A thick, dark blue vertical bar is positioned on the left side of the page. From the bottom of this bar, several thin, curved lines in shades of blue and grey extend upwards and outwards, creating an abstract, organic shape.

# Desarrollo del Plan de Gestión de un proyecto de ampliación de Refinería.

Universidad Politécnica de Valencia

[Jorge García Hernández](#)

MÁSTER EN DIRECCIÓN Y GESTIÓN DE PROYECTOS

DIRECTOR TUTOR: SALVADOR FERNANDO CAPUZ RIZO

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN, OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER. ....	4
1.1. Definición de un proyecto industrial.....	6
2. PROYECTOS EN EL SECTOR PETRÓLEO Y GAS.....	7
2.1. La empresa que desarrolla el proyecto.....	8
2.2. La empresa cliente. ....	9
2.3. Características de una refinería. ....	9
2.3.1. Características particulares del proyecto.....	11
2.4. Niveles de desarrollo de ingeniería.....	12
2.4.1. Ingeniería Conceptual. ....	13
2.4.2. Ingeniería Básica.....	14
2.4.3. Fase FEED .....	16
2.4.4. Ingeniería de Detalle. ....	16
2.4.5. Construcción.....	18
2.4.6. Puesta en marcha y operación.....	18
3. GESTIÓN Y ORGANIZACIÓN DE UN PROYECTO EN EL SECTOR PETRÓLEO Y GAS. ....	21
3.1. Descripción de cada posición del organigrama.....	23
3.1.1. Dirección de proyecto. ....	23
3.1.2. Dirección de ingeniería.....	24
3.1.2.1. Control e Instrumentación .....	24
3.1.2.2. Procesos. ....	25
3.1.2.3. Tuberías.....	25
3.1.2.4. Civil .....	26
3.1.2.5. Electricidad.....	26
3.1.2.6. Mecánica .....	27
3.1.3. Dirección de compras.....	27
3.1.4. Dirección financiera y control de costes .....	29
3.1.5. Dirección de planificación .....	29
3.1.6. Dirección de calidad .....	29
3.1.7. Dirección de seguridad y salud.....	30
3.1.8. Dirección de gestión documental.....	30
3.1.9.1. Oficina técnica (en refinería).....	31
3.1.9.2. Puesta en marcha.....	31
4. ESTRUCTURA DEL PLAN DE GESTIÓN DEL PROYECTO.....	33
4.1. El proyecto técnico de ampliación de Refinería.....	33

4.2. Plantas industriales: tipos de contrato. ....	36
4.2.1. Contratos de construcción (contratista único o múltiple). ....	37
4.2.2. Contratos de Dirección de Proyectos. ....	38
4.2.3. El contrato establecido en este proyecto. ....	39
4.3. Normativa. Sistemas de Gestión. ....	39
4.4. Planes específicos.....	40
4.4.1. Gestión del Alcance.....	41
4.4.1.1. Alcance detallado del proyecto y EDT.....	41
4.4.2. Gestión de plazos y recursos.....	42
4.4.3. Gestión de costes. ....	43
4.4.3.1. Costes suministradores.....	43
4.4.3.2. Costes Ingeniería.....	44
4.4.3.2.1. Programas y aplicaciones.....	45
4.4.3.2.2 Presupuesto base del proyecto.....	45
4.4.4. Gestión calidad.....	46
4.4.4.1. Planificación de la gestión de la calidad de los entregables del proyecto. ....	47
4.4.4.2. Gestión de la calidad de los entregables del proyecto. ....	49
4.4.4.2.1. Procedimiento de gestión documental del proyecto (entre suministrador e ingeniería). ....	50
4.4.4.2.1.1. Documentación a enviar por suministrador. ....	52
4.4.4.2.1.2. Transmisión de la documentación (NT). ....	54
4.4.4.2.1.3. Emisión y revisión de documentos.....	56
4.4.4.2.1.4. Formato de la documentación. ....	58
4.4.4.2.1.5 Contacto. ....	58
4.4.4.2.1.6. Numeración de documentos.....	59
4.4.4.2.1.7. Numeración de los ficheros. ....	59
4.4.4.2.1.8. Formatos de envío de documentación. ....	60
4.4.4.2.1.9. Informe de progreso .....	62
4.4.4.3. Control de la calidad de los entregables del proyecto.....	63
4.4.4.3.1. Documentación suministradores. ....	65
4.4.4.3.2. Procedimiento gestión documental del proyecto (entre Ingeniería y Cliente). ....	65
4.4.4.3.3. Coordinación entre cliente e ingeniería.....	67
4.4.5. Gestión de Riesgos y Oportunidades. ....	69
4.4.5.1. Registro de riesgos y oportunidades.....	69
4.4.5.2. Conclusiones. ....	71

4.4.6. Gestión de comunicaciones .....	71
4.4.7. Gestión de partes interesadas. ....	71
4.4.7.1. El cliente. ....	72
4.4.7.2. Entidades financieras. ....	72
4.4.7.3. Representante del cliente. ....	73
4.4.7.4. Ingeniería.....	73
4.4.7.5. Contratista.....	74
4.4.7.6. Ingeniería Externa. ....	74
4.4.7.7. Suministradores. ....	74
5. ASPECTOS CLAVE PARA ALCANZAR EL ÉXITO EN PROYECTOS DE REFINERÍA. ....	75
5.1. Metodología de gestión de proyectos. ....	75
5.2. Gestión Documental.....	75
5.2.1. Normativa aplicable .....	76
5.2.1.1. Norma ISO 15489 .....	77
5.2.2. Necesidades del sistema de gestión documental en el ámbito industrial. ....	77
5.2.2.1. Entorno colaborativo normalizado. ....	78
5.2.2.2 Entorno tecnológico seguro .....	78
5.2.2.3. Reducción de costes .....	79
5.2.2.4. Control y seguimiento de la documentación. ....	79
5.2.3. Matriz de distribución de documentos. ....	79
5.1.4. Libro final.....	80
5.1.5. La figura del Document Controller.....	81
5.1.5.1. Funciones .....	82
5.1.5.2. Responsabilidades.....	84
5.2. Asistencia técnica en la fase de construcción. ....	84
5.3. El equipo de activación del proyecto. ....	85
5.4. La importancia del departamento de tuberías. ....	86
5.4.1. Software de construcción SmartPlant P&ID.....	89
5.5. Necesidad de gestión del conocimiento: reutilización de la información. ....	91
6. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES. ....	93
6.1 Cómo se beneficia la operatividad de la refinería tras la implantación de este proyecto. ....	93
6.2. Conclusiones.....	96
7. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS. ....	97
7.1. Bibliografía. ....	97
7.2. Referencias.....	97

## 1. INTRODUCCIÓN, OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER.

El petróleo es, actualmente, la principal fuente de energía y la materia prima más importante objeto de comercio entre países. Más de la mitad de la energía que mantiene en actividad a nuestra civilización proviene de esta fuente energética no renovable. Se trata, por tanto, de un recurso estratégico cuya carencia provocaría el declive de la economía mundial. Dónde y cómo se produce son unas de las cuestiones que aborda este trabajo final de máster, así como prácticas y procedimientos que permiten optimizar algunos de los procesos clave, acotando los costes de producción del petróleo y sus derivados, sin dejar a un lado aspectos como la seguridad o el medioambiente.

Tanto en la industria Petrolera como en la industria petroquímica se presentan proyectos de diversa índole y magnitud en lo que respecta a su complejidad y coste, siendo los más complejos en la industria petrolera aquellos relativos a instalaciones costa afuera, construcción de buques petroleros, mejoramiento de crudos e instalaciones de refinación.

Las empresas que desarrollan este tipo de proyectos poseen una cultura organizacional e infraestructura técnica idóneas para dar soporte a una metodología de gestión de proyectos. Se dice que una metodología de gestión de proyectos está bien desarrollada siempre que esta cumpla dos requisitos. En primer lugar, estar institucionalizada lo cual se logra con una buena propuesta de planes de gestión de proyecto; dicha metodología debe estar aprobada por la alta gerencia e imponerse su uso obligatorio en toda la organización. En segundo lugar, estar internalizada, lo cual se logra cuando los miembros de la organización trabajan día a día aplicando esta metodología, siendo el Director de Proyecto el encargado de guiar a la organización en base a esta metodología de trabajo.

El objetivo de este trabajo final de máster es el de presentar un plan de gestión de proyecto el cual aplica sobre la elaboración de la Ingeniería de Detalle que se ha realizado, para poder posteriormente ejecutar el proyecto técnico de ampliación de Refinería que se comenta a lo largo del trabajo en mayor detalle. También hace hincapié en procedimientos que, aunque no parecen ser primordiales, condicionan notablemente el correcto desarrollo de este, afectando directamente a su ciclo de vida.

Qué es y cómo funciona una refinería resulta muy importante para poder comprender qué espera el cliente una vez haya finalizado el proyecto (bien sea de nueva implantación o ampliación) para poder operarlo de manera óptima; es por ello que uno de los apartados más gruesos de este trabajo habla de la gestión de la documentación, así como de la calidad que esos documentos (entregables) deben tener.

En un proyecto de una instalación industrial, el diseño queda plasmado en diferentes documentos de proyecto: P&ID's, implantaciones, especificaciones, requisiciones, documentos y planos de suministradores, etc.

El proyecto sobre el que se apoya este trabajo final de máster es de una ampliación de una Refinería actualmente operativa. Las nuevas tecnologías y los nuevos programas de diseño que se utilizan hoy en día en este tipo de proyectos, son un tema muy importante a la hora de estimar la cantidad de trabajo que va a requerir este.

Estas tecnologías afectan a las etapas de definición e implantación en las cuales se elaboran los Diagramas de Tuberías e Instrumentación (DTI) del proceso. Estos documentos representan una herramienta fundamental ya que en ellos se explica gráficamente el proceso principal con todos los detalles de instrumentación y control de los equipos, así como las líneas y accesorios presentes en la planta.

Debido a la gran importancia de estos documentos, las empresas se han visto en la necesidad de buscar herramientas útiles para la realización de los mismos de forma inteligente, es decir computarizados, y que posean una base de datos amplia y donde se puedan generar diversos reportes de forma automática. Esta tarea recae sobre el departamento de tuberías y es por ello que este trabajo final de máster detalla la importancia de dicho departamento para alcanzar el éxito en un proyecto de estas características.

Son proyectos grandes, pero no es este el principal factor que determina el correcto desarrollo de la planificación que se ha llevado a cabo. El suministro de servicios y materiales resulta uno de los principales escollos en los que ha de centrarse el equipo de dirección. Proyectos únicos, todos muy similares pero con diferentes procesos y elementos que los conforman, lo que hace que la “guía” que pueda haber para la correcta ejecución de estos, sea una mera hoja de ruta. Aun así cabe tener definidos ciertos procedimientos al máximo detalle, sobre todo relativos a gestión de documentación e interesados, donde se trata un tema tan importante como el de la seguridad (sobre la documentación y el nivel de interacción que tiene sobre esta cada agente del proyecto).

Cada refinería genera una configuración de plantas diferente, lo que le da características operativas específicas que hacen de cada una de estas, un proyecto único. Los proyectos en la industria petroquímica son constantes ya que se requieren actualizaciones tecnológicas, mejoras en las plantas, en los procesos y ampliaciones de la capacidad productiva para mantener la competitividad en los mercados.

A favor de este tipo de proyectos cabe destacar que el cliente sabe en gran medida lo que quiere, pues al ser proyectos similares a refinerías que ya tienen operativas, se trabaja teniendo en cuenta la opinión de los diferentes equipos de trabajo que operan día a día esas refinerías (electricidad, tuberías, civil, instrumentación...) y conocen tanto los defectos o desventajas de las instalaciones que poseen, como la mejor solución a los problemas que van surgiendo a la hora de modelar lo que se quiere implantar sobre lo ya existente.

En este aspecto las reuniones de trabajo que se van produciendo a lo largo del proyecto, en las que se evalúa el modelado en 3 dimensiones que se está realizando por parte de todas las disciplinas, resulta realmente resolutivo.

La idea de realizar este trabajo final de máster surge de mi experiencia laboral en una empresa internacional del sector “Oil and Gas” encargada de diseñar y gestionar un proyecto real de ampliación (titulado “Aumento de capacidad de almacenamiento y carga de LPG en Refinería”) que una de las principales empresas del sector petrolero está realizando en una de sus mayores plantas industriales que tiene ubicada en el territorio nacional.

Este trabajo final de máster por tanto tiene una doble justificación, la primera de ellas académica para poder culminar mis estudios de Máster en Dirección y Gestión de Proyectos, y la segunda personal pues recoge cómo he aplicado mis estudios y adquirido nuevos conocimientos en este ámbito durante los 11 meses en los que llevo participando en este proyecto, gracias a una beca a la que he podido optar a partir de este Máster que he cursado.

Finalmente se abordará qué beneficios, desde el punto de vista de la operatividad, adquiere la Refinería una vez se ejecuta este proyecto de ampliación.

Por motivos de confidencialidad no se nombra ni a la empresa que realiza la Ingeniería de Detalle, a la cual se hace referencia a lo largo del trabajo como Ingeniería; ni al Cliente.

### 1.1. Definición de un proyecto industrial.

Se entiende por proyecto industrial aquel proyecto enfocado a elaborar un complejo, destinado a realizar una serie de operaciones sobre materias para la obtención, transformación o transporte de uno o varios productos naturales (petróleo, energía solar, etc.).

Además, debe cumplir con los siguientes requisitos:

- ✚ Su principal finalidad sea generar un producto (electricidad, gas, etc.) y no una infraestructura (puente, edificio, etc).
- ✚ Exista un pedido (u orden de compra) por parte de un cliente.
- ✚ Exista una fase de diseño / ingeniería previa a la construcción.
- ✚ La construcción se lleve a cabo en un emplazamiento concreto.

Una refinería cumple con esta definición dada, pues se trata de una planta de procesos industriales. Se parte de una materia prima que se procesa en la planta industrial para transformar químicamente el petróleo, obteniendo otros productos derivados.



Figura 1. Vista general de una Refinería. Fuente Pixabay.

## 2. PROYECTOS EN EL SECTOR PETRÓLEO Y GAS.

Los proyectos de plantas de procesos industriales, especialmente los referentes al refino y la petroquímica abarcan desde su fase de definición de ingeniería conceptual hasta no sólo su puesta en marcha, sino todo el ciclo de vida de la planta, incluyendo sus posteriores modificaciones, ampliaciones y proyectos de paradas; un amplio abanico de especialidades técnicas que requieren de una eficiente gestión y coordinación interdisciplinar por parte de la Dirección del Proyecto, tanto en el desarrollo de las actividades que se realizan en oficina técnica, como las que se realizan en taller y en campo durante las fases de construcción, montaje y puesta en marcha.

Cabe hacer un alto y comentar puntualmente la historia de la planificación y control de las obras que ha permitido al sector petroquímico, entre otros muchos, alcanzar un alto grado de definición en cuanto a la dirección y gestión de un proyecto refiere.

Remontando apenas medio siglo, en Estados Unidos, tanto desde el ámbito militar como desde el civil, de forma independiente, se sentaron las bases de la técnicas basadas en el método del camino crítico (*Critical Path Method, CPM*) y en el método PERT (*Program Evaluation and Review Technique*). La planificación y programación de proyectos complejos, sobre todo grandes proyectos unitarios no repetitivos, comenzó a ser motivo de especial atención al final de la Segunda Guerra Mundial, donde el diagrama de barras de Henry Gantt era la única herramienta de planificación de la que se disponía, el cual fue un método innovador en su momento, pero muy limitado.

Ambos métodos aportaron los elementos necesarios para conformar el método del camino crítico actual, utilizando el control de los tiempos de ejecución y los costes de operación, para ejecutar un proyecto en el menor tiempo y coste posible. PERT/CPM se basan en diagramas de redes capaces de identificar las interrelaciones entre las tareas y establecen el momento adecuado para su realización. Además, permiten preparar el calendario del proyecto y determinar los caminos críticos. El camino crítico es, en esencia, la ruta que representa el cuello de botella de un proyecto.

El origen del CPM se sitúa entre diciembre de 1956 y febrero de 1959. En aquellos momentos, la compañía norteamericana E.I. du Pont (DuPont) estaba buscando cómo utilizar una de los primeros ordenadores comerciales, el "UNIVAC1". Los gestores de DuPont se dieron cuenta que planificar, estimar y programar parecía ser el mejor uso que la empresa podría darle a este ordenador. Este trabajo se asignó a Morgan Walker, de la Engineering Services Division de Du Pont, que junto con el matemático James E. Kelley, Jr, que trabajaba en Remington Rand, consiguieron poner a punto el método, con el objetivo de controlar el mantenimiento de los proyectos de plantas químicas de DuPont.

A mediados de 1957, esta empresa estaba interesada en ampliar cerca de 300 fábricas, lo cual implicaba un gran número de actividades (por lo menos unas 30000) lo cual no se podía abordar con los diagramas de Gantt. El objetivo era controlar y optimizar los costos de operación de las actividades de un proyecto. En este método, cada una de las tareas tenía una duración exacta, conocida de antemano.

De la evolución histórica comentada puede extraerse que la industria química ha estado desde sus inicios muy ligada al ámbito de la dirección y gestión de proyectos; a día de hoy la industria petroquímica, tras recorrer un largo camino, se encuentra en un avanzado estado de madurez. Los niveles de producción son altos, y este tipo de instalaciones de refino son operadas por empresas multinacionales que tienen una amplia experiencia en el negocio, como es el caso de la empresa cliente que encarga el diseño de este proyecto de ampliación de Refinería.

Un proyecto de ampliación que constituye uno de los más importantes de los que se han desarrollado en España en los últimos años con un presupuesto superior a los 1.000 millones de euros.

## 2.1. La empresa que desarrolla el proyecto.

La empresa encargada de llevar a cabo el proyecto (organización responsable del diseño - Ingeniería), ofrece servicios profesionales de ingeniería y consultoría. Cuenta trabajos tales como: más de 8.500 km de gasoductos, más de 2.500 km de oleoductos, más de 3.000.000 m<sup>3</sup> de almacenamiento de productos líquidos y gaseosos, 2.900 proyectos en diversos sectores (industria química y petroquímica, cemento, alimentación, fertilizantes, automoción, electrónica, gases industriales, plásticos y vidrios), que avalan la experiencia y capacidad de esta en el sector de la ingeniería.

Son muchos los proyectos englobados dentro de una Refinería en los que ya ha trabajado Ingeniería: pequeñas remodelaciones de instalaciones, nuevas implantaciones, demoliciones o construcciones completas.

La empresa está estructurada en diferentes disciplinas que, siguiendo las instrucciones del Director de Proyecto responsable, trabajan coordinadas para el correcto desarrollo del proyecto.

Sobre esta organización cabe destacar:

- ✚ Estándares propios. Ingeniería dispone de diferentes metodologías propias de trabajo. En disciplinas como tuberías, se trabaja con programas propios, un ejemplo de uno de ellos es el de gestión de materiales, el cual está ligado a unas especificaciones de materiales concretas y que permiten generar una lista de material acorde a la modelación en 3D realizada hasta ese momento.
- ✚ Supervisión de los proyectos. Una persona es responsable de auditar los trabajos realizados sobre cada proyecto y se encarga de crear un marco de trabajo común para todos los Directores de Proyecto.
- ✚ Gestión de recursos. Dependiendo del proyecto, el cliente puede encargar que esta supervisión y gestión de los recursos de los que dispone la haga ingeniería total o parcialmente. En el proyecto sobre el que se apoya este trabajo fin de máster, el recurso económico no ha sido gestionado por esta, pero sí ha realizado parte de esta gestión a modo de información para el cliente, por ejemplo realizando tabulaciones técnicas sobre los servicios que ofertaban los diversos suministradores interesados en participar en el proyecto.

En resumen, Ingeniería ofrece soluciones integrales que satisfacen totalmente las necesidades del cliente, a través del desarrollo de la ingeniería requerida para construir nuevas instalaciones, evaluar, modificar y optimizar instalaciones existentes; cubriendo toda la cadena de valor de los hidrocarburos desde su producción, transporte, almacenamiento y procesamiento, así como su ciclo de vida.

## 2.2. La empresa cliente.

Se trata de una de las mayores empresas petroleras que opera a nivel mundial, la cual produce, almacena y expide una amplia gama de productos energéticos, asfálticos, petroquímicos y otros derivados del petróleo.

La compañía está presente en nuevas actividades de exploración, producción de petróleo y gas natural en más de 10 países, destacando su expansión y diversificación en el área de la petroquímica.

El objetivo de este proyecto de Ampliación de la Capacidad de Producción y Almacenamiento supondrá duplicar la capacidad de producción y convertir esta Refinería en una de las más rentables de Europa.

## 2.3. Características de una refinería.

Para situar al lector y que tenga una noción básica de lo que es una Refinería y cómo esta es operada en líneas generales, en este apartado se pretende dar una visión general del proceso y principales elementos que hacen posible la generación de los diversos productos que se pueden obtener a partir del petróleo crudo, puesto que conforme sale de los pozos es prácticamente inservible, motivo por el cual ha de ser refinado a fin de extraer los productos realmente útiles.

Una refinería es una instalación industrial donde se somete el petróleo crudo a procesos físicos y de transformación química para la obtención de compuestos y derivados de mayor valor de mercado, cumpliendo los estándares técnicos, medioambientales, de calidad y seguridad operacional. Este complejo industrial opera las 24 horas del día y los 365 días del año. Cuenta con un equipo reducido de personas de alta cualificación profesional, que supervisa constantemente su funcionamiento, gracias a la automatización de los procesos.

El refino se inicia con una destilación, una operación que se realiza en una torre de más de 50m de altura, dividida en diferentes compartimentos horizontales, en la que se introduce el petróleo previamente calentado hasta los 400°C, a medida que sube, se enfría, y a medida que se enfría las moléculas se condensan. Continuamente, entra el petróleo crudo y salen los diferentes productos destilados según sus puntos de ebullición. Con esta operación, no se acaba el proceso de refino sino que, posteriormente, los compuestos obtenidos son refinados nuevamente en otras unidades de proceso, donde se modifica su composición molecular o se eliminan los compuestos no deseados, como el azufre. De esta manera, se obtienen los productos, de acuerdo con las exigencias técnicas y ambientales que son necesarias para su utilización comercial.

Este proceso separa las moléculas y por tanto las más pesadas: asfalto, betún y el alquitrán se quedan en la parte inferior de la torre, mientras que las moléculas más ligeras: diésel, gasolina y combustible de aviación suben a la cima.

En cada nivel, los hidrocarburos condensados o las fracciones son desviados. Las fracciones / hidrocarburos producidos incluyen gas, gasolina, diésel, aceites de calefacción, nafta (importante para plásticos), etileno y polietileno. También se produce betún / asfalto, como residuo.

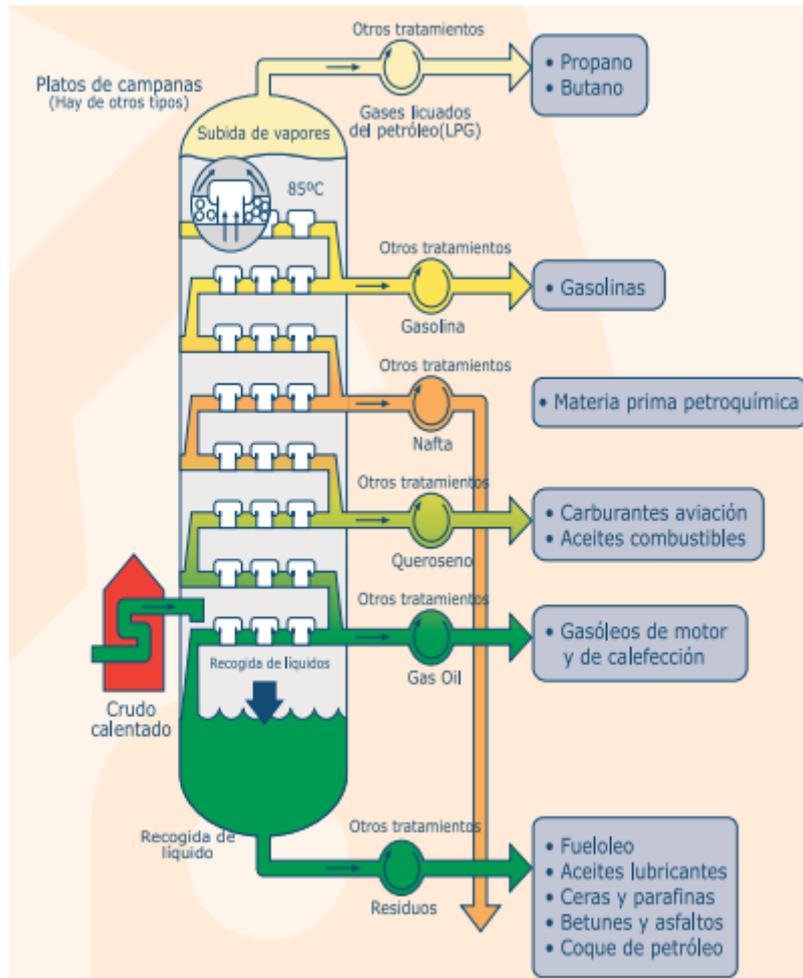


Figura 2. Funcionamiento torre de destilación. Fuente: Asociación Española de Operadores de Productos Petrolíferos.

Es característica de una refinería la presencia continua de antorchas encendidas. Los sistemas de venteo y antorcha contribuyen a la seguridad de la planta. La descarga del sistema de venteo se encuentra en un punto elevado y con una llama siempre encendida.

Ante situaciones puntuales de aumento de presión en un equipo, el sistema de descarga parte de los hidrocarburos hacia el sistema de antorcha, donde se queman de forma segura y con un mínimo impacto ambiental.

### 2.3.1. Características particulares del proyecto.

La principal particularidad de este proyecto es que supone una ampliación a una Refinería que se diseñó y construyó en la década de los años 50, siendo una de las primeras que se construyeron en España. Por aquel entonces las herramientas de las que se disponían eran simples, el trabajo se realizaba en su totalidad sobre papel y la necesidad de realizar un exhaustivo registro de control de cambios que se iban produciendo durante la ejecución del proyecto, no era primordial como sí lo es hoy en día.

Este último hecho ha condicionado en cierta medida el diseño y ejecución de este proyecto de ampliación. Desde el primer día el equipo de dirección de Refinería se mostró reticente a que Ingeniería proyectase el soterramiento de diferentes líneas trabajando en base a la documentación de la que se disponía; pues es cierto que el recorrido que tienen por Refinería líneas existentes y operativas, no está totalmente documentado.

Este hecho ha sido uno de los principales argumentos por los que se ha decidido trabajar diseñando estructuras metálicas por toda la planta (comúnmente llamadas racks) para poder distribuir las líneas objeto de la ampliación del proyecto, cableado eléctrico, etc. Y este hecho ha condicionado económicamente el proyecto, puesto que es más costoso montar este tipo de racks que soterrar estos elementos, dado que deben considerarse tareas de fabricación, distribución y montaje (así como mantenimiento) de estos racks frente a tareas de excavamiento que hubiesen podido realizarse para obtener el mismo fin; conectar varios puntos en Refinería.

Tampoco la normativa que aplicaba en los 50 y en base a la cual se construyó la Refinería es ni mucho menos similar a la actual. Dicha normativa era mucho más laxa, con menores consideraciones y requerimientos. Cualquier parte del proyecto de ampliación que pudiese afectar a lo ya existente ha debido estudiarse con detalle, puesto que no se ha podido relocalizar ninguna de las instalaciones actuales; de hacerlo, estas ahora hubieran debido guardar la normativa actual por lo que esta opción no ha sido considerada por el equipo técnico. Un claro ejemplo del cambio de normativa más restrictiva con la que se trabaja actualmente, es el área de seguridad que debe contemplarse a la hora de instalar una esfera como la que recoge este proyecto, dicha área de seguridad debe ser del doble de la que se contempló en su día para las esferas que actualmente operan en planta.

Tras haber comentado estas particularidades del proyecto, una conclusión que puede extraerse es que habría sido más sencillo diseñar la Refinería partiendo de cero, que diseñar el proyecto de ampliación para la ya existente; con lo que el lector puede hacerse una idea de la envergadura que ha tenido el proyecto en cuanto a aspectos técnicos se refiere.

Otra particularidad de este proyecto es el emplazamiento de los diferentes agentes interesados, sobre los que se habla en detalle en este trabajo final de máster, ubicados en diferentes lugares. Ingeniería y Cliente se encuentran en Madrid, la Refinería está ubicada en la provincia de Huelva, y los contratistas y subcontratistas se reparten por todo el territorio nacional; sin olvidar que muchos suministros se han realizado directamente desde factorías ubicadas en diferentes continentes por lo que se ha debido considerar, aunque puntualmente, algún agente interesado en otros continentes, con lo que se agrava la complejidad en cuanto a comunicación refiere.

La comunicación y gestión de la documentación para poder desarrollar un proyecto de estas características son fundamentales, por este motivo este trabajo final de máster se ha centrado en comentar los principales procedimientos con los que ha contado el proyecto para poder llevarse a cabo.

Estos proyectos de instalaciones refinadoras en el mundo son considerados “megaproyectos” debido al nivel de inversión que requieren y al tiempo de ejecución de la obra.

#### 2.4. Niveles de desarrollo de ingeniería.

La finalidad de estructurar el desarrollo de la ingeniería en diferentes niveles, es la de proporcionar al cliente en el menor tiempo posible la documentación que permita la licitación de las instalaciones proyectadas, sin esperar a disponer de una ingeniería de detalle, pero suficientemente definida para establecer el volumen del proyecto y estimar un presupuesto una vez que se dispone de la ingeniería básica.



Figura 3. Niveles de ingeniería. Fuente: Instituto Mexicano del Petróleo.

En lo que respecta a un proyecto industrial es importante incluir las fases de estudio previas a la fase de proyecto (Ingeniería Conceptual), puesto que van a determinar si se debe acometer el proyecto o no y además en esta fase previa se genera una gran cantidad de documentación.

### 2.4.1. Ingeniería Conceptual.

La ingeniería conceptual es la primera etapa de un proyecto de ingeniería e inicia como resultado de la necesidad de generar un producto determinado. Los conceptos técnicos iniciales se estudian y analizan para identificar si un proyecto es factible, o bien identificar cuáles son los requerimientos de proceso o equipo adicionales para generar el producto.

La ingeniería conceptual proporciona elementos de juicio técnico y económico para la toma de decisiones permitiendo valorar si el producto objeto del proyecto se ejecuta o no. Además se encarga de establecer los preceptos para el desarrollo de las siguientes etapas de ingeniería, como es la ingeniería básica. Para ello se realizan estudios de proceso y diseños preliminares que abarcan diferentes categorías y alcances, lo que depende de cuál es el grado de definición del producto al inicio de la ingeniería conceptual.

En los casos de etapas muy tempranas del desarrollo de un producto se realizan estudios que permiten evaluar diferentes alternativas técnicamente factibles, ventajas y desventajas de cada una de tal manera que pueda disponerse de una lista de opciones a analizar en mayor profundidad en la siguiente etapa. Se fijan las bases del negocio, los productos que eventualmente podrían obtenerse y su comercialización en el mercado, se propone una capacidad de procesamiento y se estudian potenciales localizaciones para desarrollar el proyecto. Este tipo de estudios conllevan estimaciones de coste con un margen entre 50% - 30%.

Cuando se cuenta con un mayor grado de definición del producto en la ingeniería conceptual, se desarrollan varias alternativas (llamadas Casos), y se lleva a cabo la selección de la opción más conveniente para los escenarios establecidos.

Es en ese tipo de situaciones donde resulta de especial interés apoyarse en herramientas que ayuden a decidir qué Caso escoger; de entre los métodos definidos para la toma de decisiones, cabe destacar el "Analytic Hierarchy Process" (AHP). Se trata de un método de decisión multicriterio que ayuda a seleccionar entre distintas alternativas en función de una serie de criterios o variables de selección, normalmente jerarquizadas, y que suelen entrar en conflicto entre sí. La estructura jerárquica de arriba a abajo sería: objetivo final, criterios y subcriterios (si aplican) y finalmente las alternativas a comparar (*ver figura 6*). Uno de los aspectos fundamentales del método es elegir bien los criterios y subcriterios de selección, definirlos adecuadamente y que sean mutuamente excluyentes.

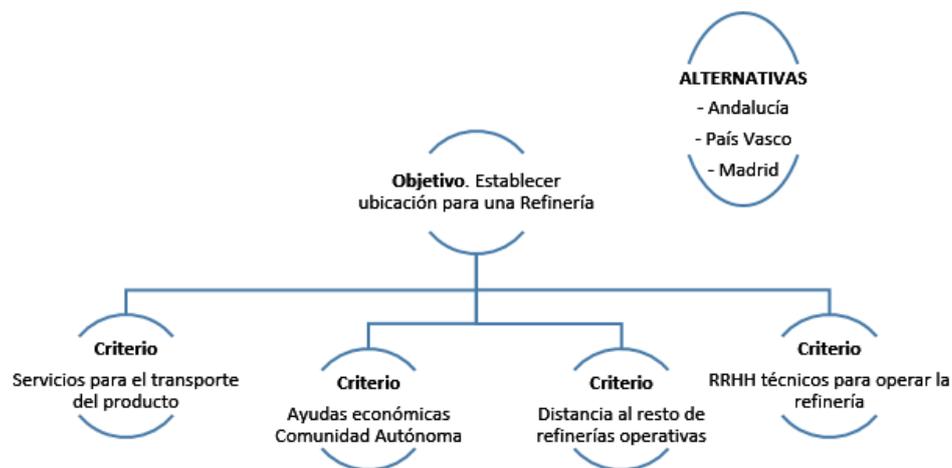


Figura 4. Ejemplo de estructura para definir la ubicación de una Refinería. Fuente: Elaborado por el autor.

La Ingeniería Conceptual tiene por objetivo fundamental identificar la viabilidad técnica y económica de las alternativas estudiadas. Durante esta etapa se fijan los objetivos del proyecto y se estudia qué tipo de tecnologías aplican, se define el marco de normas técnicas que regularán los diseños, los requerimientos de espacio y se establecen las especificaciones técnicas conceptuales. Se establece una estimación de coste asociada al Proyecto en esta fase de entre +35 / -20%.

El alcance del trabajo está establecido en la propuesta, de acuerdo a lo solicitado y de conformidad con el cliente. Como producto final del estudio se entregará un informe que contendrá:

- ✚ Bases del estudio. Aquí se incluirán los puntos y restricciones relevantes que delimitan el estudio (capacidad, tipo de corrientes, tipo de equipo, tipo de proceso, etc.)
- ✚ Esquema de proceso seleccionado; simulado empleando un software.
- ✚ Información de campo entre la que se encuentra: la caracterización de alimentaciones y productos actuales, las condiciones de operación y rendimientos de productos actuales, qué agentes químicos y catalizadores se van a emplear y cuáles son las características de los equipos existentes.
- ✚ Lista de equipos con las características preliminares de los equipos principales para el esquema propuesto.
- ✚ Estimación de inversión, evaluación económica y análisis de sensibilidad. Aquí se indicará el coste estimado de los equipos principales, de la obra civil y servicios mayores, etc., requeridos por la instalación, así como los parámetros económicos de rentabilidad si procede.

#### 2.4.2. Ingeniería Básica

Esta es la etapa relacionada con los procesos que se llevarán a cabo en la planta. Incluye, básicamente, las siguientes actividades:

- ✚ Definir las operaciones físicas, químicas o biológicas que van a realizarse.
- ✚ Decidir las condiciones básicas de operación como presión, temperatura, caudales y composiciones de las diferentes corrientes.
- ✚ Realizar los balances de materia y de energía.
- ✚ Dimensionamiento básico de los equipos.
- ✚ Diseño del resto de componentes de la planta como tuberías, refrigeración, instrumentos, seguridad, medio ambiente etc.

Ingeniería emite como documento final un Libro de Ingeniería Básica (BEDP – Basic Design and Engineering Package) que contiene toda la información y documentación necesaria para que otro contratista de ingeniería de primer nivel pueda emitir un FEED (Front End Engineering Design) que permita un diseño eficiente del proyecto y una estimación de coste de inversión con la precisión requerida en este documento.

De manera general, el BEDP debe contener el libro de diseño de ingeniería, el libro de especificaciones del proyecto (con suficiente detalle para poder pedir oferta de la ingeniería de detalle), planos, estándares, códigos y especificaciones incluyendo los archivos en formato nativo.

Además, en este nivel de ingeniería se definen los principales entregables que van a condicionar el correcto desarrollo del proyecto.

Nº	Departamento	Descripción
1	DP	Plan de calidad y coordinación
2	DP	Planificación IB
3	DP	Informes mensuales
4	DP	Bases de diseño
5	DP	BDEP (Dossier final)
7	PROCESO	Estudio de cumplimiento de distancias
8	PROCESO	Simulaciones de proceso
9	PROCESO	Diagrama de bloques
10	PROCESO	PFDs
11	PROCESO	Estudio de antorcha y PSV's
12	PROCESO	Lista de emisiones de sustancias peligrosas
13	PROCESO	Manual de operación
14	PROCESO	PIDs
15	PROCESO	Lista de líneas
16	PROCESO	Estudio hidráulico. Cálculos hidráulicos
17	PROCESO	Estudio demanda BOG
18	PROCESO	Lista de tie-ins
19	PROCESO	Lista de utilities
20	PROCESO	Lista de efluentes
21	PROCESO	Estudio de seguridad del proceso
22	PROCESO	Estudio térmico y mecánico
23	MECANICA	Lista de equipos mecánicos
24	MECANICA	Hoja de datos de esfera
25	MECANICA	Hojas de datos de bombas
26	MECANICA	RM bombas
27	MECANICA	RM Cargadero vagones
28	MECANICA	RM esfera
29	MECANICA	Diagrama de materiales (MSD's)
30	MECANICA	Tabulación esfera
31	MECANICA	Tabulación bombas
32	MECANICA	Tabulación paquete cargadero vagones
34	TUBERIAS	Plano de implantación (Plot Plan)
35	TUBERIAS	Estudio de selección de materiales (incluye Análisis de corrosión y aleaciones resistentes)
36	CIVIL	RM estudio geotécnico
37	CIVIL	RM estudio topográfico
38	I&C	Diagramas lógicos
39	I&C	Arquitectura de control
40	I&C	Lista de instrumentos
41	I&C	Hojas de datos de instrumentos
42	I&C	Filosofía de control de Proceso
43	ELECTRICIDAD	Lista de consumidores eléctricos
44	ELECTRICIDAD	Unifilar Ing. Básica CCM
45	ELECTRICIDAD	Clasificación de áreas peligrosas

Figura 5. Propuesta listado de documentos Ingeniería Básica. Fuente: Elaborado por el autor.

### 2.4.3. Fase FEED

En esta etapa se establecen las especificaciones del proyecto y se elabora la documentación para que pueda comenzar el proceso de oferta. Es por tanto en sí toda la Ingeniería básica más un porcentaje de la Ingeniería de Detalle.

### 2.4.4. Ingeniería de Detalle.

Antes de que cualquier excavadora comience a funcionar, los ingenieros que coordinarán la construcción deben tener en sus manos los planos que contengan hasta el último detalle de ingeniería de la obra, en edición aprobado para construcción (APC). La calidad y precisión de estos documentos son aspectos fundamentales para garantizar que todo el proceso de la construcción se efectúe sin contratiempos. Por esa razón, se llevan a cabo una serie de tareas multidisciplinarias que en conjunto se conocen como Ingeniería de detalle.

La Ingeniería de detalle es la última fase de la planeación de un proyecto de ingeniería, antes de pasar a la etapa constructiva. Entre las principales tareas que se llevan a cabo durante esta fase, se encuentra la verificación de que las soluciones de diseño propuestas durante las fases iniciales del proyecto —ingeniería conceptual e ingeniería básica— cumplen técnica y normativamente o, en su caso, realizar las modificaciones pertinentes para garantizar la funcionalidad y seguridad del proyecto, sin dejar de lado los requerimientos del cliente.

Aunque la Ingeniería de Detalle está presente en cualquier proyecto que tenga un fin constructivo, cobra mayor relevancia y notoriedad cuando se trata de plantas industriales como las que se encuentran dentro de una Refinería.

Durante esta fase se realizan los diseños, análisis y cálculos técnicos de alta complejidad, utilizando las mejores prácticas de ingeniería y apoyados con el uso de herramientas tecnológicas avanzadas (software y hardware) y personal altamente especializado. Se realiza el diseño de: equipos estáticos y dinámicos, tuberías, válvulas, estructuras, instrumentos, cimentaciones, edificios, sistemas eléctricos, sistemas de control y en general, de todo aquel componente que formará parte de una planta de proceso.

De esa forma, se obtendrán las dimensiones, materiales de construcción, espesores, geometría, pesos, etc; información utilizada dentro de un modelo tridimensional de la planta.

En este modelo se revisa la localización y elevaciones correctas de equipos y edificios, trazo de tuberías, interconexiones de líneas y equipos e interferencias en todos niveles.

Para el desarrollo de la Ingeniería de Detalle, deben tomarse en cuenta todas las condiciones de diseño tanto del proceso como de las cargas asociadas, requerimientos adicionales indicados en especificaciones técnicas y requisitos por cumplir indicados en la normativa que sea de aplicación.

Pueden tenerse condiciones de diseño muy críticas, como altas presiones y altas temperaturas, fluidos muy corrosivos, zonas de alta sismicidad y/o de vientos intensos o cualquier otra condición propia del lugar donde se construya la instalación petrolera.

De igual manera, requieren grandes estructuras, soportes y cimentaciones, acorde a las características del terreno donde se ubiquen. Los especialistas de Ingeniería de Detalle tienen conocimiento técnico y experiencia para realizar estos diseños, con el objetivo de que los equipos e instalaciones cumplan con la vida útil estimada (que para este proyecto es de mínimo 20 años).

En la Ingeniería de Detalle se maximizan los estudios de construcción y de seguridad industrial en planta, se indican las rutas de evacuación, el equipo completo de proceso y servicios auxiliares, que incluyen viales, cimentaciones, tuberías y rack de tuberías, plataformas y escaleras, drenajes, rutas principales de instalaciones eléctricas y de instrumentos, edificios, subestaciones eléctricas y cuartos de control, entre otros.

Finalmente, las plantas, sus sistemas, subsistemas y todos los detalles que involucran ingeniería, quedan plasmados en modelos tridimensionales, en documentos electrónicos y en una serie de documentos impresos, con los que un proyecto puede pasar del papel a la realidad; cumpliendo con todos los requisitos técnicos, legales, ambientales, normativos y de seguridad requeridos en instalaciones de esta naturaleza.

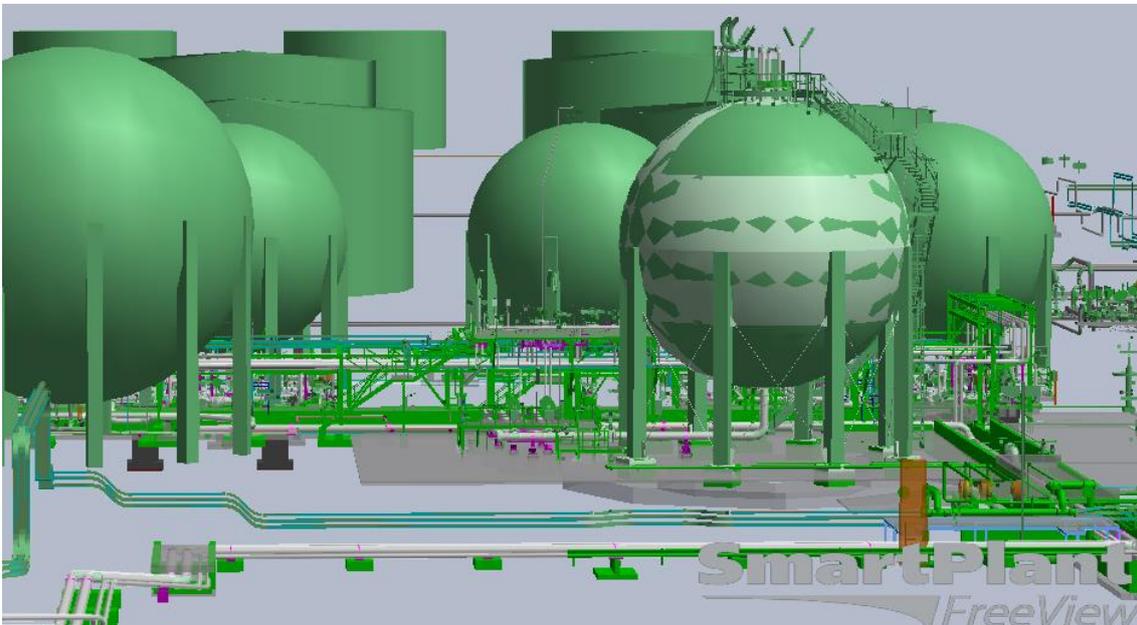


Figura 6. Captura Maqueta 3D Refinería. Fuente: Ingeniería.

Ésta es la fase más compleja desde el punto de vista de que intervienen muchas personas y organizaciones en la realización del trabajo. Es la fase clave en la organización del proyecto y control de costes y de plazos de ejecución.

Se necesita la intervención, entre otros, de los siguientes especialistas:

- ✚ Ingenieros para el diseño mecánico de los equipos, tuberías, estructuras etc. Deben definir los materiales, los procedimientos y controles de soldaduras, inspecciones, tipo y tamaño de los soportes etc.
- ✚ Especialistas en obra civil (arquitectos y aparejadores) para diseñar las cimentaciones, las conducciones enterradas, la bases de tanques y equipos, accesos y calles de circulación.
- ✚ Electricistas para el diseño, compra e instalación del aparataje eléctrico.
- ✚ Instrumentistas para diseñar los sistemas de instrumentación y control.

#### 2.4.5. Construcción

En esta fase se realizan trabajos de montaje e instalación de la planta. La clave organizativa para esta etapa del proyecto es la supervisión de, entre otros, los trabajos de:

- ✚ Preparación de terrenos: excavaciones y explanaciones.
- ✚ Realización de las cimentaciones y del resto de obra civil (zanjas, canales etc.). Incluye la preparación de accesos a la planta y a los equipos específicos que lo requieran.
- ✚ El montaje mecánico (o metalúrgico), que incluye el montaje de los equipos y tuberías así como las estructuras metálicas que dan soporte a los mismos. También se montan los accesos como escaleras, pasos, etc.
- ✚ Montaje de la instrumentación y los equipos y cables eléctricos.
- ✚ Montaje de los sistemas de aislamiento correspondientes (por ejemplo aislamiento de tuberías).
- ✚ Pintura ignífuga o de identificación.

#### 2.4.6. Puesta en marcha y operación.

Es el conjunto de acciones previas a la acción de la “comisión” que inspecciona la planta para garantizar que todo se ha construido conforme al proyecto y con los parámetros adecuados de seguridad, ingeniería y operatividad (que es la siguiente fase llamada: “comisionado”).

Entre la finalización de la construcción y la operación normal de la planta se realizan tres actividades:

- ✚ Precomisionado.
- ✚ Comisionado.
- ✚ Puesta en marcha.

### **PRECOMISIONADO**

Es el conjunto de chequeos y ensayos estáticos de una instalación industrial realizados en condición desernegrizada, esto es, sin energía eléctrica ni fluidos de proceso. Su objetivo es asegurar que la planta ha sido construida de acuerdo con los documentos de ingeniería y que se encuentra en condiciones de iniciar el comisionado. El precomisionado se organiza a partir de los sistemas y subsistemas operativos en los que se divide la planta.

Por ejemplo:

- ✚ El sistema de equipos mecánicos incluye bombas, compresores, motores.
- ✚ El sistema de tuberías incluye actividades como: limpieza de líneas, comprobación de válvulas, filtros, válvulas de retención, etc. También se comprueban las juntas, tornillería, etc.

En un documento denominado P&ID (Piping and Instrumentation Diagram) se definen los elementos que integran el sistema resaltándolos con un color determinado. El procedimiento es comparar la ingeniería frente a lo realmente construido.

- ✚ El precomisionado debe dejar un registro escrito y firmado de las actividades con una clara definición de las responsabilidades asumidas. El equipo humano del precomisionado debe ser diferente del equipo de construcción.
- ✚ El precomisionado elabora un documento llamado “Pendientes” (Punch List), único para todo el proyecto, que recoge las deficiencias observadas clasificadas en los que impiden el comisionado, los que impiden la puesta en marcha y los que no impiden ninguno de los procesos. Cuando se termina el precomisionado se hace un documento de “Listo para comisionado”. Entonces puede comenzar el comisionado.

### COMISIONADO

Actividades de verificación dinámica de cada sistema y equipo mecánico, en condición energizada, es decir, con suministro eléctrico y fluidos a presión.

Como ejemplo de actividades propias del comisionado se pueden citar:

#### En el sistema eléctrico

- ✚ Energización de las consolas y tableros.
- ✚ Energización de los cables.
- ✚ Pruebas de giro de los motores.

#### En el sistema de tuberías

- ✚ Inertización (desplazamiento de aire mediante nitrógeno que evita que se forme una atmósfera explosiva).
- ✚ Ensayo de presión y test de fugas.



Figura 7. Actividades de verificación dinámica (comisionado) en el Skid de Odorización. Fuente: Autor.

El comisionado debe realizarlo un equipo independiente. Al final se emite un certificado de “Listo para puesta en marcha”.

### **PUESTA EN MARCHA**

Normalmente se hace en tres etapas:

1. Arranque inicial de la planta.
2. Ajuste de parámetros operativos.
3. Test run o prueba de garantías. Se compara la Ingeniería Básica y las condiciones de diseño con las de la Planta en funcionamiento.

Si el test run confirma el diseño y las garantías de la planta, el proyecto se da por finalizado. Se emite un certificado de listo para uso y la responsabilidad del proyecto pasa a Operación y Mantenimiento.

Si el test run no confirma el diseño, se inicia un proceso de revisión para detectar si se trata de un error en diseño o que las condiciones no coinciden con las de diseño.



*Figura 8. Puesta en marcha de la 3a fase de la Refinería “Estrella del Golfo Pérsico”. Fuente: The Islamic Republic News Agency.*

### 3. GESTIÓN Y ORGANIZACIÓN DE UN PROYECTO EN EL SECTOR PETRÓLEO Y GAS.

En todo equipo de proyecto se debe elaborar un organigrama que presente el esquema de la organización que se va a establecer para llevar a cabo el diseño y construcción de una planta industrial.

Para poder facilitar la comprensión de cómo llevar a cabo un proyecto de ingeniería basado en la construcción y puesta en marcha de plantas industriales, a continuación se explica la organización y funciones de los diferentes departamentos que han estado implicados en el proyecto sobre el que se apoya este trabajo final de máster.

Es de vital importancia que además de cumplir con cada una de sus funciones, todos estos departamentos trabajen en equipo, teniendo en cuenta que algunos de ellos dependen directamente del trabajo realizado por otro.

El organigrama que se presenta a continuación da una visión global de los principales departamentos que han participado en este proyecto.

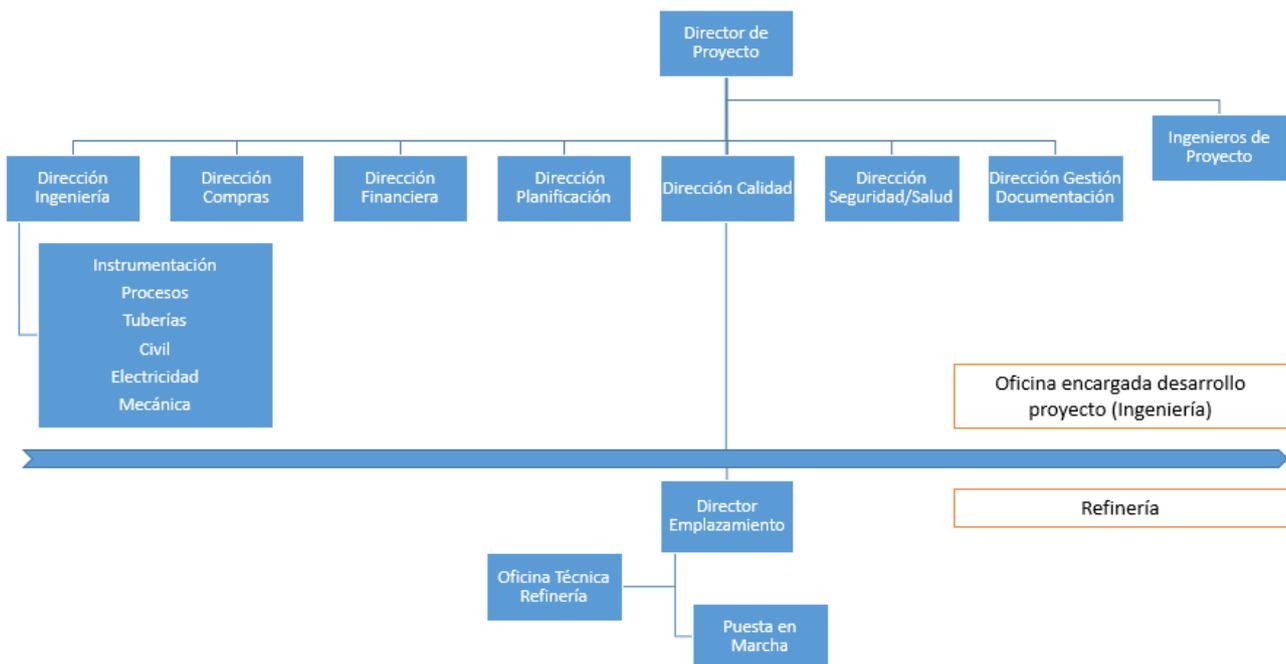


Figura 9. Organigrama del proyecto. Fuente: Elaborado por el autor.

La capacidad del director y el equipo del proyecto para identificar correctamente e involucrar a todos los interesados de manera adecuada, puede significar la diferencia entre el éxito y el fracaso del proyecto.

Para llevar a cabo un proyecto de estas características es necesario un equipo de técnicos de diferentes áreas, son estas disciplinas sobre las que se apoya el Director de Proyecto, junto con el resto de Ingenieros de Proyecto y el Director de Ingeniería, para conseguir que este se desarrolle según plazo, coste y alcance estipulados.

La clave para el involucramiento eficaz de todos ellos es centrarse en establecer una comunicación continua que permita abordar los incidentes en el momento en el que ocurren, gestionar los posibles conflictos que puedan surgir y hacer partícipes a todos ellos en las decisiones y actividades del proyecto.

Este proyecto, tal y como queda recogido en el organigrama anterior, se ha trabajado en dos planos diferentes:

 Oficina responsable del diseño del proyecto (Ingeniería)

En las oficinas de Ingeniería se han acometido los primeros trabajos de la planta como son la planificación inicial del proyecto o las compras de los equipos principales (caldera, esfera de almacenamiento, sistema de motorización, etc.) en consenso con el cliente que como bien se ha comentado anteriormente ha sido quien ha gestionado en todo momento el recurso económico. También se acomete diseño completo de la planta, que en este caso ha debido implementarse sobre la Refinería ya existente y operativa.

 “Site” / Emplazamiento (Refinería)

En el emplazamiento se despliegan equipos de personas que realizan las labores propias de construcción, y la continuación de algún trabajo que proviene de las oficinas. Ingeniería tiene una persona destinada en campo para proporcionar cualquier información que pudiera requerirse. Entre estos trabajos que se realizan, aunque parcialmente, en el emplazamiento, se encuentran los trabajos de los departamentos de:

-  Calidad
-  Compras
-  Gestión Documental

Cobra especial relevancia la gestión documental una vez que se traspasan los trabajos al “site”, puesto que toda la documentación que se lleva desarrollando desde Ingeniería debe ser especialmente controlada para que nunca se suministren planos o documentos obsoletos para la construcción de la planta. La persona destinada en Ingeniería juega aquí un papel muy importante.

Sería un error muy grave que hubiera fallos documentales en este punto, puesto que no sería lo mismo tener que rehacer un edificio sobre un plano (documento), que tener que derribarlo y construirlo nuevamente si la información que se transmite no hubiese sido la correcta.

La fase de construcción en el emplazamiento se suele organizar por disciplinas genéricas muy similares a las de oficina pero especializadas en esta fase:

-  Calidad.
-  Seguridad y salud.
-  Gestión Documental.
-  Planificación.
-  Costes.

Y aparecen otras disciplinas técnicas asociadas a la construcción como pueden ser oficina técnica, administración o puesta en marcha.

En lo que respecta a las disciplinas técnicas en la fase de construcción se suelen organizar por grandes áreas como por ejemplo:

- ✚ Obra civil (estructura metálica, cimentaciones, etcétera).
- ✚ Montaje mecánico (tuberías, calderería, equipos rotativos, etcétera).
- ✚ Montaje eléctrico (equipos eléctricos, instrumentación, etcétera).

### 3.1. Descripción de cada posición del organigrama.

A continuación se presenta una descripción básica del puesto y la responsabilidad de cada una de las posiciones que refleja el organigrama.

#### 3.1.1. Dirección de proyecto.

Los Líderes de Disciplina e Ingenieros de Proyecto son los responsables de la revisión técnica del diseño para asegurar la conveniencia, adecuación y eficacia del mismo con el fin de conseguir los objetivos establecidos. Son responsables del oportuno desarrollo de la ingeniería de acuerdo con la planificación del proyecto y de asegurar que el diseño se realiza según los procedimientos de las disciplinas de ingeniería.

El Director de Proyecto con el apoyo del técnico de Planificación, es el responsable de hacer seguimiento a la planificación de la ingeniería en base a la información suministrada por los Líderes de Disciplina para así llevar un continuo control y actualización de la misma. La Planificación del diseño está identificada en la Planificación del proyecto, la cual contiene las actividades a ser desarrolladas por cada disciplina, tiempo requerido para cada actividad y la interrelación entre una actividad y otra.

El Director de Proyecto es responsable de la aprobación de documentos de diseño, revisando los contenidos y documentación que se emite para verificar que todos los elementos esenciales están de acuerdo con la filosofía operativa y de diseño, y asegurar que la presentación y el formato es satisfactorio. También debe asegurarse de que los documentos son categorizados, listados, aprobados, distribuidos y archivados de acuerdo con los procedimientos de ingeniería y control de diseño aplicables al Proyecto; los cuales han sido consensuados con el cliente.

La principal tarea del Director de Proyecto es conseguir que los trabajos a desempeñar, y que en la mayoría de ocasiones son compartidos y dependientes entre varias disciplinas, se desarrollen de la manera más fluida posible con el fin de intervenir en estos en el menor número de ocasiones. Para ello cada disciplina cuenta con un líder el cual tiene responsabilidades y un alto poder de decisión, con lo que la supervisión más concreta recae sobre esta persona. De este modo el Director de Proyecto tiene la capacidad de analizar el proyecto desde un punto de vista que abarque mayor plazo e intentar coordinar en qué fechas se hacen los principales entregables que afectan directamente al correcto desarrollo del proyecto; estas tareas las realiza en estrecho contacto con el Director de Ingeniería.

La comunicación entre estos líderes, el Director de Ingeniería y el Director de Proyecto es constante y cotidiana. Puntualmente se realizan reuniones formales con estos líderes, pero no es la forma más habitual de trabajar.

Además del propio equipo director de proyecto de Ingeniería, y dada la casuística del tipo de contrato establecido (ya comentado anteriormente) para desarrollar este proyecto de ampliación, cabe considerar dentro de este equipo de dirección de proyecto al representante del cliente, el cual puede analizarse como un “segundo equipo director de proyecto” y cuyas tareas y responsabilidades están comentadas en mayor detalle en el apartado 3.2.3 de este mismo trabajo.

### 3.1.2. Dirección de ingeniería

La ingeniería es el área responsable del diseño de la planta. Es responsable de la emisión de la documentación más importante y numerosa del proyecto por lo que esta área estará muy relacionada con el departamento de Gestión Documental.

Ingeniería está conformada por las siguientes disciplinas, cada una de las cuales tiene un líder que rinde cuentas tanto al Director de Ingeniería como al Director de Proyecto, y que son quienes deben velar por que lo que se está diseñando, cumple con los requisitos del proyecto y expectativas del cliente.

#### 3.1.2.1. Control e Instrumentación

Esta disciplina está constituida por un grupo de ingenieros de control e instrumentación responsables del diseño, de desarrollar, instalar, administrar y/o mantener equipos que se utilizan para monitorear y controlar sistemas de ingeniería, maquinaria y procesos.

Deben elegir y diseñar todos los sistemas de instrumentación necesarios para el correcto control de la planta. El objetivo principal del trabajo de los ingenieros de I&C es asegurar que estos sistemas y procesos operan de manera efectiva, eficiente y segura.

Los ingenieros de I&C necesitan conocer en profundidad los procesos operativos de la Refinería y tienen un rol verdaderamente multidisciplinario, trabajando en estrecha colaboración con colegas de varias funciones, incluidas operaciones, compras y diseño.

Esta disciplina es responsable de la identificación, cuantificación y solicitud de materiales y procesos de medición relativa a los equipos de control que recoge la documentación del proyecto como planos, especificaciones y evaluaciones técnicas, listas, cálculos, etc. Comprueban dibujos y otra documentación de proveedores que permiten la definición, compras, instalación, prueba y operación de materiales.

Las principales actividades de esta disciplina en este proyecto de aumento de capacidad de almacenamiento y carga de LPG en una Refinería, se pueden resumir en las siguientes áreas:

-  Cálculos de instrumentación para componentes de flujo, temperatura, presión y nivel; válvulas de control y seguridad.
-  Especificaciones: equipamiento y materiales.

- ✚ Diseño: conexiones de proceso, posicionamiento de equipos y componentes, distribución de señales eléctricas, neumáticas y de alimentación, diagramas de bloques para sistemas de control, etc.
- ✚ Gestión de datos
- ✚ Adquisiciones. En estrecha comunicación con el departamento de compras.

Esta disciplina deberá conocer todos los cambios que se produzcan en cuanto al proceso inicial sobre el que se ha realizado el proyecto. Están en estrecho contacto con el departamento de compras puesto que son los responsables de evaluar todos los equipos y componentes (por ejemplo válvulas, detectores de gases, transmisores, manómetros, toma de muestras, interruptores, controles neumáticos, etc.), en última instancia son quienes validan la compra de todos estos elementos.

### 3.1.2.2. *Procesos.*

La principal tarea de los ingenieros de procesos es asegurar la integridad técnica de la planta; asesorar en cuestiones relativas a la seguridad de los procesos y encargarse, junto con el departamento de puesta en marcha de Refinería, de la puesta en servicio de las nuevas instalaciones que contempla el proyecto.

Las responsabilidades que deberá asumir son muy amplias e incluyen:

- ✚ Diseño y optimización del funcionamiento del equipo y de las instalaciones tanto de las existentes como de las previstas a instalar.
- ✚ Asesoramiento en cuestiones relacionadas con la seguridad de los procesos.
- ✚ Puesta en servicio de nuevas instalaciones.
- ✚ Análisis de los datos de laboratorio y de planta que puedan repercutir sobre la elaboración del nuevo proyecto de ampliación que va a realizarse.

El impacto que tiene esta disciplina en el proyecto es total, la correcta definición del proceso condiciona el diseño que realiza tuberías, por consiguiente afecta a instrumentación quien define el número de instrumentos a implantar en base a la información que esta le proporciona, y todo esto en conjunto repercute sobre el acopio de materiales necesario para llevar a cabo el proyecto; afectando a uno de los pilares más importante a la hora de llevarlo a cabo, el coste económico.

### 3.1.2.3. *Tuberías*

Este departamento es el encargado de la creación de las especificaciones de materiales, el desarrollo del modelo 3D del proyecto que engloba: el modelado de equipos, las estructuras preliminares, sistemas de tuberías, estudio y validación de esfuerzos y elección de soportes. También son los encargados de las especificaciones de stress y soportes, así como de definir qué cantidad de material va a requerir la instalación.

En este tipo de proyectos esta disciplina es clave para alcanzar el éxito, es por ello que en su sexto apartado este trabajo final de máster incide en su casuística, y en cómo el correcto funcionamiento de este departamento puede repercutir sobre los recursos asignados al proyecto.



Figura 10. Tuberías en Refinería. Fuente: Ingeniería.

#### 3.1.2.4. Civil

Este departamento se encarga del cálculo de las estructuras correspondientes, tanto para equipos como las estructuras de los “rack” de tuberías, o de las que dan soporte a las líneas que van al cargadero. También deben diseñar los sistemas de ventilación así como los sistemas de tuberías enterradas.

Realizan todos los cálculos relativos a cimentaciones para la ubicación de todas las instalaciones y definen tareas de demoliciones que deban realizarse; dado que este proyecto pese a ser de ampliación, afecta a instalaciones ya existentes y en ocasiones estas deben reconstruirse según nuevos estándares.

El contacto de esta disciplina con los responsables de la refinería es continuo. En este proyecto dado que se trata de una ampliación de una planta que se construyó sobre los años 60 no todas las infraestructuras existentes que afectan a esta disciplina están correctamente documentadas, por lo que es constante la solicitud de fotografías u otra información (al responsable de Ingeniería en el emplazamiento) para poder definir las nuevas instalaciones sobre estas infraestructuras existentes.

#### 3.1.2.5. Electricidad

El principal trabajo de esta disciplina es el de llevar a cabo el ruteado de las bandejas eléctricas que abastecen la instalación; realizar cálculos para elaborar la memoria que recoge la instalación general de alumbrado de todas las zonas de la refinería y generan los esquemas de control y fuerza de las diferentes bombas que trabajarán en las diferentes instalaciones.

### 3.1.2.6. Mecánica

Son los encargados de calcular los recipientes a presión y validar su diseño para cumplir con las condiciones necesarias para cada proceso en concreto. Transmiten a los fabricantes (y suministradores) las necesidades a satisfacer, y verifican que todo se cumple según la normativa que aplique. Gestionan los equipos rotatorios, como son las bombas y compresores a presión.

### 3.1.3. Dirección de compras

La dirección de compras es la encargada de sondear el mercado, lanzar ofertas a los distintos suministradores de equipos, materiales y todo aquello que sea necesario comprar para ejecutar el proyecto. Este departamento tiene un gran peso al inicio del proyecto puesto que de no disponerse del material necesario para la construcción de la planta a su debido tiempo, puede demorarse la entrega proyecto en el plazo fijado.

Refinería tiene un departamento homólogo que se encarga de los pedidos locales o puntuales que puedan producirse asociados a la fase de construcción; siempre y cuando este material no requiera de ningún tipo de validación o inspección por parte de Ingeniería, se trata por tanto de tornillería, cableado, aislamientos, etc. que aplican a instalaciones menores.

Pero no todo el trabajo de este departamento recae puramente en las tareas relacionadas con la compra, tienen además la responsabilidad de que se entreguen los pedidos en la fecha que recoge el pedido. Esta tarea se le encarga a una o varias personas, en función de la fase en la que se encuentre el proyecto, con el objetivo de hacer consultas periódicas a los suministradores de cómo llevan la fabricación de los pedidos, para lo cual resulta primordial disponer de los informes de progreso que estos están emitiendo, en este caso, el día 15 de cada mes.

Esta figura de activador de proyecto es responsable de supervisar el pedido desde que este se lanza al suministrador, hasta obtener confirmación de que el material ha sido recepcionado en el almacén de Refinería. También gestionará la devolución de todo el material que haya podido llegar a planta defectuoso o que, por algún cambio en el proyecto, el suministrador deba realizar algún trabajo adicional al material.

Este ha sido el caso por ejemplo de una serie de válvulas que en principio se decidió comprar nuevas para sustituir unas unidades ya existentes en Refinería, pero que no se decidió que fuesen motorizadas como las que se iban a comprar para las líneas objeto de la ampliación de la Refinería. Posteriormente, para dotar de mayor seguridad a esa instalación, se decidió que estas fuesen motorizadas también, por lo que tuvieron que ser enviadas de vuelta al suministrador para que montase una brida de acoplamiento que permitiese el posterior montaje del pertinente motor. Toda gestión recae por tanto en la figura del activador, desde que este material sale del almacén, pasando por su entrega de nuevo al suministrador, y su posterior envío de vuelta y recepción en almacén.

Para poder controlar todos estos envíos, y puesto que generalmente el pedido se suministra en entregas parciales, el activador genera autorizaciones de envío sobre cada pedido reflejando qué está autorizando para enviar.

AUTORIZACIÓN DE ENVÍO Nº <span style="background-color: #cccccc; padding: 2px 10px;"> </span>					
Nº PEDIDO / R.M. <span style="background-color: #cccccc; padding: 2px 10px;"> </span>			MATERIAL / EQUIPO <span style="background-color: #cccccc; padding: 2px 10px;"> </span>		
SUMINISTRADOR <span style="background-color: #cccccc; padding: 2px 10px;"> </span>			DIRECCIÓN <span style="background-color: #cccccc; padding: 2px 10px;"> </span>		
PERSONAS CONTACTADAS / CARGO <span style="background-color: #cccccc; padding: 2px 10px;"> </span>					
DISTRIBUCIÓN: <input type="checkbox"/> TOTAL PEDIDO <input type="checkbox"/> PARCIAL PEDIDO		DISTRIBUCIÓN: <input type="checkbox"/> JEFE PROYECTO <input type="checkbox"/> JEFE DPTO. TÉCNICO <input type="checkbox"/> COMPRAS <input type="checkbox"/> C.A.I. <input type="checkbox"/> ARCHIVO <span style="background-color: #cccccc; padding: 2px 10px;"> </span>			
POS.	DENOMINACIÓN	UD. PEDIDO TOTAL	CANTIDAD AUTORIZADA	CANTIDAD PENDIENTE	OBSERVACIONES
SUMINISTRADOR			INSPECTOR		
FECHA:			FECHA:		

Figura 11. Plantilla autorización de envío. Fuente: Elaborado por el autor.

Este documento se envía al suministrador que corresponda una vez se ha consensuado con el equipo de gestión de documentación que toda la documentación relativa a la partida del pedido que se pretende autorizar, ha sido recibida y revisada por los técnicos correspondientes; y también tras consultar con el departamento de calidad si se ha realizado inspección de ese material, para lo cual directamente puede recurrir a la consulta del informe de inspección que este departamento genera conforme va inspeccionando material.

Para poder conocer esta información de una manera rápida y resumida, estos tres departamentos (calidad, compras y gestión documental) comparten un documento Excel con información sobre cada ítem que conforma un pedido.

Nº Pedido	Suministrador	Nº requisición	Descripción requisición	Doc.	INFORME INSPECC.	ud inspecc. 1	Fecha A.E. 1	ITEM	Descripción	Código SAP	Cantidad Pedida	Fecha en la que se realiza el Pedido	Fecha Entrega (según pedido)	Última activación suministrador
7010935230	KSB ITUR SPAIN	1201-050	RM BOMBAS	Parcial	Pendiente	1	28/12/2019	010	BOMBA Y-P-215. ITURINVC GWM-INVCP-32-200A 2.20KW 400V 1,00 PZS	1000114425	2	20/09/2019	15/01/2020	20/12/2019
7010935230	KSB ITUR SPAIN	1201-050	RM BOMBAS	Total	OK	2	28/12/2019	020	BOMBA Y-P-216. ITURINVC GWM-INVCP-32-200A 2.20KW 400V 1,00 PZS	1000114425	2	20/09/2019	07/01/2020	20/12/2019
7010935230	KSB ITUR SPAIN	1201-050	RM BOMBAS	Total	OK	2	28/12/2019	030	BOMBA Y-P-214. ITURINVC GWM-INVCP-32-200A 2.20KW 400V 1,00 PZS	1000114425	2	20/09/2019	07/01/2020	20/12/2019

Figura 12. Ejemplo documento control compartido entre departamentos de calidad, compras y gestión documental. Fuente: Elaborado por el autor.

### 3.1.4. Dirección financiera y control de costes

El área de finanzas se dedica a controlar los flujos de dinero del proyecto y a ser los interlocutores con los bancos mientras que el área de control de costes tiene la responsabilidad de controlar la rentabilidad del proyecto. Ambas áreas deben estar coordinadas.

En este proyecto básicamente el trabajo que han realizado ambas direcciones ha sido relativo a la propia financiación del trabajo que Ingeniería ha estado desarrollando para el Cliente hasta alcanzar los hitos de pago pertinentes.

Ya se ha comentado anteriormente cuando se ha tratado el contrato que se ha establecido entre Ingeniería y Cliente, que este último ha sido quien ha controlado todos los costes que estaba generando el proyecto.

### 3.1.5. Dirección de planificación

Cabe distinguir entre la planificación que realiza Ingeniería sobre el proyecto en cuanto al diseño de la Ingeniería de detalle se refiere, plazos en la emisión de documentación, etc; y la planificación que realiza el propio Cliente (en consenso con los Contratistas) sobre la ejecución de las tareas de construcción del proyecto.

Ambas direcciones deben estar perfectamente coordinadas para no manejar tiempos erróneos.

### 3.1.6. Dirección de calidad

Esta área tiene la función de asegurar que todos los materiales y construcciones están de acuerdo a lo diseñado. Asimismo es responsable de acreditar que se cumple con la legalidad vigente y los estándares y procedimientos marcados para el proyecto. Como algunas otras direcciones, también tiene su reflejo en obra para velar por que se cumpla con la legalidad del proyecto.

En este departamento cabe destacar la figura del inspector. Este es el encargado de realizar inspecciones, generalmente presenciales, sobre todo el material que se pide para el proyecto. Estas inspecciones son realmente minuciosas cuando aplican a materiales como válvulas o bombas.

La inspección se realiza de acuerdo a las especificaciones del cliente y consiste en:

-  Inspección visual. Superior al 10% del pedido.
-  Sellado y revisión de los certificados de materiales. Aplica al 100% del pedido.
  - Estado del tratamiento térmico
  - Composición química
  - Características mecánicas
  - Resultados de dureza
-  Control dimensional. Superior al 10% del pedido.
-  Verificación del marcado. Superior al 10% del pedido.

INFORME DE INSPECCIÓN Nº [ ]		pág. [ ] de [ ]
Nº PEDIDO / Nº R. M. [ ]		MATERIAL / EQUIPO [ ]
SUMINISTRADOR [ ]		DIRECCIÓN [ ]
PERSONAS CONTACTADAS / CARGO [ ]		
FECHA INSPECCIÓN ANTERIOR [ ]	FECHA PRÓXIMA INSPECCIÓN [ ]	INSPECCIÓN FINAL <input type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO
SITUACIÓN DE PLANOS [ ]	SITUACIÓN DE ACOPIOS [ ]	SITUACIÓN DE FABRICACIÓN [ ]
FECHA ENTREGA S/PEDIDO [ ]	FECHA ENTREGA S/INSPECCIÓN [ ]	RETRASO <input type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO
PRUEBAS / ENSAYOS REALIZADOS <input type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO	CERTIFICADOS DE MATERIALES / EQUIPOS <input type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO	CERTIFICADOS DE SOLDADORES <input type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO
DISTRIBUCIÓN:		
<input type="checkbox"/> JEFE PROYECTO	<input type="checkbox"/> COMPRAS	<input type="checkbox"/> C.A.I.: [ ]
<input type="checkbox"/> JEFE DPTO. TÉCNICO / ESPECIALIDAD	<input type="checkbox"/> ARCHIVO	<input type="checkbox"/> OTROS: [ ]

Se lleva a cabo la inspección del material con el resultado indicado para cada una de las posiciones de los siguientes albaranes:

ITEM	MATERIAL	DESCRIPCIÓN	COLADA	CANTIDAD	RESULTADO

Inspector:	Fecha Inspección:	Fecha Informe:
------------	-------------------	----------------

Figura 13. Plantilla informe de inspección. Fuente: Elaborado por el autor.

### 3.1.7. Dirección de seguridad y salud

Esta área se dedicará a temas tan relevantes como los planes de seguridad de la obra, cumplimientos de normativa en materias de salubridad, etc. El área de seguridad y salud tendrá mucho más peso y relevancia en la fase de construcción de la planta.

### 3.1.8. Dirección de gestión documental

Este departamento vela porque la documentación del proyecto esté realizada a tiempo y llegue a las personas que la necesitan garantizando que es la documentación más actualizada.

La figura del responsable de este departamento (document controller) se aborda en mayor profundidad en el apartado 6.1 de este trabajo final de máster dado que se considera clave para alcanzar el éxito en un proyecto de estas características.

Este equipo es relevante a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto, desde su inicio hasta su cierre. Participa en cada uno de los pedidos que se hacen a los suministradores, colabora con ingeniería en la coordinación de la documentación de diseño que esta está generando, se encarga de distribuir la documentación a todos los interesados que aplique, supervisa que el dossier final que todo suministrador debe elaborar contiene toda la documentación en el estado más actualizado y aprobado por los técnicos.

En este proyecto la dirección de gestión documental se ha apoyado en una hoja de Excel para el control del estado de esta documentación que Ingeniería y Suministrador iban compartiendo.

SUMINISTRADOR / RM			LISTA DE DOCUMENTOS DE SUMINISTRADORES					PASO 1. CONTROL ENVÍOS DEL SUMINISTRADOR			PASO 2. CONTROL ENVÍO AL SUMINISTRADOR		
SUM	RM	Descripción	FILENAME	DOC TYPE	TITLE	TAG-S (ITEM-S)	EXPECTED DATE	NT	FECHA NT	PROGRESO SUMINISTRADOR	PROGRESO ENVÍOS	FECHA ENTREGA	ESTADO DOC
IBERFLUID	3003-931	RM SKID ODORIZACIÓN	V-1801RA93A-3003-931-Y-UP-5-DL-001-R0.xlsx	DL	Lista Docs	Y-UP-5,Y-P-207A,Y-P-207B	26/02/2020	4	27/02/2020	RECIBIDO	ENTREGADO	10/03/2020	APROBADO
IBERFLUID	3003-931	RM SKID ODORIZACIÓN	V-1801RA93A-3003-931-TLFY016N-HD-001-R0.pdf	HD	Hojas Datos equipos e instrumentos	Y-UP-5,Y-P-207A,Y-P-207B.TLFY016N	26/02/2020	4	27/02/2020	RECIBIDO	ENTREGADO	27/02/2020	APROBADO CC
IBERFLUID	3003-931	RM SKID ODORIZACIÓN	V-1801RA93A-3003-931-Y-UP-5-DIA-007-R0.pdf	DIA	Diagrama bornero salidas	Y-UP-5,Y-P-207A,Y-P-207B	26/02/2020	4	27/02/2020	RECIBIDO	ENTREGADO	27/02/2020	RECHAZADO CC
IBERFLUID	3003-931	RM SKID ODORIZACIÓN	V-1801RA93A-3003-931-TLSR026PLE001-DWG-001-R0.pdf	DWG	Plano general de conjunto con detalles y localización conexiones	Y-UP-5,Y-P-207A,Y-P-207B.TLSR026PLE001	09/02/2020	1	13/02/2020	RECIBIDO	ENTREGADO	27/02/2020	APROBADO
IBERFLUID	3003-931	RM SKID ODORIZACIÓN	V-1801RA93A-3003-931-TLHY0424-CER-001-R0.pdf	CER	Certificados de material	Y-UP-5,Y-P-207A,Y-P-207B.TLHY0424	12/02/2020	3	17/02/2020	RECIBIDO	ENTREGADO	19/02/2020	APROBADO

Figura 14. Control estado documentación compartida entre ingeniería y suministrador. Fuente: Elaborado por el autor.

### 3.1.9. Dirección emplazamiento.

De entre todos los departamentos que hay en la Refinería, los que se comentan a continuación son con los que principalmente ha lidiado el equipo director de este proyecto. Comentar nuevamente que Ingeniería no ha supervisado ni participado directamente en las tareas de construcción del proyecto, por lo que la interacción con departamentos de Refinería como pudieran ser los de compras, administración o seguridad y salud en obra, ha sido mínima.

#### 3.1.9.1. Oficina técnica (en refinería)

Es el área encargada de acopiar y revisar la documentación emitida por Ingeniería para construir la planta y distribuirla entre las distintas áreas técnicas de construcción y otros agentes y contratistas que intervienen en llevar a cabo la ejecución del proyecto.

#### 3.1.9.2. Puesta en marcha

Anteriormente se ha comentado en qué consisten las tareas de puesta en marcha a la hora de ejecutar este proyecto en la Refinería. Es el departamento responsable de poner en funcionamiento lo que se ha construido, interviniendo en la fase final de la construcción. Los especialistas de esta área se van incorporando a la planta a medida que esta va siendo construida.

Tras revisar la documentación que han elaborado los especialistas de Ingeniería de cada disciplina, este es el departamento que interpreta si la construcción está o no en condiciones de ser transferida al departamento de Operación y Mantenimiento de la planta; en caso contrario, se encargarán de solicitar mejoras a la Dirección de Proyecto.



## 4. ESTRUCTURA DEL PLAN DE GESTIÓN DEL PROYECTO.

El ciclo de vida del proyecto desde el punto de vista de Ingeniería comienza con la aceptación de la oferta y adjudicación del contrato por parte del Cliente; el cual para este proyecto ha sido un contrato peculiar y es por ello que se comenta en detalle en este apartado sus principales características.

Además se aborda en detalle el proyecto técnico de ampliación de la Refinería al que ya se ha hecho referencia en los anteriores apartados, normas relativas al sistema de gestión con las que se ha trabajado y los planes específicos del proyecto basados en la guía del PMBok, que han permitido a Ingeniería desarrollar la Ingeniería de Detalle y Gestión de Compras que el Cliente le había encomendado.

### 4.1. El proyecto técnico de ampliación de Refinería.

El objetivo del proyecto sobre el que se apoya este trabajo final de máster es aumentar la capacidad de almacenamiento y carga de gas licuado de petróleo (GLP) en una Refinería. Pero antes de entrar a comentar los aspectos técnicos de este proyecto, cabe situar al lector sobre el proceso de almacenamiento de petróleo y sus derivados, el cual se estructura según las siguientes etapas:

- ✓ **Recepción de petróleo y sus derivados.** Consiste en el ingreso del petróleo o sus derivados en las distintas áreas de almacenamiento. El crudo extraído de los yacimientos es conducido a través de tuberías y es recepcionado para ser descargado y almacenado en los tanques de almacenamiento temporal, previo a su traslado hasta la Refinería.

Los volúmenes de producto (crudo o sus derivados) son registrados. El producto será recepcionado con los correspondientes certificados de conformidad o informes de análisis que aseguren el cumplimiento de los requisitos de calidad del producto. Cuando el crudo llega a la refinería se abren las válvulas de descarga y se deposita en los tanques de almacenamiento temporales, monitoreando en todo momento la presión y velocidad del mismo.

- ✓ **Descarga de petróleo y sus derivados.** Esta etapa se realiza en dependencia del tipo de producto que se va a descargar. La descarga de crudo en las refinerías se realiza operando sobre las válvulas de control las cuales dan paso al crudo, registrando el flujo del mismo.
- ✓ **Almacenamiento en la refinería.** Las refinerías disponen de numerosos depósitos con el objetivo de absorber las paradas de mantenimiento y los tratamientos alternativos que se realizan sobre la materia prima. El objetivo de este almacenamiento es disponer de una reserva suficiente como para poder satisfacer, aunque puntualmente, la demanda de mercado en un momento en el cual la Refinería no esté operando o no lo esté haciendo a su máximo rendimiento.

Los tanques de almacenamiento de productos refinados son construidos en base al tipo de producto, cuando se trata del almacenamiento de gas licuado de petróleo (GLP) u otros derivados que deben conservarse a presión y temperatura distintas a la atmosférica normal, la construcción, así como también los materiales a emplear, requieren para cada caso de un minucioso estudio técnico. Por ejemplo, el almacenamiento de gas natural licuado (GNL) requiere una temperatura de  $-160^{\circ}\text{C}$  y el de gas licuado de petróleo (GLP-propano/butano) una temperatura que debe mantenerse entre  $-42$  y  $-12^{\circ}\text{C}$ .

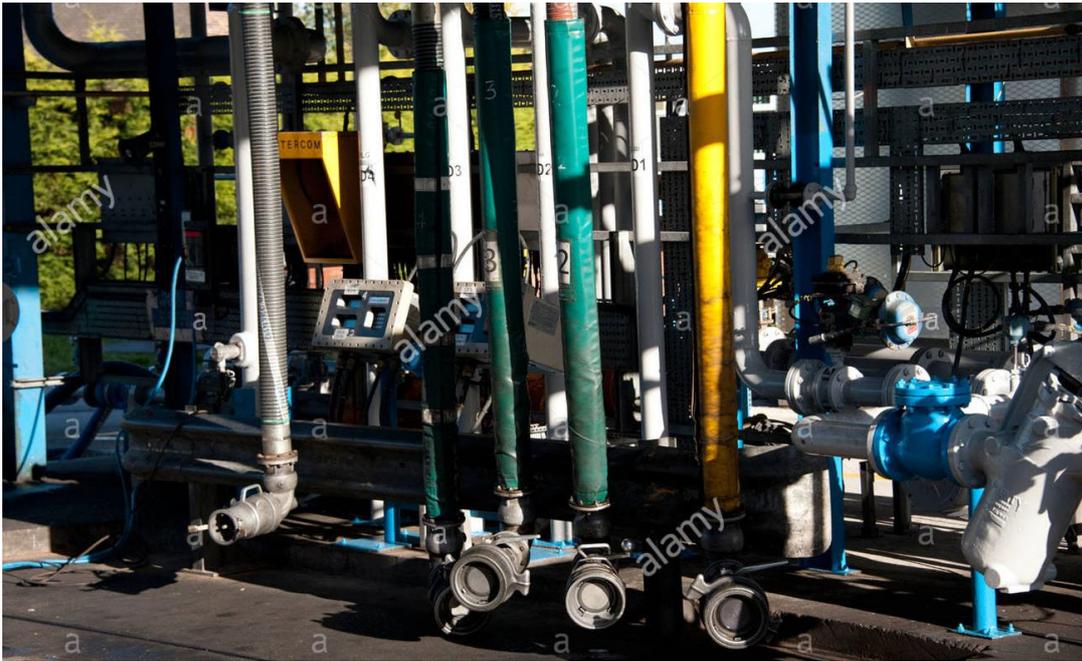


Figura 15. Área de carga en Refinería. Fuente: Alamy

Una vez comentadas las etapas del procedimiento de carga y almacenamiento del petróleo y sus derivados, cabe comentar el objetivo técnico del proyecto, que en definitiva es poder alcanzar los siguientes volúmenes de carga, a la máxima velocidad posible y por cada tipo de GLP, según se indica a continuación:

#### Propano:

- ✚ La carga de cisternas se realiza con una bomba que solo es capaz de dar el máximo de carga a un punto del Cargadero FFCC (ferrocarril) o a dos de las cisternas. El objetivo es poder cargar al máximo admitido en todos los puntos de carga.
- ✚ El caudal necesario total es de  $2.700\text{ kg/min}$  mientras que el instalado real es de  $1.050\text{ kg/min}$ .
- ✚ Se precisa de una instalación de bombeo, compatible con la carga de cisternas actual, de  $1650\text{ kg/min}$ .

**Butano:**

- ✚ La carga de cisternas se realiza con una bomba que solo es capaz de dar el máximo de carga a un punto de FFCC o a dos de cisternas. El objetivo es poder cargar al máximo admitido en todos los puntos de carga.
- ✚ El caudal necesario total es de 2.900 kg/min mientras que el instalado real es de 1.300 kg/min.
- ✚ Se precisa de una instalación de bombeo, compatible con la carga de cisternas actual, de 1600 kg/min.
- ✚ Hacer compatibles las operaciones de carga de cisternas con operaciones de trasiego de LPG entre esferas para preparar las cargas sin provocar retrasos.

La siguiente figura muestra las instalaciones existentes en la Refinería objeto de este proyecto de ampliación comentado. El crudo llega a esta por ferrocarril y empleando un sistema de bombeo se distribuye este al área de la Refinería pertinente para su tratamiento; posteriormente también puede emplearse este medio de transporte para su distribución.

Cabe destacar la presencia de diversas antorchas, un elemento clave para garantizar la seguridad en la Refinería.

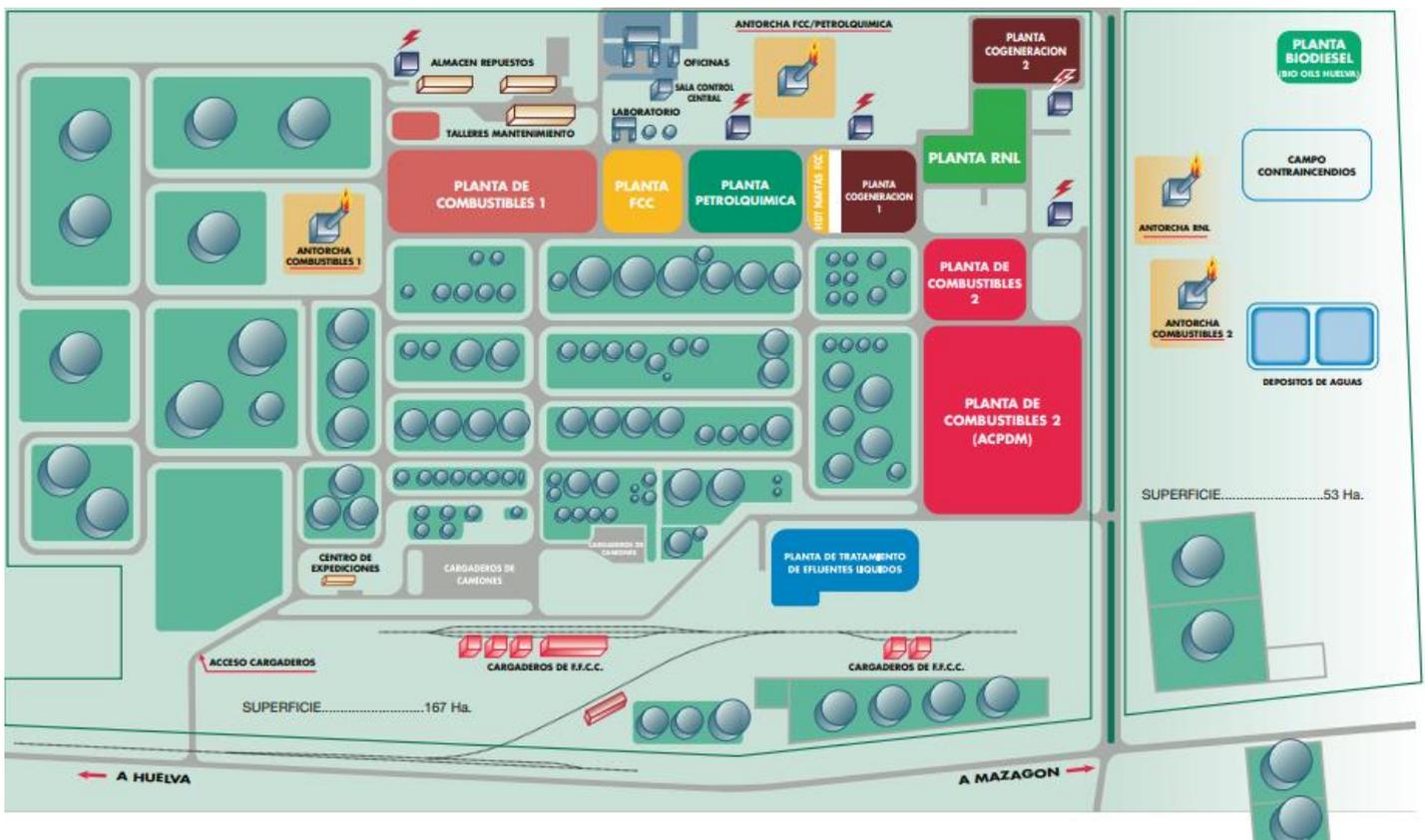


Figura 16. Planta General de la Refinería. Fuente: Cliente.

Asimismo, dentro de los objetivos de este proyecto, está la construcción de una nueva esfera de LPG de 1.800 m<sup>3</sup> para aumentar la capacidad de almacenamiento y flexibilidad en las cargas.



Figura 17. Depósitos GLP en Refinería. Fuente: Cliente.

#### 4.2. Plantas industriales: tipos de contrato.

Es importante conocer los tipos de contrato que se establecen a la hora de llevar a cabo un proyecto industrial, pues dependiendo del tipo de contrato establecido, el proyecto se organizará de una u otra forma y condicionará a todos los agentes del entorno del proyecto involucrados.

El cliente, a la hora de decidir la forma de contratar, debe tener en cuenta los puntos fuertes y débiles del proyecto, de su propia empresa, y el acceso que tiene a financiación, pues estos aspectos van a condicionar la forma de contratar y de ejecutar dicho proyecto.

Cada método de contratación influye en la forma de asignar las responsabilidades y en la forma de coordinar y hacer seguimiento dentro del proyecto. La primera consideración que debe tener en cuenta el cliente es identificar al responsable del diseño de la planta (organización que convertirá los requerimientos de este, en un diseño ejecutable).

El responsable del diseño puede ser personal de la propia organización del cliente, una empresa de dirección de proyectos independiente o personal de un contratista principal.

En este proyecto esa empresa responsable del diseño de la planta es la Ingeniería donde he realizado las prácticas del máster y que es en sí una empresa de dirección de proyectos independiente. Como organización responsable del diseño también ha estado involucrada durante el periodo de construcción de la planta industrial, aunque no ha sido esta quien ha realizado los trabajos de supervisión.

Ingeniería ha coordinado (en estrecho contacto con el representante del cliente) los procesos de diseño y construcción, en cuanto al contrato se refiere este hecho repercute sobre las condiciones de pago por parte del cliente; que en este proyecto ha sido en función del progreso de los trabajos que Ingeniería iba realizando.

Aunque los contratos de construcción de la planta pueden dividirse en distintos subcontratos en función de la especialidad (obra civil, mecánica, electricidad, pruebas, operación, etc.), los principales aspectos que el cliente debe considerar a la hora de elegir una forma de contratar u otra son:

- ✚ La actividad de Diseño.
- ✚ La actividad de Coordinación / Dirección de los trabajos.

De entre todas las posibilidades existentes, las formas de contratación más comunes se pueden agrupar en:

- ✚ Construcción (contratista único o múltiple).
- ✚ Dirección de Proyectos.
- ✚ Diseño, suministro y construcción (contratos llave en mano).

Cabe destacar que dependiendo de la modalidad de contrato que se seleccione, esto influirá tanto en cómo el equipo de gestión documental organizará el trabajo, como en la seguridad de la documentación del proyecto (quién accede a qué y en qué circunstancias).

Es muy importante en la negociación del contrato definir a qué actividades y documentos tiene acceso el cliente, cuáles son para información y/o aprobación, establecer los periodos de aprobación de cada involucrado, y definir con qué periodicidad y detalle debe suministrarse la documentación.

Si la definición de los derechos del cliente no está clara, en la ejecución del proyecto este hecho puede derivar en un grave problema que recaiga en desviaciones de coste del mismo.

#### 4.2.1. Contratos de construcción (contratista único o múltiple).

En los contratos de construcción el cliente suministra a los contratistas:

- ✚ El diseño de la planta industrial de acuerdo a sus requerimientos.
- ✚ La coordinación de los trabajos.
- ✚ Suministros de los principales equipos (calderas, intercambiadores, equipos, etc.)

En la tipología de contrato de construcción con un contratista único, el cliente será el responsable de las conexiones entre las fases de diseño, suministro y construcción. Ingeniería es responsable del diseño elegido por el cliente, suministra los planos y documentos necesarios para la construcción.

En estos contratos, normalmente es Ingeniería la que actúa en nombre del cliente y desarrolla todas las actividades de supervisión, coordinando al contratista principal durante el progreso de los trabajos y supervisando las actividades de ingeniería, suministro y construcción de la planta.

Otra opción es que el cliente elija trabajar con varios contratistas, de este modo establece paquetes individuales de construcción y es posible obtener un mejor precio. Aunque en este caso, el cliente necesitará más equipos de coordinación para los diferentes contratistas.

Por lo tanto, el cliente será responsable no solo de supervisar el diseño, suministro y los métodos de construcción usados por los diferentes contratistas, sino también de coordinar a todos ellos, lo que hace necesario que: o bien el cliente tenga una gran experiencia para realizar esta coordinación (para lo cual debe conocer los métodos de construcción de cada contratista), o subcontratar esta actividad a un tercero.

Para este tipo de contratos el cliente debe definir los paquetes individuales de construcción que normalmente se organizan en función de cada disciplina (obra civil, electricidad, mecánica, etc.) además de controlar la calidad de los trabajos que estos contratistas están realizando, revisando los materiales que emplean y toda la documentación que van generando al respecto.

Trabajando con un único contratista este es responsable de todos los trabajos de construcción, lo que exime al cliente de responsabilidad y de la necesidad de gestionar y coordinar los diferentes paquetes de construcción. Sin embargo, con este tipo de contrato el cliente tiene menos control sobre estos trabajos de construcción.

#### 4.2.2. Contratos de Dirección de Proyectos.

Una forma menos frecuente de contratación son los contratos de Dirección de proyectos en los que se moviliza a un contratista cuya función es la dirección, coordinación y control del proyecto.

Este contratista de dirección organiza los plazos, costes y control de calidad del proyecto y moviliza a otros contratistas para hacer los trabajos de construcción, suministra al cliente el personal y las herramientas necesarias para realizar el control que corresponde a un contrato de construcción, reduciendo la implicación de este.

La principal diferencia entre el contrato de dirección y el contrato llave en mano es que, en el contrato de dirección de proyectos, el contratista no asume ninguna responsabilidad por los trabajos de los otros contratistas ni por la ejecución del diseño, actuando simplemente como un intermediario del cliente. Por el contrario, en el contrato llave en mano el contratista asume directamente toda la responsabilidad.

El contratista de dirección puede implicarse desde el principio del proyecto, participando en el proceso de oferta, negociando en nombre del cliente con los ofertantes, seleccionando al contratista y continuar hasta que finaliza el proyecto.

Los trabajos del contratista de dirección suelen ser pagados por administración (es decir, cada vez que se hace un trabajo); es común asignar un porcentaje extra si el proyecto finaliza según la fecha planificada y/o si el coste total queda en línea con el planificado. De este modo el contratista de dirección tiene un incentivo para tratar de que el proyecto le cueste menos al cliente.

#### 4.2.3. El contrato establecido en este proyecto.

Tras analizar los tipos de contratos que generalmente se establecen a la hora de ejecutar un proyecto de planta industrial, se puede deducir que este proyecto no puede enmarcarse como tal en ninguno de los contratos anteriormente comentados.

A priori, y según recogen los siguientes apartados de este trabajo final de máster, podría parecer que el tipo de contrato que ha establecido el cliente ha sido puramente de dirección de proyecto, con un contratista que, según la definición de este contrato citada anteriormente: *“organiza los plazos, costes y control de calidad del proyecto y moviliza a otros contratistas para hacer los trabajos de construcción, suministra al cliente el personal y las herramientas necesarias para realizar el control que corresponde a un contrato de construcción, reduciendo la implicación de este.”*

No ha sido así por diferentes razones, la primera de ellas y quizás la más relevante, es que en este proyecto el contratista de dirección (en adelante Ingeniería) no ha gestionado ningún tipo de coste de este proyecto. Ingeniería sí ha participado en el proceso de oferta, pero no ha negociado en ningún momento en nombre del cliente, ni tampoco ha escogido a ningún suministrador sino que ha tabulado a estos técnicamente, dejando al cliente la decisión final de a qué suministrador adjudicaba el trabajo en base a dicha tabulación, y a la información económica de la oferta que solo este manejaba.

Tampoco Ingeniería ha movilizado a otros contratistas para hacer trabajos de construcción, por lo que podría decirse que esta ha realizado parciales tareas de lo que sería un contrato íntegro de dirección de proyecto.

Con respecto al contrato de construcción comentado anteriormente, el cliente ha trabajado con varios contratistas y ha sido común disgregar parte de estos trabajos en “paquetes individuales de construcción” (como ha podido ser el caso de equipos de intercambio de calor, sistemas de odorización, etc.), pero no ha sido el cliente quien ha supervisado el diseño, suministro y los métodos de construcción usados por los diferentes contratistas, como recoge la propia definición de ese contrato, sino que ha sido Ingeniería quien ha realizado estas labores.

Por tanto el contrato con el que ha trabajado Ingeniería comparte diferentes aspectos de los contratos habitualmente establecidos en plantas industriales, y el objetivo de este ha sido no relevar al cliente a un segundo plano, siendo este quien ha tenido en todo momento el control y seguimiento del diseño y ejecución del proyecto.

#### 4.3. Normativa. Sistemas de Gestión.

Las entidades de normalización, como ISO, han recopilado las principales normas destinadas a la gestión de diferentes aspectos que suceden en una actividad empresarial. Cabe destacar la calidad, la relación con el medio ambiente, prevención de riesgos laborales, eficiencia energética, entre otros.

Tabla 1. Estándares ISO relacionados con el sector petroquímico y de refino. Fuente: Elaborado por el autor.

Norma ISO	Descripción
	<b>Gestión de la Calidad.</b>
ISO 9000 / 9001	Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario. Requisitos.
	<b>Gestión ambiental.</b>
ISO 14001	Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso.
	<b>Gestión de la PRL.</b>
ISO 45001 (OSHAS 18001)	OHSAS 18001:2007. Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo.
	<b>Gestión del riesgo.</b>
ISO 31000	Gestión del riesgo. Principios y directrices.
	<b>Gestión de proyectos.</b>
ISO 21500	Directrices para la gestión y dirección de proyectos.
	<b>Gestión Social.</b>
ISO 26000	Guía de responsabilidad social.
	<b>Gestión de la energía.</b>
ISO 50001	Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso.
	<b>Gestión de la seguridad de la información.</b>
ISO 27001	Técnicas de seguridad. Sistemas de Gestión de la Seguridad de la Información.
	<b>Gestión de las tecnologías de la información.</b>
ISO 20000	Tecnología de la información. Gestión del servicio.

Dentro de una actividad industrial entorno al sector petroquímico y de refino, aplican todos estos sistemas de gestión, tienen una gran importancia y puede concebirse una industria de este tipo en la que no estén desarrollados procedimientos, normas y procesos donde se controle la calidad de los productos fabricados, el impacto ambiental que tiene la actividad industrial o la seguridad laboral en un entorno con alto riesgo.

#### 4.4. Planes específicos

Este apartado recoge una serie de planes que han sido aprobados por el equipo Director de Proyecto y mediante los cuales se ha podido dirigir, monitorear, controlar y cerrar el proyecto de elaboración de Ingeniería de Detalle para la ampliación de la Refinería que se ha comentado.

Se ha hecho especial hincapié en el plan de gestión de la calidad de los entregables del proyecto, al considerarse estos documentos el grueso del proyecto de elaboración de Ingeniería de Detalle que se ha llevado a cabo. En este plan se han comentado las principales herramientas y técnicas empleadas así como aspectos clave relativos a comunicación y seguridad.

#### 4.4.1. Gestión del Alcance

La gestión del alcance proporciona el marco que asegura que la cantidad de trabajo a realizar durante el proyecto está claramente definida y acordada, y es la base para el seguimiento y control del trabajo durante el proyecto.

El equipo director del proyecto para definir este alcance recurre a una serie de procedimientos y actividades como:

- ✚ Reunión de estrategia y riesgos.
- ✚ Preparar Plan de Gestión del Proyecto.
- ✚ Reunión de Lanzamiento (Kick of meeting).
- ✚ Distribución interna de información y documentación técnica.
- ✚ Seguimiento del avance y aprobación de los entregables.
- ✚ Obtener aprobación por parte del cliente para los entregables.

Si el alcance definido al inicio del proyecto se viese comprometido, el Director de Proyecto debe actualizar todos los documentos del proyecto que se puedan ver afectados y comunicar a todos los interesados cómo ha afectado al proyecto ese cambio en el alcance.

##### 4.4.1.1. Alcance detallado del proyecto y EDT.

Este proyecto surge tras detectarse una capacidad de almacenamiento, de líneas y de bombas insuficiente acorde a la flexibilidad necesaria para realizar operaciones simultáneas de carga de cisternas, recepción de producción y trasiego de producto (mayoritariamente LPG) entre las esferas existentes.

El alcance de los trabajos a desarrollar es, una vez finalizada la fase de Ingeniería Básica, desarrollar servicios de Ingeniería de Detalle y gestión de compras del proyecto.

El objetivo del proyecto es definir e implementar los cambios necesarios en las instalaciones actuales de LPG situadas en el área de Movimientos, Mezclas y Distribución (MMyD) para obtener la máxima flexibilidad posible en la gestión de los stocks de LPG. Además, el proyecto debe considerar adecuar las instalaciones actuales a las normativas existentes.

EDT	Tarea
<b>1</b>	<b>Dirección de Proyectos</b>
1.1	Planificación
1.2	Control de Costes
1.3	Calidad
1.4	Seguridad y Medio Ambiente
1.5	Bases de Diseño
1.6	Control Documental
<b>2</b>	<b>Ingeniería Básica</b>
2.1	Implantación - Tuberías
2.2	Proceso
2.3	Mecánica
2.4	Electricidad
2.5	Instrumentación
2.6	Civil
<b>3</b>	<b>Compras</b>
3.1	Equipos Críticos

Figura 18. Estructura Desagregada de Trabajos del proyecto. Fuente: Elaborado por el autor.

#### 4.4.2. Gestión de plazos y recursos.

La Planificación del proyecto permite identificar los recursos que deben asignarse y emplearse durante la ejecución del Proyecto, así como establecer las fechas y relaciones requeridas para las actividades, con el fin de cumplir los compromisos adquiridos con el cliente.

La duración del Proyecto se ha estimado basada en el tiempo de entrega de los principales equipos y materiales, obtenido de ofertas en firme para compra, así como en actividades de construcción que dependen del cliente. Se estima por tanto una duración de 16 meses desde la aprobación del comienzo de la Ingeniería de Detalle hasta la finalización de la ejecución del mismo.

Los hitos principales del Proyecto son los siguientes:

- ✚ KOM - Reunión de Lanzamiento Proyecto e inicio de la Ingeniería Detalle: 28/01/2019.
- ✚ Entrega en Planta del material requerido para construir la esfera y pertinente documentación de Ingeniería y de suministradores: 13/09/2019.
- ✚ Ingeniería de Detalle al 95%: 19/09/2019.
- ✚ Terminación Montaje Mecánico del Proyecto: 26/05/2020.
- ✚ Finalización Ejecución Proyecto: 16/06/2020

Cabe considerarse que esta planificación no recoge los posibles costes adicionales que puedan presentar los diferentes Tie-ines (conexiones de las líneas nuevas sobre las existentes) puesto que cada tie-in lleva asociado un procedimiento, purga, aislamiento, etc. que incluso puede requerir del vaciado de una o varias esferas y el purgado de las tuberías asociadas.

#### 4.4.3. Gestión de costes.

El proceso de gestión de costes proporciona la base para asegurar el beneficio esperado y acordado, entendido como ingresos (facturación al cliente) menos el total de costes del proyecto.

Por parte de Ingeniería, básicamente los costes a considerar son fruto de la elaboración de la Ingeniería de Detalle así como el coste de los recursos que emplea en la gestión de compras del proyecto. Tras obtener un presupuesto de estos trabajos y posterior aprobación de este por parte del cliente, Ingeniería debe gestionar dicho presupuesto para lo cual mensualmente se elabora un informe de control económico – financiero que permite a Ingeniería revisar el avance de sus trabajos, en línea con la propia planificación del proyecto técnico.

Por otro lado cabe comentar la estimación del coste de inversión necesario para ejecutar el proyecto técnico que recoge la Ingeniería de Detalle. Elaborar dicha presupuestación resulta una tarea más compleja puesto que deben considerarse, entre otros, los siguientes aspectos:

- ✚ Coste de Ingeniería Básica más la estimación pertinente a Ingeniería de Detalle.
- ✚ Ofertas firmes para compra pertenecientes a los pedidos de los equipos principales.
- ✚ Respecto al DCI, se cuenta con los precios opcionales que se informan en los pedidos de equipos principales y además se cuenta con precios estimados del resto de la instalación de DCI, lo cual se calcula en base a información que maneja el cliente de proyectos similares ya realizados.
- ✚ Se consideran estimaciones de precios de suministro de equipos y materiales de electricidad e instrumentación, de obra civil y de los diferentes montajes que se requieren.
- ✚ Precios de tuberías basados tanto en información que maneja el cliente de proyectos ya realizados, como de la suministrada por parte de suministradores y contratistas.

Por el tipo de contrato establecido entre Ingeniería y Cliente, esta tarea de presupuestación así como la gestión del propio presupuesto ha recaído en su totalidad sobre el cliente. Ingeniería únicamente ha podido recopilar información económica relativa a los trabajos que desempeñaban los suministradores que han participado en el proyecto bajo el “paraguas” de esta.

##### 4.4.3.1. Costes suministradores.

Este apartado recoge una estimación de los principales costes que los suministradores que han trabajado para Ingeniería imputan al proyecto.

##### **Equipos estáticos:**

- ✚ El precio del nuevo tanque para almacenamiento de keroseno asciende a 330.000€, incluyendo el suministro, montaje, pintura, herramientas especiales, plataformas y escaleras; así como toda la documentación pertinente.
- ✚ El de la nueva esfera asciende a 2.150.000€.

### Equipos dinámicos:

- ✚ El precio de las 3 bombas asciende a 590.000€.

### Equipos específicos:

- ✚ El precio del Cargadero asciende a 280.000€ incluyendo suministro, montaje, obra civil, pruebas, comisionado y puesta en marcha; así como toda la documentación pertinente.

A falta de una valoración más precisa, este precio incluye la iluminación, estructura metálica y cubierta del cargadero así como la estructura del sistema contraincendios.

- ✚ Sistema odorización. El precio se estima en 30.000€ e incluye el suministro y montaje completo del Skid con su correspondiente línea y bomba de dosificación para la odorización que va a desarrollar.

### Instalación Contraincendios:

- ✚ DCI Tanque de Keroseno. Incluye sistema de refrigeración (15.000€), sistema de espuma (10.000€) y detector térmico (30.000€).
- ✚ DCI Esfera. Incluye anillos horizontales contraincendios con sus correspondientes soportes (280.000€).
- ✚ DCI Cargadero. Asciende a 120.000€.

### Puesta en Marcha

Se han considerado 3.200 horas de contratista necesarias para la puesta en marcha según planificación a un precio de 80 €/h (estimado). Esta tarea asciende a un total aproximado de 256.000 euros.

- 15 pax durante 5 días para pruebas lazo cargadero = 600 horas
- 9 pax durante 18 días para puesta marcha cargadero = 1250 horas
- 15 pax durante 5 días para puesta marcha tanque = 600 horas
- 19 pax durante 5 días para puesta marcha esfera = 750 horas

En su totalidad se estima que todos estos costes anteriormente comentados rondan los 4 millones de euros.

#### 4.4.3.2. Costes Ingeniería.

El objeto de este apartado es definir el alcance general de los trabajos, en cuanto a estimación de coste de inversión, que Ingeniería desarrollará durante la ejecución de la fase Ingeniería de Detalle del proyecto.

Ingeniería debe alcanzar un desarrollo de la Ingeniería de Detalle que permita preparar una estimación de costes de inversión con la fiabilidad requerida, y desarrollar la gestión de compras, y las tabulaciones técnicas, dejando los equipos, instrumentos, servicios y materiales críticos listos para comprar.

Además, es responsable de visitar y revisar las instalaciones existentes y obtener y confirmar todos los datos de la Ingeniería Básica así como toda la información existente que pueda estar asociada a las actividades de la Ingeniería de Detalle. También debe realizar los estudios necesarios para analizar las modificaciones requeridas de cara a integrar el proyecto técnico en la Refinería.

Al finalizar la Ingeniería Básica y ese análisis de consistencia realizado en Refinería para la implantación del proyecto técnico, deberá elaborarse un libro de proyecto el cual debe incluir toda la información y documentación que se haya generado.

Además, Ingeniería debe en todo momento trabajar en base a los estándares y procedimientos impuestos por el cliente, los cuales requieren de ciertas horas por parte del personal pertinente en Ingeniería para poder trabajar con estos e implantarlos a los suministradores.

#### 4.4.3.2.1. Programas y aplicaciones.

Los programas con los que deben ejecutarse los trabajos, siendo estos en su totalidad a petición del cliente, son los siguientes:

- ✚ Planificación: Primavera.
- ✚ Análisis de Riesgos: Primavera Risk Analysis
- ✚ Maqueta 3D: Smart-Plan 3D
- ✚ Electricidad: Smart-Plan Electrical
- ✚ Instrumentación: Smart-Plan In-tools
- ✚ P&IDs: Smart-Plan PID
- ✚ Obra Civil: Modelización en TEKLA de la estructura metálica, cimentaciones y tuberías enterradas (incluyendo líneas de procesos, drenajes, etc.) así como su incorporación al modelo 3D general.
- ✚ Otra delineación: AutoCad

No se dispone del coste económico mensual de cada una de estas licencias.

#### 4.4.3.2.2 Presupuesto base del proyecto

Se ha realizado una estimación de horas de ingeniería, compras, construcción, precomisionado, comisionado, puesta en marcha y supervisión requeridas, incluyendo desglose mensual de horas durante el proyecto estructurado en 3 fases a petición del cliente.

		M-1	M-2	M-3	Total pax-mes	Total horas
<b>Dirección Proyecto</b>						
	Dirección proyecto	1	1	1	3	495
<b>Civil</b>						
	Técnico	0,2	0,2	0	0,4	66
	Delineante	0,2	0	0	0,2	33
		0,4	0,2	0	0,6	99
<b>Equipos</b>						
	Técnico	1	1	1	3	495
	Delineante	0	0	0	0	0
		1	1	1	3	495
<b>Proceso</b>						
	Técnico	1	1	1	3	495
	Delineante	1	1	1	3	495
		2	2	2	6	990
<b>Diseño/Tuberías</b>						
	Técnico	0,5	0,5	0,5	1,5	247,5
	Delineante	0,3	0,3	0,3	0,9	148,5
		0,8	0,8	0,8	2,4	396
<b>Electricidad</b>						
	Técnico	0,2	0,2	0,2	0,6	99
	Delineante	0	0,25	0,25	0,5	82,5
		0,2	0,45	0,45	1,1	181,5
<b>Instrumentación</b>						
	Técnico	0,4	0,4	0,4	1,2	198
	Delineante	0,3	0,5	0,5	1,3	214,5
		0,7	0,9	0,9	2,5	412,5
<b>Total Técnico</b>						
		3,3	3,3	3,1	9,7	1600,5
<b>Total Delineación</b>						
		1,8	2,05	2,05	5,9	973,5
<b>Otros</b>						
	Planificación	0,2	0,2	0,2	0,6	99
		0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0
		0,2	0,2	0,2	0,6	99
		6,3	6,55	6,35		
		1040	1081	1048		
					<b>Total</b>	<b>3168</b>

Ofertadas	3605
-----------	------

Contingencia	437
--------------	-----

8 viajes/1p/1d

Figura 19. Estimación horas Ingeniería. Fuente: Ingeniería.

Teniendo en cuenta que cada hora se factura con un importe medio de 50€ y que cada viaje imputa al proyecto aproximadamente 1000€, el coste total de esta estimación de horas dedicadas al desarrollo de la Ingeniería de Detalle ronda los 190.000€. Cabe destacar que las horas relativas a la gestión de compras ya se han estimado e imputado sobre cada disciplina.

#### 4.4.4. Gestión calidad.

El plan de gestión de la calidad es un componente del plan para la dirección del proyecto que describe como se implementaran las políticas, procedimientos y pautas aplicables para alcanzar los objetivos de calidad. Describe las actividades y los recursos necesarios para que el equipo de dirección del proyecto alcance los objetivos de calidad establecidos para este.

La Gestión de la Calidad del Proyecto aborda la calidad tanto de la gestión del proyecto como la de sus entregables. En este proyecto que presenta este trabajo final de máster, esos entregables son documentos; relativos a diferentes áreas del sector de la ingeniería y construcción y a través de los cuales podrá ejecutarse dicho proyecto.

La gestión de esta documentación (entregables) ha sido uno de los asuntos más complejos a tratar. La organización encargada de desarrollar el proyecto (Ingeniería) ha trabajado tanto como ingeniería directa para el cliente, como intermediaria entre otro tipo de suministradores que proporcionaban documentación que la propia empresa no podía desarrollar de manera independiente. Por tanto el plan de gestión de la calidad que recoge este apartado, se enfoca en la gestión de dichos entregables.

Cierto es que el hecho de trabajar con un cliente de primer nivel, que bien conoce la cantidad de documentación que va a manejar el proyecto, facilita la forma de trabajar. El hecho de deber integrarla con la ya existente, resulta algo más complejo.

El cliente se rige por una serie de especificaciones que permiten establecer las instrucciones de: la gestión documental, los informes de progreso mensuales, la gestión de las listas de repuestos y el procedimiento sobre el envío de equipos y materiales; y esto se debe cumplir por todos los suministradores que participen en el proyecto.

Sin embargo, aparecen problemas a la hora de trabajar con la documentación del proyecto cuando no queda claro de qué manera codificar esta, a qué elementos en concreto afecta, a qué área de la refinería aplica...

Los siguientes apartados, enfocados desde el punto de vista de la calidad que debe tener la documentación (entregables) con la que posteriormente podrá ejecutarse el proyecto, recogen una serie de procedimientos y mejores prácticas para que pueda gestionarse toda la documentación del proyecto de forma eficaz.

#### *4.4.4.1. Planificación de la gestión de la calidad de los entregables del proyecto.*

Planificar la Gestión de la Calidad es el proceso de identificar los requisitos y/o estándares de calidad para el proyecto y sus entregables, así como de documentar como el proyecto demostrará el cumplimiento de los mismos. El beneficio clave de este proceso es que proporciona una guía y dirección sobre cómo se gestionará y verificará la calidad a lo largo del proyecto.

Este apartado se centra en identificar los requisitos y estándares de calidad que afectan a los entregables del proyecto, es decir a la documentación que Ingeniería en coordinación con el resto de Suministradores y bajo la supervisión del Cliente, elabora para que pueda ejecutarse este proyecto de ampliación para Refinería.

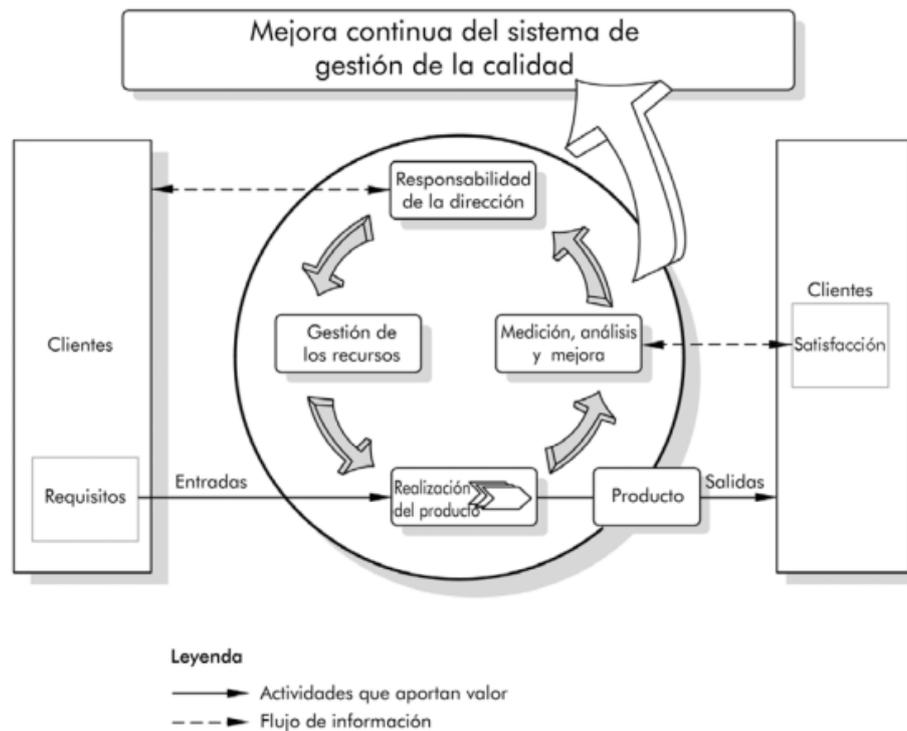


Figura 20. Mejora continua del SGC de los entregables del proyecto. Fuente: Francisco Saura Hernández.

La siguiente figura recoge ese proceso de evaluación del producto (documento) que se genera según los requisitos impuestos por el cliente y que actualiza Ingeniería y Suministradores hasta que satisface las necesidades del cliente.

Una vez se han identificado los requisitos de calidad para el proyecto, es decir los requisitos que los entregables (documentación para ejecutar el proyecto) deben implementar, cabe definir una guía sobre cómo se gestionará y verificará dicha calidad a lo largo del proyecto. Esta guía se conoce como especificación, un conjunto de instrucciones detalladas que definen la estructura de la documentación del proyecto a emitir por Ingeniería o cualquier otro suministrador que participe en el proyecto.

La especificación es el “contrato” que hay entre el suministrador e Ingeniería a la hora de trabajar la documentación del pedido encargado; cabe destacar que en este proyecto se ha trabajado directamente con una serie de especificaciones que ha proporcionado directamente el cliente.

Todo debe estar perfectamente definido, el hecho de que haya inconlucias en dicha especificación, puede conllevar a que la documentación quede mal codificada y por tanto no válida para comenzar a trabajar con ella; con lo que pese a que el trabajo estaría realizado, no sería hasta que esos errores “de forma” fuesen subsanados cuando se podría comenzar a trabajar.

El objeto de esta especificación es establecer las instrucciones de gestión documental (informes de progreso mensual, gestión de listas de repuestos y envío de equipos/materiales) a cumplir por todos los suministradores durante el desarrollo de un proyecto de similares características al que recoge este trabajo final de máster.



Figura 21. Esquema Planificación de la gestión de la calidad de los entregables del proyecto. Fuente: Elaborado por el autor.

Básicamente el procedimiento para poder llevar a cabo la gestión de la calidad de los entregables del proyecto se basa en la estructura que presenta la figura anterior. Como entradas se analizará la documentación que genera tanto Ingeniería como los suministradores que trabajan para esta y que junto con los informes de progreso que ambos emiten periódicamente permitirán que, en una segunda fase en la que entran en juego las herramientas y técnicas, se pueda analizar la información que recoge dicha documentación, y decidir qué equipos o materiales de esta requieren de inspección o algún tipo de prueba. El objetivo final (salidas) es obtener una documentación actualizada hasta el grado de que pueda procederse a la ejecución de los trabajos que contiene, y contar siempre con un registro de las lecciones aprendidas sobre los problemas que cualquier parte de este procedimiento pueda haber ocasionado al proyecto.

Durante la fase de planificación, el director del proyecto y el equipo del proyecto determinan cómo probar o inspeccionar el producto, entregable o servicio para satisfacer las necesidades y expectativas de los interesados, así como la forma de cumplir con el objetivo para el desempeño y la fiabilidad del producto.

#### 4.4.4.2. Gestión de la calidad de los entregables del proyecto.

Gestionar la Calidad es el proceso de convertir el plan de gestión de la calidad en actividades ejecutables de calidad que incorporen al proyecto las políticas de calidad de la organización. Los beneficios clave de este proceso son el incremento de la probabilidad de cumplir con los objetivos de calidad, así como la identificación de los procesos ineficaces y las causas de la calidad deficiente.

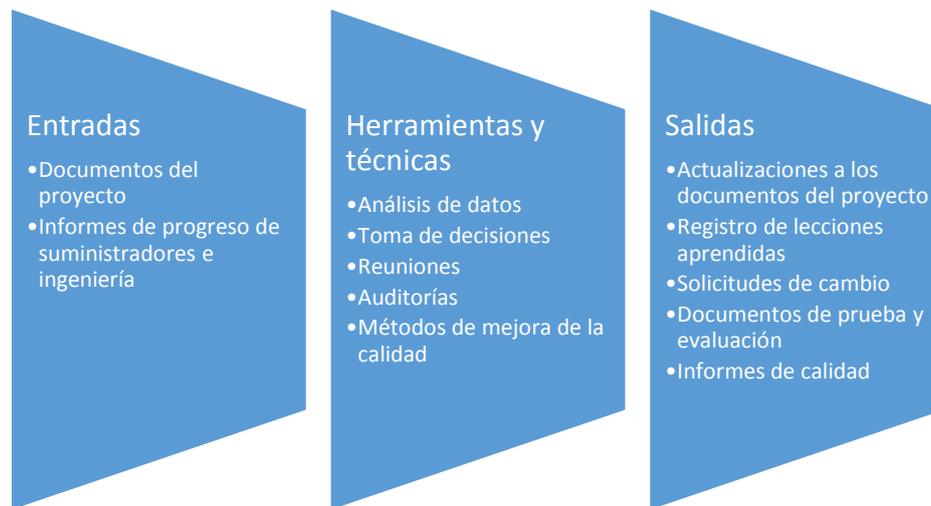


Figura 22. Esquema Gestión de la gestión de la calidad de los entregables del proyecto. Fuente: Elaborado por el autor

Gestionar la calidad trata de seguir y cumplir con los estándares a fin de asegurar a los interesados que el producto final, que este caso es la elaboración de toda la documentación relativa a la Ingeniería de Detalle para llevar a cabo el proyecto, satisfará sus necesidades, expectativas y requisitos.

Para poder gestionar la calidad de los entregables del proyecto, se ha definido un procedimiento que se ha aplicado a la documentación que se ha compartido entre Ingeniería y suministrador y que recoge el siguiente apartado de este trabajo.

#### 4.4.4.2.1. Procedimiento de gestión documental del proyecto (entre suministrador e ingeniería).

Una vez se lanza un pedido, el suministrador comienza a fabricar (si procede) y al mismo tiempo, empieza a generar documentación; bien sea suya propia o relativa a materiales, procedimientos, certificados... que está empleando para la elaboración de dicho pedido.

Ingeniería es la encargada de controlar que toda esta documentación esté en línea con el proyecto y sus estándares, y que podrá ser correctamente implementada. En este caso el cliente no intercede en esta documentación; a no ser que deban tratarse ciertos aspectos sobre los que haya dudas en cuanto a cómo quiere el cliente que esta documentación se implemente en el proyecto.

Por tanto la gestión de la documentación recae plenamente sobre Ingeniería, no será hasta la fase de control de la calidad de estos entregables, cuando el Cliente revise toda esta documentación.

Cabe destacar que cuando se habla de pedido, generalmente este puede ser tanto de:

- ✓ Un producto; por ejemplo un equipo para odorizar un tramo de tuberías de una de las áreas de la refinería.

En este tipo de casos es muy común trabajar codificando cada elemento del equipo utilizando un número a modo de matrícula al cual se hace referencia con la palabra tag.

- ✓ Una serie de servicios a realizar sobre cualquier área o equipo ya instalado.

Sería el caso por ejemplo de una comprobación de caudales de las bombas de pluviales que realice un tercero con el fin de obtener una certificación sobre estas.

El objetivo final por parte del Cliente es que una vez esté lista toda la documentación del proyecto, esta pueda ser rápidamente filtrada según su codificación para obtener de una manera rápida toda la documentación relativa a un equipo, instalación o área de la refinería.

El Cliente emplea para ello un programa llamado Documentum (una plataforma de gestión de contenidos que abarca todo el ciclo de vida de la información, desde su captura hasta su almacenamiento y retención para el cumplimiento de sus estándares), y es Ingeniería quien debe cerciorarse de que dicha documentación que envían los suministradores podrá ser volcada en este programa de manera satisfactoria.

Cómo manejar toda esta documentación de manera eficaz, resulta un reto para cualquier proyecto de estas características, cabe para ello definir una especificación en la que se indique los tipos de documentos que debe recoger el proyecto, quedando estos agrupados en las siguientes categorías:

-  Certificados
-  Procedimientos
-  Planos
-  Hojas de datos
-  Listas
-  Manuales

Cada suministrador trabaja en base a un código que se le asigna, se trata de un número referente a la requisición o petición de oferta que se dio a esa partida antes de que le fuese asignada a un suministrador concreto, y en ella se establece la forma de controlar la calidad del suministro: programas de puntos de inspección (PPI's), procesos especiales, ensayos y pruebas, etc. En adelante se hará referencia a esta requisición con las siglas RM.

Sobre las RM's destacar que recogen qué material o equipos industriales deben ser inspeccionados antes de que estos formen parte de una instalación en la Refinería. Dichas inspecciones se realizan siguiendo los estándares del cliente así como los estándares de calidad que sean de aplicación y es el departamento de Calidad el responsable de estas tareas.

## 4.4.4.2.1.1. Documentación a enviar por suministrador.

La relación entre un suministrador, Ingeniería y Cliente, comienza con una reunión formal que sirve de toma de contacto entre ambas partes, y presentación del proyecto en línea con la relación que va a tener este suministrador con él. Esta reunión se conoce como kick off meeting (KoM), y en ella se parte de una primera lista modelo (VRDD-Documentos requeridos y fechas) sobre los documentos que a priori pueden requerirse para el tipo de servicio que el suministrador va a prestar.

Nº	CODE	DESCRIPTION	(A)		(B)		(C)		OBSERVACIONES
			Nº	Nº	DATE	Nº	DATE		
1	DL	Lista de Documentos del Vendedor s/ESP-0200-22.	E	E	Con cada envío de documentos				Por RM
2	PR	Planning de fabricación e informe de progreso mensual en formato CEPSS/ESP-0200-22, incluyendo estado de acopios principales e hitos de fabricación completados.		E	Mensualmente				Por RM
-	PR	Lista de SUBVENDORES y proveedores principales y copia sin precios de los principales subpedidos.		E	A incluir en el informe mensual				Por RM
3	HD	Hoja de Datos completa y certificada en formato CEPSSA.		E	4 semanas después PO				Por TAG
4	HD	Curvas características teóricas de las bombas.		E	4 semanas después PO				Por TAG
5	DWG	Plano general de conjunto con pesos, tamaños, clasificación y localización de todas las conexiones.	E	E	4 semanas después PO				Por TAG
6	DWG	Lubricación y refrigeración, planos de ensamblado incluyendo lista de partes y materiales. Si aplica		E	4 semanas después PO				Por TAG
7	DWG	Planos seccionales (con lista de partes).		E	6 semanas después PO				Por TAG
8	DWG	Planos de equipos auxiliares.		E	6 semanas después PO				Por TAG
9	DWG	Planos de placas de características.		E	6 semanas después PO				Por TAG
10	DWG	Plano de conexiones hidráulicas y eléctricas en límite de batería		E	6 semanas después PO				Por TAG
11	DOC	Plan de Control de Calidad, incluyendo Programa de Puntos de Inspección (PPI).		E	6 semanas después PO				Por RM
12	LIS	Lista de consumos de servicios auxiliares (agua de refrigeración, vapor, aire de instrumentos, aceite hidráulico, nitrógeno, electricidad, etc.).		E	8 semanas después PO				Por RM
13	LIS	Lista de lubricantes (aceites y grasas) con equivalente CEPSSA e indicando horas de vida de rodamientos, si aplica.		E	8 semanas después PO				Por RM
14	LIS	Lista de herramientas especiales.		E	8 semanas después PO				Por RM

Figura 23. Ejemplo de VRDD de un pedido realizado a un suministrador. Fuente: Cliente

Se comenta qué documentación es o no de aplicación, con una vista a medio-largo plazo sobre cómo afecta esta al proyecto. Además, en esta primera reunión se aproximan las fechas en las que debe estar lista la documentación para poder cumplir con la planificación que se ha hecho para el proyecto.

En esta primera toma de contacto Ingeniería da unas pautas al suministrador para que este le envíe digitalmente, como mínimo y en las fechas requeridas, todos los documentos y planos que se definen para cada tipo de equipo/material según recoge la RM (Requisición de Material donde se define el alcance del suministro de materiales, equipos o realización de trabajos).

La lista de documentos requeridos podrá ser ampliada en cualquier momento, según la necesidad del proyecto, y este aspecto es fundamental que lo conozca el suministrador para que, en caso de que se requiera más documentación o mayor detalle sobre la ya requerida, este pueda elaborarla en el menor tiempo posible sin comprometer la planificación del proyecto.

Una lista de documentos (DL) es un documento “vivo”, esto quiere decir que es un documento que puede estar sometido a cualquier tipo de cambio. Bien sea por una modificación que se haya producido en el proyecto y que puede afectar directamente al pedido en su configuración, y por tanto en su posterior estructura documental; como por cualquier cambio de criterio con respecto a la mejor forma de codificar esta documentación.

El hecho de que el suministrador conozca y apruebe este aspecto, le impedirá en cierto grado solicitar posteriormente órdenes de cambio sobre el pedido en concepto de documentación que pueda comprometer la presupuestación que se había realizado.

Una vez realizada esta reunión de lanzamiento, el suministrador debe enviar a Ingeniería un listado de toda la documentación a emitir utilizando para ello el formato de DL (Document List) que ingeniería le ha enviado. Se trata de una plantilla en Excel con unas características determinadas que ha diseñado el cliente con el fin de tener toda su documentación de suministradores externos con un mismo formato.

FILENAME	DOCUMENT TYPE	DOCUMENT CLASS	VENDOR DOCUMENT NAME	TITLE (DESCRIPTION)	TAG-S (ITEM-S)	STATUS	REV	EXPECTED DATE
V-1801RA93A-2105-010-LIS-001-R0.pdf	LIS	List	000613-LMT	Lista de Materiales	N/A	For comments	0	31/07/2019
V-1801RA93A-2105-010-DOC-006-R0.PDF	DOC	Authorization / License	000613-AUT-ENV	Autorización de envío	N/A	For information	0	30/09/2019
V-1801RA93A-2105-010-DOC-001-R0.pdf	DOC	Others	000613-FAT	Protocolos de Pruebas FAT	N/A	For comments	0	16/08/2019
V-1801RA93A-2105-010-DOC-002-R0.pdf	DOC	Others	000613-SAT	Protocolos de Pruebas SAT	N/A	For comments	0	16/08/2019
V-1801RA93A-2105-010-DOC-003-R0.PDF	DOC	Others	000613-PCP	Plan de Control de Calidad	N/A	For comments	0	31/07/2019
V-1801RA93A-2105-010-CER-001-R0.PDF	CER	Certificate	000613-CER-CEE	Certificados ATEX y CEE	N/A	For comments	0	24/07/2019
V-1801RA93A-2105-010-DOC-004-R0.PDF	DOC	Others	000613-ARQ	Arquitectura global del sistema	N/A	For comments	0	26/08/2019
V-1801RA93A-2105-010-DOC-005-R0.PDF	DOC	Others	000613-LOG-SIS	Emisión final de diagramas lógicos	N/A	For comments	0	11/10/2019
V-1801RA93A-2105-010-DOS-001-R0.PDF	DOS	Dossier	000613-DOS	Dossier final de calidad	N/A	For comments	0	25/10/2019
V-1801RA93A-2105-010-LIS-002-R0.PDF	LIS	List	000613-PQL	Packing list	N/A	For information	0	30/09/2019
V-1801RA93A-2105-010-SR026-Nw-001-DwG-001-R0.pdf	DwG	Drawing - Equipment / Material	000613-DMV-SR026_N01	Dimensiones y Pesos	SR026-Nw-001	For comments	0	24/07/2019
V-1801RA93A-2105-010-SR026-Nw-001-DwG-002-R0.pdf	DwG	Drawing - Equipment / Material	000613-ARR-SR026_N01	Disposición de Equipo en Cabinas	SR026-Nw-001	For comments	0	24/07/2019
V-1801RA93A-2105-010-SR026-Nw-001-CAL-001-R0.pdf	DOC	Calculation	000613-PCD-SR026_N01	Balace de Consumos y Disipación de Calor	SR026-Nw-001	For comments	0	24/07/2019
V-1801RA93A-2105-010-PR-001-R0.pdf	PR	Report	000613-INF-PRO	Planning de fabricación e Informe de Progreso mensual	N/A	For information	0	MONTHLY
V-1801RA93A-2105-010-LIS-003.pdf	LIS	List	000613-PQL-SUP	Packing list	N/A	For information	0	14/01/2020

Figura 24. Ejemplo DL Suministrador de Instrumentación. Fuente: Elaborado por el autor.

Es importante en este momento, revisar el acta de reunión que se hizo sobre la kick of meeting para contrastar que todo lo que se habló queda reflejado en esta lista de documentos, y que las fechas, esta vez mejor estimadas, están acorde a lo que reflejaba la VRDD de la requisición (RM) y en línea con el correcto desarrollo del proyecto.

A fin de cuentas este procedimiento de gestión de la documentación vine impuesto por el software que posteriormente la almacenará (Documentum) y requiere que todos los campos del archivo editable Excel (Document List) que envía el suministrador estén correctamente cumplimentados.

Si este archivo Excel está correcto, el volcado de información a Documentum no presenta ningún problema y se puede comenzar a trabajar con esta documentación.

Con el objetivo de que al suministrador le sea más sencillo comenzar a trabajar siguiendo las indicaciones anteriormente comentadas, Ingeniería manda a este un ejemplo (ver figura 23 ANTERIOR) de cómo deben proceder a la hora de enviar documentación (siempre y cuando este envío se haga bajo la etiqueta de “oficial”). En ocasiones se trabaja al margen de esta especificación, pero ningún documento será válido para trabajo cuando no esté sometido a esta.

Tras recibir la DL por parte del suministrador, Ingeniería deberá aprobarla y es en este punto cuando entra en juego el papel del responsable de gestionar la documentación de los suministradores.

Cabe destacar que la gestión de la documentación no se hace directamente entre los responsables de las disciplinas homólogas de suministrador e ingeniería, sino que se utiliza a una tercera persona la cual supervisa el correcto intercambio de documentación así como la codificación de esta. Obviamente estas disciplinas homólogas sí mantienen una total y directa comunicación en cuanto a cuestiones técnicas se refiere.

Una vez se revisa la lista de documentos, si todo está correcto, se comunica al suministrador la aprobación del mismo y se procede a enviar esta documentación a los responsables de las disciplinas correspondientes en ingeniería.

Si la documentación presenta algún tipo de error en cuanto a su codificación refiere, esta documentación no es enviada al técnico responsable y por tanto no se puede comenzar a trabajar con ella. Es aquí cuando se puede apreciar la gran importancia que una correcta codificación y gestión de documentación tiene sobre un proyecto de estas características, un error aquí implica siempre un retraso.

Para que la documentación esté correcta y acorde a lo esperado, la comunicación debe ser constante y continua. El hecho de que toda la documentación tenga una fecha de entrega (aunque prevista) permite hacer un seguimiento muy exhaustivo de cómo está trabajando el suministrador y si va en línea con la planificación.

#### 4.4.4.2.1.2. Transmisión de la documentación (NT).

Con cada envío de documentación, se adjunta un archivo llamado Nota de transmisión (NT) es un documento que recoge en un listado qué documentación se está enviando, tipo de documento, tag's a los que aplica, estado para el cual se está enviando el documento (información, comentarios, construcción...), revisión y fecha.

Las siguientes pautas son clave a la hora de transferir la documentación que ha generado el suministrador a ingeniería:

- ✓ Cada envío de documentación estará relacionado únicamente a una RM específica.

Esto significa que un suministrador que esté trabajando en diferentes pedidos para este mismo proyecto, deberá hacer los envíos de transmisión según código de requisición (RM) y no utilizando únicamente el código del proyecto; de lo contrario el envío recoge diferente documentación y es fácil incurrir en errores a la hora de trabajar con ella y clasificarla correctamente.

- ✓ En cada envío de documentación, además de los propios documentos y de la DL actualizada, el suministrador deberá adjuntar la correspondiente NT donde se listen únicamente los documentos enviados.

Uno de los campos más importantes a la hora de enviar documentación, es la columna "Status" de la tabla que recoge la siguiente figura. En este campo se define el objeto para el cual se está emitiendo el documento.

FILENAME	DOCUMENT NUMBER	DOCUMENT TYPE	DOCUMENT CLASS	TITLE (DESCRIPTION)	TAGs (ITEMs)	STATUS	REVISION	DATE
V-1801RA93A-3003-991-PRO-002-R0.pdf	V-1801RA93A-3003-991-PRO-002	PRO	Procedure	Recomendación para la protección durante el transporte y manipulación del equipo antes y durante izado	Y-UP-5,Y-P-207A,Y-P-207B	For comments	0	26/03/2020
V-1801RA93A-3003-991-LIS-004-R0.pdf	V-1801RA93A-3003-991-LIS-004	LIS	List	Packing List	Y-UP-5,Y-P-207A,Y-P-207B	For comments	0	26/03/2020
V-1801RA93A-3003-991-Y-UP-5-DIA-007-R0.pdf	V-1801RA93A-3003-991-Y-UP-5-DIA-007	DIA	Drawing - P&ID Diagram	Diagrama unifilar	Y-UP-5,Y-P-207A,Y-P-207B	For comments	0	26/03/2020
V-1801RA93A-3003-991-PRO-003-R0.pdf	V-1801RA93A-3003-991-PRO-003	PRO	Procedure	Recomendaciones para almacenamiento antes y después del izado	Y-UP-5,Y-P-207A,Y-P-207B	For comments	0	26/03/2020
V-1801RA93A-3003-991-LIS-001-R0.pdf	V-1801RA93A-3003-991-LIS-001	LIS	List	Lista de consumos de servicios auxiliares	Y-UP-5,Y-P-207A,Y-P-207B	For comments	0	26/03/2020
V-1801RA93A-3003-991-LIS-003-R0.pdf	V-1801RA93A-3003-991-LIS-003	LIS	List	Lista de cables	Y-UP-5,Y-P-207A,Y-P-207B	For comments	0	26/03/2020
V-1801RA93A-3003-991-Y-UP-5-MAN-002-R0.pdf	V-1801RA93A-3003-991-Y-UP-5-MAN-002	MAN	Operation Manual	Manual de Operación y Mantenimiento	Y-UP-5,Y-P-207A,Y-P-207B	For comments	0	26/03/2020
V-1801RA93A-3003-991-Y-UP-5-MAN-001-R0.pdf	V-1801RA93A-3003-991-Y-UP-5-MAN-001	MAN	Operation Manual	Manual de Instalación, Comisionado y Puesta en Marcha	Y-UP-5,Y-P-207A,Y-P-207B	For comments	0	26/03/2020
V-1801RA93A-3003-991-Y-UP-5-DL-001-R4.xlsx	V-1801RA93A-3003-991-Y-UP-5-DL-001	DL	Document List	Lista de Documentos	Y-UP-5,Y-P-207A,Y-P-207B	For comments	4	26/03/2020

Figura 25. Ejemplo NT de un suministrador de un equipo de odorización. Fuente: Elaborado por el autor.

Dicho estado (objeto) puede ser:

Objeto	Descripción
For comments / Para comentarios	Documentos en rev.0 que hayan de ser aprobados por no ser documentos informativos y nuevas revisiones de aquellos documentos que hayan sido rechazados, que requieran ser revisados o que estén aprobados con comentarios.
For construction / Para construcción	En revisiones finales de documentos que hayan sido aprobados sin comentarios.
For information / Para información	Para documentos informativos.

Figura 26. Objeto de la documentación. Fuente: Elaborado por el autor.

Todos los documentos emitidos para comentarios o para construcción, requieren de una aprobación y firma por parte del técnico responsable de la disciplina sobre la que se ha emitido. Sin embargo, un documento emitido para información no requiere de esta aprobación, podría ser el caso, por ejemplo, de un informe de inspección realizado sobre una válvula.

El envío no será válido si no recoge este documento, a fin de cuentas se trata del “índice” de la documentación que se está enviando. Se revisa que el objeto para el que se emite la documentación en este archivo NT coincida con el que aparece dentro del propio documento.

Si el objeto es para construcción, esta documentación se distribuye tanto a los técnicos responsables de cada disciplina, como a la gente de planta que debe ejecutar los trabajos que dicha documentación recoja. De no estar correcto el objeto, podría darse el caso de que una documentación que se cree ya está en manos de planta, no haya sido recibida y por tanto no se comiencen a realizar los trabajos oportunos a dicha documentación.

#### 4.4.4.2.1.3. Emisión y revisión de documentos.

El suministrador, en cada envío que realiza sólo debe incluir documentos nuevos o revisados respecto al envío anterior. No deberá enviar una nueva revisión de un documento hasta que haya recibido comentarios de la versión anterior por parte del responsable técnico de la RM correspondiente.

Este tipo de indicaciones son una de las principales tareas en las que se centra el equipo encargado de gestionar la documentación. Es por ello que es fundamental que exista este departamento para filtrar toda la documentación que se recibe por parte de los suministradores con el fin de evitar errores de este tipo, que pueden desembocar en problemas como podría ser la duplicidad de documentación con diferente información.

Ej.: Un plano enviado para comentarios en revisión 0 le será devuelto en revisión 0.1 con los comentarios correspondientes (si proceden).

Además, este equipo es responsable en cierta medida de coordinar la carga de trabajo sobre cada una de las disciplinas; priorizado la documentación que pueda comprometer en mayor grado la planificación del proyecto.

Una vez la disciplina correspondiente recibe la documentación por parte del equipo de gestión documental, el responsable técnico de esta revisará los documentos emitidos y enviará sus comentarios de vuelta al suministrador, modificando la etiqueta adjunta a cada documento de acuerdo a su estado y actualizando el código de este aumentando el número de revisión correspondiente a ingeniería. Un ejemplo de nombre de documento comentado sería:

-  V-1801RB92C-2206-650-CER-002-R0 → Nombre original emitido por suministrador.
-  V-1801RB92C -2206-650-CER-002-R0.1 → Nombre tras revisar el documento por parte de Ingeniería

En este punto en el que el equipo de gestión de documentación ya ha validado la codificación y estructura de la documentación y la ha enviado a la disciplina correspondiente, sí se establece una comunicación directa entre el técnico responsable de ingeniería, y el suministrador. No interviene aquí el equipo de gestión de la documentación puesto que las dudas que ahora puedan surgir sobre este documento, serán de carácter técnico.

Los nuevos envíos de documentación que el suministrador realice volverán a ser supervisados por el equipo de gestión de documentación, el procedimiento comentado anteriormente se repite con cada envío y se analiza con independencia del anterior.

Los documentos serán aprobados, rechazados o tendrán comentarios para revisión por parte del suministrador. Para aquellos documentos que hayan sido aprobados con comentarios, el suministrador deberá emitir una revisión adicional de dichos documentos incorporando los comentarios realizados, de forma que ingeniería pueda revisar la incorporación de sus comentarios y aprobar el documento sin comentarios.

Para aquellos documentos que no hayan sido aprobados, sino que hayan sido rechazados o requieran revisión, deberán ser enviados de nuevo por parte del suministrador “para comentarios”. Este deberá enviar los planos / documentos revisados para aprobación, comentarios o construcción no más tarde de 10 días laborables después de recibir los anteriores planos/documentos.

En este apartado, entra el juego del papel del activador del proyecto, esta persona se encarga de tener este registro temporal de cuándo se emite la documentación por parte del suministrador y de “supervisar” que la documentación se está compartiendo hasta que queda aprobada definitivamente.

A través de este control temporal, el Director de Proyecto tiene la capacidad de analizar cómo están trabajando los técnicos de las diferentes disciplinas, la documentación que más revisiones recoge (y por tanto la que mayor número de recursos consume); y puede así decidir dónde implementar un mayor número de recursos para agilizar la aprobación de documentación que comprometa a tareas que afecten al camino crítico del proyecto.

El objetivo final de todo este procedimiento documental, es poder recoger en un mismo lugar toda la documentación tras haber sido esta revisada en tantas ocasiones haya requerido hasta haber sido aprobada para construcción.

Por tanto cuando finaliza la fabricación y la revisión de la documentación, el suministrador deberá enviar una revisión mayor de toda la documentación aprobada sin comentarios, también en formato nativo y con objeto “final / as-built”.

Únicamente importará en este momento la documentación que está aprobada, cada documento recoge en su nombre el número de revisión que tiene, y por tanto también se podrían revisar las anteriores ediciones del documento y tener así una trazabilidad del mismo.

Cabe la posibilidad de que un documento decida ser anulado, y este es el nombre del estado que se aplica a esta documentación que ya no es válida para el proyecto. Este sello inhabilita el documento aunque no elimina este de su repositorio, de este modo puede conservarse la trazabilidad del mismo y queda un registro de la información que se anuló.

No se considerará cerrado ningún pedido ni entregado el total del suministro hasta que todos los planos y documentos requeridos hayan sido recibidos, aprobados por el responsable técnico designado por ingeniería y enviados como finales por parte del suministrador.

El último paso es generar el dossier final. Un documento que recoge toda la documentación que indicaba la lista de documentos, aprobada sin comentarios. El técnico responsable de la disciplina correspondiente, revisará que este documento recoge toda la documentación del pedido siendo esta la revisión final que aprobó para construcción en su momento. Una vez se aprueba este dossier, puede darse por cerrado el pedido con el suministrador.

#### 4.4.4.2.1.4. Formato de la documentación.

El suministrador deberá enviar la documentación en formato .pdf y en nativo en caso de que sea requerido. No será hasta que la documentación se encuentre aprobada sin comentarios cuando se le solicitará a este que envíe toda la documentación que haya generado en formato nativo.

El suministrador deberá incluir en todos los planos y documentos la siguiente etiqueta completando toda la información. Se colocará en una parte visible del plano sobre el cajetín y en la primera página, a modo de portada, de todos los documentos técnicos. El suministrador deberá cumplimentar los campos identificados como “A RELLENAR POR VENDEDOR” de este cajetín en cada envío del plano o documento que corresponda.

PLANTA: XXX		Nº RM: zzzzzzzz-yyyy-aac		
Nº DOCUMENTO: V-zzzzzzzz-yyyy-aac-TAG-xxx		ITEM-TAG: TAG		
ESTADO DEL DOCUMENTO		X	FECHA	Nº REVISION
A RELLENAR POR VENDEDOR	ENVIADO PARA INFORMACION			
	PARA APROBACION POR CEPSA			
	FINAL / AS BUILT			
ESTADO DEL DOCUMENTO		X	FECHA	FIRMA
A RELLENAR POR INGENIERIA	RECHAZADO/CON COMENTARIOS			
	APROBADO	CON COMENTARIOS		
		SIN COMENTARIOS		
CLAVE DE COLOR	ROJO: CORRECCIONES	AMARILLO: ANULACION		AZUL: PREGUNTAS

Figura 27. Portada / Etiqueta Cajetín planos documentación del proyecto. Fuente: Elaborado por el autor.

#### 4.4.4.2.1.5 Contacto.

El suministrador deberá indicar, al comienzo del proyecto, su lista de contactos, cuyos miembros no deberán cambiar durante la realización de la RM a no ser que así sea aprobado por ingeniería, para entrega y recepción de comunicaciones. La comunicación entre ambos será vía email.

El asunto de estos emails deberá recoger siempre el código del proyecto, el código de la RM que corresponda y el número de envío que está realizando, en ese orden. Un ejemplo de asunto para emisión oficial de documentación vía email sería: 1801RB92C – 2203-014 – 020.

#### 4.4.4.2.1.6. Numeración de documentos.

El suministrador deberá numerar todos los documentos que emita a Ingeniería siguiendo la siguiente estructura:



Figura 28. Procedimiento Numeración de documentos. Fuente: Elaborado por el autor.

Descripción	Numeración del Documento
Lista de documentos RM-1501GB26A-1101-010	V-1501GB26A-1101-010-DL-001
Primera nota de transmisión de documentación general	V-1501GB26A-1101-010-NT-001
Segunda nota de transmisión de documentación general	V-1501GB26A-1101-010-NT-002
Primera nota de transmisión de documentación particular unidad MX2	V-1501GB26A-1101-010-NT-001-MX2
Segunda nota de transmisión de documentación particular unidad MX2	V-1501GB26A-1101-010-NT-002-MX2
Plano disposición general recipiente MX2-V-001 RM-1501GB26A-1101-010	V-1501GB26A-1101-010-MX2-V-001-DWG-001
Plano disposición general recipiente MX2-V-505 RM-1501GB26A-1101-010	V-1501GB26A-1101-010-MX2-V-505-DWG-001
Plano detalle de conexiones recipiente MX2-V-001 RM-1501GB26A-1101-010	V-1501GB26A-1101-010-MX2-V-001-DWG-002
Plano detalle de conexiones recipiente MX2-V-505 RM-1501GB26A-1101-010	V-1501GB26A-1101-010-MX2-V-505-DWG-002
Plano placa de características recipiente MX2-V-001 RM-1501GB26A-1101-010	V-1501GB26A-1101-010-MX2-V-001-DWG-003
Plano placa de características recipiente MX2-V-505 RM-1501GB26A-1101-010	V-1501GB26A-1101-010-MX2-V-505-DWG-003
Primer informe de progreso mensual RM-1501GB26A-1101-010	V-1501GB26A-1101-010-PR-001
Segundo informe de progreso mensual RM-1501GB26A-1101-010	V-1501GB26A-1101-010-PR-002
Certificados de materiales recipiente MX2-V-001 RM-1501GB26A-1101-010	V-1501GB26A-1101-010-MX2-V-001-CER-001
Certificados de materiales recipiente MX2-V-505 RM-1501GB26A-1101-010	V-1501GB26A-1101-010-MX2-V-505-CER-001
Certificados de pruebas recipiente MX2-V-001 RM-1501GB26A-1101-010	V-1501GB26A-1101-010-MX2-V-001-CER-002
Certificados de pruebas recipiente MX2-V-001 RM-1501GB26A-1101-010	V-1501GB26A-1101-010-MX2-V-505-CER-002
Dossier de soldadura recipientes RM-1501GB26A-1101-010	V-1501GB26A-1101-010-DOS-001
Lista de subpedidos RM-1501GB26A-1101-010	V-1501GB26A-1101-010-LIS-001
Listado de pruebas recipientes RM-1501GB26A-1101-010	V-1501GB26A-1101-010-LIS-002

Figura 29. Ejemplo de numeración de documentos. Fuente: Elaborado por el autor.

#### 4.4.4.2.1.7. Numeración de los ficheros.

El nombre de los ficheros de los documentos (nativos) será la numeración del documento seguida de su revisión y de la extensión del propio documento (doc para Word, dwg para Autocad, xls/xlsx para Excel, pdf para Acrobat Reader, etc.).

Descripción	Numeración del Fichero
Lista de documentos RM-1501GB26A-1101-010 revisión 0	V-1501GB26A-1101-010-DL-001-R0.xls
Lista de documentos RM-1501GB26A-1101-010 revisión 1	V-1501GB26A-1101-010-DL-001-R1.xls
Primera nota de transmisión de documentación general	V-1501GB26A-1101-010-NT-001-R0.xls
Segunda nota de transmisión de documentación general	V-1501GB26A-1101-010-NT-002-R0.xls
Plano disposición general recipiente MX2-V-001 RM-1501GB26A-1101-010 revisión 0	V-1501GB26A-1101-010-MX2-V-001-DWG-001-R0.dwg
Plano placa de características recipiente MX2-V-505 RM-1501GB26A-1101-010 revisión 1	V-1501GB26A-1101-010-MX2-V-505-DWG-003-R1.dwg
Primer informe de progreso mensual RM-1501GB26A-1101-010 revisión 0	V-1501GB26A-1101-010-PR-001-R0.xls
Certificados de materiales recipiente MX2-V-001 RM-1501GB26A-1101-010 revisión 1	V-1501GB26A-1101-010-MX2-V-001-CER-001-R1.pdf
Dossier de soldadura recipientes RM-1501GB26A-1101-010 revisión 2	V-1501GB26A-1101-010-DOS-001-R2.pdf
Lista de subpedidos RM-1501GB26A-1101-010 revisión 0	V-1501GB26A-1101-010-LIS-001-R0.xls
Lista de repuestos recipientes RM-1501GB26A-1101-010 revisión 1	V-1501GB26A-1101-010-SPL-001-R1.xls

Figura 30. Ejemplo numeración ficheros. Fuente: Elaborado por el autor.

El número de revisión de los documentos coincidirá tanto con el definido en el cajetín incluido en el mismo como en el correspondiente de la NT que acompañe al envío del documento.

#### 4.4.4.2.1.8. Formatos de envío de documentación.

En los anteriores apartados se ha hecho referencia a la lista de documentos y nota de transmisión que el suministrador emite en sus envíos oficiales. A continuación se comenta el formato que tienen estos archivos así como cada campo de estos.

El suministrador debe enviar la DL en formato nativo, cumplimentada y sin modificar, añadir o eliminar ninguna fila, columna o pestaña.

LOGO CLIENTE	DOCUMENT LIST				
	WRITTEN	APPROVED	REV	DATE	OBSERVATIONS
TRANSMITTER:	VENDOR				
PROJECT / TECHNICAL CHANGE					
MATERIAL REQUISITION					
TYPE OF EQUIPMENT					

Figura 31. Ejemplo portada DL. Fuente: Elaborado por el autor.

- ✓ **Written / Escrito:** Se define quién ha completado la lista al iniciarse el proyecto. Deberá estar identificada la persona responsable de asignada por el suministrador. En caso de que haya alguna duda con respecto a este envío, es esta la persona sobre la que se dirigen las consultas pertinentes.
- ✓ **Approved / Aprobada:** Se define el responsable técnico de ingeniería encargado de la correspondiente RM que deberá aprobar o no el documento.
- ✓ **Rev:** Se define la revisión correspondiente del documento.
- ✓ **Date / Fecha:** Se define la fecha de revisión de la misma por el responsable técnico encargado.
- ✓ **Observations / Observaciones:** Se indicará si se aprueba o se rechaza la DL. Se aprobará o rechazará la lista en función de si se considera que está listada toda la documentación a recibir.
- ✓ **Vendor / Vendedor:** Se indicará el nombre del suministrador. Este campo será establecido por Ingeniería.
- ✓ **Project / Technical Change - Proyecto / Cambio Técnico:** Se indicará el número de proyecto (Ej. 1501GC26F).
- ✓ **Material Requisition / Requisición de Material (RM):** Se indicará el número de la RM con la cual esté relacionada la DL. Este campo lo establece ingeniería y se indicará el número de la RM haciendo referencia al proyecto al que pertenece.  
*Ej.: RM-1501GC26F-3003-010, RM-1501GC26F -2206-151, RM-1501GC26F -1108-011, etc.*
- ✓ **Type of Equipment / Tipo de Equipo:** Se indicará el tipo de equipo objeto de la Requisición de material. Este campo lo establece ingeniería.

Con cada envío de documentación, se adjunta una nota de transmisión en formato excel que tiene la siguiente estructura:

FILENAME	DOCUMENT NUMBER	DOCUMENT TYPE	DOCUMENT CLASS	VENDOR DOCUMENT NAME	TITLE (DESCRIPTION)	TAG-S (ITEM-S)	STATUS	REVISION	EXPECTED DATE	REAL DATE

Figura 32. Nota de transmisión a rellenar por suministrador. Fuente: Elaborado por el autor.

- ✓ **Filename / Nombre del Fichero:** Se indicará el nombre del fichero incluida su extensión.  
*Ej. V-11501GC26F -1101-010-MX2-V-02-CER-001-R1.pdf*
- ✓ **Document Number / Número de Documento:** Se indicará el número de plano o documento. *Ej. V-1501GC26F -1101-010-MX2-V-02-CER-001*
- ✓ **Document Type / Tipo de Documento:** Se indicará el código de clase de documento "NNN" tal y como se ha definido anteriormente y según queda indicado en la correspondiente VRDD y en el propio número del documento. *Ej. CER, DOC, DWG, etc.*
- ✓ **Document Class / Clase de Documento:** Se establecen unos valores predeterminados en función del tipo de documento elegido, que deberán ser modificados en caso de que no representen con exactitud el tipo de documento a definir. En tal caso se elegirá el valor correspondiente de entre la lista desplegable.
- ✓ **Vendor Document Name / Nombre de Documento del proveedor:** El proveedor indicará el número de plano o documento tal y como lo defina internamente.
- ✓ **Title / Título:** Se indicará el título o descripción del documento en mayúsculas. Para el caso de los planos será el título del cajetín y de las requisiciones de material su descripción breve.

- ✓ **TAG-S:** Se indicará el o los TAGs de equipos asociados al documento, en caso de que lleve asociado TAG, esto es así en: Equipos Estáticos, Equipos Dinámicos, Equipos Eléctricos, Válvulas Especiales e Instrumentos. Estos TAGs vendrán indicados en la correspondiente Requisición (RM). En caso de que un documento aplique a varios TAGs, **éstos se separarán por comas sin espacios**. Ej. *NC-E-01,NC-E-02*. Si el documento no lleva asociado TAG se indicará N/A. Cuando deban listarse todos los TAGs de la RM, no se admitirá indicar “TODOS”, sino que deberá rellenarse el campo listando todos los TAGs; separados por comas y sin espacios.
- ✓ **Status / Objeto:** Se indicará el objeto del documento (información, comentarios o construcción). Este status deberá actualizarse cada vez que se envíe dicho documento.
- ✓ **Revision / Revisión:** Se indicará la revisión del documento. Un documento se aumenta de revisión solo en caso de que haya sido actualizado.
- ✓ **Expected Date / Fecha esperada:** Se indicará la fecha en la que se espera enviar el documento, la cual está basada en la VRDD correspondiente. El formato será dd/mm/aaaa.
- ✓ **Real Date / Fecha real:** Se indicará la fecha en la que se envía el documento en la revisión indicada. El formato será dd/mm/aaaa.

#### 4.4.4.2.1.9. Informe de progreso

Cada uno de los suministradores que trabajan para el proyecto deben enviar de manera oficial el día 15 de cada mes un informe de progreso siguiendo la plantilla que se muestra en esta ilustración, la cual es un ejemplo real de un informe emitido por uno de los suministradores. Este informe es revisado por ingeniería, se coteja el avance del pedido con la información que recoge la requisición y se contesta al suministrador con un comentario (vía email) sobre cómo se ha valorado por parte de Ingeniería el avance realizado en esos 15 días.

De este modo es más sencillo hacer un seguimiento de cómo está trabajando el suministrador. Esta tarea recae sobre el equipo de activación del proyecto.

PROGRESS BY VENDOR													
TAG	POS	MATERIAL	DESCRIPTION	DISCIPLINE	MODEL	AMOUNT	DELIVERY DATE	EXPECTED DELIVERY AT SITE DATE	ENGINEERING [%]	SUB-ORDERS [%]	FABRICATION [%]	TESTS & DELIVERY OVERALL PROGRESS [%]	
TLS0 406	10	10011434 15	TOMA MUESTRAS	INSTRUMENT	S32-500/ 0-1-LG	1	31/01/ 2020	17/02/ 2020	80	95	50	0	41,2
TKS0 436	20	10011434 09	TOMA MUESTRAS	INSTRUMENT	DPM- 500-221	1	31/01/ 2020	17/02/ 2020	80	95	40	0	41,2

Figura 33. Ejemplo Informe Progreso de Suministrador. Fuente: Suministrador

#### 4.4.4.3. Control de la calidad de los entregables del proyecto.

Controlar la Calidad es el proceso de monitorear y registrar los resultados de la ejecución de las actividades de gestión de calidad para evaluar el desempeño y asegurar que las salidas del proyecto sean completas, correctas y satisfagan las expectativas del cliente. El beneficio clave de este proceso es verificar que los entregables y el trabajo del proyecto cumplen con los requisitos especificados por los interesados clave para la aceptación final.

El proceso Controlar la calidad determina si las salidas del proyecto hacen lo que estaban destinadas a hacer, en este caso en el que se ha realizado el estudio de la calidad de los entregables (documentación), estas salidas son válidas si dicha documentación está lista para construcción, es decir, ha sido aprobada sin comentarios por parte de Ingeniería.

Esas salidas deben cumplir con todos los estándares, requisitos, regulaciones y especificaciones aplicables. Este proceso se lleva a cabo a lo largo de todo el proyecto.

En este proyecto el control de la calidad lo ha hecho el representante del cliente (el equipo de dirección de la propia refinería) sobre Ingeniería, y esta última lo ha realizado sobre sí misma y sobre todos los suministradores que han colaborado en el proyecto y que para ello han trabajado directamente para esta siguiendo el procedimiento descrito anteriormente.

Al principio del proyecto Ingeniería debe enviar al cliente un listado de todos los documentos que emitirá durante la fase de detalle y no deberá retrasarse este envío más de 4 semanas desde el inicio de la Ingeniería de Detalle. Al igual que entre el suministrador y la ingeniería era la lista de documentos (DL) ese “contrato” sobre el que ambas partes se basaban para el seguimiento control y del pedido; este documento es el propio entre ingeniería y cliente.

A partir de dicho listado se acordará una matriz de jerarquía por cada disciplina entre ingeniería y cliente donde se clasificarán los documentos en I, R y A.

Num	Fecha fijada	DPT (EDT 2)	Descripción	Emitido para:
1		DP	Plan de calidad y coordinación	R
2	Si	DP	Planificación IB nivel 2	R
3		DP	Informes mensuales	I
4		DP	Bases de diseño	R
5	Si	DP	BDEP (Dossier final)	I
7		PROCESO	Estudio de cumplimiento de distancias	R
8		PROCESO	Simulaciones de proceso	R
9		PROCESO	Diagrama de bloques	R
10	Si	PROCESO	PFDs	R
11		PROCESO	Estudio de antorcha y PSV's	R
12		PROCESO	Lista de emisiones de sustancias peligrosas	R
13		PROCESO	Manual de operación	R
14	Si	PROCESO	PIDs	R
15	Si	PROCESO	Lista de líneas	R
16	Si	PROCESO	Estudio hidraulico. Cálculos hidráulicos	R
17		PROCESO	Estudio demanda BOG	R
18	Si	PROCESO	Lista de tie-ins	R
19	Si	PROCESO	Lista de utilities	R
20	Si	PROCESO	Lista de efluentes	R
21	Si	PROCESO	Estudio de seguridad del proceso	R

22	Si	PROCESO	Estudio térmico y mecánico	R
23	Si	MECANICA	Lista de equipos mecánicos	R
24	Si	MECANICA	Hoja de datos de esfera	R
25	Si	MECANICA	Hojas de datos de bombas	R
26		MECANICA	RM bombas	R
27		MECANICA	RM Cargadero vagones	R
28		MECANICA	RM esfera	R
29		MECANICA	Diagrama de materiales (MSD's)	R
30		MECANICA	Tabulación esfera	I
31		MECANICA	Tabulación bombas	I
32		MECANICA	Tabulación paquete cargadero vagones	I
34	Si	TUBERIAS	Plano de implantación (Plot Plan)	R
35		TUBERIAS	Estudio de selección de materiales (incluye Análisis de corrosión y aleaciones resistentes)	R
36		CIVIL	RM estudio geotécnico	R
37		CIVIL	RM estudio topográfico	R
38		I&C	Diagramas lógicos	R
39		I&C	Arquitectura de control	R
40		I&C	Lista de instrumentos	R
41	Si	I&C	Hojas de datos de instrumentos	R
42		I&C	Filosofía de control de Proceso	R
43		ELECTRICIDAD	Lista de consumidores eléctricos	R
44		ELECTRICIDAD	Unifilar Ing. Básica CCM	R
45		ELECTRICIDAD	Clasificación de áreas peligrosas	R

Figura 34. Propuesta listado de documentos Ingeniería Básica. Fuente: Elaborado por el autor.

Los documentos “I” serán emitidos para información. Los documentos “R” tendrán la finalidad de ser revisados por el cliente (pero en caso de no recibir comentarios en un plazo de 1 semana, el ciclo de vida del mismo podrá continuar). Los documentos “A” serán emitidos para aprobación explícita por parte del cliente contando con un plazo mínimo de 1 semana desde la emisión oficial de este y en caso de no recibir comentarios en dicho plazo, el ciclo de vida del mismo podrá continuar.

El cliente nunca aceptará no poder realizar comentarios una vez se haya rebasado el plazo establecido para ello; lo más coherente es establecer este espacio de 1 semana para que el cliente comente la documentación que recibe por parte de ingeniería pero este espacio simplemente se utiliza para poder coordinar en el mayor grado posible cuanta documentación tiene el cliente pendiente de aprobación. Tanto ingeniería como cliente deberán identificar los cambios en toda la documentación claramente, mediante nubes o identificaciones visuales que permitan su fácil reconocimiento.

El derecho de poder comentar cualquier documentación en cualquier momento, es del cliente; ahora bien, si dichos comentarios se realizan varias semanas después de que el documento haya sido emitido y estos han comprometido o comprometen a otra documentación o trabajos, la modificación de esta documentación puede repercutir en otra generando así la necesidad por parte de ingeniería de emitir una orden de cambio que afectará económicamente al cliente.

Es por ello que para esta documentación, Ingeniería deberá avisar del vencimiento del plazo de revisión por escrito al cliente con dos días de antelación mediante correo específico. Esta tarea recae sobre el equipo responsable de la gestión documental del proyecto, quienes persiguen que no haya ningún documento relevante de ser revisado por el cliente, que no haya sido atendido.

Una vez comenzados los trabajos, el cliente recibirá la documentación generada por ingeniería a través de transmittal. Una vez por semana, se mantendrán sesiones de trabajo por cada disciplina (Ingeniería – Cliente) donde se comentará la documentación recibida. Así mismo ingeniería, y en concreto el equipo encargado de la gestión de la documentación, debe llevar un registro en un archivo Excel del estado de cada documento. Este documento será compartido entre ingeniería y cliente tantas veces sea solicitado por este último.

#### 4.4.4.3.1. Documentación suministradores.

La relación entre los suministradores e ingeniería, en este tipo de proyectos, no excluyen al cliente. No se trata de que la ingeniería haga todo el trabajo sin que el cliente participe en este, sino que el papel que la ingeniería juega es de filtrar, de “pelear” con los suministradores sobre asuntos de forma, técnicos etc., para posteriormente este dedicar su tiempo a revisar lo realmente importante.

Por tanto la documentación de suministradores, también es revisada por el cliente; no generalmente en las primeras revisiones aunque sí intercede en los detalles críticos o que comprometan en cierta medida al proyecto. Se estipula un plazo de 5 días laborables para la revisión de los mismos por parte del cliente tras los comentarios de ingeniería.

Esta documentación la archivará ingeniería en la carpeta de red del proyecto y dentro de la carpeta correspondiente según el código de requisición, para su posterior revisión y comentarios por parte del equipo de proyecto del cliente.

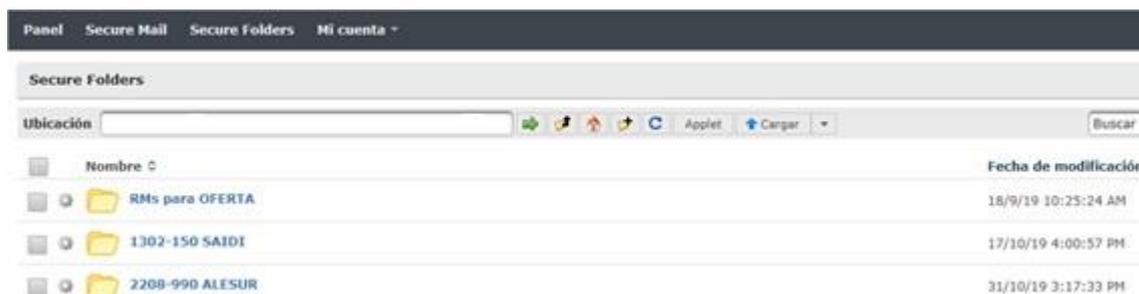


Figura 35. Estructura en Red del cliente para almacenamiento de documentación. Fuente: Ingeniería

#### 4.4.4.3.2. Procedimiento gestión documental del proyecto (entre Ingeniería y Cliente).

Una vez la documentación está lista para enviar al cliente, para su aprobación o comentarios, la forma de proceder es preparar un “envío oficial”. Previo a este envío la comunicación con el cliente con respecto a dicha documentación ha existido, incluso han podido compartirse archivos puntualmente, pero no es hasta que dicho documento se envía oficialmente cuando realmente tiene validez en el proyecto.

En este punto, entra en juego la plataforma habilitada de almacenar dicha documentación. Es una plataforma sencilla estructurada en carpetas y subcarpetas, donde ingeniería sube toda la documentación debidamente codificada.

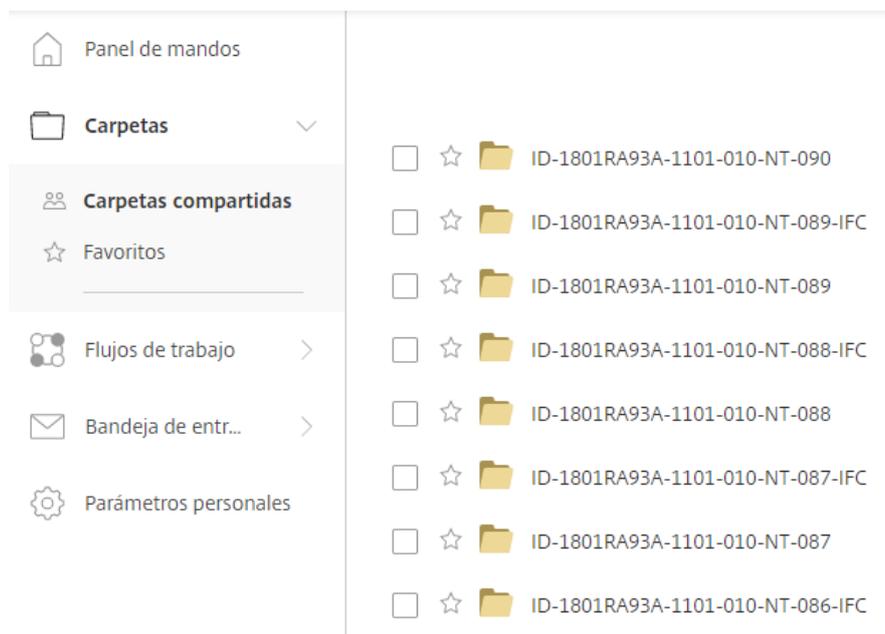


Figura 36. Estructura plataforma gestión documentación. Fuente: Ingeniería.

En este proyecto en concreto se ha utilizado una plataforma propia del cliente para gestionar la documentación compartida. Este espacio ha sido compartido tanto entre cliente e ingeniería (ambos con totales derechos), como por el equipo encargado de dirigir la construcción en sí (con derechos de consulta y descarga).

Cabe destacar que para este proyecto el envío de la documentación se ha jerarquizado en dos ramas. Ambos envíos son correlativos al anteriormente realizado, uno de ellos contiene toda la nueva documentación que Ingeniería ha generado desde la anterior emisión oficial; el otro solo contiene, de esta nueva documentación, la que se emite aprobada para construcción (APC o IFC- Isued for construction). De este modo, cada vez que se realiza un envío oficial (lo cual está estipulado para cada martes y jueves) se generan dos nuevas carpetas en la red.

En línea con lo comentado anteriormente de guardar la trazabilidad de la documentación, se emplea otra plataforma cuya finalidad es:

- ✚ Normalizar la gestión, el archivo y la consulta de la documentación en el proyecto.
- ✚ Obtener una visión global de la información generada en las distintas fases del proyecto.
- ✚ Disponer de una información electrónica identificada, ordenada y controlada.
- ✚ Que el equipo director de proyecto tenga acceso a la documentación según su perfil de usuario desde distintos puntos geográficos y husos horarios.

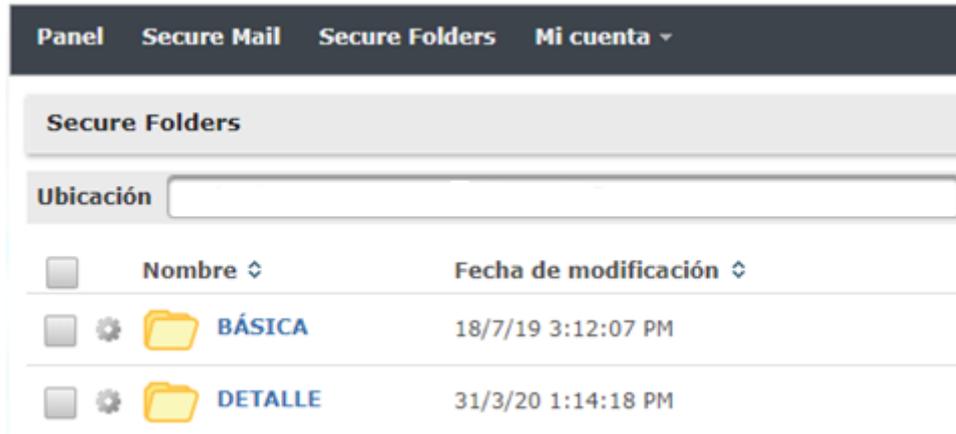


Figura 37. Plataforma trazabilidad de la documentación según niveles de Ingeniería. Fuente: Cliente

La estructura de carpetas debe estar basada en procesos de trabajo y roles de acceso a la documentación de los usuarios. Esto permitirá además definir la estructura de seguridad de los espacios.

#### 4.4.4.3.3. Coordinación entre cliente e ingeniería.

La base de la coordinación del desarrollo del trabajo entre Cliente e Ingeniería se hace mediante:

**Reuniones periódicas de seguimiento** cuyas actas serán elaboradas por Ingeniería y comentadas/aprobadas por el Cliente. La persona responsable de la activación de los suministradores es la encargada de la elaboración de estas actas así como de perseguir la aprobación o comentarios por parte del Cliente. Se considerarán aprobadas por parte del Cliente cuando, transcurrida 1 semana contada a partir de su emisión, no se hayan recibido comentarios.

Las reuniones de seguimiento entre Cliente e Ingeniería son:

-  Específicas a nivel de disciplina, según se requiera.
-  Semanales con el conjunto de disciplinas y responsables de maqueta 3D.
-  Mensuales de seguimiento de Proyecto.

Para las reuniones semanales y mensuales, el Director de Proyecto distribuirá una agenda de la reunión por lo menos 2 días antes de cualquier reunión programada y se espera que todos los participantes revisen la agenda antes de la reunión. Las actas de la reunión se distribuirán al día siguiente de cada reunión.

**Los informes de progreso** presentados por Ingeniería y que serán comentados y aprobados por el cliente. Este informe lo elabora Ingeniería en base a los informes de progreso que se solicitan a los propios suministradores además de la información que cada disciplina proporciona al equipo director de proyecto sobre cómo están avanzado el trabajo en el área que les compete.

Ingeniería, de cara al cliente, elaborará y emitirá un Informe de Progreso Mensual, en la primera semana de cada mes. Los plazos de revisión y aprobación del informe serán acordes al resto de documentos emitidos por Ingeniería para el proyecto.

Durante todo el proceso se efectúan reuniones semanales dentro de la gerencia del proyecto para el seguimiento y control, tanto de los perfiles de ejecución física y financiera, como de las acciones requeridas para asegurar la fecha estimada de finalización y el cumplimiento del presupuesto contratado. Igualmente, se efectúan reuniones (quincenales o mensuales) para informar a la alta gerencia sobre el progreso de la ejecución, explicando las desviaciones tanto de obra como de desembolsos esperados, así como las acciones a implementar para corregirlas. La siguiente figura refleja uno de los principales gráficos que se incluyen en estos informes de progreso, el cual está basado en las curvas representativas del proyecto, también llamadas: Curvas “S”.

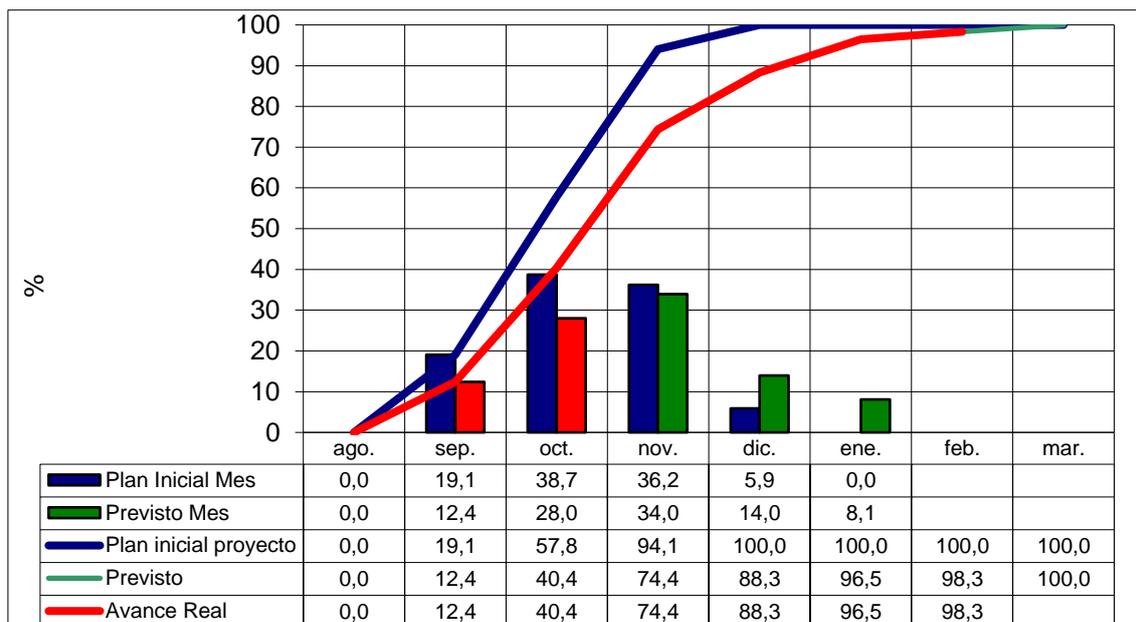


Figura 38. Curvas del avance previsto y real del proyecto ejemplo mes de Febrero 2019. Fuente: Ingeniería

**Correspondencia cruzada** entre ambas partes y con terceros en todo lo relacionado con el proyecto. En ocasiones se tratan temas entre cliente, ingeniería y suministrador. Son hechos puntuales, no es el mejor procedimiento de trabajo pero suele facilitar que los problemas o decisiones que se toman con respecto a un hecho determinado, queden igualmente claros para todas las partes; evitando así malentendidos.

Si bien la comunicación informal es una parte importante del proyecto y es necesaria para la finalización exitosa de este, cualquier problema, inquietud o actualización que surja de una discusión informal entre los miembros del equipo debe ser comunicada al Director de Proyecto para que se tomen las medidas apropiadas.

Como correspondencia oficial se considera:

- ✚ Cartas oficiales de correspondencia técnica y/o económica.
- ✚ E-mails oficiales de correspondencia técnica y/o económica.
- ✚ Hojas de envío de Ingeniería (Transmittal).

Todo el correo electrónico perteneciente al proyecto debe distribuirse a los participantes correctos del proyecto según el contenido y alcance del mismo. El Director de Proyecto debe ser incluido en cualquier correo electrónico relacionado con el Proyecto. En todas las comunicaciones se indicará la referencia del proyecto.

#### 4.4.5. Gestión de Riesgos y Oportunidades.

A partir de la producción de petróleo y gas, la industria petroquímica produce más del 95% de la producción mundial de productos químicos orgánicos y derivados como: plásticos, detergentes y fertilizantes químicos. Sin embargo, pese a los avances tecnológicos y el rápido desarrollo de la industria petroquímica durante los últimos cincuenta años, aún ocurren grandes accidentes que ocasionan serias pérdidas como el accidente en Bhopal o en la planta de gas licuado en México.

El riesgo y la incertidumbre están presentes en todos los proyectos, pero en mayor grado en los de ingeniería en plantas petroquímicas debido a su ambiente técnico complejo y el desarrollo de nuevos productos o procesos. Se requiere identificar, evaluar y controlar los riesgos a lo largo de la ejecución de todo proyecto mediante la gestión de riesgos que ayude a reducirlos es fundamental minimizar la incertidumbre implementando estrategias que aumenten la probabilidad que permita alcanzar los objetivos del proyecto.

La gestión de riesgos no es una actividad opcional, es fundamental para alcanzar el éxito de un proyecto. Constituye una de las áreas de conocimiento de la dirección de proyectos según el Project Management Institute (PMI), y es definida como los procesos:

- ✚ Planificar la Gestión de Riesgos
- ✚ Identificar Riesgos
- ✚ Análisis Cualitativo de Riesgos
- ✚ Análisis Cuantitativo de Riesgos
- ✚ Planificación de las respuestas
- ✚ Motorización y Control de Riesgos

Cuando un proyecto comprende el desarrollo de grandes obras de infraestructura como el montaje de equipos, construcción de nuevas plantas e instalaciones industriales petroquímicas, como las que recoge este proyecto técnico, este adquiere un alto grado de incertidumbre. Existe por tanto una vulnerabilidad, y esto es debido a los riesgos que pueden originarse por las múltiples y conflictivas interpretaciones que hagan sobre el proyecto los diferentes agentes interesados.

El personal de dirección debe cumplir con los requisitos del proyecto y en la medida de lo posible, proteger el medio ambiente, disminuir el consumo de energía y materiales para mejorar la gestión, y garantizar el nivel de la calidad del proyecto.

Aunque cada proyecto de ingeniería es único, existen factores comunes que pueden conllevar al éxito o fracaso si los riesgos no se gestionan adecuadamente. Cuando una organización no tiene un proceso formal e institucionalizado para gestionar los riesgos, esto constituye una de las principales razones por las que puede incurrirse en sobrecostos que afecten al ciclo de vida del proyecto.

##### 4.4.5.1. Registro de riesgos y oportunidades.

Este registro proporciona el marco para gestionar las amenazas y oportunidades del proyecto, ello permite asegurar la consecución de las metas y objetivos estratégicos y financieros del proyecto, de una forma transparente, sostenible y controlada.

El equipo director de proyecto lleva a cabo una serie de actividades y procedimientos para registrar estos riesgos y oportunidades, así como identificar las medidas de mitigación que deban aplicarse a dichos riesgos en el caso de que la probabilidad de que este se materialice, aumente.

Cabe destacar que para la identificación de los mismos, son cable las siguientes reuniones las cuales se desarrollan al mismo que tiempo que va desarrollándose el proyecto:

- ✚ Reunión de Estrategia y Riesgos.
- ✚ Reunión de Seguimiento de Riesgos del Proyecto.
- ✚ Reunión Transversal de Análisis de Riesgos en Proyectos.

En cuanto al proyecto, analizado desde el punto de la vista de la elaboración de toda la documentación que aplica a la Ingeniería de Detalle que permite ejecutar en sí el proyecto técnico de ampliación, Ingeniería ha identificado los siguientes riesgos y oportunidades.

**1. Incumplimiento de plazos.** El alcance del proyecto es un “revamping”, lo que implica un conocimiento e información de la instalación existente que en un primer momento no se disponía. En el arranque del proyecto esta disponibilidad de la información era limitada lo que pudo implicar un trabajo adicional de obtención de información y visitas a planta mayor al estimado inicialmente, lo cual podría haber acarreado retrasos en la entrega del proyecto.

Mitigación. Asignar un presupuesto partida adicional en concepto de viajes, y tiempo requerido en estudio de la instalación existente. Deberá reforzarse el personal de proceso y priorizar sobre otras actividades. Se realizarán horas extra para avanzar las entregas en plazo.

**2. Falta de conocimiento y disponibilidad de personal.** El proyecto debe realizarse con aplicaciones con las que Ingeniería tiene experiencia limitada (SPPID, SPINTOOLS, SMARTPLAN 3D). La utilización de estas herramientas implicará un sobrecoste y una mayor limitación en la ejecución de los trabajos. Además, requerirá la contratación de nuevo personal.

Mitigación. Contratación de personal (administrador de SP3D). Iniciar fase de formación en Ingeniería Básica para que el equipo técnico esté preparado en la fase de Ingeniería de Detalle. Se ha creado un nuevo procedimiento/manual para la coordinación de los trabajos en SP3D. Se asigna al proyecto un supervisor de proceso con conocimientos en estas aplicaciones.

**3. Confidencialidad.** Se ha firmado con el cliente un acuerdo de confidencialidad de información específico para este proyecto. Su incumplimiento penaliza con un 50% del importe del contrato. La duración de esta confidencialidad es de 5 años.

Mitigación. Tras la firma del acuerdo de confidencialidad, se comunicará al equipo de proyecto las implicaciones del acuerdo, durante la ejecución los departamentos de Dirección de Proyecto, Dirección de Ingeniería y Calidad (Seguridad, Salud y Medioambiente) vigilarán por el cumplimiento de dicho acuerdo.

Hasta el archivo de la documentación del proyecto se vigilará mediante la realización de auditorías, y control por parte de los principales responsables del proyecto, vigilar la no transmisión de información. Las personas subcontratadas (ETT) deberán firmar un documento de confidencialidad.

La probabilidad de que se materializaran estos 3 riesgos comentados fue estimada en “alta” y finalmente sí debieron implementarse las medidas de mitigación comentadas obteniendo resultados satisfactorios.

La **Oportunidad** que brindaba este proyecto en su inicio era la de continuar con la Ingeniería de Detalle y participar en nuevos proyectos de petroquímica en Refinerías para este mismo cliente; siempre y cuando la calidad del trabajo que se realizase en esa primera fase de Ingeniería Básica fuese satisfactoria para este. En cuanto a la mitigación de esta oportunidad comentada cabe destacar la confianza a mantener con el cliente en el desarrollo del proyecto, así como vigilar la participación, en todos los aspectos, del personal clave del proyecto que pudiese repercutir en mermar dicha confianza.

#### 4.4.5.2. Conclusiones.

En Dirección de Proyectos aunque no existe una metodología única para la gestión de riesgos (ya que cada proyecto es único), la forma de gestionarlos se puede enmarcar dentro de un proceso genérico que consiste en: identificación, evaluación, respuesta y monitoreo de riesgos.

Independientemente de la naturaleza y magnitud del proyecto, la incertidumbre está presente desde la etapa de iniciación, y va disminuyendo paulatinamente hasta la etapa del cierre gracias a la adecuada gestión por parte de la Dirección del Proyecto. Por lo tanto, la gestión de riesgos puede estudiarse como un proceso iterativo de monitoreo y mejora continua en el proyecto.

Los riesgos negativos en este tipo de proyectos desembocan en mayores consecuencias o impactos debido a la criticidad y complejidad de estas plantas industriales. Los proyectos de ingeniería en plantas petroquímicas no tienen un modelo o metodología únicos para la gestión de los riesgos, sin embargo, existen una serie de factores comunes que deben considerarse como: la estrategia organizacional, la seguridad, el medioambiente y la salud ocupacional. Adicionalmente, otro factor a tener en cuenta para alcanzar el éxito en un proyecto de estas características es la disponibilidad de materias primas suficientes para garantizar la sostenibilidad y competitividad del proyecto una vez entre en fase de operación.

#### 4.4.6. Gestión de comunicaciones

Las directrices de gestión de comunicaciones del proyecto conforman el marco para asegurar que las partes interesadas del proyecto (cliente, proveedores, suministradores, equipo de proyecto, etc.) están identificadas y de que se ha definido un procedimiento de comunicación interna y externa, una estructura de reuniones y niveles de aprobación.

#### 4.4.7. Gestión de partes interesadas.

Es fundamental identificar los principales agentes que van a participar en el proyecto, se trata de las personas u organizaciones que activamente trabajan en él y cuyos intereses pueden verse afectados fruto de la ejecución del proyecto. Una vez identificados, cabe determinar sus requisitos y controlar qué influencia tienen estos en el proyecto.

En este proyecto los principales interesados son:

- ✚ Cliente
- ✚ Representante del cliente
- ✚ Entidades financieras
- ✚ Ingeniería
- ✚ Contratista
- ✚ Ingeniería Externa
- ✚ Suministradores

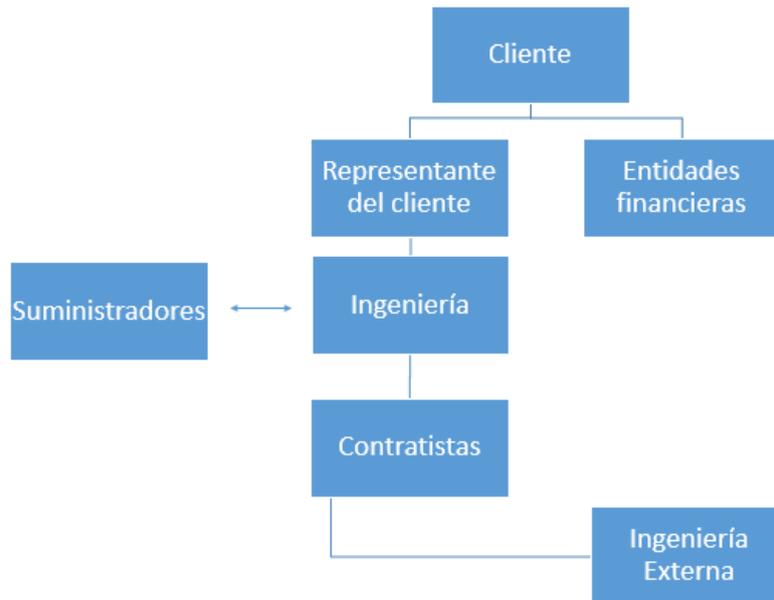


Figura 39. Esquema interesados del proyecto. Fuente: Elaborado por el autor.

#### 4.4.7.1. El cliente.

Se trata de la organización que utilizará el producto del proyecto y, en el caso de una refinería, su explotación. En cuanto a la gestión documental se refiere, el cliente puede acceder a toda la base documental del proyecto, excepto documentación confidencial que pueda comprometer al resto de interesados (por ejemplo la facturación de un suministrador que trabaja indirectamente para el proyecto fabricando un equipo concreto).

#### 4.4.7.2. Entidades financieras.

Una entidad financiera es quien financia el proyecto y tiene cierto poder de decisión sobre el mismo en el caso en que haya cambios en los objetivos de este en cuanto a coste, plazo o calidad refiere.

A nivel documental este interesado interviene al inicio del proyecto y posteriormente en algún momento puntual cuando se alcanza un hito y se debe elaborar documentación para la gestión financiera; por ejemplo una serie de planos que dan fe de que se ha alcanzado un hito del proyecto que compromete a una fase pendiente de financiación.

#### 4.4.7.3. Representante del cliente.

En este proyecto de ampliación, el representante del cliente es el equipo de dirección de la propia refinería. Un equipo de técnicos responsables de las diferentes áreas e instalaciones de esta, y que tiene designado un responsable homólogo a cada jefe de disciplina de cada una de las áreas técnicas que emplea ingeniería para la elaboración del diseño del proyecto.

Constituye en sí un segundo equipo director del proyecto, no elaboran documentación pero sí validan la generada por Ingeniería. La comunicación entre estos técnicos y el equipo director de proyecto de Ingeniería es constante y también existe estrecha comunicación con los jefes de disciplina responsables de cada una de las áreas técnicas sobre las que se apoya el proyecto.

Este equipo está autorizado por el cliente para poder firmar y aceptar los cambios que se presenten según se va desarrollando el proyecto. La coordinación ambos debe ser máxima; pues gran parte de los intereses del cliente queda en manos de este equipo.

La Refinería objeto de este proyecto de ampliación sigue totalmente operativa mientras se está definiendo dicho proyecto. Este es uno de los mayores condicionantes que presenta dicho proyecto, puesto que deben coordinarse tanto los trabajos de construcción que vayan a desarrollarse en la planta, como todas las pruebas sobre el proceso, e instalaciones de los nuevos equipos, que conformen dicha ampliación; y para ello el contacto con el equipo director de Refinería debe ser constante.

Es por ello que este equipo debe estar al corriente absolutamente de toda la documentación que se vaya aprobando para construcción y debe conocer las fechas en las que oficina técnica está previendo realizar pruebas dado que estas en ocasiones implican que se hagan paradas puntuales o parciales en la producción de la Refinería.

Es uno de los principales interesados del proyecto, pues de la coordinación con ellos depende la optimización de la producción de la Refinería; hecho que constituye uno de los principales objetivos del cliente y que condiciona totalmente su grado de conformidad con el desarrollo del proyecto.

Su misión fundamental es la gestión de la producción de modo que se aseguren los planes de fabricación y entrega previstos. Responsable de dirigir las áreas de productos ligeros, servicios auxiliares, productos pesados, almacenamiento, programaciones y entregas.

#### 4.4.7.4. Ingeniería.

La ingeniería es la organización responsable del diseño del proyecto, uno de los principales interesados de este y cuyo “representante” es el propio equipo de dirección de proyecto cuyas tareas y objetivos ya se han comentado anteriormente.

Ha sido designada por el cliente para controlar la ejecución del proyecto, este equipo director de proyecto son los interlocutores en todas las reuniones del proyecto que surgen entre todos los interesados de este.

#### *4.4.7.5. Contratista.*

El contratista es la empresa o grupo de empresas encargadas de ejecutar el proyecto. El contratista principal debe ser capaz de ejecutar todos los trabajos por sí mismo o subcontratando lo que quede fuera de su alcance. Es quien asume todo el riesgo del proyecto por lo que es común que, en estos proyectos grandes como en el que se apoya este trabajo final de máster, se forme una UTE de forma que varias empresas se unen para ejecutar dicho proyecto y compartir riesgos.

#### *4.4.7.6. Ingeniería Externa.*

Se trata de la empresa sobre la que el contratista principal se apoya para ejecutar el proyecto que ha diseñado ingeniería. Esta empresa tiene acceso a toda la documentación técnica que ha emitido ingeniería de todas las áreas que sean oportunas (mecánica, instrumentación, eléctrica, etc.) para ejecutar el proyecto.

#### *4.4.7.7. Suministradores.*

Los Suministradores son las empresas comerciales o industriales que tienen concertado un pedido, en este caso con el cliente pues es quien ha gestionado el aspecto económico de todo el proyecto.

No todo el trabajo que requiere el proyecto puede desempeñarlo Ingeniería, bien sea por el escaso margen de tiempo con el que se cuenta para elaborar este, o por la complejidad que pueda requerir alguna de sus instalaciones.

Por este motivo se recurre a terceras empresas que son especialistas en la elaboración de determinada documentación y/o construcción de equipos, y que también son considerados interesados del proyecto, pues cualquier cambio que pueda producirse, fácilmente afectará en mayor o menor grado a su pedido.

Cuando estas empresas participan a pie de obra, se les llama subcontratistas.

## 5. ASPECTOS CLAVE PARA ALCANZAR EL ÉXITO EN PROYECTOS DE REFINERÍA.

El objetivo de este apartado es recopilar una serie de aspectos sobre los que cabe incidir a la hora de desarrollar un proyecto sobre una instalación de refino como la que recoge este trabajo final de máster.

### 5.1. Metodología de gestión de proyectos.

Son muchas las razones por las que implementar una metodología de gestión de proyectos permite alcanzar el éxito a la hora de dirigir y ejecutar un proyecto técnico de estas características, y algunas de las razones que cabe destacar son las siguientes:

#### **1.- Estandarizar el lenguaje:**

Es importante que todos los profesionales empleen un lenguaje común, ya que cada vez los proyectos son más dinámicos, multidisciplinarios, internacionales y con una constante rotación que obliga a los profesionales a interactuar de manera más rápida. En ese sentido, los directores de proyecto deben tener equipos con métodos estandarizados para dar respuestas más rápidas en su gestión.

#### **2.- Estandarizar la metodología de gestión de los proyectos:**

En los proyectos participan profesionales de diferentes disciplinas y culturas, así como también experiencias, es en ese sentido que las empresas deben tener una metodología de gestión para alinear a todos los participantes del proyecto y de esa forma reducir la probabilidad de errores por una deficiente comunicación.

#### **3.- Administrar el conocimiento que se genere en la empresa:**

Este aspecto permite capitalizar todo el conocimiento que se ha generado en un proyecto, ya que en cada uno se adquieren nuevos conocimientos que de gestionarse adecuadamente, permiten capitalizar la inversión que se ha realizado para poder aprovecharla en proyectos futuros.

#### **4.- Generar confianza en los inversionistas por la transparencia en la información:**

Si bien la metodología en principio se desarrolla para apoyar la gestión de los proyectos, esta se complementa con los departamentos administrativo y financiero. Esta metodología permite por tanto generar confianza en los inversores.

### 5.2. Gestión Documental.

Una de las principales características que tiene un proyecto de refinería, bien sea de ampliación o nueva implantación, es que es un proyecto “muy vivo”. Muchas disciplinas deben coordinarse para que la ejecución del proyecto esté correcta, y esto implica muchas modificaciones en las fases de diseño.

Cómo llevar el control de cambios en la documentación es sin duda, uno de los principales temas a tratar. En este proyecto no se ha trabajado con un programa de gestión documental como tal, sino que se ha recurrido a diferentes programas de gestión de datos, siendo el principal Excel.

Diferentes listas y archivos han dado soporte a esta tarea, y no ha sido fácil. El procedimiento a la hora de atender un documento, bien sea recibido por parte de un suministrador o generado por Ingeniería, está claro; pero no hay margen de error.

Es fácil incurrir en errores humanos, bien es cierto que el uso de herramientas o softwares de gestión documental minimizan este riesgo pero aun así es posible que estos errores sucedan. Aunque puntuales, ha habido casos en el desarrollo de este proyecto en los que un plano ha sido comentado por un técnico pero a la hora de devolverse comentado al suministrador correspondiente, el responsable documental no ha devuelto el documento que recogía todos los comentarios, y este error surge de la carencia de disponer de una plataforma que haya avisado de que el documento que un técnico ha abierto para comentar, estaba justamente siendo editado al mismo tiempo por otra persona, lo que da lugar a generar dos archivos que tienen el mismo nombre, pero diferente información. Esta responsabilidad recae sobre la figura del “document controller” la cual se analizará en detalle en el siguiente apartado.

En base a esta y a otras “malas experiencias” vividas en cuanto a la gestión de la documentación, la solución pasa por la implantación de un gestor documental para este tipo de proyectos. Como ya se ha comentado anteriormente el Cliente sí dispone de este sistema de gestión documental (concretamente el software llamado Documentum); tras el desarrollo de este proyecto, Ingeniería, como una de sus lecciones aprendidas de cara a futuros proyectos de envergadura similar a este, ha decidido que implantará un software de estas características.

En este apartado se abordarán algunos de los principales aspectos relacionados con la gestión documental aplicada a proyectos del entorno industrial, como viene siendo el de ampliación de Refinería sobre el que se apoya este trabajo final de máster.

Esos aspectos que aborda este apartado son:

- ✚ Normativa aplicable a la implantación y gestión de sistemas de gestión documental (SGD).
- ✚ Análisis de las necesidades de una gestión documental en el ámbito industrial.
- ✚ Matriz de distribución de documentos y de seguridad de la información.
- ✚ Libro Final.
- ✚ La figura del “Document Controller”.

### 5.2.1. Normativa aplicable

Para gestionar una organización así como sus procesos de trabajo existen diferentes estándares y normativas que se utilizan habitualmente, cabe destacar la ISO 9001, entre otras ya comentadas anteriormente.

Aplicadas a la gestión documental hay normas más concretas que sirven como guía a la hora de analizar y diseñar un sistema de gestión documental en un entorno industrial como el que recoge este proyecto, y dada la cantidad de documentación que se ha generado y manejado en todo su ciclo de vida, este apartado pretende hacer hincapié en la norma:

- ✚ ISO 15489: Gestión de documentos.

5.2.1.1. Norma ISO 15489

Esta es la primera norma internacional que se publica en el ámbito de la gestión de documentos. Su objetivo es definir una correcta gestión de los documentos en una organización, de forma que quede garantizada su creación, utilización y conservación de manera estandarizada.

Dentro de esta norma se distinguen dos partes:

- ISO 15489-1:2001. Guía sobre cómo gestionar los documentos.
- ISO 15489-2:2001. Metodología para implantar el sistema de gestión documental.

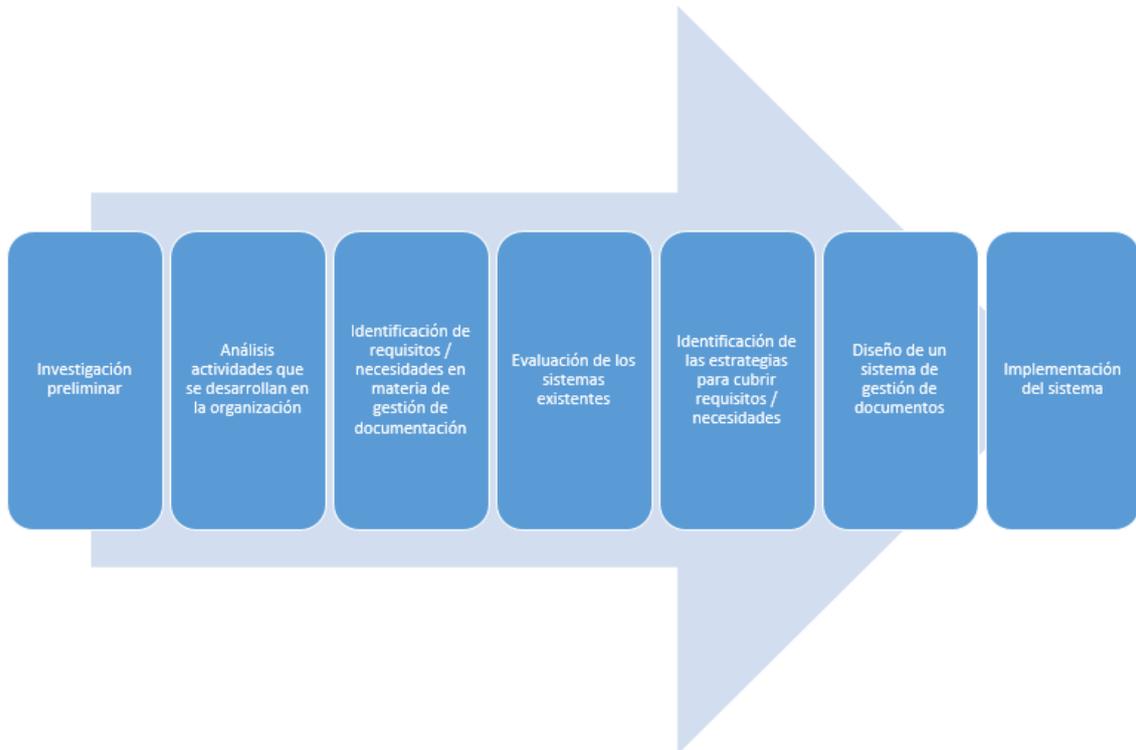


Figura 40. Esquema implantación ISO 15489. Fuente: Elaborado por el autor.

5.2.2. Necesidades del sistema de gestión documental en el ámbito industrial.

Las principales necesidades que se han identificado que debe tener un sistema de gestión documental aplicado a un proyecto de planta industrial, son las que recoge el siguiente esquema.

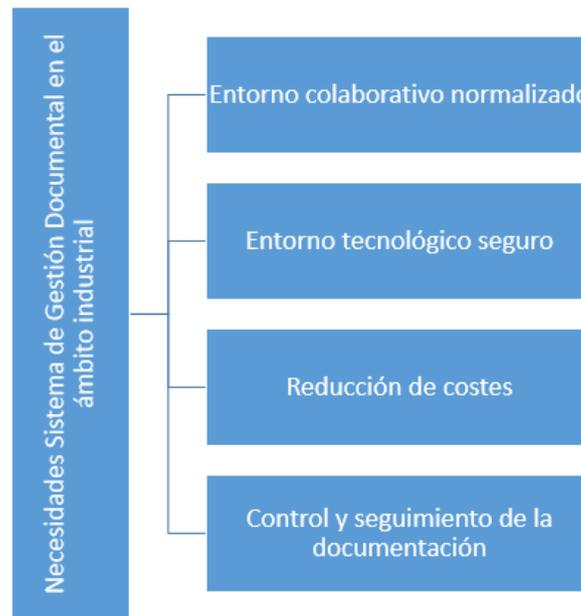


Figura 41. Necesidades del sistema de gestión documental. Fuente: Elaborado por el autor.

#### 5.2.2.1. Entorno colaborativo normalizado.

Cabe destacar que en un proyecto de estas características hay diferentes equipos de trabajo cuya ubicación es diferente. Esa deslocalización, así como el hecho de que en su conjunto los equipos de trabajo superen, en este caso, el centenar de personas, genera la necesidad de crear un “sitio” donde, siguiendo unas normas y procedimientos, que apliquen a todos los interesados, se pueda almacenar, compartir y gestionar quién puede acceder a la documentación y qué puede hacerse sobre esta (editar, consultar, descargar, etc.).

#### 5.2.2.2 Entorno tecnológico seguro

Resulta primordial disponer de un espacio de almacenamiento y consulta de toda la documentación del proyecto para todos los interesados de este. Dicho espacio debe estar protegido con una política de seguridad determinada que permite regular quién accede a la información y qué derechos tiene sobre esta (lectura, edición, borrado, etc.).

Además, el hecho de que los diferentes agentes que participan en el proyecto no compartan un mismo emplazamiento, obliga a poner una gran atención en cuanto a la seguridad informática de este espacio se refiere. Esta política implementa una autenticación que permite registrar todos los movimientos que hacen los interesados del proyecto en este espacio (plataforma de gestión documental) en cuanto a la información que consultan, descargan, etc.

Se ha trabajado con dos plataformas diferentes, una con la documentación compartida entre suministradores e Ingeniería (documentación que estos estaban generando acorde a sus pedidos) y otra con la que se compartía entre Ingeniería y Cliente (con la documentación que Ingeniería realizaba objeto de la Ingeniería de Detalle). En ambas el Cliente ha tenido total control y seguimiento de la misma, dichas plataformas se comentan en mayor detalle en el siguiente apartado quinto de este trabajo.

#### 5.2.2.3. Reducción de costes

En este tipo de proyectos la planificación es determinante, sobre cada trabajo queda reflejado un coste y un plazo y a su vez estos aspectos están ligados a unos hitos de cumplimiento de pago.

Es necesario por tanto un control de la documentación que se está emitiendo, quién tiene que revisarla y qué plazos dispone para ello. Uno de los principales documentos para regular esto es la lista de documentos; dicha lista refleja las fechas establecidas de entrega de documentación por parte de los suministradores. El no cumplimiento de esas fechas implicará penalizaciones económicas para el suministrador.

En este punto aparece la figura del controlador de documentación del proyecto (document controller), quien se encarga de llevar a cabo un exhaustivo seguimiento de esas fechas y de emitir periódicamente informes que indiquen a los interesados que aplique, en qué situación y estado se encuentra la documentación pertinente.

El formato en que se emite esta documentación está regulado, así como la frecuencia en que deben emitirse (semanal, mensual, etc.) y el medio que se empleará para dicha emisión (correo electrónico, plataforma de gestión documental, etc.).

#### 5.2.2.4. Control y seguimiento de la documentación.

Es necesario controlar cada documento desde que se crea en la fase de diseño de ingeniería hasta que finalmente es entregado al proyecto para ejecutarlo según corresponda. Toda esta documentación va sufriendo cambios, llamados revisiones, por lo que el control debe hacerse a lo largo de todo su ciclo de vida. Aquí entra nuevamente en juego el papel del controlador de la documentación.

El objetivo: tener una trazabilidad de la documentación; puesto que, en el peor de los casos, serán estas revisiones las que permitan aclarar cualquier error que haya podido acometerse en el proyecto.

El controlador de la documentación se apoya en un software de control documental (o en ocasiones simplemente una hoja Excel) para llevar el seguimiento del estado de cada documento.

#### 5.2.3. Matriz de distribución de documentos.

Se trata de identificar cómo y a quién se va a distribuir la documentación del proyecto, tanto la que genera Ingeniería como la que es generada por los suministradores. Esta matriz la elabora el equipo de gestión documental y lo hace al principio del proyecto teniendo en cuenta la tipología de documentos (administrativos, de calidad, técnicos, etc.), los destinatarios y el formato de entrega.

Dicha matriz debe ser validada por el equipo director de proyecto puesto que repercute en la seguridad que tendrá la información que se va a compartir. Cabe destacar que esta matriz se va revisando a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto.

La función de este documento es disponer de un registro donde quede plasmado qué documento debe tener disponible cada agente del proyecto como receptor.

Los campos que no deben faltar en esta matriz de documentos son:

-  Tipo de documentación a distribuir (de ingeniería, de suministradores, etc.)
-  Departamento o agente que lo recibe.
-  Formato: electrónico (E), papel (P).

En este proyecto se ha utilizado una hoja Excel para recoger esta matriz, generando la tabla que se muestra a continuación.

Tabla 2. Matriz distribución de documentos. Fuente: Elaborado por el autor.

Proyecto de aumento de capacidad de almacenamiento y carga de LPG en refinería	Áreas Equipo de Proyecto							Compras	Calidad	Site	Cliente	Libro final del proyecto
	Dirección de Proyecto	Instrumentación	Procesos	Tuberías	Civil	Electricidad	Mecánica					
Matriz General de Distribución de Documentos												
General	E									E	E	
Plan de Calidad y Procedimientos	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	P	E
Planificación del proyecto	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	P	
Plan de Seguridad, Salud y Medioambiente	E								E	E	P	
Especificaciones del cliente y documentos técnicos	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Informes de progreso	E											
Lista de documentos a emitir	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	P	E
Hojas de datos de Procesos	E	E		E		E				E	E	E
Lista de equipos	E	E		E		E				E	E	E
Lista de líneas	E	E		E		E				E	E	E
Diagramas de flujo de procesos	E	E		E		E				E	E	E
Diagramas de tuberías e instrumentación	E	E		E		E				E	E	E
Manuales de Operación	E									E	E	E
Planos Civil y Estructura	E				E					E	E	E
Requisiciones de materiales	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Documentos a emitir por suministradores	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Diseño Tuberías	E			E	E							
Planos Isométricas	E	E		E		E	E					

#### 5.1.4. Libro final

Los libros finales son extensos documentos que se elaboran al cierre del proyecto y una vez finalizada la obra. Estos documentos recopilan tanto documentación técnica como documentación de calidad referente al proyecto en su versión final y que se ha ido elaborando y entregando a lo largo del mismo.

Los libros finales deben contener la siguiente documentación:

- ✚ Documentación de ingeniería en su revisión última (planos, esquemas, hojas de datos, cálculos, etc.).
- ✚ Documentación de calidad generada para el proyecto (planes de calidad, programas de puntos de inspección, etc.).
- ✚ Documentación de la fase de montaje de la obra.
- ✚ Documentación de puesta en marcha y pruebas de funcionamiento.

El objetivo de estos libros es tener recopilada la documentación final (no la documentación preliminar o versiones intermedias que se han ido trabajando a lo largo de la vida del proyecto) para que perdure como memoria del proyecto y así poder justificar la construcción de la planta y disponer de la documentación cuando se opere. Este libro final del proyecto se ha de entregar al cliente al finalizar la planta.

#### 5.1.5. La figura del “Document Controller”.

El “Document Controller” es la persona designada a un proyecto industrial con el fin de aplicar las políticas, normativas y procedimientos relativos a la gestión documental que se hayan establecido, así como realizar el seguimiento del ciclo de vida de la documentación y velar por el correcto archivo de la misma. Será el responsable, también, del cierre del proyecto a nivel documental.

Una de sus tareas principales será la de controlar la lista de documentos del proyecto y su distribución, conocimiento, uso y archivo de la misma de forma oportuna, precisa y eficiente. Debe tener una capacidad de organización excepcional y un buen perfil de comunicador ya que interactúa con todos los agentes que conforman el proyecto.

Esta posición requiere del conocimiento de idiomas, muy necesarios en el ámbito internacional al que generalmente alcanzan este tipo de proyectos. Se hace imprescindible a su vez, estar familiarizado con el ámbito de las tecnologías de la información, puesto que son clave en el desarrollo de políticas de seguridad en cuanto al acceso a la documentación así como conocer herramientas de soporte tales como lo son los software de gestión documental comentados anteriormente.

Es una figura constante desde la década de los 90 del siglo pasado en el ámbito de las plantas industriales, concretamente en el entorno de las plantas de “Gas & Oil”. En España, también es conocido dentro de las empresas de ingeniería, aunque no siempre ha estado ocupado por personal experto en documentación, sino más bien por perfiles técnicos y /o administrativos.

El hecho de que no hubiese un responsable como tal de la documentación del proyecto cuando se construyó en la década de los 50 la Refinería objeto de este proyecto, ha generado y/o condicionado en cierta medida el proyecto de ampliación, como bien se ha comentado anteriormente.

La figura del “Document Controller” es una figura clave en el proyecto, lidia con los equipos técnicos y cada uno de los departamentos y demás agentes que participan en este. Se genera una ingente cantidad de documentación que debe gestionarse según los plazos marcados por la propia planificación del proyecto, y debe considerar en todo momento la posición geográfica de cada agente sin dejar de lado la supervisión de la seguridad en cuanto a la consulta o edición de cualquier documento que pueda hacer cualquiera de estos agentes.

#### 5.1.5.1. Funciones

Es importante tener definido el alcance de cada persona participante en el proyecto y dejar patente las funciones y responsabilidades de cada puesto en un documento de coordinación de proyecto que se elabora por el equipo de dirección.

En lo que respecta a la figura del “Document Controller” en un proyecto industrial, las funciones básicas que desempeña:

- ✚ Analizar los requerimientos del Cliente, UTE o Consorcio durante la fase de oferta (fase en la que participan las empresas a modo de concurso para tratar de conseguir un proyecto) con la finalidad de conocer el alcance del proyecto incluso antes del inicio del mismo.
- ✚ Analizar los requerimientos del contrato del proyecto una vez adjudicado éste, para ser aplicados en el Sistema de Gestión Documental (SGD) a manejar en el proyecto.
- ✚ Elaborar matrices de distribución de documentos internas y externas basadas en organigrama y las políticas de dirección del proyecto.
- ✚ Carga en el software de gestión documental toda la documentación de referencia previa al proyecto (documentación de licitación, estándares, normativas, etc).
- ✚ Generar los procedimientos, manuales y guías del SGD, del software de apoyo al SGD y actualizarlos periódicamente si fuese necesario.
- ✚ Difundir dichos procedimientos, manuales y guías a todos los agentes participantes en el proyecto.
- ✚ Impartir formación entre los agentes integrantes del proyecto, de forma que se conozca la forma de codificar los documentos, el uso del software, los ciclos de aprobación de documentos que se van a establecer y toda la normativa del Sistema de Gestión Documental aprobado para el desarrollo del proyecto.
- ✚ Dar soporte si hubiera dudas o incidencias en lo que respecta a la aplicación del SGD y su software de apoyo.
- ✚ Verificar la correcta carga de información de acuerdo a los requisitos preestablecidos (formatos de los documentos, codificaciones, revisiones, metadatos del sistema, etc.).
- ✚ Realizar la distribución de la documentación mediante la emisión de transmittals o bien marcando las distribuciones automáticas si el software de Gestión Documental lo permite.
- ✚ Realizar informes periódicos indicando el estado de la documentación.
- ✚ Preparar la entrega final de la documentación a los distintos agentes según requisitos del proyecto.



Figura 42. Principales funciones del “Document Controller”. Fuente: Vanesa Verdugo Sanz.

En lo que respecta a la participación en la elaboración de documentación por parte del “Document Controller”, los documentos básicos aplicados al SGD serían:

- ✚ Revisar plantillas y formatos documentos (aunque en este proyecto estos venían impuestos por el cliente).
- ✚ Revisar los cajetines de planos, para cerciorarse de que el objeto con el que se emite la documentación en la nota de transmisión efectivamente coincide.
- ✚ Revisar los sellos de revisión de documentación, supervisar quién ha editado y aprobado la edición de este documento.

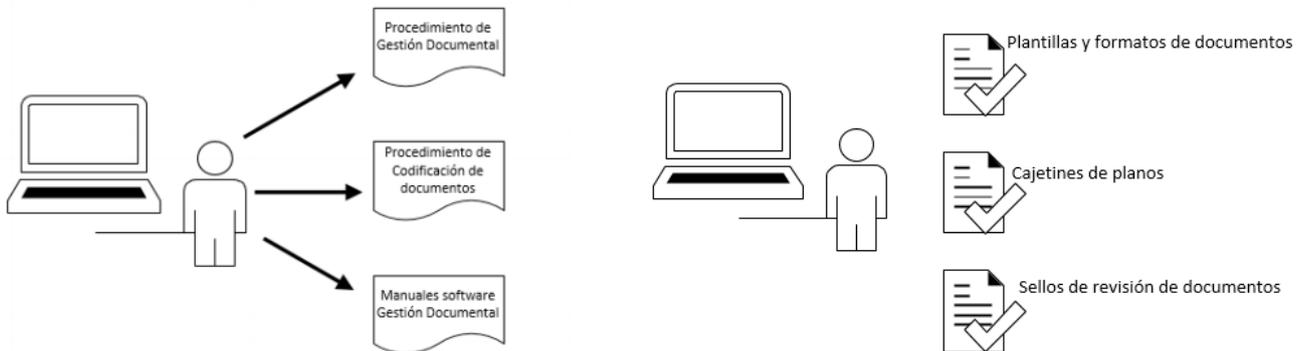


Figura 43. Documentos que elabora vs revisa el “Document Controller” en un proyecto. Fuente: Vanesa Verdugo Sanz.

### 5.1.5.2. Responsabilidades.

Una vez definidas las funciones principales que el “Document Controller” debe acometer en un proyecto industrial, se deben definir también sus responsabilidades, muy ligadas a sus funciones.

Las principales responsabilidades que en este proyecto ha tenido el “Document Controller” han sido:

- ✚ Velar por la correcta aplicación del SGD en el proyecto.
- ✚ Realizar la apertura del proyecto en el SGD establecido en la empresa y el determinado por la política que impone el cliente (Documentum - software de gestión documental).
- ✚ Adaptar el SGD al proyecto junto con el Director de Proyecto.
- ✚ Asignar claves de usuario y administrar permisos de acceso y consulta, teniendo en cuenta que es el máximo responsable de la seguridad de la documentación del proyecto en dependencia del Director de Proyecto.
- ✚ Auditar mediante informes el avance del estado de la documentación del proyecto, teniendo en cuanto a todos los agentes de este, informando continuamente del estado de los documentos y su ciclo de vida.
- ✚ Asegurar un control de las comunicaciones en el curso del proyecto.
- ✚ Garantizar el control de la lista de documentos del proyecto para que no existan documentos duplicados.
- ✚ Asegurarse de la distribución de la documentación al cliente y a los agentes participantes en el proyecto.
- ✚ Asegurar de que se dispone de un espacio adecuado y específico para el almacenamiento, conservación, acceso, control y distribución de documentos ya sea este un espacio físico o electrónico (software de gestión documental).
- ✚ Asegurarse de que existen copias de seguridad de la documentación del proyecto.
- ✚ Vigilar que el archivo está actualizado y se accede a las últimas versiones de los documentos.
- ✚ Verificar que los documentos siguen su ciclo de vida y son revisados y aprobados en el periodo establecido.
- ✚ Coordinar con las demás áreas la entrega al cliente de la documentación establecida contractualmente al término del proyecto.

### 5.2. Asistencia técnica en la fase de construcción.

Otro aspecto fundamental a la hora de realizar la dirección de un proyecto de estas características, es contemplar asistencias técnicas en la fase de ejecución. Es indispensable en esta fase disponer de personal técnico y profesional que esté a pie de obra durante la ejecución de los trabajos, y no solo en la propia ubicación del proyecto, sino también en las instalaciones de los suministradores y subcontratistas que fabrican subconjuntos o equipos que posteriormente se implementarán al proyecto.

Aunque como ya se ha comentado anteriormente no ha sido Ingeniería quien ha coordinado los trabajos de ejecución en obra, es decir, no ha trabajado directamente con los subcontratistas, sí es necesaria la presencia de personal técnico para ir proporcionando un reporte de cómo se están desarrollando todos los trabajos, puesto que la correcta ejecución de estos condiciona las siguientes fases del proyecto en ocasiones todavía por definir.

En cuanto a los suministradores aplica, Ingeniería ha tratado de llevar a cabo la mayor parte de esos trabajos de supervisión en fábrica, también recurriendo a terceros para realizar inspecciones de material o supervisiones de pruebas específicas a los equipos que se ha decidido realice una empresa con experiencia en ese sector.

En este tipo de proyectos lo ideal es separar la asistencia técnica del control de calidad, de este modo Ingeniería no asume riesgos en caso de que los dictámenes de calidad no se hayan hecho correctamente; no da buena imagen que Ingeniería sea la que tenga que coordinar y activar el plan de ejecución y al mismo tiempo controlar la calidad.

En este proyecto ha sido el Cliente quien ha coordinado y activado el plan de ejecución, bien es cierto que Ingeniería ha podido participar en este pero no siendo responsable del mismo, por lo que esa separación entre asistencia técnica y control de calidad que se ha comentado sí se ha producido.

### 5.3. El equipo de activación del proyecto.

La activación, en un proyecto industrial, consiste en llevar a cabo una serie de acciones para tratar de que se cumplan los tiempos y condiciones contractuales que se han firmado con los suministradores y subcontratistas implicados en el proyecto. Los responsables de activación serán los encargados de promover e impulsar el cumplimiento de los requisitos contractuales especificados, y determinarán el impacto que cada suministro o subcontratista pudiera tener sobre el proyecto en función de lo crítico que sea este, los plazos marcados para la entrega, la complejidad y el lugar de fabricación.

Esta posición está muy ligada al departamento de compras, que le entregará un plan de compras del proyecto (compuesto por los pedidos cursados para el mismo) y que junto con la planificación establecerá un plan de acción para inspeccionar y hacer seguimiento a los suministradores y subcontratistas.

Algunos de los documentos que el responsable de activación solicitará a los subcontratistas o suministradores serán:

-  **Informe mensual de progreso.** Documento en el que se indicarán los avances de las actividades de fabricación y / o entrega del pedido. Como ya se ha comentado anteriormente es un documento que se solicita el día 15 de cada mes.
-  **Plan de acción.** Documento que se le solicita al suministrador si se detecta algún retraso y en el que se deben indicar las medidas correctoras. Generalmente esta consulta se hace por mail y no se suele requerir un documento de plan de acción como tal o no ser que el equipo de activación observe serios aspectos que le obliguen a solicitarlo y a tratar con el cliente y el resto de agentes que pudiesen estar implicados cómo abordar estos retrasos sobre el pedido encargado al suministrador.
-  **Autorización de envío.** En este caso esta autorización corresponde a una solicitud por parte del suministrador para enviar material a planta; la autorización de envío la genera Ingeniería (concretamente el equipo de activación) y la devuelve firmada al suministrador con lo que queda autorizado dicho envío.

El principal objetivo de esta área consiste en tener siempre una información reciente de cómo se está desarrollando el pedido, y para ello el papel del activador es preguntar u obtener confirmaciones de que el pedido se está desarrollando según lo establecido.



Un sistema de tuberías (conjunto de isométricas) es el medio de transporte de fluidos más efectivo y comúnmente utilizado en complejos industriales a nivel mundial y representa el principal sistema dentro de una Refinería. Esto se debe al impacto económico que representa este sistema sobre el proyecto, las horas de ingeniería que requiere para ser diseñado, y por ser el medio integrador entre el resto de elementos de planta.

Los recursos que en un complejo petroquímico recaen sobre el sistema de tuberías:

- ✚ Representa entre un 25-35% de todo el material de la Refinería.
- ✚ Requiere entre el 30% y 40% de las horas de construcción y montaje.
- ✚ Puede consumir hasta el 50% en horas de ingeniería.

Estos datos son una estimación del impacto económico y de horas de trabajo que puede llegar a consumir el sistema de tuberías de la Refinería, pero realmente su importancia en el proyecto es mucho mayor. Los sistemas de tuberías son los principales responsables del funcionamiento de la Refinería, y cualquier fallo en uno de sus componentes puede provocar:

- ✚ Parada completa del complejo industrial
- ✚ Daños en el propio sistema de tuberías
- ✚ Daños en los equipos de conexión
- ✚ Pérdidas humanas:

En el diseño de un sistema de tuberías intervienen diferentes disciplinas y un gran número de ingenieros, involucrando prácticamente a todos los departamentos que comportan el equipo de trabajo de un proyecto de ingeniería. En sí, el departamento de tuberías está dividido en tres áreas:

- ✚ Diseño: Encargados de la realización de los “plot plans” (planos de planta donde se indican la localización de todos los equipos así como la división de áreas de proceso). Realizan los planos isométricos del recorrido de los sistemas de tuberías y modelan los equipos según las hojas de datos proporcionadas por los departamentos de instrumentación y mecánica. También realizan el modelado de las estructuras preliminares que luego pasarán al departamento de civil para su diseño definitivo.
- ✚ Stress y soportes: Llevan a cabo las especificaciones correspondientes a stress y soportes. Realizan el análisis de flexibilidad a las líneas en función de su clasificación de criticidad. Realizan el soportado de las tuberías según los estándares permitidos.
- ✚ Materiales: Realizan las especificaciones de materiales en función del tipo de fluido a transportar, su estado, presión, temperatura... Son los encargados de realizar el “recuento de materiales” (Material take off - MTO), así como las compras de material.

La distribución de personal en las tres áreas anteriores puede variar en función de las necesidades específicas de cada proyecto, así como de la fase del proyecto en la que este se encuentre. Una distribución acertada, podría representarse de la siguiente forma:

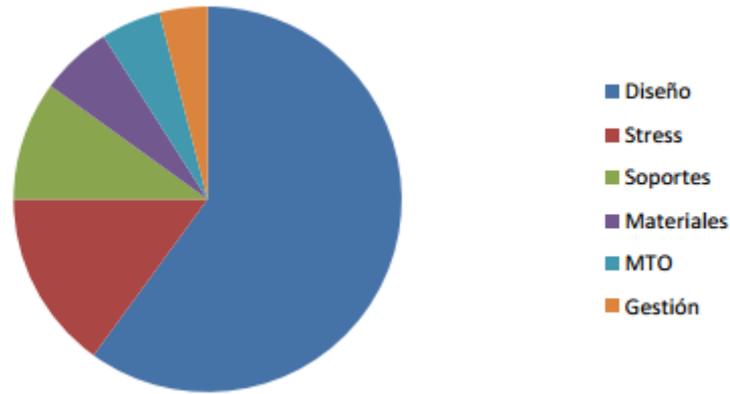


Figura 45. Distribución de personal en el departamento de tuberías. Fuente: Elaborado por el autor.

Las tres áreas pertenecientes a tuberías trabajan en paralelo y dependen del avance de las demás áreas para poder desempeñar sus funciones, por lo que cualquier problema en alguna de las áreas afecta directamente a las demás, haciéndose necesario un alto grado de comunicación y trabajo en equipo entre ellas.

Tras comentar el proceso de trabajo dentro del departamento de tuberías, la siguiente figura representa con qué departamentos interactúan las tres áreas descritas anteriormente:



Figura 46. Comunicación en el departamento de tuberías. Fuente: Elaborado por el autor.

En este esquema es fácilmente apreciable la importancia de este departamento de tuberías, interactúa directamente con todos los departamentos y su trabajo condiciona totalmente el desarrollo del proyecto.

El hecho de que estas áreas que conforman el departamento de tuberías estén bien coordinadas repercute en que pueda realizarse un control más certero por parte del equipo director sobre el avance del proyecto. En ocasiones, el área de diseño aprueba una línea que posteriormente no se implementa a este por algún motivo que afecta a las otras dos áreas y se da el avance correspondiente a dicha línea, aunque finalmente no acabe formando parte del proyecto. Se está incurriendo así en un error de control del proyecto.

Al poder detectar en una fase temprana este tipo de errores, se puede evitar la compra de material que no se corresponde con el necesario. Periódicamente se realizan comprobaciones del estado del proyecto y se hacen compras de lo que está modelado en la maqueta, sin saber que un porcentaje de los diseños aprobados son erróneos. Por tanto, se estaría comprando el material inadecuado; a mayor comunicación y coordinación entre estas tres áreas, así como con el resto de departamentos según recoge la figura anterior, este tipo de errores se reducen. Se optimizan por tanto tiempos y costes.

Pero para poder llevar a cabo este tipo de análisis es necesario disponer de una herramienta informática (software) como la que se comenta en el siguiente apartado.

#### 5.4.1. Software de construcción SmartPlant P&ID.

Las principales etapas para llevar a cabo un proyecto de estas características son: visualización, conceptualización, definición e implantación. Durante estas dos últimas se emiten los documentos finales que se utilizarán posteriormente para la completa construcción y desarrollo del mismo. Uno de los documentos más importantes generados son los Diagramas de Tuberías e Instrumentación (DTI).

Los DTI son diagramas que representan el proceso principal con todos sus detalles mecánicos, de instrumentación y de control, son muy elaborados debido a la gran cantidad de “detalles” indicados en los mismos. Estos documentos son realizados y revisados por las diversas disciplinas que trabajan en el proyecto para finalmente ser entregados al proyectista de tuberías (área de diseño), quien es el encargado de la elaboración gráfica final del mismo.

Un proyecto conlleva la elaboración de múltiples DTI que deben ser emitidos, revisados y entregados al cliente de forma eficaz y rápida; por tanto la elaboración de estos documentos ha representado un factor fundamental con respecto a horas de trabajo refiere. Desde hace décadas se han utilizado diversos programas gráficos para dibujar estos diagramas, sin embargo siempre ha representado un trabajo extenso la emisión de listas de: líneas, equipos, válvulas, etc. puesto que era necesario realizar un conteo manual de cada uno de estos ítems.

Por otra parte, debido a que los programas que se utilizaban eran únicamente de tipo gráfico, se presentaban inconsistencias en los dibujos por problemas de simbología y de propiedades que no concordaban con el proceso industrial realizado.

Por estos motivos, en estos últimos años han surgido diversos programas para la elaboración de DTI “inteligentes”, es decir para realizar DTI de forma computarizada, donde se disponga de una base de datos en la que se almacenen todas las propiedades de los equipos, líneas, instrumentos y accesorios, así como también sea posible la generación de reportes automáticos de los mismos.

En este proyecto, se ha trabajado utilizando una herramienta informática de estas características que ha permitido mejorar la calidad y confiabilidad de los entregables.

Se trata de un software llamado SmartPlant P&ID, el cual permite desarrollar estos Diagramas de Tubería e Instrumentación y almacenar los principales datos del proceso en una base de datos centralizada. La información almacenada se ha utilizado para generar, de forma rápida y sencilla, productos de ingeniería tales como la lista de líneas, la lista de equipos y cualquier otro reporte de los elementos contenidos en los diagramas.

Adicionalmente, el programa dispone de reglas que condicionan las relaciones entre los objetos, lo que permite propagar información entre ellos y mantener la consistencia en el diseño.

Este software es, a día de hoy, imprescindible para poder llevar a cabo un proyecto de instalaciones industriales en Refinería. Ya se ha comentado anteriormente la peculiaridad del proyecto en cuanto a lidiar con documentación existente se refiere; también la construcción de la ampliación depende de la ubicación de lo ya construido y gracias a este software se ha podido recrear, empleando una nube de puntos, el volumen que ocupaban las instalaciones existentes así como las dimensiones disponibles para diseñar el nuevo proyecto de ampliación.

Surgen problemas de todo tipo, y esta herramienta permite obtener una visión en 3 dimensiones de la planta y de lo proyectado, y por tanto permite que el consenso para alcanzar solución a este tipo de problemas, donde interactúan varios de los agentes interesados, se haga en base a una vista “real” y no menos importante, permite que este análisis pueda hacerse desde la deslocalización de cada parte interesada.

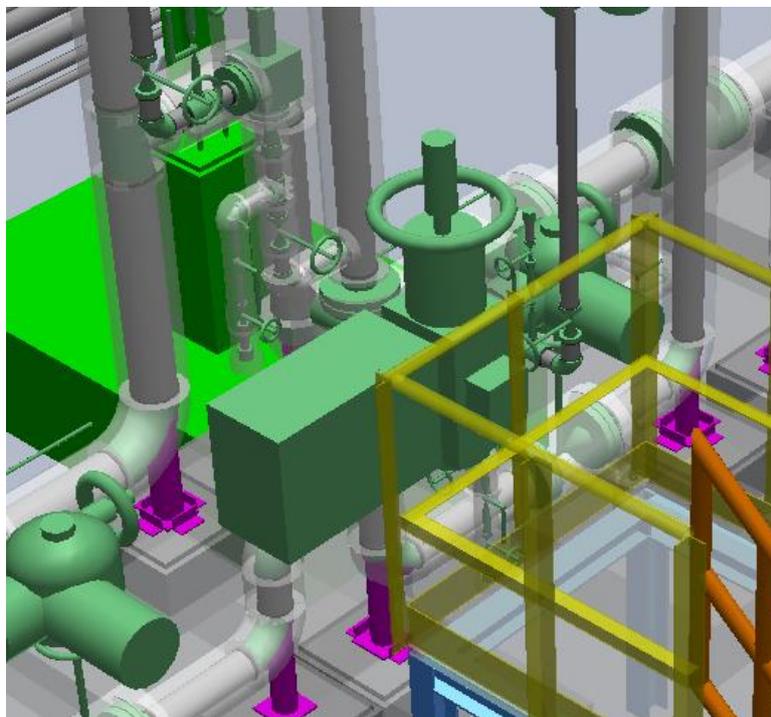


Figura 47. Ejemplo de un problema real que presentaba la orientación de una válvula. Fuente: Ingeniería.

La imagen anterior es un ejemplo de un problema que presentó la orientación de una de las nuevas válvulas que iban a instalarse en la Refinería. El suministrador solicitaba un cambio de orientación en el volante de la misma. Tras revisar todos los agentes involucrados la imagen anterior, se observó que este cambio de orientación no era posible y que debían modificar la conexión neumática del actuador de manera que pudiese montarse el volante en esa posición; dado que de otra forma no sería accesible para el operario a través de la plataforma que puede observarse en color amarillo.

En resumen, un software que permite plantear las ventajas e inconvenientes que presenta el diseño del proyecto de ampliación sobre lo existente de manera visual y sin necesidad de que todos los agentes involucrados, deban reunirse en un mismo espacio físico.

Pero es importante mantener un sentido adecuado con respecto a la tecnología. La meta es mejorar la productividad y la eficiencia de la Refinería, no el desarrollo tecnológico. De nada sirve aplicar un alto grado de tecnología a la Refinería (en cualquier sentido) si los agentes encargados de sacarle partido a esta, no están al nivel de operar eficientemente con dicha tecnología.

#### 5.5. Necesidad de gestión del conocimiento: reutilización de la información.

La gestión del conocimiento es primordial actualmente en cualquier organización para la toma de decisiones. En el caso del conocimiento generado en los proyectos industriales de este tipo es imprescindible la conservación de la memoria del proyecto en la organización, puesto que puede ser reutilizada constantemente para otras plantas industriales como referencia y también en las licitaciones en las que participe la empresa para conseguir nuevos contratos.

Disponer de la documentación de un proyecto en condiciones óptimas de reutilización aporta un valor añadido a la hora de establecer unas lecciones aprendidas que hagan que en las siguientes obras de optimicen costes, planificación, mejoras tecnológicas, etc.



## 6. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES.

### 6.1 Cómo se beneficia la operatividad de la refinería tras la implantación de este proyecto.

El proyecto sobre el que se apoya este trabajo final de máster pese a ser de ampliación, también puede estudiarse como un proyecto de implantación. Implantación de nuevas tecnologías para recopilar y analizar nuevos datos, sustitución de instrumentos existentes (como por ejemplo válvulas) de operatividad manual por sus homólogas automatizadas, instalación de transmisores y detectores en todas las líneas de la planta, etc.

Y todo esto tiene una ventaja fundamental sobre la operatividad que va a tener la planta una vez se ejecute este proyecto de ampliación: predecir.

El concepto se puede entender mejor en el contexto del proceso normal de decisión en una Refinería que se muestra en la siguiente figura. Tradicionalmente se mide una condición en la Refinería o se detecta un cambio de estado; se analizan los datos para determinar una anomalía; se predice el efecto de escenarios de acción alternativos; se decide qué escenario implementar y, luego se implementa dicho escenario. Después de esto, el ciclo se repite.

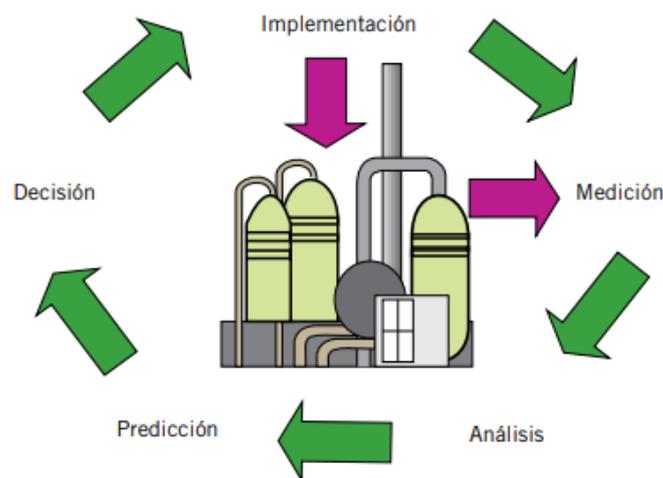


Figura 48. Ciclo de decisión en una Refinería. Fuente: Revista Petrotecnia.

Un ejemplo de decisión tomada siguiendo esta metodología sería qué productos producir y cuándo; decisiones acerca de los recursos que son necesarios para la producción (incluyendo materia prima y mano de obra); y decisiones acerca de cuándo realizar el mantenimiento de un elemento, en particular de los equipos. Y es este último aspecto, el del mantenimiento predictivo, el que en mayor grado condicionará la correcta operatividad de la Refinería.

Hay varias metodologías para el mantenimiento de una planta. Una es esperar hasta que los equipos se rompan y luego reaccionar para repararlos si son realmente importantes. Muchas plantas operan todavía de este modo. La segunda metodología, conocida como mantenimiento preventivo, utiliza tiempos promedios de fallas para los equipos y programa el mantenimiento antes del tiempo de falla esperado.

El mantenimiento predictivo busca encontrar técnicas para determinar de manera más precisa si los equipos tienen un rendimiento inferior o están por fallar. Gracias a las continuas mejoras en las capacidades de computación y comunicación, el mantenimiento predictivo se puede basar en los datos reales de rendimiento de los dispositivos, obtenidos y analizados en tiempo casi real. El objetivo es conocer tempranamente problemas potenciales en los equipos, lo que permite reparaciones menos costosas y menor número de paradas.

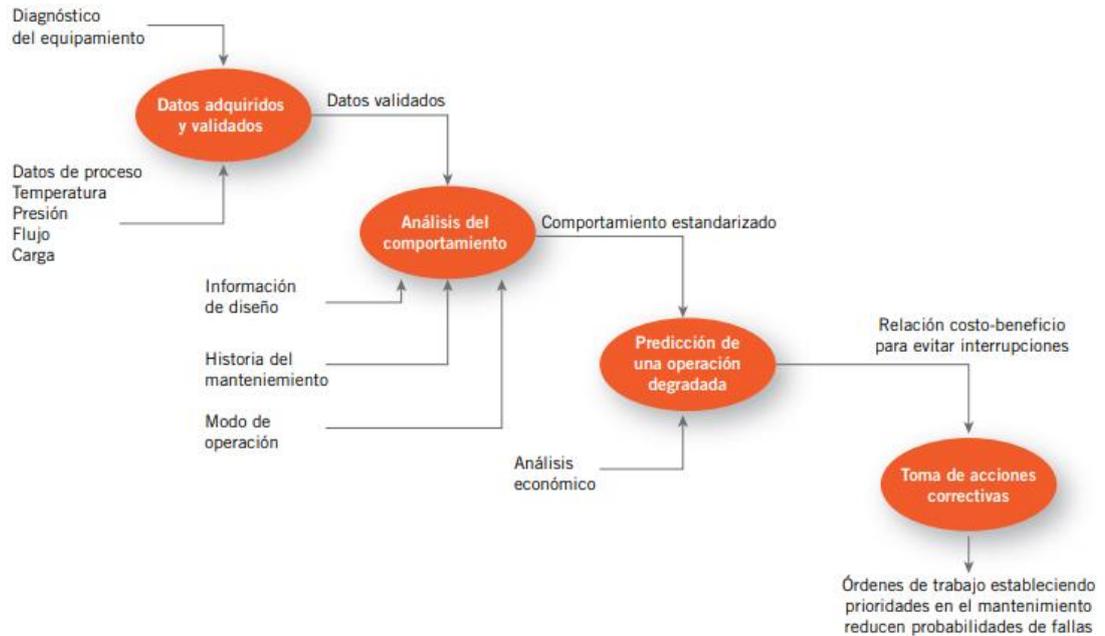


Figura 49. Decisiones de mantenimiento basadas en predicciones de comportamiento futuro. Fuente: Revista Petrotecnia.

El objetivo es evitar la parada innecesaria de equipos costosos. En la figura anterior se muestra este concepto. La meta está en detectar anomalías de forma temprana y determinar cómo afectan a los equipos. Por ejemplo, los patrones de vibración de equipos rotativos varían con el deterioro de los equipos y pueden ser utilizados para predecir fallos. En operación, los datos provenientes del proceso y de los equipos son validados y llevados a modelos de rendimiento, que calculan este y lo corrigen a condiciones estándar.

Con información económica, también se calcula el coste que supone un bajo rendimiento. Esto puede ser utilizado para predecir cuándo habría que sustituir una o varias partes, si el servicio se viera interrumpido o si la capacidad de producción se viese afectada.

El mantenimiento basado en esta metodología ha demostrado que es posible reducir los costes de un mantenimiento no programado en hasta un 20 a 30%, mejorando simultáneamente la confiabilidad de los equipos.

Por estos motivos, para este proyecto el Cliente ha decidido que todos los elementos que se compran para las nuevas instalaciones o modificaciones de las existentes, deben ser inspeccionados por parte de Ingeniería.

Como ya se ha comentado es el departamento de calidad quien coordina este tipo de inspecciones y pruebas, recayendo mayor atención sobre equipos como válvulas, donde la inspección es minuciosa en cuanto a revisión de certificados y comprobación visual y dimensional de esta, así como pruebas presenciales de presión sobre la misma si esta la requiere; pero también las inspecciones recaen sobre la tornillería o el cableado eléctrico.



*Figura 50. Válvulas inspeccionadas en fábrica de un suministrador. Fuente: Autor*

Esta fase de inspección proporciona a la planta una mayor seguridad en cuanto a su operatividad refiere. Además, son muchos los nuevos sistemas de seguridad que están implementando las refinerías. Un ejemplo de este sistema, son los enclavamientos mecánicos que se instalan en válvulas para bloquear la posición de la misma, o para asegurar una secuencia lógica de operación entre varias válvulas, eliminando el posible error humano.

Estos enclavamientos se han proyectado para diferentes tipos de válvulas, nuevas o existentes en la Refinería, y están dotados de una llave para desbloquear dicho elemento si la secuencia lógica lo permite con lo que la Refinería obtendrá un grado de seguridad mucho mayor al actual tras la ejecución del proyecto.

Aunque se ha comentado en todo momento que se ha tratado de un proyecto de “ampliación” cabe destacar que todo el proceso de la Refinería ha sido revisado por parte de Ingeniería, pues el hecho de implementar nuevas líneas, condiciona nuevamente todo el sistema. Haber rediseñado el proceso ha implicado también la revisión de todo este, pudiendo haber resuelto carencias que tenía el Cliente u optimizando sistemas existentes, con lo que la operatividad no solo mejora por la ampliación de la Refinería, sino también por la revisión de todas las instalaciones en su conjunto.

## 6.2. Conclusiones.

El sector dedicado al diseño y desarrollo de plantas industriales está condicionado en todo momento por el “tiempo de ejecución y entrega” que el cliente demanda para el proyecto. Actualmente, para poder optar a conseguir proyectos internacionales, las empresas españolas deben ajustar los tiempos de entrega ya que nuestros competidores directos, empresas chinas y coreanas, se están ajustando mucho aunque en detrimento de la calidad.

En este trabajo final de máster se han analizado qué aspectos del desarrollo y diseño de un proyecto de estas características repercute directamente en una optimización de tiempos de trabajo, y cuáles son los principales procedimientos a tener en cuenta, como el que se ha comentado sobre la gestión de la documentación.

De cara a mis estudios en Dirección y Gestión de Proyectos, participar en un proyecto de estas características me ha permitido en primer lugar conocer cómo se trabaja en un proyecto en el que interceden muchos agentes diferentes, y sobre todo cómo trabajar según los requerimientos del cliente, en muchas ocasiones imprecisos y cambiantes, al menos en cuanto a documentación refiere; uno de los departamentos en los que más he trabajado.

Otra gran conclusión que puedo obtener recae sobre los procedimientos. Fundamental tener estos definidos al máximo detalle, y haber trabajado aplicando los proporcionados por el cliente, aunque en ocasiones inconcluyentes, permite obtener desde el primer momento una idea de hasta qué punto cabe definir todo. Al aplicarlos con suministradores o con los diferentes departamentos de la oficina técnica, como ha sido el caso, es cuando puede valorarse todo ese trabajo previo que se realiza en el arranque del proyecto y que lo acompaña hasta el final de su ciclo de vida.

Con respecto a la comunicación, he de destacar las reuniones de revisión del modelado en 3 dimensiones de la Refinería, las cuales se realizaron cuando el proyecto alcanzó un avance del 30, 60 y 90% respectivamente. Unas reuniones en las que participan los líderes de cada una de las disciplinas de Ingeniería, el equipo director del proyecto y el representante del cliente (equipo director de la Refinería) y que resultan realmente resolutivas. Poder desarrollar el proyecto con un software como el comentado, facilita la presentación de los problemas o inconvenientes que van surgiendo en el desarrollo del proyecto de una forma visual, y fácilmente comprensible por parte de todos los agentes interesados, lo cual permite alcanzar soluciones de una forma rápida y consensuada.

De la mano del resto de compañeros que conforman el equipo director del proyecto, he obtenido una visión clara de cómo las materias que impartí en el máster se aplican a la dirección de un proyecto real, donde cada integrante del equipo de dirección asume uno o varios roles en función de los objetivos globales que se pretenden alcanzar. He podido conocer en primera persona ese “tira y afloja” constante entre Cliente e Ingeniería y cómo lidiar entre satisfacer a este atendiendo sus necesidades y demandas, sin dejar a un lado la valoración continua del proyecto para no incurrir en pérdidas o asumir cierta carga de trabajo que no estuviese definida en el contrato.

Como valoración general de los conocimientos obtenidos en el máster he de decir que es muy certero con la realidad en dirección de proyectos, y que espero este trabajo haya mostrado mi aprendizaje en ambas áreas, académica y profesional.

## 7. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.

### 7.1. Bibliografía.

- ✓ Aenor (2006). UNE-ISO 15489. Información y documentación. Gestión de documentos.
- ✓ Banchs Rodríguez, R.E. (2007). Guía práctica para gerencia de proyectos mayores en la Industria Petroquímica XI Congreso Internacional de Ingeniería de proyectos Lugo. AEIPRO.
- ✓ Intergraph (Septiembre 2005). “SmartPlant P&ID Creating a P&ID Course Guide with Labs”.
- ✓ IPMA. (2009). NCB 3.1 Bases para la Competencia en Dirección de Proyectos.
- ✓ L. Saaty, T. (1980). The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. McGraw-Hill.
- ✓ Project Management Institute, Sexta edición. (2017). La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK) .
- ✓ Recursos en Project Management. (2018). Cómo crear un sistema de gestión de documentación. Disponible en:  
<https://www.recursoenprojectmanagement.com/gestion-de-documentacion/>
- ✓ Rosales Prieto, Víctor Francisco. (2015). Aportaciones metodológicas para la gestión y control de los procesos asociados al diseño y construcción de plantas industriales petroquímicas y de refino. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de UNED.
- ✓ Storch de Gracia, José María y Herrero Sánchez, Borja. 2018. Organización, gestión y ejecución de proyectos industriales. Ediciones Díaz de Santos.

### 7.2. Referencias.

- ✓ Agencia de Noticias de la República Islámica. (2019). Puesta en marcha de la tercera fase de la Refinería “Estrella del Golfo Pérsico”. Disponible en:  
<https://es.irna.ir/photo/3672508/Puesta-en-marcha-de-la-tercera-fase-de-la-Refiner%C3%ADa-Estrella>
- ✓ BOE núm. 75, de 27 de marzo de 2008, páginas 17640 a 17656 (17 págs.). Orden por la que se formula la declaración de impacto ambiental del proyecto C-10 ampliación de la refinería de Cartagena (Murcia). Disponible en:  
[https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2008-5705](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2008-5705)

- ✓ Bustamante Visbal, Juan. (2018). Gestión del riesgo en proyectos de ingeniería en plantas petroquímicas. Revista Researchgate. Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/334094018\\_La\\_Gestion\\_del\\_riesgo\\_en\\_proyectos\\_de\\_ingenieria\\_petroquimicos\\_en\\_Colombia](https://www.researchgate.net/publication/334094018_La_Gestion_del_riesgo_en_proyectos_de_ingenieria_petroquimicos_en_Colombia)
- ✓ Carugo, Marcelo. Junio 2013. Revista Petrotecnia. La refinería inteligente del futuro. Disponible en: <http://www.petrotecnia.com.ar/junio13/notas/Refineria.pdf>
- ✓ Club Español de la Energía. (2002). Capítulo 6: Refino y obtención de productos. Asociación Española de Operadores de Productos Petrolíferos. Disponible en:  
[https://www.enerclub.es/extfrontenerclub/img/File/nonIndexed/petroleo/secciones/pdf/caps\\_sueltos/CAPITULO%2006.pdf](https://www.enerclub.es/extfrontenerclub/img/File/nonIndexed/petroleo/secciones/pdf/caps_sueltos/CAPITULO%2006.pdf)
- ✓ Instituto Mexicano del Petróleo. (2018). Ingeniería y diseño iniciales (FEED). Disponible en: <https://www.gob.mx/imp/articulos/ingenieria-y-diseno-iniciales-feed>
- ✓ José A. Roca. Junio 2017. Las 10 mayores refinerías del mundo. El periódico de la energía. Disponible en:  
<https://elperiodicodelaenergia.com/las-10-mayores-refinerias-del-mundo/>
- ✓ Luis Del Río y Jose Pablo Rinkenbach. (2019). Refinerías: contexto y experiencias en reconfiguración y construcción. Revista Energía a Debate. Disponible en:  
<https://www.energiaadebate.com/downstream/refinerias-contexto-y-experiencias-en-reconfiguracion-y-construccion/>
- ✓ Salgado, José. (2013). Implementación de mejores prácticas para la dirección de proyectos en empresas de la industria petrolera. Congreso Internacional de Dirección de Proyectos PMI. Disponible en:  
[https://www.academia.edu/27688389/Implementaci%3%93n\\_de\\_mejores\\_pr%3%81cticas\\_para\\_la\\_direcci%3%93n\\_de\\_proyectos\\_en\\_empresas\\_de\\_la\\_industria\\_petrolera](https://www.academia.edu/27688389/Implementaci%3%93n_de_mejores_pr%3%81cticas_para_la_direcci%3%93n_de_proyectos_en_empresas_de_la_industria_petrolera)
- ✓ Saura Hernández, Francisco Miguel. (2016). Gestión de la Calidad en una Refinería. Universidad Politécnica de Cartagena. Disponible en:  
<https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/2097/tfm87.pdf;jsessionid=DB11C3B4175DF707EC0DA7AB4E475E25?sequence=1>
- ✓ Verdugo Sanz, Vanesa. (2017). Gestión Documental Aplicada a Plantas Industriales. Sedic, Sociedad Española de Documentación e Información Científica. Disponible en:  
<https://www.sedic.es/wp-content/uploads/2019/06/Gestion-Documental-aplicada-a-plantas-industriales.pdf>
- ✓ Yepes Piqueras, Víctor. 2015. Los orígenes del PERT y del CPM. Universidad Politécnica de Valencia. Disponible en: <https://victoryepes.blogs.upv.es/2015/01/28/los-origenes-del-pert-y-del-cpm/>