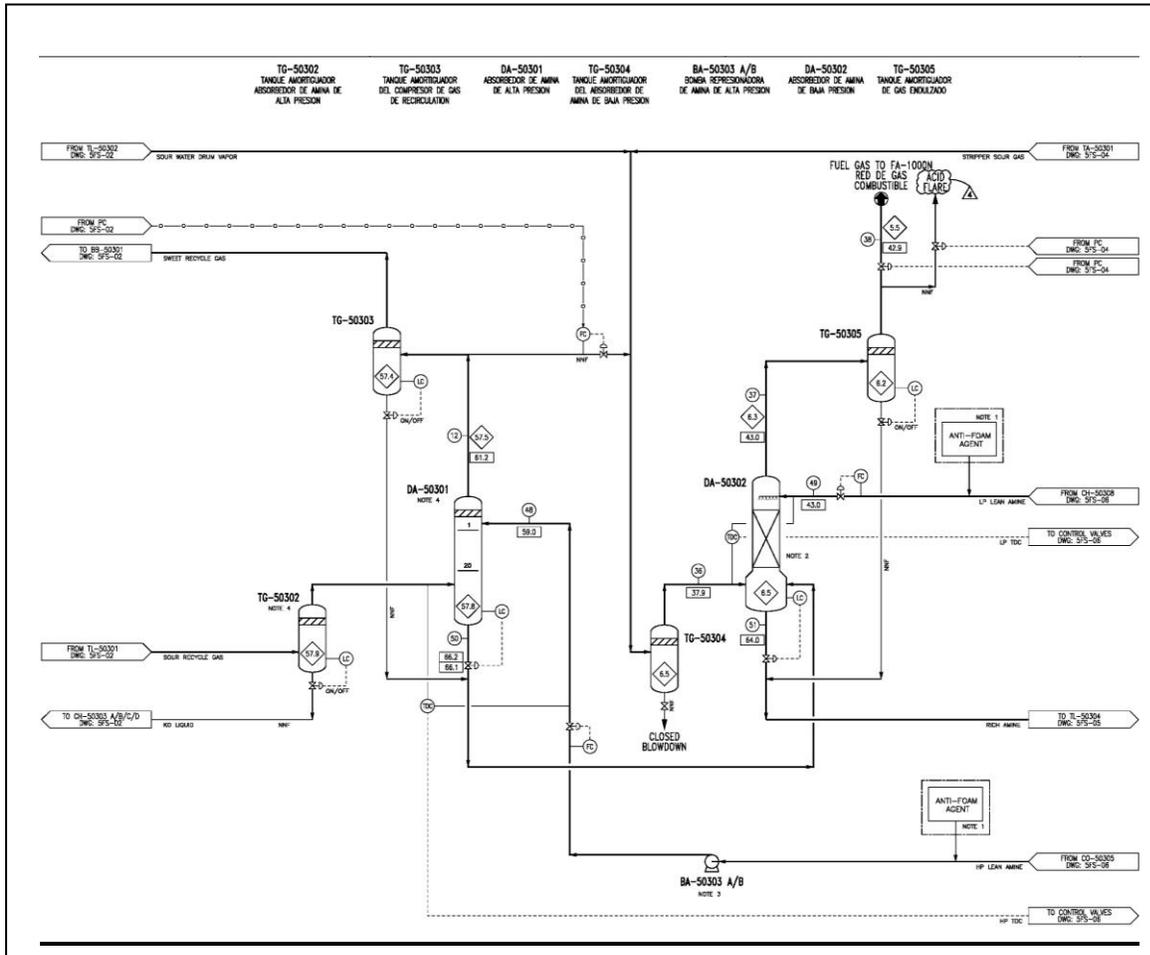


IMAGEN 4: Diagrama de flujo del Proceso

Ingeniería de Instrumentación y Control (Electrónica, Eléctrica y de Control).

“El control de procesos trata de mantener, mediante un sistema automático, las principales variables de un proceso en valores próximos a los deseados a pesar de las posibles perturbaciones” (PRADA)

Esta especialidad desarrolla la ingeniería necesaria para la instrumentación, control y operación de la planta de acuerdo con la filosofía y el proceso de producción. Esta especialidad determina el tipo de instrumentación (manual, automática, semiautomática) de la planta, especificando instrumentos, válvulas de control y sistemas automatizados para el manejo de equipos, sistemas y partes de la planta o la operación completa de esta (sistemas de control distribuido DSC), PLC (CONTROL LOCAL DE EQUIPOS O PROCESOS).

Durante esta fase, la especialidad o disciplina de Instrumentación y Control se encarga de definir todos los instrumentos que deberá llevar cada equipo principal o cada línea de tubería según sea el caso.

Se va muy de la mano con la disciplina eléctrica ya que en algunas ocasiones, los ingenieros eléctricos son los encargados de realizar estas actividades además de que tienen un conocimiento o un panorama más completo para la conexión de los instrumentos, añadiendo los mismos a los paquetes de material eléctrico que se especifica para ser cotizado, negociado y adquirido.

Algunos de los equipos o instrumentos principales son: indicadores, transmisores, registradores, convertidores, controladores, manómetros, actuadores, válvulas de control, válvulas de seguridad, señalización para detección de fugas y/o fallas; todos conectados por líneas de transmisión que pueden ser neumáticas, eléctricas o digitales.

Además de la selección de equipos (dependiendo del proceso), son responsables de definir el material para la construcción del instrumento y como se mencionó anteriormente, si el proceso no está bien definido, podrá generar problemas serios al realizar la selección de materiales, ya que por lo regular en la industria química los fluidos son muy agresivos o corrosivos, llevando a que el material seleccionado sea de aleaciones especiales y lleven un largo tiempo de entrega, tal vez mayor al estimado inicialmente.



IMAGEN 5: Cuarto de Control y Sistema de Control Distribuido

Ingeniería Mecánica de Arreglos de Equipo.

Como parte inicial de este punto, es importante definir a la Ingeniería Mecánica como la rama del conocimiento y profesión que se ocupa de idear, diseñar, analizar, fabricar, construir y mantener maquinaria, instalaciones y plantas industriales o parte de ellas. (AVILÉS).

Esta disciplina está relacionada con los equipos o maquinaria y todo lo que las rodea en la industria, como lo son estructuras, construcciones e instalaciones industriales.

Una vez que el proceso está determinado en los diagramas (DTIs) diagramas de tubería e instrumentación (PI&D PROCESS AND INSTRUMENTATION DIAGRAMS). Los ingenieros mecánicos especialistas en arreglo de equipo, desarrollan la ubicación física de todos los equipos especificados en los diagramas de proceso, ubicando áreas y espacios requeridos para operación y mantenimiento, desarrollando el arreglo de equipos, siguiendo el proceso y reglas básicas de seguridad. Los planos de arreglo de equipo, son dibujos que muestran en planta y elevación de todos los equipos del proceso especificados en los DTIs.

Dicho de otra manera, la ingeniería mecánica consiste en idear los componentes, conjuntos, máquinas o estructuras en base a las especificaciones técnicas requeridas utilizando criterios basados en la experiencia propia y de la empresa.

La herramienta de trabajo más común pero de igual manera no limitativa, es un programa de diseño auxiliado por computador, CAD (Computer Aided Design). (AVILÉS).

Considerando actividades directamente en obra, los temas de fabricación se encuentran muy ligadas al diseño mecánico. Desde la fase de diseño, se debe considerar que cada proceso de fabricación impone restricciones que pueden ser de diversos tipos, limitando la libertad de forma, precisión, tolerancia entre otras.

De igual manera, esta disciplina puede tener actividades adicionales como procesos de montaje de equipos y/o estructura. Esta tarea puede ir acompañada de otras complementarias como la ejecución de la cimentación, estructuras de apoyo de máquinas e instalaciones y construcciones complementarias (tuberías, conducciones eléctricas, estructuras de acceso y soporte, etc.), que habrán sido previamente diseñadas y analizadas junto con el resto de la máquina. Este trabajo tiene unas características especiales debido a que requiere de la utilización de maquinaria pesada como grúas, camiones, excavadoras, etc.

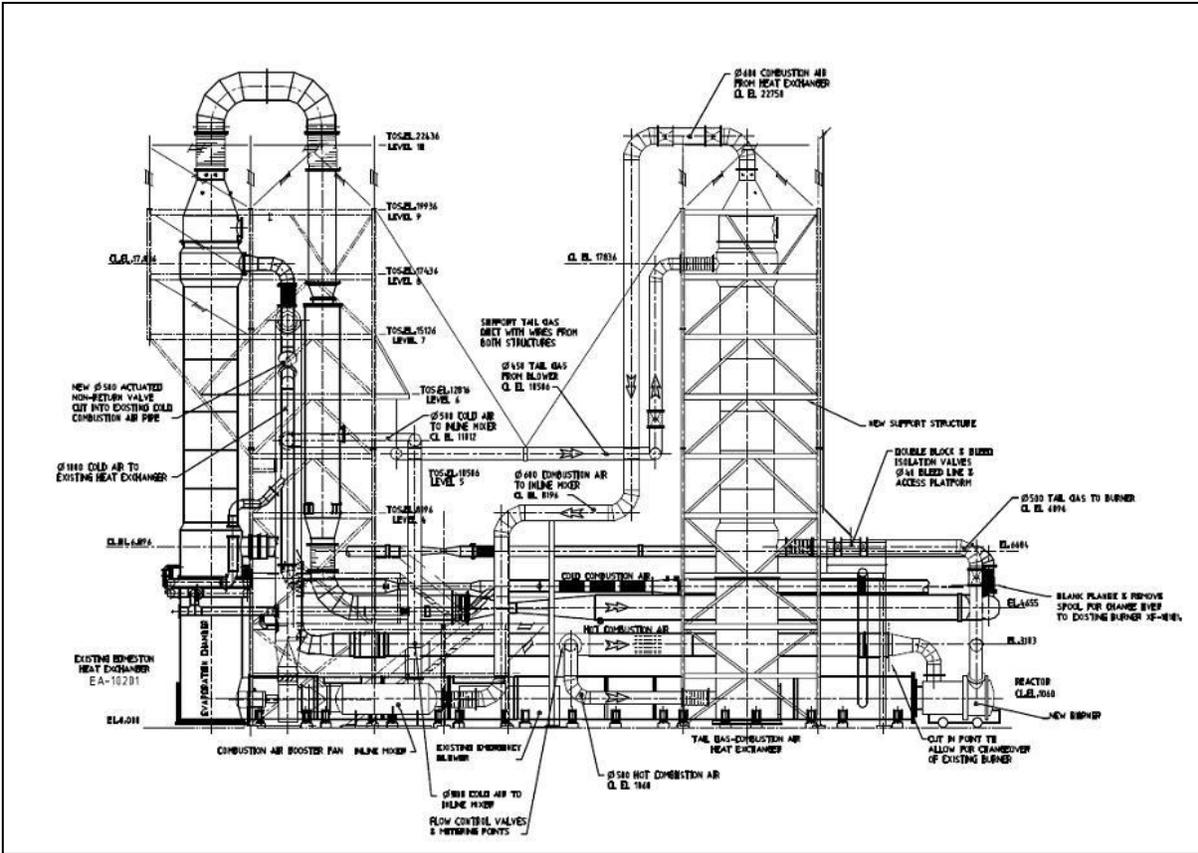


IMAGEN 6: Elevación de Planta

Ingeniería Mecánica, Especificación y/o Diseño de Equipos.

En base las especificaciones de PROCESO en cuanto a capacidad, condiciones de operación y materiales o sustancia a manejar para los equipos requeridos, la especialidad mecánica los especifica y/o diseña a detalle para su adquisición como equipos de línea, o bien para su fabricación en talleres especializados. Los equipos pueden ser especiales de fabricación de línea y para el proceso de producción por fabricantes especializados (como extrusores, moldeadores, armadoras, embotelladoras, hornos, mezcladoras, transportadores, etc.). Dinámicos o rotatorios (como bombas, turbinas, turbogeneradores, compresores, etc) y Estáticos (como tanques de proceso, de almacenamiento, de reacción, torres de destilación, intercambiadores de calor, etc.)

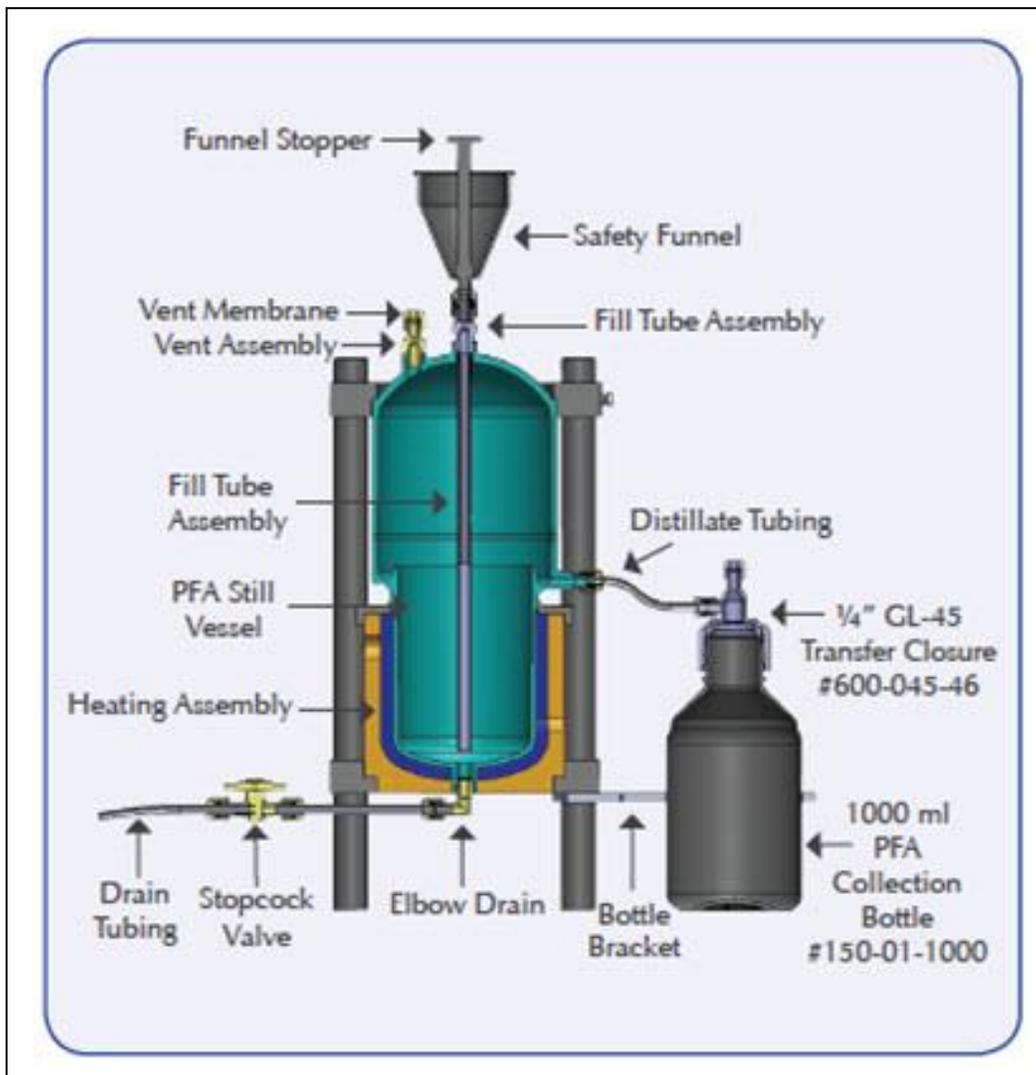


IMAGEN 7: Diseño de equipos.

Ingeniería Mecánica, Especialidad de Tuberías. Una vez que los diagramas de proceso, DTI's y los arreglos de equipo han sido definidos, se desarrolla la interconexión entre los diferentes equipos mediante tuberías, a las cuales se indican las válvulas manuales establecidas en los diagramas, así como la instrumentación ubicada tanto en los equipos como en las diferentes líneas de tubería que los interconecta.

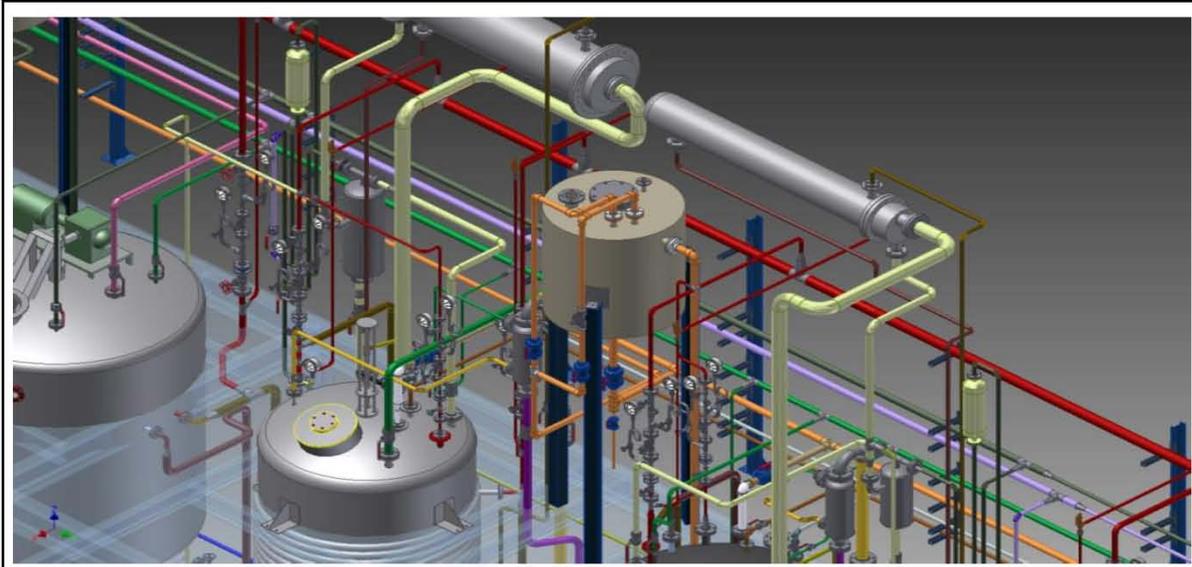


IMAGEN 8 (Superior): Diseño de Arreglo de Tuberías.

IMAGEN 9 (Inferior): Arreglo físico de sistema de Tuberías.

Ingeniería Eléctrica.

En esta especialidad se diseñan las subestaciones y cuartos eléctricos para la recepción, transformación y distribución de toda la corriente eléctrica requerida para la operación de la planta, alumbrado y energía de los sistemas de instrumentación y control. La recepción de la energía eléctrica se puede dar a partir de suministros en alta tensión 23mva o 115kva haciéndose como parte del alcance la transformación por medio de subestaciones eléctricas a voltajes para uso dentro de las instalaciones a 440V, 220 Y 110, lo que implica subestaciones eléctricas de transformación de la energía eléctrica de 23 a 115, de 115 a 23 kva y de 23kva a voltajes de distribución dentro de la planta para operación de diferentes motores y capacidades a 440, 220, 210 que son los voltajes normales de operación de equipos, motores e instrumentación dentro de la planta. En esta especialidad se hace la distribución por medio del cableado a todos y cada uno de los puntos en los cuales se localice un consumidor eléctrico. Normalmente todo el cableado se canaliza por medio de charolas eléctricas o tubería conduit desde los cuartos eléctricos de distribución y control eléctrico hasta la ubicación física en toda la planta. Así mismo se hace el alumbrado interior y exterior en todas las áreas de la planta.



IMAGEN 10 (Superior): Subestación Eléctrica

IMAGEN 11 (Inferior): Equipos Eléctricos (cuchillas, transformador)

Ingeniería Civil-Estructural.

En esta especialidad se desarrollan las cimentaciones, bases, estructuras y edificios de concreto reforzado, de estructura de acero/metálica o mixtos para soportar o albergar los diferentes equipos o áreas de materia prima, proceso de producción, producto terminado y material o producto de deshecho. Esta especialidad diseña los edificios o estructuras, soportes que son requeridos de acuerdo a los arreglos de equipo.

De igual manera esta especialidad es una de las que generalmente inicia con las primeras actividades a ejecutar para el Proyecto, generando habilitando de caminos, levantamiento de muro perimetral, y preparando el terreno donde se colocarán equipos o estructura.



IMAGEN 12: Obra civil en Planta

Arquitectura.

En esta especialidad se especifica y realiza el diseño y construcción de los edificios de oficinas, cuartos de control, baños-vestidores, comedor y área generales de apoyo a las áreas de producción, incluyendo los acabados arquitectónicos en general para pisos, muros, plafones, fachadas, pinturas, accesorios, recubrimiento antiácidos y acabados en general; así como las instalaciones hidráulicas y sanitarias enterradas y visibles requeridas.

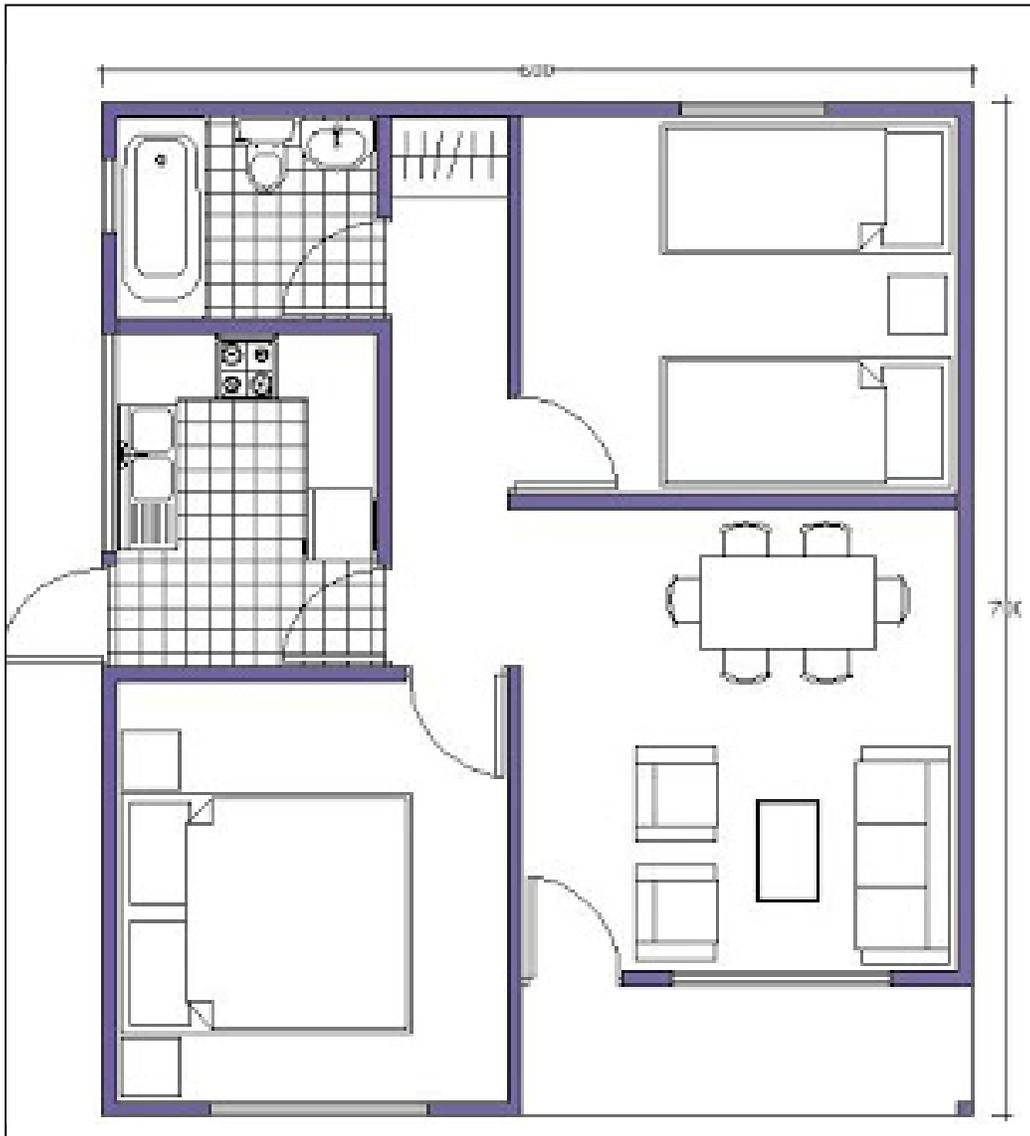


IMAGEN 13: Plano arquitectónico

HVAC: Heating, Ventilation and Air Conditioning y Manejo de Polvos. En esta especialidad se realiza el diseño para acondicionar las diferentes áreas de producción, almacenamiento, laboratorios, oficinas para mantener las condiciones de temperatura y humedad necesarias para la preservación del producto que se producirá, sus materias primas, proceso y productos terminados o bien para el confort del personal de operación debido a las condiciones climáticas del sitio en que se ubique la planta, pues se pueden tener temperaturas muy extremas que pueden ocasionar la descomposición de las materias y/o productos; o bien, que sean inaceptables para el confort de operación del personal que ahí trabaja.

Los sistemas para el control de humedad y temperatura pueden ser solamente por medio de inyección o extracción de aire, o bien, de control de temperatura para lo cual se diseñan equipos (manejadoras de aire UMA) para controlar la temperatura y humedad a condiciones de confort humano o requeridas durante el almacenamiento y/o producción.



IMAGEN 14: Sistema de Aire Acondicionado

HSE: Sistema de Seguridad y Alarma Contra Incendio.

En esta especialidad se hace el diseño de los sistemas para poder controlaren caso de un incidente y de forma inmediata el control de un incendio en las áreas de mayor riesgo con objeto de evitar o limitar durante la operación normal de la planta la pérdida total o bien, limitar el incendio o contingencia a una zona o punto específico dentro del proceso de producción.

Dependiendo del tipo de producción que se tenga, materias primas y productos terminados, los sistemas de mitigación de incendios pueden ser de diferentes tipos a base de espuma, gases inertes (para desplazamiento de oxígeno con objeto de eliminar el fuego) o simplemente agua. El sistema contra incendio debe incluir un sistema de alarmas así como todo el sistema de tuberías y/o equipos para la conflagración del incendio donde sea detectado.



IMAGEN 15: Tuberías para Sistema Contra Incendio

Para el desarrollo de la construcción e instalación de una planta industrial, la primera fase ejecutiva es la ingeniería.

En esta fase se desarrollara toda la documentación técnica necesaria para la realización de la planta que se requiere para todas y cada una de las especialidades de ingeniería que se involucran y se mencionaron en el capítulo anterior.

En esta fase de ingeniería, digámoslo así, se realiza la planta en “papel”. Esto quiere decir que toda la ingeniería o conocimiento especializado en cada área necesario para la construcción e instalación de la planta se especificara y desarrollara en papel antes de su realización física, o bien, es la base fundamental en la cual se realiza la planta. En sí, no se puede realizar una planta sin el desarrollo previo a detalle de todos y cada uno de los aspectos que se necesitan para la construcción e instalación.

En este capítulo mencionaremos los documentos que cada especialidad de ingeniería debe realizar y/o revisar durante esta fase y los cuales llevan una secuencia entre sí por especialidad y entre las diferentes especialidades. Es decir, hay documentos que preceden o anteceden a otros para su realización. Así mismo, los documentos que una disciplina revisa, pueden depender o requerir información de documentos de otra disciplina. A esta interrelación de información se le conoce como Actividades Antecedentes o Consecuentes necesarias en el desarrollo de todos y cada uno de los documentos de ingeniería.

Los documentos fundamentales que se elaboran por cada disciplina son los siguientes:

2.1 Especialidad de PROCESO:

- a. Bases y criterios de diseño o Especificaciones de ingeniería
- b. Descripción del proceso.
- c. Memorias de Calculo. Cálculos de Ingeniería de la Especialidad
- d. Balance de materia y energía.
- e. Diagramas de flujo DFP.
- f. Diagramas de tubería e instrumentación y control DTI.
- g. Lista de equipos.
- h. Lista de instrumentos.
- i. Lista de motores.
- j. Filosofía de control.
- k. Planos de instalación de seguridad
- l. Manual de Operaciones
- m. Hoja de datos y especificación de equipos de proceso (equipos dinámicos o rotatorios y estáticos).

Material Safety Data Sheet

Material Name: [REDACTED]

Molybdenum trioxide
Ontario: 5 mg/m³ TWAEV (as Mo)

Engineering Controls

Ventilation should effectively remove and prevent buildup of any dust generated from the handling of this product.

PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT

Personal Protective Equipment: Eyes/Face

Wear safety glasses with side shields.

Personal Protective Equipment: Skin

Use impervious gloves. Work clothing sufficient to prevent all skin contact should be worn, such as coveralls and long sleeves.

Personal Protective Equipment: Respiratory

If ventilation is not sufficient to effectively prevent buildup of dust, appropriate NIOSH approved respiratory protection must be provided.

Personal Protective Equipment: General

Use good industrial hygiene practices in handling this material. Eye wash fountain and emergency showers are recommended.

*** Section 9 - Physical & Chemical Properties ***

Appearance:	Green blue spheres	Odor:	None
Physical State:	Solid	pH:	Not Determined
Vapor Pressure:	Not Applicable	Vapor Density:	Not Applicable
Boiling Point:	Not Applicable	Melting Point:	Not Applicable
Solubility (H₂O):	Insoluble	Flash Point:	Not Available
Flash Point Method:	Not Available	Flamm Class:	Not Available
Auto Ignition:	Not Available	LFL:	Not Available
UFL:	Not Available	Specific Gravity:	50-55 lb/ft ³ (Bulk Density)
Particle Size:	0.125 inches		

*** Section 10 - Chemical Stability & Reactivity Information ***

Chemical Stability

Stable under normal conditions.

Conditions to Avoid

Avoid dispersion of dust in air.

Incompatibility

Strong oxidizers, organic materials and metals. This product may react with mineral acids.

Hazardous Decomposition

Irritating and/or toxic fumes and gases may be emitted upon the product's decomposition. Molybdenum trioxide sublimates above 1200°F. Contact with mineral acids may release flammable hydrogen gas.

Possibility of Hazardous Reactions

Will not occur.

*** Section 11 - Toxicological Information ***

Acute Dose Effects

A: General Product Information

No information available for the product.

Aluminum: Excessive inhalation of aluminum dust may cause pulmonary fibrosis, and has been associated with neurological disorders. Ingestion is reported to cause elevated blood levels of aluminum, and is reported to cause behavioral changes in experimental animals.

IMAGEN 16: Típico de Hoja de Datos.

2.2 Especialidad de INSTRUMENTACION y CONTROL:

- a. Bases y criterios de diseño.
- b. Complementación de DTIS con información de instrumentación y control.
- c. Memorias de Calculo. Cálculos de Ingeniería de la Especialidad
- d. Hojas de datos de instrumentos.
- e. Especificación de instrumentos.
- f. Especificación de control distribuido o PLC.
- g. Diagramas de lazos y control.
- h. Filosofía o descripción del control de la planta y/o los diferentes sistemas de producción (filosofía de instrumentación y control).
- i. Lista de equipos y materiales requeridos para la construcción.

ORDINAL	DESIGNADOR	COMPONENTE	FUNCIÓN	ESTADO NORMAL	TIPO DE CONTROL
1	FCV-110	VÁLVULA NEUMÁTICA	ADMISIÓN DE AIRE DE PRESURIZACIÓN A TK-101	ATO	REGULATORIO
2	FCV-115	VÁLVULA NEUMÁTICA	ADMISIÓN DE AIRE DE PRESURIZACIÓN A TK-102	ATO	REGULATORIO
3	FCV-153	VÁLVULA NEUMÁTICA	ADMISIÓN DE VAPOR A CHAQUETA DE MA-100	ATO	REGULATORIO
4	FCV-172	VALVULA NEUMÁTICA	BY-PASS DE VACÍO	ATO	REGULATORIO
5	LAH-170	ALARMA DE NIVEL ALTO	DETECCIÓN DE NIVEL EN MA-100		DISCRETO
6	LAH-190	ALARMA DE NIVEL ALTO	DETECCIÓN DE NIVEL EN TK-101		DISCRETO
7	LAH-194	ALARMA DE NIVEL ALTO	DETECCIÓN DE NIVEL EN TK-102		DISCRETO
8	LAL-175	ALARMA DE NIVEL BAJO	DETECCIÓN DE NIVEL EN MA-100		DISCRETO
9	LAL-192	ALARMA DE NIVEL BAJO	DETECCIÓN DE NIVEL EN TK-101		DISCRETO
10	LAL-196	ALARMA DE NIVEL BAJO	DETECCIÓN DE NIVEL EN TK-102		DISCRETO
11	LIT-165	TRANSMISOR DE NIVEL	MEDICIÓN DE NIVEL EN MA-100		DISCRETO
12	PIC-155	CONTROL DE PRESIÓN	CONTROL DE PRESIÓN EN TK-101	DIRECTA	REGULATORIO
13	PIC-160	CONTROL DE PRESIÓN	CONTROL DE PRESIÓN EN TK-102	DIRECTA	REGULATORIO
14	PIC-163	CONTROL DE PRESIÓN	CONTROL DE VACÍO EN MA-100	INDIRECTA	REGULATORIO
15	PIT-199	TRANSMISOR DE PRESIÓN	ACTIVA VÁLVULA SV-172	NC	DISCRETO
16	SG1	STRAIN GAGE	MEDICIÓN DE MASA EN TK-100		
17	SG2	STRAIN GAGE	MEDICIÓN DE MASA EN TK-102		
18	SV-120	VALVULA SOLENOIDE	DESCARGA DE TK-101 HACIA MA-100	NC	DISCRETO
19	SV-122	VALVULA SOLENOIDE	ADMISIÓN AIRE A PIC-155	NC	DISCRETO
20	SV-123	VALVULA SOLENOIDE	ADMISIÓN PULPA A TK-100	NC	DISCRETO
21	SV-124	VALVULA SOLENOIDE	ADMISIÓN AIRE A PIC-160	NC	DISCRETO
22	SV-125	VALVULA SOLENOIDE	CARGA DE AZÚCAR A TK-102	NC	DISCRETO
23	SV-129	VALVULA SOLENOIDE	DESVÍO DE PULPA RESIDUAL A TANQUE DE TRASIEGO	NC	DISCRETO
24	SV-130	VALVULA SOLENOIDE	DESCARGA DE TK-102	NC	DISCRETO
25	SV-135	VÁLVULA SOLENOIDE	BLOQUEO DE VAPOR A CHAQUETA DE MA-100	NO	DISCRETO
26	SV-150	VÁLVULA SOLENOIDE	DESCARGA DE PRODUCTO DESDE MA-100	NC	DISCRETO
28	SV-172	VALVULA SOLENOIDE	DESCARGA DE CONDENSADO DE TK-103	NC	DISCRETO
29	SV-174	VALVULA SOLENOIDE	ROMPE VACÍO EN MA-100	NC	DISCRETO
30	SV-196	VALVULA SOLENOIDE	ALIVIA PRESIÓN EN TK-101	NC	DISCRETO
31	SV-199	VALVULA SOLENOIDE	ALIVIA PRESIÓN EN TK-102	NC	DISCRETO
32	TIC-165	CONTROL DE TEMPERATURA	CONTROL DE TEMPERATURA EN MA-100	DIRECTA	REGULATORIO

IMAGEN 17: Típico de Lista de Materiales.

2.3 Especialidad de ARREGLO DE EQUIPOS:

- a. Bases y criterios de diseño o Especificaciones técnicas
- b. Arreglo general de la planta.
- c. Revisión y chequeo de PIDs
- d. Arreglos de equipos de equipos. Modelado en 3D. Plantas y elevaciones, área de proceso o producción.
- e. Arreglo de equipo en planta y elevación de almacenamientos de materia prima. Modelado en 3D
- f. Arreglo de equipos y/o áreas en planta y elevación de producto terminado. Modelado en 3D
- g. Arreglo de equipos de distribución de racks, infraestructura de toda la planta. Modelado en 3D
- h. Lista de equipos y materiales requeridos para la instalación.

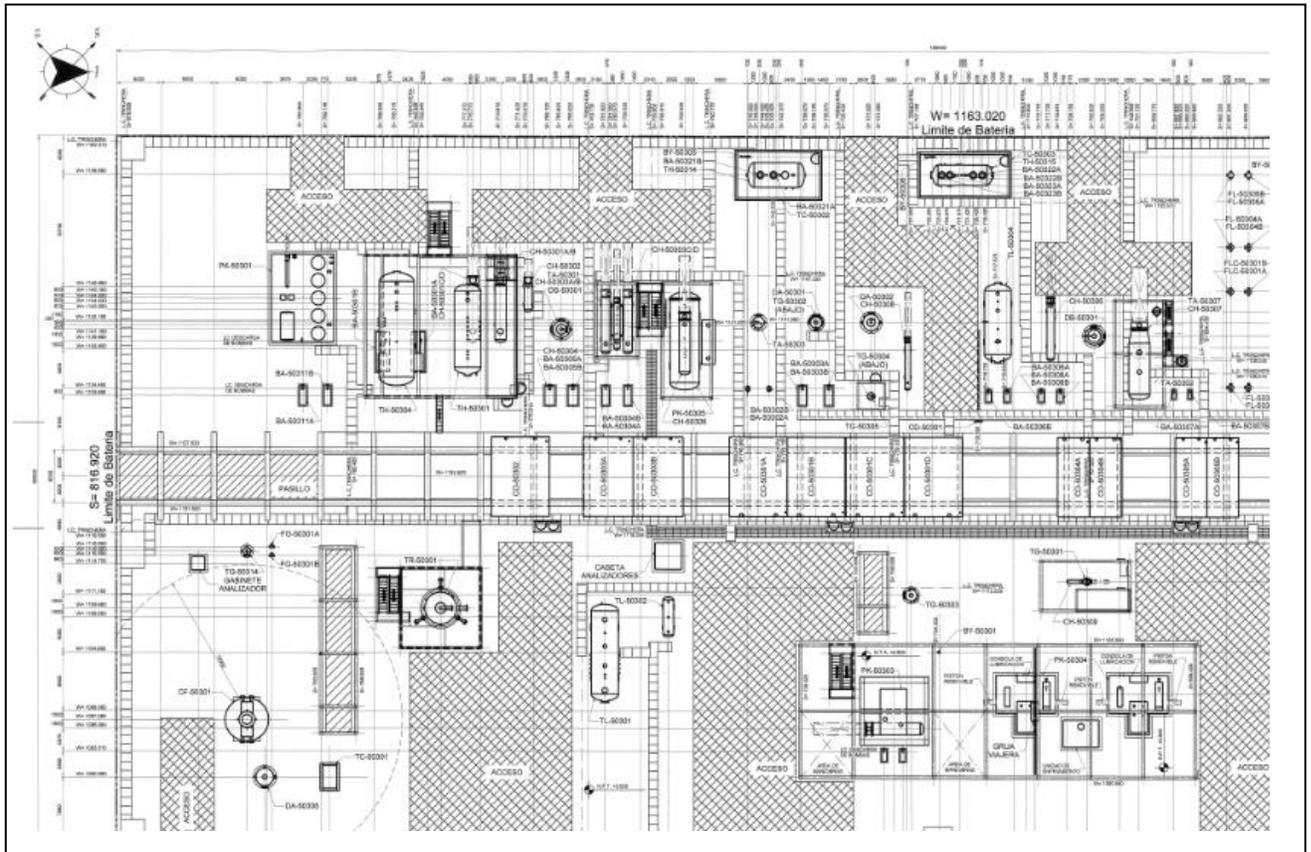


IMAGEN 18: Típico de Arreglo General de la planta.

2.4 Especialidad MECANICO/ EQUIPOS:

- Bases y criterios de diseño
- Especificación mecánica de equipos
- Memorias de Calculo. Cálculos de Ingeniería de la Especialidad
- Planos de detalle de equipos estáticos

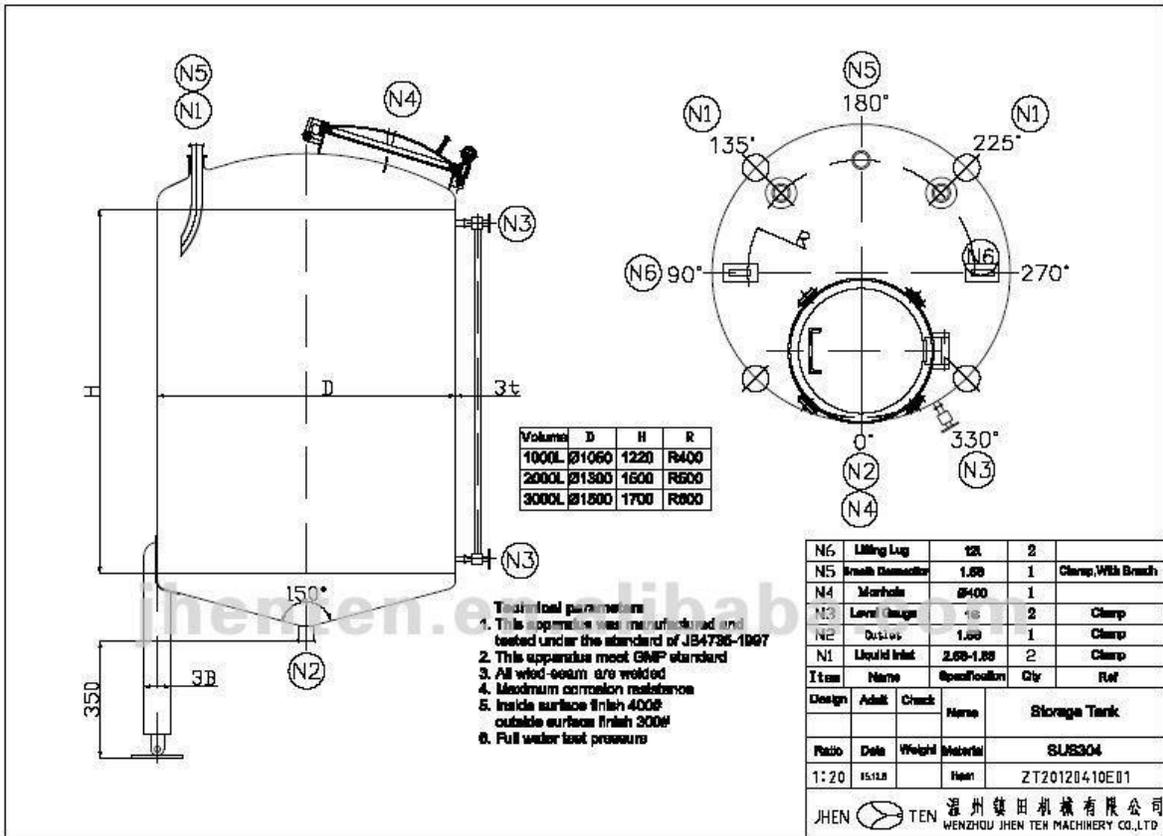


IMAGEN 19: Plano típico de Diseño de un tanque.

2.5 Especialidad de TUBERIAS:

- a. Bases y criterios de diseño.
- b. Arreglo general de distribución de tuberías en la planta. Modelado en 3D
- c. Arreglo de tuberías planta y elevación por áreas. Modelado en 3D
- d. Isométricos.
- e. Especificaciones de tuberías y accesorios.
- f. Cálculos de análisis de flexibilidad de tuberías.
- g. Soportes típicos y especiales para tuberías.
- h. Lista de materiales requeridos para la construcción.

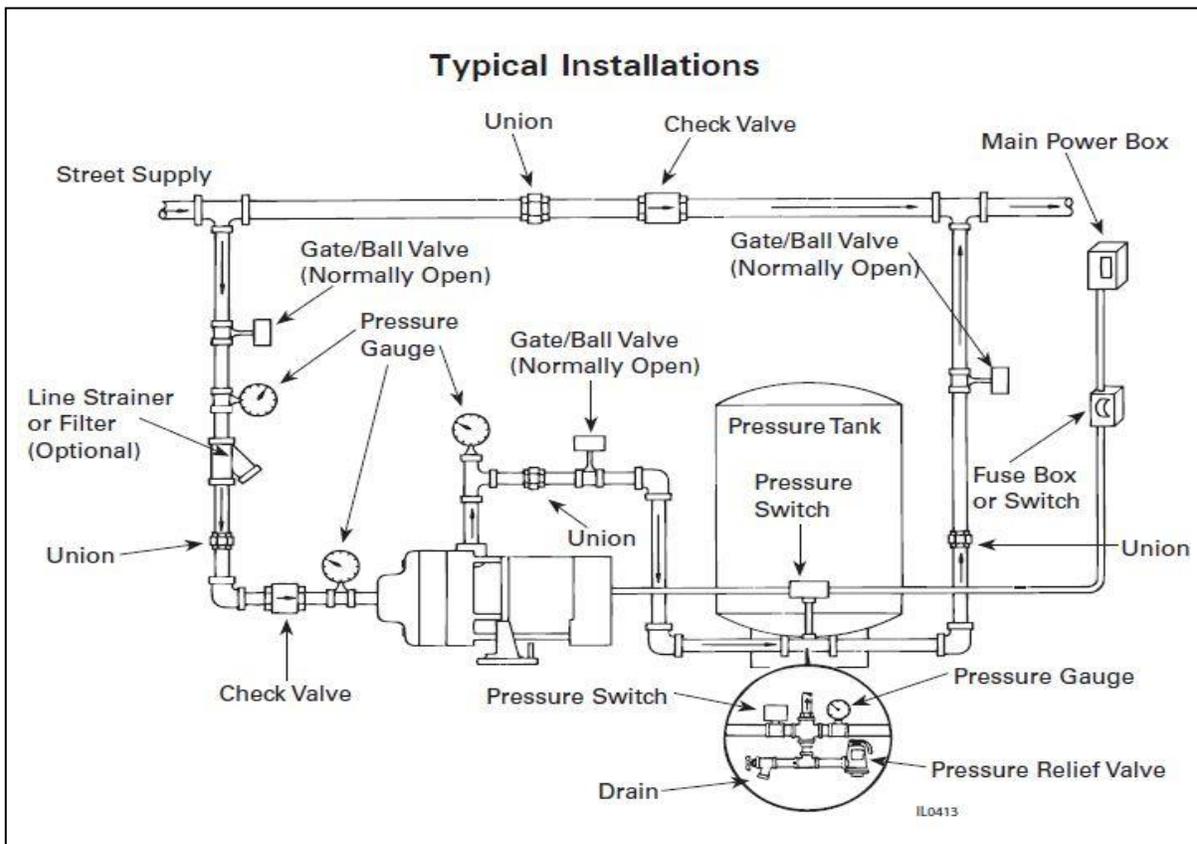


IMAGEN 20: Típico de Arreglo general de distribución de tuberías.

2.6 Especialidad ELECTRICA:

- a. Bases y criterios de diseño.
- b. Diagrama unifilar de la planta.
- c. Diagramas unifilares secundarios y de distribución.
- d. Memorias de Calculo. Cálculos de Ingeniería de la Especialidad
- e. Tableros de control.
- f. Planos de arreglo y distribución del cableado de fuerza (energía eléctrica) a todos y cada uno de los consumidores eléctricos.
- g. Planos de alumbrado (distribución de lámparas y cableado).
- h. Planos de tierras y pararrayos.
- i. Especificaciones de equipo eléctrico (transformadores, tableros, lámparas, motores, cables, etc.).
- j. Lista de equipos y materiales requeridos para la construcción.

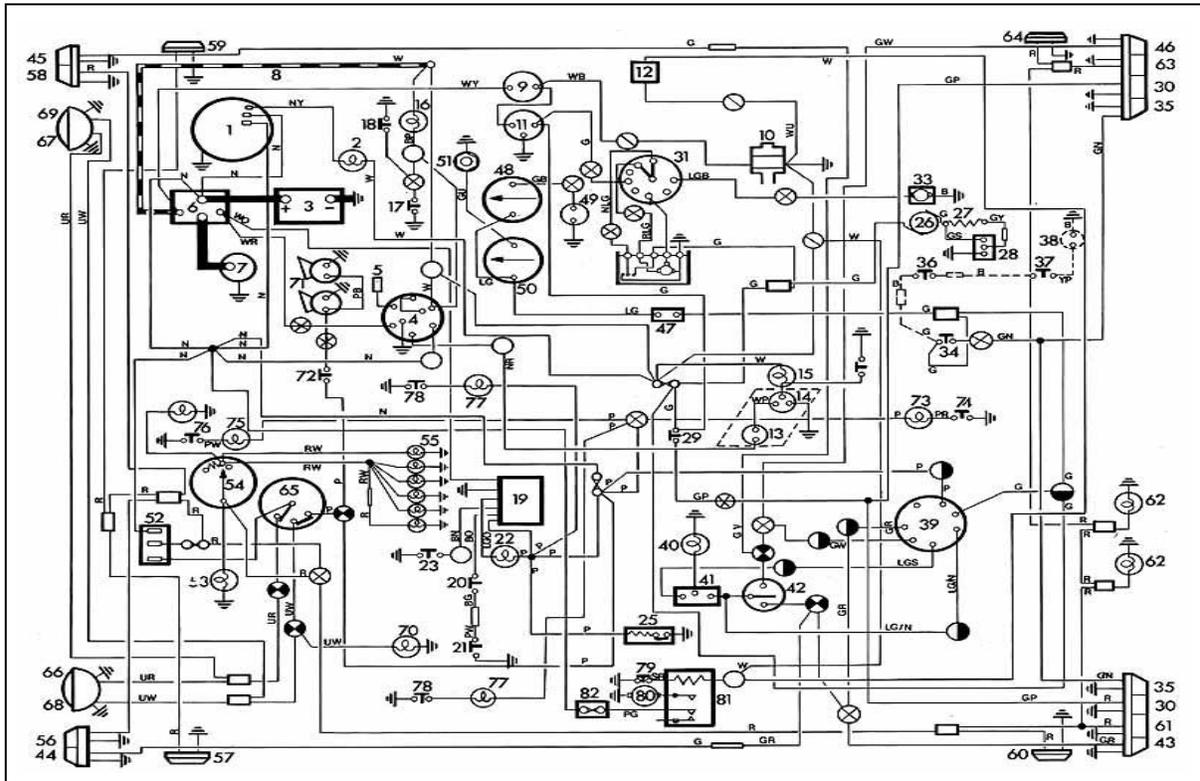


IMAGEN 21: Diagrama Unifilar.

2.7 Especialidad CIVIL- ESTURCTURAL:

- Bases y criterios de diseño.
- Planos topográficos del sitio
- Planos de terracerías
- Planos de cimentación y losas de piso.
- Planos de estructuras de concreto, plantas y elevaciones (dimensionales y de acero de refuerzo).
- Plano de estructuras metálicas (plantas y elevaciones).
- Planos de calles y banquetas.
- Planos de drenajes.
- Especificaciones de construcción.
- Lista de equipos y materiales para la construcción.

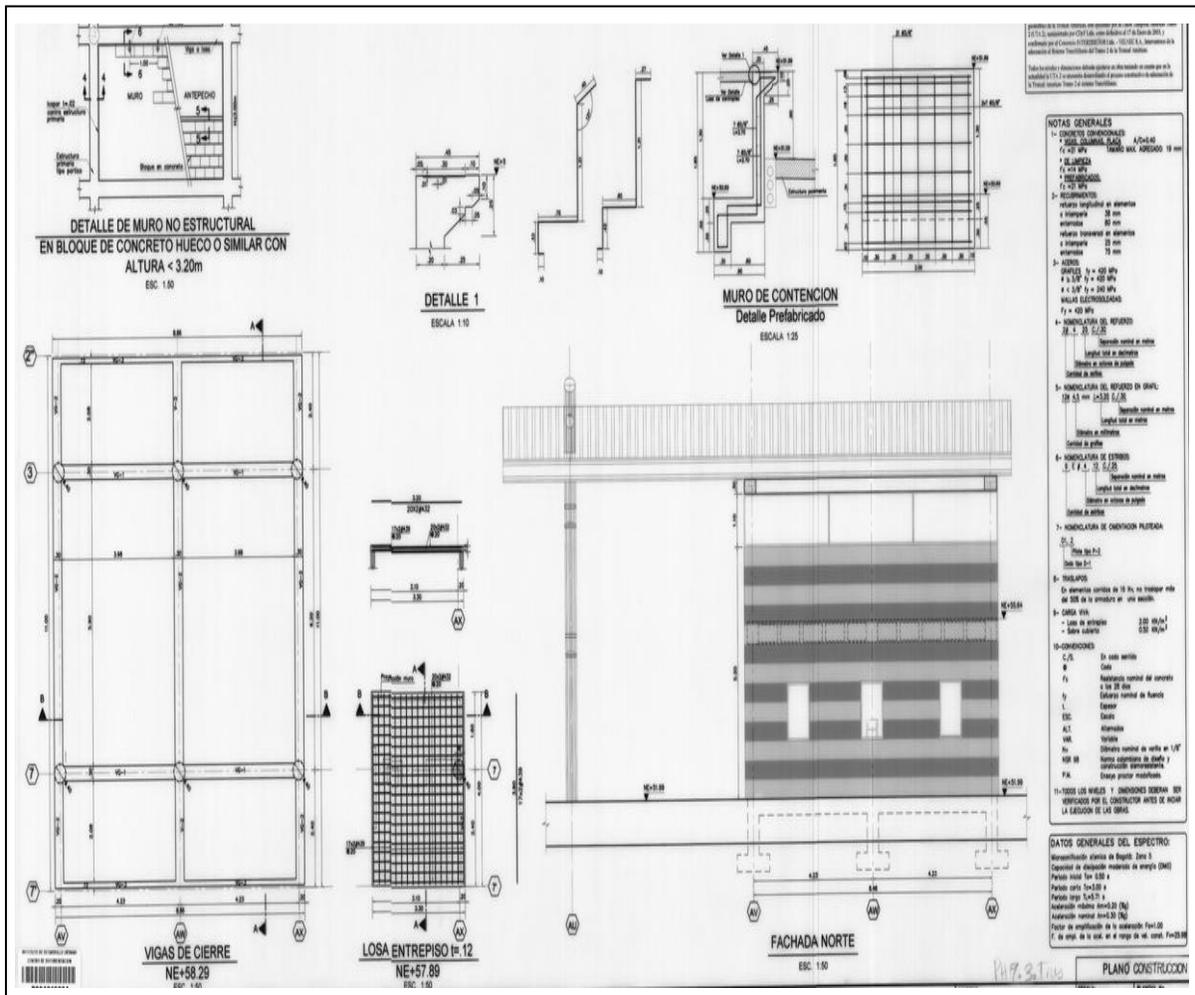


IMAGEN 22: Plano para cimentación.

2.8 Especialidad ARQUITECTURA:

- a. Bases y criterios de diseño.
- b. Planos de Arreglos de Conjunto de la planta
- c. Planos de Arreglos Arquitectónicos por edificio o área. Planta y elevaciones
- d. Planos de Plafones
- e. Planos de Puertas y Ventanas
- f. Planos de Acabados y Detalles.
- g. Planos de instalaciones Hidráulicas
- h. Planos de Instalaciones Sanitarias
- i. Especificaciones de construcción.
- j. Lista de equipos y materiales para la construcción.

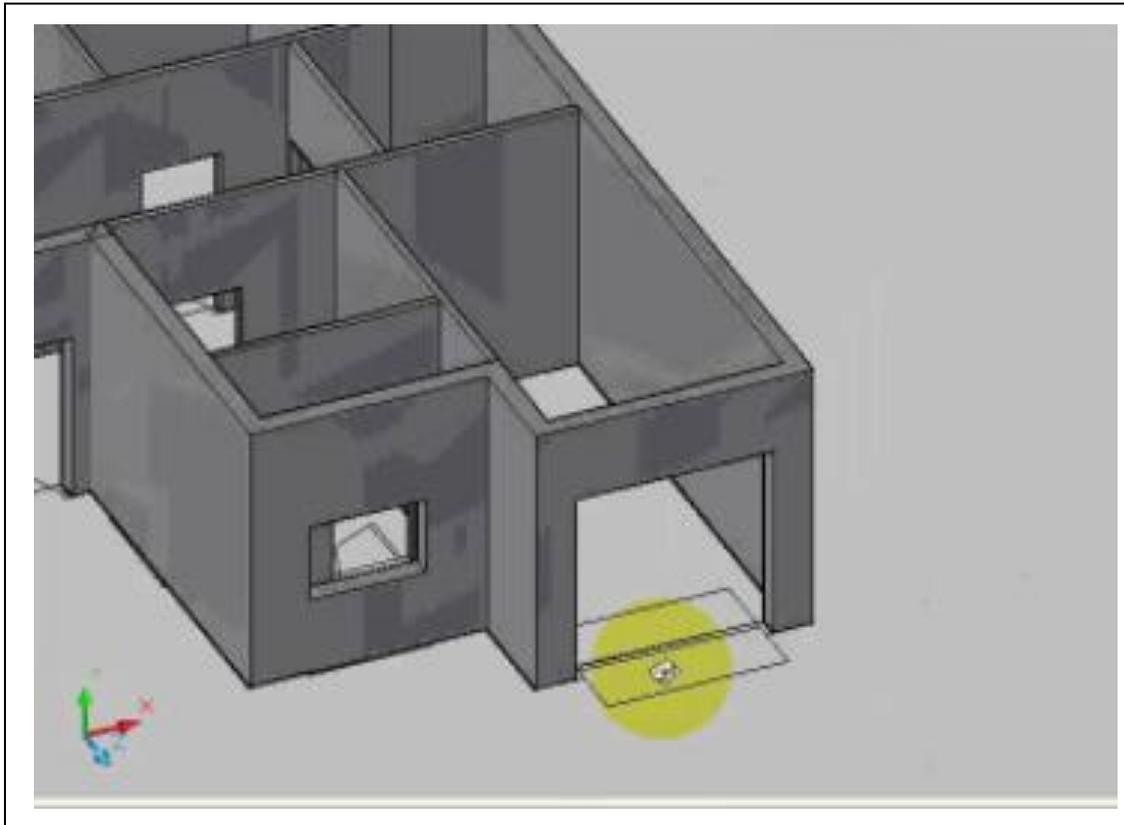


IMAGEN 23: Arreglo arquitectónico por edificio.

2.9 Especialidad HVAC y MANEJO DE POLVOS:

- a. Bases y criterios de diseño.
- b. Diagrama de flujo.
- c. Diagramas de instrumentación y control.
- d. Especificaciones de equipos.
- e. Distribución de ductos.
- f. Ubicación de rejillas de inyección y extracción.
- g. Soportería de ductos y equipos.
- h. Lista de equipos y materiales para la construcción.

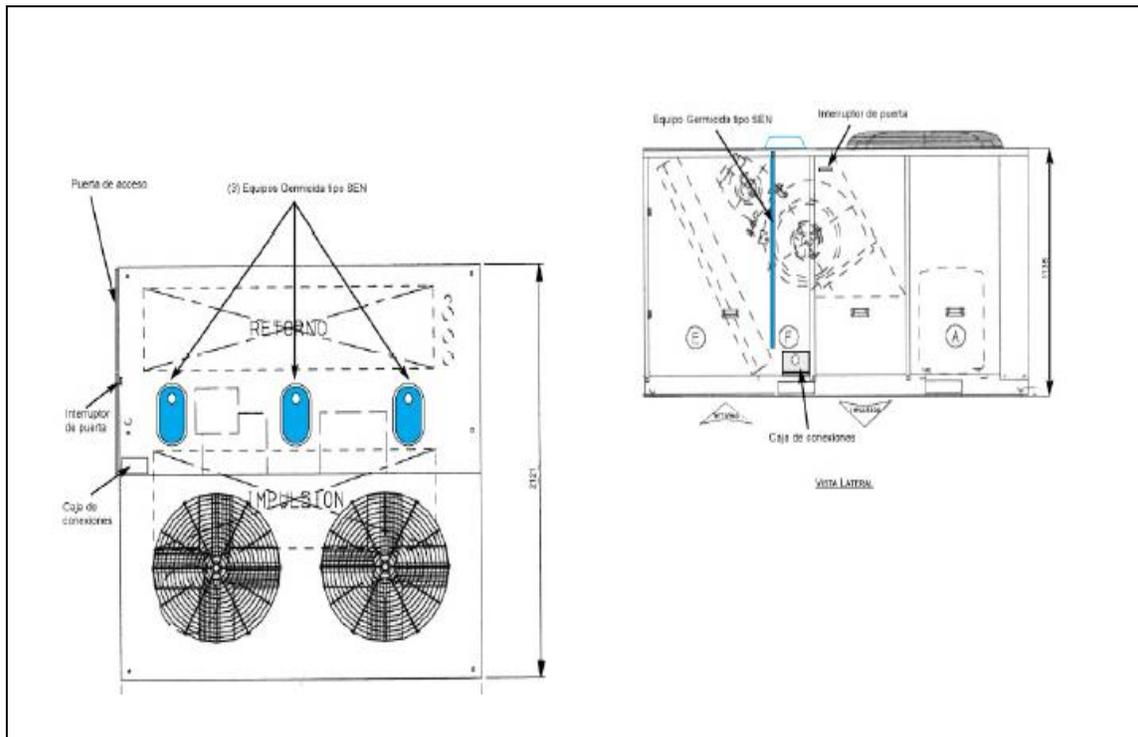


IMAGEN 24: Plano de arreglo general de equipo.

2.10 Especialidad SISTEMA CONTRA INCENDIOS:

- a. Arreglo del cuarto de bombas y equipo contra incendio.
- b. Bases y criterios de diseño.
- c. Diagrama de tubería e instrumentación.
- d. Arreglo general del anillo de tuberías contra incendio.
- e. Distribución de sprinklers (rociadores) en áreas de edificios de proceso según sea requerido.
- f. Lista de equipos y materiales para la construcción.

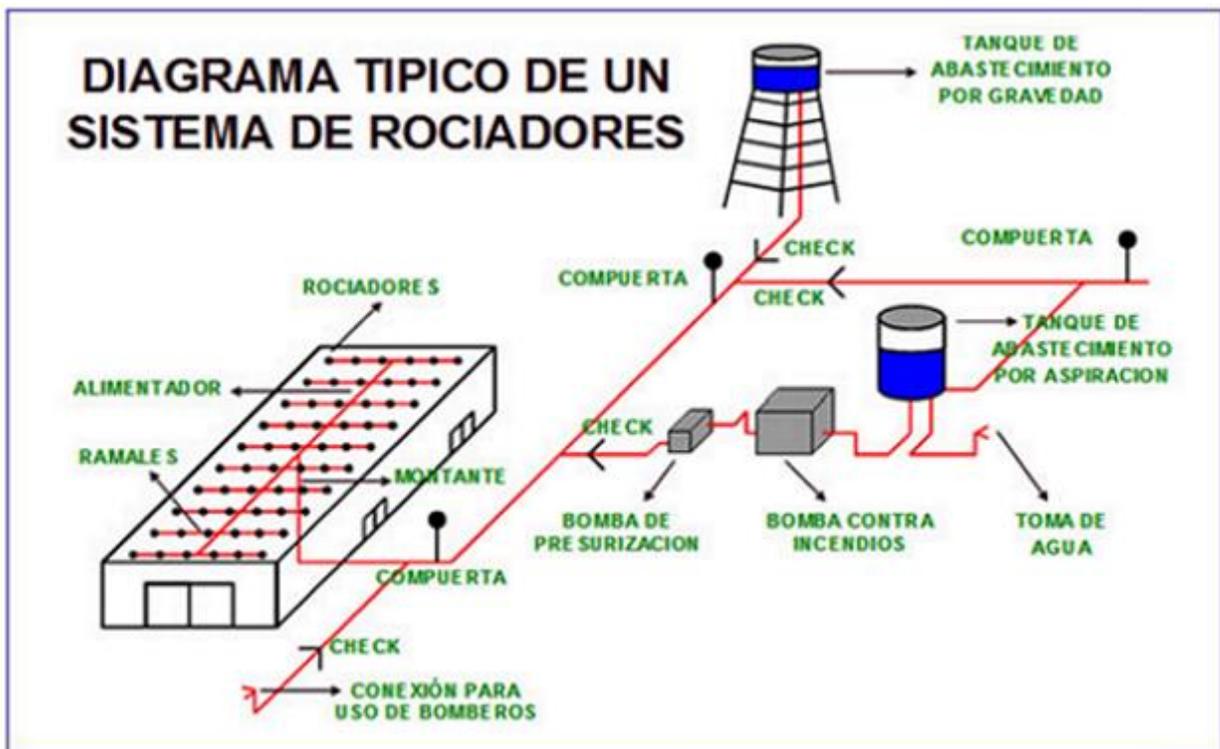


IMAGEN 25: Diagrama típico de sistema de rociadores.

CAPITULO 3. LA FASE DEL SUMINISTRO (PROCURA) DE EQUIPOS, MATERIALES Y SUBCONTRATISTAS

CAPITULO 3. LA FASE DEL SUMINISTRO (PROCURA) DE EQUIPOS, MATERIALES Y SUBCONTRATISTAS.

En esta fase se realiza la adquisición y suministro de todos y cada uno de los equipos y materiales que se requieren para la construcción de la planta. Así como la contratación de subcontratistas y/o mano de obra especializada en los diferentes trabajos a ejecutar.

De acuerdo con la ingeniería desarrollada para todas y cada una de las especialidades, las actividades involucradas en Procura son las siguientes.

- Requisición
- Compra
- Inspección
- Expeditación
- Logística

Estas actividades normalmente se desarrollan por el Departamento o Área de Compras de la **Compañía Constructora** o de la **Empresa**, según se establezca en el alcance del contrato de quien realizará la Procura. En algunos casos estas actividades se dividen entre las dos entidades.

Este Departamento es la conexión directa entre las áreas de ingeniería y las Empresas que realizaran los suministros correspondientes, ya que es el enlace para externar a las diferentes empresas o proveedores las necesidades y alcances requeridos para cada actividad previamente definida por ingeniería.

La comunicación técnica y comercial debe ser siempre por este medio.

Dependiendo del tamaño y complejidad de la planta a construir, las actividades pueden separarse como responsabilidad de grupos de ingenieros especializados en cada una de las actividades de Procura listadas.

Los grupos que desarrollan estas actividades normalmente son grupos de ingenieros interdisciplinarios con experiencia y especialización en las actividades correspondientes de Procura, y en los cuales normalmente participan Ingenieros Industriales, Mecánicos, Químicos, Eléctricos entre otros.

3.1 Requisición:

Es la solicitud por escrito formal para la adquisición de equipos, materiales y / o contratación de subcontratistas, incluyendo el alcance a contratar de acuerdo con documentación de ingeniería correspondiente (planos, especificaciones, hoja de datos, etc.) según aplique. Esta requisición normalmente es generada por la especialidad de ingeniería correspondiente como información e instrucción al área de compras para proceder con la adquisición.

Dicho documento tiene que ser validado por una primera instancia (área financiera) con la intención de revisar que el monto indicado para la compra del equipo o material está dentro del presupuesto definido al inicio del proyecto para esa área o disciplina.

3.2 Compras:

Una vez aprobada dicha solicitud, se ingresa en sistema para su gestión desde el punto de búsqueda y negociación hasta que el equipo o material se entrega en sitio.

Se deberán tomar en cuenta varios factores que afectarán la decisión para la adjudicación de cualquier pedido, sin importar que sea para suministro o servicios.

Son las actividades necesarias para adquirir y/o contratar todos los equipos, materiales y trabajos de construcción y/o montaje necesarios en base a las Requisiciones emitidas por el área técnica, para lo cual realizan las siguientes actividades:

- Búsqueda de Proveedores y/o Subcontratistas especializados de acuerdo a cada Requisición.
- Evaluación de la capacidad técnica y financiera de los potenciales Proveedores y Subcontratistas.
- Selección de Proveedores y/o Contratistas calificados. Importante conocer la capacidad del proveedor o subcontratista para evitar incurrir en fallas.
- Solicitud de cotizaciones a los Proveedores y/o Subcontratistas calificados. En la cual se indican e incluyen las especificaciones, planos y documentos, generados durante la etapa de ingeniería, así como las condiciones comerciales y tiempos de entrega para consideración por los Proveedores y/o Subcontratistas en sus cotizaciones.
- Recepción de cotizaciones.
- Elaboración de tablas comparativas técnica y comercial de las propuestas o cotizaciones recibidas de los diferentes proveedores o subcontratistas. Se tomará como precio inicial el cálculo realizado de la inversión inicial.
- Evaluación técnica y comercial de las cotizaciones recibidas.
- Selección de la oferta y/o propuesta más adecuada técnica y comercialmente.
- Negociación de términos y condiciones aceptados por ambas partes.
- Elaboración de la orden de compra (contrato con el proveedor o subcontratista seleccionado) en la cual se indican e incluyen las especificaciones, planos y documentos, generados durante la etapa de ingeniería, así como las condiciones comerciales y tiempos de entrega.
- Firma de acuerdo y aceptación por ambas partes de la Orden de Compra y/o Contrato.

Dentro de los alcances de esta Disciplina y Departamento, está la adquisición de los siguientes materiales o equipos:

- i. Compra de equipos de proceso:
 - a. Brazos de carga/descarga de producto
 - b. Agitadores
 - c. Eyectores
 - d. Bombas neumáticas, centrífugas, de vacío, etc
 - e. Intercambiadores de calor
 - f. Reactores
- ii. Compra de equipo y material eléctrico:
 - a. Transformadores
 - b. Equipos para iluminación
 - c. UPS (Unit power sistema)
 - d. Tableros de control
 - e. Cable de instrumentación y de potencia
 - f. Condulets, cajas de registro, abrazaderas
 - g. CCM (Centro de Control de Motores)
- iii. Compra de equipo y material de instrumentación:
 - a. Analizadores de PH
 - b. Analizadores de presión y temperatura
 - c. Transmisores
 - d. Válvulas de control y seguridad
 - e. Señalización de fallas o fugas
 - f. Manómetros
- iv. Compra de equipo y material para tuberías:
 - a. Tubería en diferentes diámetros, materiales y acabados
 - b. Válvulas manuales
 - c. Bridas
 - d. Conexiones (codos, tes,
 - e. Empaques
- v. Compra de equipos mecánicos estáticos:
 - a. Tanques de almacenamiento
 - b. Equipos de fabricación especial
 - c. Tanques a presión
 - d. Estructura metálica. (Principalmente para racks)
 - e. Columnas
- vi. Renta de servicios para ejecución de trabajos (subcontratos):
 - a. Trabajos para montaje de equipos
 - b. Trabajos para obra civil
 - c. Trabajos para montaje eléctrico
 - d. Trabajos para tendido de red para intercomunicación de señales
 - e. Trabajos para acabados finales

3.3 Inspección:

Una vez asignada la orden de compra y aceptada por el Proveedor o Subcontratista, el grupo de inspección de la **Compañía Constructora** durante la fabricación o elaboración, revisará con ingenieros especialistas (Inspectores) los equipos, materiales, o suministros contratados en la orden de compra para asegurar que cumplen con la documentación de ingeniería establecida, validando o indicando los ajustes que el proveedor deberá hacer antes de la liberación o entrega del equipo en el sitio de la construcción. La inspección se realiza en diferentes etapas según sea necesario hasta asegurar que el equipo final que se entregará en la obra está correcto.

Las inspecciones pueden ser únicamente visuales o se pueden realizar diversas pruebas para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos de acuerdo a las especificaciones indicadas

NDT (Pruebas No Destructivas):

Pruebas hidrostáticas

Rayos X

Ultrasonido

Radiografiado

Partículas, etc).

Inclusive se pueden realizar inspecciones durante algún proceso en específico para asegurarse que el procedimiento es el adecuado, ya sea para revisar posibles fugas en los equipos, procedimientos de soldadura, pintura, etc.

3.4 Expeditación:

Este grupo se encargará de hacer el seguimiento de que el programa de fabricación, así como las fechas compromiso de entrega de documentación y equipos o materiales sean de acuerdo a lo programado y establecido en las órdenes de compra, con objeto de que estos lleguen según lo planeado a la obra en las fechas establecidas. Este grupo hace el seguimiento de entrega de documentación técnica de fabricación (planos de taller o fabricación) que el Proveedor o Subcontratista han desarrollado de acuerdo a la ingeniería proporcionada como parte de la orden de compra. Hace seguimiento de que los comentarios a la documentación del proveedor sean entregados a tiempo así como el seguimiento a detalle de los compromisos del proveedor.

Es la comunicación o enlace entre las distintas áreas y el proveedor o subcontratista.

Una vez que se comiencen a presentar incumplimientos o atrasos en cuanto a lo establecido contractualmente en las Órdenes de Compra (ya sean fechas de entrega, calidad en los equipos, etc) deberá notificar de manera inmediatamente tanto al proveedor o subcontratista como a la parte comercial para tener en cuenta que son potencialmente penalizables.

Una vez finalizado el suministro y cualquier tipo de pendiente por parte de los proveedores o subcontratistas y con la intención de cerrar el contrato entre contratista y proveedor o subcontratista se realiza en conjunto con el área comercial los convenios de finiquito (acordados entre ambas partes, Compañía Constructora y Proveedor) para la sana relación en futuros posibles proyectos.

Posterior a la finalización de tratos con alguna empresa proveedora de servicios, materiales o equipos, Explotación como parte de Procura, deberá hacer una evaluación general del proveedor, definiendo puntos como calidad proporcionada, tiempos de respuesta, atención, etc., con la finalidad de generar un listado de Proveedores potenciales a ser considerados para futuros posibles proyectos o en su defecto, generar una "black list" donde se incluirán los proveedores que definitivamente no se deberán de contemplar en un futuro cercano por deficiencia en uno o varios de los puntos evaluados.

3.5 Logística:

La logística se refiere a la planeación, coordinación, trámite y seguimiento de la transportación (marítima, terrestre y/o aérea) de los equipos y materiales adquiridos, principalmente especiales y/o de importación internacional.

Además, es responsable de definir el empaquetado y embalaje de acuerdo al tipo de transporte que se seleccione para el envío de los bienes.

Dependiendo el tipo de la compañía, deberán de ser capaces de realizar envíos nacionales o internacionales como importaciones (para entrega de bienes en sitio) y exportaciones (para la devolución de algún equipo dañado o para la venta de algún equipo especial a otra Empresa).

Es de gran importancia tener claros los puntos de entrega de materiales o equipos desde el momento de la negociación para la compra / adquisición ya que los Incoterms pueden influir de gran manera en la planeación e inclusive en los costos del proyecto.

Generalmente se utilizan en mayor cantidad de ocasiones los siguientes incoterms.

DDP: Delivered Duty Paid (Entregado Derechos Pagados, lugar de destino convenido)

FCA: Free Carrier (Franco transportista, lugar convenido)

DAP: Delivered At Place (Entrega en lugar, de destino convenido)

EXW: En fábrica...lugar designado

CIF: Costo, Seguro y Flete...Puerto de destino convenido

Este grupo se encarga de contratar la transportación y las agencias aduanales para los trámites de importación y entrega de los bienes adquiridos hasta el sitio de la construcción de la Planta.

CAPITULO 4. LA FASE DE CONSTRUCCIÓN

CAPITULO 4. LA FASE DE CONSTRUCCIÓN

Durante esta fase se ejecuta la realización física de la planta de producción, lo que incluye la construcción de los edificios y áreas del proyecto así como la erección e instalación de todos los equipos y sistemas que conformarán la planta completa en su conjunto, de acuerdo a todas las especialidades involucradas en la **Ingeniería de Detalle** desarrollada.

En esta fase, se tienen las siguientes etapas:

- ✓ Etapa de preparación de las **Instalaciones y Oficinas Provisionales** para el grupo de personal especializado (ingenieros y técnicos) de la administración y supervisión durante la construcción y montaje.
- ✓ Etapa de **Obra o Construcción Civil y Estructural**. Desarrollo de las cimentaciones y estructuras de concreto reforzado en general, así como la construcción de estructuras y montaje de elementos de estructuras de acero/metálicos.
- ✓ Etapa de instalación o erección de equipos y sistemas, también conocido como **Obra o Montaje Electromecánico**,

El detalle de estas etapas se desglosa a continuación:

4.1 Construcción / Obra Civil y Estructural:

Esta se desglosa en las siguientes actividades generales principales.

- Preparación del Terreno
- Cimentaciones y Obra Civil
- Estructuras y Edificios en Concreto, Acero Estructural y Mixtos
- Acabados Arquitectónicos
- Instalaciones hidrosanitarias
- Calles y pavimentos
- Drenajes químicos o de proceso, sanitarios y pluviales

4.2 Montaje / Obra Electromecánica:

Las actividades de la Obra Electromecánica se realizan siguiendo **la Ingeniería de Detalle** desarrollada por las especialidades de Ingeniería Mecánico–Arreglo de Equipos, Mecánico–Arreglo. Especificación y/o Diseño de Equipos, Mecánico-Tuberías, Eléctrico, Aire acondicionado y manejo de polvos, HSE (Salud, Medio Ambiente y Seguridad).

Durante esta etapa todos los equipos, instrumentos, sistemas y materiales especiales suministrados en la fase de procura, se almacenan, manejan e instalan de acuerdo con la ingeniería desarrollada (planos de ingeniería de detalle que indican la requerida instalación) en esta, se desglosan las siguientes actividades generales primarias.

4.2.1 Montaje e Instalación de Equipo:

- Montaje e Instalación de Equipo Especial o de tecnología particular para la producción. Normalmente instalado por el proveedor/fabricante del equipo.
- Montaje e Instalación de Equipo Dinámico como son: bombas, compresores y cualquier otro equipo con motores incluidos.
- Montaje e Instalación de Equipo Estático como son: tanques de almacenamiento, reactores, columnas de destilación, intercambiadores de calor, etc.

4.2.2 Montaje de Tuberías y válvulas:

- Montaje e Instalación de Tuberías y Válvulas, de materiales especificados de acuerdo al proceso de producción pueden ser: de Acero al Carbón (CS), Acero Inoxidable (SS), aleaciones especiales, recubrimientos internos/externos, Plástico, y Fibra de vidrio.
- Las válvulas que se instalan son de diferentes tipos (globo, mariposa, compuerta, check, sample, etc.) y pueden ser manuales o automáticas y también de diferentes materiales.
- Las tuberías y válvulas pueden ser contactadas por medio de soldaduras, bridas o termo fusión (en caso de tuberías plásticas).

4.2.3 Montaje e instalación de instrumentos y sistemas de control:

- Montaje e Instalación de Instrumentos y Válvulas de control, lo que puede ser directamente en los equipos y/o tanques (como medidores de nivel, medidores de PH, sistema de arranque o paro, etc.) o bien en la tuberías.
- Instalación y cableado del Sistema de Control (Sistema de Control Distribuido SDC/DCS o Control Local Programado PLC). Interconexión de los transmisores de control de los diferentes instrumentos automatizado, entre si y con el sistema de control PLC o SCD (ó en inglés DCS).

4.2.4 Instalación Eléctrica:

- Subestación Principal. Instalación de equipos eléctricos para transformar el voltaje de distribución/alimentación de CFE (23 MVA, 115 KVA, 23 KVA) a voltajes de operación de la planta. Estos equipos pueden ser Cuchillas/interruptores de recepción, pararrayos, transformadores, tableros de distribución. de cuchillas de recepción de alimentación de alto voltaje (23 MVA; 115KVA, 23 KVA).
- Subestaciones Secundarias.
- Distribución de Fuerza.
- Alumbrado.
- Fuerza Y Pararrayos.

4.3 Sistema Contra Incendio:

- Sistema de bombeo (Bomba Diesel, Bomba Eléctrica y Jokey (para mantener la presión del sistema).
- Sistemas de diluvio (sprinklers) en edificios o áreas que lo requieran.
- Sistemas de monitoreo y control de gas, fuego y humo.
- Sistema de alarmas.

4.4 HVAC Ventilación y aire acondicionado:

- Instalación de equipo: Ventiladores/extractores de aire, unidades manejadoras de aire acondicionado, equipos de enfriamiento (chillers), etc.
- Sistema de monitoreo y control de los sistemas de aire acondicionado
- Instalación de sistemas de ductos en las áreas que requieren aire acondicionado o ventilación

Una vez que se ha terminado la instalación electromecánica de todos los sistemas que componen la planta, se le conoce o denomina como Terminación Electromecánica de la planta (MECHANICAL COMPLETION).

CAPITULO 5. LA FASE DE COMISIONAMIENTO

CAPITULO 5. LA FASE DECOMISIONAMIENTO

El **Comisionamiento** es el uso de metodologías disciplinadas, sistemáticas y operación de una planta de procesos que posteriormente la convierte en un paquete o unidad completamente integrada, operativa, eficiente y segura, donde lo ideal es la operación satisfactoria desde el arranque de la misma hasta el periodo de vida útil para el cual fue diseñado.

Para esta etapa es fundamental una serie de revisiones previas para confirmar que la planta o al menos una parte definida de ella cumple con los fines por los cuales fue diseñada y construida, enfatizando que todos los sistemas son seguros, por ejemplo, el sistema contra incendios, sistemas de detección, entre otros. (EL COMISIONADO, PUESTA EN MARCHA, LO CONOCEMOS?, 2014)

Una vez terminada la instalación de todos los equipos así como la conexión e interconexión de los diferentes sistemas que conforman la planta, se realiza lo que se llama **Comisionamiento**, el cual consiste en la verificación de la correcta instalación e interconexión de los equipos (mecánico, eléctrico, control, etc.), el correcto funcionamiento unitario de cada equipo y la verificación de un sistema en forma aislada de su funcionamiento correcto. Es decir, es la validación de que el sistema, sus equipos y elementos, están adecuadamente instalados y funcionan de acuerdo a la relación de su operación como sistema independiente. Por ejemplo, el funcionamiento de una bomba de llenado a un tanque de almacenamiento, se revisa que la bomba funcione, que las tuberías estén correctamente conectadas con la instrumentación necesaria y el flujo del fluido llega de acuerdo a lo considerado.

Normalmente los contratos y actividades de la **Compañía Constructora** terminan hasta el **comisionamiento**, pues durante esa fase se hacen los ajustes y / o correcciones necesarias en la instalación o conexión de equipos, instrumentos, tuberías, alimentaciones eléctricas, etc., requeridas de acuerdo con el resultado del **comisionamiento**.

5.1 La Puesta En Marcha de la Planta de Producción Industrial (Prueba Y Arranque).

Durante esta fase, toda la planta de producción con los sistemas que la conforman, se prueban con producto (materia prima hasta obtener producto terminado y durante un periodo establecido (24, 72 hrs. o un mes) de producción continua, se prueba y se hacen los ajustes para garantizar que el producto terminado cumple con las especificaciones y cantidades de producción establecidas.

Hasta que el producto terminado ha cumplido con las especificaciones, la planta se libera para producción. Durante esta etapa, la **Compañía Constructora** puede suministrar los servicios de arranque si y solo si son expertos en la tecnología del proceso de producción, en caso contrario, el arranque de la planta se hace con la **Compañía de Tecnología** que se seleccionó para dicha planta.

CAPITULO 6. LA PLANEACION DEL PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA

"La planificación consiste en determinar qué se debe hacer, cómo debe hacerse, quién es el Responsable de que se haga y por qué."

American Management Association

La planeación de un proyecto consiste precisamente en identificar todas las actividades y documentos a realizar por cada una de las especialidades involucradas, y en base a la duración o tiempo requerido para su realización informado por los diferentes especialistas, consiste en representar en el tiempo las actividades y documentos a desarrollar estableciendo la interrelación entre los documentos de las diferentes especialidades en una secuencia lógica de acuerdo con la información que se requiere para desarrollar cada actividad y ligar el resultado de esta con alguna actividad o documento consecuente de la misma y entre otras disciplinas. Duración y recursos

6.1 EL PLAN DE EJECUCIÓN.

Conocido el alcance a realizar para las diferentes fases para la construcción de la planta, es necesario definir un plan estratégico del cómo se realizarán las diferentes actividades de ingeniería, procura y construcción, con objeto de planearlas de acuerdo a su secuencia de actividades dependientes e independientes y agrupándolas por áreas de la planta y actividades comunes o similares.

Determinar la especialidad de ingeniería que es la columna vertebral para las definiciones estratégicas del proyecto. Por ejemplo, para una planta química y petroquímica, la disciplina clave es la Ingeniería de Proceso (Ingeniería Química); en una planta de manufactura, sería un ingeniero industrial especialista en tiempos y movimientos; en una planta farmacéutica, un ingeniero químico farmacobiólogo; en una planta de cemento o minería, un ingeniero mecánico especialista en manejo de materiales, etc. Obviamente que la especialidad o la ingeniería clave del proyecto debe estar a cargo de un ingeniero o equipo con experiencia en el desarrollo del tipo de planta que se va a construir. Esto con objeto de tener un asesor o asesores especializados para la adecuada definición del plan de ejecución.

El plan de ejecución normalmente se ejecuta por el Gerente de Proyecto (Project Manager) en conjunto con los líderes de ingeniería, procura, construcción, Comisionamiento y arranque. Apoyados por el grupo o representante de la disciplina de ingeniería clave del proyecto.

Se debe identificar aquellos equipos de largo tiempo de entrega (Long lead ítems) con objeto de prever los tiempos necesarios de su especificación de ingeniería, procura (colocación de orden de compra), tiempos de fabricación, entrega en sitio y requerimientos para montaje e instalación. Por ejemplo, un reactor de fabricación especial

del cual el proveedor se encuentra en Europa, alguna máquina o equipo de fabricación de tecnología especial para la planta.

Analizar el tiempo total para ejecutar todas las fases del proyecto e identificar en qué momento se pueden iniciar o traslapar actividades de las diferentes fases (ingeniería, procura y construcción), con objeto de optimizar el tiempo total de ejecución. Siempre es necesario considerar una holgura total del tiempo de ejecución por los imprevistos que en la construcción de una planta se suscitan.

Se deben identificar las actividades o situaciones con potenciales riesgos que pudieran impactar en la ejecución del proyecto en tiempo, costo y/o calidad, con objeto de planear su ejecución tomando en consideración acciones de seguimiento, mitigación, y/o eliminación de riesgos.

El plan se desarrolla en forma escrita con objeto de que todos los involucrados comprendan cómo se ejecutará el proyecto en su totalidad, y alineen sus actividades en forma coordinada.

Una vez establecido el plan junto con el alcance detallado contratado, definido el tiempo total de ejecución y los recursos y costos correspondientes, el programador/planeador del proyecto desarrolla el plan en una forma esquemática-detallada de actividades específicas con tiempos de ejecución e interrelación entre actividades a lo cual se le denomina Programa. El programa simplemente es la representación esquemática del alcance a desarrollar de acuerdo al Plan de Ejecución en el tiempo.

El planeador/programador, requerirá del apoyo de todas y cada una de los especialistas de ingeniería, procura y construcción con quienes deberán determinar el tiempo de ejecución de todas y cada una de las actividades detalladas así como la secuencia e interrelación de todas y cada una de las actividades correspondientes a su especialidad.

6.2 El WBS: Local procedure (Project Work Breakdown Structure).

Es una herramienta que define y organiza el Alcance a ejecutar de un proyecto, basado en el desglose de los trabajos o actividades a realizar por fases, áreas o paquetes de la Planta, Especialidades y Actividades específicas que facilita la planificación y el control.

El WBS o Work Breakdown Structure, es el desglose jerárquico del trabajo a realizar durante el proyecto, agrupando actividades desde un nivel superior general (nivel 1, proyecto), agrupando por áreas o especialidades el trabajo (nivel 2 y 3, áreas de proyecto y/o disciplinas), hasta llegar a actividades específicas, documentos o bienes realizados (planos, especificaciones, construcción de cimentaciones, instalación de equipos, instalación de tuberías, etc.).

Permite visualizar cómo puede definirse y administrarse el trabajo del proyecto.

En el WBS se deben de estimar esfuerzo, tiempo, recursos, etc. Por cada grupo de actividades o actividad específica.

Cada actividad debe contemplar 6 características para considerarse completa:

- Su estado debe ser medible
- Debe poseer eventos de comienzo y fin
- Debe de producir un entregable
- El tiempo y costo deben ser fácilmente estimables
- La duración debe de ser aceptable
- Cada actividad debe de ser independiente

Crear la estructura de desglose de trabajo consiste en subdividir los entregables y el trabajo del proyecto en componentes más pequeños y fáciles de dirigir. Para esto es necesario definir las actividades para identificar las acciones específicas a ser realizadas para generar los entregables de cada proyecto. Una vez creado el desglose y definidas las actividades, se tendrán que secuenciar las mismas, identificando y documentando las relaciones entre cada una de las actividades.

Habrá que establecer y proporcionar un aproximado de la cantidad de periodos de trabajo necesarios para finalizar cada actividad con los recursos estimados.

Una vez definidos e identificados los puntos anteriores, se procederá con el desarrollo del cronograma o programa que consiste en analizar el orden de las actividades, su duración, los requisitos de recursos y restricciones del programa para crear el cronograma/programa del proyecto.

El siguiente diagrama, es una estructura estándar de servicios. En él, se puede observar de manera clara y general el desglose de actividades por niveles.

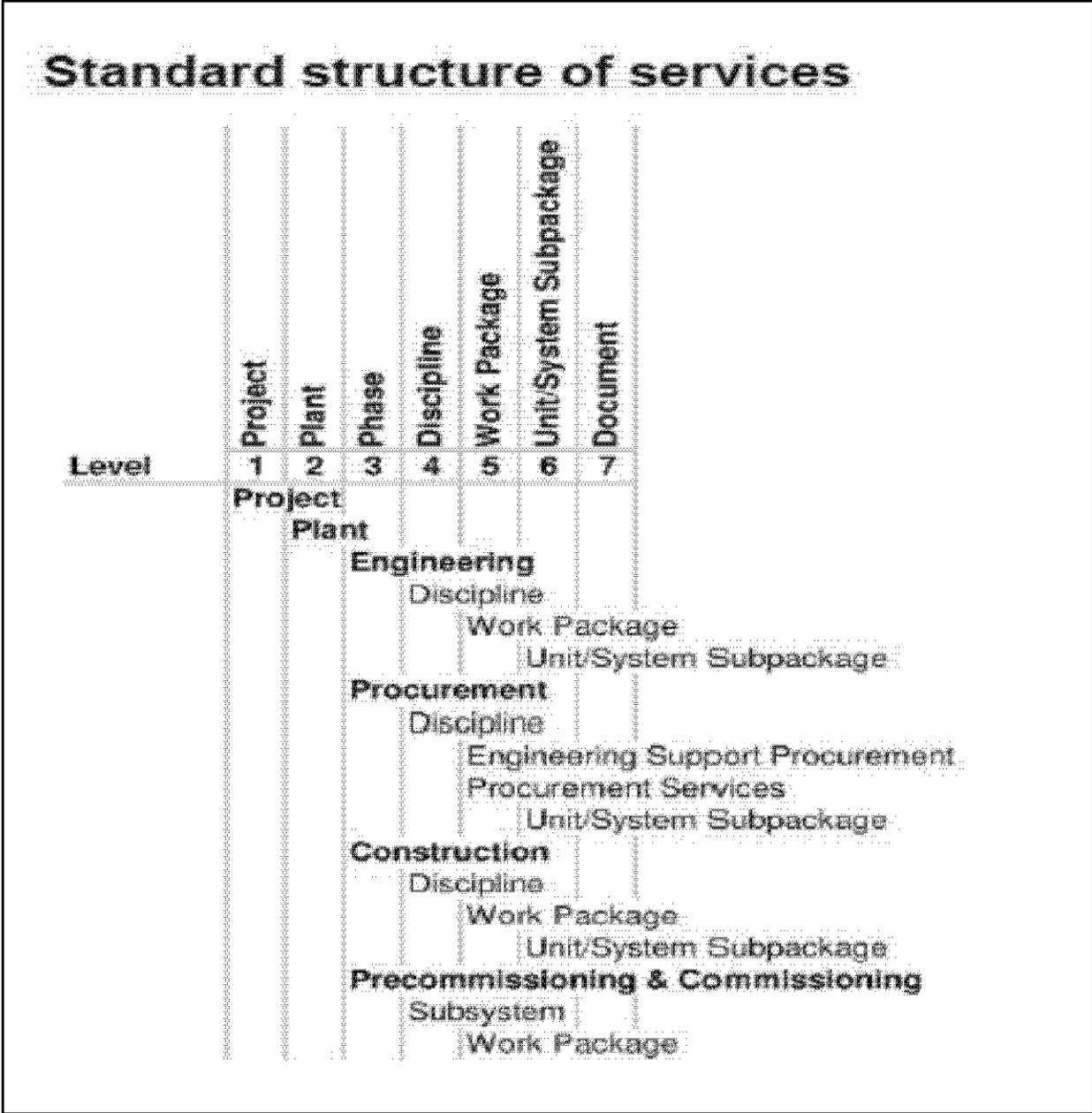


IMAGEN 26: Esquema de los distintos niveles en el WBS.

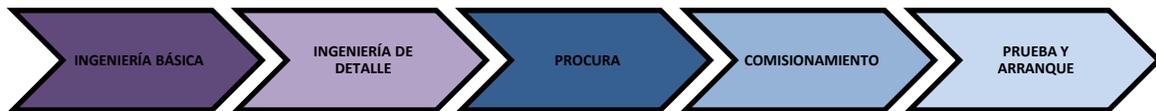
Work Package	Split	Process Unit (PU)	Procurement Package (PF)	Construction Unit (CU)	Commissioning Subsystem
Engineering					
Process					
Process Flow Diagrams (FFD's)	Optional	▲			
Process & Instrumentation Diagrams (P&ID's)	Mandatory	▲			
Process & Utilities Equipment Data Sheets	Mandatory		▲		
HSE ENGINEERING					
HSE Equipment Data Sheets	Mandatory		▲		
HSE Piping Isometric	Optional			▲	
HSE Piping Arrangements	Optional			▲	
HSE Piping MTO's	Optional			▲	
Concepts Catalogue	Optional			▲	
LAYOUT PLANT ENGINEERING					
Equipment 3D Model	Mandatory			▲	
Equipment Arrangements	Mandatory			▲	
PIPING ENGINEERING					
Piping 3D Model	Mandatory	▲			
Piping Isometric	Mandatory			▲	
Piping Arrangements	Mandatory			▲	
Piping MTO's	Optional			▲	
Concepts Catalogue	Optional			▲	
STATIC EQUIPMENT ENGINEERING					
Process & Utilities Equipment Data Sheets review	Mandatory		▲		
Process & Utilities Equipment Concepts Catalogue	Optional			▲	
ROTATIC EQUIPMENT ENGINEERING					
Rotatic & Material Handling Equipment Arrangements & Isos	Mandatory			▲	
Rotatic & Material Handling Equipment MTO's	Optional			▲	
Rotatic & Material Handling Equipment Concepts Catalogue	Optional			▲	
ELECTRICAL ENGINEERING					
Electrical Equipment Specifications	Mandatory		▲		
Electrical Equipment Data Sheets	Mandatory		▲		
Electrical Equipment Arrangements	Mandatory			▲	
Electrical Installation Engineering	Mandatory			▲	
Grounding System Arrangements	Mandatory			▲	
Lighting System Arrangements	Mandatory			▲	
Power System Arrangements	Mandatory			▲	
Lighting System Arrangements	Mandatory			▲	
Electrical Tracing Arrangements	Mandatory			▲	
Electrical MTO's	Optional			▲	
Electrical Concepts Catalogue	Optional			▲	
Electrical 3D Model	Mandatory			▲	
INSTRUMENTATION ENGINEERING					
Instruments Specifications	Mandatory		▲		
Instruments Data Sheets	Mandatory		▲		
Instruments Location Layouts	Mandatory			▲	
Cable routing Arrangements	Mandatory			▲	
Instrumentation MTO's	Optional			▲	
Instrumentation Concepts Catalogue	Optional			▲	
Instrumentation 3D Model	Mandatory	▲		▲	
CIVIL ENGINEERING					
Piling	Mandatory			▲	
Foundation and Concrete Structures drawings	Mandatory			▲	
Steel Structure drawings	Mandatory			▲	
Architectural & Building drawings	Mandatory			▲	
Civil & Architectural Structural Analysis	Mandatory			▲	
Civil & Architectural MTO's	Optional			▲	
Civil & Architectural Concepts Catalogue	Optional			▲	
Civil Structures 3D Model	Mandatory			▲	
HVAC ENGINEERING					
HVAC Equipment Data Sheets	Mandatory		▲		
HVAC Equipment Arrangements	Mandatory			▲	
HVAC ducting Arrangements and Isometrics	Mandatory			▲	
HVAC Equipment MTO's	Optional			▲	
HVAC Equipment Concepts Catalogue	Optional			▲	
HVAC 3D Model	Mandatory			▲	
PROCUREMENT					
Static Equipment	Mandatory		▲		
Rotatic Equipment	Mandatory		▲		
Material Handling Equipment	Mandatory		▲		
Electrical Equipment	Mandatory		▲		
Instrumentation & Valves	Mandatory		▲		
Civil Works Material	Optional			▲	
Structural Steel Fabrication	Mandatory			▲	
HSE Equipment & Piping	Optional			▲	
HVAC System Equipment & Ducts	Mandatory		▲		
Bulk Material	Optional			▲	
CONSTRUCTION					
Civil Works	Mandatory			▲	
Erection Works	Mandatory			▲	▲
PRE-COMMISSIONING AND COMMISSIONING WORKS	Mandatory				▲

IMAGEN 27: Esquema Inicio-Fin de las diversas actividades en el WBS.

6.3 La Secuencia De Fases, Especialidades Y Actividades.

A lo largo de este proceso, hemos detallado puntos importantes a considerar durante la ejecución de un proyecto, haciendo notar que la correcta secuencia de cada una de las Fases, Especialidades y Actividades es la base para llevar cualquier Proyecto a buen término.

De manera gráfica se mostrará todo el proceso anteriormente evaluado para un mejor entendimiento y de esta manera, poder visualizar la secuencia del Proyecto.



DISCIPLINA		1a ACCIÓN	2a ACCIÓN	3a ACCIÓN	4a ACCIÓN	5a ACCIÓN	6a ACCIÓN	7a ACCIÓN	8a ACCIÓN
Ingeniería Básica									
Ingeniería de Detalle	PROCESO								
	INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL								
	ARREGLO DE EQUIPO								
	MECÁNICO DE EQUIPOS								
	TUBERÍAS								
	ELÉCTRICO								
	CIVIL-ESTRUCTURAL								
	ARQUITECTURA								
	HVAC								
PROCURA	REQUISICIÓN								
	COMPRAS								
	EXPEDITACIÓN								
	INSPECCIÓN								
	LOGÍSTICA								
COMISIONAMIENTO	OBRA CIVIL-ESTRUCTURAL								
	OBRA ELECTROMECAÁNICA								
PRUEBA Y ARRANQUE									

DIAGRAMA 1: Secuencia por Fase de ejecución del Proyecto y Construcción.



DISCIPLINA	TAREA	1a ACTIVIDAD	2a ACTIVIDAD	3a ACTIVIDAD	4a ACTIVIDAD	5a ACTIVIDAD	6a ACTIVIDAD
PROCESO	Bases y criterios de diseño o Especificaciones de ingeniería						
	Descripción del proceso.						
	Memorias de Cálculo. Cálculos de Ingeniería de la Especialidad						
	Balance de materia y energía.						
	Diagramas de flujo DFP.						
	Diagramas de tubería e instrumentación y control DTI.						
	Lista de equipos.						
	Lista de instrumentos.						
	Lista de motores.						
	Filosofía de control.						
	Planos de instalación de seguridad						
	Manual de Operaciones						
	Hoja de datos y especificación de equipos de proceso (equipos dinámicos o rotatorios y estáticos)						
INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL	Bases y criterios de diseño.						
	Complementación de DTIS con información de instrumentación y control.						
	Memorias de Cálculo. Cálculos de Ingeniería de la Especialidad						
	Hojas de datos de instrumentos.						
	Especificación de instrumentos.						
	Especificación de control distribuido o PLC.						
	Diagramas de lazos y control.						
	Filosofía o descripción del control de la planta y/o los diferentes sistemas de producción (filosofía de instrumentación y control).						
	Lista de equipos y materiales requeridos para la construcción						
	Bases y criterios de diseño o Especificaciones técnicas						
ARREGLO DE EQUIPOS	Arreglo general de la planta.						
	Revisión y chequeo de PIDs						
	Arreglos de equipos de equipos. Modelado en 3D. Plantas y elevaciones, área de proceso o producción.						
	Arreglo de equipo en planta y elevación de almacenamientos de materia prima. Modelado en 3D						
	Arreglo de equipos y/o áreas en planta y elevación de producto terminado. Modelado en 3D						
	Arreglo de equipos de distribución de racks, infraestructura de toda la planta. Modelado en 3D						
MECÁNICO DE EQUIPOS	Bases y criterios de diseño						
	Especificación mecánica de equipos						
	Memorias de Cálculo. Cálculos de Ingeniería de la Especialidad						
	Planos de detalle de equipos estáticos						

TUBERIAS	Bases y criterios de diseño.						
	Arreglo general de distribución de tuberías en la planta. Modelado en 3D						
	Arreglo de tuberías planta y elevación por áreas. Modelado en 3D						
	Isométricos.						
	Especificaciones de tuberías y accesorios.						
	Cálculos de análisis de flexibilidad de tuberías.						
	Soportes típicos y especiales para tuberías.						
	Lista de materiales requeridos para la construcción						
ELÉCTRICO	Bases y criterios de diseño.						
	Diagrama unifilar de la planta.						
	Diagramas unifilares secundarios y de distribución.						
	Memorias de Cálculo. Cálculos de Ingeniería de la Especialidad						
	Tableros de control.						
	Planos de arreglo y distribución del cableado de fuerza (energía eléctrica) a todos y cada uno de los consumidores eléctricos.						
	Planos de alumbrado (distribución de lámparas y cableado).						
	Planos de tierras y pararrayos.						
	Especificaciones de equipo eléctrico (transformadores, tableros, lámparas, motores, cables, etc.).						
	Lista de equipos y materiales requeridos para la construcción						
CIVIL- ESTRUCTURAL	Bases y criterios de diseño.						
	Planos topográficos del sitio						
	Planos de terracerías						
	Planos de cimentación y losas de piso.						
	Planos de estructuras de concreto, plantas y elevaciones (dimensionales y de acero de refuerzo).						
	Plano de estructuras metálicas (plantas y elevaciones).						
	Planos de calles y banquetas.						
	Planos de drenajes.						
	Especificaciones de construcción.						
	Lista de equipos y materiales para la construcción.						
ARQUITECTURA	Bases y criterios de diseño.						
	Planos de Arreglos de Conjunto de la planta						
	Planos de Arreglos Arquitectónicos por edificio o área. Planta y elevaciones						
	Planos de Plafones						
	Planos de Puertas y Ventanas						
	Planos de Acabados y Detalles.						
	Planos de instalaciones Hidráulicas						
	Planos de Instalaciones Sanitarias						
	Especificaciones de construcción.						
	Lista de equipos y materiales para la construcción						
HVAC	Bases y criterios de diseño.						
	Diagrama de flujo.						
	Diagramas de instrumentación y control.						
	Especificaciones de equipos.						
	Distribución de ductos.						
	Ubicación de rejillas de inyección y extracción.						
	Soportería de ductos y equipos.						
	Lista de equipos y materiales para la construcción						

DIAGRAMA 2: Secuencia por Fases de Ingeniería.



DISCIPLINA		1a ACCIÓN	2a ACCIÓN	3a ACCIÓN	4a ACCIÓN	5a ACCIÓN	6a ACCIÓN	7a ACCIÓN	8a ACCIÓN
REQUISICIÓN									
COMPRAS	Selección de Proveedores y/o Subcontratistas								
	Evaluación de la capacidad técnica y financiera								
	Solicitud de cotizaciones a los Proveedores y/o Subcontratistas								
	Recepción de cotizaciones								
	Elaboración de tablas comparativas								
	Evaluación técnica y comercial de las cotizaciones recibidas								
	Selección de la oferta y/o propuesta más adecuada								
	Negociación de términos y condiciones aceptados por ambas partes								
	Elaboración de la orden de compra								
	Firma de acuerdo y aceptación por ambas partes de la Orden de Compra y/o Contrato								
EXPEDITACIÓN									
INSPECCIÓN									
LOGÍSTICA									

DIAGRAMA 3: Secuencia por Fase de Procura.

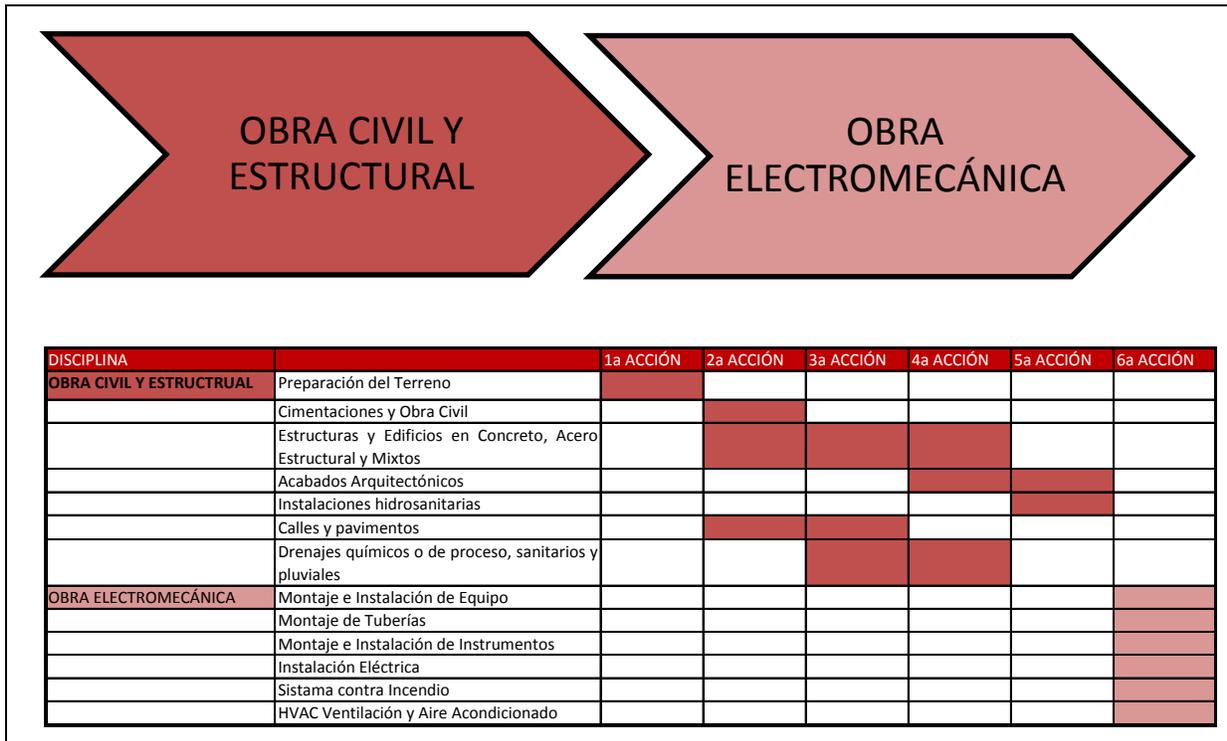


DIAGRAMA 4: Secuencia por Fases de Construcción.

6.4 El Programa (Cronograma).

El ciclo de vida de un proyecto es un conjunto de fases del mismo, generalmente secuenciales y en ocasiones superpuestas, cuyo nombre y número se determinan por las necesidades de la gestión.

Un ciclo de vida puede documentarse mediante una metodología. Los entregables específicos y actividades que se llevan a cabo pueden variar ampliamente de acuerdo con el proyecto. El ciclo de vida proporciona el marco de referencia básica para dirigir el proyecto.

Los proyectos pueden variar en tamaño y complejidad. Cada proyecto puede configurarse dentro de la siguiente estructura:

- Inicio
- Organización y preparación
- Ejecución del trabajo
- Cierre

Las líneas base del proyecto abarcan:

- La línea del cronograma.
- La línea base del desempeño de costos.

La estructuración en fases permite la división del proyecto en subconjuntos lógicos y funcionales para facilitar su dirección, planeación y control.

El Programa será detallado de acuerdo al tipo o complejidad del Proyecto, pudiendo ser un programa Nivel 1 (el más general) indicando sólo los conceptos Principales o hasta un Nivel 4 (mayor detalle) mostrando cada una de las diferentes tareas, documentos, actividades, etc. que conlleva cada disciplina y fase del Proyecto.

Cuando las fases son secuenciales, se tiene un control total, ya que el término de cada fase se conoce como entregable, hitos, salidas de fase, puntos de decisión, puertas de etapa o puntos de cancelación.

Las acciones que se deben de tomar para poder organizar la planeación del proyecto, deberá de ser respecto a quienes participarán, los recursos que se necesitan y el enfoque que se necesita para completar el trabajo.

En la terminación de cada fase se podrá evaluar nuevamente el avance en curso, de ser necesario, se cambiará la fase o se terminará el proyecto. Esta revisión se deberá considerar como una buena práctica para poder determinar si el proyecto debe avanzar hacia la siguiente fase o detectar y corregir posibles errores de una manera viable y económica.

Existen tres 3 tipos básicos de relaciones entre fases:

1. Relación secuencial: En este caso, una fase únicamente puede iniciar una vez finalizada la fase anterior.
2. Relación de superposición: Se puede iniciar una siguiente fase antes de finalizar la actividad anterior.
3. Relación iterativa: Donde en un momento dado sólo se planifica una fase y la planificación de la siguiente se efectúa conforme avanza el trabajo y los entregables de la fase actual. Este enfoque es de gran utilidad en ambientes muy poco definidos.

Estas fases son de gran importancia para poder identificar posteriormente las actividades en las barras de Gantt.

Programa.

Es un instrumento rector derivado de la planificación institucional, destinado al cumplimiento de las funciones de una organización, por el cual se establece el orden de actuación, así como los objetivos o metas, cuantificables o no (en términos de un resultado final), que se cumplirán a través de la integración de un conjunto de esfuerzos y para lo cual se requiere combinar recursos humanos, tecnológicos, materiales y financieros; especifica tiempos y espacio en los que se va a desarrollar y atribuye responsabilidad a una o varias unidades ejecutoras debidamente coordinadas.

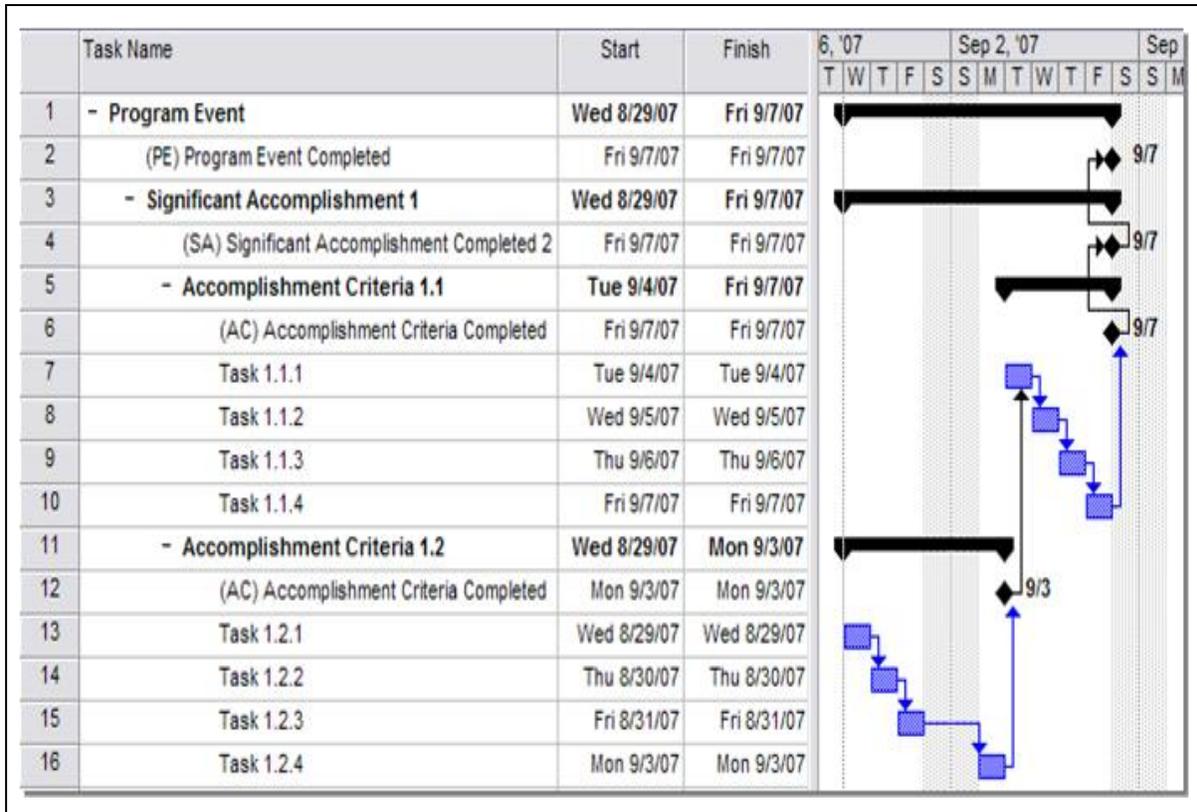
Durante un proyecto, se pueden tener diversos tipos de programación, ya que puede ser por especialidades/disciplinas de ingeniería, áreas de la planta (por ejemplo, materias primas, mezclado, reacción, dilución, producto terminado, envasado, empaque, etc). A continuación se muestran ejemplos de estos tipos de Programas:

Programa de Proyecto por Áreas de la Planta de Producción:

1er NIVEL		PROYECTO					
		2º NIVEL	AREA NO. 1	3er NIVEL		4º NIVEL	
					CIVIL		DTI'S MEMORIAS DE CALCULO ARRGLOS GENERALES LAYOUTS PLANOS ESPECIFICACIONES LISTA DE EQUIPOS Y MATERIALES
					PROCESO		DTI'S MEMORIAS DE CALCULO ARRGLOS GENERALES LAYOUTS PLANOS ESPECIFICACIONES LISTA DE EQUIPOS Y MATERIALES
					INSTRUMENTACIÓN		DTI'S MEMORIAS DE CALCULO ARRGLOS GENERALES LAYOUTS PLANOS ESPECIFICACIONES LISTA DE EQUIPOS Y MATERIALES
					ELECTRICO		DTI'S MEMORIAS DE CALCULO ARRGLOS GENERALES LAYOUTS PLANOS ESPECIFICACIONES LISTA DE EQUIPOS Y MATERIALES
					TUBERIAS		DTI'S MEMORIAS DE CALCULO ARRGLOS GENERALES LAYOUTS PLANOS ESPECIFICACIONES LISTA DE EQUIPOS Y MATERIALES
			AREA NO. 2		CIVIL		DTI'S MEMORIAS DE CALCULO ARRGLOS GENERALES LAYOUTS PLANOS ESPECIFICACIONES LISTA DE EQUIPOS Y MATERIALES
					PROCESO		DTI'S MEMORIAS DE CALCULO ARRGLOS GENERALES LAYOUTS PLANOS ESPECIFICACIONES LISTA DE EQUIPOS Y MATERIALES
					INSTRUMENTACIÓN		DTI'S MEMORIAS DE CALCULO ARRGLOS GENERALES LAYOUTS PLANOS ESPECIFICACIONES LISTA DE EQUIPOS Y MATERIALES
					ELECTRICO		DTI'S MEMORIAS DE CALCULO ARRGLOS GENERALES LAYOUTS PLANOS ESPECIFICACIONES LISTA DE EQUIPOS Y MATERIALES
					TUBERIAS		DTI'S MEMORIAS DE CALCULO ARRGLOS GENERALES LAYOUTS PLANOS ESPECIFICACIONES LISTA DE EQUIPOS Y MATERIALES

BARRAS DE GANTT: Como base y parte fundamental del Programa para la agrupación y seguimiento a actividades y fases del Proyecto, son herramientas gráficas cuyo objetivo es mostrar el tiempo previsto para diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo total determinado.

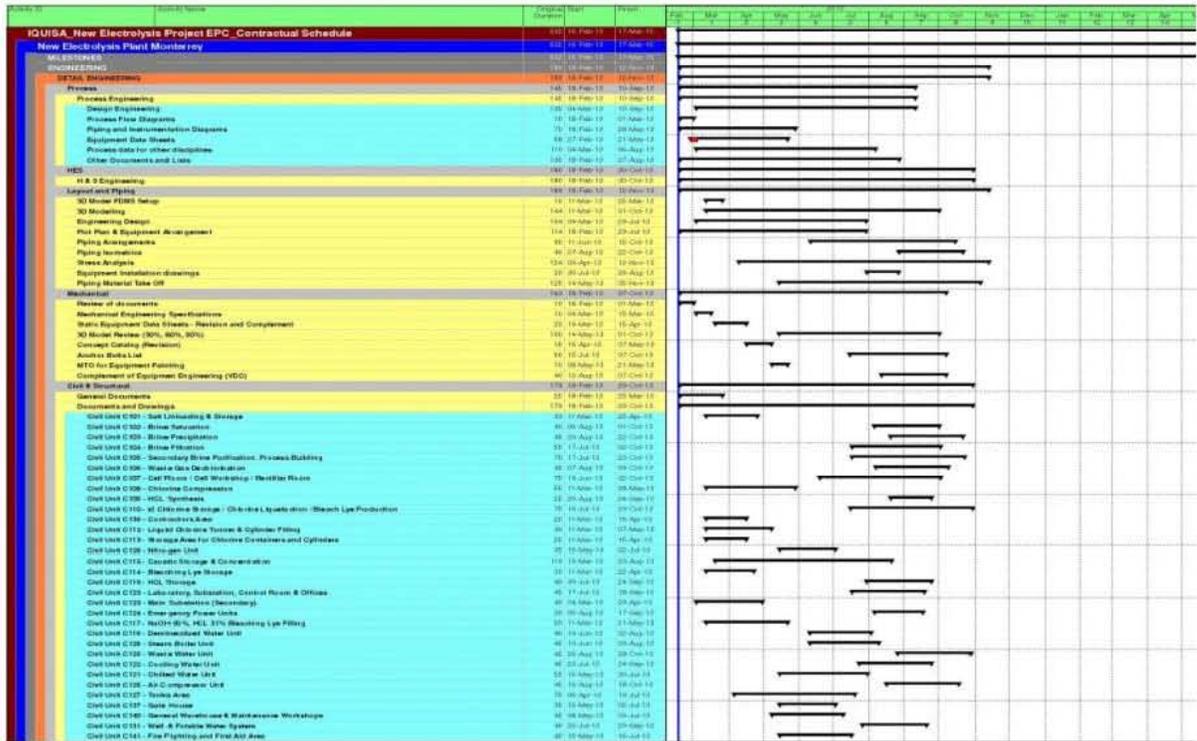
En la gestión de proyectos, el diagrama de Gantt muestra el origen y el final de las diferentes unidades mínimas de trabajo y los grupos de tareas llamados “summary elements”.



Todo proyecto está compuesto por una serie de actividades, ordenadas e interrelacionadas que deben realizarse durante un tiempo determinado para alcanzar el objetivo previsto.

Se compone de una hoja del lado izquierdo y de un gráfico de barras a la derecha, cada fila de la hoja muestra el nombre y la duración de una tarea del proyecto. En la parte superior del gráfico existe una línea de tiempo, debajo de ella hay barras que representan la tarea correspondiente de la hoja.

Finalmente, un Programa de Proyecto final se puede observar como se muestra a continuación.



CONCLUSIONES:

Se ha mostrado el amplio alcance y retos que presenta un Proyecto Industrial, además de la involucración de diferentes áreas de Ingeniería.

La importancia de conocer la Secuencia y Fases de un Proyecto lleva a tener un entendimiento general del mismo y así poder visualizar o notar puntos críticos que no se deben pasar por alto o poder minimizar potenciales riesgos al momento de iniciar con un Proyecto.

Con el presente trabajo, se da a conocer un panorama mayor para el campo de acción de un Ingeniero Industrial, siendo de gran importancia su participación para la coordinación de actividades o de un Proyecto en su totalidad ya que se requieren conocimientos en diversas áreas así como la capacidad para no sólo atacar partes técnicas y poder gestionar la administración del mismo.

La interacción que se tiene entre disciplinas y externos (clientes, proveedores, etc.) es fundamental para lograr una correcta división del trabajo, una propuesta competitiva y una buena ejecución de Proyecto.

En esta ocasión, presento a los estudiantes de Ingeniería Industrial, un panorama distinto al que generalmente se trata de ubicarlos, siendo la Parte de Proyectos una excelente alternativa para su desarrollo profesional y personal.

Muchos o algunos de las etapas presentadas generalmente se omiten o simplemente se pasan por alto, teniendo grandes complicaciones durante la ejecución, es por eso que esta puede ser una excelente herramienta para tener claro los pasos a seguir y poder llevar un Proyecto Industrial a buen término.

Es claro que cada Proyecto es distinto y un gran reto dependiendo el área de enfoque, sin embargo, estos son los puntos fundamentales para cualquier tipo de Industria; podrán cambiar alcances, extender o contraer fases o etapas, pero siempre se deberá tener claro que se deberá seguir la siguiente regla: Planear, Programar, Ejecutar y Controlar.

REFERENCIAS:

Bibliografía

(s.f.).

AVILÉS, R. (s.f.). *SOBRE LOS ESTUDIOS Y LA PROFESIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA*.

EL COMISIONADO, PUESTA EN MARCHA, LO CONOCEMOS? (2014). *INDUSTRY TECH MAGAZINE*.

MALHOTRA, N. K. (2008). *INVESTIGACIÓN DE MERCADOS*. PEARSON EDUCACIÓN.

Peters, M. S. (1991). *PLANT DESIGN AND ECONOMICS FOR CHEMICAL ENGINEERS*. McGraw-Hill.

PRADA, C. D. (s.f.). *INSTRUMENTACIÓN PARA CONTROL DE PROCESOS*.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, INC. (s.f.).

Real Academia Española. (s.f.). Obtenido de <http://dle.rae.es/?id=UV6hPaS>

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (2017). Recuperado el 1 de 2017, de <http://dle.rae.es/?id=UV6hPaS>

Simón, L. A. (2005). *REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL DISTRITO FEDERAL*. Editorial Trillas.

URBINA, G. B. (2010). *EVALUACIÓN DE PROYECTOS*. McGRAW-HILL.

YONG, R. C. (2014). *GERENCIA DE PROYECTOS DE INGENIERÍA*. Obtenido de <https://www.ineel.mx//boletin012014/breve01.pdf>