

Portada Externa de Guía

<p>2012</p> <p>Guía del maestro para la asignatura de Proyectos de Plantas</p> <p>Rubén Dorantes R.</p>	 <p>Universidad Autónoma de Querétaro</p> <p>Facultad de Ingeniería</p> <p>Guía del maestro para la asignatura de Proyectos de Plantas</p> <p>Guía del maestro</p> <p>Que como parte de los requisitos para obtener el diploma/grado de (o la)</p> <p>Ingeniero en</p> <p>Automatización</p>
---	---

- Escudo y letras doradas

- Pastas duras color negro, tamaño carta



Portada Interna de Guía

Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Ingeniería en Automatización

Guía del maestro para la asignatura de Proyectos de Plantas

GUÍA DEL MAESTRO

Que como parte de los requisitos para obtener el diploma/grado de (o la)

Ingeniero en Automatización

Presenta:

Rubén Dorantes Rubio

Dirigido por:

Ing. Ednah Georgette González Rivera

SINODALES

Ing. Ednah Georgette González Rivera
Director de Guía

Firma

Dr. José Gabriel Ríos Moreno
Secretario

Firma

Dr. Mario Trejo Perea
Vocal

Firma

Ing. María Luisa Balderas Escamilla
Suplente

Firma

Nombre y Firma
Director de la Facultad
Dr. Aurelio Domínguez González

Nombre y Firma
Coordinador de la carrera
Dr. Juvenal Rodríguez Reséndiz

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
13 de noviembre de 2012

México

RESUMEN

Esta guía del maestro se refiere a la aplicación y gestión de proyectos de los sistemas de control de procesos. No debe ser tomada de la misma forma porque la legalidad, técnica y necesidades de las empresas varían de un proyecto a otro y de un lugar a otro.

Los documentos de referencia deben mostrar cómo, por qué y cuándo se tomó la decisión y por quién. Esto hace que sea más fácil para que otros lo puedan entender todas las razones y la historia detrás.

El personal del proyecto consiste normalmente en un cliente, el personal de ingeniería, proveedores de equipos y contratistas. El trabajo del cliente debe estar claramente definido por los documentos (por ejemplo, especificaciones y dibujos).

El director del proyecto debe coordinar las actividades de los clientes, del personal de ingeniería, proveedores y contratistas.

El personal de ingeniería, los proveedores y contratistas deben cumplir con los requisitos del cliente y cumplir con los códigos y estándares requeridos.

Generalmente, un proyecto se inicia debido a las:

- oportunidades potenciales en el mercado, o
- eliminación (o conversión) de un proceso que requiere de un sub-producto, o
- el cumplimiento de los requisitos normativos que se necesita (por ejemplo, emisiones reducidas), o
- sustitución de equipos obsoletos que se requieren para satisfacer las nuevas necesidades de la planta.

El ciclo de vida de un proyecto pasa por muchas etapas. La importancia de cada etapa y su duración variará con el proyecto.

En la mayoría de los casos, el ciclo de vida de un proyecto consta de los siguientes procesos:

- definir el alcance y las actividades,

- definir la secuencia de actividades y su duración, y luego desarrollar un plan,
- asignar los recursos humanos, asignar roles y responsabilidades, y desarrollar un organigrama,
- estimar el costo del proyecto y obtener presupuestos,
- plan de horario de compras para que coincidiera con la disponibilidad presupuestaria,
- desarrollar el equipo y la formación de suministro en caso necesario,
- inicio del proyecto y garantizar una coordinación adecuada (esto puede implicar compromisos, compensaciones y alternativas),
- completar el proyecto, y
- cerrar el proyecto (resolver partidas abiertas, evaluación de proyectos, e identificar las lecciones aprendidas para futuros proyectos).

Muy a menudo, una vez que la ingeniería de procesos y/o investigadores a desarrollar el proceso requerido, se prueba en un laboratorio y luego son implementados, primero en una planta piloto a pequeña escala y luego en una gran planta. Cuando está totalmente definido y los principales problemas se resuelven, la viabilidad de tal proyecto es evaluado, y si tiene éxito, los presupuestos se asignan antes del trabajo en las aperturas de las plantas a gran escala. Una vez que los presupuestos son aprobados, un equipo multidisciplinario es reunido para diseñar la planta.

Los proyectos son gestionados por asesores de proyectos que por lo general utilizan métodos de probada eficacia en la gestión de un proyecto. Algunos de estos métodos son publicados, y algunos son de sentido común, basado en la experiencia.

Un gerente de proyecto asigna roles a los miembros del equipo, asignando responsabilidades y autoridades y la identificación de las relaciones de subordinación en un proyecto. Él o ella deben asegurarse de que el grupo funciona como un equipo y que la interacción entre las diferentes disciplinas está avanzando según lo previsto. Además, él o ella deben estar familiarizados con los aspectos técnicos de la obra a realizar. Un gerente de proyecto debe ser un líder bien informado, una persona justa y confiable, un individuo honesto y enérgico, y un negociador experto.

Dos recursos limitados claves controlan los proyectos de presupuesto y tiempo. Por definición, un proyecto tiene una duración limitada (un comienzo y un final) y cada proyecto es único. Típicamente, en el proceso de una planta, la ingeniería de procesos define el proceso, el cual se convierte en la base de

diseño. Para el control de un proyecto, los gerentes de proyecto deben comprender el proceso (y el proyecto) muy bien. El director del proyecto divide el proyecto en fases claras. Cada fase es identificada con una entrega, como un producto resultante de los trabajos de ingeniería o de la actividad de la construcción. Este enfoque crea una secuencia lógica y medible en la vida de un proyecto. El alcance de un proyecto puede ser modificado a causa de nuevas regulaciones del gobierno o un error u omisión en el concepto original.

Para los proyectos internacionales, es prudente tener en cuenta los costos adicionales y el tiempo para cubrir las diferencias culturales y políticas, los retrasos de comunicación debido a las diferentes zonas horarias, idiomas diferentes y la necesidad de la traducción (y la posibilidad de malos entendidos), y la disponibilidad de los técnicos de experiencia local (J.O.Pennock, 2001).

DEDICATORIA

Principalmente a mis padres y hermanos, que con su cariño lograron una gran parte en mi formación y crecimiento, viéndose reflejado en el término de mis estudios.

A mis familiares, que siempre supieron las palabras para alentarme.

Y a la bandera, con su peculiar forma de apoyarme.

Gracias a todos

AGRADECIMIENTOS

Sin duda alguna, a Dios que me permite llegar a este momento en mi vida.

A mi madre, que pese a los golpes de la vida me enseñó que solo para adelante, a mi padre, de quien aprendí lo valioso del servir sin esperar y a trabajar con gusto.

A mis hermanos, de los cuales me apoye para llegar a estos momentos. A los demás familiares, que me demuestran la grandeza sin ofender a nadie. A mis amigos, que me daban fuerza con un toque de alegría.

A todos los compañeros y amigos que hice en esta etapa de la vida, porque me acompañaron y juntos crecimos hasta ver realizados nuestros sueños.

A los maestros, ya que gracias a ellos conocí muchas de mis capacidades y me obligaron a conocerme.

A la universidad.

Muchas gracias

ÍNDICE

RESUMEN	3
DEDICATORIA	6
AGRADECIMIENTOS	7
ÍNDICE.....	8
ÍNDICE DE TABLAS	20
ÍNDICE DE FIGURAS.....	21
JUSTIFICACIÓN	24
OBJETIVO	25
Objetivo General	25
Objetivo específico.....	25
PROYECTOS DE PLANTAS	26
1. CONCEPTOS BÁSICOS DE PROYECTOS.....	26
1.1 CONTROL DEL PROCESO.	26
1.2 FASES DE UN PROYECTO.....	30
A. INTRODUCCIÓN.....	30
B. LA PREVISIBILIDAD.....	31
1. <i>¿Manejo por tiempo o manejo por costo?</i>	33
2. <i>Proyectos de costo extra</i>	34
3. <i>Proyecto de costo fijo</i>	37
4. <i>Proyecto llave en mano</i>	38
5. <i>Proyecto EPC</i>	38
6. <i>Proyecto Híbrido</i>	39
1. PRELIMINAR: IDENTIFICACIÓN	39
a. Identificar una Necesidad	40
b. Identificar posibles soluciones	41
c. Presentar un anteproyecto de ingeniería para la Solicitud de Financiamiento.	41

d. Cuestión de la Fase Uno Solicitud de Oferta y Seleccionar el Contratista.....	41
• Redactar un pliego de condiciones del proyecto	41
1. <i>Dibujos existentes</i>	42
2. <i>Especificaciones de rendimiento del equipo</i>	42
3. <i>Los criterios de rendimiento del proveedor de servicios</i>	42
4. <i>Lista de proveedores aprobados</i>	42
5. <i>Seguridad</i>	42
• Seleccionar al contratista de ingeniería de la fase uno.....	43
1. <i>Publicar las especificaciones del proyecto.</i>	43
2. <i>Llevar a cabo la orientación del proyecto.</i>	43
3. <i>Evaluar las ofertas</i>	43
4. <i>Otorgar el contrato de la fase uno</i>	43
• Iniciar fase uno de ingeniería	44
2. PRIMERA FASE: INVESTIGACIÓN	45
a. Walkdown-Ejecución de una evaluación del sitio.....	45
b. El alcance, la estimación y el calendario del trabajo.....	46
c. Documentos preliminares de ingeniería.....	47
d. Estudio de operabilidad y riesgo (HazOp)	47
e. Dirección larga de adquisiciones.....	49
3. FASE DOS: EJECUCIÓN.....	50
a. Estudios dentro y fuera del sitio	50
b. La Estimación, alcance y calendarización finales.....	50
c. Planeación y asignación del personal	50
d. La ingeniería y el diseño.....	51
e. Adquisiciones.....	51

• Adquisición de equipos e instrumentos	51
• Adquisición de productos básicos	51
f. Documentación de los elementos de la fase dos de ingeniería	51
4. FASE TRES: CONSTRUCCIÓN Y COMISIÓN	52
a. Recepción	52
b. La construcción	52
c. Pedido e inicio	53
Pedido (golpe y carrera)	53
Inicio	54
d. Finalizar la documentación	54
E. ENTREGA DEL PROYECTO	55
1. <i>Diagrama de flujo del proceso.</i>	55
2. <i>Calor y balance de materia</i>	56
3. <i>Diagrama de tubería e instrumentación (P&ID)</i>	57
4. <i>Arreglos de equipo</i>	58
5. <i>Selección/Familiarización de DCS</i>	58
6. <i>Programa y detalles de estimación</i>	59
7. <i>Lista de dibujos</i>	59
8. <i>Especificaciones de la bomba</i>	59
9. <i>Especificaciones del equipo</i>	59
10. <i>Dibujos ortográficos de Tuberías</i>	60
11. <i>Dibujos de interconexión del Sistema de Control</i>	60
12. <i>Configuración de Entrada – salida</i>	60
13. <i>Base de datos del Instrumento</i>	61
14. <i>Especificaciones del instrumento</i>	61

15.	<i>Planos de ubicación</i>	61
16.	<i>Sala de Control de E/S y Sala de Arreglos</i>	62
17.	<i>Esquemas eléctricos del instrumento y hojas elementales del lazo</i>	62
18.	<i>Panel de arreglos</i>	63
19.	<i>Detalles de la Instalación</i>	63
a.	<i>Detalle Mecánicos de la Instalación</i>	64
b.	<i>Detalle de Instalación Eléctrica</i>	64
c.	<i>Detalle de Montaje</i>	64
20.	<i>Diagrama de cableado (Dibujo de interconexión)</i>	64
21.	<i>Montaje mecánico y lista de materiales</i>	65
22.	<i>Lista de materiales eléctricos</i>	65
23.	<i>Lista de revisión integral</i>	65
24.	<i>Emisión para la construcción</i>	66
25.	<i>Redlines</i>	66
26.	<i>Número de Registro</i>	66
27.	<i>Recapitulación del Proyecto</i>	66
1.3	EL CONTRATISTA	67
Ingeniería de Diseño	68
Revisión del diseño	69
1.4	LA ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO	69
A.	ALCANCE DEL PROYECTO	69
1.	Resumen Ejecutivo	70
a.	Propósito de declaración	71
b.	Resumen de datos	71
2.	Aclaraciones.....	71
a.	Inclusiones.....	72
b.	Exclusiones.....	72

c. Hipótesis	72
d. Las preocupaciones de seguridad	72
3. Descripción del Proyecto	72
a. Sistemas existentes:	73
b. Disposición de equipos existentes:	73
c. Disposición de los nuevos equipos:	73
d. La empresa y los estándares industriales aplicables:	73
e. Lista de proveedores aprobados:	73
f. Equipo:.....	73
g. Instrumentación:	73
h. Dibujos:.....	74
4. Estrategia general de ejecución	74
a. Investigación inicial:	74
b. Especificación y orden de productos largos:	74
c. Identificación del distribuidor:	74
d. Ejecutar tareas de diseño:	74
e. Enviar el paquete al cliente para la revisión de diseño:	76
f. Resultados:	76
g. Adjuntos:	76
B. ESTIMACIÓN	77
C. CALENDARIO	80
D. INFORME DE SITUACIÓN	82
• Horas ganadas	82
• Horas reales	83
• Índice de eficiencia	83
1.5 COMPRA DE EQUIPO.....	85
1.6 Documentación.	85
1.7 Training.....	86
1.8 Instalación.	86
Cumplimiento del código	89

Alcance del Trabajo	89
Detalles de la instalación	90
Identificación del equipo	91
Almacenamiento de equipos.....	92
Trabajos específicamente excluidos.....	92
Aprobación de instrumentos.....	93
Pruebas de preinstalación	93
Ejecución.....	94
Cableado.....	95
Tubería.....	97
Pagos	100
1.9 Puesta en marcha.....	102
1.10 Inicio y cierre de proyecto.	102
Inicio	¡Error! Marcador no definido.
Cierre del proyecto.....	¡Error! Marcador no definido.
2. INGENIERÍA CONCEPTUAL	104
2.1 Filosofía de operación.	104
Véase ejemplo de Pemex.....	104
2.2 Diagrama de Gantt o cronografía del Proyecto.....	104
Figura 2-1. Ejemplo de diagrama de Gantt	105

[PLANTS PROJECTS]

[UAQ]

Today's Date: 23/11/2012 viernes
(vertical red line)

Project Lead: [ENG. EDNAH G.G.R.]
Start Date: 02/07/2012 lunes

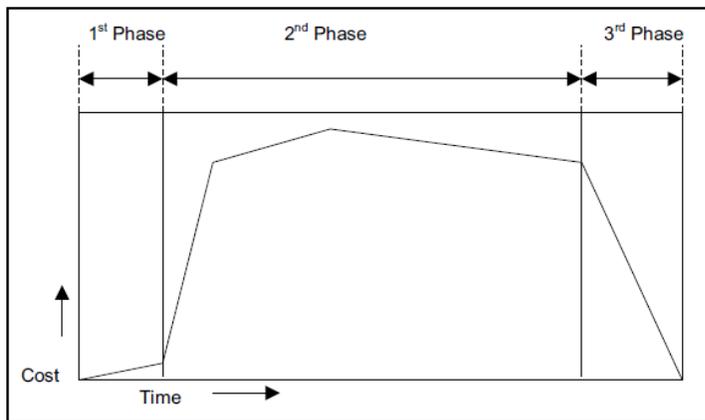
WBS	Tasks	Task Lead	Start	End	Duration (Days)	% Complete	Working Days	Days Complete	Days Remaining
1	Task Category 1	[Name]	1/2/12	1/31/12	30	0%	22	0	30
1.1	Sub Task level 2		1/2/12	1/6/12	5	0%	5	0	5
1.2	Sub Task level 2		1/7/12	1/11/12	5	0%	3	0	5
1.2.1	Sub Task level 3		1/12/12	1/16/12	5	0%	3	0	5
1.2.2	Sub Task level 3		1/17/12	1/21/12	5	0%	4	0	5
1.3	Sub Task level 2		1/22/12	1/26/12	5	0%	4	0	5
1.4	Sub Task level 2		1/27/12	1/31/12	5	0%	3	0	5
2	Task Category 2	[Name]	1/2/12	1/27/12	26	25%	20	6	20
2.1	Sub Task level 2		1/2/12	1/6/12	5	25%	5	1	4
2.2	Sub Task level 2		1/9/12	1/13/12	5	25%	5	1	4
2.3	Sub Task level 2		1/16/12	1/20/12	5	25%	5	1	4
2.4	Sub Task level 2		1/23/12	1/27/12	5	25%	5	1	4
3	Task Category 3	[Name]	1/2/12	1/28/12	27	50%	20	13	14
3.1	Sub Task level 2		1/2/12	1/7/12	6	50%	5	3	3
3.2	Sub Task level 2		1/9/12	1/14/12	6	50%	5	3	3
3.3	Sub Task level 2		1/16/12	1/21/12	6	50%	5	3	3
3.4	Sub Task level 2		1/23/12	1/28/12	6	50%	5	3	3
4	Task Category 4	[Name]	1/2/12	1/21/12	20	0%	15	0	20
4.1	Sub Task level 2		1/2/12	1/6/12	5	0%	5	0	5
4.2	Sub Task level 2		1/7/12	1/11/12	5	0%	3	0	5
4.3	Sub Task level 2		1/12/12	1/16/12	5	0%	3	0	5
4.4	Sub Task level 2		1/17/12	1/21/12	5	0%	4	0	5

.....105

2.3 Presupuesto de inversión.....105

Normalmente, un proyecto pasa por tres fases básicas. La primera fase abarca el inicio del proyecto, y los costes empiezan a subir, pero en general a una tasa baja. Una vez que el proyecto es aprobado, la segunda fase se inicia, y los costos aumentan significativamente con el tiempo (véase la figura 2-2). En esta fase, el personal de ingeniería se moviliza, comienza a funcionar, y el equipo es comprado e instalado. La tercera fase típicamente es la finalización de las obras de construcción en el sitio, y la disminución de costos hasta que el proyecto esté cerrado.105

Figura 2-2. Costo del proyecto, gastos vs tiempo105



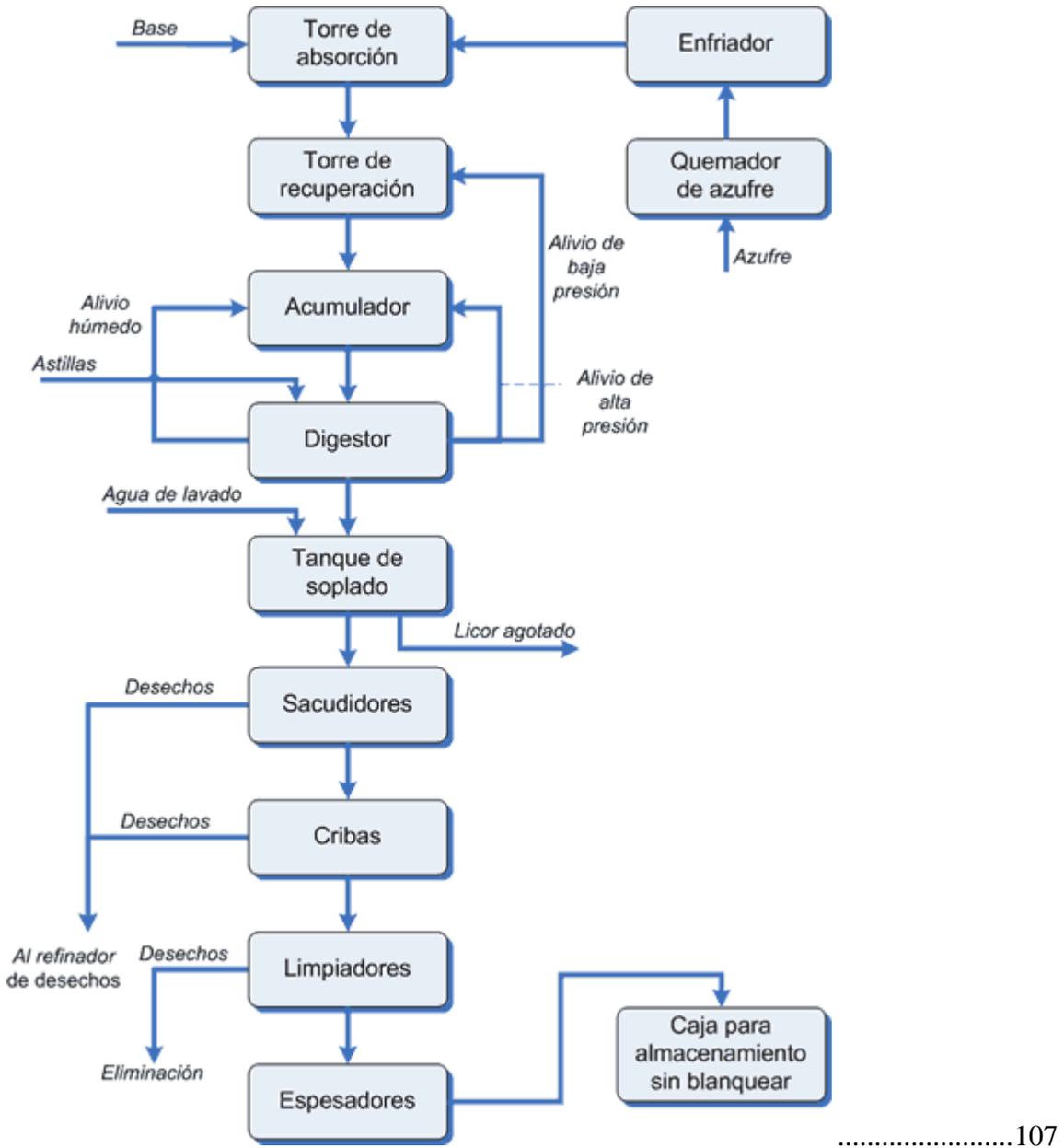
.....105

Desde un punto de vista de control del proceso, se hace una estimación de frecuencia generada a partir de una lista. La lista de instrumentos es un buen punto de partida. La lista se puede dividir de la siguiente manera:.....106

- 1ª columna, el número de etiqueta de equipo (es decir, una línea por artículo),106

- 2ª columna, los costos de ingeniería,106
- 3ª columna, los costos de hardware,106
- 4a columna, costos de instalación.....106
- 5a columna. El total para cada parte106

2.4 Diagramas de flujo de procesos.....107



3. INGENIERÍA BÁSICA..... 108

- 3.1 Diagramas de tuberías e instrumentación.....108
- 3.2 Planos isométricos de rutas de cableado.....110

3.3 Diagramas unifilares eléctricos 110

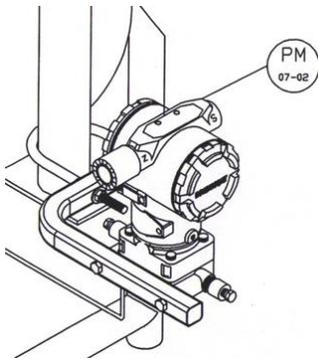
3.4 Diagramas de lazos de control (loop sheets). 111

3.5 Hojas de Especificación. 111

Las hojas de proceso de datos contienen los datos de proceso relacionados con un instrumento en particular. Ellos forman la base sobre la cual se transmite la información del proceso desde el ingeniero de procesos para el ingeniero de instrumentos. La figura 2-5 es un ejemplo de una hoja de datos de proceso que muestra los parámetros de funcionamiento y se tomada de la norma ISA-TR20.00.01-2001. El proceso simplificado de la hoja de datos se muestra en la figura 2-6, en la mayoría de los casos tienen columnas adicionales centradas. Típicamente, las hojas de datos de proceso se generan después de la P & ID, se preparan y se define el equipo de control. Es de vital importancia que estas hojas de datos de proceso se completen antes de las hojas de especificaciones de instrumentos. 111

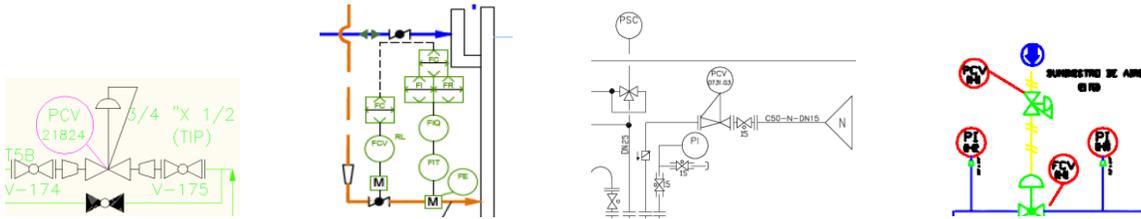
Figura 3-2. Hoja de datos ISA..... 112

1	RESPONSIBLE ORGANIZATION			FLOW DEVICE			6	SPECIFICATION IDENTIFICATIONS			
2				Operating Parameters			7	Document no			
3							8	Latest revision		Date	
4							9	Issue status			
5							10				
11	ADMINISTRATIVE IDENTIFICATIONS						40	SERVICE IDENTIFICATIONS Continued			
12	Project number			Sub project no			41	Inline hazardous area cl		Div/Zone	Group
13	Project						42	Inline area min Ign temp		Temp ident number	
14	Enterprise						43	Remote hazardous area cl		Div/Zone	Group
15	Site						44	Remote area min Ign temp		Temp ident number	
16	Area			Cell	Unit		45				
17							46				
18	SERVICE IDENTIFICATIONS						47	COMPONENT DESIGN CRITERIA			
19	Tag no/Functional ident						48	Component type			
20	Related equipment						49	Component style			
21	Service						50	Output signal type			
22							51	Characteristic curve			
23	P&ID/Reference dwg number						52	Compensation style			
24	Upstr line/nozzle number						53	Type of protection			
25	Upstream line pipe spec						54	Criticality code			
26	Upstr line nominal size			Rating			55	Max EMI susceptibility		Ref	
27	Upstr line conn type			Style			56	Max temperature effect			
28	Upstr line schedule no			Wall thickness			57	Min diameter ratio (d/D)		Max	
29	Upstr conn orientation						58	Max response time			
30	Upstr line material type						59	Min required accuracy		Ref	
31	Connection design code						60	Avail nom power supply		Number wires	
32	Dnstr line/nozzle number						61	Min load capability			
33	Downstream line pipe spec						62	Testing/Listing agency			
34	Dnstr line nominal size			Rating			63	Test requirements			
35	Dnstr line conn type			Style			64	Supply loss failure mode			
36	Dnstr line schedule no			Wall thickness			65	Signal loss failure mode			
37	Dnstr conn orientation						66				
38	Dnstr line material type						67				
39	Avail upstr straight lg			Dnstr lg			68				
69	PROCESS VARIABLES			MATERIAL FLOW CONDITIONS				101	PROCESS DESIGN CONDITIONS		
70	Flow Case Identification			Units				102	Minimum	Maximum	Units
71	Inlet pressure							103			
72	Outlet pressure							104			
73	Inlet temperature							105			
74	Inlet phase type							106			
75	Mass fraction vapor							107			
76	Total mass flow rate							108			
77	Liquid mass flow rate							109			
78	Liquid actual flow rate							110			
79	Liquid standard flow rate							111			
80	Liquid density							112			
81	Liquid specific gravity							113			
82	Liquid viscosity							114			
83	Absolute vapor pressure							115			
84	Vapor mass flow rate							116			
85	Vapor actual flow rate							117			
86	Vapor standard flow rate							118			
87	Vapor density							119			
88	Vapor specific gravity							120			
89	Vapor molecular weight							121			
90	Vapor viscosity							122			
91	Inlet compressibility							123			
92								124			
93	CALCULATED VARIABLES							125			
94	Pressure differential							126			
95	Perm pressure drop							127			
96	Line fluid velocity							128			
97	Line Reynolds number							129			
98	Calculated uncertainty							130			
99								131			
132	MATERIAL PROPERTIES						138	MATERIAL PROPERTIES Continued			
133	Name						139	Abs critical pressure			
134	Composition						140	Critical temperature			
135	Density at ref temp			At			141	NFWA health hazard		Flammability	Reactivity
136	Ratio sp heat capacity						142				
137	Conductivity						143				
	Rev	Date	Revision Description	By	Appv1	Appv2	Appv3	REMARKS			



.....116

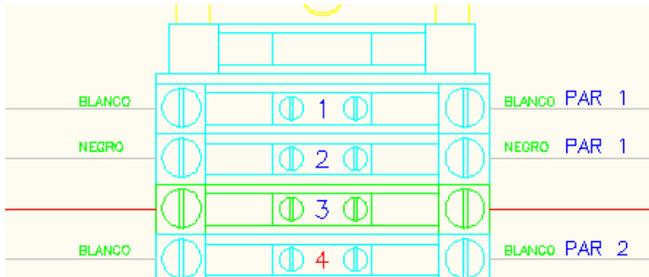
4.4 DTIs, diagramas unifilares, layout, isométricos, definitivos.116



116

4.5 Reportes o certificados de calibración.116

4.6 Hojas de validación de cableado y señales.....117



.....117

4.8 Dibujos dimensionales de tanques y equipos de proceso.....117

4.9 Certificados de capacitación del personal.117

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Reporte de lectura de inicio.....	48
Tabla 1-2. Prueba de lazo para un transmisor de presión.....	83
Tabla 1-3. Prueba de lazo para una válvula de control.....	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Ciclo de vida típico de un proyecto de control de proceso.....	16
Figura 1-2. Triángulo del éxito.....	28
Figura 1-3. Efectos de las limitaciones en la estructura de un proyecto.....	30
Figura 1-4. Flujo típico de un proyecto industrial.....	35
Figura 1-5. Diagrama de flujo típico de un proyecto de I&C.....	51
Figura 1-6. Diagrama de balance de materia y calor.....	52
Figura 1-7. Fragmento de DTI.....	53
Figura 1-8. Cálculo de eficiencia.....	79
Figura 1-9. Dibujo de ubicación típica.....	86
Figura 1-10. Instalación de gas típica.....	94
Figura 1-11 Instalación típica de líquido.....	94
Figura 1-12. Detalle de instalación típica.....	95
Figura 2-1. Ejemplo de diagrama de Gantt.....	100
Figura 2-2. Costo del proyecto, gastos vs tiempo.....	100

Figura 2-3. Ejemplo de Diagrama de Flujo.....	102
Figura 3-1. Fragmento de DTI.....	104
Figura 3-2. Hoja de datos ISA.....	107
Figura 3-3. Hoja de datos del proceso (formato de tabla).....	108

INTRODUCCIÓN

La independencia cultural y económica de un país se logran y se conservan principalmente y entre otras cosas, por la buena calidad en la práctica de sus profesionales, lo que implica contar con sistemas actualizados de educación superior que también tengan un buen nivel de calidad en los procesos de formación de los alumnos.

Es por ello que las instituciones de educación superior requieren establecer procesos de evaluación con fines de acreditación que revisen su función social (pertinencia), suficiencia y calidad del servicio que brindan. Es en este contexto donde surge la necesidad de contar con planes de estudios que realicen procesos de acreditación, pero que tengan características tales que le den credibilidad y confiabilidad a la actividad que realizan.

El sistema CACEI (Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, A.C.) en su acreditación hacia la Universidad Autónoma de Querétaro por medio de la Facultad de Ingeniería exige una actualización antes de Diciembre del 2012 para poder refrendar su sistema de calidad con este consejo como parte de sus acreditaciones para el 2013 (CACEI, 2012).

JUSTIFICACIÓN

En la línea terminal de Instrumentación y Control de Procesos de la carrera de Ingeniería en Automatización de la Universidad Autónoma de Querétaro se imparte la materia de Proyectos de Plantas, la cual es un acercamiento al alumno a los principales métodos para la dirección de proyectos desde su etapa inicial, hasta la entrega de proyectos; sin embargo, y a pesar de lo bien fundamentada que esta la materia en forma actual, estos métodos cambian de una forma sorprendente, al mismo tiempo que avanza la tecnología y se eliminan rutinas repetitivas o innecesarias. Por esta razón, se debe renovar el plan de estudios actual, para cubrir todos los aspectos en la materia y transmitir el mayor conocimiento al alumno.

La parte de licenciatura de la Facultad de Ingeniería fue acreditada el 10 de agosto de 2007 por CACEI y evaluada el 28 de agosto de 2006 en el primer nivel por el Comité Interinstitucional para la Evaluación de la Educación Superior (CIEES, 2012).

Sin embargo, como parte de las políticas de actualización en cuanto a la certificación de las instituciones educativas de nivel superior, exige un refrendo de esta certificación en el primer semestre del 2013 (CACEI, 2012).

La materia de Proyectos de Plantas está contemplada para esta etapa de la certificación y es necesaria su entrega reestructurada a finales del 2012.

OBJETIVO

Objetivo General

Desarrollar una guía del maestro que contenga información actualizada de forma óptima en relación a la materia de Proyectos de Plantas con la finalidad de realizar y completar el temario en tiempo y forma por parte del profesor.

Objetivo específico

Mediante esta elaboración de guía del maestro podrá contar con una herramienta de nueva generación, revisada y reestructurada para formar alumnos con los más altos niveles de información en cuanto a la industria y las necesidades de sus mercados.

Se contará con un máximo de 4 capítulos completamente actualizados en su contenido, además de LA GENERACION DE DOC DE ING, como planos, DTI, unifilares, isométricos y fragmentos de las normas más utilizadas en la industria actual.

PROYECTOS DE PLANTAS

1. CONCEPTOS BÁSICOS DE PROYECTOS

1.1 CONTROL DEL PROCESO.

Si se hace una comparación entre el cuerpo humano y una planta típica, las similitudes funcionales que se encuentran son las siguientes. Los huesos son similares a la estructura de una planta. Los músculos son el equivalente de los motores eléctricos (tomando su mando para la acción del cerebro y sistema nervioso). Las venas se corresponden con los cables eléctricos (que transportan la energía). Los órganos son similares a los equipos de proceso, tal es como los reactores. Los sentidos son el equivalente de los sensores industriales (medición de las condiciones del proceso). El cerebro y el sistema nervioso del cuerpo corresponden al sistema de control de la planta (una mezcla de los operadores humanos y equipos de control).

Los modernos sistemas de control han sido acusados de eliminar puestos de trabajo y la creación de desempleo. La respuesta es sí y no. Menos personas se necesitan para hacer tediosas las operaciones repetitivas, pero tales sistemas de control realmente consiguen trabajo al evitar el cierre de plantas a través del mantenimiento, la eficiencia de la planta y la competitividad. Al final, y en la mayoría de los casos, los sistemas modernos de control aumentan el número de puestos de trabajo debido a un mercado mayor, tanto nacional como internacional.

La implementación de sistemas de control de procesos depende de la cultura corporativa y las necesidades de la planta, pero incluye típicamente:

- la definición del proyecto y el desarrollo de un plan de acción,
- el diseño del sistema de control,
- la instalación del equipo,
- de partida el sistema de control, y
- proporcionar toda la información al personal de mantenimiento.

Véase la figura 1-1 para una visión general de un ciclo de vida típico de un proyecto de control de proceso, con todas sus actividades en la secuencia adecuada.

La industria moderna en la competencia global de hoy requiere de sistemas modernos y potentes que proveen controles precisos que son relativamente simples de implementar y operar. Esto requiere una planificación y control de proyectos que deben cumplir con horarios y presupuestos de costos. El control del proceso está involucrado en la mayoría de las aplicaciones industriales, y esto requiere de conocimiento y experiencia. Un proceso de pensamiento correcto es esencial para implementar correctamente un proyecto y un proyecto exitoso correctamente coincidirá con los requisitos del proceso con el sistema de control.

La calidad de la documentación producida por ingeniería es de vital importancia en la construcción y mantenimiento de una instalación. Permite a otros a tomar el proyecto en donde los diseñadores ya lo han abandonado, y proporcionan el razonamiento de por qué se tomó la decisión (teniendo en cuenta que cientos o incluso miles de distintos componentes forman los componentes de un sistema de control). Por desgracia, es bastante común que las descripciones de los proyectos no son suficientemente detalladas y, por tanto, hay muchas opiniones, evaluaciones y revisiones.

Un documento final nunca es realmente definitivo. Es vital para el éxito de un proyecto para que haya tiempo suficiente para acordar con claridad sobre el alcance de un proyecto y confirmar que el acuerdo en un documento. Para el control del proceso, el alcance de un proyecto se confirma en la definición del alcance, P&ID, y diagramas lógicos.

Las actividades de ingeniería de control de procesos suelen comenzar en el inicio de un proyecto con el desarrollo de los P&IDs, las filosofías de control y diagramas lógicos. Además, el control de procesos típicamente es el último en terminar en el programa de construcción, después de que el trabajo civil, mecánico, y de tuberías se haya completado. Esta situación crea una presión excesiva sobre la construcción de control de procesos y equipos de puesta en marcha, al acercarse el fin del proyecto. Esta situación se produce debido a la falta de fondos ya que el proyecto llega a su fin y los retrasos generados por otras disciplinas afectan el trabajo.

En un típico proyecto multidisciplinario, se elaboran interfaces de control con muchas disciplinas. En el inicio de un proyecto, la mayor parte de la interfaz con la ingeniería de procesos es para el desarrollo de todas las actividades de la ingeniería básica y la gestión de proyectos para la presupuestación y programación. Más tarde, cuando comienza la ingeniería de detalle, las interfaces de control de procesos

con todas las otras disciplinas, como la mecánica (por ejemplo, para conectar y montar el equipo), eléctricos (por ejemplo, para el cableado y las carreras de conducto), e incluso civil (por ejemplo, para controlar los requisitos de las habitaciones). Es fuertemente recomendado que la transferencia de datos (por ejemplo, la obtención de la condición del proceso en los instrumentos) y las comunicaciones importantes se hagan siempre por escrito.

Figura 1-1. Ciclo de vida típico de un proyecto de control de proceso.

1ª fase:

1. El jefe del proyecto asignado, define el proyecto preliminar (y presupuesto), y completa los estudios de factibilidad.
2. El anteproyecto es aprobado y se asignan presupuestos.
3. La ingeniería de procesos desarrolla hojas de balance de materiales.
4. El jefe del proyecto asigna los ingenieros para todas las disciplinas.
5. La ingeniería de procesos y el personal de control de procesos de ingeniería preliminar desarrollan los P&IDs y diagramas lógicos.
6. Los ingenieros revisan el alcance del proyecto y cambiar el ámbito donde se requiera.
7. La ingeniería eléctrica establece la clasificación de áreas eléctricas.
8. El jefe del proyecto se somete a un programa de gestión global del proyecto, una definición de proyecto revisado y un proyecto de presupuesto (a $\pm 30\%$).

2ª fase:

1. La dirección aprueba un presupuesto de $\pm 30\%$.
2. La ingeniería preliminar (Básica) comienza a:
 - preparar horario de control de procesos,
 - preparar definición del alcance del control e identifica proveedores preferidos,
 - prepara un índice de instrumentos preliminar,
 - actualiza los P&IDs y los diagramas lógicos según se requiera, y
 - revisa la estimación de costos y vuelva a retransmitirlo con un $\pm 20\%$.
3. La dirección aprueba un presupuesto de $\pm 20\%$.

4. La ingeniería de detalle de control de procesos comienza a
 - preparar hojas de datos del proceso y envía al ingeniero de proceso para completar la información,
 - revisar las especificaciones mecánicas y tuberías,
 - preparar toda la documentación de diseño
 - establecer una interfaz entre la ingeniería de control de procesos y la ingeniería eléctrica,
 - suministrar información a la ingeniería eléctrica (por ejemplo, requisitos de alimentación y los cables),
 - suministrar información a la ingeniería mecánica (para montar los dispositivos en línea), y
 - preparar requisiciones, evaluar las ofertas, los vendedores selectos, y hacer pedidos.
5. Se verifican los sistemas completos (por ejemplo, sistemas de control, sistemas de analizadores y paneles y gabinetes) en las instalaciones del proveedor.
6. Equipo de entrega
7. La construcción inicia la instalación de instrumentos, la salida, puesta en marcha, y el lazo de sintonización.

3ª fase:

1. Inicio de la planta
2. La ingeniería se ha completado.
3. El sistema de control es entregado a las operaciones.

1.2 FASES DE UN PROYECTO.

A. INTRODUCCIÓN

Proyecto: Un proyecto es una actividad temporal, cuyo propósito es crear un producto o servicio. Los proyectos temporales tienen un principio y final definidos. Los proyectos involucran usualmente una secuencia de tareas definida con puntos inicial y final. Estos puntos son limitados por el tiempo, recursos, y los resultados finales.

Ingeniería de Proyectos: Las actividades de ingeniería asociadas con el diseño y la construcción, instalación de proceso o manufactura y el desarrollo de un producto.

Un proyecto de ingeniería es un medio para un fin. Para que un proyecto exista, debe haber una necesidad percibida y la expectativa de que la necesidad puede satisfacerse con una inversión razonable. El propietario debe comparar los riesgos contra los beneficios y determinar si el proyecto vale la pena. Hacer esa evaluación de riesgo/recompensa a veces es más un arte que una ciencia. Cada proyecto implica un cierto nivel de riesgo.

Más que en la mayoría de los esfuerzos, los efectos del mal manejo de los riesgos en los proyectos de ingeniería de procesos pueden ser catastróficos. Más allá de las consecuencias económicas de una estimación pobre, que son lo suficientemente malas, el riesgo potencial para los operadores y el público en general puede ser extenso. Por lo tanto, es necesario un proceso bien concebido de evaluación preliminar y de control del proyecto. Esta evaluación se inicia con un profundo conocimiento de las cuestiones.

La gestión del riesgo tiene tres componentes: evaluación, planificación y gestión del riesgo, que afectarán el plazo del proyecto, el alcance, o el presupuesto.

Las verdaderas claves para la administración del proyecto (de riesgo) son la gestión de conocimiento, la experiencia y previsión. Cada miembro del equipo del proyecto necesita tener un conocimiento profundo de las cuestiones. ¿Qué es un proyecto? ¿Cuáles son algunas de las influencias externas sobre cómo se ejecuta un proyecto? ¿Cómo funciona un proyecto de flujo de inicio a fin? ¿Cuáles son los típicos productos y servicios a esperar de un proveedor de servicio de I & C?

Este capítulo intenta responder a estas preguntas para discutir los siguientes temas principales:

- *Previsibilidad.* ¿Qué tipo de proyecto es? Determinístico o probabilístico?
- *Estructura del proyecto.* ¿Cuáles son algunos de los tipos de proyectos más comunes?
- *El flujo del proyecto.* ¿Cómo es un proyecto ejecutado?
- *Entrega del proyecto.* ¿Qué productos son típicos de un proyecto de diseño de I&C?

B. LA PREVISIBILIDAD

Una de las variables más importantes del proyecto es el nivel de previsibilidad. ¿Cuántas veces han estado expuestos a proyectos similares varios miembros del equipo? ¿Han hecho proyectos similares antes? Desde la perspectiva del cliente, la correcta ejecución del equipo de ingeniería es de vital importancia. El trabajo del equipo de ingeniería es identificar y evaluar las áreas de riesgo durante el proceso de construcción del alcance del proyecto, estimación, y el calendario. El cliente confía en la compañía de ingeniería para asociarse con él en señalar los problemas potenciales y buscar las formas para reducir los riesgos financieros y físicos inherentes al proyecto. Sin embargo, incluso después de un riguroso proceso de investigación, incógnitas permanecerán y se tendrán que hacer suposiciones lo que dejará debilidades en el plan.

Para reducir la ansiedad del cliente y su riesgo financiero, el proveedor de la ingeniería deberá emplear un enfoque de investigación científica. Este enfoque científico deberá comenzar con un alcance detallado de trabajo que discute las cuestiones relacionadas con el riesgo y luego seguir con la construcción de una estimación que está basada en datos concretos. Muy a menudo, la estimación del proyecto se hace al reverso de un sobre que es desechado después de la presentación, o es demasiado vaga. Esto reduce la oportunidad para la reflexión después del proyecto e inhibe la capacidad del equipo de diseño – tanto del lado de la ingeniería como del lado del cliente - para aprovechar las lecciones aprendidas.

Después de que el proyecto está en la fase de ejecución, los factores de riesgo identificados deberán ser supervisados. El truco para el cliente es encontrar los proveedores de servicios que entienden estos procesos y pueden adaptarse a circunstancias específicas.

Por suerte, los ciclos de vida de la mayoría de los proyectos industriales son similares en su estructura. Cuando una nueva necesidad es identificada en el mundo del control de procesos, un proceso que se inicia es, en su mayor parte, fiable de un proyecto al siguiente. El cliente tiene un proceso fiable a seguir para conseguir que el proyecto sea aprobado. El ingeniero tiene un proceso fiable a seguir para preparar una oferta. Estos procesos a veces son adaptados para encontrar condiciones inesperadas o insólitas. Pero, principalmente, "el proceso" de ingeniería que toma una idea desde la concepción hasta la puesta en práctica es constante. Este proceso se presta a un enfoque de gestión determinístico, en contraposición a un enfoque probabilístico, que es utilizado para los procesos únicos.

Considerando la previsibilidad del proceso, sería fácil asumir que las relaciones mutuas entre el cliente y el proveedor de servicio serán constantes de un proyecto al siguiente. Esto no es necesariamente el caso. Las presiones externas tales como las fuerzas de mercado pueden forzar cambios en la estrategia. Muchas de estas diferencias pueden atribuirse a las relaciones contractuales que son establecidas entre el cliente y el proveedor de ingeniería. Estas relaciones reflejan la relación riesgo/recompensa de los aspectos del proyecto y, por consiguiente, se debe dar plena consideración al establecer el proyecto.

Las siguientes secciones de este capítulo se explican las diferentes estructuras que afectan la estrategia de ejecución de un proyecto. ¿Es conducido por tiempo el proyecto o conducido por costo? ¿El proyecto es de gastos fijos o de costos extras? ¿Cómo afectan estas estructuras la ejecución de los proyectos?

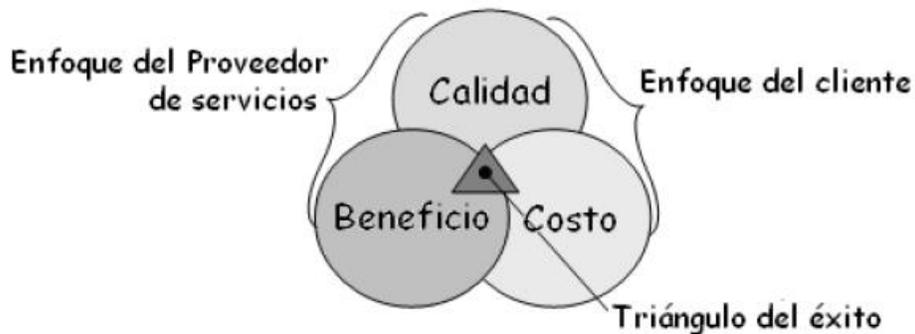
Las secciones posteriores de este capítulo tratan de la ejecución del proyecto. ¿Cómo se desarrolla un proyecto? ¿Dónde comenzar, y cuál es el mejor proceso a seguir? ¿Qué resultados se deberán esperar del equipo de diseño de I&C?

C. ESTRUCTURA DEL PROYECTO

La estructura de un proyecto tiene una gran influencia sobre la forma en la que el proyecto es ejecutado. Esto es porque cada miembro del equipo del proyecto define el éxito desde su propia perspectiva, como se ve a través del prisma de los parámetros de proyecto. Desde el punto de vista del cliente, el éxito es alcanzado cuando el final deseado es alcanzado dentro del tiempo asignado y/o los fondos asignados. Es probable que esto sea una interpretación más amplia que la de él proveedor de servicios, que también está interesado en obtener un beneficio.

Un proyecto realmente exitoso es aquel en el cual tanto el cliente como el proveedor de servicio están satisfechos por el resultado. Para que esto ocurra, se debe crear una zona de éxito tan grande como sea posible (ver Figura 1.2).

Figura 1-2. Triángulo del éxito



El éxito se logra cuando los factores que compiten están en equilibrio

El triángulo del éxito está formado en el punto en el que los bienes entregados, cubren las expectativas del cliente en costo y calidad, al tiempo que permite al proveedor de servicio obtener un beneficio justo y mantener su reputación por un trabajo de buena calidad. Mantenerse dentro de esta zona es a veces un poco difícil, y esto realmente ayuda a entender "la física" en cuestión. La física de un proyecto está definida por las fuerzas que lo conducen.

1. ¿Manejo por tiempo o manejo por costo?

El tiempo y recursos son dos parámetros que imponen límites al proceso de diseño. El tiempo en un proyecto puede significar la duración o intensidad. La duración es medida por las unidades del calendario (días, semanas, meses); la intensidad es medida por las unidades de trabajo (p.ej., horas-hombre, hombre-semanas). El tiempo de duración conducido en este contexto implica que el proyecto está limitado por el calendario; los costos a largo plazo implican que el proyecto está limitado por los costos. El costo es calculado al encontrar el costo del material y luego midiendo el nivel de intensidad por unidad de tiempo del proyecto (en horas hombre) necesarios para el diseño y la construcción.

A menudo, estos parámetros de manejo por tiempo y manejo por costo influyen en los objetivos de funcionamiento fijados para un proyecto. Un proyecto conducido por tiempo, por ejemplo, es el que se cierra en un calendario agresivo y proporciona un bono o algún otro incentivo al ingeniero si él cumple en tiempo. Este tipo de incentivo se emplearía si hubiera una ventana para la comercialización para el producto final que se cerraría, haciendo que el período de recuperación de la inversión sea más largo que el deseado, o dando a un competidor una ventaja de comercialización. En ese proyecto, el control de costos a menudo se pierde. Sin embargo, el sobre costo es auto-limitado debido a la reducida cantidad de tiempo disponible para gastar el dinero.

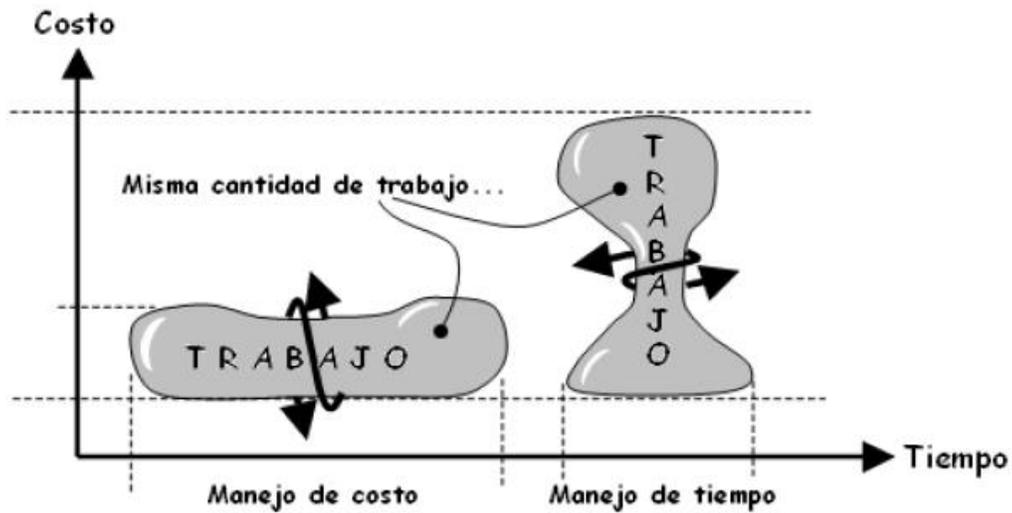
Un proyecto manejado por costo está orientado hacia la limitación de costos excesivos. El incentivo de rendimiento estará relacionado con el costo total del proyecto. El calendario de actividades se vuelve flexible y puede ser ajustado para la óptima eficiencia del diseño (ver Figura 1-2).

Es evidente que las dos características son algo mutuamente exclusivas. Si el tiempo es comprimido, entonces hay una probabilidad de que el costo sea mayor. Si el calendario no es un problema, entonces el costo del proyecto puede ser controlado y reducido al mínimo. Estas dos características pueden ser aplicadas a cualquiera de las estructuras del proyecto que figuran a continuación.

2. Proyectos de costo extra

Hace años, los proyectos con costos extra eran por mucho la estructura más común de los proyectos. En este formato, la compañía de ingeniería asumía el mínimo (o el inexistente) riesgo financiero. Si el proceso necesitaba algún cambio, por cualquier razón, el cliente estaba obligado a pagar una tarifa por hora de la compañía de ingeniería. Esto era principalmente debido al hecho de que las buenas compañías de ingeniería eran escasas, y esto era su mercado. El único recurso que el cliente tenía era el evitar usar a aquel proveedor en el futuro. Si el cliente era pequeño, con limitadas expectativas de trabajo futuro, entonces su influencia con la firma de ingeniería fue limitada. Aun así, esto era una estructura infalible que se prestó a relaciones estables, a largo plazo de negocio entre el cliente y el proveedor de servicio.

Figura 1-3. Efectos de las limitaciones en la estructura de un proyecto



Con el paso del tiempo, la competencia por el dólar de la ingeniería aumentó, dando al cliente la ventaja superior en el mercado. Otras estructuras tomaron forma lo que era menos ventajoso para el proveedor de servicio de la ingeniería. Nuevos términos se pusieron de moda como el costo fijo, llave en mano, y la ingeniería, la adquisición y la construcción (EPC). Mientras las diferencias entre estos tipos de proyectos pueden ser sutiles, la clave está en ser capaz de adaptar el diseño para satisfacer las diversas necesidades.

Un proyecto en el cual el propietario está de acuerdo con pagar una tarifa por hora que garantiza un beneficio justo para el proveedor de servicio, se dice que es un costo más para el proyecto. La tarifa cargada podría ser una cantidad compuesta por el sueldo del equipo de servicio, más los gastos y beneficios, o esto podría variar según salarios individuales con el proveedor de servicio presentando las hojas de tiempo. De cualquier manera, este tipo de proyectos implican un mínimo de riesgo al proveedor de servicio, que le permite hacer suposiciones razonables de las incógnitas durante el desarrollo del proceso y la estimación. Esto también elimina la necesidad de inflar los costos extras en la estimación para permitir tener contingencias de gran tamaño. Por lo tanto, el propietario está apto para recibir una estimación más exacta.

El proyecto de costo-extra generalmente no es otorgado como resultado de una evaluación de las ofertas, aunque hay excepciones. Más bien este tipo de proyecto es el más adecuado para que una relación de

dueño-proveedor dure muchos años. El costo extra promueve un ambiente de equipo entre el propietario y el proveedor de servicio, a diferencia del proyecto de costo fijo que casi garantiza una relación discutible. El costo extra alivia la presión de los proveedores de servicio para proteger el beneficio, asumiendo que las tasas están debidamente negociadas, su ganancia es protegida. Esto libera a los proveedores para concentrarse no sólo en la satisfacción y necesidades del cliente, sino también en sus propias preferencias durante el proceso de diseño y de construcción. Por lo tanto la ventaja para el cliente, es que conserva un alto grado de control durante la vida del proyecto.

El truco para un acuerdo de costo-extra es satisfacer la producción del cliente y el mantenimiento de grupos, por ser flexible en el diseño (que con frecuencia aumenta el costo del proyecto y su duración) simultáneamente satisfaciendo el presupuesto del equipo de administración del cliente y los requisitos del calendario.

Esta dicotomía le presenta al diseñador con requerimientos conflictivos, cada uno tendiendo a colocar límites sobre el otro. Es imprudente que el diseñador se enfoque en cualquiera de estos elementos a la exclusión de los demás.

Generalmente, el presupuesto o el programa son la fuerza motriz detrás del proyecto. Cualquiera que sea (y, sí, es con frecuencia ambos, aunque como hemos visto que los dos son mutuamente exclusivos a un grado), el cliente definirá las medidas que el proveedor debe cumplir. Un costo o el objetivo del programa serán puestos, y el proveedor tendrá la obligación de finalizar el proyecto dentro de un margen especificado. Si los acontecimientos hacen que esto sea imposible, o si se hace una petición de un grupo interno como el de mantenimiento que ponga el riesgo el proyecto, entonces el proveedor debe presentar la documentación en forma de un cambio de ingeniería en la que se explica la situación y estima el efecto. Un árbitro dentro de la organización del propietario entonces determinará el mejor camino para seguir.

Si hay exceso de gastos en un proyecto de costo-extra, el cliente está obligado a pagar los honorarios. Si el cliente no está de acuerdo con la situación, el proveedor tiene el incentivo de comprometerse para proteger la relación para futuros proyectos. A veces una faltante puede ser casi tan mala como un rebasamiento. El cliente gasta mucha energía en la asignación de recursos y probablemente vera mal los

que hacen esto difícil. Si una estimación pobre hace que el cliente innecesariamente retrase un proyecto importante, podría haber repercusiones.

3. Proyecto de costo fijo

Un proyecto de costo fijo es un proyecto en el cual el cliente se compromete a pagar una cantidad fija por un conjunto predefinido de productos y/o servicios. Es similar a un proyecto llave en mano, diferenciando sólo en el nivel de autoridad del cliente. Con la configuración de costo fijo, el cliente conservará una pequeña medida de control durante las fases de diseño y de construcción. Por ejemplo, si hay tres modos de hacer algo y cada uno es relativamente igual en términos de costo, entonces el cliente tiene el derecho de intervenir e influir en el diseño.

Un proyecto de costo fijo se concede generalmente como resultado de una evaluación de oferta. Típicamente el cliente revisa tres ofertas. El cliente proporciona a cada licitador paquetes idénticos de la información, o paquetes de oferta. El paquete de oferta es desarrollado durante la fase-uno (La fase uno de la ingeniería desarrolla el alcance del trabajo y produce especificaciones preliminares necesarias para permitir a los vendedores y ofertantes estimar de manera adecuada su porción del trabajo.) del proyecto y podría estar preparado por uno de los tres licitadores, o por una cuarta empresa a la que no se le permite ofrecer sobre el trabajo restante.

Un proyecto de costo fijo es empleado cuando el cliente quiere gastos predefinidos, lo que le ofrece varias ventajas. La ventaja principal es una mejor capacidad de asignar recursos. Eso también reduce el costo general. El proceso competitivo de oferta reduce el costo proveniente con lo cual el licitador más pequeño puede mejorar la asignación de tareas.

El cliente obtiene estos beneficios, pero pierde mucho control durante la ejecución del proyecto. Para presentar las ofertas de costo fijo, los licitadores (ofertantes) claramente definen los métodos y resultados que ellos piensan se ajustaran mejor al alcance de trabajo definido por el cliente. Este tipo de proyecto implica el máximo riesgo al proveedor de servicio, que debe conducir una investigación cuidadosa del sitio antes de plantear una oferta. Las incógnitas deben ser eliminadas en la mayor medida posible. Se debe emplear un juicio SAGE para “adivinar” las incógnitas que quedan. El truco es construir en un margen (contingencia) de seguridad suficiente para obtener un beneficio mientras se mantiene el costo suficientemente bajo para conseguir el trabajo.

Una vez que el cliente acepta una oferta, el proveedor de servicio no tiene ninguna obligación de ajustar los resultados o el método si puede ser demostrado que haciendo tal cosa afectará negativamente la capacidad del proveedor de obtener un beneficio. Si el cliente hace una petición que es fuera de los límites del proyecto en lo que concierne al alcance del trabajo, el proveedor de servicio tiene el derecho de rechazar la petición hasta que el cliente apruebe una orden de cambio de ingeniería.

El cambio incremental del alcance a veces es llamado “scope-creep”.

El proveedor de servicio debe estar siempre al tanto de administrar el cambio incremental de alcance. Esta postura defensiva por parte del proveedor a veces conduce a una relación problemática con el cliente. Es crítico que líneas de comunicación estén establecidas desde el principio y se mantengan durante todo el proceso. Un proyecto de costo fijo, si se maneja correctamente, puede ser el formato más eficiente y eficaz para ambas organizaciones.

4. Proyecto llave en mano

Un proyecto llave en mano es muy similar a un proyecto de costo fijo, salvo que el cliente no tiene decisión en el modo que se desarrolla el proyecto. La primera fase de ingeniería produce un paquete de ofertas que el proveedor de servicio suele utilizar para preparar una oferta y, una vez que se hace la asignación, para ejecutar el trabajo. La única obligación del proveedor de servicio una vez asignado el proyecto es cumplir con las especificaciones y agenda de la fase uno. Una vez que el proyecto es asignado, la intervención del cliente se reduce casi a nada.

5. Proyecto EPC

EPC es una sigla para la ingeniería, la consecución, y la construcción. Un proyecto de EPC es aquel en el cual el cliente designa a un contratista solo como punto de contacto. Este contratista es referido como "el Principal" y es el único participante del proyecto que es directamente pagado por el cliente. El Principal debe obtener las ofertas, asignar los contratos, y la supervisión necesaria para coordinar las actividades de todos los subcontratistas. En el principal recae toda la responsabilidad para el éxito del proyecto, asumiendo toda la responsabilidad desde la perspectiva del cliente. Para mantener una relación riesgo/recompensa, el principal puede esperar una rentabilidad más alta de la que normalmente obtendría.

A veces una empresa es grande y diversa para ofrecer una verdadera ventanilla única, proporcionando todos estos como elementos orgánicos.

6. Proyecto Híbrido

Un proyecto en particular puede presentar varias de las características de los distintos escenarios descritos anteriormente. Por ejemplo, la parte referente a la ingeniería del proyecto puede ser hecha en base a un costo extra, mientras la tarea de construcción como un contrato de costo fijo. El proveedor de servicios debe tener en cuenta todas las posibles permutaciones antes de presentar una oferta.

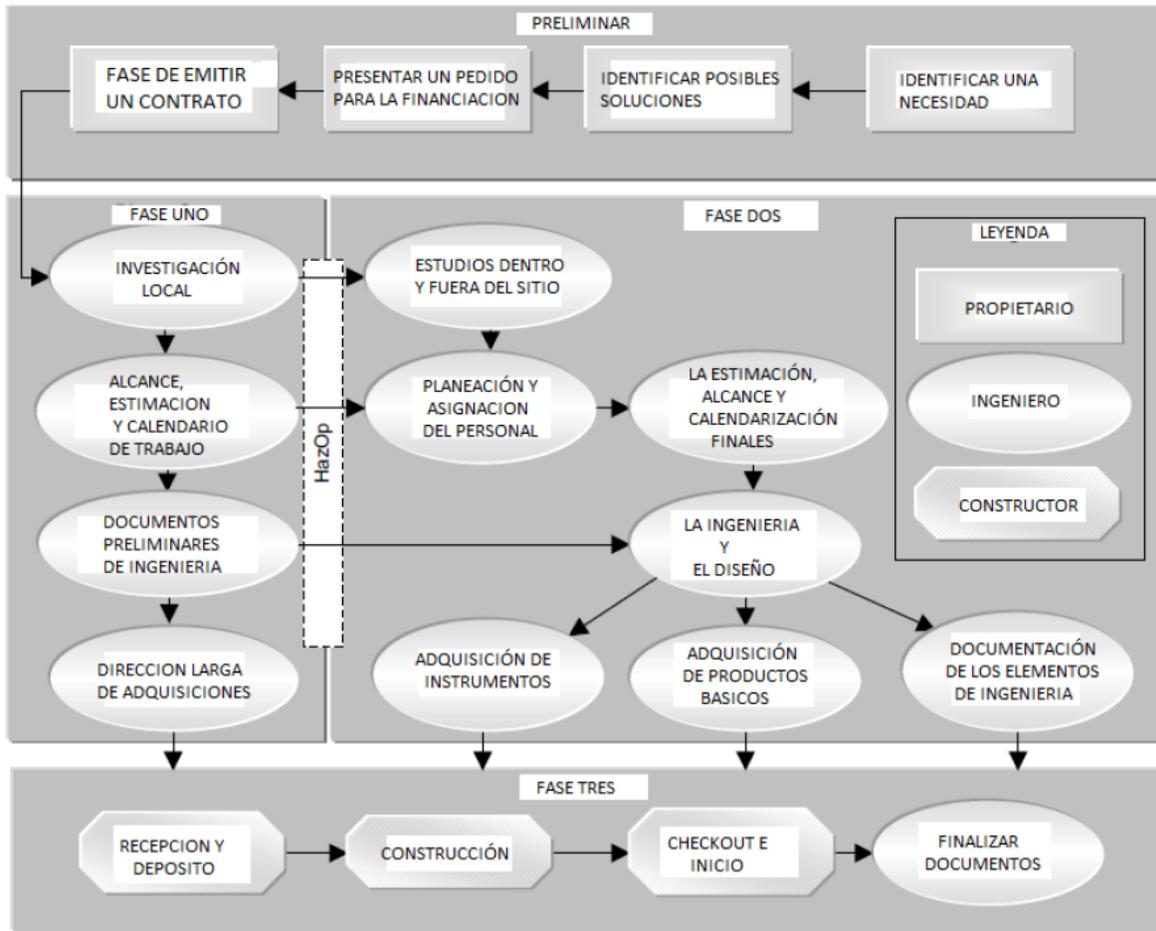
D. FLUJO DEL PROYECTO

No importa qué tipo de proyecto sea, puede ser costo fijo, llave en mano, o EPC, la mayoría de los proyectos industriales son similares en el modo en que son desarrollados y ejecutados. Primero debe haber un período de investigación, seguida por un período de ejecución de diseño, seguido de un período de construcción. La figura 1-4 muestra este ciclo.

1. PRELIMINAR: IDENTIFICACIÓN

Antes de que un proyecto sea construido, debe ser diseñado. Antes de que pueda ser diseñado, debe ser definido. Antes de cualquier participación externa, el usuario final generalmente un grupo de producción - debe primero identificar una necesidad y luego convencer la gerencia que dicha necesidad justifica gastos de capital. La gerencia entonces debe investigar y asegurarse de que su inversión dará frutos al final. Después de realizar esta evaluación, los fondos pueden ser asignados para un estudio interno. Debe seleccionarse un ingeniero o un especialista calificado para hacer el estudio y desarrollar la especificación de rendimiento. Todo esto y más deben ocurrir antes de que un proyecto por primera vez "salga a las calles. " Cada miembro del equipo del proyecto del cliente desempeña un papel en este proceso.

Figura 1-4. Flujo típico de un proyecto industrial



Esta sección explora un poco "del detrás de escenas" de las actividades que deben ocurrir para que un proyecto se haga realidad. En él se describen algunos de los procesos que deben ocurrir para iniciar un proyecto desde la perspectiva del cliente.

a. Identificar una Necesidad

Los proyectos con frecuencia comienzan en la planta de producción. Un problema tiene que ser fijado o un proceso tiene que ser aerodinamizado. Para tratar el tema, alguien debe aislar el problema y preparar una descripción escrita que detalle sus propiedades y efectos.

Algunas de las áreas que se toman en cuenta al describir los efectos son las siguientes:

- La seguridad del personal
- Tasa de producción
- La calidad del producto
- La fiabilidad de equipo
- Mantenimiento
- Operatividad

b. Identificar posibles soluciones

- **Analizar el problema**

Una vez que un problema ha sido identificado, entonces debe ser investigado y analizado para encontrar posibles soluciones. Con frecuencia los proveedores pueden ser de gran ayuda en esta tarea, ya que se hacen disponibles para evaluar la situación y recomendar posibles correcciones. Sin embargo, estas sugerencias deben utilizarse con cuidado ya que sus sugerencias no son siempre objetivas.

- **Estimar el costo**

Una estimación preliminar del costo probable debe ser sacada. De nuevo, esto se puede hacer mediante el aporte de los proveedores, o tal vez en consulta con una compañía de ingeniería.

c. Presentar un anteproyecto de ingeniería para la Solicitud de Financiamiento.

El problema y su posible solución deben ser presentados a la administración para su análisis. Asumiendo una respuesta positiva de la administración, la financiación será asignada para una primera fase del estudio.

d. Cuestión de la Fase Uno Solicitud de Oferta y Seleccionar el Contratista

- **Redactar un pliego de condiciones del proyecto**

El pliego de condiciones del proyecto debe describir claramente los objetivos de proyecto. Debe proporcionar información suficiente para que alguien prepare una oferta razonablemente exacta con un mínimo de gastos. La siguiente información debe ser discutida en el pliego de condiciones:

1. Dibujos existentes

Si los dibujos pertinentes están disponibles, estos deben ser referenciados o incluidos en el paquete de especificaciones.

2. Especificaciones de rendimiento del equipo

Criterios de rendimiento para cada equipo deben ser detallados como datos específicos de rendimiento. Por ejemplo, si el objetivo del proyecto es incrementar el flujo del producto, a continuación las tasas de flujo actual y flujo deseado deben ser proporcionados, y cualquier equipo relacionado con el flujo de producto deberán ser compatibles con el nuevo flujo.

3. Los criterios de rendimiento del proveedor de servicios

Criterios de rendimiento del Proveedor de servicios deberán ser detallados en el pliego de condiciones del proyecto.

Lo siguiente son ejemplos de cuestiones que deberán abordarse en los criterios:

¿Cómo deben ser los documentos de transmisión?

- a. ¿Qué medios deben utilizarse para preparar los documentos? ¿CADD? ¿Manual?
- b. ¿Qué normas de diseño deben ser atendidas? ¿NFPA? ¿NEC? ¿Interna?
- c. ¿Cuál es el horario calendario deseado?
- d. ¿Qué resultados específicos se espera?

4. Lista de proveedores aprobados

Una lista de proveedores debe ser proporcionada para asegurar al contratista los pedidos del equipo que sea compatible con sistemas existentes para los cuales las piezas de repuesto estén disponibles.

5. Seguridad

Toda la información sobre seguridad pertinente al contratista debe incluirse en el pliego de condiciones, especialmente si los requisitos harán que el proveedor de servicio pueda incurrir en costo adicional. Cuestiones de acceso a la planta también deben ser discutidas.

- **Seleccionar al contratista de ingeniería de la fase uno**

1. Publicar las especificaciones del proyecto.

El pliego de condiciones del proyecto debe estar disponible a cualquier proveedor de servicios de ingeniería interesados en el proyecto. Estos proveedores de servicios analizarán el documento. Invariablemente, ellos harán investigaciones para la ampliación. El cliente debe asegurarse de que cualquier respuesta sea publicada oficialmente para cada uno de los posibles licitadores de modo que todos tengan la misma información a partir de la cual se trabajara.

2. Llevar a cabo la orientación del proyecto.

Después de que varios posibles proveedores de servicio han expresado su interés de participar en el proyecto, deberá ser sostenida una reunión de orientación. Todos los posibles proveedores deben ser invitados y se les deben dar paquetes idénticos de la información y un recorrido por el sitio. Se deben establecer normas y líneas de comunicación. Los criterios para la evaluación de oferta deberían discutidos en detalle.

3. Evaluar las ofertas

Evaluar las ofertas en base a los criterios presentados en la reunión de orientación. Si las ofertas no cumplen con las expectativas, se puede dar la ampliación y revisar las ofertas aceptadas, a condición de que a todos los participantes se les de la misma oportunidad. En algunos casos, las especificaciones del proyecto tendrán que ser revisadas y el proceso de oferta repetido.

4. Otorgar el contrato de la fase uno

Otorgar el contrato para el estudio de la fase uno basado en criterios antes definidos.

Los siguientes son algunos de los posibles criterios a considerar:

- a. Experiencia previa en proyectos similares
- b. Costo estimado del proyecto y calendario de pago
- c. Programación del proyecto propuesto

- **Iniciar fase uno de ingeniería**

Frecuentemente se contrata una empresa de ingeniería para hacer el trabajo preliminar que a veces es referido como la fase uno de ingeniería. Este es el primer paso formal en el proceso de ingeniería. El círculo de participantes debe ampliarse tanto como sea necesario para efectuar un estudio razonable que eliminará la mayor cantidad posible de incógnitas. El producto final de este esfuerzo es una serie de documentos conceptuales que convierten en el fundamento del proyecto.

En breve el usuario final primero identifica un defecto en el proceso y prevé una “corrección” razonable. A continuación se prepara el documento que describe el problema y sus efectos negativos sobre la producción y/o la seguridad. Este documento se evalúa internamente por la alta gerencia. Si se encuentra que el asunto tiene mérito, entonces se consignarán algunos fondos para llevar a cabo un estudio interno formal. Los resultados del estudio serán evaluados para ver si es meritorio hacer gastos adicionales. Si la auditoría interna muestra la posibilidad de buenos resultados -tal como se define por la relación costo/beneficio- entonces pueden ser aprobados más fondos para contratar una empresa de ingeniería externa para hacer un estudio de fase uno y desarrollar algunos documentos preliminares y especificaciones de ingeniería. El estudio es después evaluado y se realiza otro análisis costo/beneficio. Si este análisis es positivo, entonces el proyecto se convierte en “real” en términos de servicios de ingeniería en general.

Este proceso se ha desarrollado como la mejor manera de reducir el riesgo financiero del cliente. Las revisiones del proyecto entre todos los grupos involucrados actúan como un chequeo y balance para asegurar que las necesidades del proyecto de un grupo no sobrepasan las necesidades de presupuesto de otros. En cualquier momento, el proyecto puede ser colocado en espera mientras se realiza un análisis adicional. Si el mercado es particularmente inestable, la relación costo/beneficio podría cambiar drásticamente durante el proceso de evaluación. Un proyecto inicialmente luce bien no puede ser costo/efectivo tres meses más tarde después de que el mercado para el producto se vuelve áspero. Si esto ocurre, entonces los productos generados durante el estudio de la fase uno probablemente podrían ser utilizados más tarde.

2. PRIMERA FASE: INVESTIGACIÓN

El primer paso en la ejecución de un proyecto es llamado estudio de fase-uno. Esto es un paso en el cual se establece un pequeño fondo para ayudar a determinar la viabilidad de continuar con la fase dos. El objetivo del estudio es eliminar incógnitas hasta que la premisa del proyecto sea aprobada o refutada. Por lo general, a esta fase le sigue un período de evaluación para evaluar la situación antes de que fondos adicionales sean comprometidos.

El objetivo principal de la fase uno no es la producción de documentos, aunque alguna documentación es producida. Más bien esta fase del proyecto está dedicada a una investigación que revelará el número real de elementos que serán manejados, la cantidad de tiempo que se necesitara para producir el paquete de diseño, el costo de mano de obra de ingeniería, y un costo total de instalación para el proyecto. A menudo se presentan tabulaciones, narraciones, y bosquejos como resultados en esta fase.

Muchos documentos que se inician aquí son completados en la fase dos. Como se indico anteriormente en la figura 1-4 la fase uno es una secuencia de cuatro pasos.

a. Walkdown-Ejecución de una evaluación del sitio

La mayoría de los proyectos, ya sea que se requiera o no la fase uno de estudio, comienzan con una inspección en el lugar. Estas evaluaciones, llamadas walkdowns, sirven para tres propósitos principales y familiarizar al equipo de diseño con el sitio:

- Para permitir al diseño combinan actuar recíprocamente con el mantenimiento y el personal de operaciones que tarde o temprano tendrá que tomar la propiedad del sistema siendo diseñado.
- Para permitir que el equipo de diseño interaccione con el personal de mantenimiento y el personal de operaciones que con el tiempo han de tener la propiedad del sistema que está siendo diseñado.
- Para permitir que el equipo de diseño obtenga información visual y táctil que con frecuencia no está disponible por otros medios.

En proyectos de "campo verde", donde todo es nuevo, la necesidad de walkdowns es mínima.

Pero, en la mayoría de los casos, si el walkdown del sitio se omite, se hace en perjuicio del grupo de diseño. Los diseñadores que se basan en dibujos existentes y rumores como la base para el diseño a veces son sorprendidos por un proyecto fallido. Con frecuencia, el equipo de diseño esta fuera del sitio y debe viajar para ejecutar el walkdown. Los viajes tienen un costo indirecto inherente que es fácilmente subestimado. Sin embargo, el costo debe ser considerado como una prima de seguro para proteger frente a circunstancias imprevistas.

Para un proyecto del tipo adaptación, un walkdown debería como mínimo incluir una evaluación del diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID) en la cual cada instrumento sea localizado en un P&ID. Si un conjunto de P&IDs puede ser validado, entonces puede ser finalizada la lista del instrumento y de las entradas/salidas (E/S). La estimación presupuestaria puede ser validada y publicada nuevamente como una estimación detallada. El alcance del trabajo puede ser finalizado y el calendario del proyecto actualizado. Pero, hasta que los P&IDs sean verificados en campo, el nivel de incertidumbre permanecerá alto.

La evaluación que se inicia en el sitio sustentara evaluaciones más profundas que se realizaran en la fase dos.

b. El alcance, la estimación y el calendario del trabajo

La evaluación del sitio local descrita anteriormente proporciona una referencia de que diseño puede ser aplicado. Una vez que la situación del lugar es conocida, el proveedor puede comenzar a desarrollar los productos que satisfagan los objetivos del proyecto.

Primero, un alcance de trabajo debe ser desarrollado. El alcance del trabajo comienza con la especificación general del cliente. Cada disciplina de ingeniería extrae la información de aquella especificación y desarrolla su propio alcance de trabajo desde su perspectiva única. Este documento describe la situación de referencia, el resultado final deseado, y en general las actividades que se requerirán para lograr el cambio.

Todos estos documentos serán compilados dentro del alcance del trabajo. Será mejor mediante la adición de detalles de cómo el proyecto en su conjunto tendrá que ser ejecutado, incluyendo una lista más exacta de los resultados de las tareas.

Después de que el alcance de trabajo está completo, una estructura de interrupción de trabajo (WBS) entonces puede ser creada. El WBS proporciona una estrategia detallada y tareas orientadas para la ejecución del proyecto, desglosados por disciplina. Esto se convierte en el programa del proyecto.

c. Documentos preliminares de ingeniería

Varios documentos son generados durante la fase uno del estudio. Estos productos son usados como la base para la fase dos para las tareas de ingeniería y de diseño. Tales documentos incluyen, pero no son limitados a lo siguiente:

- El calor y el balance de materiales (SMA).
- El diagrama de flujo del proceso (PFD).
- Diagramas de tuberías y de instrumentación (P & ID).
- Redes de comunicación de una sola línea.
- Anteproyecto de leyes de los materiales.
- Estudios, tales como el de distribución de energía, capacidad de aire del instrumento y servicios de proceso.
- Instrumento y listas de E / S.

Cada uno de estos está sujeto a cambios durante la fase dos. Por ejemplo, los cambios de desarrollo del diseño es casi seguro que forzarán modificaciones P & ID, que se sentirán en todo el paquete. Debe ser construida dentro de lo estimado y el programa debe contar con suficiente holgura para acomodar el ajuste normal que ocurriría como resultado del desarrollo del diseño.

d. Estudio de operabilidad y riesgo PHA/ARP

Después de que el proceso de producción es definido a un grado bastante alto, pero antes de que detalle de diseño haya comenzado, el sistema previsto debería ser analizado para la operabilidad y la seguridad. Los intereses de operabilidad se relacionan con lo esencial, tal vez por la racionalización del proceso, sino también a la seguridad mediante la definición de los procedimientos de operación segura. Las cuestiones de seguridad que deberían ser analizadas comienzan con varias materias primas que se señalan en el sitio. El manejo y procedimientos de almacenaje deberían ser hablados y puestos en

práctica. La seguridad de personal debería ser analizada para cada área de la planta. Finalmente, la producción y la distribución del producto final deben ser analizadas.

Este análisis debe ser exhaustivo y completo. El tiempo gastado será más que recuperado por las mejoras que pasarán. Para sacar el mayor provecho de esto, el análisis debe de ser un esfuerzo de equipo, incluyendo a los representantes de cada departamento que son afectados por el proyecto. Finalmente, la dirección debe comprometerse con un esfuerzo razonable para poner en práctica las sugerencias, de lo contrario, todo es una pérdida de tiempo.

Un enfoque sistemático para llevar a cabo esta investigación existe. Le llaman estudio de operabilidad y riesgo, o HazOp. Un HazOp proporciona una estructura para analizar cada elemento de la instalación del proceso. Esta estructura es en forma de una lista que presenta una serie de los estados del proceso. Cada estado de la lista es un estado deseado. La serie de estados catalogados en el HazOp y Hazan5 por Trevor Kletz es así:

- Ninguno
- Más de
- Menos de
- Parte de
- Más de (o además de)
- Otros que

¿Por ejemplo, analizando la presión en un recipiente, ¿Qué pasa si la presión detectada es cero o es negativa? ¿Qué pasa si hay más presión que la deseada? ¿O menos? ¿Qué pasa si la presión se desvía del punto de ajuste (menos de o más de)? ¿Cómo podrían ocurrir cualquiera de estas desviaciones, y qué se debe esperar que el operador haga para responder? ¿Qué acciones automáticas debería tomar el sistema de control? Por último, ¿Qué otra cosa si se hace (otros)?

Cada una de estas preguntas se deben hacer, y a cada miembro del equipo se le debe permitir realizar aportaciones. Cada pregunta y respuesta deben ser registradas, junto con cualquier medida correctiva que se define.

El HazOp es una sesión de lluvia de ideas estructurada. De libre discusión de los temas. Se debe alentar dentro de los límites establecidos por el facilitador. Para obtener más información sobre este tema, HazOp y Kletz Hazan son un recurso excelente.

e. Dirección larga de adquisiciones

Con frecuencia, hay artículos que deben adquirirse pronto para estar disponibles cuando sea necesario. Equipos grandes o complicados entran en esta categoría. Los artículos que no se pueden adquirir " del anaquel " deberían ser considerados artículos potenciales o "dirección de larga adquisición" de los elementos". Tales artículos deberán ser controlados por los tiempos de rotación de los proveedores. Si el tiempo de rotación es de una longitud suficiente se puede poner en peligro el calendario del proyecto, entonces deberán ordenar aquel artículo tan pronto como sea posible. Todas las demás adquisiciones deberán aplazarse hasta la última parte de la fase dos para reducir los costos de almacenamiento.

En los artículos de dirección larga de adquisiciones se incluyen analizadores, los recipientes de presión y sistemas de pesaje de alimentación, por nombrar unos pocos. Estos artículos deben ser fabricados para cumplir una especificación y son de una complejidad que exige un largo tiempo de permanencia en la fábrica. Muchas veces, una prueba de aceptación en la fábrica debe hacerse antes de la expedición con la posibilidad de retrasos adicionales después de la prueba.

La fase un estudio de ingeniería es a veces formal, a veces no. Muchas veces, dependiendo del cliente, no hay ninguna línea divisoria clara entre la fase uno y la fase dos. Sin embargo, la mayor parte de la investigación que ha sido descrita aquí tendrá que ser hecha si los resultados son entregados como "un estudio" o si los resultados se introducen en la agitación fauces de la fase dos de la máquina de producción. El éxito o el fracaso de un proyecto con frecuencia se remontan a la investigación inicial del trabajo que fue o no fue hecha al principio.

3. FASE DOS: EJECUCIÓN

Después de que la primera fase ha sido evaluada y los objetivos de proyecto han sido confirmados como factibles, los fondos para la ejecución final del diseño son liberados. El objetivo de la fase dos es preparar la documentación que va a:

- Facilitar la construcción (fases tres)
- Facilita el mantenimiento de la instalación a largo plazo
- Proporciona la documentación adecuada para la recuperación de desastres y entrenamientos futuros.

La fase dos se basa en los productos de la fase uno. Cada información que fue desarrollada en la fase uno es refinada en la fase dos. El orden normal de ejecución de la fase dos es:

a. Estudios dentro y fuera del sitio

La investigación dentro del sitio llevada a cabo durante la fase uno se convierte en la base para fomentar evaluaciones en la fase dos. Los proveedores son consultados para confirmar la hipótesis, y visitas posibles ocurren para seguir las pistas obtenidas anteriormente. La información recopilada durante este período será evaluada en relación con el alcance y el impacto al calendario.

b. La Estimación, alcance y calendarización finales

Cualquier resultado del estudio de fase dos es evaluado por su efecto sobre el alcance y el calendario. Los cambios tienen que ser laminados dentro de la WBS.* Si los resultados son significativos, entonces la estimación puede necesitar modificaciones.

c. Planeación y asignación del personal

Después de que la WBS y la calendarización han finalizado, se pueden hacer arreglos en la asignación final del personal. La estructura del equipo de diseño debe tener en cuenta la estructura del proyecto definida por el WBS.

d. La ingeniería y el diseño

La fase "de producción" del proyecto comienza cuando el equipo de diseño es montado. La gama de productos de diseño es descrita más adelante en este capítulo.

e. Adquisiciones

Varias actividades de compra se producen durante la última parte de la fase dos. Los tiempos de entrega deben ser considerados con respecto a los tiempos de los pedidos. En general, las actividades de adquisición son:

- **Adquisición de equipos e instrumentos**

Esta categoría cubre los artículos que deben ser especificados por separado. Tales artículos con frecuencia son manufacturados "a la orden" y necesitan un poco más tiempo de tiempo que los artículos "disponibles". Estos artículos también deben ser manejados de manera diferente cuando son recibidos en el sitio, ya que son clasificados como artículos "de uso específico". De ser posible, estos deben llegar desde los proveedores ya calibrados y etiquetados.

- **Adquisición de productos básicos**

Esta categoría cubre los artículos que son considerados disponibles, que se compran al por mayor para uso general. Tales artículos incluyen el cable, los conductos, los componentes de terminación, tubería, accesorios para la tubería, y accesorios de montaje.

f. Documentación de los elementos de la fase dos de ingeniería

La actividad final de ingeniería en la fase dos es la expedición de los documentos para la Construcción. La administración de documentos es una evolución importante en toda la vida del proyecto, pero es crítico en este momento. El equipo de diseño siempre debe saber la versión del dibujo que ha expedido sobre el terreno para ser capaz de proporcionar un apoyo durante la fase tres. Las actividades de la fase tres seguramente forzarán a hacer revisiones a los paquetes de documentos. Las disposiciones deben ser realizadas durante la fase dos para acomodar esos cambios. Es esencial tener bien diseñado un sistema de control de documentos

La fase dos es " el piso de producción " del proceso de ingeniería. En el momento en el que las tareas de la fase dos han sido completadas, la mayoría de las incógnitas en el proyecto deberían haber sido eliminadas. La fase dos, entonces, es un proceso de verificación y generación de un producto. Un conjunto de productos y servicios de ingeniería han sido derivados al tiempo que satisface todos los requisitos mencionados anteriormente. Estos resultados se discuten más adelante en este capítulo.

4. FASE TRES: CONSTRUCCIÓN Y COMISIONAMIENTO

El paso final en la ejecución de un proyecto es la construcción, o fase tres. Esta es la fase en la cual el diseño es puesto en práctica. El constructor asume aquí el papel principal, con el apoyo del equipo de diseño de ingeniería. Con frecuencia, un enlace de ingeniería se asigna para proporcionar soporte técnico cercano al constructor y para anticipar los problemas que se desarrollan antes de que haya un paro de trabajo.

La fase de construcción se divide en cuatro grandes tareas principales como se mostro antes en la Figura 1-4.

a. Recepción

Conforme el equipo va llegando al sitio, es manejado por el departamento de recepción del cliente o por el constructor. En cualquier caso, la gestión de almacenes es una consideración importante.

Cada artículo es recibido, debe ser inspeccionado para el daño, registrado, etiquetado, y almacenado.

El constructor es particularmente vulnerable a las malas prácticas de administración en esta área. Si está en el alcance del constructor manejar el material, debe hacerse de la manera más eficiente posible, probablemente bajo condiciones no ideales. El almacenaje es a veces un asunto improvisado o una infraestructura inexistente. Para componer el problema, la capacidad del constructor de obtener un método eficaz de almacenamiento y desembolso puede ser limitada por la información mal organizada, proporcionada por un equipo de diseño que no previo sus problemas.

b. La construcción

La fase de construcción con frecuencia se superpone a las actividades de la fase dos por algún margen, la construcción comienza cuando las tareas de diseños están completas. Durante este tiempo, las

necesidades del constructor ascienden en la importancia sobre las necesidades de diseño. La suspensión del trabajo debe ser evitada cueste lo que cueste, incluso hasta el punto de detener el trabajo remanente de la fase dos para concentrarse en los problemas de la fase tres.

c. Pedido e inicio

El pedido e inicio requieren un esfuerzo de equipo que incluye al cliente, así como al equipo de diseño y al equipo de construcción.

Pedido (golpe y carrera)

Cada elemento instalado debe ser verificado para una adecuada instalación. A veces llamada fase de "golpe y carrera", el chequeo debe ejercitar cada elemento para demostrar una adecuada operación. Si el elemento es controlado por controlador lógico programable (PLC) o un sistema de control distribuido (DCS), entonces la acción debería ser iniciada ahí, y cualquier alimentación de regeneración esperada debería ser verificada en la interfaz del operador. Las alarmas deben ser accionadas, y las secuencias de seguridad deben ser evaluadas para su adecuada operación.

Para hacer esto de manera adecuada y documentada, debería generarse un procedimiento de verificación. Utilizando la base de datos del instrumento y una lista de entradas/salidas (E/S) como base, se puede producir una lista de control que hará a este un proceso organizado y verificable. Una lista de verificación de inicio se muestra en la Tabla 1-1.

Tabla 1-1. Reporte de lectura de inicio

REPORTE DE LECTURA DE INICIO							
INSTALACIÓN							SUMA
TAG	MONTADO	CABLEADO	ENTUBADO	SONADO	LOCAL	REMOTO	
PT-10	1	1	1	1	1	1	100%
PT-11	1	1	1	1	NA		67%
PT-12	1		1				33%
LT-15							0%
PCV-10	1	1					33%
HV-11							0%

Inicio

El inicio debe estar bien organizado y debe ser secuencial. Se recomienda usar un procedimiento de inicio formal. El procedimiento debe incluir una secuencia de acciones a tomar y debería describir la respuesta esperada del sistema en cada paso. Debe proporcionarse un medio para el término de confirmación. El comportamiento del sistema en cada paso debe ser entendido en su totalidad antes del proceder con el siguiente paso, y el propio procedimiento debe ser aprobado por el propietario mucho antes de su ejecución.

d. Finalizar la documentación

En la conclusión de la fase de construcción (que incluye la comprobación y el arranque), el juego de documentos de construcción tiene que ser reintegrados en el diseño original. Las marcas sobrepuestas que ocurrieron debido a los ajustes de construcción deben ser transcritas en el paquete de diseño original. Esto a veces causa un efecto de onda que puede causar un gran problema al tener que rehacer la parte de diseño en equipo. Sin embargo, estos cambios podrían ser críticos para el departamento de mantenimiento y perjudicarían la imagen de equipo de diseño, si no se corrigen.

Es por eso que es necesario un entendimiento completo de cada prestación de ingeniería. Si un documento es de construcción, la actualización es menos importante que si el documento es una prestación que será necesaria para un archivo de proyecto o para el adecuado mantenimiento de las instalaciones.

Como hemos visto, la fase tres de divide tiene un componente de ingeniería y un componente de construcción. El equipo de ingeniería regresa a un papel de apoyo durante esta parte del proyecto. Las tareas de apoyo para la construcción consumen la mayor parte del enfoque de la ingeniería durante este tiempo.

Algunas otras actividades de ingeniería que se pueden seguir en esta fase son la ejecución de pruebas de aceptación en la fábrica, interacción con los proveedores, y el entrenamiento en el sitio. En la conclusión de la fase de construcción, un período de chequeo y de inicio podría requerir el apoyo de la ingeniería.

Sin embargo en la fase tres es predominantemente el dominio del constructor. El recibimiento, el almacenamiento, la fabricación, la construcción, la comprobación y el inicio son las tareas prioritarias

durante este tiempo. En la conclusión del proyecto, el constructor debe regresar los planos al ingeniero para que todos los documentos puedan ser finalizados.

E. ENTREGA DEL PROYECTO

Como se señaló anteriormente, varios productos comenzados en la fase uno son completados en la fase dos. La figura 5 representa el flujo común de un proyecto de carácter multidisciplinar de diseño de proceso químicos desde el punto de vista del departamento de instrumentación. El flujo de proyecto para otras industrias podría variar ligeramente, pero en general el proceso es similar.

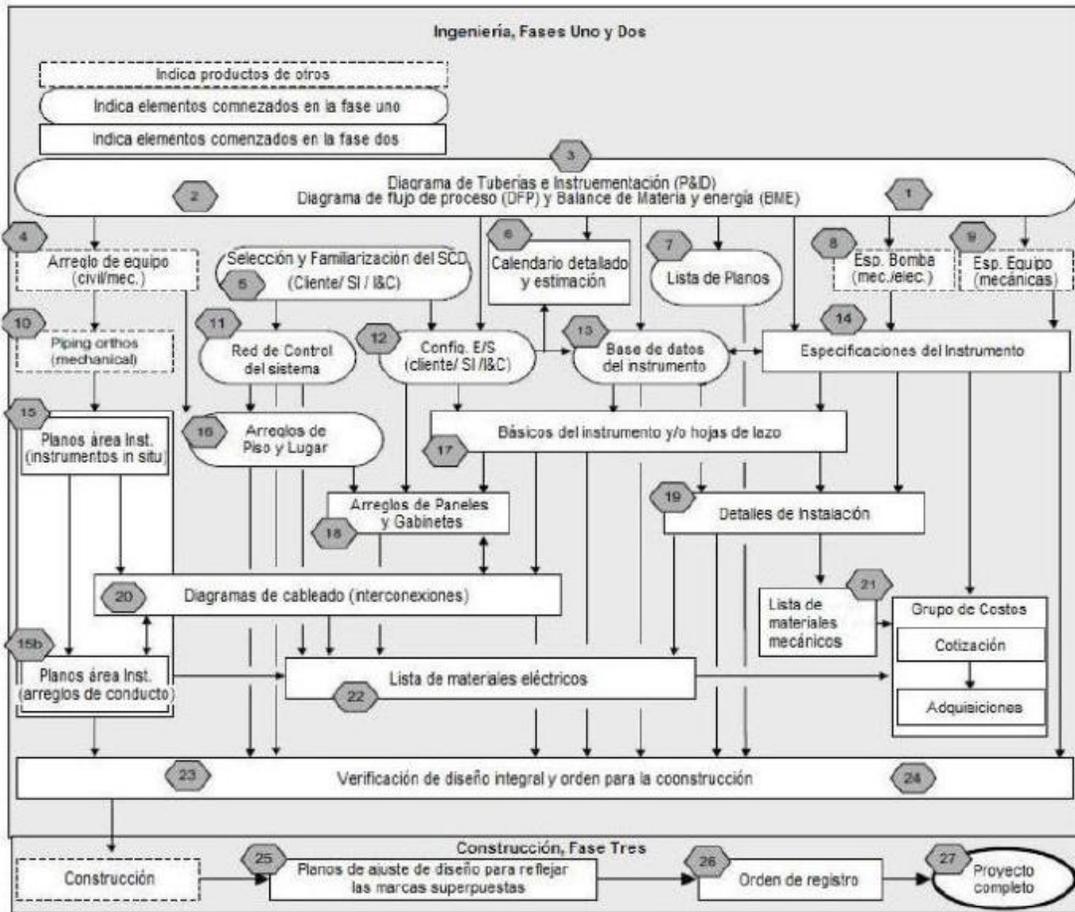
Este diagrama nos muestra gráficamente la importancia del P&ID para el diseño de procesos de I&C. La familia de P&ID es en última instancia la base para todo paquete de diseño de I&C. Esto es un registro viviente del sistema de control a partir de los elementos de detección (sensores) a través de un sistema computacional hacia los elementos finales de control.

Lo siguiente es una breve descripción de los diferentes productos y servicios representados en el diagrama.

1. Diagrama de flujo del proceso.

Típicamente, el propietario produce el diagrama de flujos del proceso (PFD), aunque a veces una empresa de ingeniería es requerida para generarla como parte de la fase uno del proceso de ingeniería. Es un esquema simplificado del sistema de configuración mecánica. Por ejemplo, un tanque es conectado a una bomba que es conectada a otro tanque. Pocos detalles son proporcionados en cuanto a tamaños de tubo o tanque, y prácticamente ninguna instrumentación es representada. Esta es la base para la hoja de calor y equilibrio del material (HMB).

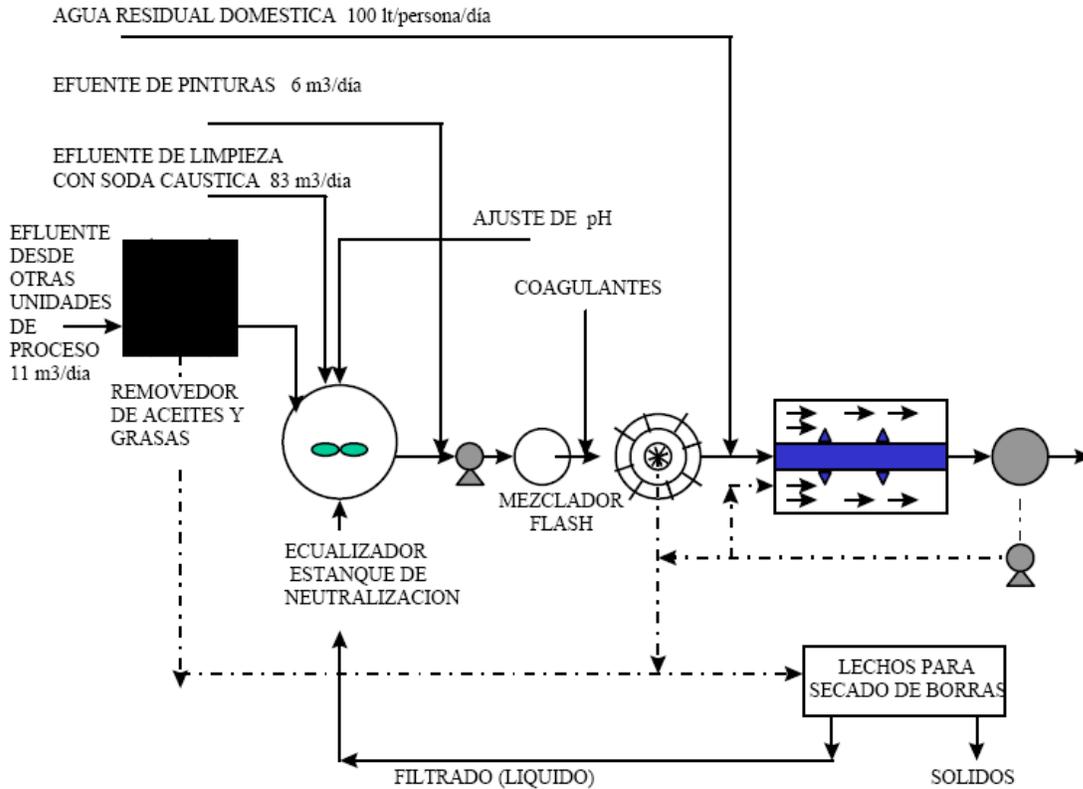
Figura 1-5. Diagrama de flujo típico de un proyecto de I&C



2. balance de materia Y ENERGIA

La hoja de calor y balance del material (HMB) es gráficamente similar a la del (PFD), excepto que el HMB posee información adicional física del proyecto. El dibujo comienza como un PFD con la exposición de los artículos principales del equipo y la tubería que los une. Las cargas de calor, los rendimientos, y los gastos de energía son calculados y anotados en el documento. Las materias primas previstas son mostradas también. La ingeniería interna a veces genera este juego de documentos, como confidencial o como información secreta que será presentada. Como resultado el HMB es frecuentemente considerado “clasificado” e incluso a veces no se da a la firma de ingenieros de diseño. Si el proyecto es aprobado, la HMB se convierte en la base para el P & ID.

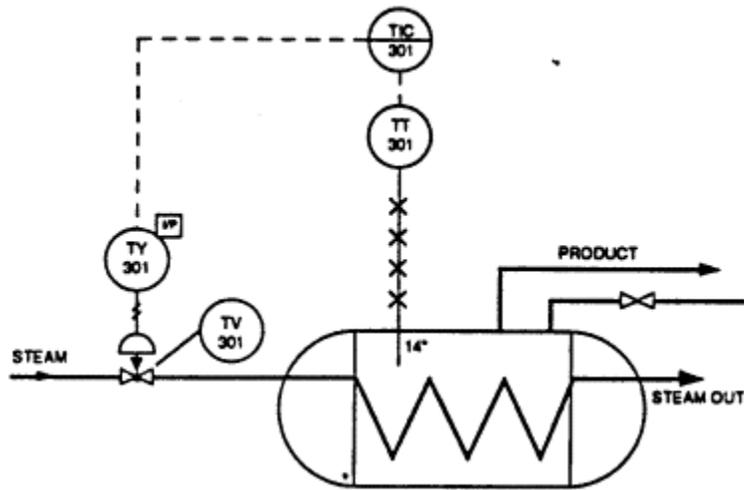
Figura 1-6. Diagrama de balance de materia y calor



3. Diagrama de tubería e instrumentación (P&ID)

El diagrama de tubería e instrumentación es generado directamente del PFD. El P&ID es un producto multidisciplinario, que es típicamente la responsabilidad primaria del departamento de ingeniería de proceso, pero es compartido por el mecánico, eléctrico, y departamentos de instrumentación también. Esto es un documento de trabajo que es continuamente actualizado cuando el nuevo entendimiento del proceso se desarrolla. Este proporciona los detalles de la tubería, en la forma y tamaño del tubo y muestra accesorios de tubería como: uniones de extensión, doblar mangueras, cegar rebordes, y ruptura de discos. Esto proporciona la información del instrumento, en la forma de instrumento "burbujas" para indicar transmisores de nivel, interruptores de flujo, y otros por el estilo. Esto proporciona alguna indicación de operatividad, mostrando interruptores de mano, luces de indicador, medidas, vista de nivel de tanque, y puntos de indicación entre otros artículos. También indica elementos de lógica de control importantes mostrando funciones y dispositivos de seguridad interconectados de la computadora.

Figura 1-7. Fragmento de DTI



4. Arreglos de equipo

Los dibujos de arreglo de equipo son los resultados de construcción producidos por los grupos mecánicos y civiles. La base de estos dibujos son los dibujos civiles/estructurales. El departamento mecánico entonces comienza a colocar los pedazos principales del equipo en el plano, teniendo presente el acceso a rutas, exigencias de código de construcción, consideraciones de peso, etc. Estos dibujos serán la base para los dibujos de arreglos de tubería detallados (ortografía de tubería) y por último los proyectos de área de instrumento.

5. Selección/Familiarización de DCS

La selección de un sistema de control es una de las consideraciones principales para los clientes. Ellos a veces solicitarán la ayuda del ingeniero de diseño o de terceros integradores de sistemas. Sin embargo el sistema es seleccionado, esta es la decisión que el cliente tiene que hacer. Una vez que la decisión es tomada, la firma de ingeniería de diseño se debe familiarizar con ello. De esta orientación de fase, un dibujo es producido mostrando interconexiones básicas del sistema y detalles de red. Cuando este entendimiento de sistema es desarrollado, es integrado con el P&IDs para desarrollar una configuración de entrada - salida que por su parte es usada para desarrollar diagramas de cableado elementales y generar una estimación detallada.

6. Programa y detalles de estimación

Los P&IDs y las listas de entrada - salida son generalmente producidos durante una parte de la fase uno del proceso de ingeniería. El objetivo de fase uno es desarrollar la información suficiente para apoyar una estimación conveniente para ofertas afines, considerar lo bastante exacto para asignaciones presupuestarias finales y la selección de abastecedores de servicio de ingeniería. Los clientes por lo general abren el proyecto para ofrecer en este punto, obteniendo ofertas de diferentes proveedores que han usado el material de la fase uno para producir una estimación detallada. Los clientes entonces comparan las ofertas exteriores a su propia estimación y luego seleccionan al proveedor de ingeniería que se adapte mejor a sus necesidades.

7. Lista de dibujos

La dirección del documento es muy importante, y puede consumir mucho tiempo. Cientos de documentos podrían ser nuevamente generados. Cientos podrían ser ordenados modificar por el cliente. La dirección de los documentos y su seguimiento activo de la revisión y la disposición puede ser la tarea principal. La lista de dibujo así mismo es con frecuencia un diseño entregable sobre la finalización del proyecto.

8. Especificaciones de la bomba **EQUIPO ELECTRICO**

Generalmente, el grupo mecánico y el eléctrico forman un equipo para producir las especificaciones de la bomba. La mayor parte de las bombas son motorizadas, lo que implica al departamento eléctrico.

9. Especificaciones del equipo **PROCESO**

Generalmente, el equipo de proceso es especificado por el grupo de ingeniería mecánica. Ellos, o el grupo de ingeniería de proceso, especificarán recipientes; los sistemas de calefacción, ventilación, y aire acondicionado (HVAC); sopladores; intercambiadores de calor, etcétera.

10. Dibujos ISOMETRICOS de Tuberías

Los dibujos ortográficos de tuberías (orthos) son los resultados de construcción producidos por el departamento de ingeniería mecánica. Estos son dibujos a escala, detallan el diseño de tubería. Éstos son a veces referidos como planos de tubería, aunque el paquete de dibujo contenga ambos planos (vista superior) y elevaciones (vista lateral). Los instrumentos que deben ser conectados en línea son representados, entonces el ingeniero en instrumentación debe estar listo para proporcionar brida a brida las dimensiones de los instrumentos en línea.

11. Dibujos de interconexión del Sistema de Control

Un dibujo de interconexión del sistema de control es un resultado de ingeniería producido por el DCS selección/familiarización del proceso. Esto representa los componentes principales del sistema de control y como están conectados.

12. Configuración de Entradas Y SALIDAS – salida (I/O)

La configuración de entrada - salida no es un resultado por si solo. Sin embargo, esto es usado para apoyar otras funciones resultantes. La configuración de entrada - salida es una lista de puntos de entrada - salida organizados alrededor de las características del sistema de control. La materia prima de esta lista es generada del P&IDs. **EL DTI INICIQL INCLUYE** todas las señales del instrumento representadas en el P&IDs entran en una lista. Las señales clasificadas según su tipo (por ejemplo: entradas digitales, salidas digitales, entradas análogas, salidas análogas, RTDs) y luego entran al sistema en una tabla o en la base de datos. Estos puntos de entrada - salida pueden ser clasificados adelante por sus posiciones relativas en el proceso o por sus posiciones físicas en el suelo. Estos recuentos son comparados con la arquitectura del sistema de control para determinar los números de módulos de entrada - salida que deben ser comprados, y, por la extensión, los números de dibujos elementales que podrían ser necesarios. Esta base de datos se hace la base para la base de datos principal del instrumento.

13. Base de datos de INSTRUMENTACION

O BQSE SE DATOS PARA EL SISTEMA DE CONTROL

La base de datos es un instrumento clave para una buena Administración de proceso de diseño. La base de datos, debe estar desarrollada desde el inicio durante el proceso de diseño, pueden estar una herramienta de diseño muy útil y una enorme ayuda durante diseño de verificación. Cada artículo tocado por el equipo de diseño del instrumento debe aparecer con un expediente en la base de datos. Se inicializa en una lista de la entrada-salida según lo generado durante el proceso de la configuración de la entrada-salida, pero debe contener los expedientes eventuales de los instrumentos que se necesitan para ser comprados o ser restaurados.

14. Especificaciones de INSTRUMENTACION

Dado la disponibilidad de la información de la ayuda tal como las especificaciones de la bomba, las especificaciones del equipo, los P&IDs, y una base de datos del instrumento, se puede proceder a la elaboración de las especificaciones del instrumento. Los datos HMB-generados tales como flujos y temperaturas necesitan estar disponibles también. Las especificaciones del instrumento deben ser terminadas antes de que el instrumento y los detalles de la instalación puedan ser concluidos. El diseño de tuberías también depende también depende de esta tarea.

15. Planos de ubicación LAYOUTS

Un plan de ubicación se incluye típicamente en el estudio de la fase-uno. Es a veces apenas un bosquejo que muestra la localización futura prevista para el equipo, las cajas de ensambladura, los planes de sitio formales del etc., como productos a entregar de la ingeniería, se consideran los productos del grupo de la ingeniería estructural.

Los planos de ubicación se determinan generalmente como bosquejos en la fase uno, entonces concluida en la fase dos. Estos bocetos son parte de la I&C prestaciones establecidas utilizadas para la construcción prototipos. Estos dibujos pueden también presentarse al cliente.

Los planos del área de proceso, a veces llamados los planes de la localización del instrumento, son de construcción raramente mantenida en productos a entregar en la última construcción. Proporcionan la

información de carácter general sobre el instrumento la colocación en el piso de proceso, el conducto y/o la tubería que se debe ampliar en estos instrumentos, y cualquier apoyo al equipo tal como cajas de ensambladura del campo y conexiones. Los dibujos pueden ser dibujos de escala que muestren la localización exacta de los instrumentos, o pueden hechos como diagramas, representando el instrumento cerca de su localización prevista. Estos dibujos se pueden hacer en dos pasos paralelo a los esquemas eléctricos. La disposición inicial de los dibujos puede ocurrir tan pronto como los arreglos del equipo sean esencialmente completos, que pondrían estar en función paralela a la producción de los dibujos ortográficos. Pero la información necesaria, del contenido no sería posible acabarlas hasta después (o las hojas del lazo) que se terminen los esquemas eléctricos subsecuentes.

16. Sala de Control de E/S y Sala de Arreglos ENTRADAS Y SALIDAS EN GABNETES Y CUARTOS DE CONTROL

La sala de Control y los dibujos del sitio de la entrada-salida se correlacionan de cerca. El diseño de la sala de control se debe colocar primero, en la entrada-salida. Los estantes de equipo a veces del PLC o de los DCS están físicamente en la sala de control, con los paneles que forman en un cuarto de “extensión” adyacente de la entrada-salida. Todo el hardware está a veces en el cuarto de la entrada-salida. Con frecuencia, el factor que decide para la colocación tiene que hacer con la disponibilidad del control del medio ambiente en el cuarto de la entrada-salida. Si ese sitio no es con aire acondicionado, después el hardware sofisticado se puede encontrar en la vecindad de la sala de mando. Otra consideración es la disponibilidad de las “propiedades inmobiliarias.” Las salas de control y los cuartos de la entrada-salida son algunos de los cuartos más costosos de la planta en términos de costo por pie cuadrado.

17. DIAGRAMAS eléctricos del instrumento y hojas de lazo (LOOP SHEET)

Equipe los esquemas eléctricos elementales y el servicio de las hojas del lazo del instrumento la misma función básica en el contexto del paquete del dibujo. La información del cableado se presenta como circuito eléctrico completo, no como dispositivo físico particular del gabinete o del campo, por ejemplo. Una hoja del lazo pudo presentar una cierta información física, pero su propósito principal es mostrar el circuito eléctrico completo. El dibujo debe representar flujo actual de “caliente” al “neutral” o de DC+ a la C.C. Es raro que en un circuito se crucen los dibujos, aunque es a veces inevitable. Este tipo de dibujo

diferencia del esquema eléctrico muestra la interconexión del cableado para un dispositivo particular o un área física. Ese formato requiere seguir la señal a través de las varias trayectorias, cruzando posiblemente varios dibujos, para montar un cuadro del circuito entero.

18. Panel de CONTROL

Los paneles que se forman son los recintos típicamente grandes que proporcionan un lugar a los cables del campo y a los cables del sistema informático. Generalmente, la entrada-salida del campo no se organiza de una manera que sea conveniente para la terminación en el sistema de control. Los cables del campo se orientan hacia la localización del piso, mientras que los cables de la entrada-salida se orientan hacia las agrupaciones del módulo de la entrada-salida de la computadora. El panel proporciona un lugar para conectar los sistemas de cableado y para realizar cualquier protección al circuito y la distribución de la energía necesarias para sus actividades. El dibujo del arreglo del panel que se forma es un dibujo de fabricación que consiste en una cuenta de materiales de arreglos del componente.

Los paneles de control que contienen el equipo electrónico y tienen a veces controles (por ejemplo: interruptores, luces) se presentan en el panel de delante. El arreglo para este tipo del panel proporciona el arreglo interior del panel y posiblemente una guía para el frente del panel. Las cajas de ensambladura del campo son los paneles que contienen componentes de la interconexión del cableado tales como terminales, a veces relés y fusibles. Generalmente, estas cajas son simplemente las cajas del “desbloqueo” en las cuales los cables multiconductores “se explotan” en los cables par único.

19. TÍPICOS DE Instalación

Los detalles de la instalación del instrumento están en los dibujos (o bosquejos) que proporcionan la información de la transmisión en circuito. Proporcionan una representación ilustrada de los componentes en sus relaciones apropiadas el uno al otro y una cuenta de la carta de los materiales que describe las cosas tales como números de parte y números de artículo.

Los detalles de la instalación tienen generalmente aplicaciones múltiples (es decir, son dibujos genéricos). Por ejemplo, pudo haber varias válvulas de control en diversas partes de la planta que deben ser instaladas la misma manera. Un detalle de la instalación será suficiente para todos, con tal que haya una referencia recíproca entre el instrumento y su detalle de la instalación. Para esto, la base de datos del

instrumento es una buena herramienta. Es también una buena idea poner e información en la especificación del instrumento como una nota.

Usualmente hay tres categorías de estos detalles para cada instalación: conexiones mecánicas, conexiones eléctricas, y de montaje.

a. Detalle Mecánicos de la Instalación

Los detalle mecánicos del dispositivo muestran la instalación y sus conexiones de la tubería y los materiales de la conexión. Un detalle mecánico típico pudo demostrar la transmisión en circuito del aire del instrumento a una válvula de control. En este caso, cualquier accesorio que pudiera ser necesario; incluyendo las juntas y los pernos, se detalla en la bitácora.

b. Detalle de Instalación Eléctrica

La instalación eléctrica proporciona información detallada relativa a las conexiones de los conductos. Todos los conductos y accesorios se describen como condulets y mangueras flexibles, pero sólo dentro de aproximadamente 2ft. sobre todo el instrumento. El plano del instrumento plano se ocupa de los materiales.

c. Detalle de Montaje

La información del montaje tal como soporte de fabricación de tuberías, montaje de fabricación, y otros elementos de montaje se describen aquí.

20. Diagrama de cableado (Dibujo de interconexión)

Los diagramas de cableado representan las interconexiones dentro de un armario o panel. El propósito del diagrama de cableado es proporcionar información que permita al instalador ejecutar la tarea de cableado con un mínimo de investigación. El diagrama de cableado no intenta mostrar un circuito eléctrico completo, sino que solamente da detalle punto a punto del cableado. Se muestran los cables que entran y salen de la caja. En general se muestra todo el cableado interno. Un diagrama de cableado se produce generalmente por todos y cada uno de los elementos que se reúnen en el panel, la caja de

conexiones de campo, el panel de control, relevadores, o cualquier otro espacio en el que el cableado deba ser terminado.

21. Montaje mecánico y lista de materiales

Después de que los detalles de instalación mecánica y montaje son creados y asignados para cada uno de los instrumentos, puede ser producida una cuenta de los materiales. Esta cuenta lista todos los artículos necesarios para la instalación mecánica del instrumento. Esto incluye todas las tuberías, accesorios de tubería, soportes, abrazaderas y hardware de montaje necesario para conectar el instrumento al proceso. Todos los materiales solicitados para detalles mecánicos son compilados en una sola lista de materiales. La lista de materiales es luego enviada a compras donde es dividida en paquetes por el vendedor y emitida para la compra.

22. Lista de materiales eléctricos

Después de que se crean y asignan los detalles de instalación eléctrica para cada instrumento, se produce una cuenta de materiales eléctricos. Este documento es una lista de materiales de todos los artículos necesarios para la instalación eléctrica del instrumento. Esto incluye todos los conductos, accesorios, conexiones, tapones y accesorios de desagüe. Todos los materiales solicitados para detalles eléctricos son compilados en una sola lista de materiales. La lista de materiales es luego enviada a compras donde es dividida en paquetes por el vendedor y emitida para la compra.

***23. Lista de revisión integral* INDICE DE INSTRUMENTOS**

Antes de enviar el paquete de planos para la construcción, es necesario realizar una verificación de diseño. La verificación de diseño incluye la revisión de los planos de otras disciplinas donde existen interfaces y la revisión de cada serie de documentos sobre el diseño de la instrumentación para la precisa y adecuada integración con otras series de planos. Además, los P&IDs y la base de datos deben ser verificados en su totalidad antes de ser emitidos para la construcción (IFC). Deberá ser considerado un tiempo para hacer las correcciones y ajustes según sea necesario.

24. Emisión para la construcción

Después de una exitosa verificación de diseño, los documentos pueden ser emitidos para la construcción.

Nota: la emisión para revisión, o IFR, no se aborda aquí. Sin embargo, cada paquete de planos se presenta para que el cliente los examine y apruebe a su consideración. La política del IFR necesita ser definida claramente al comienzo del proyecto.

25. Redlines DEAD LINES

Ningún diseño sale intacto de la revisión del equipo de construcción. Los constructores deben ser capaces de hacer los ajustes para el diseño, según sea necesario. Mientras lo hacen, deben cuidadosamente marcar (ejemplo, corregir) los planos para reflejar las condiciones de construcción. Durante las reuniones del proyecto hay que subrayar la importancia de este proceso al constructor, ya que a menudo no se hace o se hace de manera poco eficiente. Debe ser asignado tiempo en el calendario y en el presupuesto de diseño para la integración de estas correcciones en el paquete oficial de planos.

26. Número de Registro

Después de que todas las correcciones se han integrado con éxito y se ha logrado un inicio exitoso, el paquete de documentación debe ser emitido al cliente para su registro. El cliente podrá exigir que esto se haga de una manera específica y que los documentos cuenten con un formato específico de acuerdo a estándares. Los estándares del cliente deben ser revisados en este momento, y cualquier documento que no los cumpla debe ser identificado y revisado.

27. Recapitulación del Proyecto

Mientras el proyecto es recapitulado, cualquier información sensible es asegurada y se prepara una copia final de registro de la documentación del proyecto, memos, y otros elementos de importancia. El conducir una sesión de “lecciones aprendidas” después de la muerte de un proyecto puede ser útil para proyectos futuros.

Cada diseño de proyecto es diferente. Sin embargo, la forma en que el ingeniero de diseño debe acercarse a un nuevo proyecto no debería cambiar. La misma pregunta inicial se debe hacer en cada ocasión. ¿Cuál es la estructura del proyecto? ¿Cuáles son las expectativas del cliente, y cómo va a medir el éxito? ¿Cuánto riesgo es prudente asumir?

Una vez que estas preguntas han sido contestadas y el entorno de diseño es conocido, el contenido específico del paquete de diseño se puede resolver. La mezcla de productos y servicios puede ser cambiada de proyecto a proyecto, y el equipo de diseño debe ser capaz de adaptarse a las necesidades cambiantes. Si el equipo de diseño tiene un buen sentido para todos los resultados que se puedan ofrecer, entonces la modificación del paquete mediante la supresión de resultados tiene poco efecto sobre el proceso de diseño. En contraste, la adición de los productos nuevos para el equipo podría tener un gran efecto, alterando el flujo de trabajo. Por lo tanto, es de mayor interés que todos los miembros del equipo tengan conocimiento total de la gama de productos y servicios y sus interrelaciones.

1.3 EL CONTRATISTA.

Cuando la ingeniería de detalle se lleva a cabo por un contratista de ingeniería, el propietario debe proporcionar las directrices detalladas que especifiquen el alcance del trabajo del contratista. El contenido de esas directrices por lo general incluye el cumplimiento del código, el alcance del trabajo, diseño de ingeniería y la revisión del diseño.

El contratista de ingeniería debe guiarse por los requisitos descritos en los sistemas de control definidos.

Si, durante el diseño o construcción, se es necesario hacer alguna excepción, estas deben ser aprobadas por el propietario antes de su aplicación. Los acuerdos verbales deben evitarse ya que tienden a ser olvidados, sobre todo al final de un proyecto cuando los pagos y las entregas se vuelven cuestiones clave.

En algunos proyectos, puede haber un requisito de que el trabajo de diseño y elaboración se lleve a cabo bajo la supervisión de un ingeniero profesional registrado. Antes de iniciar el diseño, al contratista de ingeniería se le puede solicitar evidencia de su registro profesional y de su experiencia así como el nombre del supervisor propuesto.

Es recomendable que el supervisor propuesto y el equipo de diseño sean experimentados en el campo de la instrumentación y la ingeniería de control y que el supervisor nombrado y el equipo de diseño asignado permanezcan vigentes hasta la finalización del proyecto para mantener la continuidad del proyecto.

Dependiendo de los requisitos del proyecto, se espera que el contratista de ingeniería pueda brindar apoyo en campo durante la construcción, su inicio y puesta en marcha, así como finalizar los dibujos hechos y presentar toda la documentación en un formato pre-aprobado.

Ingeniería de Diseño

Los resultados clave de un contratista de ingeniería suelen incluir la preparación de la siguiente documentación:

- Hojas de datos del proceso.
- Índice de instrumentos.
- Hojas de especificaciones de los instrumentos, cálculos (válvulas, placas de orificio, etc.).
- Proveedores de requisición / evaluación / selección y listas de piezas de repuesto.
- Diagramas de lazo.
- Diagramas de enclavamiento (esquemas eléctricos).
- Especificaciones del panel de control, incluyendo el diseño.
- Especificaciones del centro de control, incluyendo la distribución del cuarto.
- Manual para sistemas electrónicos programables (PESs) y en ocasiones la programación del sistema de control.
- Especificaciones de la instalación de instrumentos y planos de su localización.
- Alarmas y programas de pruebas y procedimientos.

El formato de todos estos planos y documentos deben cumplir con las directrices y las muestras enviadas por el propietario. Si el cliente no tiene un conjunto de documentos aceptables para entregar como un ejemplo para el contratista, el contratista podrá presentar un conjunto de documentos de ejemplo al propietario sobre la base de algunos de sus últimos trabajos para su revisión y comentarios antes de

iniciar el diseño a detalle. Muy a menudo, el contratista prefiere hacer un trabajo basándose en su propio estilo y procedimientos.

Revisión del diseño

Para asegurar la calidad del producto, el contratista de ingeniería debe realizar una comprobación completa del sistema y de toda la documentación producida para un proyecto, esto también es necesario después de que todo el diseño y la redacción se han completado. Tal verificación se realiza normalmente por un representante del propietario y los representantes de los contratistas de ingeniería antes de que la construcción comience, dándole el suficiente tiempo para correcciones, modificaciones y volver a emitir toda la información.

1.4 LA ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO.

Un proyecto bien concebido y bien administrado es aquel al que se le ha dado la oportunidad de triunfar. Por el contrario, un proyecto mal administrado puede fallar independientemente de su viabilidad conceptual. Si un proyecto fracasa, pero está bien administrado, entonces probablemente se pueden salvar algunos efectos positivos, incluso si el resultado es simplemente una lista de las lecciones aprendidas. En este tipo de proyectos, los problemas serán bien definidos, esto permitirá evitar problemas similares en el futuro. En un proyecto mal administrado, las causas de origen pueden nunca ser descubiertas.

A. ALCANCE DEL PROYECTO

El primer paso en el camino hacia el éxito del proyecto es la generación de un alcance de trabajo. Un alcance de trabajo es simplemente una descripción de las tareas que se deben cumplir para lograr el fin deseado. Es el resultado de un ciclo de investigaciones destinadas a eliminar o reducir el número de hipótesis que deben hacerse más adelante.

Como regla general, las reuniones en las etapas iniciales de un proyecto son atendidas por los altos directivos. El número de participantes en estas primeras reuniones, se mantiene al mínimo para mantener los costos bajos, hasta que el proyecto sea adjudicado. Como resultado del reducido número de participantes expuestos directamente a la información, la captura de la información en la que se basa la oferta estimada es muy importante. Para asuntos complejos, las especificaciones de los proyectos

proporcionadas por el cliente suelen ser insuficientes para los objetivos del alcance de trabajo detallado. Por lo tanto, se necesita un documento interno que amplifique las especificaciones del proyecto.

La especificación del proyecto, entonces, se convierte en la base de un documento más detallado denominado el alcance del proyecto de trabajo. Cada disciplina es responsable de desarrollar su propio alcance individual de trabajo basándose en las especificaciones del proyecto, que se convertirá en una pieza del alcance del proyecto global del trabajo. Esto se hace en consulta con los contactos de proveedores y con los recursos técnicos adecuados dentro de la organización del cliente.

Después de que las disciplinas han generado sus secciones de alcance de disciplina, estas se alimentan en el alcance del proyecto a través de una narración de la ejecución del trabajo. El alcance definitivo, junto con la estimación y el calendario del proyecto, se utilizan como base para elaborar una propuesta, o quizás un estudio de "fase uno". Si el proyecto es aprobado, el alcance de trabajo es en última instancia, utilizado como una herramienta de administración del proyecto por las disciplinas de ingeniería.

Además, el alcance de trabajo tarde o temprano será utilizado como base para hacer una oferta. Por lo tanto, el formato del documento presentado aquí es muy similar al de la oferta final. La principal diferencia es que el alcance del trabajo no tiene ningún costo. Se trata simplemente de un documento interno que se utiliza para generar un presupuesto y un calendario. Más tarde, una vez que el proyecto ha sido aprobado, este documento puede convertirse en una valiosa herramienta de administración del proyecto para el equipo de diseño.

Lo siguiente es una descripción de alguna de la información que deberá ser presentada en un alcance de trabajo:

1. Resumen Ejecutivo

Un resumen ejecutivo va al grano; nos indica lo "esencial" del proyecto. Esta sección es necesaria sólo si el alcance del documento de trabajo está destinado a ser entregado a otros fuera del grupo inmediato. El resumen ejecutivo debe contener una simple declaración del propósito del proyecto, un párrafo seguido por una tabla o gráfico de costos y una tabla o gráfico de horarios. Esta información puede ser seguida por una breve descripción de algunos de los elementos clave del proyecto.

a. Propósito de declaración

El propósito de declaración describe en términos generales la razón del proyecto. Un ejemplo sencillo de un propósito de declaración sería de la siguiente manera:

“El sistema de alarma actual de autollamada de la planta en el Edificio de Autocall 504A es defectuoso. Este proyecto sustituirá al sistema actual de alarma de autollamada y sustituirá la alarma de campana en caso necesario si se identifica esto en la exploración del campo. El proyecto será supervisado y financiado por el departamento de instalaciones. El nuevo sistema será diseñado e instalado por el departamento de mantenimiento y estará en el lugar a principios de marzo”.

Esta declaración debería decir quién, qué, dónde, cuándo y cómo.

b. Resumen de datos

Los datos presentados en el resumen ejecutivo deben ser totalmente apoyados en el cuerpo del documento.

Por ejemplo, las cantidades en dólares mostradas se deben detallar en alguna parte del documento de modo que si se necesitan más detalles acerca de cómo se obtuvo el costo, estos se pueden encontrar fácilmente.

Los datos deben proporcionar información sobre el costo y duración total del proyecto. También, dependiendo del tipo de proyecto, se puede necesitar que se genere un programa de pagos.

2. Aclaraciones

Esta sección debe listar y examinar zonas "grises" del proyecto que requieran una atención especial. Esto puede ser hecho mejor en las secciones llamadas "inclusiones" y "exclusiones". Estas secciones no tienen que ser comprensivas, pero solo deben incluir aquellos artículos para los cuales puede haber un malentendido en cuanto a su disposición. Una sección comprensiva de “suposiciones” debe ser incluida, sin embargo, también se deben incluir todas las listas de suposiciones hechas y los niveles de incertidumbre.

a. Inclusiones

Si una tarea controvertida o una función no evidente se requieren en esta propuesta, entonces debe estar claramente señalada en la sección de inclusiones. Esto es en el mejor interés de todos, en particular, si este documento se presenta como parte de una oferta competitiva.

b. Exclusiones

La sección de exclusiones debe tomar nota de cualquier trabajo relacionado que será hecho por otros. Esta sección debe detallar esto y cualquier otro aspecto del proyecto que esté específicamente excluido del ámbito de aplicación del equipo de diseño.

c. Hipótesis

Una sección de hipótesis es muy importante. Rara vez se dispone de suficiente información para estar completamente seguro de la labor que se tendrá que hacer. Las hipótesis a menudo deben hacerse para permitir que un trabajo pueda ser estimado. Todas las hipótesis deben tenerse en cuenta en esta sección junto con el pensamiento del proceso que ha dirigido a cada hipótesis. También es una buena idea el declarar el nivel de certeza (o de incertidumbre) al describir la hipótesis.

d. Las preocupaciones de seguridad

Cualquier área de preocupación en materia de personal y equipos de seguridad deben tenerse en cuenta aquí. Si el cliente tiene entrenamiento de formación de seguridad, también debe tomarse en cuenta.

3. Descripción del Proyecto

La descripción proporciona información general sobre el estado actual del sistema y una declaración de intenciones en cuanto a la labor que se prevé. Este relato debería ser una "observación" del sistema. Valdría la pena hacer referencia a un plan de sitio o a un diagrama de bloques de aquí, si hay uno disponible.

La siguiente información debe presentarse de la siguiente manera:

a. Sistemas existentes:

¿Qué áreas del proceso están involucradas? ¿Dónde se encuentra el equipo? ¿Cuál es el estado general de la reparación? ¿Cuál es la disponibilidad de energía y servicios?

b. Disposición de equipos existentes:

¿Qué elementos existentes serán demolidos, renovados, trasladados, o remplazados? ¿Cómo se harán estas actividades? ¿Quién será el responsable? ¿Cómo va a ser documentado?

c. Disposición de los nuevos equipos:

¿Qué equipo nuevo será adquirido? ¿Dónde? ¿Cómo será preparad el área? ¿Quién comprara el equipo? ¿Cómo va a ser documentado? ¿Cómo afectará esto a la energía y capacidad de servicio existentes?

d. La empresa y los estándares industriales aplicables:

Si la empresa tiene estándares que se aplican a este proyecto, estos deben ser mencionados aquí. Las directrices aplicables también deben ser mencionadas. Las siguientes preguntas deben hacerse y responderse: ¿Hay algún requisito inusual o problemas de seguridad? ¿Qué normas pertinentes se mencionan en la especificación del proyecto?

e. Lista de proveedores aprobados:

¿El cliente tiene en mente a los proveedores para adquirir el equipo?

f. Equipo:

Cualquier equipo que se menciona en la descripción se debe mencionar aquí con una referencia cruzada a los dibujos pertinentes. Si esta lista no existe, entonces el contacto del cliente será el indicado para facilitar la generación de esta lista.

g. Instrumentación:

Si el cliente tiene un instrumento ya existente y/o una lista de I/O debe ser incluida aquí. De lo contrario, el contacto del cliente será el indicado para facilitar la recopilación de esta información.

h. Dibujos:

Si el cliente tiene una lista de dibujos, esta debe ser incluida aquí. Además, se debe hacer referencia con el contacto del cliente para el control de documentos.

4. Estrategia general de ejecución

La estrategia general de ejecución es un plan detallado de ataque a nivel de proyecto. Las actividades de todas las disciplinas deben ser incluidas.

La información debe ser presentada en una progresión lógica de las actividades que culminan en la comprobación y puesta en marcha de la instalación.

La estructura de la estrategia general de ejecución se copia en las secciones de la estrategia de ejecución de la disciplina, y cada disciplina se adapta a la descripción de los trabajos necesarios para sus propias necesidades.

a. Investigación inicial:

En esta sección se describen las actividades de investigación necesarias para continuar. La información relativa a visitas en el sitio de la instalación, recopilación de documentos, la necesidad de las entrevistas del operador, y así sucesivamente, deberían ser incluidos.

b. Especificación y orden de productos DE largo TIEMPO DE ENTREGA:

Si hay productos que requieren de largos plazos de entrega, estos deben ser identificados y ordenados tan pronto como sea posible.

c. Identificación del distribuidor:

Si algunos subsistemas se van a instalar intactos desde el proveedor, deben ser enumerados aquí. Cualquier interacción anticipada por parte del equipo de diseño también debe tenerse en cuenta. Una prueba de aceptación en fábrica puede ser necesaria. Los distribuidores de dibujos a menudo necesitan reestructurarlos en el sistema de diseño del cliente. Estas cuestiones deben abordarse lo antes posible.

d. Ejecutar tareas de diseño:

En esta sección se deben enumerar cada una de las principales tareas de cada área del proceso que cae bajo el ámbito de aplicación del proyecto. Cada tarea entonces debe ser evaluada desde la perspectiva de cada disciplina.

Todas las declaraciones de ejecución deben comenzar con los verbos para expresar el tipo de trabajo que se realizara:

1. Área X
 - 1.1. Demoler tanque X existente
 - 1.2. Instalación de la bomba X
 - 1.3. Instalación de un nuevo tanque X
 - 1.4. Instalación de instrumentos en línea
2. Área Y
 - 2.1. Restaurar la alimentación de la bomba principal
 - 2.1.1. Eliminar algún servicio
 - 2.1.2. Reemplazar el impulsor
 - 2.1.3. Reemplazar los sellos
 - 2.1.4. Pintar
 - 2.1.5. Reinstalar y regresar a servicio
 - 2.2. Volver a calibrar los instrumentos
3. Área Z
 - 3.1. Instalar el equipo de piso
 - 3.2. Restaurar la iluminación
 - 3.3. Restaurar el sistema de extinción de incendios
 - 3.4. Instalar muebles de computadora
 - 3.5. Instalar hardware a la computadora

Cada tarea tiene un número único llamado número de estructura de división del trabajo.

e. ***Enviar el paquete al cliente para la revisión de diseño:***

Si el cliente tiene todos los requisitos específicos de vigilancia que resulten en el trabajo, ese trabajo se deberá detallar aquí. Por lo general, un punto intermedio en el diseño se elige para una “inspección al azar” para cerciorarse de que el trabajo está progresando según expectativas.

f. ***Resultados:***

La sección de resultados a entregar debe detallar cualquier clase específica con respecto a los resultados que las disciplinas necesitarán producir para el expediente. Otros documentos, tales como documentos de construcción o documentos para uso interno, pueden necesitar que estén terminados, pero esta sección debe listar sólo los documentos que serán entregados finalmente al cliente.

g. ***Adjuntos:***

Los documentos justificativos deben incluirse como datos adjuntos. Algunos de los adjuntos son los documentos siguientes:

- Lista de Dibujo
- Instrumento y lista de E / S.
- Lista de Equipos
- Estimación de gastos del proyecto
- Calendario del proyecto
- Bosquejo

B. ESTIMACIÓN

Una comprensión adecuada de los requisitos del proyecto comienza con un alcance de trabajo bien definido, como se señaló anteriormente. Sin embargo, el ámbito de trabajo es sólo una parte de la historia. Por lo tanto, el siguiente paso en el camino hacia el éxito del proyecto es generar una estimación precisa del costo de los materiales y mano de obra en términos de tiempo. Estas medidas definen la "física" de la situación y establecen los límites que afectan la forma en la que el proyecto será ejecutado. Estas medidas físicas son las herramientas principales de administración del proyecto en el seguimiento del proyecto, en el nivel estratégico y del supervisor del diseño en la gestión del nivel táctico del trabajo. El ámbito de trabajo define el trabajo a realizar. La estimación de gastos de material y la estimación de los costos laborales definen los parámetros en los que la obra se hará.

Hay tres tipos principales de estimaciones: presupuesto, oferta, y definitivo. Lo que sigue es una breve descripción de cada uno:

- **El costo presupuestario y la estimación de la mano de obra** es, muchas veces, producido por un grupo que esté familiarizado con el sitio y con el proceso. Este grupo puede o no ejecutar el proyecto. El propósito de este tipo de cálculo es principalmente para obtener financiación. Es típicamente "rápida y sucia" y se espera que sea bastante impreciso. De hecho, un margen de error de $\pm 30\%$ es aceptable para este tipo de estimación. Antes de esta estimación, un ámbito formal de trabajo probablemente no ha sido hecho, y, muy posiblemente, las especificaciones del proyecto no han sido finalizadas. Este tipo de estimación por lo general no es financiada por el cliente, o al menos con fondos insuficientes. El proveedor de servicios otorga los números lo antes posible con un mínimo de investigación. Las expectativas para la oferta y las estimaciones definitivas, por el contrario, son mucho más altas.

- **El costo del material de oferta y la estimación de trabajo** son producidos por varios licitadores de la ingeniería que compiten por el trabajo. Una vez más, esta estimación no es financiada por el cliente. La información cruda para esta estimación es el paquete específico de oferta del proyecto finalizado. Toda oferta proporciona a todos los licitadores paquetes de oferta idénticos en los que pueden basar sus ofertas. Este paquete de oferta es a veces erróneo o incompleto, pero las ofertas resultantes dan al cliente una buena imagen de las capacidades de cada postor. Por lo general, todos los licitadores presentan una propuesta por escrito que acompaña a su estimación. La propuesta describe la forma en la que cada

contratista entiende el trabajo. Esto le da al cliente una idea de las prestaciones de cada licitador intención de prestar. También da al cliente un medio para comparar las capacidades de los diferentes licitadores.

- **El costo definitivo del material y la estimación de trabajo** son preparados por la empresa de ingeniería a la que se le adjudica el contrato en base a su oferta. El cliente normalmente incluye esto como parte del proyecto, por lo que probablemente está totalmente financiado. Una vez que el contrato ha sido adjudicado para cualquier gestión y el acuerdo de confidencialidad se ha resuelto, el contratista de ingeniería obtiene el acceso completo a la información desarrollada por el cliente durante el proceso de evaluación interna. A continuación la empresa de ingeniería desarrollara un ámbito formal de trabajo. Esta información a veces cambia la imagen de manera significativa, y dan al contratista de ingeniería la oportunidad de adaptar la estimación y la lista a la nueva información. Por supuesto, evita en este proceso una nueva estimación, si el descubrimiento fuera hecho durante el proceso de oferta; en ese caso, la estimación de oferta se convierte en la estimación definitiva.

La estimación es el documento base para la administración del proyecto, proporcionando un punto de referencia para que el rendimiento final pueda ser medido. Se basa en el alcance del trabajo y debe reflejarse en el alcance de trabajo en base a una tarea por tarea donde sea posible. Muchas son las herramientas de cálculo disponibles. Cualquiera que sea el que se elija, debe ser capaz de producir estimaciones que sean:

- **Exactas**, por identificar cada tarea en relación con el alcance del trabajo y la cuantificación de los mano de obra y los costos de su ejecución.
- **Oportunas**, por ser repetible. Una vez que la estructura de estimación ha sido optimizada para un cliente en particular, las estimaciones posteriores sólo deberán basarse en la primera, lo que disminuye el costo y tiempo requerido para generarlas. Cada proyecto debe ser abordado de manera coherente con prácticas de estimación constantes y herramientas.
- **Comprobables**, por añadir apuntes, ampliaciones y por hacer cálculos disponibles para la disección. Recuerde, que el tiempo transcurrido entre la estimación y la ejecución de proyectos puede ser grande, y el estimador puede no ser el ejecutor.

- **Significativas**, entregar todo lo relacionado a los datos difíciles. La necesidad de reglas básicas y suposiciones deben ser minimizadas.
- **Aceptables**, por ser fáciles de modificar.

C. CALENDARIO

Después de que se produjo el costo del material definitivo y las estimaciones de trabajo, un programa se puede generar basado en los recursos que se espera que estén disponibles. El cronograma del proyecto se construye a partir de la estimación del proyecto. Si el cálculo está determinado por la tarea, el proyecto será más fácil de manejar. Si la estimación es construida por el tema prestación, será más difícil.

Independientemente del formato de estimación, los horarios están orientados por la tarea. Estas tareas se desglosan por PEP. Cada tarea tiene un identificador único WBS. En un mundo perfecto, la WBS se genera como una parte del ámbito de aplicación inicial de trabajo, con estos identificadores ya asignados.

En primer lugar, cada tarea que figura en el ámbito de trabajo debe ser evaluada y una estimación realizada para el trabajo requerido. Por ejemplo, si un equipo de dos personas está previsto para una misión de 120 horas (3 semanas), se infiere que tal vez la tarea se llevará una semana y media, el calendario cambia para llevar a cabo, asumiendo, por supuesto, que las dos personas estarán dedicadas a esa tarea al 100 %. Si se espera que su eficacia sea inferior al 100% durante ese tiempo, dicha tarea tomara más tiempo del calendario.

A continuación, cada tarea debe ser evaluada en cuanto a su relación con otras tareas. Por ejemplo, la generación de hojas de lazo depende de los dibujos P&ID. Los P&IDs, por lo tanto, son anteriores a las hojas de lazo. Las relaciones vinculadas deben ser identificadas y analizadas. En su mayor parte, estas relaciones pueden definirse como sigue:

- **Inicio a inicio:** La tarea B no puede comenzar hasta que la tarea A se inicie. Esta relación se utiliza cuando un gatillo exterior inicia una cadena de acontecimientos programados. Por ejemplo, la recepción de un material específico o traslado podría desencadenar varias tareas al mismo tiempo.
- **Fin a inicio:** La tarea B no puede comenzar hasta que la tarea A sea terminada.
- **Inicio a fin:** La tarea A no puede finalizar hasta que la tarea B se inicie.
- **Fin a fin:** La tarea B no puede finalizar hasta que la tarea A sea terminada.

Después de que las relaciones se definen y los recursos han sido asignados a cada tarea, la duración global del proyecto puede ser estimada. Muchas veces, el cliente tiene un plazo de tiempo ya en cuenta, lo que limita el horario para un determinado conjunto de milestones (Un elemento de calendario que está vinculado a una fecha determinada. Estos representan generalmente puntos dirigidos en el proceso de ingeniería tales como "dibujos de tema"). Cuando el programa se compara con esta línea de tiempo, los recursos pueden necesitar ser modificados para alargar o acortar el horario.

D. INFORME DE SITUACIÓN

Después de que el proyecto ha comenzado, el programa debe ser utilizado como una herramienta de administración para ayudar a rastrear el progreso del proyecto. Periódicamente, al equipo de diseño se le pedirá realizar algunos comentarios en cuanto a la ejecución del informe. Esta información va a responder a preguntas como las siguientes: ¿Comenzó el proyecto a tiempo? ¿Cuál es su porcentaje de finalización? ¿Quieres terminar el proyecto a tiempo y dentro del presupuesto?

La recolección de los datos debe ser para cada tarea (elemento WBS) y luego incorporarlos en el archivo general. En la programación del proyecto los informes de estado típicamente incluyen la actualización de los parámetros siguientes:

El equipo de diseño proporciona datos para cada tarea de la siguiente manera:

- Fecha de inicio: ¿Si la tarea no se inicia, la fecha de inicio prevista sigue siendo exacta? ¿Si la tarea se ha iniciado, en qué fecha empezó?
- Fecha de finalización: ¿Si la tarea no se ha terminado, la fecha de finalización prevista sigue siendo exacta? Si ya se termino, ¿Cuál fue la fecha en que se termino?
- Porcentaje completo: Si la tarea se mantiene activa, ¿cuál es el porcentaje de finalización estimado?

El equipo de programación carga la información de nuevo en el calendario. Por ejemplo, si una fecha de inicio se mueve por el equipo de diseño, el programa se actualiza para reflejar el cambio. Las tareas sucesivas necesitaran cambiar en consecuencia, en función de su relación con la tarea en cuestión.

Después de que los datos han sido recogidos, los programadores comenzaran a obtener algunas conclusiones basadas en la siguiente información:

- **Horas ganadas**

Los porcentajes de conclusión serán utilizados para desarrollar las horas ganadas. Esto se hace multiplicando el porcentaje total reportado por el número total de horas asignadas a la tarea. Por

ejemplo, si una tarea consta de 100 horas asignadas y el informe de terminación del equipo de diseño es del 50% en esa tarea, entonces el valor obtenido es de 50 horas.

- **Horas reales**

Las horas reales son el número de horas efectivamente gastadas hasta la fecha.

- **Índice de eficiencia**

Mediante la comparación de las horas reales con las horas ganadas, es posible desarrollar una relación que describe el rendimiento del equipo de diseño, en comparación con las expectativas. En nuestras anteriores 100 horas de tarea por ejemplo, podemos encontrar que 35 horas se dedicaron a esa tarea en particular. Por tanto, el rendimiento del equipo de diseño para esa tarea sería 50 dividido por 35, o bien de 1.43. Si se gastaron 60 horas, la calificación sería 50 dividido por 60, o bien un 0,83. Cualquier número inferior a 1,0 debe ser marcado para una mayor investigación.

Como una cuestión práctica, sobre las horas reales, hasta el nivel de tarea es difícil porque el tiempo generalmente no se mantiene a ese grado de resolución. Pero, puesto que la estimación se desglosa a ese nivel, es posible obtener varios factores de impacto de tareas para ayudar a relacionar el porcentaje del valor total que se informó en las horas efectivas.

Si, el equipo de diseño es capaz de informar del tiempo en una sola categoría –por ejemplo la instrumentación - entonces sólo el total de horas gastadas por ese grupo estaría disponible para la comparación. Esto es una resolución bastante pobre!

Supongamos que hay 10 tareas de diseño que deben ser realizados por este grupo (véase la Figura 1-8). De estas, sólo cuatro se han iniciado. El equipo de diseño estima el 90% en la tarea 01, 75% en la tarea 04, 50% en la tarea 05, y 10% en la tarea 06. El número de horas estimadas del proyecto para este grupo es 4270 horas. Con base en el porcentaje completado en la lista, arroja un total de 1175 horas que se han gastado. Las horas reales registradas en contra de estas 10 tareas son 1250. Esto da un índice de eficiencia de 94%. Así, mientras que se informe de la situación se puede generar una riqueza de información deducida, los datos originales pueden no ser muy útiles.

Figura 1-8. Cálculo de eficiencia

HORAS REALES: 1250

INFORME DE SITUACIÓN DE DATOS			
TAREA	ESTIMADO	%COMP	GANADO
1	250	90%	225
2	400	0%	0
3	80	0%	0
4	400	75%	300
5	1000	50%	500
6	1500	10%	150
7	400	0%	0
8	80	0%	0
9	80	0%	0
10	80	0%	0
TOTAL	4270		1175

ÍNDICE DE EFICIENCIA: =0.94

NOTA: EL ÍNDICE DE EFICIENCIA SE CALCULA DIVIDIENDO
EL TOTAL DE HORAS GANADAS ENTRE LAS HORAS REALES.

La perspectiva es a veces difícil de mantener, especialmente cuando una persona está involucrada en los detalles finos de hacer el trabajo. Sin embargo, la pérdida de perspectiva puede provocar problemas graves. Mantener un "ojo en la bola" puede ser un reto, especialmente si un conocimiento básico de la estructura del proyecto, los participantes, y la administración es insuficiente. La parte I ha tratado de ofrecer la perspectiva. Responde a las preguntas "qué", "quién", y "cómo" en lo que se refiere a un proyecto típico de ingeniería. ¿Cuáles son los tipos de proyectos importantes? ¿Cómo deberían los diseñadores de adaptar su pensamiento basado en el tipo de proyecto? Si la interacción con el cliente, se reduce al mínimo, ¿un diseñador debe buscar el asesoramiento del cliente? ¿Debe el diseño ser solamente para la construcción, o también debe proporcionar detalles para el mantenimiento? ¿Cuáles son las medidas reales de éxito? ¿Quién es la contraparte del diseñador en las otras organizaciones? ¿Cuáles son algunos de los conceptos clave en la creación y administración de un proyecto? ¿Cómo se mide su progreso?

1.5 COMPRA DE EQUIPO.

La compra de equipo sigue después de la fase de ingeniería de detalle y precede a la instalación de equipos de control. El director del proyecto, basado en el calendario, sabe lo que debe ser perseguido y cuándo. Los términos y condiciones de los vendedores deben ser revisados por el director del proyecto y / o por el departamento de compras, porque muy a menudo los requisitos comerciales y legales son ignorados por el personal de ingeniería, que están más interesados en los detalles técnicos y el cumplimiento de sus especificaciones.

La participación del director del proyecto en el trabajo realizado por la ingeniería puede variar en función del propio proyecto, las personalidades involucradas, y la cultura de la empresa. El director del proyecto puede revisar las especificaciones del equipo y confirmar que son lo suficientemente detalladas, y él o ella pueden preguntar acerca del soporte técnico del proveedor, la formación y la disponibilidad de piezas de repuesto. Además, él o ella pueden comprobar la condición requerida para almacenar el material recibido, los recursos necesarios para la programación del equipo (por ejemplo, mano de obra, la formación, el soporte del proveedor, costo y disponibilidad), el costo y la disponibilidad de servicios de campo, y la medida en de la garantía y su duración..

1.6 DOCUMENTACIÓN.

Documentos de los proveedores

Los documentos de los proveedores son esenciales para proporcionar la información detallada requerida por la ingeniería para completar su trabajo. Por lo tanto, al realizar un pedido es una buena práctica fijar las fechas de entrega de documentación del proveedor y tener pagos parciales relacionados con la entrega de los documentos de los proveedores requeridos.

Antes de hacer un pedido, el director del proyecto debe asegurar que existen suficientes copias de los documentos de proveedores y que están disponibles para todos los interesados. Por lo general se requieren tres copias, una para la ingeniería, uno para el contratista de instalación para conocer los detalles necesarios para instalar apropiadamente el equipo, y otro para mantenimiento sobre cómo mantener adecuadamente el equipo.

1.7 TRAINING. CAPACITACIÓN

Los mejores operadores de producción y de procesos no pueden producir productos de alta calidad sin una formación adecuada. Entrar en la vanguardia de la tecnología incluye traer personal a ese nivel de conocimiento. Estamos viviendo en un mundo de la mejora continua. Si dejamos de mejorar, nos quedamos atrás. La tecnología y los métodos están cambiando aun ritmo excepcional. Si no se mantienen al día, no podemos sobrevivir.

La formación es uno de los elementos clave de la productividad. Sin el entrenamiento apropiado, los empleados se sienten frustrados cuando se trata de tomar decisiones sobre problemas desconocidos, que pueden conducir a errores y desaliento. El resultado es doble: la pérdida de tiempo y baja productividad.

La formación podría ser tan básica como el aprendizaje de los fundamentos de la instrumentación de procesos y sistemas de control, o podría ser muy especializada, como programación avanzada de PLC, etc.

Uno de los primeros pasos en la formación es la implementación de un programa de entrenamiento, tras una revisión de las necesidades de la planta. El programa debe estar estrechamente relacionado con el desarrollo de los empleados. Debe ser conocido por todos los empleados para mejorar la moral y fomentar el desarrollo del empleado.

Es aconsejable que los registros detallados de todos los entrenamientos se mantengan, ya sea en archivos de los empleados o en un registro separado. Algunas empresas mantienen una retroalimentación de los empleados en cursos que han asistido.

1.8 INSTALACIÓN.

Con la ingeniería de detalle ya completada y revisada, el gerente de proyecto debe tener un contratista listo para instalar todo el equipo adquirido. El director del proyecto normalmente selecciona algunos proveedores y pide precios. Al seleccionar los licitantes, el director del proyecto evaluará la magnitud del contratista, su experiencia en trabajos similares, y la experiencia del supervisor y su conocimiento. Además, tres o cuatro referencias de servicios similares generalmente se requieren para todos los contratistas.

La calidad de la instalación depende de la calidad de la documentación, el equipo y los conocimientos y la experiencia de su contratista. El paquete de licitación debe indicar claramente que la instalación debe realizarse en estricto cumplimiento de la especificación de la instalación.

El paquete de licitación también debe identificar quien verificará que el equipo es recibido en cumplimiento de las especificaciones y órdenes de compra, y si se requiere calibración local, como se hará la calibración y quién proporcionará los servicios de calibración. El ingeniero de sitio debe ser notificado inmediatamente de cualquier discrepancia entre lo que se le ordenó y lo que se ha recibido.

Una vez adjudicado el contrato, el gerente de proyecto debe monitorear el progreso de todas las actividades de instalación a través de informes de progreso presentados por semana, desde la recepción del equipo para completar el control de la instalación.

El director del proyecto se mantiene en contacto permanente con el contratista, franqueando todos los problemas tan pronto como se producen. El director del proyecto y los ingenieros de campo deben hacer rondas diarias para evaluar la finalización del proyecto, y deben estar disponibles para responder a todas las preguntas y tomar decisiones sobre el terreno para permitir la construcción sin interrupciones, de lo contrario se producirán retrasos.

Después de que los sistemas de control son instalados sigue la instalación de todo el equipo. El gerente de proyecto en esta etapa debe nombrar a los ingenieros de sitio para que verifiquen que todo el equipo de control está instalado tal y como se describe en las especificaciones y planos suministrados con el paquete de licitación y según lo acordado con el contratista. La revisión incluye la instalación de todo el software, después la prueba del sistema de circuitería por lazo de control (es decir, una señal desde el dispositivo de campo, tales como transmisores y conmutadores, es recibida correctamente en la sala de control, y una señal desde la sala de control se recibe correctamente en el campo).

Cuando la caja de un lazo se termina, se etiqueta en el campo y se marca como completado ya sea en los diagramas de lazo o en una lista de verificación.

La comprobación de lazo debe confirmar que todos los componentes funcionan correctamente, incluyendo todo el cableado entre los dispositivos de campo y la sala de control. El método de comprobación de lazo varía con el equipo bajo prueba. Para ciertos sensores de campo de modulación,

tales como los transmisores de presión, una señal de presión de aire se genera entre la conexión de proceso y el transmisor después de aislar el proceso (ver tabla 1-2). Esa señal se fija en 0%, 50%, y 100% del rango calibrado y para cada uno de los tres puntos se genera una señal correspondiente. Ese lazo se comprueba si la señal recibida es correcta (véase la figura 1-3). De lo contrario se requieren correcciones.

Tabla 1-2. Prueba de lazo para un transmisor de presión.

NUMERO DE TAG: PIT-157				
	0%	50%	100%	UNIDADES
ENTRADA DE AIRE	0	300	600	KPag
SALIDA DEL TRANSMISOR	4	12	20	mA
LECTURA EN EL SCD	0	300	600	KPag
CHEQUEO DE LAZO: OK	Notas:			
FECHA: 23 de Septiembre de 2005	Elaboró: RDR			

Tabla 1-3. Prueba de lazo para una válvula de control.

NUMERO DE TAG: PV-157				
	0%	50%	100%	UNIDADES
SEÑAL DEL SCD	0	300	600	kPag
SALIDA DE LA VÁLVULA	4	12	20	mA
POSICIÓN DE LA VÁLVULA	0	50	100%	%
CHEQUEO DE LAZO: OK	Notas:			
FECHA: 23 de Septiembre de 2005	Elaboró: RDR			

La comprobación de lazo puede ser parte de la responsabilidad del contratista de la instalación, pero se debe hacer en presencia del personal de la planta.

La instalación de los instrumentos, sistemas de control y sus accesorios son la etapa final del diseño de ingeniería. La instalación es seguida por la puesta en marcha y el arranque de la planta. Es importante preparar una especificación de la instalación que define los requisitos del dueño; esto evita malos entendidos, los costos adicionales y demoras en la construcción. El contenido de esta especificación general, cubre los siguientes temas: cumplimiento del código, el alcance del trabajo, los detalles de

instalación, identificación de equipos, almacenamiento de equipos, trabajos específicamente excluidos, productos aprobados, pruebas de pre-instalación, ejecución, cableado, tuberías, y compras finales.

Cumplimiento de normas y estándares

Es responsabilidad del contratista de instalación asegurar el cumplimiento a pesar de que el dueño produzca toda la documentación de ingeniería y pueda revisar y aprobar todas las instalaciones. Todos los equipos e instalaciones deben cumplir con los códigos vigentes en el sitio. Para cumplir con los códigos locales y sobre todo con los requisitos de seguro, todos los instrumentos operados eléctricamente o los componentes eléctricos incorporados al instrumento deben ser aprobados y llevar la etiqueta de aprobación (UL, FM, CSA, etc.).

Alcance del Trabajo

El alcance de trabajo de un contratista de instalación suele incluir todos los elementos de los sistemas de instrumentación y control que aparecen en la documentación que acompaña a la especificación de la instalación. Dependiendo del tamaño y la complejidad del proyecto, este conjunto de documentos por lo general incluye lo siguiente: P & ID, índice de instrumentos, las hojas de especificaciones de los instrumentos, diagramas de lazo, diagramas de enclavamiento, los detalles de instalación, datos de los vendedores, los dibujos de localización, dibujos relacionados con las tuberías, y los dibujos de localización y los conductos. Esta documentación es utilizada por el contratista para hacer una oferta y para hacer el trabajo. Además, para evitar futuras sorpresas no deseadas, se recomienda encarecidamente que el contratista visite el sitio antes de presentar una visión y la aceptación de los requisitos de seguridad en vigor en la planta. El contratista es responsable para la revisión de toda la documentación y de los equipos recibidos antes de comenzar el trabajo. En caso de haber inconsistencias (y normalmente las hay), el contratista debe notificar inmediatamente al propietario, quien debe decidir sobre una solución.

Todos los dispositivos de instrumentación que figuran en el índice de instrumento deben ser montados y conectados por el contratista para formar un sistema operativo completo.

Se espera que los trabajos de instalación se lleven a cabo por personal certificado y capacitado con la supervisión adecuada y el equipo necesario para completar el trabajo. El propietario podrá exigir al

contratista a presentar pruebas de certificación del personal y su formación y para asegurar que el equipo de construcción (y, en particular, su supervisor) permanezcan en el cargo hasta la finalización.

Durante la construcción y puesta en marcha, se producen cambios en los dibujos originales. Ellos deben ser registrados por el contratista en un conjunto de dibujos que se entrega al propietario antes de la inspección final de la obra.

Detalles de la instalación

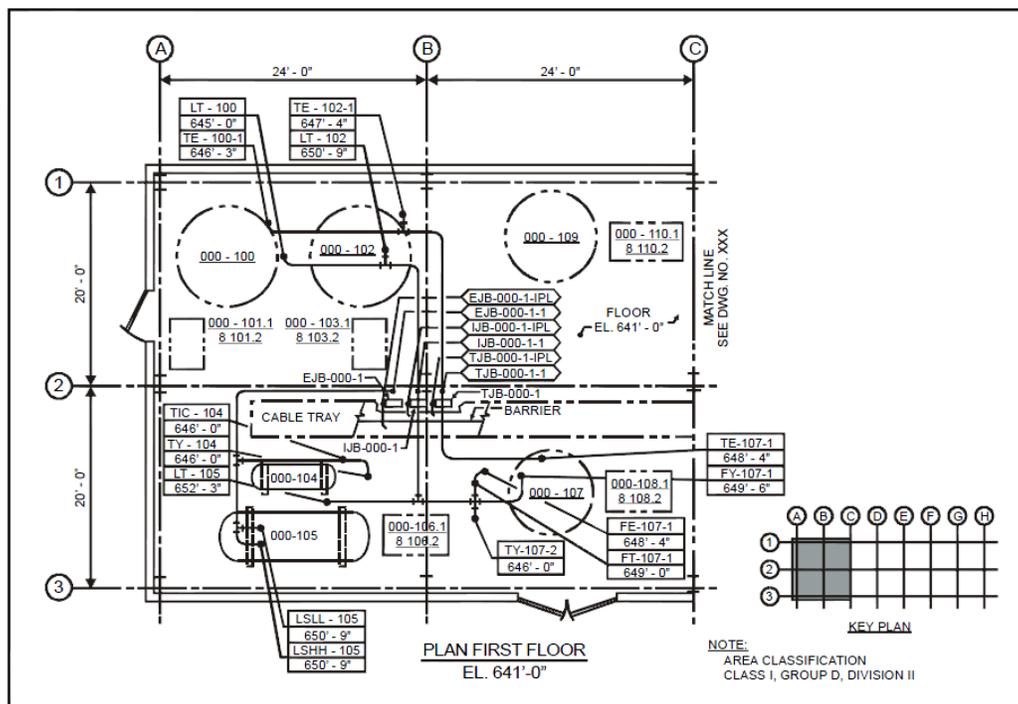
Todos los instrumentos montados en campo deben ser instalados y conectados de tal manera que el instrumento puede ser mantenido y removido para su servicio sin tener que romper los accesorios, cortar cables, o tirar de los cables a través de un conducto de metal rígido o flexible. También se espera que el contratista proporcione todas las uniones y las conexiones de los tubos necesarios a todos los instrumentos. Además, para evitar que la suciedad o la pintura afecten en el instrumento, todos los instrumentos montados en campo, una vez instalados, debe tener una protección hecha de bolsas de plástico hasta que el propietario le da la aceptación final.

La ubicación de los instrumentos y de los equipos de control se identifica generalmente en un diagrama de ubicación (véase la figura 1-9). Este dibujo es una vista general en planta de la instalación, que muestra la ubicación de los equipos individuales de I & C, con sus respectivas alturas.

Los dibujos de tuberías no son típicamente producidos por la disciplina de I & C. Estos dibujos muestran normalmente las líneas de equipamiento y el proceso, así como la conexión a todos los instrumentos de campo (completo, con elevaciones y números de marcas). La información en estos dibujos se puede utilizar en las actividades de instrumentación y control. Este enfoque tiene dos ventajas principales. En primer lugar, un menor número de dibujos se preparan y el costo se reduce. Segundo, tener un único dibujo que muestra tanto los equipos de proceso y la ubicación de los instrumentos. Los detalles de las conexiones del instrumento (es decir, instrumentos de neumática, energía, cableado, etc.) se muestran en los planos apropiados, tales como los diagramas de lazo o detalles de instrumentos específicos. Los siguientes puntos deben tenerse en cuenta al instalar el equipo de I & C:

- El personal de mantenimiento de la planta debe tener acceso a los instrumentos. Por lo tanto, todos los instrumentos, incluyendo las conexiones de tuberías para la toma de muestras o de elementos de detección, se encuentran accesibles desde las plataformas estructurales.
- El acceso hacia las escaleras deberá limitarse a los instrumentos pequeños (por ejemplo, manómetros, termómetros, o termopares), a los casos en que la ubicación no pueda ser cambiado para permitir el acceso a una plataforma, y para los casos en que una persona puede fácilmente llevar el instrumento.
- La tubería del proceso deben ser diseñada y encaminada para evitar que los sedimentos se depositen en el interior del tubo o en la caja del sensor (consulte también la Sección “Tubo” más adelante en este capítulo).

Figura 1-9. Dibujo de ubicación (layout).



Identificación del equipo

Todos los instrumentos y equipos de control, incluidas las cajas de conexiones, deben estar identificados por el número de etiqueta del equipo. Los tags son generalmente colocados en el cuerpo del instrumento o en su protección siempre que sea posible y con el apoyo de instrumentos o tubos adyacentes únicamente cuando sea inevitable. La etiqueta no debe ser colocada en un mantenimiento de rutina o

donde se requieren que la etiqueta sea eliminada. Además, todo el cableado debe ser identificado con el número de conductor adecuado y los marcadores de la abrasión y resistente a los solventes con los números de cables como se muestra en la documentación (es decir, en los diagramas de circuito y esquemas de bloqueo).

La mayoría de las plantas tienen su forma individual de codificación de color de los cables, de negro (por fase o conductores positivos) y blanco (para conductores neutros o negativos) o un sistema más complejo de codificación donde cada voltaje y la aplicación tienen un color individual. Sin embargo, en todos los casos, la conexión a tierra (en caso de aislamiento) es de color verde, y los cables de extensión del termopar utilizar el código de color ANSI. Para el cableado de seguridad intrínseca (IS), de un color azul brillante según la norma, por lo que este color no debe ser usado en ningún otro circuito. Este color puede adoptar la forma de una banda azul sobre alambres cuyos colores siguen el esquema general descrito anteriormente. Los conductos, bandejas de cables, bloques de terminales y cajas de campo de unión también deben ser identificados con una etiqueta de color.

Almacenamiento de equipos

En algunos sitios de construcción, el contratista de la instalación se espera a que se proporcione un adecuado espacio de almacenamiento interior para los instrumentos que requieren protección contra exceso de temperatura o humedad. Los instrumentos, donde sea posible, se mantienen en sus cajas de envío originales hasta que se es instalado.

Dependiendo de la dirección del proyecto y el alcance, el contratista de la instalación puede ser responsable de la recepción, descarga, custodia y almacenamiento de todos los materiales y equipos suministrados. Al aceptar la entrega, el contratista debe inspeccionar los equipos y materiales en función del índice de instrumentos, las especificaciones y las órdenes de compra para asegurarse de que la cantidad, tipo, rangos, etc, son los especificados. Si hay discrepancias, deben ser inmediatamente rectificadas ya que en esta etapa, el tiempo es la esencia.

Trabajos específicamente excluidos

El propietario debe identificar claramente y por separado las excepciones en el ámbito de trabajo. Es una práctica común en sitios donde se tiene al contratista de tuberías y de la parte mecánica instalar todos los

dispositivos en línea, tales como válvulas de control, placas de orificio, caudalímetros en línea o termopozos, así como toda la tubería principal del proceso e incluyendo la válvula de bloqueo. Esta información debe ser detallada en los planos de las tuberías para evitar malos entendidos, retrasos del proyecto y los costos adicionales.

Para evitar daños en los instrumentos, la mayoría de los cuales son relativamente delicados (y caros), todos los dispositivos en línea deben ser removidos cuando la tubería está siendo lavada, limpiada y vuelta a instalar. Además, durante las pruebas hidráulicas en la tubería de proceso, los instrumentos deben ser desconectados para asegurar que las válvulas de aislamiento no fuguen.

Aprobación de instrumentos

Es muy común que un cliente indique expresamente al contratista de los productos que están aprobados para su uso en el proyecto del cliente. Una lista de los productos puede incluir cajas de conexiones eléctricas y la neumática, la energía y el cableado de control, regletas, tubos rígidos y conductos flexibles y accesorios de conductos, tuberías, accesorios para tubos, etc. Una lista actualizada de los productos aprobados se suele incluir en la especificación de instalación para guiar al contratista.

Pruebas de preinstalación

Las pruebas de preinstalación aseguran que cada instrumento que se recibió por parte del proveedor se suministra de acuerdo con sus especificaciones, el funcionalmente es correcto, y está en buenas condiciones.

Con pocas excepciones, los instrumentos deben ser sometidos a una prueba de pre-instalación que comience tan pronto como sea posible después de que el instrumento se recibe. Las pruebas, cuando se hacen en el lugar, se debe realizar de la manera descrita por la documentación del fabricante, con los ajustes también hechos de acuerdo con las instrucciones del fabricante. La calibración previa a la instalación de los instrumentos requiere la disponibilidad de un equipo completo con cierre de talleres y un ambiente limpio y seco. En algunos casos, en lugar de pre-instalación en el sitio de la prueba, el propietario puede confiar en una certificación del equipo.

Antes de la calibración se inicia una lista completa de los equipos probados que se utilizará cuando deba ser montado. Este equipo deberá contar con un nivel de precisión al menos diez veces mejor que la

precisión establecida por el fabricante para el instrumento a ser probado y ser respaldados con certificados de calibración que estén al día y disponibles para su inspección.

El propietario debe ser informado inmediatamente de cualquier defecto que no pueda ser rectificado o cualquier otro instrumento que no se puede calibrar en un plazo razonable. En las zonas con bajas temperaturas, las pruebas deben llevarse a cabo en instrumentos electrónicos sólo después de un adecuado período de calentamiento.

Los instrumentos son en la mayoría de los casos probados a 0 por ciento, 25 por ciento, 50 por ciento, 75 por ciento y 100 por ciento en las direcciones arriba y abajo de la escala. Si es necesario, se ajusta hasta que la precisión se acerca a los límites establecidos por el fabricante.

Ejecución

Es extremadamente difícil para una especificación de instalación y sus documentos de referencia cubrir cada detalle de la instalación. El contratista de instalación se espera a que esté familiarizado con los códigos actuales y este asociado a las buenas prácticas para la instalación de instrumentos y su hardware asociado. El contratista también se espera por lo general para proveer e instalar todos los elementos periféricos, tales como clips, soportes, abrazaderas, soportes, así como cuando es necesario soldar, pintar, cablear, hacer las cajas de conexiones, tuberías y accesorios que se requieren para completar la instalación y conectar los instrumentos como se debe.

Los instrumentos sólo deben ser montados cuando todo el trabajo pesado mecánico adyacente a la localización de su instalación se ha completado. Esto debe estar claramente indicado en la especificación de instalación. Los instrumentos y cajas de empalme deben ser montados a nivel y plomada con el fin de proveer accesibilidad y protección contra daños mecánicos, calor, golpes y vibración. Ellos no deben interferir con cualquier estructura, otros equipos, tuberías, o el trabajo eléctrico. Además, los instrumentos, una vez instalados no deben crear una situación de inseguridad (por ejemplo, bordes afilados o protuberancias) y no deben obstruir los pasillos u otros medios de acceso para permitir el mantenimiento o el uso de procesos, tales como el acceso de montacargas y grúas.

Los instrumentos, líneas de impulsión, tuberías, o el cableado no debe estar apegado a las líneas de proceso o equipos de proceso, excepto para los equipos diseñados para la conexión de proceso, tales

como transmisores en línea, medidores, o las válvulas de control. Lo más importante, las tuberías y el equipo no deben ser apoyados por elementos de instrumentación o de sus accesorios. Los soportes y apoyos tienen que ser utilizados cuando sea necesario.

La pintura debe hacerse de acuerdo a las especificaciones de las plantas existentes (por lo general, en primer lugar el preparado, seguido por dos capas de pintura).

Cableado

En el mundo de la instrumentación y control, la energía eléctrica se suministra a una tensión relativamente baja, típicamente de 120 VCA o 24VDC. En la mayoría de los casos, hay cuatro tipos de instrumentación y cableado:

- Muy bajo nivel de corriente continua de señales analógicas, como para termopares, galgas extensiométricas, sensores de pH, etc.
- Bajo nivel de corriente continua de señales analógicas (4-20 mA a 24 V DC)
- De baja tensión de alimentación de cableado y señales de bajo voltaje discretos (a 24 V DC)
- De cables de alta tensión y señales discretas (a 120V CA)

El contratista deberá ejecutar la instalación de cada uno de estos cuatro tipos en un multiconductor dedicado. El cableado blindado se debe utilizar para los tipos 1 y 2. Un hueco debe mantenerse entre cada uno de los cuatro tipos. Esta brecha puede ser establecida por las normas de las plantas, y algunas plantas han determinado que 1 ½ ft (0,5 m) es una distancia segura y conservadora para todas las aplicaciones por debajo de 10 0 kVA, una suposición válida para la mayoría de la instrumentación y el control. Otras plantas pueden cumplir con las siguientes reglas:

En una canaleta metálica o un conducto contiguo que permita un mínimo de:

- 3 pulgadas (0,08 m) si el cableado de 120 V CA lleva menos de 20A,
- 6 pulgadas (0,15 m) si más de 20 A, pero menos de 100 kVA, y
- 1 pies (0,3 m) si hay más de 100 kVA.

En una canaleta no metálica o conducto contiguo que pueda permitir un mínimo de

- 6 pulgadas (0,15 m) si el cableado de 120 V CA lleva menos de 20A,
- 1 pies (0,3 m) si más de 20 A, pero menos de 100 kVA, y
- 2 pies (0,6 m) si hay más de 100 kVA.

Por otra parte, a una distancia mínima de 5 pies (2 metros) entre transformadores (y conmutadores) y los tipos 1, 2 y 3 del cableado de instrumentación y control.

Muy a menudo, los tipos 2 y 3 se pueden ejecutar en el mismo conducto. En ese caso, el tipo 3 debe estar protegido también. Para evitar las interferencias que surgen entre los cables de baja tensión y alta tensión, deben ser cruzados sólo en ángulo recto y que se mantengan físicamente separados en las bandejas del cable. Para cualquier otro tipo de cableado, como la de bus de campo o data carrier, la instalación debe estar cerca de la recomendada.

Los tendidos de cable se deben colocar en claros donde no afecten a las tuberías de proceso, tuberías de servicio, conductos de ventilación, izar los bloques, grúas y otros equipos similares. Estos deben ser colocados cuidadosamente para funcionar ya sea vertical u horizontalmente y no diagonalmente a través de paredes, techos o pisos. Los cables deben entrar en la parte inferior de los paneles para reducir el riesgo de agua u otros líquidos que se filtran en el panel y dañar el equipo electrónico. Cuando la entrada lateral es inevitable, estos cables se inclinan hacia abajo lejos de los equipos para asegurar que el agua no fluya hacia el punto de entrada del cable. La entrada del cable en el panel desde la parte superior debe ser evitada. Además, la perforación en un armario de control se debe evitar ya que las virutas de metal pueden aterrizar la electrónica causando cortos circuitos.

Si la perforación es inevitable, a continuación, el instalador debe garantizar que todos los componentes electrónicos están bien cubiertos (por ejemplo, con una lámina de plástico) antes de la pe.

Todos los conductos de ejecución sobre el terreno y los cables están aparecen en la ubicación y el diseño del conducto, que incluyen detalles sobre la identificación y el número de cables. Estos dibujos, normalmente, también muestran la ubicación, la altura y el tamaño de las bandejas de cable, cajas de derivación, y paneles de control / bloqueo.

Cuando en los canales redundantes o triplicados, se aplican los diferentes componentes (bandejas de cables, conductos, cajas de conexiones, soportes de equipos, etc) deben estar separados físicamente. Una distancia mínima de 12 a 20 pulgadas (0,3 a 0,5 m) se requiere típicamente entre los diferentes canales.

Tubería

En modernos sistemas de control basados en electrónica, el tubo se utiliza normalmente para suministrar aire a instrumentos como válvulas de control y para las conexiones del proceso (también conocido como tubo de proceso). Otro tubo se utiliza en los sistemas hidráulicos, pero este tema está fuera del alcance de este manual.

Las válvulas de control accionadas con aire requieren un suministro típicamente hecho por una válvula individual que permite el cierre independiente.

La tubería del proceso debe cumplir, o superar, las especificaciones con respecto a la temperatura y la presión de diseño, así como sus materiales de construcción. En la mayoría de las aplicaciones, los tubos del proceso están hechos de acero inoxidable y de 1/2 o 3/4 pulgadas (10 a 20 mm) de tamaño, dependiendo de la aplicación. En el gas y las líneas de líquido, el tubo está inclinado de forma continua, con un grado apropiado. La inclinación asegura que el gas y el líquido vayan a predecible lugares en el tubo. En las líneas de vapor, la tubería debe estar en posición horizontal para asegurar una carga de líquido constante.

La tubería debe estar suficientemente apoyada para evitar vibraciones y caídas. El intervalo de apoyo es por lo general cada 3 pies (0,9 m), así como antes y después de cada curva. Cuando la carga concentrada existe en el tubo (tales como válvulas) los soportes deben estar situados lo más cerca posible a la carga. Dónde existen tramos rectos, los soportes deben permitir el movimiento del tubo.

El doblado de tubos debe hacerse con un doblador de tubo y el tubo no debe estar retorcido o aplastado. El radio de curvatura mínimo varía con el material del tubo, el espesor y diámetro

El corte del tubo debe hacerse con un cortador de tubo afilado y al final de cada corte debe ser cuadrado. El aceite de corte no debe ser utilizado en este proceso. Todos los cortes del tubo no deben tener rebabas

en el interior y exterior y la superficie exterior de las primeras dos pulgadas (5 cm) debe estar libre de defectos visibles (por ejemplo, torceduras, manchas planas, y arañazos).

Para una instalación de gas típica con fluidos no condensables, el dispositivo de medición debe estar situado por encima de la línea de proceso y el grifo del proceso en la parte superior o lateral de la línea (véase la figura 1-10). Todas las líneas horizontales deberán estar en pendiente para permitir que los líquidos atrapados regresen al proceso. Para instalaciones típicas de líquidos o condensables tales como vapor, el dispositivo de medición debe estar situado por debajo de la línea de proceso y el proceso al lado de la línea (ver figura 1-11). Todas las líneas horizontales deberán estar en pendiente para permitir que los gases atrapados fluyan de nuevo al proceso. En los fluidos condensables, las camisetas de llenado están obligadas a permitir que una carga estática estable se cree. En algunas empresas se desarrollan planos individuales de detalle que le dan una descripción del material necesario para la instalación (ver figura 1-12). Otras corporaciones generan un puñado de “detalles de la instalación típica” y se basan en las capacidades y experiencia del contratista de instalación.

Los tubos del proceso que contiene líquidos que se pueden congelar deben ser protegidos por calor. Las tuberías susceptibles a obstruirse deben contar con conexiones adecuadas para la limpieza, mientras que la tubería que se encarga de los gases que contienen la humedad deben contar con cámaras de desagües adecuados o trampas. Para que la calibración y los controles ocasionales en la salida del instrumento se puedan hacer sin desconectar el instrumento, una camiseta puede estar situada entre la válvula de cierre y el instrumento, con un tapón roscado en el lado de ventilación.

Figura 1-10.dibujo isométrico para gas

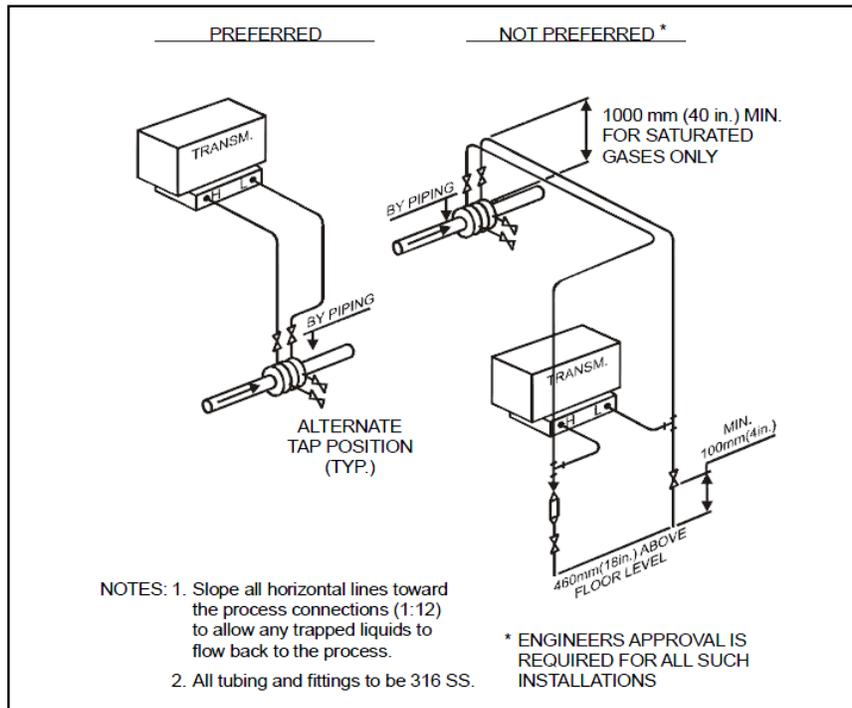
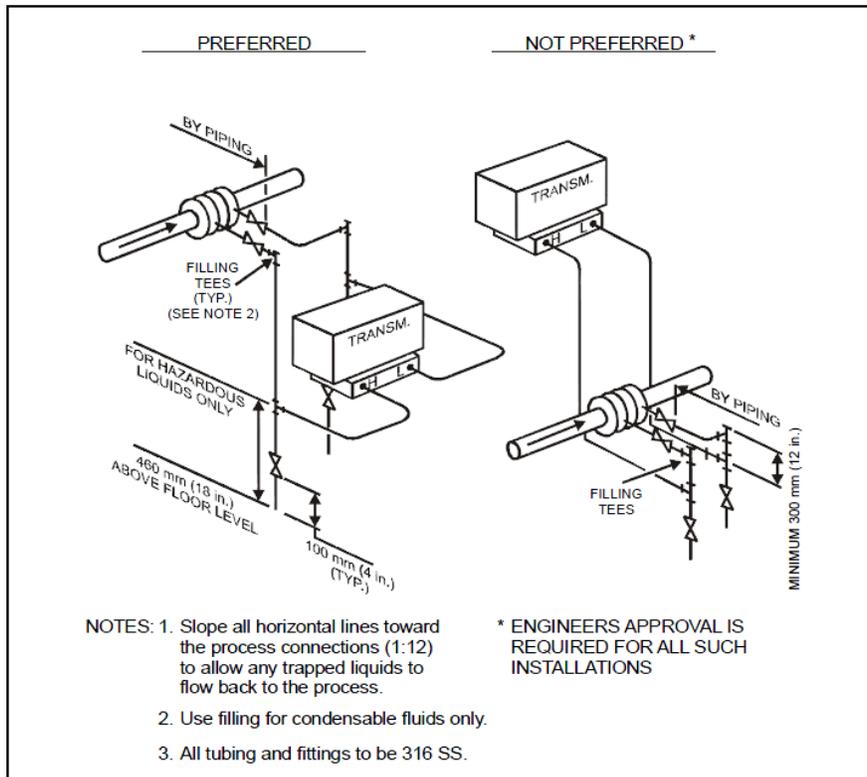


Figura 1-11 Instalación típica de líquido



- equipo está correctamente apoyado.
- la pintura y la protección contra la corrosión este completa.
- se utilizaron los materiales adecuados.
- las terminales, cables, tubos, y el equipo están correctamente identificados y etiquetados.
- la segregación y los requisitos mínimos de flexión se aplican.
- todos los cables están correctamente terminados y apoyados.
- son utilizadas las glándulas correctas de cable (tipo y material).
- todas las cubiertas del equipo están en posición y todos los puertos no utilizados están conectados.
- todo el equipo está correctamente conectado a tierra y conectado a la tensión de alimentación correcta.
- la instalación eléctrica en su totalidad cumple con los códigos y normas.
- los requisitos para la instalación se cumplen (por ejemplo, se ejecutan metros de tramos rectos, la ubicación y orientación del proceso de instrumento de los puntos de toma, etc.).

Las actividades del lazo de verificación también incluyen las siguientes:

- La limpieza del tubo de aire es soplando hacia fuera con instrumentos de aire limpio, y seco.
- Pruebas en tubos de presión y asegurarse de que todas las conexiones se han realizado correctamente
- Comprobación de todos los instrumentos de campo en tres puntos (0%, 50%, 100%) y asegurarse de que cada instrumento está en buen estado de funcionamiento. Para los sistemas térmicos, un chequeo de dos puntos debería ser suficiente (uno o dos baños de temperatura puede ser necesario).

Después de que la instalación y el registro de salida se han completado, el contratista de instalación debe recopilar los certificados, actas, manuales, hojas de instrucciones, planos conforme a obra, dibujos y diagramas, y otros datos pertinentes aplicables a los trabajos y entregarlos a su dueño. Tras la recepción de los registros al propietario y su firma, se completa la fase de recepción, que significa la realización del trabajo de instalación.

1.9 PUESTA EN MARCHA.

La puesta en marcha continua tras la finalización de las operaciones de instalación y precede al arranque de la planta (es decir, antes de que los materiales de proceso se introduce en el sistema). En la puesta en marcha, el agua y / o aire se introducen en el proceso para comprobar el funcionamiento del proceso completo, incluyendo todos los lazo de control de procesos y los equipos.

Cuando la puesta en marcha se lleva a cabo, es controlada por personal de la planta y los ingenieros de procesos. En esta etapa, el personal de control de procesos esta en espera, listo para corregir las deficiencias que han surgido.

La presencia del contratista de instalación puede ser necesaria para estar en el lugar para cualquier reparación inmediata o ajustes. Los vendedores pueden requerirse en el lugar para ayudar a poner en servicio a los equipos. Esto es común para los sistemas complejos, tales como los sistemas de analizadores.

1.10 CIERRE DE PROYECTO.

Antes de la puesta en marcha, el personal de mantenimiento y de ingeniería deben garantizar lo siguiente:

- todo el equipo de control está encendido,
- todos los sistemas de control (por ejemplo, DCS, PLC) están operando,
- todos los lazos se han comprobado y corregido todas las deficiencias,
- todos los controles de seguridad están completos,
- todos los disparos de seguridad están en funcionamiento, y
- toda la documentación necesaria está disponible y refleja el estado real de la planta.

La puesta en marcha se realiza en condiciones vigiladas y es el principio de las plenas condiciones de funcionamiento (es decir, la producción real). Los materiales del proceso se introducen poco a poco.

Con la finalización de la puesta en marcha, la planta se entrega a la operación y el mantenimiento, y el director del proyecto dirigirá su atención hacia el cierre del proyecto.

Es una actividad relativamente fácil si el proyecto estaba bajo control desde el principio.

El contratista y el vendedor deberían haber presentado toda la documentación de ingeniería, incluyendo todos los documentos señalados, para el director del proyecto. Toda la documentación se actualiza a una condición “as-built” para reflejar los cambios que se hicieron durante la construcción, puesta en servicio y puesta en marcha.

El director del proyecto emite un informe final con las lecciones aprendidas y la situación de los presupuestos. El proyecto ya ha concluido.

2. INGENIERÍA CONCEPTUAL

2.1 Filosofía de operación.

La filosofía de operación incluye una lista de principios generales a ser considerados para soportar la rutina normal de producción de la planta, para garantizar el rendimiento conjunto. Esta lista incluirá:

- Nivel de cobertura del operador y controles automáticos a ser provistos
- Esquema de operación continua
- Requerimientos y rutinas operacionales.

[Véase ejemplo de Pemex](#)

2.2 Diagrama de Gantt o cronografía del Proyecto.

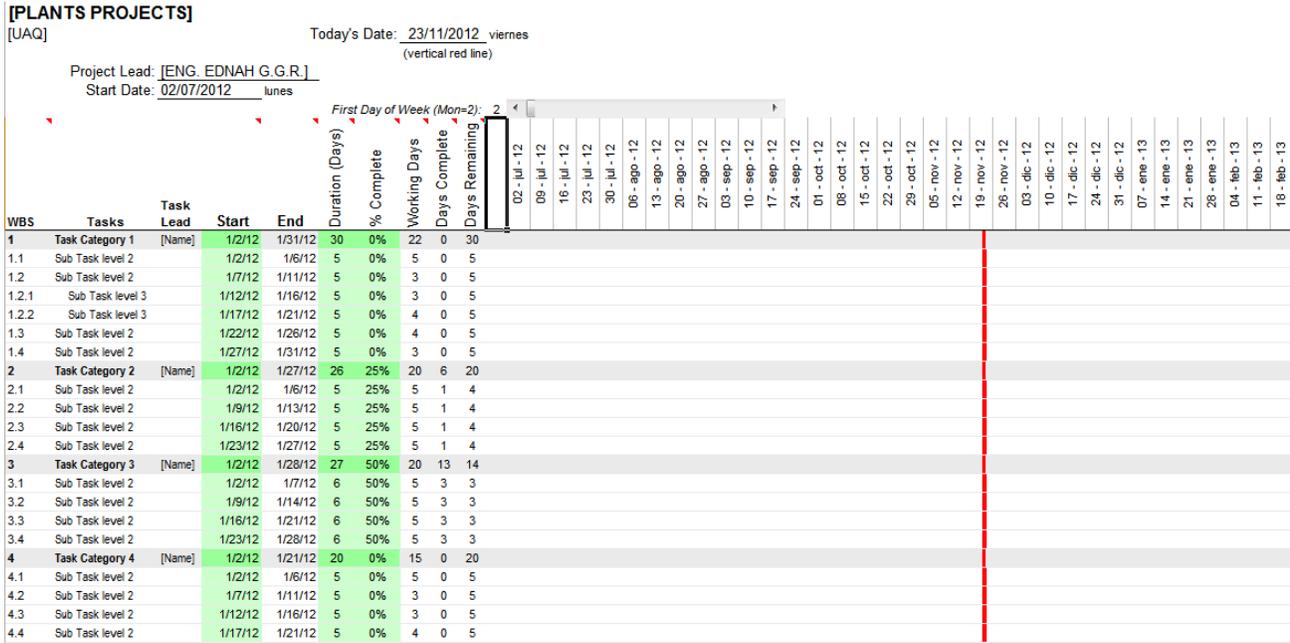
El diagrama de Gantt, gráfica de Gantt o carta Gantt es una popular herramienta gráfica cuyo objetivo es mostrar el tiempo de dedicación previsto para diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo total determinado. A pesar de que, en principio, el diagrama de Gantt no indica las relaciones existentes entre actividades.

La posición de cada tarea a lo largo del tiempo hace que se puedan identificar dichas relaciones e interdependencias. Fue Henry Laurence Gantt quien, entre 1910 y 1915, desarrolló y popularizó este tipo de diagrama en Occidente.

En 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 o las dependencias entre unidades mínimas de trabajo. Desde su introducción los diagramas de Gantt se han convertido en una herramienta básica en la gestión de proyectos de todo tipo, con la finalidad de representar las diferentes fases, tareas y actividades programadas como parte de un proyecto o para mostrar una línea de tiempo en las diferentes actividades haciendo el método más eficiente.

Básicamente el diagrama está compuesto por un eje vertical donde se establecen las actividades que constituyen el trabajo que se va a ejecutar, y un eje horizontal que muestra en un calendario la duración de cada una de ellas.

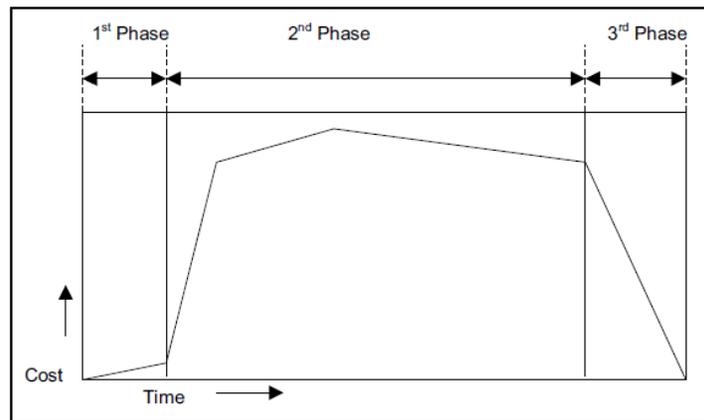
Figura 2-1. Ejemplo de diagrama de Gantt



2.3 Presupuesto de inversión.

Normalmente, un proyecto pasa por tres fases básicas. La primera fase abarca el inicio del proyecto, y los costes empiezan a subir, pero en general a una tasa baja. Una vez que el proyecto es aprobado, la segunda fase se inicia, y los costos aumentan significativamente con el tiempo (véase la figura 2-2). En esta fase, el personal de ingeniería se moviliza, comienza a funcionar, y el equipo es comprado e instalado. La tercera fase típicamente es la finalización de las obras de construcción en el sitio, y la disminución de costos hasta que el proyecto esté cerrado.

Figura 2-2. Costo del proyecto, gastos vs tiempo



Desde un punto de vista de control del proceso, se hace una estimación de frecuencia generada a partir de una lista. La lista de instrumentos es un buen punto de partida. La lista se puede dividir de la siguiente manera:

- 1ª columna, el número de etiqueta de equipo (es decir, una línea por artículo),
- 2ª columna, los costos de ingeniería,
- 3ª columna, los costos de hardware,
- 4ª columna, costos de instalación
- 5ª columna. El total para cada parte

Compra de equipo

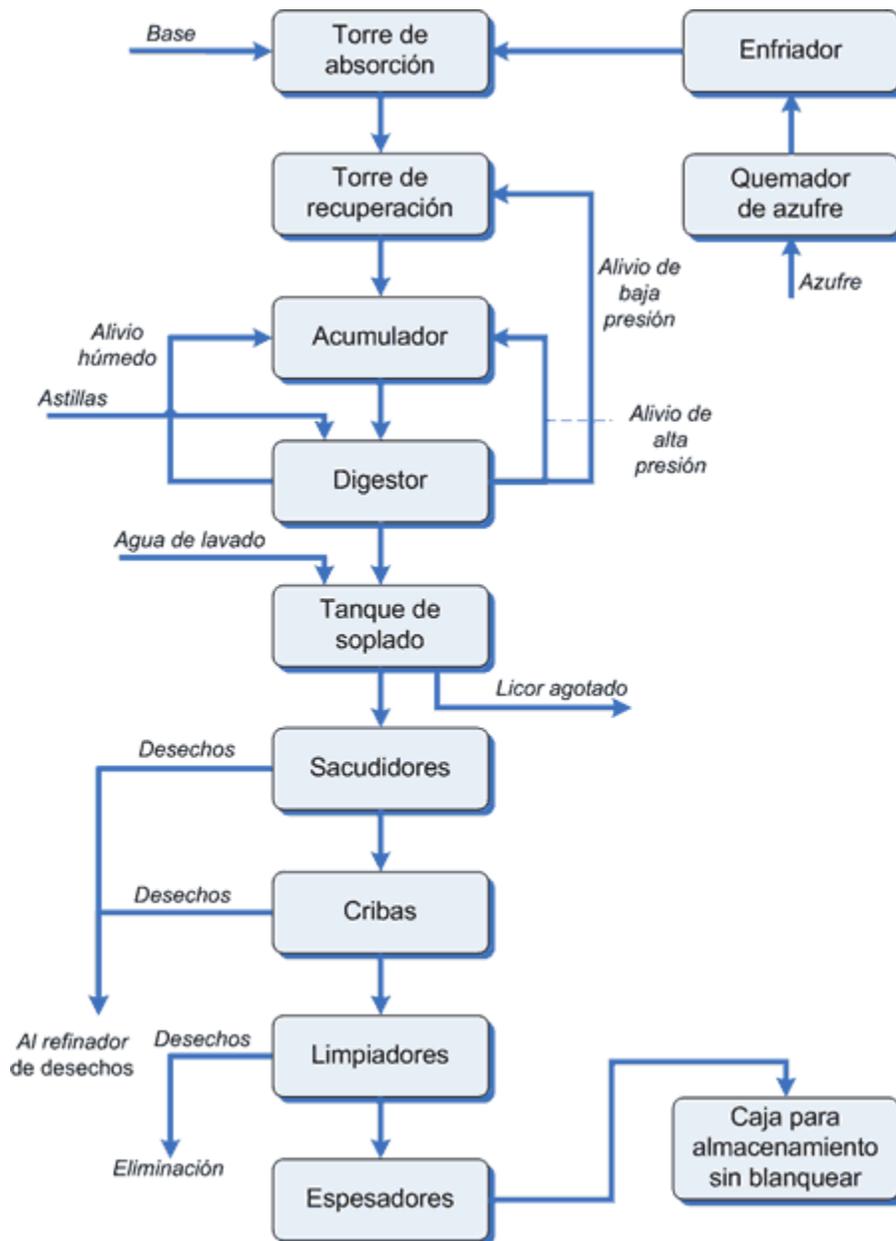
La compra de equipo sigue después de la fase de ingeniería de detalle y precede a la instalación de equipos de control. El director del proyecto, basado en el calendario, sabe lo que debe ser perseguido y cuándo. Los términos y condiciones de los vendedores deben ser revisados por el director del proyecto y/o por el departamento de compras, porque muy a menudo los requisitos comerciales y legales son ignorados por el personal de ingeniería, que están más interesados en los detalles técnicos y el cumplimiento de sus especificaciones.

La participación del director del proyecto en el trabajo realizado por la ingeniería puede variar en función del propio proyecto, las personalidades involucradas, y la cultura de la empresa. El director del proyecto puede revisar las especificaciones del equipo y confirmar que son lo suficientemente detalladas, y él o ella pueden preguntar acerca del soporte técnico del proveedor, la formación y la disponibilidad de piezas de repuesto. Además, él o ella pueden comprobar la condición requerida para almacenar el material recibido, los recursos necesarios para la programación del equipo (por ejemplo, mano de obra, la formación, el soporte del proveedor, costo y disponibilidad), el costo y la disponibilidad de servicios de campo, y la medida en de la garantía y su duración.

2.4 Diagramas de flujo de procesos.

Un diagrama de flujo es la representación gráfica de flujo de un algoritmo o de una secuencia de acciones rutinarias. Se basan en la utilización de diversos símbolos para representar operaciones específicas. Se les llama diagramas de flujo porque los símbolos utilizados se conectan por medio de flechas para indicar la secuencia de la operación.

Figura 2-3. Ejemplo de Diagrama de Flujo



3. INGENIERÍA BÁSICA

3.1 Diagramas de tuberías e instrumentación.

Un diagrama de tuberías e instrumentación (DTI) o (P&ID) está definido por la Sociedad Internacional de Automatización (ISA) de la siguiente manera:

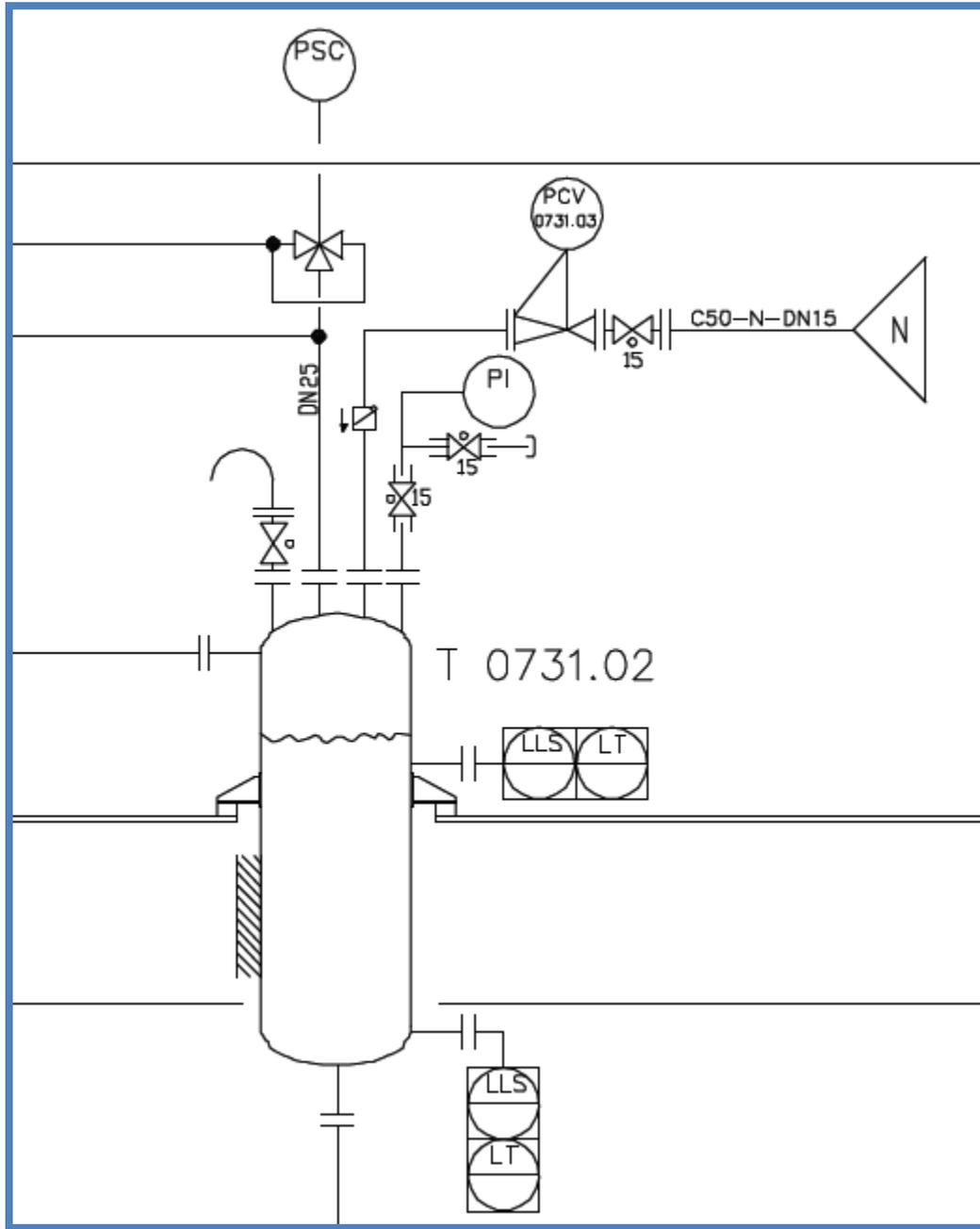
Un diagrama que muestra la interconexión de equipos de proceso e instrumentos utilizados para controlar el proceso. En la industria de procesos, un conjunto estándar de símbolos se utiliza para preparar los dibujos de los procesos. El instrumento de símbolos utilizados en estos dibujos se basa generalmente en Sistemas de Instrumentación y Automatización de la sociedad (ISA) [Norma S5. 1.](#)

Los DTI desempeñan un papel importante en el mantenimiento y modificación del proceso que describen. Es fundamental para demostrar la secuencia física de los equipos y sistemas, así como la forma en que estos sistemas de conexión. Durante la etapa de diseño, el esquema también proporciona la base para el desarrollo de sistemas de control del sistema, lo que permite aumentar la seguridad operacional y las investigaciones, como los estudios de peligros y operabilidad (HAZOP).

Para las instalaciones de procesamiento, es una representación pictórica de:

- Instrumentos clave de las tuberías y los detalles
- Control y sistemas de cierre
- Seguridad y los requisitos reglamentarios
- Puesta en marcha e información operativa.

Figura 3-1. Fragmento de DTI



3.2 Planos isométricos de rutas de cableado.

Una proyección isométrica es un método gráfico de representación, más específicamente una axonométrica, cilíndrica u ortogonal. Constituye una representación visual de un objeto tridimensional en dos dimensiones, en la que los tres ejes ortogonales principales, al proyectarse, forman ángulos de 120°, y las dimensiones paralelas a dichos ejes se miden en una misma escala.

El término isométrico proviene del idioma griego: "igual medida", ya que la escala de medición es la misma en los tres ejes principales (x, y, z).

La isometría es una de las formas de proyección utilizadas en dibujo técnico que tiene la ventaja de permitir la representación a escala, y la desventaja de no reflejar la disminución aparente de tamaño - proporcional a la distancia- que percibe el ojo humano.

3.3 Diagramas unifilares eléctricos

Los diagramas unifilares representan todas las partes que componen a un sistema de potencia de modo gráfico, completo, tomando en cuenta las conexiones que hay entre ellos, para lograr así la forma una visualización completa del sistema de la forma más sencilla. Ya que un sistema trifásico balanceado siempre se resuelve como un circuito equivalente monofásico, o por fase, compuesto de una de las tres líneas y un neutro de retorno, es rara vez necesario mostrar más de una fase y el neutro de retorno cuando se dibuja un diagrama del circuito. Muchas veces el diagrama se simplifica aún más al omitir el neutro del circuito e indicar las partes que lo componen mediante símbolos estándar en lugar de sus circuitos equivalentes. No se muestran los parámetros del circuito, y las líneas de transmisión se representan por una sola línea entre dos terminales. A este diagrama simplificado de un sistema eléctrico se le llama *diagrama unifilar o de una línea*. Éste indica, por una sola línea y por símbolos estándar, cómo se conectan las líneas de transmisión con los aparatos asociados de un sistema eléctrico.

El propósito de un diagrama unifilar es el de suministrar en forma concisa información significativa acerca del sistema.

La importancia de las diferentes partes de un sistema varía con el problema, y la cantidad de información que se incluye en el diagrama depende del propósito para el que se realiza. Por ejemplo, la localización de los interruptores y relevadores no es importante para un estudio de cargas. Los

interruptores y relevadores no se mostrarían en el diagrama si su función primaria fuera la de proveer información para tal estudio. Por otro lado, la determinación de la estabilidad de un sistema bajo condiciones transitorias resultantes de una falla depende de la velocidad con la que los relevadores e interruptores operan para aislar la parte del sistema que ha fallado. Por lo tanto, la información relacionada con los interruptores puede ser de extrema importancia. Algunas veces, los diagramas unifilares incluyen información acerca de los transformadores de corriente y de potencia que conectan los relevadores al sistema o que son instalados para medición.

3.4 Diagramas de lazos de control (loop sheets).

En instrumentación y control, se emplea un sistema especial de símbolos con el objeto de transmitir de una forma más fácil y específica la información. Esto es indispensable en el diseño, selección, operación y mantenimiento de los sistemas de control.

Un sistema de símbolos ha sido estandarizado por la ISA (Sociedad de Instrumentistas de América). La siguiente información es de la norma: ANSI/ISA-S5.1-1984(R 1992). Las necesidades de varios usuarios para sus procesos son diferentes. La norma reconoce estas necesidades, proporcionando métodos de simbolismo alternativos. Se mantienen varios ejemplos agregando la información o simplificando el simbolismo, según se desee. Los símbolos de equipo en el proceso no son parte de esta norma, pero se incluyen para ilustrar aplicaciones de símbolos de la instrumentación.

3.5 Hojas de Especificación.

Las hojas de proceso de datos contienen los datos de proceso relacionados con un instrumento en particular. Ellos forman la base sobre la cual se transmite la información del proceso desde el ingeniero de procesos para el ingeniero de instrumentos. La figura 2-5 es un ejemplo de una hoja de datos de proceso que muestra los parámetros de funcionamiento y se tomaba de la norma ISA-TR20.00.01-2001. El proceso simplificado de la hoja de datos se muestra en la figura 2-6, en la mayoría de los casos tienen columnas adicionales centradas. Típicamente, las hojas de datos de proceso se generan después de la P & ID, se preparan y se define el equipo de control. Es de vital importancia que estas hojas de datos de proceso se completen antes de las hojas de especificaciones de instrumentos.

3.6 Diseño de tuberías, etc.

Consideraciones generales y criterios de diseño

El diseño de un sistema de tuberías consiste en el diseño de sus tuberías, brida, empacaduras, válvulas, accesorios, filtros, trampas de vapor y juntas de expansión. También incluye el diseño de los elementos de soporte, tales como zapatas, resortes y colgantes, pero no incluye el de estructuras para fijar los soportes, tales como fundaciones, armaduras o pórticos de acero.

Aun en el caso en que los soportes sean diseñados por un ingeniero estructural, el diseñador mecánico de la tubería debe conocer el diseño de los mismos, por la interacción directa entre tuberías y soportes.

Procedimiento de diseño de tuberías

La lista siguiente muestra los pasos que deben completarse en el diseño mecánico de cualquier sistema de tuberías:

- Establecimiento de las condiciones de diseño incluyendo presión, temperaturas y otras condiciones, tales como la velocidad del viento, movimientos sísmicos, choques de fluido, gradientes térmicos y número de ciclos de varias cargas.
- Determinación del diámetro de la tubería, el cual depende fundamentalmente de las condiciones del proceso, es decir, del caudal, la velocidad y la presión del fluido.
- Selección de los materiales de la tubería con base en corrosión, fragilización y resistencia.
- Selección de las clases de "rating" de bridas y válvulas.
- Cálculo del espesor mínimo de pared (Schedule) para las temperaturas y presiones de diseño, de manera que la tubería sea capaz de soportar los esfuerzos tangenciales producidos por la presión del fluido.
- Establecimiento de una configuración aceptable de soportes para el sistema de tuberías.

- Análisis de esfuerzos por flexibilidad para verificar que los esfuerzos producidos en la tubería por los distintos tipos de carga estén dentro de los valores admisibles, a objeto de comprobar que las cargas sobre los equipos no sobrepasen los valores límites, satisfaciendo así los criterios del código a emplear.

Si el sistema no posee suficiente flexibilidad y/o no es capaz de resistir las cargas sometidas (efectos de la gravedad) o las cargas ocasionales (sismos y vientos), se dispone de los siguientes recursos:

- Reubicación de soportes
- Modificación del tipo de soporte en puntos específicos
- Utilización de soportes flexibles
- Modificación parcial del recorrido de la línea en zonas específicas
- Utilización de lazos de expansión
- Presentado en frío

El análisis de flexibilidad tiene por objeto verificar que los esfuerzos en la tubería, los esfuerzos en componentes locales del sistema y las fuerzas y momentos en los puntos terminales, estén dentro de límites aceptables, en todas las fases de operación normal y anormal, durante toda la vida de la planta.

4. INGENIERÍA DE DETALLE (EJEMPLOS Y EJERCICIOS)

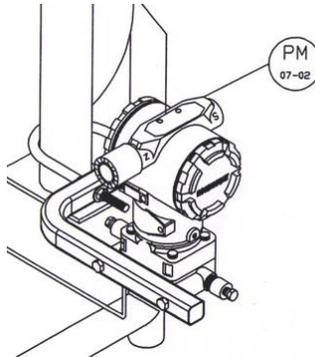
4.1 Memorias de cálculo de instrumentación y válvulas de control.



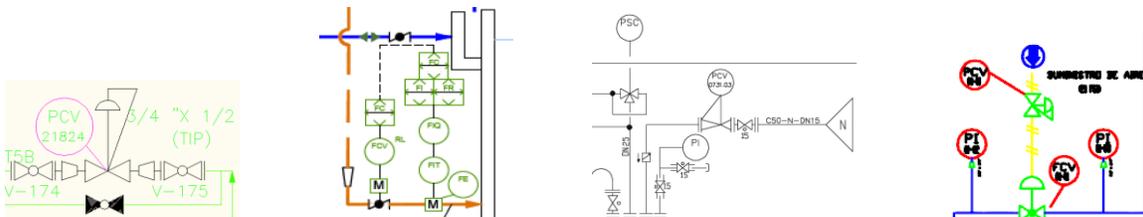
4.2 Índice de instrumentos.



4.3 Típicos de instalación.



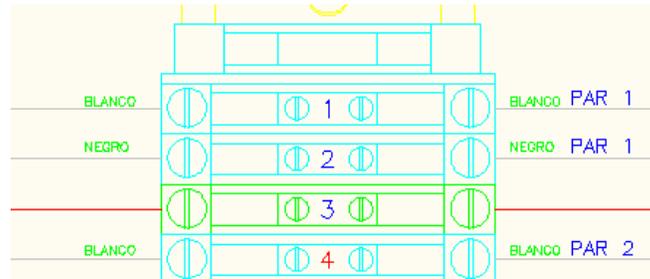
4.4 DTIs, diagramas unifilares, layout, isométricos, definitivos.



4.5 Reportes o certificados de calibración.

Area: Ingeniería	Cuerpo Tipo: Globo
Elaboro: Jorge Alberto Alvarez Ugaldé	Especificación: SD-E-FCV-01-02
Instrumento: Válvula Controladora de Flujo	N. Proyecto: SD-01
Marca: Rosemount - Fisher	DTE: SD-DTI-GRL-00
Modelo: 687 EZ	Tag: FCV-01-02
Protocolo: Hart	Características del sistema
Conversión de mA a Psig: SI	Temperatura Normal: 77 F
Máxima: 112 F	Rango: 0 - 15 psig
Fluido: Agua	Cv. al 100%: 13.3
Línea: 1"-AG-004-40 A	Tamaño Actuador: 30
Unidades de Flujo: GPM	Máxima Presión: 50 psi

4.6 Hojas de validación de cableado y señales.



4.8 Dibujos dimensionales de tanques y equipos de proceso.

4.9 Certificados de capacitación del personal.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CACEI. *Facultad de Ingeniería*. 18 de Octubre de 2012. <http://www.uaq.mx/ingenieria/certificacion.html>
- CACEI. (2012). *CACEI*. 2012
- InTech. (2012). *InTech*. 29 de Agosto de 2012, de http://www.isa.org/InTechTemplate.cfm?Section=InTech_Home1
- ISA. (2012). *ISA*. 22 de Octubre de 2012, de <http://www.isa.org/>
- ISA. (2012). *Norma ANSI/ISA 5.1*. 13 de Septiembre de 2012, de <http://www.isa.org/Template.cfm?Section=Standards2&template=/Ecommerce/ProductDisplay.cfm&ProductID=10768>
- J.O.Pennock. (2001). *Piping Engineering Leadership for Process Plant Projects*. Gulf Professional Publishing.
- Marquardt, W. (2012). *Elsevier*. 18 de Octubre de 2012, de <http://www.journals.elsevier.com/journal-of-process-control/#description>
- Martín, V. E. (2010). *Proyectos de Inversión de Ingeniería*. Limusa.
- Urbina, G. B. (2009). *Evaluación de Proyectos*. McGraw-Hill, 5a Edición.
- Whitt, M. D. (2010). *Successful I*
- Ingeniería de Mantenimiento*. (2012). Noviembre 2, 2012, from http://www.ipmaslan.com/pdf/documentacion_electrica.pdf
- Plano Isométrico*. (2012). 2012, from <http://es.scribd.com/doc/38652271/4/Plano-Isometrico>
- slideshare*. (2012). Noviembre 1, 2012, from <http://www.slideshare.net/aurita09/proyecto-ii-costos-1179342>
- Wikipedia*. (2012). 2012, from http://es.wikipedia.org/wiki/Piping_and_instrumentation_diagram
- CACEI. (2012). *CACEI*. Septiembre 10, 2012, from <http://www.cacei.org/>
- CACEI. (2012). *Facultad de Ingeniería*. Recuperado el 18 de Octubre de 2012, de <http://www.uaq.mx/ingenieria/certificacion.html>
- Chapman, S. J. (1992). *Máquinas Eléctricas*. Mac Graw Hill.

- CIEES. (2012). *CIEES*. Retrieved Octubre 2012, 23, from <http://www.ciees.edu.mx/ciees/inicio.php>
- cte. (n.d.). 2012, from 2012: <http://www.cte.org.pe/publicaciones/publicaciones.html>
- fáciles, D. (2012). *decisionesfaciles.coml*. Retrieved octubre 25, 2012, from <http://www.decisionesfaciles.com.ar/2008/11/filosofia-operativa-conceptos-basicos.html>
- InTech. (n.d.). *InTech*. Retrieved Agosto 29, 2012, from http://www.isa.org/InTechTemplate.cfm?Section=InTech_Home1
- ISA. (2012). *ISA*. Retrieved Octubre 22, 2012, from <http://www.isa.org/>
- ISA. (2012). *Norma ANSI/ISA 5.1*. Retrieved Septiembre 13, 2012, from <http://www.isa.org/Template.cfm?Section=Standards2&template=/Ecommerce/ProductDisplay.cfm&ProductID=10768>
- J.O.Pennock. (2001). *Piping Engineering Leadership for Process Plant Projects*. Gulf Professional Publishing.
- Marquardt, W. (2012). *Elsevier*. Retrieved Octubre 18, 2012, from <http://www.journals.elsevier.com/journal-of-process-control/#description>
- Martín, V. E. (2010). *Proyectos de Inversión de Ingeniería*. Limusa.
- Office, M. (2012). *Template*. Retrieved 2012, from <http://www.vertex42.com/ExcelTemplates/excel-gantt-chart.html>
- Stevenson. (n.d.). *Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia*. Mac Graw Hill.
- Urbina, G. B. (2009). *Evaluación de Proyectos*. McGraw-Hill, 5a Edición.
- Velazco, M. (1992). *Electrónica de regulación de ontrol y potencia*.
- Whitt, M. D. (2010). *Successful Instrumentation and Control Systems Desing*. ISA.
- Wikipedia*. (n.d.). Octubre 18, 2012, from http://es.wikipedia.org/wiki/Proyecci%C3%B3n_isom%C3%A9trica