



---

---

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**“PLANEACIÓN GENERAL DE UNA PLANTA  
CRIOGÉNICA”**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**PRESENTA:**

**JUAN JOSÉ LOYO GERÓNIMO**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**M. I. SERGIO MACUIL ROBLES**



MÉXICO, D.F. CIUDAD UNIVERSITARIA 2008



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mis padres, Noé y Flor, por su aliento a mis estudios. A él por brindarme siempre su apoyo y por ser un ejemplo de que con dedicación y esfuerzo se puede lograr lo que uno se proponga. A ella, a quien dedico mi tesis, por su cariño y comprensión en todo momento.

A mi hermana Arizbé por brindarme su apoyo y por ser siempre un ejemplo a seguir. A mis tíos Marcos y Alain por sus consejos y por estar cerca siempre que los he necesitado.

A Paulina por creer siempre en mí y por brindarme su cariño y paciencia. A mis amigos con quienes he compartido tantos buenos momentos y con quienes comparto este otro más.

A mi Universidad por abrirme las puertas y por brindarme unas instalaciones de primer nivel. A mis profesores por compartir sus conocimientos y pasión por la Ingeniería.

Por último, quiero expresar mi más amplio agradecimiento al Ing. Sergio Macuil, cuyo invaluable y generoso apoyo e interés hicieron posible la realización de esta Tesis.

A todos mi mayor reconocimiento y gratitud.

# ÍNDICE

<i>INTRODUCCIÓN</i>	<i>1</i>
<i>I. MARCO GENERAL DE LA PLANEACIÓN</i>	<i>4</i>
1.1 La Planeación	5
1.2 La importancia de la Planeación	13
1.3 Etapas de la Planeación.	20
1.4 La planeación en la Ingeniería Civil.	24
<i>II. LA IMPORTANCIA DE LAS ALIANZAS ESTRATEGICAS PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS</i>	<i>29</i>
2.1 Concepto de Alianza Estratégica	30
2.2 Necesidad de Alianzas Estratégicas.	31
2.3 Ventajas y desventajas de una Alianza Estratégica	34
2.4 Recomendaciones para una Alianza Estratégica exitosa	37
2.5 Ejemplos de Alianzas estratégicas	39
<i>III. DESCRIPCIÓN DE UNA PLANTA CRIOGÉNICA</i>	<i>47</i>
3.1 Generalidades	48
3.2 Descripción del Proceso Criogénico de Turboexpansión	52
3.3 Tecnologías criogénicas	59
3.4 Plantas criogénicas en México	73
3.5 Plano de distribución de una Planta Criogénica	76
3.6 Definición del WBS.	77
<i>IV. PROGRAMA GENERAL DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA GRIOGÉNICA</i>	<i>81</i>
4.1 Justificación del proyecto	82
4.2 Etapas del Proyecto	86
4.3 WBS del Proyecto	102
4.4 Programación del Proyecto	107
<i>CONCLUSIONES</i>	<i>116</i>
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	<i>119</i>

## **INTRODUCCIÓN**

La creciente producción de gas natural en el país ha ocasionado que Petróleos Mexicanos (PEMEX) carezca de capacidad para procesar todo lo que se produce. Por ello, PEMEX, se ha visto en la necesidad de desarrollar nuevos proyectos de procesamiento que permitan a Pemex Gas cumplir con sus contratos de suministro de gas natural en el mercado nacional.

Como solución Pemex ha proyectado la construcción de plantas criogénicas en la cuenca de Burgos, en Reynosa Tamaulipas. Este proyecto se contrató bajo el esquema IPC (Ingeniería, Procuración y Construcción), y se adjudicó al consorcio formado por ICAFLUOR y LINDE, empresas líderes en Ingeniería, procuración y construcción de plantas industriales.

Debido a la importancia que representa una planta criogénica y dado que esto repercute directamente en la economía del país, he considerado interesante realizar un trabajo de investigación en el cual se aborde el tema de la planeación de la misma, ya que de la planeación depende el correcto desarrollo de su construcción.

Planear significa elegir, definir opciones frente al futuro, pero también significa proveer los medios necesarios para alcanzarlo (por ejemplo: recursos financieros, técnicos y humanos). Se trata de trazar con premeditación un mejor camino desde el presente hasta el futuro.

En la actualidad es común que algunas compañías no lleguen a obtener los resultados esperados por una mala planeación. No obstante debemos situarnos en las condiciones del mercado, un mercado cambiante, en donde la globalización es el eje de la economía actual, lo cual nos obliga a participar en dicho proceso y a enfocarnos en el juego de la competencia haciendo más con menos; aplicando el principio de eficacia económica de producir más al menor costo posible. Esto conlleva a las empresas a competir, ya no únicamente con empresas locales, sino también con empresas externas y de mayor capacidad financiera, lo cual provoca que las compañías busquen obtener una ventaja competitiva significativa, lo cual se puede lograr por medio de las alianzas estratégicas.

Por tratarse de un proyecto IPC, la planeación de la planta criogénica considera las etapas de ingeniería básica, ingeniería de detalle, procuración, construcción, commissioning y puesta en marcha, así como cada una de las tareas de las que forman parte de ellas. Tomando en cuenta estas tareas se puede elaborar un plan de ejecución y se pueden programar los tiempos y los recursos que cada una de ellas requiera. Teniendo así un plan al cual apegarse y comparar los avances reales con respecto a los que se tenían previstos.

## **CAPITULO I**

### **MARCO GENERAL DE LA PLANEACIÓN**



## **1.1 La Planeación**

### **1.1.1 Concepto de Planeación.**

La sabiduría es la habilidad de ver con mucha anticipación las consecuencias de las acciones actuales, la voluntad de sacrificar las ganancias a corto plazo a cambio de mayores beneficios a largo plazo y la habilidad de controlar lo que es controlable y de no inquietarse por lo que no lo es. Por tanto, la esencia de la sabiduría es la preocupación por el futuro. No es el mismo tipo de interés en el futuro que tienen los videntes, que sólo tratan de predecirlo. El sabio trata de controlarlo.

*Ackoff dice: “la Planeación es proyectar un futuro deseado y los medios efectivos para conseguirlo. Es un instrumento que usa el hombre sabio; mas cuando lo manejan personas que no lo son, a menudo se convierte en un ritual incongruente que proporciona, por un rato, paz a la conciencia, pero no el futuro que se busca.”*

La planeación implica el establecimiento de objetivos claros (tanto del proyecto como de cada una de las tareas que tendrá lugar a realizarse para el cumplimiento de éste) para alcanzar una meta deseada.

La planeación, en sí, no es la palabra mágica que automáticamente mejora la eficiencia y la efectividad, sino que cubre algunos aspectos de un proceso integral: que optimice el uso de los recursos de que dispone, que busque nuevas y mejores maneras de hacer las cosas apoyándose en investigaciones, y por último que se hace con base en un cuestionamiento de una profunda reflexión sobre los fines que se persiguen para que sus esfuerzos tengan sentido.

Gotees dijo: planear es “*hacer que ocurran cosas que de otro modo no habrían ocurrido*”, equivale a trazar los planes para fijar dentro de ellos nuestra futura acción

De esta manera, la planeación es una disciplina prescriptiva (no descriptiva) que trata de identificar acciones a través de una secuencia sistemática de toma de decisiones, para generar los efectos que se espera de ellas, o sea, para proyectar un futuro deseado y los medios efectivos para lograrlo.

El planeamiento en el más puro sentido de su concepto, va más allá de todas las funciones de organizar, controlar, coordinar, dotar y dirigir el personal de la empresa.

Los conceptos anteriores se resumen en lo siguiente:

- Se utiliza la capacidad de la mente humana para plantear fines y objetivos.
- Involucra la toma de decisiones anticipada en su proceso.
- Prevé las consecuencias futuras de las acciones a tomar.
- Prevé la utilización de los recursos disponibles con el fin de obtener la máxima satisfacción.
- Comprende todo el proceso desde el análisis de las situaciones hasta llegar a la toma de decisiones.
- Incluye metodologías para la recolección de información, programación, diagnóstico, pronóstico, avances y medidas de resultados.

Así que de manera concreta podemos definir a la planeación como la aplicación racional de la mente humana en la toma de decisiones anticipatoria, con base en el conocimiento previo de la realidad, para controlar las acciones presentes y prever sus consecuencias futuras, encauzadas al logro de un objetivo plenamente deseado satisfactorio.

En la actualidad, así como en un futuro próximo, la planeación tendrá que adaptarse a las características de la empresa y de la situación en que se realiza. Sin embargo, existen ciertas normas de carácter generalmente aceptable. Podemos tratar de determinar las posibilidades de planeación, encontrar la filosofía adecuada para

enfocarla, tener una idea respecto a la mejor forma de organizarla y sistematizarla, así como los mejores métodos, técnicas y herramientas que se les pueden integrar.

La ciencia que se relaciona con la planeación se ha desarrollado rápidamente en época reciente. No obstante, incluso la mejor planeación de que seamos capaces, requiere la misma cantidad de arte que de ciencia, siempre deben estar implícitos ambos aspectos.

La contribución principal de los científicos a la planeación no consistiría en el desarrollo y uso de las técnicas e instrumentos correspondientes, sino más bien en la sistematización y organización del proceso de planeación y, por consiguiente, en el mejor conocimiento y evaluación del mismo.

### **1.1.2 Tipos de Planeación**

La planeación en cuanto a su aplicación se puede clasificar en:

- **Indicativa.**

Este tipo de planeación se lleva a cabo en los países occidentales, en la cual se deja actuar libremente la economía de mercado (oferta y demanda), indicando por medio de medidas de tipo fiscal la conveniencia de que los empresarios inviertan en una cierta zona, en cierto sector y un determinado tiempo. Por ejemplo, si tratamos la desconcentración industrial se le impondrán restricciones fiscales a los que se instalen en la ciudad de México, y al mismo tiempo se darán facilidades de instalación y de tipo fiscal a los que opten por otro lugar de la república.

- **Imperativa.**

Este tipo de planeación, tiene lugar en los países socialistas, en que las entidades productivas son propiedad del estado, por lo tanto no tiene que pedir opinión del capital, instala factorías y ordena el territorio de acuerdo a sus planes.

En cuanto al área de acción:

- Global.

Como su nombre lo indica, es aquella que abarca todos los sectores de la economía, se contempla desde un punto de vista macroeconómico, por ejemplo: el plan nacional de desarrollo es un plan macroeconómico que cubre todos los sectores económicos del país.

- Nacional.

La lleva a cabo el Estado, sus objetivos son macroeconómicos (Sector público.)

- Regional.

Se realiza en los gobiernos estatales, busca la descentralización y funcionamiento del municipio. Ejemplo: Progreso del municipio, crear escuelas.

- Sectorial.

La planeación se realiza tomando en consideración a un solo sector de la economía.

- Urbana.

Tiene por objetivo determinar la utilización del terreno en las ciudades. Como por ejemplo, ubicación de una central camionera, central de abastos, aeropuertos.

Respecto al tipo de fines (modo):

- Operacional.

Consiste en seleccionar medios para perseguir metas que son dadas, establecidas o impuestas por una autoridad superior, o que son aceptadas por convenio, este tipo de planeación tiende a ser de corto plazo.

- Normativa.

Tiene una orientación sistémica, participativa y fuertemente orientada hacia el futuro deseado, a los ideales y fines últimos. El primer resultado del ejercicio de planeación es el diseño de la imagen deseada, la cual es producto de los valores y estilos de la organización. Los ideales conforman una serie de criterios para la selección de objetivos se conciben como aproximaciones operativas de los ideales. Posteriormente se definen las políticas, estrategias y tácticas que procuran lograr la imagen propuesta.

- Estratégica.

La planeación estratégica consiste en seleccionar medios, metas y objetivos, en donde los ideales son dados o impuestos por una autoridad superior, aceptados por convenio o no formulados. Este tipo de planeación tiende a ser de largo plazo, cuyas decisiones tendrán un efecto duradero y difícilmente irreversible.

Modos de formular la estrategia:

- Modo empresarial.

Un líder fuerte, por lo general el fundador del negocio o algún descendiente suyo, toma decisiones audaces y arriesgadas, más o menos intuitivamente, la organización empresarial está motivada esencialmente por una meta dominante, el crecimiento constante.

- Modo adaptativo.

También llamada la ciencia del salir del paso, aquí el empresario se enfrenta al ambiente como una fuerza que debe controlarse, mientras que el gerente adaptativo reacciona ante cada situación a medida que se presenta, la organización adaptativa avanza tímidamente en una serie de pequeños pasos discontinuos.

- La tercera modalidad denominada por Mintzberg es la planeación estratégica formal, que ofrece un marco guía y un fuerte sentido de dirección de que carecen las otras modalidades, este procedimiento los lleva a analizar el ambiente y la organización para poder desarrollar un plan de acción para el futuro.

Características de planeación estratégica:

- Constituye la fuente de origen de los planes específicos subsiguientes
  - Establece marcos de referencia general
  - Se utiliza información fundamentalmente externa
  - Abarca períodos largos
  - Su parámetro principal es la efectividad
- Táctica.  
La planeación táctica consiste en seleccionar medios para conseguir metas que son dadas, establecidas o impuestas por una autoridad superior o aceptadas por convenio. Este tipo de planeación tiende a ser a mediano plazo. Éste es el proceso mediante el cual los planes de detalle se llevan a cabo, tomando en cuenta el empleo de los recursos definidos y los lineamientos de la planeación estratégica, abarca periodos más cortos y tiene el estilo de la planeación operativa la cual se refiere a la asignación específica de las actividades en unidades administrativas.

De acuerdo a su filosofía

- Óptima.  
Este tipo de planeación realiza un esfuerzo por hacer las cosas no solo suficientemente bien, sino lo mejor posible. Utiliza los modelos matemáticos y busca minimizar los recursos necesarios para obtener un nivel específico de rendimiento; maximizar el rendimiento que se puede obtener con los recursos disponibles, tener

un mejor equilibrio entre los costos y los beneficios. Los métodos empleados en esta planeación son:

– Determinístico.

En este método, a cada valor de las variables de entrada, corresponde un solo valor de variable o de futuro determinado, en este método la decisión de variables de entrada y su valor es tomada por la autoridad.

– Probabilística.

En este método, al haber muchos decisores los futuros son difícilmente cuantificables mucho menos determinables.

– Inferencial.

Este método no considera directamente las leyes o patrones de conducta que se supone gobiernan la realidad si no que se obtienen indicadores indirectamente, a través de conceptos vivenciales subjetivos de decisores que influyen en las potencialidades o en las restricciones del futuro.

– Adaptativa.

También llamada la ciencia del salir del paso, aquí el empresario se enfrenta al ambiente con una fuerza que debe ser controlada, mientras que el gerente reacciona ante una situación en la medida que se va presentando.

Si la necesidad de planeación surge por la falta de administración, la planeación adaptativa otorga un valor principal al proceso de generación de los planes.

Se basa en la creencia de que el valor principal de la planeación no descansa en los planes que se producen, sino en el proceso de producirlos, hay ciertos aspectos del futuro sobre los cuales no podemos estar relativamente ciertos (las catástrofes políticas y naturales, o los avances tecnológicos) , pero podemos asegurarnos razonablemente cuales son sus posibilidades, en tales casos se

necesita una planeación contingente, es decir, deberíamos preparar un plan para cada posibilidad para así poder aprovechar rápidamente las oportunidades que se presenten cuando se decida el futuro.

– Satisfaciente.

Busca alcanzar objetivos y metas suficientemente altos en un medio aceptable y factible. Por lo anterior, se fija pocas metas, formula rara vez y evalúa muchas alternativas; siendo el recurso dinero su mayor preocupación.

Significa que es mejor elaborar un plan aunque no sea óptimo. Comienza con la declaración de los objetivos y metas que se juzguen a la vez factibles y deseables, la atribución de estas propiedades a los objetivos y metas usualmente, se basa en el consenso entre los planificadores.

Los objetivos y las metas suelen formularlas los planificadores, ya sea en términos de medidas o rendimiento comúnmente usadas, por ejemplo: ganancias, utilidades, intereses sobre inversiones, etc., o en términos cualitativos por ejemplo buenas relaciones laborales.

Los planificadores orientados hacia la planeación satisfaciente normalmente manejan un solo pronóstico del futuro, pero lo manejan como si hubiera una virtual certeza de que se volverá realidad.

Cuanto más se transforme la planeación de las organizaciones de "satisfaciente" a "adaptativa", mayor será la necesidad de los métodos, técnicas e instrumentos científicos. La planeación optimizante exige un mayor estado de comprensión de la conducta de una organización que lo que requiere la satisfaciente.



Con respecto al tiempo la planeación se puede clasificar en:

- Corto plazo.  
Abarca períodos menores a los cinco años.
- Mediano plazo.  
Abarca períodos entre cinco y diez años.
- Largo plazo.  
Abarca períodos entre diez y veinte años.
- Prospectiva.  
Planeación que no fija períodos para alcanzar sus objetivos. En la planeación prospectiva el método consiste en el diseño de un futuro creativo y totalmente libre de restricciones. Ante un entorno cambiante e incierto esta planeación ha venido cobrando cada vez mayor importancia hoy día empresas, gobiernos e instituciones académicas de todos los países desarrollados y de un gran número de los menos desarrollados realizan estudios de prospectiva de manera sistemática.

## ***1.2 La importancia de la Planeación***

La planeación es proyectar un futuro deseado y los medios efectivos para conseguirlo. Así que es necesario encontrar la filosofía adecuada para enfocarla, tener una idea respecto a la mejor forma de organizarla y sistematizarla con las técnicas y herramientas necesarias para alcanzar dicho fin.

Es evidente que la planeación es un proceso de toma de decisiones; pero es igualmente claro que la toma de decisiones no siempre equivale a la planeación. Sin embargo, son menos obvias las características que hacen de la planeación una clase especial de toma de decisiones. Es peculiar en tres sentidos:

1. La planeación es una toma de decisión anticipada. Es un proceso de decidir lo que se realizará y cómo se ha de llevar a cabo antes de empezar a actuar. Ejemplo: Estudios previos que comprenden la localización del lugar más adecuado para la construcción, beneficio esperado, economía, etc. Si estas decisiones pudieran tomarse rápidamente sin menoscabar la eficiencia, la planeación no se necesitaría.
2. La planeación es necesaria cuando el hecho futuro que deseamos implica un conjunto de decisiones interdependientes; esto es, un sistema de decisiones. Un conjunto de decisiones forma un sistema si el efecto de cada decisión sobre los resultados del conjunto, depende de una o más de las decisiones restantes. Algunas de éstas, en el conjunto de decisiones, pueden ser complejas, otras sencillas. Pero lo más complejo de la planeación se deriva de las interrelaciones de las decisiones más que de las decisiones mismas; por ejemplo, al planear una casa, la decisión de ubicar la sala en un lugar específico, afecta la localización de cada uno de los otros cuartos y, por tanto, la funcionalidad general de la casa.

Los conjuntos de decisiones que requieren planeación, tienen las siguientes características importantes:

- Son demasiado grandes como para manejar todas las decisiones al mismo tiempo. De allí que la planeación deba dividirse en etapas o fases que se desarrollan en secuencia por un organismo que toma las decisiones, o bien, simultáneamente por diferentes organismos, o por alguna combinación de esfuerzos simultáneos secuenciales. La planeación debe ser dividida en etapas o, dicho de otro modo, ella también debe planearse, como se verá en el capítulo siguiente.
- El conjunto de decisiones no puede subdividirse en subconjuntos independientes. Por consiguiente, un problema de planeación no se puede dividir en problemas de subplaneación independientes, sino que deben estar

relacionados entre sí. Esto significa que las decisiones que se han hecho primero, en el proceso de planear, deben tenerse en consideración cuando se tomen decisiones posteriores en el mismo proceso, y que las decisiones anteriores deben revisarse a la luz de las que se adopten posteriormente. Ésta es la razón por la cual debe realizarse la planeación antes de iniciar la acción.

- La planeación es un proceso que se dirige hacia la producción de estados deseados y que no es muy probable que ocurran a menos que se haga algo al respecto (prospectiva y acción).
3. La planeación es un proceso que se dirige hacia la producción de uno o más estados futuros deseados y que no es probable que ocurran a menos que se haga algo al respecto. Así pues, la planeación se interesa tanto por evitar las acciones incorrectas como por reducir los fracasos en aprovechar las oportunidades. Obviamente, si se cree que el curso natural de los acontecimientos ocasionará lo que se desea, no existe la necesidad de planear. Así pues, la planeación tiene un elemento optimista y otro pesimista. El pesimismo consiste en la creencia de que a menos que se haga algo, no es probable que ocurra un estado futuro deseado. El optimismo es la convicción de que puede hacerse algo para aumentar la probabilidad de que se logre alcanzar ese estado deseado.

La planeación entonces, se orienta a obtener o a impedir un determinado estado futuro de cosas. Así se dirige al futuro, aportando decisiones presentes. Así que es necesario encontrar la filosofía adecuada para enfocarla, tener una idea respecto a la mejor forma de organizarla y sistematizarla con las técnicas y herramientas necesarias para alcanzar dicho fin.

### **La función de la planeación**

La función de la planeación es la actividad de naturaleza analítico-sintética encaminada a la concepción físico-espacial que satisfaga los requerimientos de operación y destino

final de la obra. En esta función, el ingeniero debe resolver diversos aspectos, frecuentemente conflictivos, entre la finalidad de la obra, impacto económico, las necesidades sociales, los factores ambientales y los factores políticos.

Este aspecto contempla definir las metas de la organización, establecer una estrategia global para el logro de estas metas y desarrollar una jerarquía detallada de planes para integrar y combinar actividades, que de alguna manera satisfagan los requerimientos de operación y destino final del proyecto.

**Los conjuntos de decisiones que requieren planeación tienen las siguientes características:**

1. Son demasiado grandes como para manejar todas las decisiones al mismo tiempo, a consecuencia de esto la planeación debe dividirse en etapas.
2. El conjunto de decisiones necesarias no puede subdividirse en subconjuntos independientes. Esto significa que las decisiones que se hicieron al principio deben ser tomadas en cuenta en decisiones posteriores.

Estas dos propiedades sistemáticas de la planeación explican por qué la planeación no es un acto, sino un proceso, el cual no tiene una conclusión ni punto final natural. Es un proceso que (idealmente) enfoca una "solución", pero nunca la alcanza en definitiva por dos razones. Primero, no existe límite respecto al número de revisiones posibles a las primeras decisiones. No obstante ello, el hecho de que con el tiempo se realice la acción, hace necesario determinar lo que se tiene en un momento dado. En segundo lugar, tanto el sistema que se está planeando como el medio donde se ha de realizar, se modifican durante el proceso de planeación y, por ende, nunca es posible tener en consideración todos los cambios. La necesidad de actualizar y "mantener" un plan, deriva en parte de este hecho.

El ingeniero civil, deberá de estar más preparado para participar más activamente en la vida económica del país, de estar en condiciones de tomar decisiones óptimas acerca de las obras que construye, poder definir cual obra, dónde y cuándo deberá de construirse para lograr el máximo impacto en el producto interno bruto del país.

El ingeniero civil no habrá de ofrecer soluciones ya hechas. Su credibilidad se construirá sobre el análisis entero, el pensamiento original y las altas normas personales de ejecución. Algunas veces puede percatarse de que los intereses de la compañía o del proyecto no están siendo servidos en forma apropiada por las acciones del propio responsable del proyecto, entonces, como controlador de calidad, su sentido de responsabilidad profesional y su posición de independencia requiere que difiera sobre puntos importantes.

La necesidad de la planeación nos planteará la pregunta de ¿qué hacer para llegar de la mejor manera a nuestro fin?

### **El uso de la planeación:**

- Alienta el pensamiento sistemático de la dirección viendo hacia el futuro.
- Conduce a una mejor coordinación de los esfuerzos de la empresa.
- Conduce al establecimiento de normas de actuación para el control.
- Procura que la empresa afine los objetivos y políticas que la orientan.
- Prepara para acontecimientos súbitos.
- Proporciona a los ejecutivos participantes un sentido más vivo de cuáles son sus responsabilidades.

## **Beneficios de la planeación.**

La planeación proporciona:

- Una dirección.
- Reduce el impacto del cambio.
- Minimiza las pérdidas y la redundancia.
- Establece estándares para facilitar el control.

Ayuda a los gerentes a tomar decisiones. A veces las oportunidades que parecen demasiado arriesgadas pueden ser realmente muy factibles, y otras veces las que parecen seguras pueden resultar desastrosas para la empresa. El análisis cuidadoso en la planeación, permite dotar a los gerentes de mejor información para tomar buenas decisiones. Esto da como resultado una mejor organización para lograr sus objetivos planteados y coordinar sus actividades en beneficio de la organización o empresa.

También la planeación estratégica reduce a un mínimo el peligro de cometer errores y de tener sorpresas desagradables, porque las metas, los objetivos y las estrategias, se someten a un análisis cuidadoso y es por tanto menos probable que resulten menos defectuosos o no viables. Los beneficios de la planeación son especialmente importantes en las organizaciones en que media un lapso de largo plazo entre la decisión del gerente y sus resultados.

En el pasado los negocios prosperaban sin preocuparse el empresario por la planeación. La situación ha cambiado debido a que cada día éstos se hacen más complejos, lo cual ha originado que se considere indispensable la planeación, para asegurar el futuro de una empresa.

Planear es tan importante como organizar, dirigir o controlar, porque la eficiencia no se logra con la improvisación y, si administrar es "hacer a través de otros", necesitamos primero hacer planes sobre la forma como esa acción se habrá de coordinar.

El objetivo no se lograría si los planes no lo detallaran para ser alcanzado. Todo control sería poco efectivo si no se comparara con un plan previo. Sin planes se trabaja a ciegas.

En resumen se podría decir que la planeación es importante porque:

- Hace posible la utilización de actividades en forma ordenada y con un propósito.
- Todos los esfuerzos van dirigidos hacia los resultados que se desean y se obtiene así una eficiente sucesión de ellos.
- Se disminuye la condición azarosa de enfocar y ejecutar el trabajo.
- Las actividades se coordinan de tal manera que se consigue la integración de una gran fuerza, moviéndose armoniosamente hacia la meta predeterminada.
- Se reduce el trabajo improductivo, se reducen los costos y se estabiliza la empresa.
- Todo plan tiende a ser económico; desgraciadamente, no siempre lo parece, porque todo plan consume tiempo, que, por lo distante de su realización, puede parecer innecesario e infecundo.

Un ejemplo de la importancia de la planeación es el secreto de los \$25,000 dólares:

Charles Schwab, uno de los primeros presidentes del Bethlehem Steel Co., pidió a un experto en organización que le sugiriera una manera para mejorar la eficiencia de su negocio. El experto, Ivy Lee, dio a Schwab un papel en blanco y le dijo: "escribe los seis asuntos más importantes que tengas que hacer mañana. Ahora numéralos por orden de importancia.

Lo primero que hay que hacer en la mañana es comenzar con el primero hasta que haya sido terminado. Después seguir con el segundo y así en adelante. No hay que

desesperarse si es que solamente se ha terminado con uno o dos al terminar el día. Se estará trabajando en los más importantes.

Los otros pueden esperar. Si no se pudiera terminar todos con este método, no se hubieran podido terminar los otros con cualquier otro método, y sin algún sistema quizá no se hubiera podido terminar ni siquiera el más importante; haz que tus hombres lo practiquen. Úsalo cuantas veces quieras y después mándame un cheque por la cantidad que creas que te haya servido".

Se dice que unas semanas después Schwab mandó a Lee un cheque por unos \$25,000 dólares, con una carta diciendo que esta lección había sido la más provechosa que jamás había aprendido.

Cinco años después este plan había sido en parte responsable de que Bethlehem Steel Co. fuera la productora independiente de acero más grande del mundo y ayudó a que Charles Schwab ganara cien millones de dólares, al mismo tiempo que se transformaba en el productor de acero más conocido en el mundo.

La planeación es esencial, pero existen limitaciones prácticas para su uso; una de ellas consiste en que en muchas ocasiones no le es posible contar con datos precisos con relación al futuro y tampoco el gerente puede pronosticar lo que sucederá en lo futuro y sólo mediante correcciones posteriores podrá acercarse a la premisa establecida.

### ***1.3 Etapas de la Planeación.***

Para poder llevar a cabo algo, es necesario tener en cuenta una serie de pasos, y más si se está tratando de planear algo. Ya se había mencionado que la planeación es la formulación, selección y visualización de actividades futuras, que se cree sean necesarias para alcanzar los resultados deseados, es muy importante porque permite una eficiencia en las acciones de las personas y las organizaciones produciendo un



adecuado funcionamiento de todo el proceso administrativo, donde se puede aplicar el control e ir corrigiendo en el camino para reducir la incertidumbre y dar tranquilidad al funcionamiento de la organización. Con una buena planeación se puede responder oportunamente a los compromisos adquiridos con los demás.

Las etapas de la planeación son importantes tanto para programas grandes y de gran envergadura como para programas pequeños debido a su importante contenido.

Los pasos de la planeación constituyen un proceso racional para el logro de los objetivos y su seguimiento se puede realizar en cualquier planeación. Los pasos pueden ser más simples y de mayor aplicabilidad dependiendo del tipo de plan, pero generalmente los ocho pasos, que se muestran a continuación, son de aplicación general.

#### 1. Conciencia de oportunidades.

No es estrictamente parte del proceso de planeación, advertir una oportunidad, es el punto inicial real de la planeación, “Se debe conocer la posición en la que nos encontraremos a la luz de los puntos fuertes y las debilidades, comprender porqué se desea reducir la incertidumbre y saber cuáles son las expectativas de ganancias. La fijación de objetivos realistas depende de este conocimiento, la planeación exige un diagnóstico realista de la situación de las oportunidades”.

Por esto es conveniente hacer un estudio preliminar de las oportunidades futuras y la capacidad de verlas con claridad y por completo, un conocimiento de dónde estamos y de nuestras fuerzas y debilidades y comprender los problemas que se quieran resolver, así como saber lo que se desea lograr, buscando establecer objetivos posibles.

#### 2. Establecimiento de objetivos.

Consiste en establecer objetivos para la empresa en general y luego para cada área de ésta, realizando lo anterior para el corto y largo plazo. Los objetivos explican los

resultados esperados, señalan los pasos a seguir así como su prioridad, y que se debe lograr con las estrategias, políticas, procedimientos, reglas, presupuestos y programas con los que se cuenta.

3. Consideración o desarrollo de premisas.

Premisas son suposiciones sobre el ambiente en el que el plan ha de ejecutarse, de hecho el principio básico de las premisas de planeación es, según Koontz-Weihrich, “cuanto mayor sea el número de personas encargadas de la planeación que entiendan y estén de acuerdo en utilizar las premisas congruentes del proceso, tanto más coordinada será la planeación de la empresa”.

Para el desarrollo de estas premisas es importante tener en cuenta preguntas como: ¿Cuál será el mercado?, ¿Qué volumen de ventas manejaré?, ¿Qué precios?, ¿Qué avances tecnológicos debo conseguir?, ¿Qué costos?, ¿Cómo financiaré la expansión?, ¿Cuáles son las tendencias a largo plazo?, entre otras preguntas globales que debemos hacer.

4. Determinación de cursos alternativos de acción.

Consiste en encontrar las alternativas mas prometedoras para alcanzar nuestros objetivos

5. Evaluación de cursos alternativos de acción.

Después de buscar los cursos alternativos y examinar sus fortalezas y debilidades, el siguiente paso es evaluarlos mediante una comparación entre éstos y las metas antes fijadas. Buscando así la que proporcione el costo más bajo y las mayores utilidades.

6. Selección de un curso de acción.

En este paso se adopta el plan de punto real de la toma de decisiones, ya que el administrador debe decidir si seguir varios cursos en lugar del mejor.

## 7. Formación de planes derivados.

Se aconseja este séptimo paso ya que muchas veces cuando se toma una decisión, la planeación está completa, por tal motivo se necesitan planes derivados para respaldar el plan básico.

## 8. Expresión numérica de los planes a través del presupuesto.

En este paso se le da significado a la toma de decisiones y al establecimiento del plan, mediante una expresión numérica convirtiéndolos en presupuestos. Los presupuestos globales de una empresa son la suma total de los ingresos y los gastos, con las utilidades, presupuestos de las principales partidas del balance general (efectivo y gastos de capital). Si los presupuestos son bien elaborados sirven de medio para sumar los diversos planes y fijar estándares importantes contra los que se pueda medir el avance de la planeación.

La planeación debería ser un proceso continuo y por tanto, ningún plan es definitivo; está siempre sujeto a revisión. Por consiguiente, un plan no es nunca el producto final del proceso de planear, sino un informe "provisional". Es un registro de un conjunto complejo de decisiones que actúan sobre otras y que se puede dividir de muchas maneras distintas. Cada planificador tiene distinto modo de subdividir las decisiones que deben tomarse. Con tal que se tomen en cuenta todas las decisiones importantes, las diversas maneras de dividir un plan en partes son generalmente cuestión de estilo o preferencia personal.

El orden en que a continuación se dan las partes de la planeación, no representa el orden en que se deben llevar a cabo. Recordando que las partes de un plan y las fases de un proceso de planeación al cual pertenecen, deben actuar entre sí.

### 1. Fines.

Especificar metas y objetivos.

## 2. Medios.

Elegir políticas, programas, procedimientos y prácticas con las que han de alcanzarse los objetivos.

## 3. Recursos.

Determinar tipos (humanos, técnicos, de capital) y cantidades de recursos que se necesitan; definir cómo se habrán de adquirir o generar y cómo habrán de asignarse a las actividades.

## 4. Realización.

Diseñar los procedimientos para tomar decisiones, así como la forma de organizarlos para que el plan pueda realizarse.

## 5. Control.

Diseñar un procedimiento para prever o detectar los errores o las fallas del plan, así como para prevenirlos o corregirlos sobre una base de continuidad.

Éstas son las partes que "debería" tener un plan. Muchos planes no las contienen. Es principalmente cuestión de la filosofía que sustente la planeación, la que indica qué partes están contenidas en un plan y la atención relativa de que sean objeto.

### ***1.4 La planeación en la Ingeniería Civil.***

Planear significa elegir, definir opciones frente al futuro, pero también significa proveer los medios necesarios para alcanzarlo (por ejemplo: recursos financieros, técnicos y humanos). Se trata de trazar con premeditación un mejor camino desde el presente hasta el futuro.

El Ingeniero Civil, deberá estar preparado a ser un agente del desarrollo planeado del país. Los recursos financieros, técnicos y de recursos humanos son escasos, las necesidades, superan en mucho los medios para su realización.

El desarrollo futuro del país requerirá de un crecimiento planeado, no será deseable la construcción de obras que no cumplan un papel socio-económico. Ningún país en nuestros días se puede permitir el lujo de no planear su desarrollo, al construir presas que no se llenen, carreteras que no se saturen inmediatamente, aeropuertos para dos o tres operaciones diarias, grandes puentes donde el tránsito no lo justifique, concentraciones en los grandes asentamientos humanos y dispersión en zonas rurales; todas estas acciones requieren de ser planeadas, el ordenamiento del territorio y el desarrollo económico equilibrado no se dan al azar y son resultado de un proceso de planeación.

Un proyecto de construcción involucra el uso de diferentes materiales, de diferentes tipos de recursos humanos con diferentes especialidades, y de equipo principalmente. Es necesario por ello contar con un plan de la obra para poder establecer una buena comunicación con los diferentes recursos humanos, ya que cada quien tiene diferentes perspectivas y formas de pensar referentes al proyecto, así como formas de hacer las cosas, y se necesita contar con una herramienta con la cual se pueda transmitir efectivamente lo que se pretende hacer, cómo hacerlo, cuándo hacerlo, y sobre todo la necesidad de terminarlo dentro de un tiempo determinado. Es decir, cada quien planea a su estilo.

En ciertos proyectos de construcción, se requieren materiales poco comerciales, los cuales deben de ser pedidos con anticipación, e incluso puede ser que algunos necesiten someterse a pruebas de calidad antes de ser utilizados. No sólo aplica esto para materiales, sino también para piezas estructurales como piezas de concreto precoladas, o vigas de acero, las cuales deben de ser pedidas con anticipación y someterse a ciertas pruebas de resistencia. Muchas veces tanto los materiales como las piezas estructurales deben de ser transportadas desde el banco de extracción o

lugar de fabricación según sea el caso, y se debe contemplar por lo tanto el tiempo de traslado, y las posibles demoras. Si no se cuenta con una adecuada planeación de la obra, puede haber retrasos en la llegada del material o de las piezas prefabricadas, o por otro lado, puede haber material almacenado por mucho tiempo de forma innecesaria. Esto último implica un aumento en los costos ya que si el material no está bien almacenado o está a la intemperie pierde sus propiedades, o en caso de arena o tierra puede haber pérdidas; y además se hace una erogación de dinero en un recurso que en ese momento no es necesario, lo que afecta el flujo de efectivo de la empresa. Una situación parecida sucede con la mano de obra calificada y escasa.

Conforme pasa el tiempo, los costos de mano de obra, y los precios de los materiales y equipo se encarecen. La mayoría de las veces, la ganancia en una obra consiste en el máximo aprovechamiento de los recursos, con la finalidad de minimizar costos. Con una buena planeación de la obra se puede determinar en primera instancia el equipo más adecuado en cuanto a operación y costo. De la misma forma se pueden mejorar los procesos constructivos, que combinado con el equipo y la herramienta adecuados, minimice la cantidad de mano de obra a utilizarse. Se trata de contratar la mano de obra necesaria para cada etapa del proyecto, de tal manera que se eviten tiempos perdidos, o que se subutilice mano de obra especializada que sale cara en trabajos poco complejos.

En proyectos de gran envergadura, como autopistas, o edificios corporativos, la inversión es muy grande, y en la mayoría sino es que en todos los casos, se requiere de financiamiento externo. Para conseguir este financiamiento, las instituciones financieras piden no sólo especificaciones técnicas, sino también calendarización de la obra y estimaciones confiables para poder hacer un análisis de la viabilidad del proyecto y poder otorgar o no el crédito. Lo mismo sucede con las compañías aseguradoras.

Hacer una buena planeación permite prever ciertos sucesos desfavorables como son las lluvias y otros fenómenos naturales que están fuera de control del contratista. Es necesario conocer la situación climática del lugar para poder planear y organizar la obra

de tal manera que la lluvia u otros eventos climáticos no interrumpan o afecten la construcción. Por ultimo si se cuenta con una planeación adecuada de la obra se pueden hacer correcciones por los diferentes imprevistos que pueden presentarse. Pueden surgir imprevistos por condiciones del terreno diferentes a las reportadas por los estudios preliminares. Puede ser que algún trabajador abandone repentinamente la obra, o que exista cualquier otro tipo de situación que afecte o interrumpa la obra. La planeación en la obra debe ser continua, procurando resolver los problemas ocasionados por estos imprevistos, así como mejorar u optimizar cada etapa del proyecto conforme se va avanzando en su realización. Una buena planeación ayuda a identificar riesgos potenciales.

Como objetivos de la planeación en una obra civil están:

1. Definir los recursos humanos y materiales requeridos para el proyecto.
2. Configurar una red de actividades para conocer la ruta crítica del proyecto, fechas límites para órdenes de compra, fabricación, montaje, pruebas y producción.
3. Fijar los criterios de medición para evaluar los avances.

Entre las actividades que se deben realizar en la planeación:

- Realizar un desglose del proyecto en paquetes tecnológicos.
- Definir todos los productos que generará la ingeniería de detalle para cada uno de estos paquetes (informes de diseño, memorias de cálculo, especificaciones, planos, lista de materiales, documentos para fabricación, documentos para el montaje, documentos para las pruebas, presupuestos).
- Asignar los recursos humanos (horas-hombre y sus calidades) y materiales (espacio físico, computadoras, copiadoras, planotecas, escritorios, equipos de oficina, vehículos etc.) para la ejecución del proyecto.
- Hacer un listado preliminar de planos y documentos que genera el proyecto.
- Elaborar una red que planifique el proyecto (PERT-CPM-Etc.)

- Elaborar un cronograma y definir las fechas límites para órdenes de fabricación, importaciones, etc. Este cronograma incluye todo el proyecto hasta alcanzar el propósito final.
- Asignación de pesos (ponderación porcentual según el esfuerzo requerido), éste se debe hacer a cada paquete del proyecto.
- Estimativo de los costos de ingeniería, gastos reembolsables, ensayos, pruebas, etc.
- Perfeccionamiento del presupuesto para la ejecución del proyecto.
- Ajuste del estudio de la factibilidad económica.
- El flujo de caja y la financiación.

En resumen, las razones por lo cual la planeación es necesaria son:

- Tener una comunicación efectiva entre las diferentes partes del proyecto.
- Cumplir con las obligaciones contractuales.
- Poder pedir y probar los materiales y piezas prefabricadas con la anticipación adecuada, lo que se denomina como administración de la calidad.
- Optimizar recursos de mano de obra, materiales y equipo.
- Inducir confianza sobre la buena realización del proyecto en instituciones financieras o aseguradoras.
- Prever situaciones desfavorables o solucionar imprevistos de manera rápida y efectiva
- Tener un control aceptable sobre el proyecto tanto en tiempo, costo, y recursos.



## **CAPITULO II**

### **LA IMPORTANCIA DE LAS ALIANZAS ESTRATEGICAS PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS**

## **2.1 Concepto de Alianza Estratégica**

Una alianza es un acuerdo entre dos o más empresas independientes, que tienen como propósito llevar a cabo la formación de sociedades que ayuden a la competitividad y al fortalecimiento de las empresas, se comprometen a colaborar en determinadas actividades persiguiendo intereses comunes a ambas. Los miembros unen o comparten parte de sus capacidades y/o recursos, sin llegar a fusionarse. Una alianza estratégica puede formarse con muchos socios alternativos, como son: con un proveedor, con un cliente, con una compañía complementaria, con un competidor, con una dependencia gubernamental, etc.

La intención principal de las alianzas estratégicas es dar una ventaja competitiva significativa a esa alianza por medio de las de sus integrantes. Debido a que uno de los factores que obstaculiza el alcance de los objetivos de una empresa es la carencia de recursos, la alianza estratégica puede ser una buena manera de conseguir recursos, tales como tecnología y capital, esto con la finalidad de tener un mejor nivel de competencia.

Una alianza estratégica debe reunir las siguientes notas características:

- Las empresas que establecen la alianza para alcanzar una serie de objetivos comunes siguen siendo independientes tras la formación de la alianza.
- Las empresas participantes comparten los beneficios de la alianza y controlan los resultados de las tareas asignadas.
- Las empresas participantes establecen una contribución mutua y continua en áreas estratégicas clave (tecnología, productos, comercialización, etcétera).

De acuerdo con esta caracterización y en orden a delimitar aún más el campo conceptual de las alianzas estratégicas, puede afirmarse que:

- No son alianzas estratégicas las fusiones, absorciones o adquisiciones en las que una empresa asume el control de una nueva entidad, mientras las restantes pierden su independencia y no participan en el control de la nueva entidad.
- No son alianzas estratégicas las relaciones entre las empresas multinacionales y sus filiales extranjeras, sino que suelen ser respuestas tácticas o reactivas de aquéllas a las presiones de los gobiernos de los países receptores o bien, a algún tipo de barreras socio-culturales. Aun en el caso en que la filialización se realice a través de una empresa local como un proyecto conjunto, esto suele ser una solución de compromiso; aunque el socio local sea una empresa sólidamente establecida, el control estratégico del proyecto conjunto lo conserva normalmente la multinacional.
- No son alianzas estratégicas los acuerdos para conceder licencias y franquicias, por cuanto no exigen la transferencia continua y mutua de tecnología, productos o cualificaciones de unos socios a otros.

## ***2.2 Necesidad de Alianzas Estratégicas.***

“En los próximos años formaremos parte de una alianza estratégica o estaremos compitiendo contra una de ellas”<sup>1</sup>.

Los objetivos o finalidades que impulsan a una empresa a cooperar con otra u otras a través de una alianza estratégica son múltiples, sin embargo pueden englobarse en dos objetivos generales que guían la actuación de la empresa:

---

<sup>1</sup> The Economist,

- Objetivo de defensa o supervivencia.

A través de la alianza se persigue conseguir la supervivencia de la empresa. Se trata de un objetivo dirigido a impedir la pérdida de eficacia.

- Objetivo ofensivo.

La empresa desea alcanzar una ventaja competitiva a través de la alianza. La finalidad consiste en el aumento de la eficacia.

Muchas son las razones que llevan a las empresas a preferir las alianzas estratégicas en lugar de las fusiones; entre ellas: la velocidad de implementación, el costo generalmente inferior, la facilidad de menores permisos y trámites legales, la mayor posibilidad de “echar reversa”, entre otras.

En los últimos años la globalización y la creciente participación de empresas multinacionales en el desarrollo de infraestructura han obligado a las empresas del país a que estén constantemente buscando nuevas oportunidades que les permitan no sólo mantenerse dentro del mercado, sino, mejorar su competitividad. Es previsible que en el sector de la construcción se observen fusiones entre empresas o cuantiosas inversiones que tienen como objetivo principal, adquirir un tamaño considerable y recursos suficientes para continuar posicionándose como líderes de la industria y entregar productos y/o servicios de mayor calidad.

El crecimiento de proyectos de infraestructura en México se ha acentuado en los últimos años, dadas las condiciones de estabilidad macroeconómicas recientemente logradas. Por esto las empresas se ven en la necesidad de la búsqueda de nuevas maneras de mantener e incrementar su competitividad, una de estas maneras es la realización de Alianzas Estratégicas.

La Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC) ha planteado un plan a largo plazo llamado “Proyecto de Gran Visión 2030”, el cual tiene la finalidad de acelerar

el desarrollo económico del país mediante una estrategia de crecimiento basada en una infraestructura nueva y de clase mundial<sup>2</sup>.

“Para el año 2030, México contará con una infraestructura sustentable, plataforma de su desarrollo socioeconómico y regional, logrando una mejor calidad de vida en el país, al aprovechar responsablemente sus abundantes recursos naturales y humanos, así como su ubicación geográfica estratégica”, Proyecto Gran Visión 2030.

El desarrollo de infraestructura representa un detonador para un vasto número de sectores de la vida económica y social del país. La industria de la construcción incide directamente en 37 de las 73 ramas de la actividad económica, por lo que su desarrollo se ha convertido en una prioridad.

Este desarrollo trae consigo nuevos proyectos de carreteras, obras hidráulicas, obras de vivienda, entre otras. Por lo que la cadena productiva de la construcción debe estar dispuesta a asumir compromisos crecientes para que desde su ámbito de acción, se impulse el desarrollo de la infraestructura que se requiere en los próximos años.

El mercado de servicios para la construcción en México es muy competitivo. Como resultado de la integración de la economía mexicana a la economía global, las compañías deben competir en los procesos de licitación con compañías constructoras extranjeras en la mayoría de los proyectos industriales y de infraestructura en México. Adicionalmente, muchos de los competidores extranjeros de las compañías mexicanas tienen un mejor acceso a capital y más recursos financieros y de otro tipo, lo que representa una ventaja competitiva de dichas empresas extranjeras sobre la Compañía en los procesos de licitación.

---

<sup>2</sup> CMIC

Es por esto que las empresas deben estar en busca de nuevas maneras de mantener e incrementar su competitividad, una de estas maneras es la realización de Alianzas Estratégicas.

Actualmente, aunque las alianzas se han convertido en una fuerte propuesta para el mantenimiento de las empresas, muchas de ellas (la mitad) no prosperan debido a que sus gerentes confunden las mismas como la solución total de sus problemas y constantemente son éstas quienes los empeoran al no ser parte de la solución. Si en una empresa de construcción, el trabajo no se está entregando a tiempo, primero se deben analizar todas las fallas, y posibilidades de arreglo, por ejemplo, que los trabajadores estén desmotivados con su trabajo puede ser un factor, antes de tomar la decisión de contactar a un proveedor aliado.

Ernst, en su libro *Colaborar para competir* dice: *“El problema radica en que muchas veces las empresas ven en las alianzas el remedio a todos sus problemas y no analizan si existen otras alternativas más apropiadas.”*

Aunque existen importantes razones para establecer una alianza estratégica, su formación no está exenta de problemas. Las ventajas y los inconvenientes deben tenerse en cuenta por la empresa antes de dar el primer paso hacia la cooperación a través de esta herramienta.

## **2.3 Ventajas y desventajas de una Alianza Estratégica**

### **2.3.1 Ventajas**

La combinación de los recursos y de la experiencia de los socios puede ser un gran beneficio para la compañía. Los principales beneficios que se obtienen de una alianza estratégica son los siguientes:

- Acceso a nuevos Mercados.  
Permiten a una empresa que tenga un reducido alcance competitivo, aprovechar las ventajas de un alcance más amplio sin necesidad de entrar por sí misma en nuevos segmentos, áreas geográficas o sectores.
- Mejorar la calidad.  
Permiten a una empresa nacional reconfigurar sus actividades de valor en diferentes mercados, para lograr las ventajas necesarias de costes y diferenciación necesarias para hacer frente a los retos que plantea la competencia global y el desarrollo de los proyectos actuales.
- Reaccionar rápidamente al Mercado.  
Permiten a las empresas reaccionar con mayor rapidez a las necesidades del mercado. A medida que cobra más importancia la competencia basada en el tiempo, es fundamental el papel de las alianzas como elemento dinamizador en la gestión del elemento temporal.
- Aprender nuevos métodos.  
Permiten a las empresas abordar de frente cuestiones relacionadas con las diferencias entre los distintos sistemas de gestión, y a los directivos a tomar la iniciativa a la hora de aprender a convivir con esos sistemas y de aprender de ellos.
- Compartir los riesgos de un Proyecto  
Permite la reducción del riesgo en operaciones, esto debido a que la alianza permite que cada socio se enfoque en su propia área, reduciendo así la posibilidad de fracasar. Que aún si se llegara a fracasar, los socios comparten las consecuencias y el costo, siendo menor el daño que si hubiera sido realizado individualmente.

- Acceso y transferencia de tecnologías.

Permite tener acceso a tecnologías avanzadas ya que los socios en las alianzas estratégicas son generalmente seleccionados por contar con grandes aptitudes y tecnología avanzada para desenvolverse en su área. Por lo tanto es de esperarse que las aptitudes de los socios sean las más avanzadas en su área. Las alianzas estratégicas proporcionan la oportunidad de acceder a y aprender de las tecnologías de los socios. Ésta es una de las razones más importantes por las que se busca formar Alianzas Estratégicas.

- Incursionar y posicionarse en mercados extranjeros.

La necesidad de hacer alianzas puede fundamentarse en lograr un crecimiento a nivel internacional, a través de cooperaciones con empresas de los países anfitriones, para el intercambio de recursos y facilitar su introducción a dicho mercado.

- Asociación Permanente

En base a los resultados obtenidos en un proyecto realizado mediante el esquema de una alianza estratégica, las empresas participantes podrán asociarse permanentemente para crear sinergia y poder acceder a otros mercados en donde la asociación pueda competir para la obtención de proyectos

### **2.3.2 Desventajas**

Antes de entrar a una alianza, hay también riesgos que las compañías deben considerar. A continuación se mencionan los riesgos más importantes en una alianza.

- Comportamiento oportunista.

Es el incumplimiento de lo acordado o el intento de aprovecharse más allá de lo pactado.



- **Riesgo tecnológico.**  
La alianza puede llevar a disipación de las ventajas estratégicas si los socios logran apropiarse de su tecnología clave.
  
- **Riesgo cultural.**  
Un problema que se puede presentar es que las diferentes culturas y ambientes operativos de los socios se muestren incompatibles, ocasionando problemas internos en la empresa.
  
- **Riesgo político.**  
Adoptan formas que varían desde controles de moneda fuerte a expropiación, desde cambios en las leyes de impuestos a requisitos para producción local adicional o caros equipos de control de polución.
  
- **Riesgo competitivo.**  
A menos que se comprenda el valor estratégico a largo plazo de la alianza, se sentirán frustraciones cuando resulte no ser un modo económico y fácil de responder de inmediato a las incertidumbres generadas por la globalización.

## ***2.4 Recomendaciones para una Alianza Estratégica exitosa***

### **1. Selección del socio.**

Uno de los factores claves para hacer que una alianza estratégica funcione consiste en seleccionar el tipo apropiado de socio. Este socio tiene tres características importantes:

- Debe ser capaz de ayudar a la compañía a lograr sus metas estratégicas; el socio debe tener capacidades valiosas para la compañía que ésta no posee.

- El socio debe compartir la visión de la compañía en cuanto al propósito de la alianza.
- No debe existir probabilidad de que uno de los socios trate de explotar en forma oportunista la alianza para sus propios fines, expropiando a la compañía de su know-how tecnológico, mientras le proporciona muy poco a cambio. A este respecto, las compañías que tienen reputación de mantener un juego limpio probablemente constituyen los mejores socios para las alianzas.

Una compañía debe emprender una investigación amplia de candidatos potenciales para la alianza antes de escoger un socio. Debe realizar una ponderación de criterios diversos, como son: solidez financiera, solvencia patrimonial, experiencia y tradición, afinidad competitiva, tipo de organización, nivel de tecnología, cultura organizacional, conocimiento de los dueños, entre otros factores.

## 2. Estructura de la Alianza.

Una alianza estratégica debe ser construida por partes, asegurando que todos los elementos que se requieren vayan quedando bien fundamentados. Si alguno de estos falla, es muy posible que la alianza vaya a presentar dificultades tarde o temprano.

Una alianza estratégica ante todo debe tener una absoluta claridad frente a sus objetivos. En esta etapa es fundamental asegurar que existe una alineación de las partes frente a la visión de la alianza y los pasos en el tiempo para lograr esta visión. Además, es fundamental asegurar que los límites a la alianza y a las contribuciones de los socios queden adecuadamente definidos. Esta alineación de objetivos podrá plasmarse en un plan de negocios para la alianza, en el cual quede claramente establecido el potencial de creación de valor que se puede lograr.

Una vez establecidos los objetivos de la alianza, se debe comenzar el debate de cuál debe ser la estructura de gobierno de la alianza, tanto en cuanto a los accionistas como a la gerencia. En esta fase de la estructuración de la alianza es fundamental debatir de qué manera se tomarán las decisiones críticas para el funcionamiento de la alianza en el futuro. Por ejemplo, quién y cómo tomará la decisión de expandir la capacidad o de entrar a nuevos mercados. Cuantas más situaciones se prevean y se debatan antes de lanzarse a la alianza, menores serán los dolores de cabeza durante su ejecución y más exitosa será la alianza.

### 3. Manejo de la Alianza

Un ingrediente importante parece ser la sensibilidad a las diferencias culturales. Las diferencias en el estilo de administración a menudo pueden atribuirse a las divergencias culturales. Los gerentes necesitan hacer concesiones para tales diferencias cuando traten con su socio. Además, manejar en forma exitosa una alianza implica generar relaciones interpersonales entre los gerentes de diversas compañías.

Un importante factor que determina cuánto gana una compañía a partir de una alianza lo constituye su habilidad para aprender de los socios.

## ***2.5 Ejemplos de Alianzas estratégicas***

### **2.5.1 CIISA**

En septiembre del 2002 la Comisión Federal de Electricidad (CFE) convocó a la licitación pública internacional para la Construcción del Proyecto Hidroeléctrico “El Cajón”. Se inscribieron cerca de 30 empresas entre nacionales y extranjeras.

El Cajón se encuentra localizado en el Estado de Nayarit, a 47 Km. en línea recta al este de Tepic y forma parte del Sistema Hidrológico del río Santiago. Su construcción tuvo una duración de 52 meses. La cortina es de 188 m de altura, la casa de máquinas es subterránea, equipada con 2 turbinas tipo Francis de 375 MW cada una, y el vertedor está compuesto por 2 canales a cielo abierto.

El contrato del proyecto hidroeléctrico El Cajón consistió en la Ingeniería, procuración y construcción de las obras civiles para una presa de enrocamiento con cara de concreto, obras electromecánicas y obras asociadas, incluido el montaje, pruebas y puesta en servicio de dos unidades turbogeneradoras garantizando una capacidad instalada de 750 MW.

Con un costo superior a los 800 millones de dólares, El Cajón fue la primera Obra Pública Financiada en México. Bajo este esquema, el contratista debe obtener el financiamiento por el monto total de la obra y el cliente pagará hasta la culminación del proyecto, en el caso de El Cajón después de 52 meses. Durante ese periodo, se consolidará el proyecto en los estados financieros del contratista. El contrato también implica la creación de un fondo de retención, el cual se liberará hasta la entrega y cobro total del proyecto.

A fin de mejorar su posición competitiva en licitaciones para proyectos tan grandes como lo fue El Cajón, ICA, al igual que muchas empresas de la industria de la construcción, busca hacer equipo con líderes de la industria que tengan experiencia específica para cada proyecto en el que participa. La empresa ICA se ha venido consolidando como un socio natural en proyectos de ingeniería y construcción para participantes internacionales que buscan invertir en proyectos de gran escala en México.

ICA formó el consorcio “Constructora Internacional de Infraestructura S.A. de C.V.” (CIISA) con otras dos empresas para entregar una de las tres propuestas, que

finalmente fueron presentadas a la CFE, y que resultó ser la ganadora según el fallo emitido en marzo de 2003.

El consorcio “Constructora Internacional de Infraestructura S.A. de C.V.” (CIISA) fue formado de la siguiente manera:

<b>Consorcio CIISA</b>	<b>%</b>
ICA	61
La Peninsular	20
Energo	19

ICA la empresa de ingeniería, procuración y construcción más grande de México, fue fundada en 1947 y ha realizado obras de construcción e ingeniería en 21 países. Las principales unidades de negocios de ICA son Construcción Civil y Construcción Industrial. A través de varias subsidiarias, ICA también desarrolla vivienda, administra aeropuertos y opera túneles, autopistas y servicios municipales bajo títulos de concesión y cesiones parciales de derechos.

La Peninsular Compañía Constructora, S.A. de C.V. es una sociedad mexicana constituida en 1978, filial de la empresa mexicana La Nacional, S.A. de C.V., cuenta con amplia experiencia en la construcción.

Energomachexport Power Machines es la empresa rusa líder en la venta de equipos para la procuración, transmisión y distribución de energía eléctrica, así como para el bombeo de gas, equipo de transporte y ferrocarril. Cuenta con 35 años de experiencia en el desarrollo de complejos proyectos de generación de energía y con operaciones a nivel mundial.

Como ya se mencionó anteriormente, una de las razones por las que las compañías realizan alianzas estratégicas es para facilitar la obtención de créditos. En el caso del

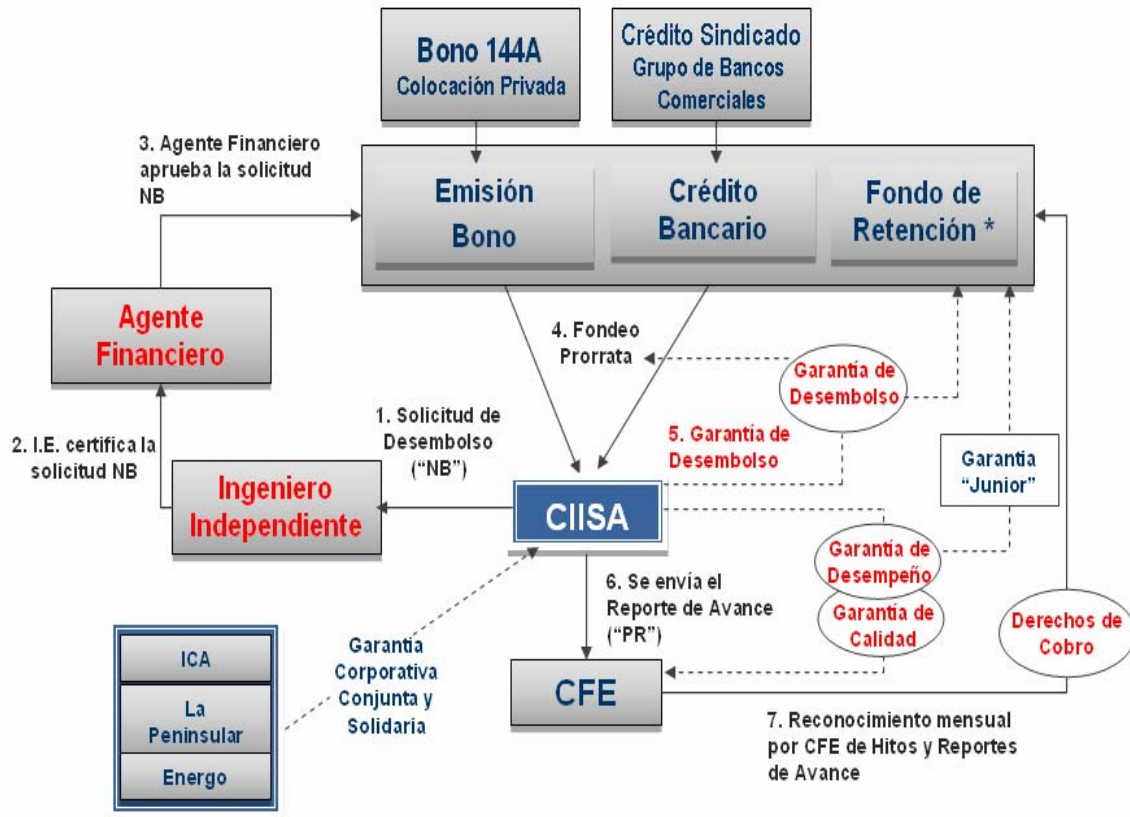
financiamiento para El Cajón, CIISA obtuvo un crédito a largo plazo en el primer trimestre de 2004, consistente en un préstamo sindicado de \$452.4 millones de dólares y la emisión de un bono por \$230 millones de dólares. El Financiamiento a largo plazo exigía que CIISA obtuviera \$26 millones de dólares en cartas de crédito para utilizarse como garantía del financiamiento.

Otra razón de la alianza estratégica, por ejemplo, es que ICA no posee la tecnología ni la experiencia en el área de la generación de energía, consiguiendo con la alianza que “Energomachexport Power Machines” fuera el encargado de esta área del proyecto ya que el contrato con CFE incluía, además de la obra civil, la prueba y puesta en marcha de dos turbinas.

La estructura financiera del P.H. El Cajón se muestra en el siguiente esquema:

## Hidroeléctrica El Cajón

- Estructura Financiera



### 2.5.2 Soriana – Banamex

En el verano de 2006, los directivos de Soriana afinaban detalles para lanzar al mercado una cuenta de ahorro que complementara los servicios de crédito que ofrece en sus tiendas. Cuando Soriana negociaba con una entidad financiera un convenio para lanzar el servicio, Wal-Mart de México anunció, a principios de agosto, que había solicitado a las autoridades una licencia para operar un banco.

Tres meses después, la Secretaría de Hacienda otorgó a Wal-Mart la licencia bancaria, al igual que a otras dos empresas comerciales: Chedraui y Coppel. Ante este escenario, Soriana, la segunda mayor cadena de supermercados del país, tuvo que modificar sus planes. Esto llevó a Soriana a replantear lo que ya estaba casi listo, obligándolos a comenzar de cero otra vez y analizar qué tipo de servicios financieros podían ofrecer para ser competitivos.

La cadena convocó a siete instituciones financieras para que le presentaran propuestas de asociación, a fin de ofrecer servicios bancarios. También contrató a un despacho de consultoría para que perfilara un escenario hipotético de un banco operado por Soriana. Tras siete meses de análisis, Soriana anunció su nuevo plan: una alianza estratégica con Banamex para crear una Sociedad Financiera de Objeto Múltiple (sofom), que requeriría de una inversión conjunta de 100 millones de dólares. El acuerdo le permitirá entrar de manera ágil en el rubro de servicios bancarios con productos de captación y crédito, y, al mismo tiempo, no descuidar su negocio principal.

Una Sociedad Financiera de Objeto Múltiple (sofom), es una nueva figura jurídica a través de la cual se podrán efectuar en una sola empresa las operaciones que vienen efectuando las instituciones de arrendamiento financiero, de factoraje financiero y las sociedades financieras de objeto limitado (sofoles). A través de esta nueva figura se podrá gozar de las mismas ventajas que actualmente ofrecen estos tres tipos de instituciones, pero sin tener que obtener una autorización previa por parte de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) y sin tener que apegarse a las regulaciones de la Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV), siempre y cuando sean entidades no reguladas que representen una carga administrativa y financiera importante debido a la generación de reportes constantes que deben presentarse a dicha Comisión, costos de supervisión que se deben cubrir, etcétera.

La anécdota ilustra en qué grado se ha intensificado la competencia entre las cadenas comerciales y de autoservicios por ofrecer servicios financieros a sus clientes. De los 12



nuevos bancos que autorizó el gobierno en 2006, cuatro están vinculados con una cadena comercial: Banco Ahorro Famsa, Banco Wal-Mart Adelante, Banco Fácil (Chedraui) y BanCoppel. Desde entonces, varias cadenas han manifestado su interés por subirse al tren de los servicios financieros y, para ello, exploran diversas fórmulas.

Soriana fue la primera cadena en asociarse con un banco para formar una sofom; Gigante dijo que buscaría establecer una alianza con una entidad financiera; así como también, Farmacias del Ahorro anunció que pidió autorización para un banco.

Las cadenas comerciales incursionan en este rubro, atraídas por el potencial de negocio que brinda la bancarización de la población de menores ingresos (segmentos socioeconómicos C, D y E).

Según la Asociación de Bancos de México (ABM), en el país existen alrededor de 44 millones de personas con ingresos de entre 2,000 y 8,000 pesos mensuales que no tienen relación con la banca.

Los nuevos bancos buscan emular la estrategia exitosa de Banco Azteca, pionero en la banca de retail y que actualmente representa casi la mitad de los ingresos de Grupo Elektra.

El gobierno, por su parte, impulsa la creación de nuevos bancos para aumentar la penetración de la banca en la economía y fomentar la competencia en el sector. Tan sólo cinco bancos concentran 80% de los depósitos en el país.

Por esto es que Soriana ha buscado la alianza con Banamex, combinando la experiencia financiera de Banamex, con la capacidad comercial de Soriana, para ofrecer créditos y productos de ahorro a los más de 25 millones de clientes que acuden mensualmente a sus tiendas, muchos de los cuales no tienen cuentas bancarias.

Las nuevas tarjetas Soriana serán de uso exclusivo en sus tiendas, mientras la Sofom espera recibir autorización del Gobierno mexicano. La minorista puede comenzar a ofrecer crédito al consumo gracias a la alianza con Banamex, que tiene permiso para operar estos servicios.

A partir de Agosto de 2007 Soriana lanzó en sus 240 tiendas en el país una nueva tarjeta de crédito, su primer servicio financiero en alianza con Banamex, en busca de ganarle el paso a su rival Wal-Mart en la carrera por clientes de bajos ingresos.

La alianza espera ser rentable en su segundo año de operación, mucho más rápido que el nuevo banco de la líder minorista, Wal-Mart de México (Walmex), que abrió su primera sucursal bancaria a finales de 2007 y comenzará a recibir utilidades hasta el 2011.

La alianza favorece a Soriana sobre Wal-Mart que es la compañía con más recursos de todo tipo, pero dado que desarrollará solo su banco, no puede descartarse que al menos inicialmente la dirección de la empresa se vea obligada a dividir su tiempo.

## **CAPITULO III**

### **DESCRIPCIÓN DE UNA PLANTA CRIOGÉNICA**

### **3.1 Generalidades**

En los últimos años, a propósito del gas natural se hace referencia frecuentemente a las plantas criogénicas. Sin embargo, muchos no tenemos claro qué proceso, por qué y para qué se usa esta tecnología, y cuales son sus alcances. Por ello, buscaremos explicar de forma sencilla lo que implica el proceso de la criogenia, sus características y otros datos de importancia.

#### **3.1.2 La criogenia**

La criogenia o ultra frío, es una técnica utilizada para enfriar materiales a temperaturas muy bajas - como la temperatura de ebullición del nitrógeno (-195.79 °C) e incluso más bajas. Para lograr estas temperaturas se usan diversos productos siendo los más conocidos el nitrógeno y el helio. La criogenia tiene una gran variedad de aplicaciones, entre las que podemos destacar el procesamiento de metales y de hidrocarburos, el almacenamiento o preservación de vacunas, alimentos u otros insumos, y a futuro – actualmente en investigación - la posibilidad de criogenizar personas con el fin de acceder en el futuro a curas de males que los aquejan.

Su uso en la industria de los hidrocarburos se ha incrementado en los últimos tiempos con especial interés en el gas natural, ya que los procesos criogénicos han permitido que el gas natural pueda ser licuefactado y, por ende, transportado mediante buques especialmente acondicionados a destinos muy lejanos.

#### **3.1.3 Las plantas criogénicas y los hidrocarburos**

En términos muy sencillos, una planta criogénica es un complejo industrial que hace uso de procesos criogénicos, es decir, de procesos de enfriamiento a muy bajas temperaturas para conseguir objetivos determinados.

En el procesamiento de hidrocarburos, una planta criogénica puede ser usada para:

1. Separar el gas natural de sus líquidos
2. Licuefactar el gas natural con la finalidad de hacer viable su transporte a puntos lejanos.

Pero para entender un poco más acerca de estos dos procesos, pasemos a describirlos brevemente:

### **1. Separación del gas natural de sus líquidos.**

El gas natural, al igual que el petróleo, es una combinación de hidrocarburos. En un yacimiento de gas natural es posible encontrar gas natural combinado con petróleo, con otros hidrocarburos e incluso en algunos casos con agua.

No obstante, para que el gas natural extraído del yacimiento pueda ser usado por los consumidores finales este debe pasar por un proceso para obtener lo que se conoce como gas natural seco, es decir, un gas natural al cual se le han extraído ciertos componentes que en conjunto formarán lo que se conoce como líquidos de gas natural.

Existen 3 tipos de procedimientos para realizar esta separación: el de absorción, el de refrigeración y el de criogenización, siendo este último el más eficiente aunque es un poco más costoso que las opciones anteriores.

Aun cuando el proceso de criogenización para la separación del gas natural de sus líquidos es un proceso complejo, presentamos una breve descripción del proceso:

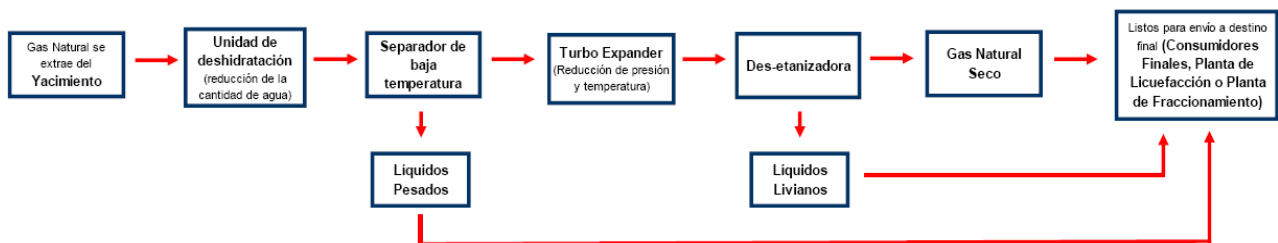
Una vez extraído el gas natural (compuesto de metano, etano y líquidos en fase vaporizada) del yacimiento, el producto es trasladado hasta la unidad de deshidratación,

en la cual se reduce la cantidad de agua presente en él a pequeñas cantidades (incluso partículas por millón).

Seguidamente, el gas natural pasa a un separador de baja temperatura, del cual se obtiene como resultado final gas natural húmedo por un lado y los líquidos más pesados de gas natural por otro.

El gas natural húmedo es enviado a una des-etanizadora tras haber pasado por un “Turbo Expander” en el cual se reduce la presión y la temperatura del mismo. Producto de este proceso se obtienen el gas natural seco y líquidos livianos de gas natural.

El gas natural es reducido en volumen para poder ser enviado a su siguiente destino. Por su parte los líquidos de gas natural resultantes están listos para ser enviados a almacenar, o en caso contrario, para ser enviados a la planta de procesamiento respectiva.



## 2. Licuefacción del gas natural.

Tras la separación del gas natural de sus líquidos, éste puede ser enviado directamente en fase gas para su uso directo por industrias y otros usuarios, o puede tener como destino la exportación a otro país.

No obstante, el gas natural es poco denso y ello dificulta su transporte para ser exportado desde el lugar donde fue extraído hasta el lugar en el que finalmente será consumido. Por este motivo, el gas natural debe ser comprimido en estaciones de

compresión que se intercalan a lo largo de los gasoductos o licuefactado en plantas especiales, con la finalidad de aumentar su densidad (hasta en 600 veces, en el caso de la licuefacción) y hacer su transporte física y económicamente viable.

En estos procesos se usan sistemas criogénicos en la medida en que son llevados a cabo a temperaturas muy bajas. El gas natural para ser licuefactado es sometido a temperaturas de hasta  $-163.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Así, para que el gas natural pueda ser licuefactado tiene que pasar por los siguientes procesos:

El gas natural proveniente del yacimiento es recibido en la planta de licuefacción y posteriormente es enviado a una columna de aminas en la cual se remueve el dióxido de carbono –así como otros compuestos que pudiesen estar presentes- para evitar que este pueda causar problemas en los procesos posteriores.

Posteriormente, el gas natural es enviado a una unidad de deshidratación para secar el gas hasta que contenga menos de 1 parte por millón de agua en volumen, y con ello evitar su posible congelamiento en los procesos posteriores.

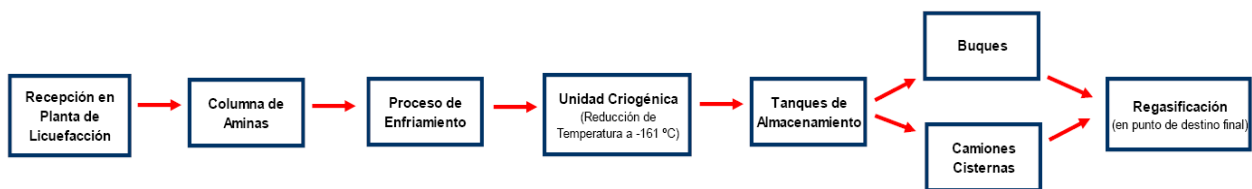
Una vez deshidratado el gas natural pasa a una unidad en la cual se inician los procesos de pre-enfriamiento utilizando fluidos frigoríficos como el propano, en ciclos termodinámicos de refrigeración.

Seguidamente, el gas natural pasa a la unidad criogénica, en la cual su temperatura se reduce considerablemente - hasta  $-161\text{ }^{\circ}\text{C}$  que es la temperatura en la cual el metano, principal componente del gas natural, se convierte en líquido - hasta ser condensado por medio de otro ciclo de refrigeración.

Finalmente, el gas natural en forma líquida es enviado a los tanques de almacenamiento a una temperatura aproximada de  $-163\text{ }^{\circ}\text{C}$  y con una presión de 1,08

bar esperando a que sean embarcados en buques especiales o camiones cisterna que cuentan con sistemas que permiten mantener la temperatura y características del gas natural líquido hasta que llegan a su punto de destino.

Es importante mencionar, que una vez que el gas en forma líquida llega a su destino final es regasificado de acuerdo a las características particulares de las empresas a las cuales estará dirigida la venta, y sólo de este modo está listo para ser usado.



### ***3.2 Descripción del Proceso Criogénico de Turboexpansión***

El proceso criogénico se utiliza en la industria petroquímica con la finalidad de separar los hidrocarburos ligeros de los pesados provenientes de una corriente de gas seco dulce.

El proceso criogénico que más se utiliza en la industria petroquímica es el que se lleva a cabo por Turboexpansión. Consiste básicamente en enfriar la corriente de gas seco dulce (previamente deshidratada) por medio de un tren de intercambiadores de calor. Posteriormente se expande esta corriente a través de una turbina y se envía hacia una torre desmetanizadora donde se lleva a cabo la separación de hidrocarburos. Por el domo de la torre se obtiene gas residual que consiste en los hidrocarburos ligeros, y por el fondo de ella se obtienen los hidrocarburos condensables, que son los pesados.



### **3.2.1 Complejo de procesamiento de gas natural**

Para que el gas obtenido del subsuelo sea procesado es preciso un “Complejo de Procesamiento”, siendo el proceso criogénico una de las etapas finales y la más importante.

Las etapas que integran un complejo de procesamiento de gas natural típico son las siguientes:

- a) Endulzamiento de gas.
- b) Recuperación de azufre
- c) Deshidratación de gas húmedo dulce
- d) Proceso criogénico
- e) Almacenaje y distribución de los productos.

#### **a) Endulzamiento de gas**

La etapa de endulzamiento de gas es donde se separan los indeseables del gas que proviene de los yacimientos (gas amargo) para producir gas húmedo dulce. Esto se logra retirando los compuestos como azufre ( $H_2S$ ) y  $CO_2$  y  $H_2O$ , mezcla llamada gas ácido.

El proceso de endulzamiento se lleva a cabo regularmente con un proceso llamado Girbotol, consistente en absorber los contaminantes con una solución acuosa de Monoetanolamina (MEA) y Dietanolamina (DEA).

#### **b) Recuperación de azufre**

Esta etapa consiste en pasar de  $H_2S$  a S, mientras se remueve el  $CO_2$  de la corriente de gas ácido. De esta forma se reduce el azufre (S) a su forma elemental con una mayor facilidad de manejo.

### **c) Deshidratación**

Etapa donde se elimina la humedad contenida en el gas. Con el fin de no producir hidratos sólidos en los procesos subsecuentes. Estos hidratos afectan al proceso ya que generan corrosión y hacen que el flujo de producción sea más lento. El proceso de deshidratación se realiza absorbiendo la humedad del gas húmedo dulce con Dietanoglicol (DEG)

### **d) Proceso criogénico**

Esta etapa procesa el gas seco dulce proveniente de la etapa de deshidratación. Un proceso criogénico tiene por objetivo separar hidrocarburos pesados de hidrocarburos más ligeros por medio del enfriamiento. Radica básicamente en enfriar y expandir el gas seco dulce. Para separar los hidrocarburos ligeros de los pesados se ocupará una torre desmetanizadora.

### **e) Almacenamiento y distribución**

Una vez obtenidos los productos son colocados en pipas para ser llevados a los consumidores, o también son enviados a través de gasoductos a otros procesos que requieren del NGL o los hidrocarburos condensables.

## **3.2.2 Proceso criogénico de turboexpansión**

Dentro de los procesos criogénicos relacionados con la industria de tratamiento de gas se pueden mencionar los siguientes:

- Turboexpansión
- Expansion Joule-Thomson (J-T)
- Refrigeración en cascada
- Refrigeración Multicomponente (MCR)

Debido a factores económicos y operacionales el proceso de turboexpansión es el más utilizado para la recuperación de etano. Especialmente cuando el gas húmedo dulce, proveniente de la planta endulzadora de gas se alimenta a presiones de 500 psi.

El diagrama de flujo de la Fig. 3.2.1 muestra de manera simplificada cómo funciona una planta de extracción de gas líquido por turboexpansión.

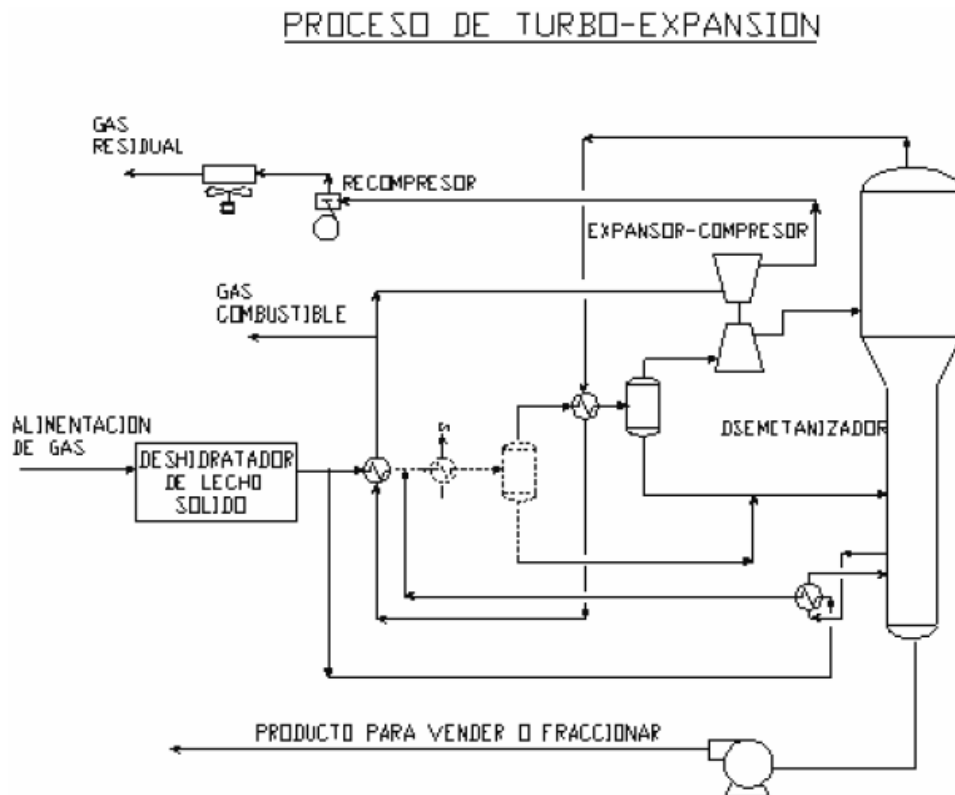


Figura 3.2.1 Proceso Criogénico de Turboexpansión

El principal factor operacional por el cual empleamos el proceso de turboexpansión obedece a que el gas expandido a través de una turbina produce una temperatura final significativamente más baja que cuando es expandido a través de una válvula (Expansión J-T) a una misma relación de expansión.

La mayoría de las plantas instaladas durante los últimos 30 años y basadas en procesos de turboexpansión, utilizan una configuración llamada Industry-Standard Single-stage, (ISS), cuya función es recuperar cantidades moderadas de entre 70 y 80 % de etano. Este diseño de plantas no funciona eficientemente dado que lo deseado es desechar el etano, y dicho diseño raramente excede el 85% de propano recuperado con un porcentaje de etano recuperado de entre 25% y 50%. Esta flexibilidad de operación es un aspecto importante en tanto afecta los costos de producción, como se verá más adelante, de ahí la importancia en modificar el proceso criogénico típico.

El problema de este arreglo de proceso es debido a la falta de capacidad del reboiler al momento de forzar a la planta, cuando lo deseado es reducir el etano recuperado y mantener un nivel adecuado de propano recuperado.

No obstante, si lo que se busca es incrementar el etano recuperado como líquido, surge un nuevo problema, al no poder incrementar la extracción de etano debido a las limitaciones de la potencia del compresor.

### **3.2.2.1 Filosofía operacional (flexibilidad operacional)**

El enfriamiento del gas dulce seco se lleva a cabo haciéndolo pasar por un tren de enfriamiento y después por una turbina. Enseguida se envía a una columna de absorción, donde se lleva a cabo la separación de hidrocarburos. En la sección de rectificación de la columna se obtiene gas residual que en su mayoría es NGL mientras que en la sección del fondo se obtienen los hidrocarburos condensables como etano y propano. Si lo requerido es obtener gas natural como gas residual, entonces se trata de una columna demetanizadora, pero si la pretensión es desechar etano por esta misma vía se trata de una columna demetanizadora.

Para poder obtener metano en fase líquida es necesario licuarlo, llevándolo a su temperatura de ebullición (-161°C a 1 atm.), pero en caso de aumentar esta temperatura, el metano pasa a un estado gaseoso que impide sea recuperado como

líquido en el fondo de la columna, escapando como gas por el domo y permitiendo recuperar etano en el fondo. De forma semejante si la temperatura de ebullición del etano (-89° C) se supera, éste escapa por el domo, recuperando propano en el fondo. Esto encuentra su razón en que este último componente es el siguiente hidrocarburo que puede mantenerse licuado y sin bullir.

Operacionalmente cuando lo deseado es desechar al máximo el etano como gas residual por el domo de la columna demetanizadora, existe el riesgo de que el etano arrastre al propano, sacrificando la recuperación de éste último en el fondo. Para recuperar más propano la eficiencia de la operación se ve obligada a bajar, corriendo el riesgo ahora de aumentar la concentración de etano en el propano recuperado.

Es importante hacer notar que a medida que los hidrocarburos se vuelven más pesados la temperatura a la cual se licuan (temperatura de ebullición) aumenta, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Compuesto	Temperatura de Ebullición (°C)
Metano	-161
Etano	-89
n-Propano	-42
n-Butano	-0.5
n-Pentano	36
n-Exano	69
n-Heptano	98
Nitrógeno	-192
Dióxido de Carbono	-78.5

Tabla 3.2.1 Temperatura de ebullición a 1atm de hidrocarburos ligeros

Normalmente la alimentación a una planta criogénica de gas dulce seco, tiene cantidades de CO<sub>2</sub> que representan un problema para el proceso, pues impide licuar los hidrocarburos en la sección de enfriamiento del proceso.

El CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) es un gas que contamina el proceso porque al mantenerse a una temperatura inferior de -89°C (a presión atmosférica) se encuentra en estado líquido, siendo estas mismas condiciones en las que está líquido el metano y/o etano en el fondo de la columna. De otra forma, al superar su temperatura de ebullición escaparía por el domo junto con el hidrocarburo ligero que desee obtenerse, sin mantenerse líquido en el fondo de la columna.

### **3.2.2.2 Factores económicos del proceso**

#### **a) Equipo**

Económicamente un sistema de turboexpansión típico es atractivo en tanto utiliza la energía de una corriente de gas, reduciendo su presión para obtener un enfriamiento y producir energía recuperable en el compresor del mismo proceso. Esta disminución de temperatura incrementa la eficiencia termodinámica y simultáneamente provee una energía útil que puede suplir a los impulsores mecánicos (compresor) en lugar de consumir combustible.

El costo útil del expansor de la planta es superior al compresor de gas residual, y en algunos casos, mayor a un precompresor de gas a la entrada. Otros equipos dentro del proceso criogénico que comparativamente consumen menos energía, son el enfriador para el gas comprimido, el cual puede ser un solo aire, una bomba de producto y algunas fuentes de calor para la regeneración del deshidratador. El uso de propano como servicio de refrigeración alternativo para el expansor (línea punteada) implica un consumo de combustible alto, aunque se ve compensado al reducir la potencia requerida para la recompresión y un subsiguiente consumo del combustible.

Los equipos de remoción de CO<sub>2</sub> pueden incrementar significativamente el costo de inversión de la planta, sin embargo, puede dar una ventaja significativa en el costo de operación del proceso. De esta manera la implementación de procesos tolerantes al CO<sub>2</sub> en la sección de recuperación de líquidos es una ventaja considerable.

## **b) Operación**

La utilidad máxima del proceso criogénico está sujeta a disposición de los cambios de las condiciones del mercado de etano. Cuando el precio de este producto es bajo, lo recomendable es desecharlo como gas residual, para que pueda utilizarse como combustible (aprovechando su alto poder calorífico); pero si su precio es alto, es preferible recuperarlo como líquido con el mayor grado de pureza posible, para ser ocupado en otros procesos industriales.

El costo del proceso está en función de los costos de operación y de la flexibilidad de operación. La selección de un proceso de recuperación de líquidos adecuado es el factor determinante de los costos de operación, no obstante, el factor crítico para determinar la utilidad del proceso es en base a la flexibilidad de operación del proceso, ya sea para recuperar o desechar etano sin sacrificar la eficiencia de recuperación de propano (puesto que el valor del propano líquido ha sido casi siempre más alto que su valor como gas para quemar).

Cuando el etano sube de valor los periodos generalmente se ven acompañados de una depreciación de gas natural, propano y otros hidrocarburos más pesados. Así también, hay procesos que requieren mayor porcentaje de pureza del etano recuperado, esto hace necesario que las tecnologías criogénicas cumplan con otra característica, es decir, que sean tolerantes a uno de los contaminantes menos deseados, el CO<sub>2</sub> (Dióxido de Carbono), el cual impide licuar los hidrocarburos en la sección de enfriamiento del Proceso.

### **3.3 Tecnologías criogénicas**

A fin de obtener una mejora operacional en los procesos criogénicos se debe contar con un abanico de tecnologías relativas al mejoramiento de este proceso, con este objetivo se enlistan a continuación una serie de tecnologías criogénicas en base al estado de arte.

Existe una variedad de tecnologías, tanto para obtener etano como gas residual, y así también para obtenerlo en el fondo de la torre; incluso para obtener propano en mayor proporción, ya sea por el domo o por el fondo de la torre; o para eliminar CO<sub>2</sub> en mayor cantidad. Dichas tecnologías han sido probadas y estudiadas ampliamente, obteniéndose resultados satisfactorios al ser aplicadas en plantas existentes y en plantas nuevas.

Hoy en día la flexibilidad operacional del proceso es un factor importante debido a que el precio del etano tiende a bajar o subir rápidamente. Si el precio del etano es alto conviene obtenerlo por el domo de la torre, y en caso de que sea bajo, es preferible obtenerlo por el fondo de la misma, para no gastar demasiada energía.

### **3.3.1 Tecnologías para plantas criogénicas**

Un licenciador es la persona o empresa que asegura el funcionamiento y cuenta con la tecnología más reciente sobre algún proceso o equipo utilizado en la industria. Actualmente algunos licenciadores de tecnologías criogénicas son:

- TECHNIP
- TOYO ENGINEERING CORP.
- CH2MHILL
- ORTLOFF ENGINEERS, LTD

Una tecnología es la configuración o arreglo de un proceso que determina un cambio en su estructura y en su funcionamiento. Las tecnologías de plantas criogénicas están orientadas a disminuir los costos de inversión junto con los de producción, y a maximizar la recuperación de los productos (metano, etano y propano principalmente).

Adicionalmente a estos aspectos, las tecnologías criogénicas deben cumplir con una flexibilidad de operación que les permita cambiar rápidamente de modo de recuperación de etano a recuperación de propano, dependiendo de las condiciones del mercado.



Para disminuir los costos de operación, actualmente los diseños de plantas criogénicas están divididos en dos categorías: eliminación de contaminantes (como gas residual) y recuperación de líquidos (por el fondo de la columna).

**a) Eliminación de contaminantes.**

La eliminación del CO<sub>2</sub> (sin sacrificar la recuperación de etano o propano) permite que no sean desperdiciados los líquidos recuperados, e impide afectar la operación de los equipos tras la formación de líquidos en la sección de enfriamiento. A pesar de que muchas compañías consumidoras de este combustible aceptan el gas natural con concentraciones altas de CO<sub>2</sub>, existen procesos a los que no les es permitido.

**b) Recuperación de líquidos.**

Este tipo de diseños es benéfico en los costos de operación y en la flexibilidad de operación. Es decir, se dispone con la facilidad de recuperar o recircular etano sin sacrificar la productividad de la planta. Actualmente la mayoría de tecnologías están orientadas en esta dirección.

A partir de la base operacional del proceso por turboexpansión han surgido una serie de tecnologías que derivan en diversas configuraciones de una planta criogénica. Por lo general estos métodos están basados en el concepto denominado Separador de Vapor, consistente en utilizar un reflujo en el domo de la columna que sirva para rectificar los vapores a la salida del expansor.

Dependiendo de la composición del gas dulce seco alimentado y de la eficiencia de los equipos, es posible obtener diversos porcentajes de recuperación de etano o propano. En la Tabla 3.3.1 se indican algunos métodos empleados para recuperar líquidos, algunos de ellos son mas usuales para recuperación de etano y otros para propano.

Proceso		Recuperación de C2		Recuperación de C3	
		Ultra-alta	Alta	Ultra-alta	Alta
GSP	Gas Subcooled Process		X		
CRR	Cold Residue Reflux	X		X	
RSV	Recycle Split-Vapor	X		X	
RSVE	Recycle Split-Vapor w/ Enrichment		X		
OHR	Over Head Recycle				X
SFR	Split-Flow Reflux		X	X	
IOR	Improved Overhead Recycle			X	
SCORE	Single Column Overhead Recycle			X	

Tabla 3.3.1 Procesos de recuperación de Líquidos.

La selección de la tecnología variará dependiendo de las condiciones operacionales y económicas, por tal razón a continuación se describen estos procesos, sus ventajas y desventajas, así como su configuración.

### 3.3.2 Procesos de recuperación de Etano

#### 3.3.2.1 Proceso GSP

La configuración denominada Proceso de Subenfriamiento de Gas (GSP: Gas Subcooled Process), es la más recurrente para operar en modo de recuperación de etano.

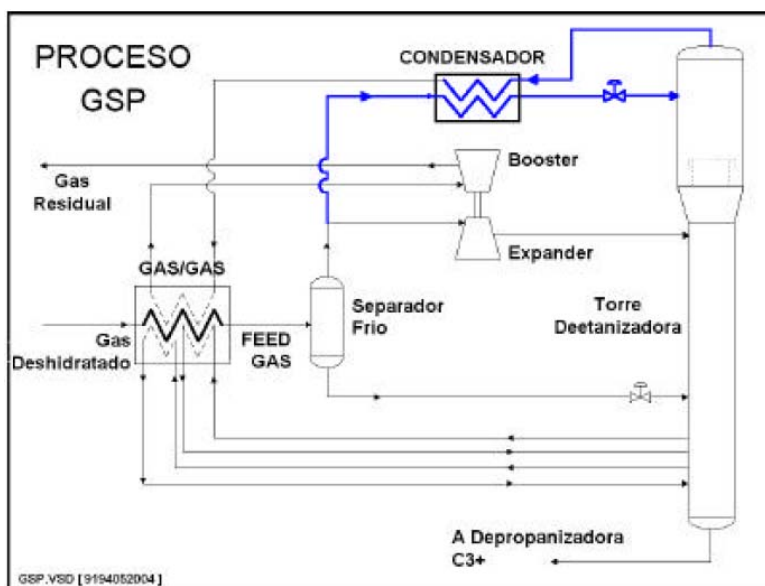


Figura 3.3.1 Proceso GSP

Este proceso consiste en condensar y subenfriar una porción de la alimentación de gas proveniente del tren de enfriamiento, para posteriormente flashearla a presión de operación de la torre y suministrarla en la parte superior de la misma. El resto de la alimentación del gas alimentado es expandido a una presión más baja, por ello comúnmente se usa un turboexpansor. Dicho equipo alimenta la corriente de vapor en uno o más puntos intermedios de la torre.

La función del reflujo de los líquidos fríos alimentados en la parte superior, es rectificar los vapores de la corriente que deja el expansor, y absorber los componentes de C<sub>2</sub>+ al momento de entrar en contacto por recuperación en el fondo de la torre como producto.

Este proceso es recomendado cuando la alimentación del gas contiene gran cantidad de CO<sub>2</sub>, debido a que las altas concentraciones de C<sub>2</sub>+ en los líquidos fríos ayudan a reducir la concentración de CO<sub>2</sub> en la parte superior de la torre (la sección de enfriamiento), permitiendo niveles de recuperación de etano más altos sin CO<sub>2</sub> licuado. También puede ser empleado para desechar etano, sin embargo, la eficiencia de recuperación de propano se ve afectada significativamente debido principalmente a la alta concentración de propano presente en la alimentación superior.

### 3.3.2.2 Proceso CRR

En cuanto al proceso de Reflujo de Residuo Frío (CRR: Cold Residue Reflux Process), éste mantiene las ventajas del diseño GSP gracias a que posee una corriente de reflujo adicional, esta corriente rectifica más eficientemente los vapores de la torre pues contiene metano casi puro, razón por la cual escaparán a través del cabezal de la torre sólo un poco de etano y pocos componentes más pesados.

Aunque la corriente flasheada proveniente de la Separación de Vapor no pueda licuar la corriente de metano puro a presión de operación del Demetanizador dado que no está totalmente enfriada, puede recurrir al uso de un pequeño compresor para impulsar una porción del cabezal de la torre a presiones un poco más altas. Luego entonces, lo anterior permite que el metano pueda ser condensado por la corriente flasheada del Separador de Vapor.

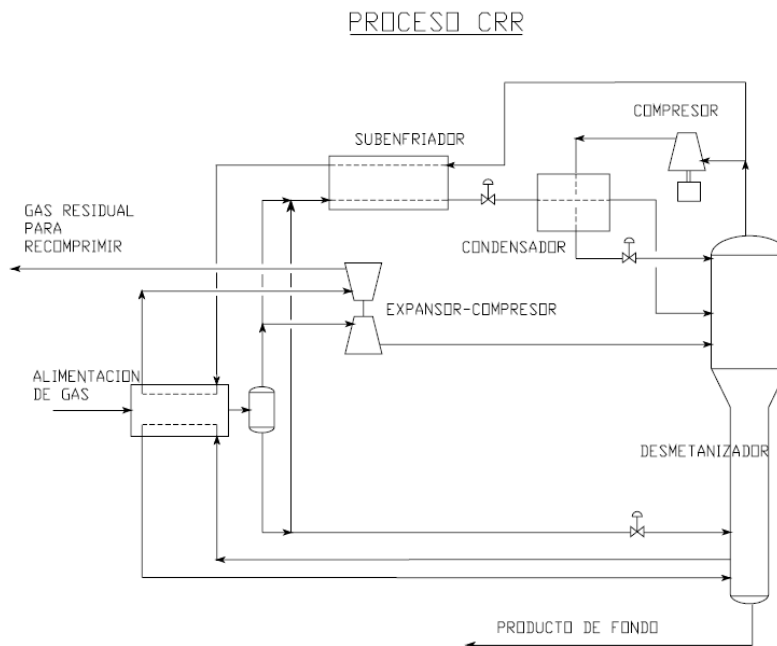


Figura 3.3.2 Proceso CRR

Después de realizar lo anterior es enviada la corriente de metano condensado a la parte superior de la torre, donde se encuentra la corriente de Separación de Vapor un poco caliente, esta corriente de separación es alimentada por una corriente inferior que la corriente de metano. Lo antes dicho permite que la alimentación de la Separación de Vapor recupere mayor cantidad de C2+ a través de la absorción de etano contenido en la salida de vapor de expansor, de manera que un reflujo mucho menor de metano puede rectificar el etano residual de los vapores de la sección más alta de la torre.

Este proceso puede recuperar hasta 99% de etano usando la misma potencia de recompresión del diseño GSP. Además tiene la ventaja de poder ser operado para desechar casi completamente el etano manteniendo una recuperación de propano de 99%.

### **3.3.2.3 Proceso RSV**

El proceso de Recirculación del Separador de Vapor (RSV: Recycle Split-Vapor) requiere menos capital de inversión y es casi igual de efectivo que el CRR en términos de recuperación. De igual forma, este proceso también usa la alimentación de separador de vapor para recuperar etano en grandes cantidades en la torre. La corriente de reflujo del metano se obtiene retirando una pequeña cantidad de gas residual recomprimido, para posteriormente ser condensado, subenfriado y flasheado a presión de la torre, alimentándolo en la parte superior de la misma. La presión más alta de la corriente de metano con respecto al CRR, permite que el gas del cabezal de la torre sea usado para la condensación y subenfriamiento, de forma que la alimentación de separador de vapor pueda ser alimentada directamente en la parte superior de la torre.

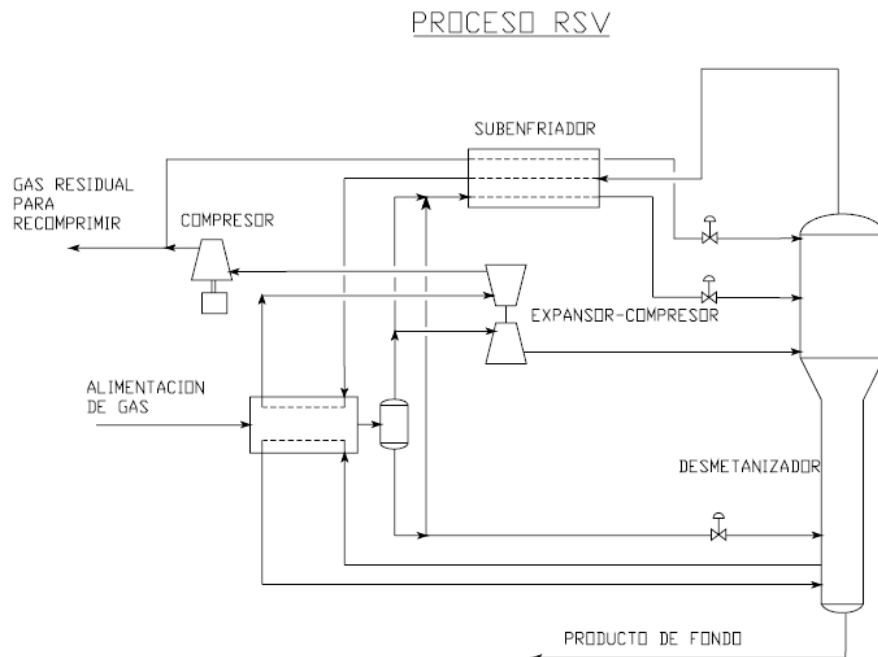


Figura 3.3.3 Proceso RSV

Condensar una porción de gas residual como reflujo a presión alta es un concepto similar al proceso de recirculación residual. Sin embargo, la combinación entre este reflujo y el proceso del Separador de Vapor requiere un potencial de compresión mucho más bajo para un nivel de recuperación, porque requiere un reflujo mucho más bajo para rectificar los vapores de la torre, debido a la recuperación en gran cantidad, la cual provee la alimentación del Separador de Vapor.

Puesto que el compresor principal del gas residual suministra la fuerza para la corriente de reflujo, no es necesario un compresor separador para la corriente de recirculación. Es decir, puede utilizarse un intercambiador de placa para enfriar tanto la corriente de reflujo como la alimentación del Separador de Vapor. Aún así el incremento de inversión en comparación al GSP es casi insignificante.

El proceso RSV es adecuado para recuperar y asimismo para desechar etano, facilitando un cambio rápido entre estos dos modos de operación de acuerdo con las modificaciones del mercado. Así también, posee la ventaja de poder ser operado en

modo GSP por discontinuidad del reflujó, permitiendo al procesador de gas operar a altos volúmenes de alimentación y niveles reducidos de recuperación de etano.

Tanto el proceso CRR como el RSV toleran más cantidades de CO<sub>2</sub> en relación al diseño de operación del GSP para un mismo nivel de recuperación de etano, esto a causa de que el diseño de reflujó puede ser operado a presiones más altas que el Demetanizador para niveles de recuperación dados.

#### **3.3.2.4 Proceso RSVE**

El proceso de Recirculación del Separador de Vapor con Enriquecimiento (RSVE: Recycle Split-Vapor with Enrichment) es una versión del proceso RSV.

De manera similar al diseño RSV, este proceso consiste en retirar una corriente de recirculación del recompresor de gas residual, pero a diferencia del RSV, el proceso RSVE es mezclado con la alimentación del Separador de Vapor antes de ser condensada y subenfriada, evitando por lo tanto, requerir un intercambiador separador o de otro tipo. Puesto que el contenido de etano de la alimentación superior de la torre es más rico que en el proceso RSV, al final la recuperación de etano es limitada para niveles ligeramente más bajos que para el proceso RSV, a causa del equilibrio termodinámico; sin embargo, la inversión tan baja requerida y la simplicidad relativa del proceso RSVE con respecto al RSV, justifica las pérdidas pequeñas de recuperación de etano para algunos proyectos.

Así como el proceso RSV, el RSVE puede ser operado eficientemente para desechar etano manteniendo una alta recuperación de propano. También puede ser operado en modo GSP en caso de existir más entradas de gas disponibles, permitiendo al procesador de gas maximizar la utilidad a costa de sacrificar pequeñas cantidades de etano recuperadas.

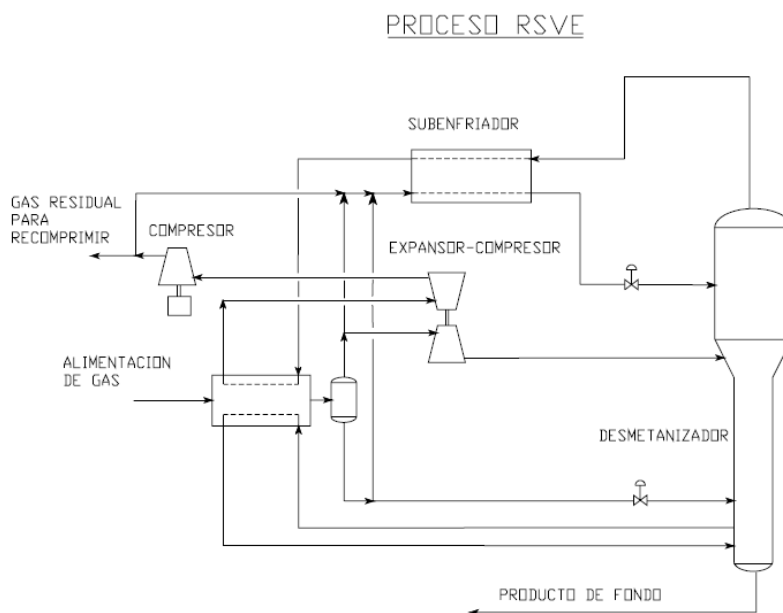


Figura 3.3.4 Proceso RSVE

Este proceso en comparación al CRR y RSV, tiene la ventaja de ser más tolerante al CO<sub>2</sub> operando a un mismo nivel de recuperación de etano. El enriquecimiento de la corriente de recirculación con hidrocarburos más pesados en la alimentación del separador de vapor, aumenta la temperatura del punto de burbuja de los líquidos en la sección superior del Demetanizador, alejando con ello las condiciones de operación de la torre de las condiciones de formación de sólidos de CO<sub>2</sub>. Como resultado un diseño RSVE puede tolerar concentraciones significativamente más altas de CO<sub>2</sub> en la alimentación que un diseño GSP, CRR o RSV para un nivel de recuperación de etano dado.

### 3.3.3 Procesos de recuperación de Propano

El uso indirecto de la refrigeración disponible de la corriente del Separador de Vapor del diseño GSP es una manera de mejorar la eficiencia de la recuperación. Sin embargo, esta configuración es limitada para recuperar niveles relativamente bajos de propano cuando la finalidad es desechar el etano, esto debido al equilibrio térmico de los hidrocarburos más pesados de la alimentación del Separador de Vapor en la sección



superior de la torre. Dado el panorama antes expuesto, los procesos que a continuación se exponen son recomendados para recuperar propano en la sección de fondos de la torre.

### 3.3.3.1 Proceso OHR

En caso de querer recuperar LPG, el Proceso de Recirculación en el Cabezal (OHR: OverHead Recycle Process) a menudo puede sustituir al GSP, aunque cabe señalar que dicho proceso también funciona para recuperar propano.

Típicamente emplea una configuración de dos-columnas, el vapor se retira por una corriente desde un punto intermedio de la torre de destilación compuesta, para después ser condensado y usado como reflujo en la sección superior de la torre compuesta. Esto produce que los líquidos fríos entren en contacto nuevamente, rectificando el vapor dejado por el expansor, de manera que se recupera por absorción el C3+ en el fondo de la segunda columna.

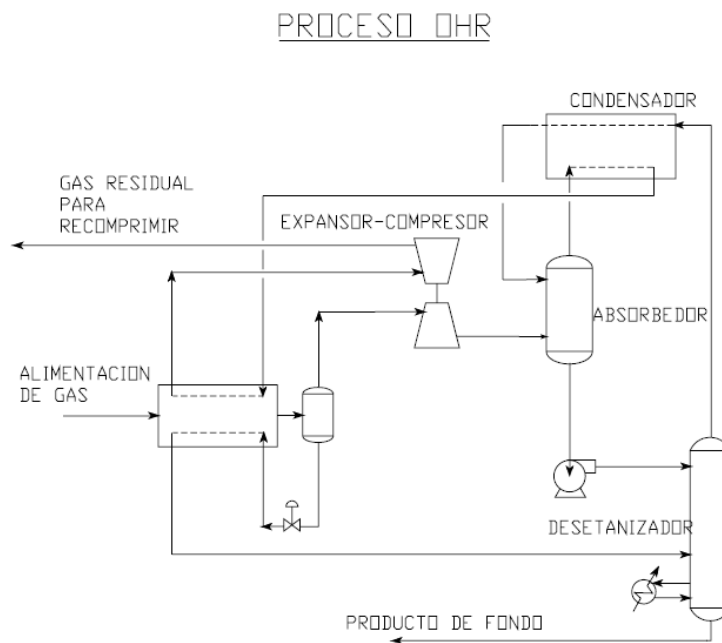


Figura 3.3.5 Proceso OHR

Sin duda, este proceso es más eficiente que el diseño de GSP en la recuperación de propano e hidrocarburos más pesados, no obstante, es inadecuado para recuperaciones altas de etano.

Así pues, dado que los procesos GSP y OHR son limitados para recuperar etano, existen otros métodos basados en el concepto del Separador de Vapor, que sirven tanto para recuperar etano como para desecharlo haciendo uso indirecto de la refrigeración disponible de la corriente del Separador de Vapor.

### **3.3.3.2 Proceso SFR**

El Proceso de Reflujo del Separador de Vapor (SFR: Split-Flow Reflux process) es un método que supera las limitaciones del equilibrio térmico a causa de la baja efectividad, originada por la baja temperatura de la alimentación del Separador de Vapor al momento de conservar propano en la torre, debido a que el contenido del vapor de propano en equilibrio con esta corriente es alto.

Opera usando la corriente del Separador de Vapor flasheada que es enviada a un intercambiador de calor para enfriar el cabezal de la torre y generar un reflujo, tal como se muestra en la Fig. 3.3.6.

De manera similar al proceso CRR, la corriente del Separador de Vapor flasheada se usa para enfriar el cabezal de la torre alimentada anteriormente en un punto intermedio de la torre; y ya que el cabezal de la torre contiene casi en su totalidad gas etano, éste es condensado a una temperatura bastante alta, suficiente para enfriar la corriente del Separador de Vapor. La condensación líquida del cabezal se separa y regresa a la parte superior de la torre como reflujo a fin de proveer una rectificación final de los vapores de la torre. La alimentación del Separador de Vapor provee una recuperación en grandes cantidades, de forma que sólo las cantidades residuales propano necesitan ser rectificadas por el reflujo.

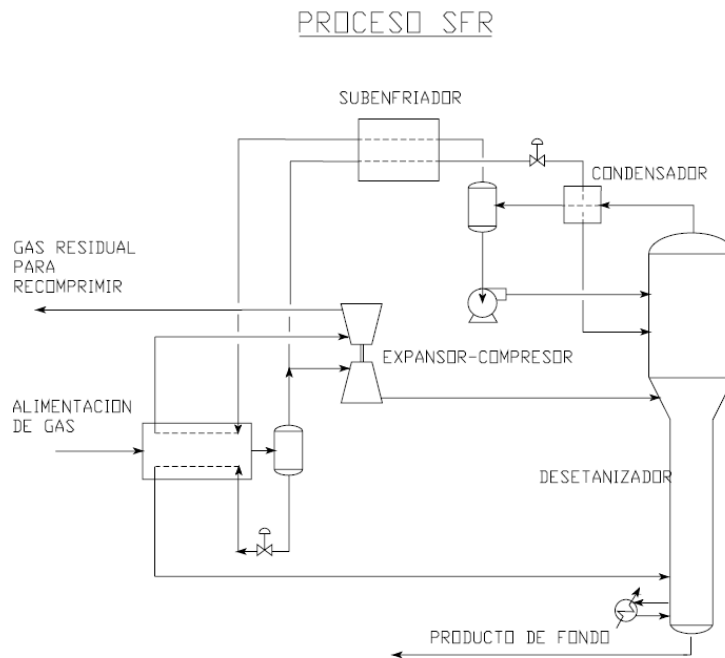


Figura 3.3.6 Proceso SFR

### 3.3.3.3 Proceso IOR

El Proceso de recirculación del Cabezal Mejorado (IOR: Improved Overhead Recycle Process) es una versión mejorada del OHR. En el diseño OHR los líquidos fríos del fondo del absorbedor son suministrados directamente al deetanizador como alimentación superior. Ahora bien, en el proceso IOR, esta corriente se usa primero para enfriar parte de la alimentación del gas, lo cual no reduce la carga de enfriamiento en el frente de la planta únicamente, sino también, reduce la carga del rehervidor del deetanizador por la misma cantidad. Una pequeña porción del reflujo producido por el condensador del cabezal se usa para rectificar los vapores que suben al deetanizador, permitiendo a la corriente del fondo del absorbedor sea parcialmente vaporizada para recuperar el máximo calor conforme el enfriamiento de la alimentación de gas lo permita.

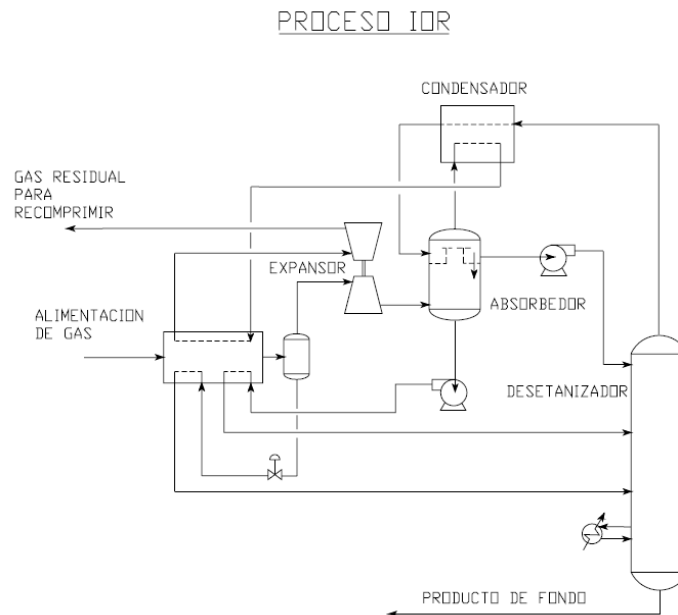


Figura 3.3.7 Proceso IOR

### 3.3.3.4 Proceso SCORE

Aunque el proceso OHR y el IOR han sido usados tradicionalmente con una configuración de dos-columnas, en otros procesos puede ser visualizado conceptualmente como una sola columna compuesta con una corriente intermedia. El concepto de la columna compuesta permite el desarrollo del proceso de Recirculación del Cabezal de la Columna Sola, SCORE (Single Column Overhead REcycle).

Pese a que el proceso SCORE trabaja esencialmente de la misma forma que el proceso IOR, a fin de hacer más eficiente el uso de la disponibilidad de refrigeración en sus corrientes de alimentación, tiene una ventaja considerable en términos de costos de inversión de la planta. Una sola columna larga y un tanque de reflujo pequeño son generalmente menos costosos que las dos columnas usadas en el proceso IOR; además, esta configuración requiere un par de bombas criogénicas menos, y tomando en cuenta que el diseño de la columna sola se adapta más fácilmente a la operación de recuperación de etano, dicho proceso es altamente recomendado para una recuperación alta de propano.

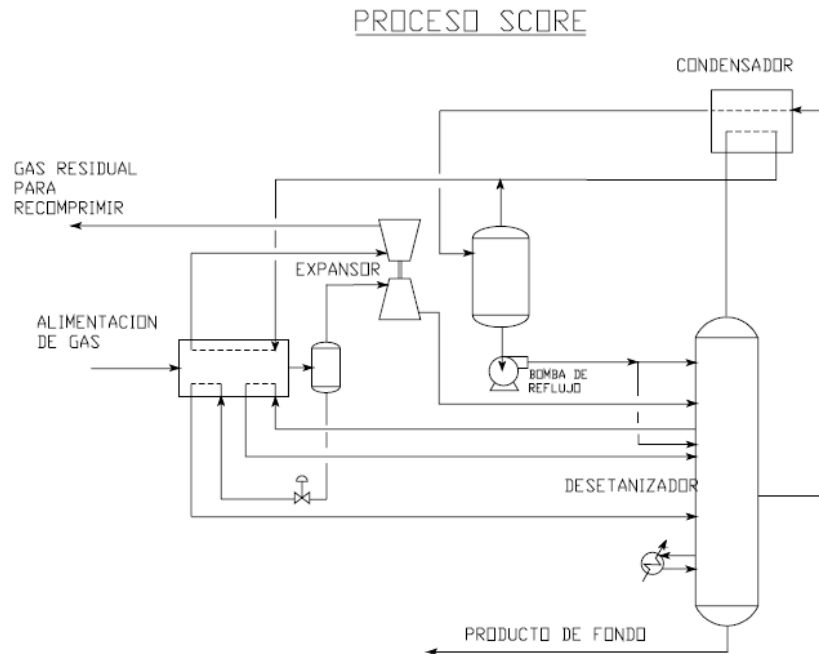


Figura 3.3.8 Proceso SCORE

### **3.4 Plantas criogénicas en México**

México a través de Pemex cuenta con 14 plantas criogénicas entre las que destacan las del complejo de Burgos al noreste del país.

#### **Plantas Criogénicas de Burgos**

En los últimos años, el noreste de la República Mexicana, y en particular el área de Reynosa, Tamps., se han constituido como un centro fundamental para el desarrollo del mercado de gas natural en México. Por ello, Petróleos Mexicanos, con la participación coordinada de sus organismos subsidiarios Pemex Exploración y Producción y Pemex Gas, ha diseñado una estrategia de crecimiento denominada “Proyecto Integral Burgos”, compuesta de dos partes principales.

La primera tiene el objetivo de incrementar la oferta nacional, mediante la explotación de campos con probadas reservas de gas no asociado, como es el caso de la Cuenca de Burgos, que es la reserva de gas no asociado al petróleo más importante del país.

La segunda parte de la estrategia, a cargo de Pemex Gas, busca disponer de los activos necesarios para manejar un mayor volumen de gas en el área de Reynosa.

Entre marzo de 2004 y octubre de 2006, Pemex Gas puso en operación cuatro plantas criogénicas, con capacidad de 200 millones de pies cúbicos diarios (mmpcd) de gas húmedo dulce cada una. Las plantas criogénicas 1 y 2 entraron en operación en marzo y abril de 2004, respectivamente. La criogénica 3 en marzo de 2006 y la criogénica 4 a fines de julio del mismo año.

Lo anterior ha sido estratégico en el mercado del gas natural en México, al desarrollar proyectos de procesamiento y transporte que le permiten a Pemex Gas cumplir con sus contratos de suministro de gas natural en el mercado nacional. Adicionalmente, Pemex Gas inició la construcción de las criogénicas 5 y 6 dentro del CPG Burgos; obra que permitirá disponer de infraestructura para procesar 1,200 mmpcd de gas húmedo dulce proveniente de la Cuenca de Burgos. Lo que significa que este complejo representará el 26 por ciento de la capacidad de procesamiento del gas del país.

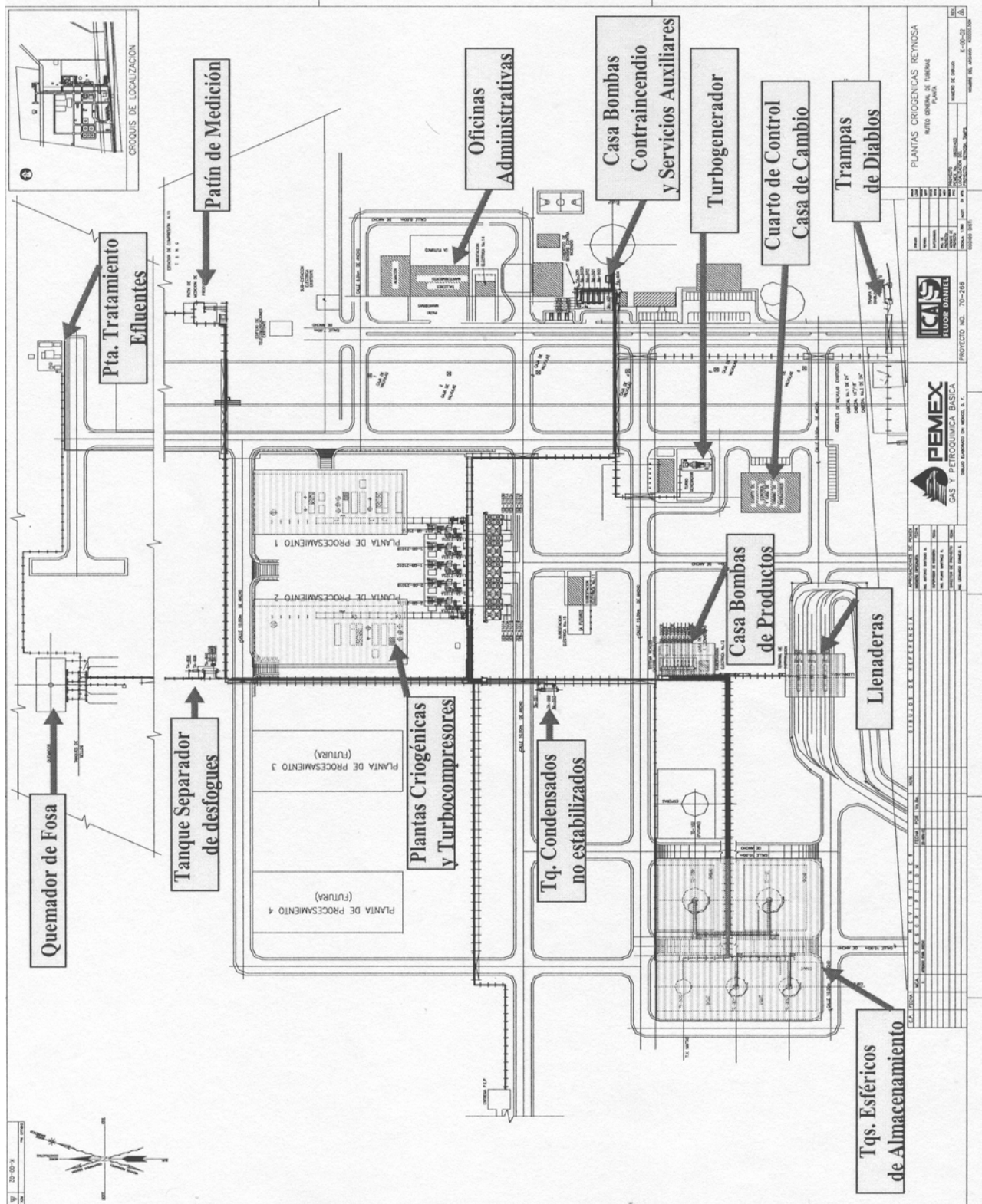
Con la entrada en operación de estas dos nuevas plantas, se estima que la oferta de gas natural en el CPG Burgos se incremente 48 por ciento con respecto de su producción actual. Por su parte, la oferta de gas licuado y gasolinas aumentará en 50 y 54 por ciento, respectivamente.

La paraestatal resaltó que las dos plantas criogénicas, la quinta y sexta de ese complejo, son altamente eficientes tanto en el proceso de recuperación de propano, como en el uso y aprovechamiento de la energía.

En este sentido, explicó que la recuperación de propano contenido en el gas de alimentación es de 98 por ciento. Adicionalmente, dada la escasez de agua en la región, el proceso tecnológico seleccionado no consume agua, además de que se dejarán de emitir gases de efecto invernadero a la atmósfera, ya que el calentamiento se realiza con aceite sintético mediante la recuperación de calor de los gases exhaustos de los turbocompresores de gas residual.

La actividad principal de este complejo es la de recuperación de los líquidos del gas húmedo dulce y la separación de sus componentes, mediante dos procesos industriales, que son: la recuperación de licuables del gas natural y el fraccionamiento de licuables. Una vez procesado el gas húmedo se entregan productos como el gas natural seco, gas licuado y gasolinas naturales.

### 3.5 Plano de distribución de una Planta Criogénica

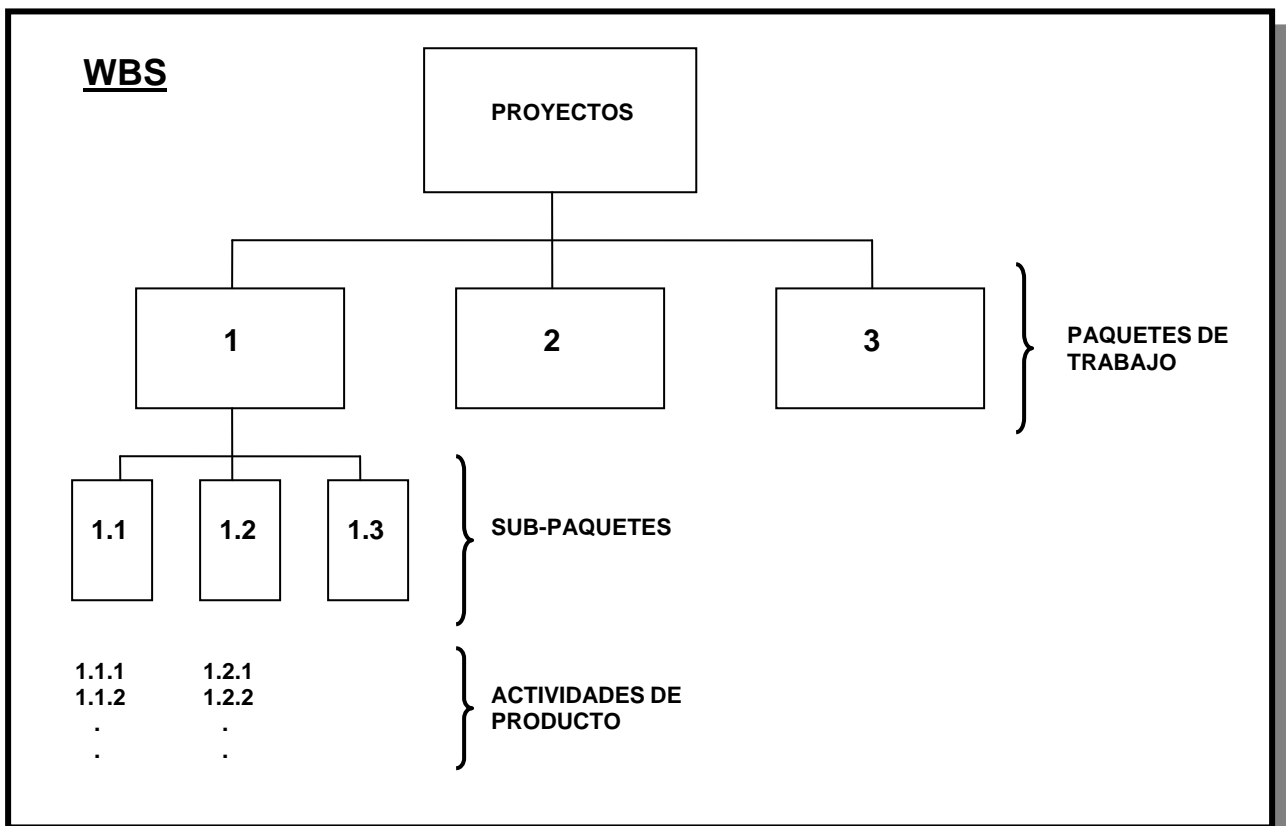




### 3.6 Definición del WBS.

#### Que es WBS.

La estructura desglosada de trabajo del proyecto (WBS, Work Breakdown Structure) define un conjunto de tareas independientes que constituyen el proyecto, a fin de facilitar las estimaciones de tiempo y costo, la asignación de recursos y los sistemas de monitoreo y control, como se muestra en la siguiente figura:



Es importante mencionar que el WBS del proyecto, es un proceso de pensamiento, mediante el cual se pretende organizar el proyecto; en primera instancia, se requiere organizar las ideas de lo que se pretende hacer y las metas que se desean cumplir. Para iniciar una estructura desglosada de trabajo, se tienen que definir las grandes áreas de trabajo en que puede ser dividido el proyecto, lo que constituirá los paquetes

de trabajo a desarrollar para lograr la meta. Posteriormente, cada uno de esos paquetes de trabajo se debe dividir en otros más pequeños hasta lograr el desglose necesario. El nivel de desglose requerido por el proyecto, estará determinado en función de la complejidad y tamaño del proyecto. Se recomienda que los paquetes de trabajo, en cualquier nivel, sean independientes unos de otros y que se refleje un producto o servicio tangible, para poder medir los avances reales.

La definición de los sistemas del proyecto, su posicionamiento y dimensionamiento en una matriz coordinada que conduzca a la fabricación, construcción, pruebas y arranque de las instalaciones es una secuencia de hechos lógica y necesaria que proporciona, en su desarrollo, una mejor comprensión de la naturaleza y cantidad de trabajo que ha de lograrse.

La estructura desglosada de trabajo del proyecto generalmente define los límites de la administración del proyecto con relación a la planeación, presupuesto, organización, ejecución, análisis y control del trabajo del proyecto.

Los proyectos generalmente se organizan por “áreas” o por “sistemas de componentes”, o ambos, dependiendo de la etapa de desarrollo.

En general, al definir los paquetes de trabajo deben tenerse en mente los siguientes factores:

- Grupos de empleados y especialistas involucrados.
- Responsabilidad de la administración.
- Facilidad para estimar tiempos y costos.
- Duración.
- Valor monetario de la tarea.
- Relación de la tarea con el ciclo de vida del proyecto.

Los paquetes de trabajo definidos por organización, área o sistemas pueden detallarse, codificarse y estimarse en cuanto a contenido de “trabajo”. Es en este nivel de detalle del trabajo de los paquetes de trabajo que se enfocan todos los esfuerzos definitivos para la estimación de costos, presupuesto, control de costos y programación.

### **Trabajo del proyecto**

Por Trabajo se entiende en este contexto todo lo siguiente (directo o indirecto):

- Mano de obra
- Material
- Impuestos
- Flete
- Tarifas
- Comisiones

### **Valores de trabajo del proyecto.**

Los valores de trabajo se establecen considerando los siguientes factores:

- Tipo de trabajo
- Cantidad
- Unidad de medida
- Precios
- Tiempo de ejecución

## **Situación del valor de trabajo del proyecto.**

Al comunicar los valores de trabajo del proyecto se debe definir un punto de referencia.

Estos puntos de referencia incluyen:

- Trabajo presupuestado
- Estimación actual
- Trabajo comprometido
- Trabajo completado
- Trabajo restante

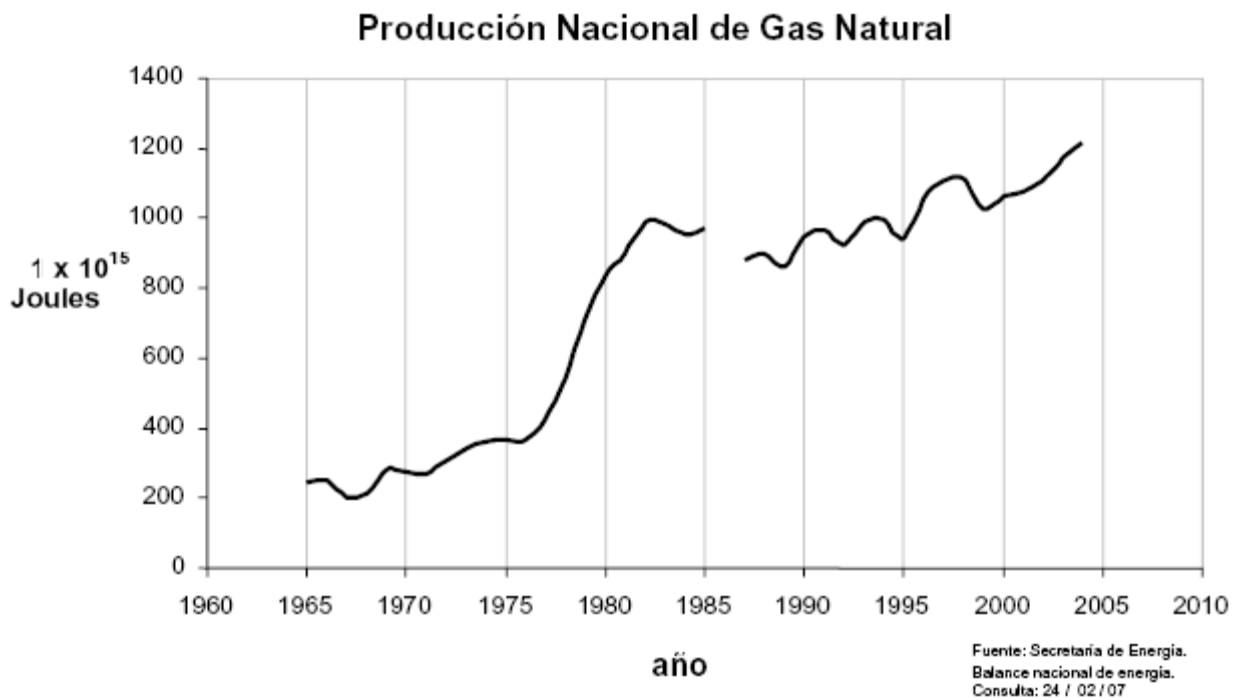
Para muchos, el WBS es una herramienta tan sencilla, aparentemente, que se menosprecia su elaboración y prefieren ir directamente a la obtención de los estimados de costo y tiempo, frecuentemente, con estructuras diferentes que lo único que garantizan son confusión y conflictos.

## **CAPITULO IV**

### **PROGRAMA GENERAL DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA GRIOGÉNICA**

#### 4.1 Justificación del proyecto

La producción y consumo del Gas Natural Líquido (NLG) y las mezclas de hidrocarburos condensables (LPG), ha aumentado su consumo debido a su amplia disponibilidad así como su facilidad de uso, transportación y a sus características de limpieza-quemado. Por esta razón, en países productores, tal es el caso de México, la tendencia de la producción es a la alza tanto para NGL como para LPG, tal y como se muestra en la siguiente gráfica:



Muchas compañías químicas han establecido sus plantas cerca o en línea recta de las reservas de gas para su suministro a sus procesos químicos con el fin de bajar los costos de producción y hacer más eficientes los procesos que realizan.

Los productos obtenidos del proceso criogénico son gas natural e hidrocarburos condensables como etano y propano. La importancia de la obtención de estos

hidrocarburos radica en su utilidad en múltiples procesos industriales subsecuentes, que van desde la obtención de combustibles hasta plásticos.

El objetivo principal de este proyecto es cubrir la oferta creciente en el procesamiento de gas húmedo en la Cuenca de Burgos.

En la construcción de este proyecto se utiliza el concepto de “Task Force”, mismo que es liderado por la dirección de proyectos de la empresa contratista y del gerente del proyecto de la misma empresa (ICAFLUOR). Quienes son los únicos responsables de la administración para la planeación, organización, dirección, control y coordinación del proyecto.

Este proyecto se contrató bajo el esquema IPC, y se adjudicó al consorcio formado por ICAFLUOR y LINDE, empresas líderes en Ingeniería, procuración y construcción de plantas industriales.

El esquema IPC (Ingeniería, Procuración y construcción), es un esquema que considera la elaboración de la Ingeniería del proyecto, la administración y el seguimiento de éste por parte de la empresa contratista.

## **ALCANCE DE PROYECTO**

Construir dos plantas criogénicas con una capacidad de procesamiento de 200 mmpcd de gas húmedo dulce (@ 20° y 1 kg/cm<sup>2</sup>), bajo licencia de Ortloff, se deberá cumplir con una recuperación del 98% mol de propano.

Construir cabezales de alimentación de gas húmedo dulce con capacidad de alimentación a tres plantas criogénicas de 200 mmpcd y cabezal de alimentación de condensados no estabilizados. Así como también un cabezal de integración de gas seco (gas residual), producto de las plantas a una Estación de Compresión.

Un área de almacenamiento de productos la cual está compuesta de dos esferas de 20,000 barriles (bls) para almacenamiento de gas LP, dos esferas de 10,000 bls para almacenamiento de naftas ligeras y un tanque vertical de 5,000 bls para almacenamiento de nafta pesada.

Un área de llevaderas, con cuatro posiciones para gas LP y dos para naftas ligeras, además de la casa de bombas para estos productos.

Se contará con servicios auxiliares, entre los que se encontrarán un sistema de aceite térmico, calentado por recuperación de calor de los gases exhaustos de las turbinas de gas de los turbocompresores; una red de gas combustible para las turbinas (tomado del gas residual); gas de arranque tomado de la estación de compresión; aire de instrumentación y de planta; un sistema de colección de tratamiento de efluentes; el suministro de agua de servicios, el sistema de desfogues y el quemador de fosa.

Se contará con un turbogenerador que deberá suministrar la energía eléctrica normalmente, se tendrá respaldo de CFE en 138 kV.

Construir los siguientes edificios:

- 1 Subestación principal
- 11 Subestaciones de plantas criogénicas
- 12 subestaciones de almacenamiento y distribución
- 14 subestaciones centrales contra incendio
- 1 subestación de la acometida de CFE
- 1 cuarto de control y de Casa de cambio
- 1 Casa de cambio de operadores
- 1 Caseta de acceso a llevaderas
- 1 Sanitario de choferes
- 1 Guarnición militar



- 1 Cobertizo de bombas contra incendio y de estacionamiento
- 1 Casa de bombas a llevaderas
- 1 Cuarto de analizadores
- 1 Cuarto de control de Tratamiento de efluentes.

Se construirá además un entronque carretero el cual permita el acceso de vehículos a la planta así como también un sistema contra incendio.

El desarrollo de la ingeniería será efectuado en las oficinas de ICAFLOUR en la Ciudad de México y en las oficinas en Tulsa, Oklahoma, E.U.A. de la empresa LINDE. El gerente de proyecto se localizará tanto en la Ciudad de México como en el sitio de trabajo en Tamaulipas, su responsabilidad será verificar la dirección y dar el seguimiento apropiado en cada etapa del proyecto.

Durante todas las fases del proyecto ICAFLOUR contará con el apoyo necesario de LINDE en cuanto a tecnología, revisión del diseño y datos específicos al “Task Force” que se localizará en México. Personal de Tulsa será movilizado a la Ciudad de México y a los diferentes sitios durante las fases de ingeniería, construcción y puesta en marcha.

Las necesidades de recursos humanos serán definidas por los líderes de las disciplinas en coordinación con la gerencia de proyecto.

La interrelación entre el personal de ICAFLOUR y LINDE servirá para desarrollar e integrar la interfase entre el IBL y el OBL. Adicionalmente, LINDE proporcionará a ICAFLOUR la definición de puntos del IBL para diseñar los sistemas comunes para la planta, tales como el DCS.

## **4.2 Etapas del Proyecto**

Para poder cumplir con el alcance contratado, ICAFLUOR desarrolla sus proyectos bajo el esquema Work Breakdown Structure (WBS), por tratarse de un proyecto IPC (Ingeniería-Procurement-Construction), las etapas de este proyecto son:

- Ingeniería Básica
- Ingeniería de Detalle
- Procuraçión
- Construcción
- Commissioning
- Puesta en Marcha

### **INGENIERÍA BÁSICA**

En la fase de ingeniería básica se adquieren conocimientos sobre las diferentes alternativas, con la profundidad que requiera la toma de decisiones, basada en el análisis y calificación de sus atributos. Este proceso se inicia en forma simple con base en esquemas, análisis conceptual y práctico, con el complemento de dimensionamientos, con base a cálculos rápidos y comparación con aplicaciones similares. Se pretende descartar el mayor número de opciones, con el mínimo de esfuerzo y lo más rápido que se pueda (en cuanto al análisis y al tiempo éstos dependen de cada proyecto y de los recursos disponibles aplicables).

Finalizada esta etapa debe haber claridad en los aspectos fundamentales de los procesos de producción y operación de la planta, configuración básica y funcionamiento de equipos o sistemas. Aspectos de operación, tecnologías empleadas, tipos de equipos y sus capacidades, también se precisará el alcance del trabajo (ideas confiables de cómo será la planta, equipos o sistemas basándose en esquemas, maquetas, lay out preliminares, diagrama de flujos, diagramas lógicos, grado de automatización, etc.). Además se debe tener certeza sobre las posibilidades de éxito

del proyecto, perfeccionamiento del análisis económico y financiero del proyecto y evaluación de sus atributos frente a los criterios de éxito.

El alcance de la ingeniería básica es desarrollar los documentos necesarios (planos, plan de sembrado, distribución general de instalaciones, entre otros) que incluirán las consideraciones básicas tomadas para el diseño de la planta tomando en cuenta aspectos de flexibilidad de operación así como criterios de diseño para la modulación de capacidades de equipo requerido.

En ingeniería básica se emitirán los documentos en dos niveles de terminación: Provisionalmente terminado y Aprobado para Diseño.

Las siguientes fases del proyecto (ingeniería de detalle, construcción y puesta en marcha) seguirán las definiciones y criterios de diseño señalados en los documentos elaborados para el paquete de ingeniería básica.

Los entregables que se consideran en esta etapa para la disciplina de Arquitectura, son los siguientes:

- Bases de Diseño.
- Especificaciones
- Planos de Arreglo General, de los edificios incluidos en el alcance.

Los entregables que se consideran en esta etapa para la disciplina de Ingeniería Civil/Estructural, son los siguientes:

- Especificaciones Civiles
- Especificaciones Estructurales.
- Detalles Típicos.

## **INGENIERÍA DE DETALLE**

En la ingeniería de detalle se deben elaborar los documentos que permitan la materialización del proyecto con el mínimo de contratiempos. Dentro de estos lineamientos la ingeniería de detalle debe asegurar el éxito operativo conforme con las expectativas previstas. Por otro lado se perfeccionan el presupuesto y el plan de ejecución y se ajustan los parámetros financieros y de tiempo.

La ingeniería de detalle se desarrollará de conformidad con las especificaciones de las bases de licitación, empleando los estándares para esta industria.

En ingeniería de detalle se contará con tres niveles de terminación: Provisionalmente terminado, Aprobado para Construcción y Como Construido (As Built).

Esta fase se desarrollará con personal calificado, mismo que realizará los planos correspondientes para cada una de las disciplinas que integran el proyecto, como lo son: Estructuras de concreto y Estructuras metálicas, Arquitectura, Mecánico, Tuberías, Eléctrico y Sistemas de Control, y estarán a cargo de un supervisor de la disciplina correspondiente.

Por otra parte, cada disciplina en conjunto con el director de proyecto tendrán la responsabilidad de definir y presentar al cliente los planos para su aprobación, para ellos se deberá realizar un chequeo cruzado y poder desarrollar los documentos de diseño del proyecto.

Los entregables que se consideran en esta etapa en la disciplina de Arquitectura, son los siguientes

- Planos arquitectónicos y de Acabados, de los edificios incluidos en el alcance.
- Planos de instalaciones.

- Actividades de requisición de materiales.

Los entregables que se consideran para la Ingeniería de Detalle del Proyecto, en la disciplina de Ingeniería Civil/Estructural, son los siguientes:

- Planos topográficos y de exploración.
- Planos de plataformas de operación.
- Demoliciones.
- Terracerías.
- Planos de drenaje.
- Planos de pavimentos.
- Modelo de instalaciones.
- Cimentaciones.
- Estructuras de concreto.
- Estructuras de acero.
- Edificios.
- Actividades de requisición de materiales.

Los entregables que se consideran para la Ingeniería de Detalle del Proyecto, en la disciplina de Ingeniería Mecánica y Aire Acondicionado, son los siguientes:

- Hoja de datos de equipos.
- Planos de recipientes.
- Planos de plataformas y escaleras.
- Manuales de equipo.
- Sistema de aire acondicionado.
- Modelo de instalaciones.
- Memorias de cálculo de recipientes.
- Actividades de requisición de equipo y materiales.
- Planos de proveedores y la activación de la misma.

- Recomendación de partes de repuesto.
- Aprobación de documentos y equipos por unidad verificadora.

Los entregables que se consideran para la Ingeniería de Detalle del Proyecto, en la disciplina de Tuberías y Flexibilidad, son los siguientes:

- Lista final de interconexiones.
- Arreglo general y plataformas de operación.
- Índice de líneas.
- Modelo de instalaciones.
- Isométricos.
- Planos.
- Planos subterráneos.
- Actividades de requisición de materiales.

Los entregables que se consideran para la Ingeniería de Detalle del Proyecto, en la disciplina de Ingeniería Eléctrica, son los siguientes:

- Planos de clasificación de áreas.
- Diagramas unifilares, elementales, esquemáticos y de interconexión.
- Planos de fuerza y control.
- Planos de alumbrado contactos.
- Planos voiceo y comunicaciones.
- Modelo de instalaciones.
- Sistemas de tierras y pararrayos.
- Hojas de Datos de equipo eléctrico.
- Información de proveedores.
- Actividades de requisición de equipo y materiales.
- Coordinación con subcontratos que involucren diseño.

Los entregables que se consideran para la Ingeniería de Detalle del Proyecto, en la disciplina de Sistemas de Control, son los siguientes:

- Planos de canalización de instrumentos.
- Típicos de instalación.
- Diagramas de interconexión.
- Diagramas de lazo.
- Coordinación con subcontratistas que involucren diseño.
- Recomendación de partes de repuesto.
- Diagramas lógicos.
- Índice de instrumentos.
- Hojas de datos de instrumentos y procuración correspondiente.
- Especificación y base de datos para SCDSIS, etc. y gráficos dinámicos y procuración correspondiente.
- Modelo de instalaciones.
- Información de proveedores y la activación de la misma.
- Actividades de requisición de sistemas, instrumentos y materiales

## **PROCURACIÓN**

El Superintendente de Procuración del Proyecto será el responsable de todos los aspectos de la procuración del equipo de la Administración de Materiales del proyecto. Iniciando con el control de materiales de ingeniería y concluyendo con el cierre final de las órdenes de compra en sitio.

La Procuración de Materiales y Equipos se inicia con la planeación temprana; la ejecución será en base en los procedimientos referenciados en los planes de las actividades del Plan de Calidad del Proyecto. Se dará cumplimiento a lo estipulado en las bases de licitación relativo a los equipos críticos, tanto en la fase de procuración, inspección, pruebas y entrega en sitio.

Se contará con apoyo para la compra de los requerimientos de construcción, tales como los consumibles e insumos para oficina.

El equipo, los materiales a granel (excepto material pétreo procurado en Sitio) y las refacciones constituyen todos los requerimientos identificados y cuantificados para su compra por las disciplinas del proyecto.

Se maximizará la fabricación y el pre-ensamblaje fuera del sitio en el proyecto. En conjunto con ingeniería y construcción se desarrollarán procesos específicos con relación al mejor enfoque para esta actividad. En específico el IBL, esto es, las plantas de proceso se prefabricarán en módulos. Adicionalmente, se pretende maximizar la fabricación en taller y el pre-ensamblaje de tubería y otros artículos apropiados, tales como escaleras y plataformas.

Se desarrollará un plan y un programa de inspección escrito para cada orden de equipo y cada subcontrato de fabricación basado en las clasificaciones de criticidad individuales desarrolladas conjuntamente por ingeniería e inspección. Los planes definirán la frecuencia de las visitas de supervisión, los requerimientos específicos de pruebas, los puntos de espera, los requerimientos de atestiguamiento de pruebas bajo la normatividad establecida en las bases de licitación y de ICAFLUOR.

La responsabilidad de inspección del equipo/materiales fabricados en México se asignará a los inspectores de ICAFLUOR. Para equipos en el extranjero ICAFLUOR hará uso de los inspectores de ICAFLUOR. Se asignará a un coordinador de inspección quien le reportará al Superintendente de Procuración del Proyecto. Éste tendrá responsabilidad de asignar inspecciones, emitir reportes de inspección, coordinar asuntos técnicos con ingeniería y servir, en general, como punto focal de inspección para todo el equipo del proyecto.

Se generarán reportes de inspección o prueba de materiales. Los reportes serán emitidos por los inspectores calificados designados. Se obtendrán los permisos



requeridos tales que los representantes de PEMEX Gas o a quien éste designe puedan participar en la inspección o prueba en las instalaciones del proveedor, en cumplimiento a lo solicitado en las bases de licitación.

Se emitirá un programa especificando el tiempo y lugar para la inspección y prueba de los equipos. Se deberá notificar a PEMEX Gas con una anticipación de cinco días sobre la realización de cualquier inspección o prueba acordada entre las partes. Si PEMEX Gas no enviara a un representante a inspeccionar o a presenciar cualquier prueba, el contratista procederá con la inspección o prueba programada y entregará a PEMEX Gas todos los reportes y documentación relacionados.

Nuestro plan de logística para este proyecto incluye el desarrollo de una guía de rutas general del proyecto y un plan de tráfico para embarques nacionales e internacionales. PEMEX Gas asistirá en la obtención de los permisos aplicables de las Autoridades Gubernamentales Mexicanas. ICAFLUOR manejará toda la importación de materiales desde los puntos de importación y será responsable de su importación legal.

Para el caso específico de los módulos del IBL, LINDE transportará vía terrestre desde los talleres en Tulsa, Oklahoma hasta la frontera y de ahí al sitio, descargándose en la cimentación correspondiente.

## **CONSTRUCCIÓN**

Es responsabilidad de la Gerencia de Construcción y Servicios con la aprobación de la Dirección de proyectos al inicio de los trabajos, asignar un Gerente de Sitio, quien será el responsable de administrar todos los asuntos relacionados con el trabajo de cada sitio de trabajo.

Es responsabilidad de la Gerencia de Construcción y Servicios, mantener una organización que permita la asignación oportuna al Proyecto de los recursos de Construcción, con la aprobación del Gerente del Proyecto, establecer, mantener

actualizados y proveer al personal de Construcción, los procedimientos operativos, con el propósito de que se usen o en su caso se adecuen a los requerimientos del Proyecto.

El Gerente del Proyecto en coordinación con el Gerente de Sitio, determinarán para la etapa de construcción del Proyecto, la organización de la Supervisión Técnica Administrativa más adecuada para el Proyecto.

Se mantendrá a cargo de las obras un número adecuado de empleados competentes ya sea profesionales, técnicos, supervisores u obreros. Se deberá proporcionar la capacitación necesaria a fin de que cuenten en todo momento con el Carnet de Capacitación en Materia de seguridad del "ICIC" y de asegurar que los supervisores de los subcontratistas también cuenten con dicho Carnet. Cualquier supervisor que carezca de dicho Carnet en vigor no podrá laborar en las obras. En particular, sin limitación se deberá retirar y reemplazar cualquier empleado respecto a cual PEMEX Gas haya informado que esté poniendo en peligro las obras o el avance de las mismas debido a su falta de experiencia, falta de cooperación o mala conducta.

Para el Proyecto y de acuerdo al alcance de trabajo indicado en el contrato, se establece que el Gerente de Sitio o sus designados, revisarán los programas, los diseños de Ingeniería y las actividades de Construcción para detectar posibles mejoras, la construibilidad e iniciar la preparación de los documentos requeridos para tal efecto e Informar al Gerente del proyecto.

El Gerente de Sitio será el responsable de la implementación y seguimiento de la distribución y control de documentos que aseguren un manejo adecuado de la información, así como su distribución y accesibilidad para su consulta.

El Gerente del Proyecto es el responsable de controlar los costos generales del Proyecto y tomar las decisiones ejecutivas que procedan cuando los costos y estimados presupuestados se incrementen en el Proyecto.

Con base en lo anterior, la implementación y desarrollo de los procedimientos de estimados y control de costos que se aplicarán al Proyecto, de acuerdo a lo indicado en el Plan de Control de Proyectos.

En el proceso de construcción se contará con un control de calidad del cual estará a cargo el superintendente de control de calidad mismo que reportará al gerente de sitio.

Durante el desarrollo de las actividades de Construcción, se definirá cuales actividades serán subcontratadas. El área de Construcción revisará las propuestas técnicas para todos los subcontratos de construcción, cada subcontrato y junto con el Departamento de Subcontratos analizará las propuestas y posteriormente se definirán los subcontratistas a los cuales serán otorgados los trabajos. Así mismo durante el desarrollo de los trabajos de los subcontratistas, el área de Construcción supervisará técnicamente éstos.

ICAFLUOR será el responsable de la calidad y de la ejecución adecuada y oportuna de las obras de conformidad con el contrato y deberá asegurar que cada subcontratista cumpla con todos los términos y condiciones del contrato.

Para asegurar que las actividades, materiales o equipos permanentes antes de su incorporación a la planta, y en el desarrollo de los trabajos en sitio, hayan sido debidamente inspeccionados y/o certificados por ICAFLUOR o por terceros certificados, se definen los procedimientos de inspección y prueba aplicables a todas las áreas. Estos procedimientos que cubren los requerimientos de inspección y prueba con sus respectivos reportes de control de calidad se encuentran en el plan de calidad del proyecto.

- ICAFLUOR tendrá la responsabilidad absoluta de inspeccionar y probar todos los materiales y las obras, durante su fabricación y ensamble, a la llegada al sitio y durante su construcción y erección. Todos los informes y certificados de inspección se pondrán a disposición de PEMEX Gas cuando éste lo solicite.

- PEMEX Gas podrá requerir que se realice cualquier prueba o inspección adicional razonable de los materiales y las obras.
- ICAFLUOR y PEMEX Gas elaborarán un programa especificando el tiempo y lugar para la inspección y prueba de los materiales y las obras.

Los requerimientos de equipo y herramienta, estarán en función de las necesidades que cada disciplina de Construcción solicite, de acuerdo a la elaboración del programa de Construcción.

La recepción en el sitio, almacenamiento, control, inventario, salida de almacén y manejo de los equipos y herramientas será de acuerdo al procedimiento de almacén aplicable en el proyecto.

Todos los Equipos de Inspección, Medición y prueba que se utilizarán en la etapa de construcción, tanto de ICAFLUOR y de los Subcontratistas estarán debidamente Calibrados y Verificados, si así lo requieren.

ICAFLOUR deberá proporcionar todo el equipo, mismo que será adecuado para la ejecución eficaz y seguridad de las obras.

Requerimientos contractuales principales:

- ICAFLOUR es responsable del establecimiento de las obras en relación a los puntos topográficos de referencia, coordenadas y líneas, los que serán establecidos conjuntamente con PEMEX Gas.
- En el curso de la realización de las obras, en todo momento se deberá mantener el sitio libre de obstrucciones innecesarias. Cualquier equipo existente que sea

desmantelado, será propiedad de PEMEX Gas y será removido por ICAFLUOR al lugar destinado por PEMEX Gas.

- PEMEX Gas tendrá el derecho de inspeccionar en cualquier momento todas las obras.
- Reemplazo de obras defectuosas.
- La realización de las obras deberá ser efectuada de tal manera que se minimice la interferencia con las operaciones y los procesos productivos del complejo.
- Ocasionalmente durante la ejecución de las obras, PEMEX Gas podrá notificar de las fechas de paros programados para el cierre de operaciones de partes existentes en el complejo. Para tales casos se deberá de realizar el mayor esfuerzo para maximizar las oportunidades creadas por tales cierres o paros de trabajo.
- Se realizarán los mejores esfuerzos para no interferir en el desempeño de las obras efectuadas por otros contratistas.

## **COMMISSIONING**

Este proceso asegura la verificación de que los sistemas de un edificio o instalación son diseñados, instalados y probados funcionalmente y demuestren su capacidad de ser operados y mantenidos para cumplir los requisitos del usuario.

La realización de Obras de alta complejidad implica para el propietario el riesgo de que al recibir la obra encuentre que no todas sus expectativas de uso y operación son cumplidas, o que no posea la certeza de su cumplimiento.

Mediante el seguimiento y verificación por un tercero independiente de las actividades de diseño, construcción, montaje y pruebas funcionales se asegura que sus necesidades técnicas sean satisfechas.

El proceso de Commissioning incluye:

- Revisión de los documentos de ingeniería
- Auditar todas las etapas de construcción y montaje
- Auditar la puesta en marcha y las pruebas finales
- Asegurar el entrenamiento del personal de Operación y Mantenimiento.

Cuando todas las obras hayan sido completadas (terminación Mecánica) se llevarán a cabo las pruebas de pre-arranque, de acuerdo con el programa de ejecución. PEMEX Gas tendrá derecho de atestiguar cada prueba o actividad realizada para verificar los resultados de la misma.

ICAFLUOR asumirá toda la responsabilidad por la precisión de las instrucciones expedidas durante las pruebas de arranque de cada unidad. Además deberá proporcionar el personal necesario para llevar a cabo las pruebas de arranque de cada unidad.

Los resultados no satisfactorios serán con cargo a ICAFLUOR, entrega de los procedimientos y acciones de ajuste y reparación de las obras requeridos a partir de una segunda repetición. Si PEMEX Gas no está de acuerdo con tales procedimientos y acciones e insiste en llevar a cabo las pruebas de pre-arranque de acuerdo con su criterio, asumirá la responsabilidad de dicha implementación.

Cuando todas las pruebas de pre-arranque hayan sido terminadas satisfactoriamente, se llevará a cabo una inspección final la cual puede ser verificada por PEMEX Gas, de conformidad con las especificaciones del contrato.

ICAFLUOR será responsable de cualquier daño causado al medio ambiente derivado de las pruebas de pre-arranque y deberá pagar cualquier reparación exigida por las Disposiciones Legales o por las Autoridades Gubernamentales Mexicanas competentes.

Una vez terminadas todas las actividades que antecedan a las pruebas de comportamiento (inspección final). PEMEX Gas tendrá el derecho de atestiguar cada prueba o actividad realizada.

ICAFLUOR proporcionará el personal de supervisión necesario para llevar a cabo las pruebas de comportamiento.

En caso de cualquier prueba de comportamiento que se prolongue más allá de lo programado por motivos imputables a ICAFLUOR, PEMEX Gas tendrá el derecho de que se le reembolsen las cantidades razonablemente demostradas por el trabajo y servicios auxiliares proporcionados.

Los resultados no satisfactorios serán con cargo a ICAFLUOR, entrega de los procedimientos y acciones de ajuste y reparación de las obras requeridas a partir de una segunda repetición. Si PEMEX Gas no esta de acuerdo con tales procedimientos y acciones e insiste en llevar a cabo las pruebas de comportamiento de acuerdo con su criterio, asumirá la responsabilidad de dicha implementación.

PEMEX Gas tendrá el derecho de rechazar cualquier parte de las obras que no cumpla con las especificaciones del contrato. Se tendrá el derecho de impugnar el rechazo de acuerdo con la cláusula contractual.

El contratista será responsable de cualquier daño causado al medio ambiente derivado de las pruebas de comportamiento y deberá pagar cualquier reparación exigida por las Disposiciones Legales o por las Autoridades Gubernamentales Mexicanas competentes.

## **PUESTA EN MARCHA**

Como ya se ha dicho, todo proyecto está destinado a finalizarse en un plazo predeterminado, culminando en la entrega de la obra al cliente o la puesta en marcha del sistema desarrollado, comprobando que funciona adecuadamente y responde a las especificaciones en su momento aprobadas. Esta fase es también muy importante no sólo por representar la culminación de la operación sino por las dificultades que suele presentar en la práctica, alargándose excesivamente y provocando retrasos y costes imprevistos.

En este Proyecto se incluirán en la Puesta en Marcha las actividades de puesta en activo de los equipos mecánicos, sistemas de tuberías, sistemas eléctricos y circuitos de instrumentación, se realizarán las pruebas indicadas en el plan de calidad, garantizando el comportamiento adecuado de la planta, y se entregará la misma operando. Para el desarrollo de estas actividades se tendrá la supervisión por parte del personal de ICAFLUOR, así como de los proveedores de equipo si es requerido, y la mano de obra, operación, equipos y maquinaria necesarios por parte de PEMEX Gas.

El personal de operación de PEMEX Gas será adoctrinado en los procedimientos de Seguridad y puesta en Marcha de ICAFLUOR para asegurar el sano desarrollo de las actividades de esta etapa, así mismo, se entrenará en la operación de los diferentes componentes de la planta para que puedan realizar la operación de la planta sin contratiempos mayores.

La Entrega de Planta se realizará en forma parcial, libre de pendientes de construcción, precommissioning, de las actividades de aislamiento, pintura, pendientes de punch-list del licenciador y PEMEX Gas y se hayan hecho las pruebas de comportamiento de la planta para cerciorarse de que ésta cumple y satisface las expectativas de PEMEX Gas.

El Gerente de Proyecto es responsable de asegurarse de que todos los trabajos se han concluido y que la unidad trabaja correctamente, tras obtener, como resultado de las



pruebas de comportamiento, que se cubren los requerimientos del contrato. Él mismo se cerciorará de que se entreguen los certificados correspondientes a ICAFLUOR.

La documentación del proyecto se entregará a PEMEX Gas parcialmente, conforme se genere, para asegurar que posee toda la información pertinente. La documentación será generada por ICAFLUOR o por terceros y será específica para esta planta.

Una vez que se haya finalizado la obra, incluyendo, sin limitación las pruebas de comportamiento, se le entregarán a PEMEX Gas copias de la documentación e información del proyecto, así como también copias impresas y en CD de los libros del proyecto y se deberá entregar una notificación que solicite la emisión de una acta que certifique la Aceptación "Acta de Recepción".

En todo momento se deberá limpiar, retirar o remover de la parte relevante del sitio o en su caso del complejo todo el equipo material excedente y desperdicios. Dejando dicha parte y áreas aledañas limpias y en condiciones de trabajo adecuadas a satisfacción de PEMEX Gas. En el entendido de que se podrán mantener equipos que puedan ser requeridos para cumplir con las obligaciones durante el período de Garantía.

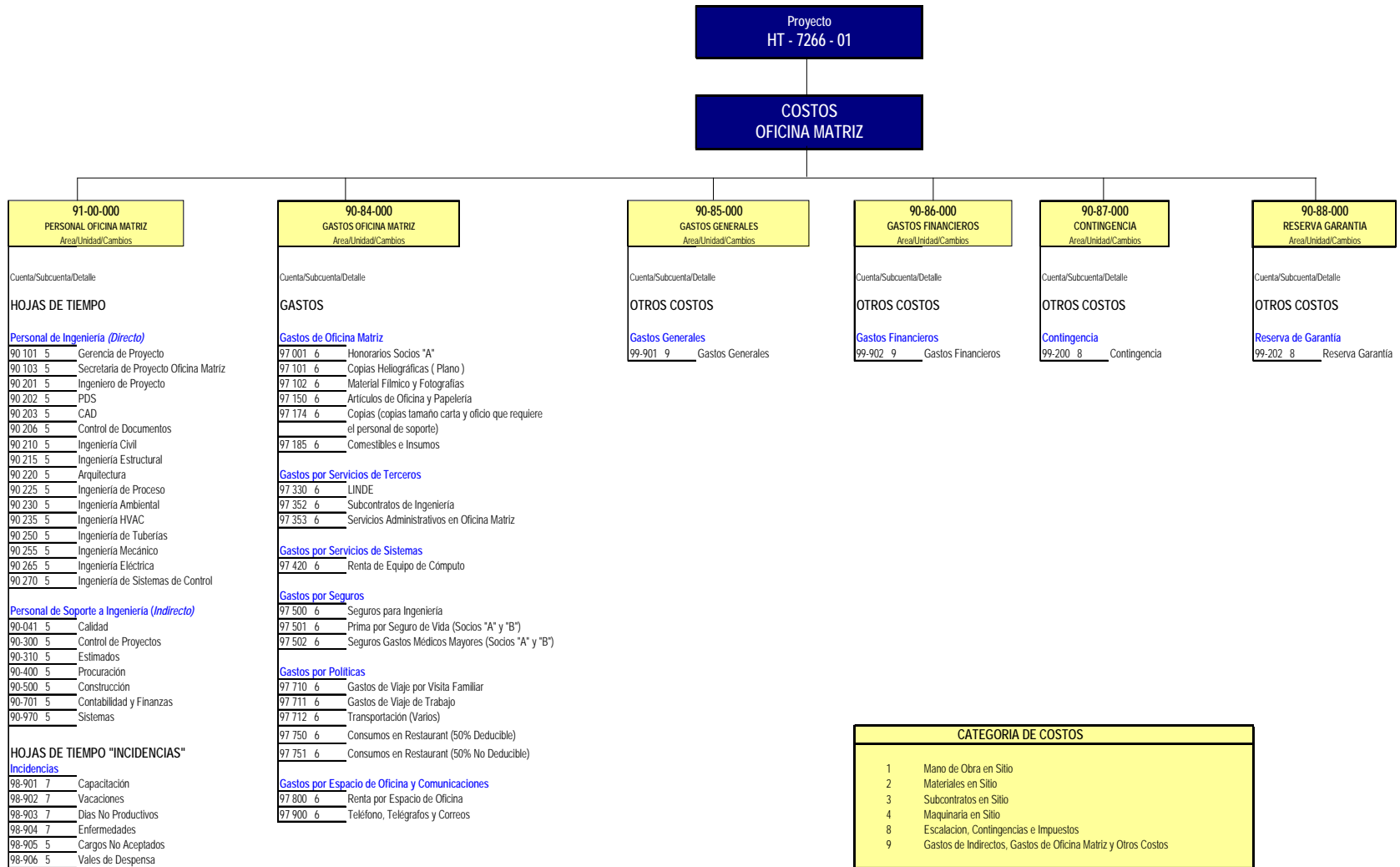
### **4.3 WBS del Proyecto**

Para realizar este proyecto, se estructuró el WBS para cada una de las etapas que integran el proyecto, lo anterior para poder llevar un control de costos del proyecto y de las horas-hombre contratadas, con esto ICAFLUOR, tendrá indicadores de gestión que le permitirán mejorar sus procedimientos y con ello poder estimar con mayor certeza futuras propuestas.

### 4.3.1 WBS Ingeniería Básica

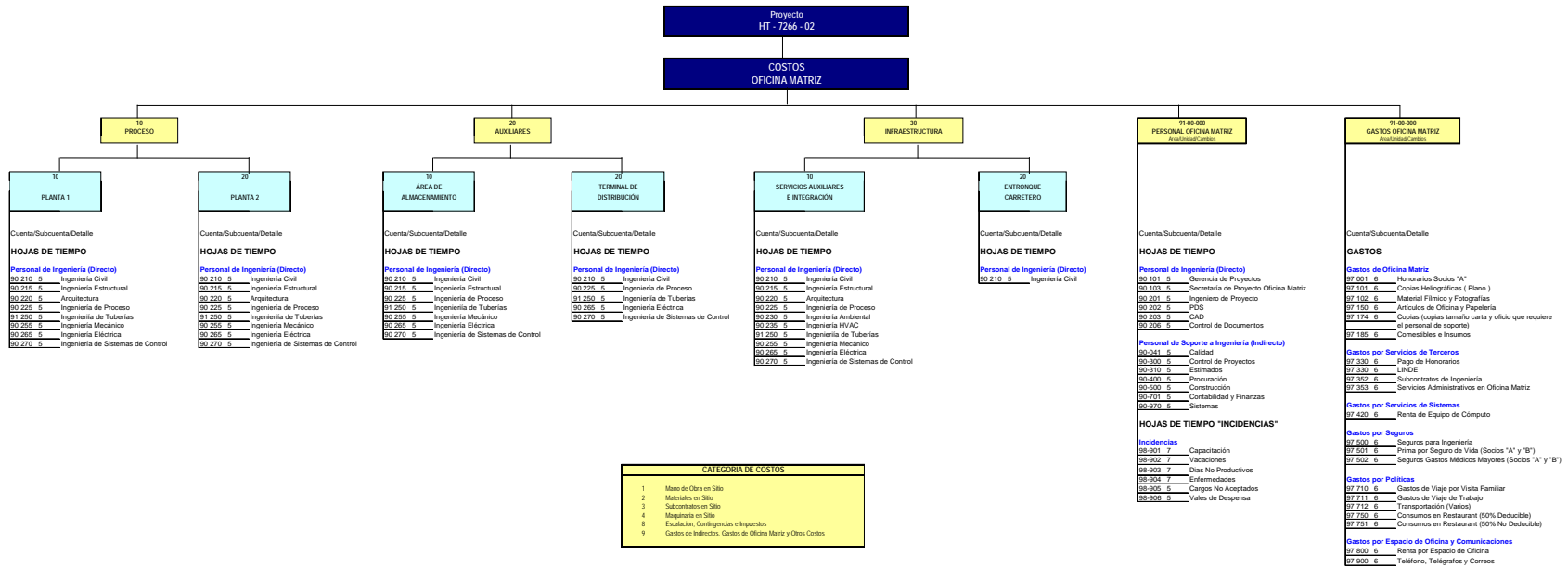
COSTO DIRECTO E INDIRECTO DE OFICINA MATRIZ

INGENIERIA  
PLANTAS CRIOGÉNICAS MODULARES, REYNOSA, TAMAULIPAS



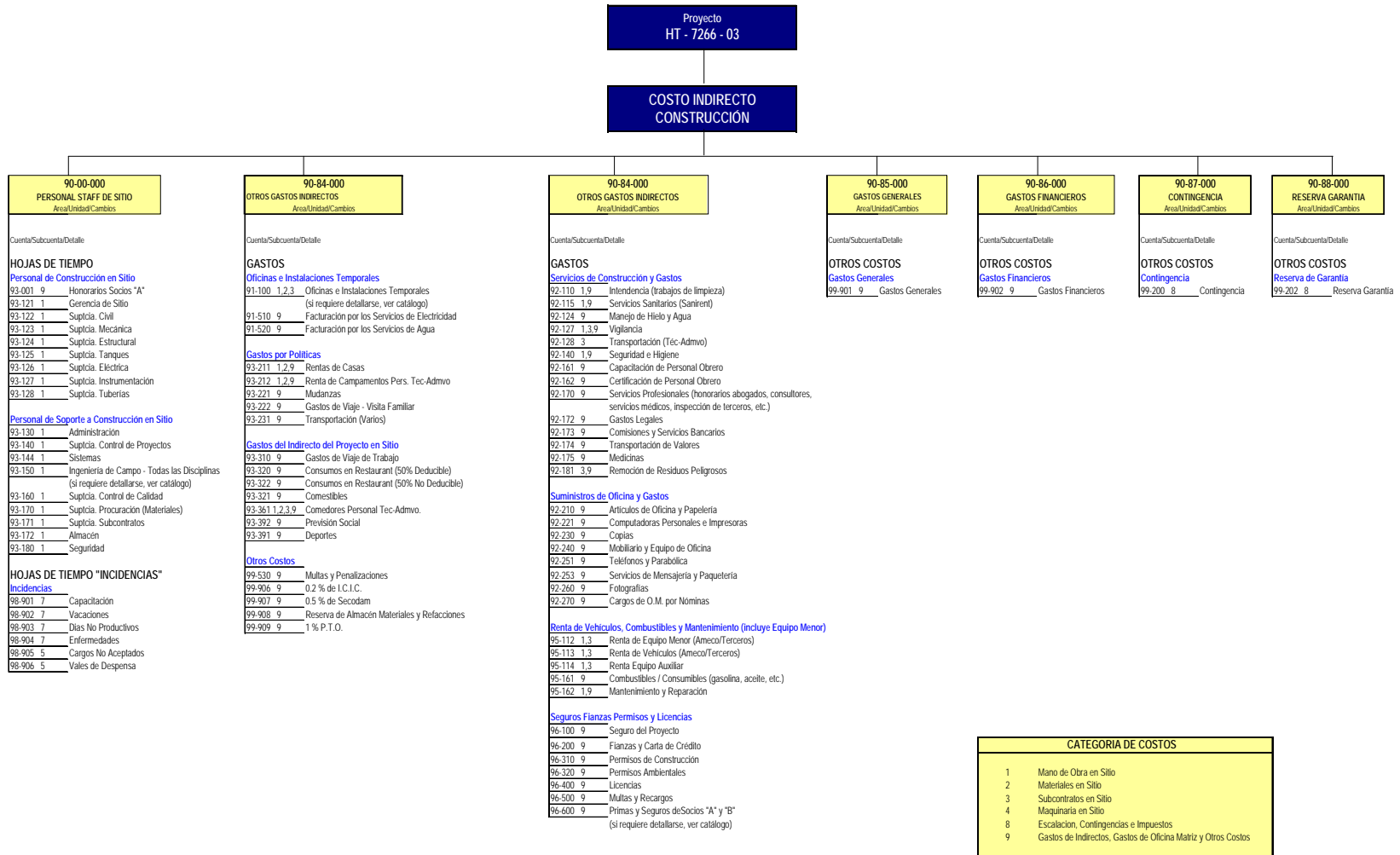
## 4.3.2 Ingeniería de Detalle

**COSTO DIRECTO E INDIRECTO DE OFICINA MATRIZ**  
**INGENIERIA DE DETALLE**  
**PLANTAS CRIOGÉNICAS MODULARES, REYNOSA, TAMAULIPAS**



### 4.3.3 Construcción

**COSTO INDIRECTO DE SITIO**  
**CONSTRUCCIÓN**  
**PLANTAS CRIOGÉNICAS MODULARES, REYNOSA, TAMAULIPAS**

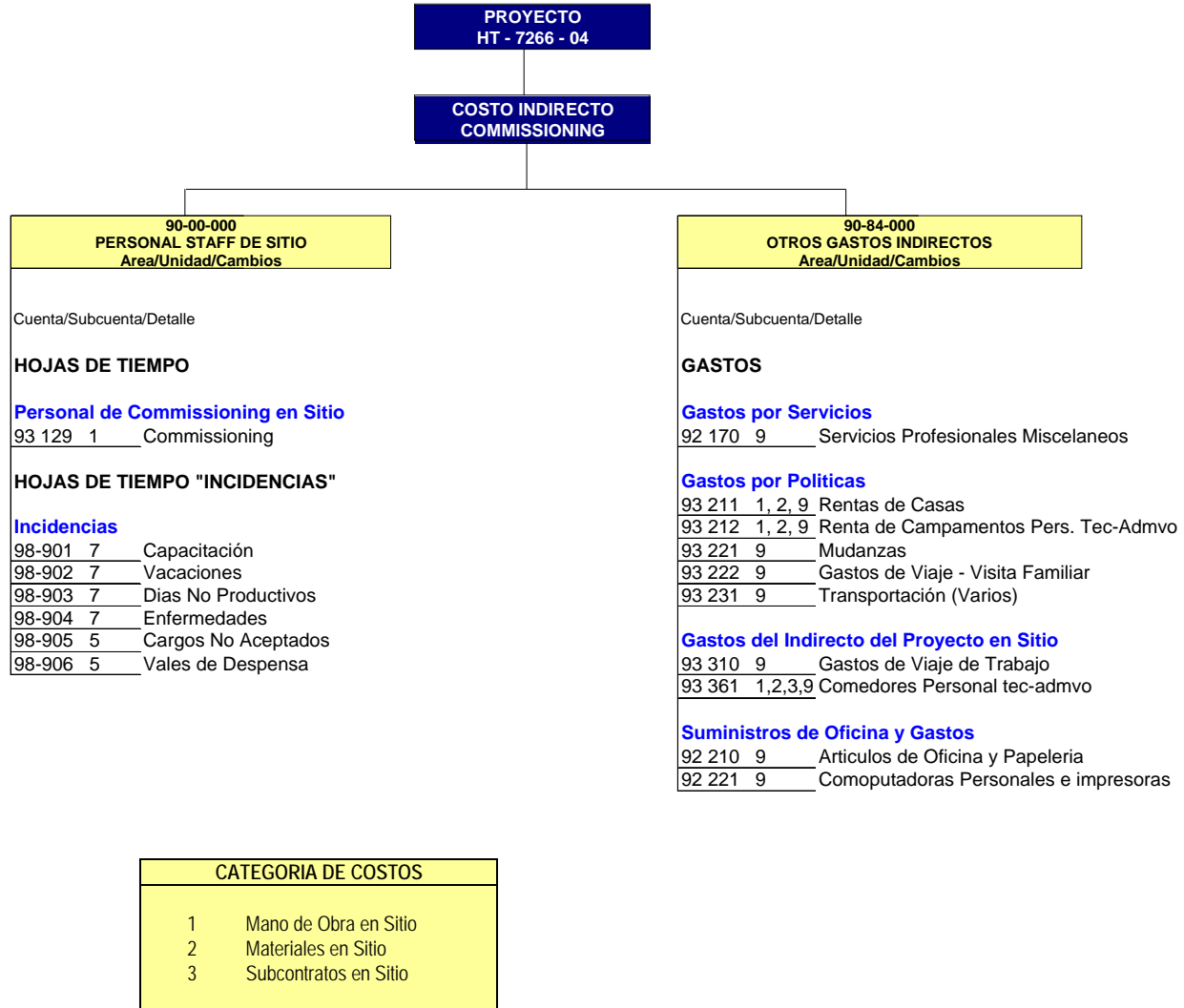


### 4.3.4 Commissioning

WBS y Catálogo de Cuentas

## **COSTO INDIRECTO DE SITIO**

PLANTAS CRIOGÉNICAS MODULARES, REYNOSA, TAMAULIPAS



## **4.4 Programación del Proyecto**

### **4.4.1 Programa General del Proyecto**

El programa de construcción es la exposición cronológica de las actividades que se realizarán en la ejecución de una obra, en este caso de una planta criogénica.

En la elaboración del programa de construcción de una obra es necesario tener en cuenta, además de la misma obra, elementos tales como

- El grado de detalle y la confiabilidad de la información que define la obra: cálculos, diseños, especificaciones, estimativos de cantidades etc.
- Recursos físicos: equipos materiales, áreas de trabajo etc.
- Recursos humanos: mano de obra, dirección.
- Recursos económicos y financieros: disponibilidad de fondos.
- Condiciones climáticas.
- Otros condicionantes externos: interferencias con o de terceros.

El programa de la obra especifica su alcance y detalla la cronología de las diferentes tareas y subtareas del proyecto.

El programa plantea una duración de 18 meses para el proyecto, teniendo como punto de partida las licencias, permisos y la Ingeniería Básica y finalizando con la puesta en marcha al final del Commissioning.

El comienzo del proyecto se da con la solicitud y obtención de licencias y permisos, y con el desarrollo de la Ingeniería Básica del Proyecto, tareas que comienzan desde el día uno.

El proceso de las licencias se estima en un tiempo de 2 meses. Los permisos se necesitarán a lo largo de toda la obra y se obtendrán conforme vaya avanzando la

misma, iniciando su ejecución desde el primer día y finalizando un mes antes de que termine el proyecto.

La ingeniería Básica se llevará a cabo en 3 meses y medio, dando hasta entonces paso al comienzo del área de construcción, comenzando por la Obra Civil y la construcción de edificios para posteriormente continuar con las demás tareas de esta área.

La Ingeniería de Detalle tendrá una duración total de diez meses y medio, comenzando a la mitad del mes 1 y terminando con el mes 11. Comenzando por las disciplinas de Ingeniería de Proceso con una duración de 8 meses; Ingeniería Civil/Estructural y Estructuras Metálicas ambas con una duración de 10 meses y medio; y la Ingeniería Mecánica con duración de 9 meses y medio. Continuando posteriormente a principios del mes 2, quince días después, con las disciplinas de Arquitectura, Tuberías, Ingeniería Eléctrica, Telecomunicaciones y Sistemas de Control, con duraciones de 6, 9, 9, 8 y 8 meses respectivamente.

La etapa de procuración se plantea con una duración de 13 meses y comienza al igual que la ingeniería de detalle en el mes 1. Esta etapa está conformada por las órdenes de compra, información de los proveedores y la entrega en sitio de los equipos mecánico, eléctrico, tuberías e instrumentación. Comenzando por las órdenes de compra del equipo mecánico seguida de las órdenes de los demás equipos. Las entregas de los equipos empezarán en el mes 4 y finalizarán a mediados del mes 13.

En la segunda mitad del segundo mes se plantea que comience el desarrollo del sitio dando pie al comienzo de la etapa de construcción. La etapa de la construcción está conformada por el desarrollo del sitio, la obra civil, las estructuras metálicas, edificios, tuberías, por la obra eléctrica, la instrumentación, aislamiento, pintura y terminación mecánica.

Habiendo terminado la etapa de la Ingeniería básica se comenzarán los trabajos de la obra civil y de los edificios, y una vez iniciados estos trabajos se podrá dar paso al inicio

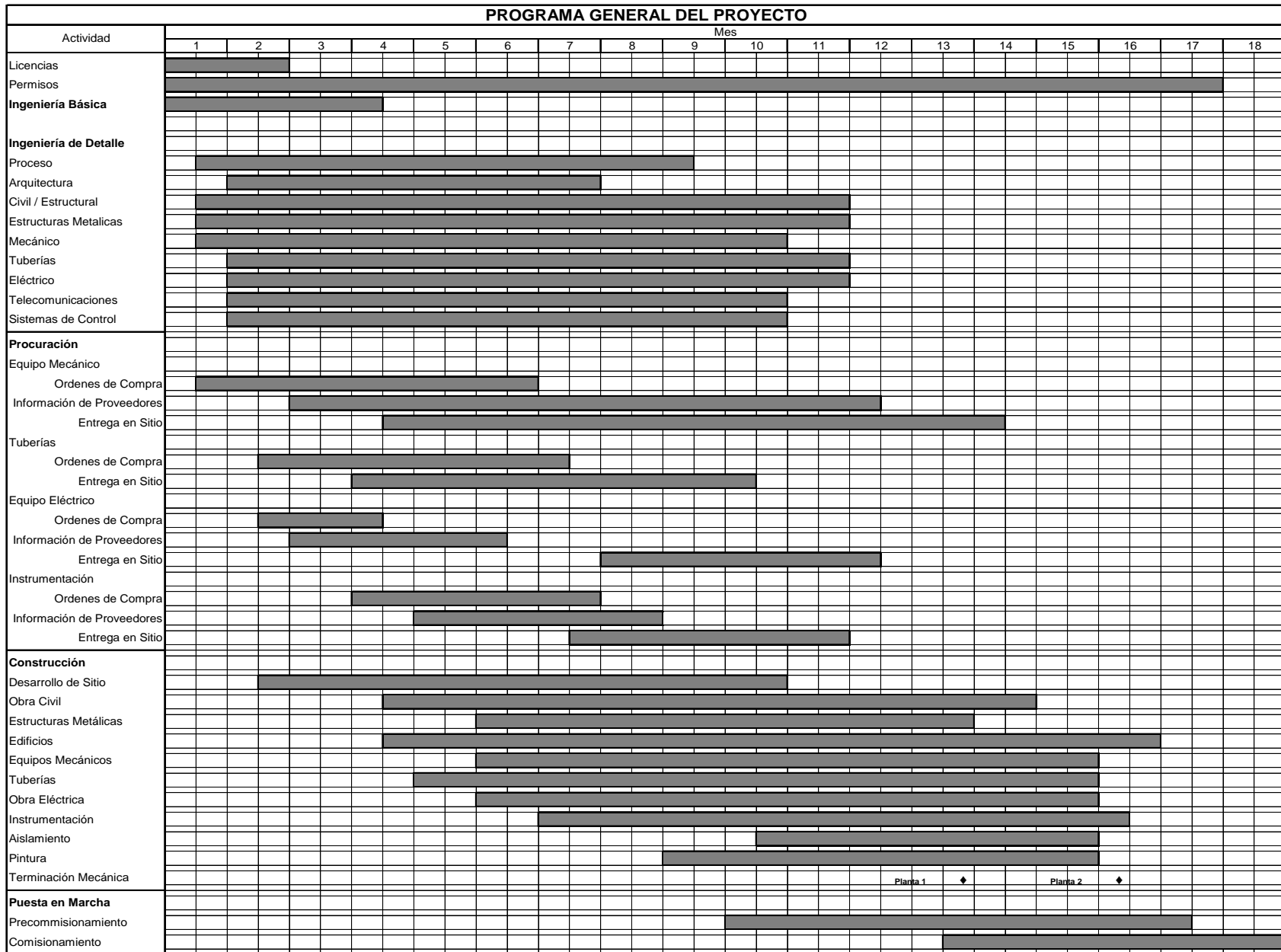


de las obras eléctricas, las estructuras metálicas, los equipos mecánicos, las tuberías y la instrumentación. Se planea empezar con dichas tareas entre la segunda mitad del mes 4 y principios del mes 7 e ir finalizándolas entre los meses 15 y 16, siendo la parte de los edificios la última en acabarse en el mes 16 y termina así en esa fecha con la etapa de construcción.

El aislamiento y la pintura comenzarán en el mes 9 y en el mes 10 respectivamente, aproximadamente a la mitad del proceso de los trabajos antes iniciados dentro de la construcción. Finalizando al mismo tiempo que las otras tareas.

La construcción de la Planta 1 se planea quede finalizada en el mes 13, mientras que el final de la construcción de la Planta 2 está proyectado para el mes 16.

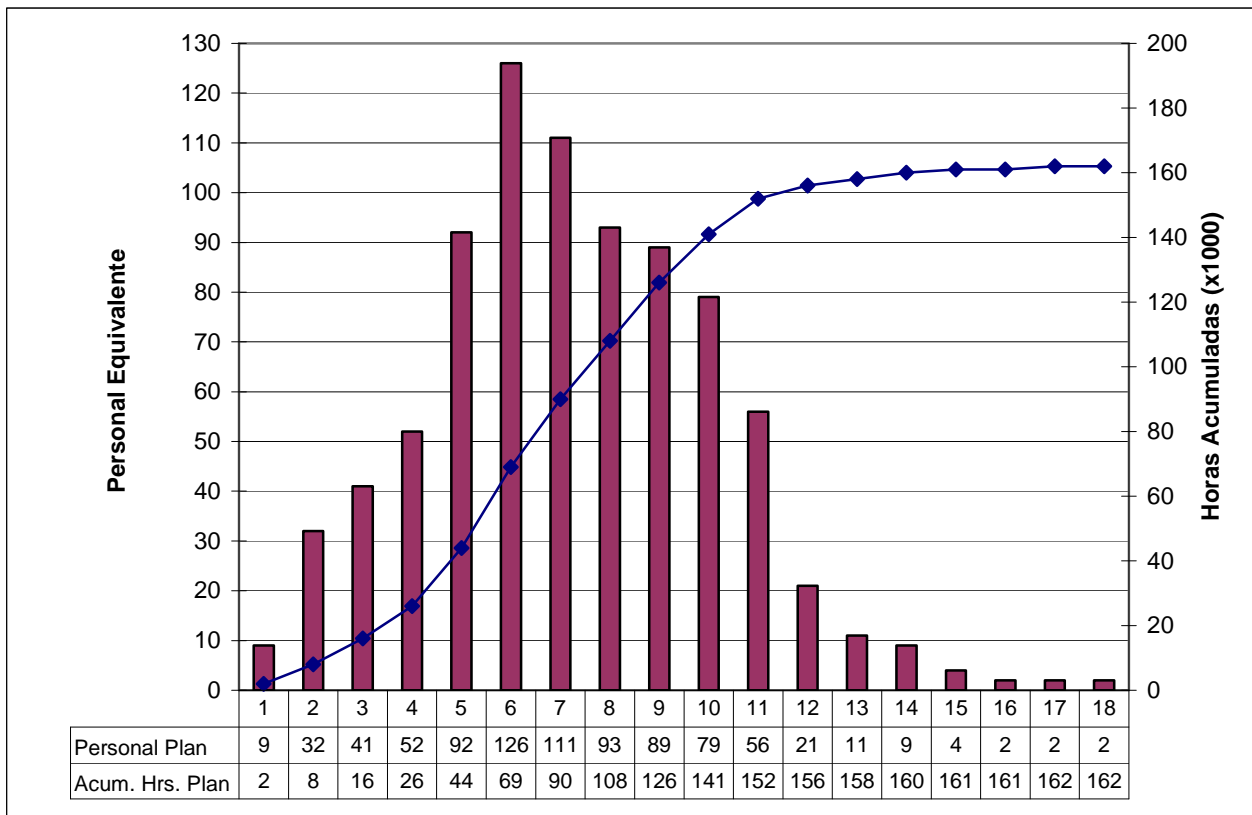
Por último la puesta en marcha tendrá su inicio con el Precommissioning en el mes 10 terminando en el mes 17 y el Commissioning que iniciará en el mes 13 y su fin en el mes 18 dando así por terminado el proyecto de las Plantas Criogénicas.



Planta 1 ◆      Planta 2 ◆

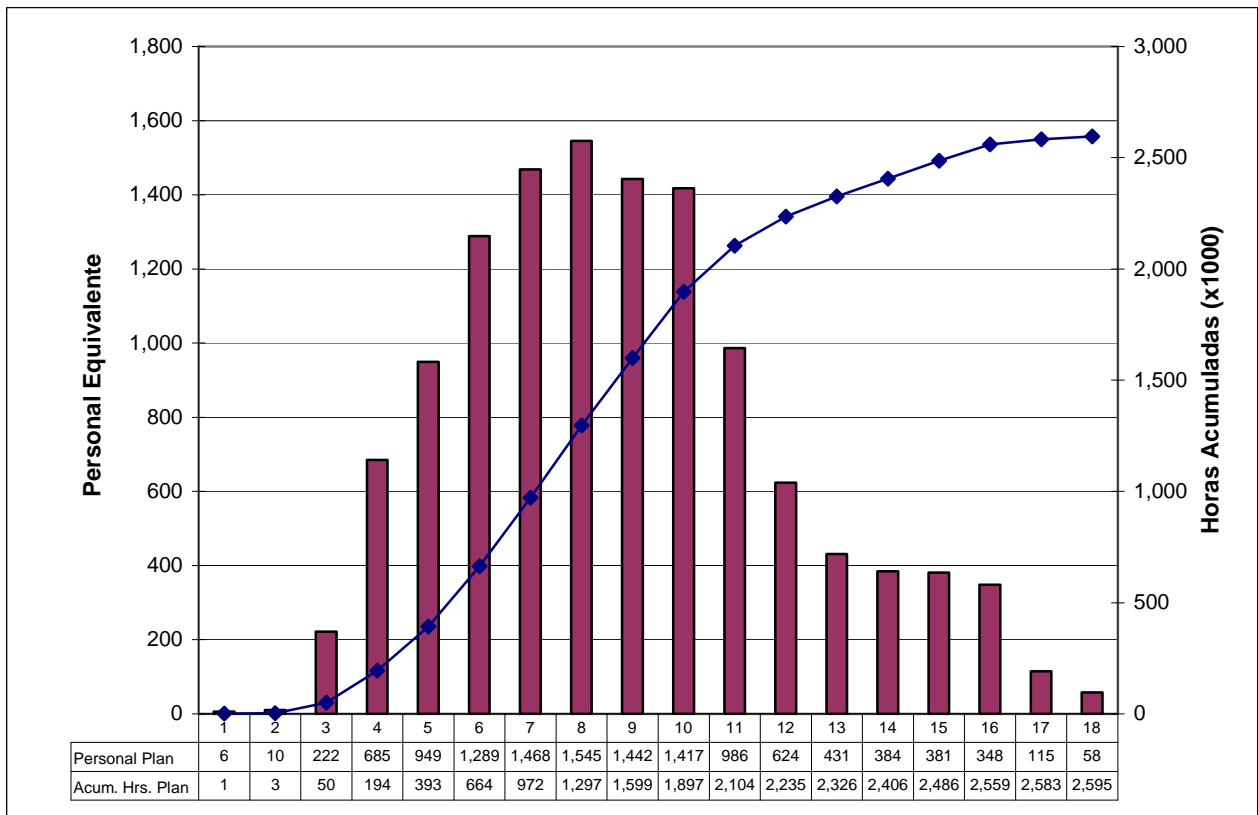
#### 4.4.2 Programa de Ingeniería

La ingeniería de las Plantas Criogénicas se desarrollará a lo largo de los 18 meses que durará el proyecto utilizando un total de 162,000 Horas Hombre (HH), mismas que se emplearán en las diferentes disciplinas de la ingeniería, como lo son: la ingeniería de diseño, arquitectura, ingeniería civil/estructural, estructuras metálicas, ingeniería eléctrica, ingeniería mecánica, proceso, tuberías, telecomunicaciones y sistemas de control. Por otra parte se requiere personal de soporte a Ingeniería como lo es, control de proyecto, control de calidad, control de documentos, etc., y para ello se tiene un estimado de soporte de 7,000 Horas Hombre. La distribución del personal y de las horas hombre se muestran en la siguiente figura:

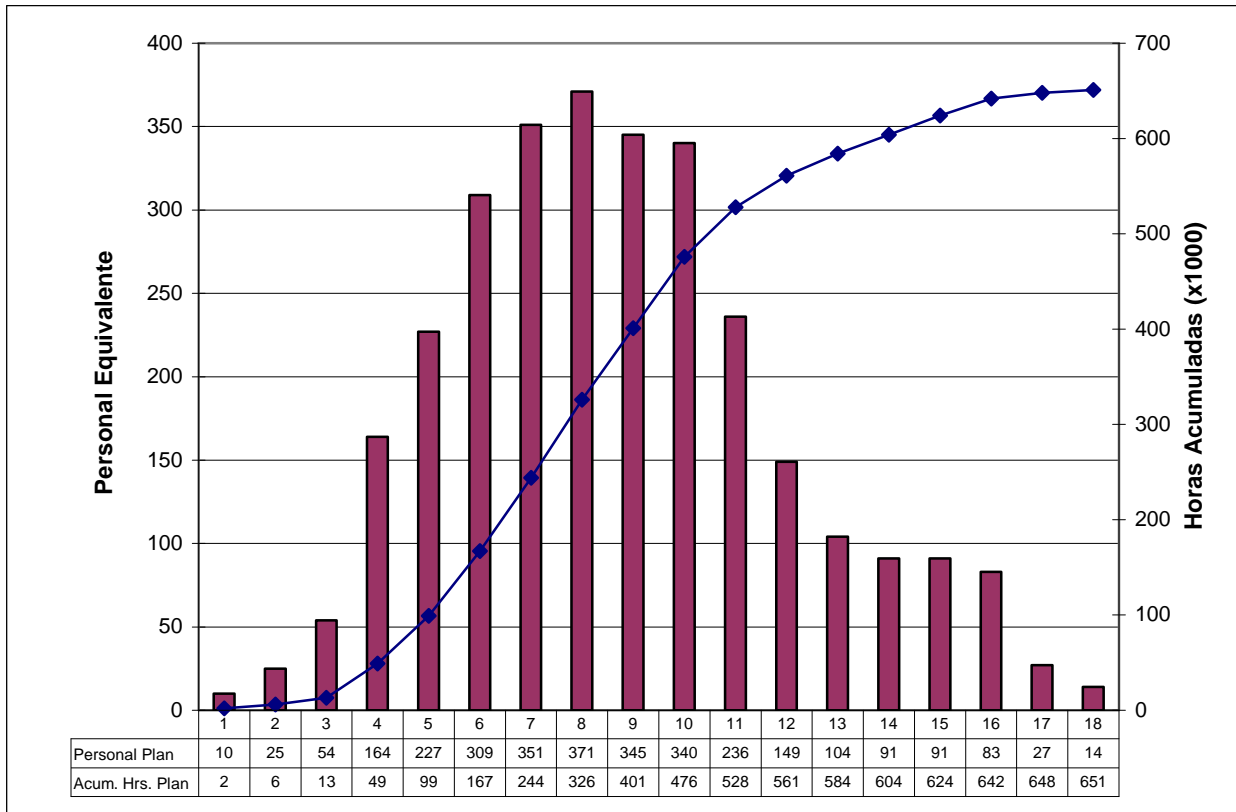


### 4.4.3 Programa de Construcción

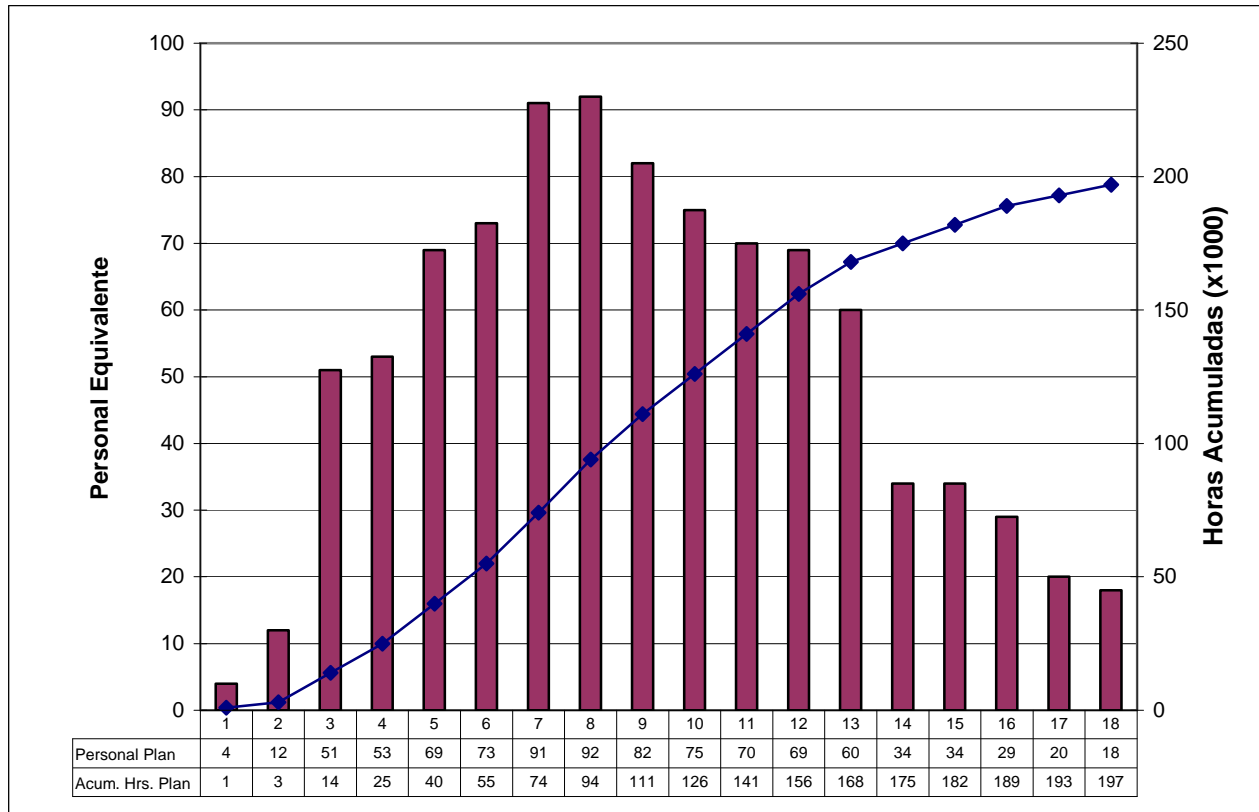
La mano de obra de la construcción (directa) de las plantas criogénicas se desarrollará a lo largo de 18 meses requiriendo un total de 2,595,000 horas hombre, mismas que se llevan a cabo en las diferentes disciplinas de la construcción, tal es el caso del desarrollo del sitio, obra civil, estructuras metálicas, edificios, equipos mecánicos, tuberías, obra eléctrica, instrumentación, aislamiento, pintura y la terminación mecánica. Las horas hombre y el personal requerido para llevar a cabo las diferentes tareas son distribuidos a lo largo de la duración del proyecto como se muestra en la siguiente figura:



Por otra parte las horas hombre requeridas para la mano de obra de construcción, por subcontratos, para realizar las actividades necesarias en las diferentes disciplinas de la construcción de las Plantas Criogénicas será de 651,000 HH a lo largo de los 18 meses que dura el proyecto, cuya distribución de personal y horas hombre se muestra a continuación:

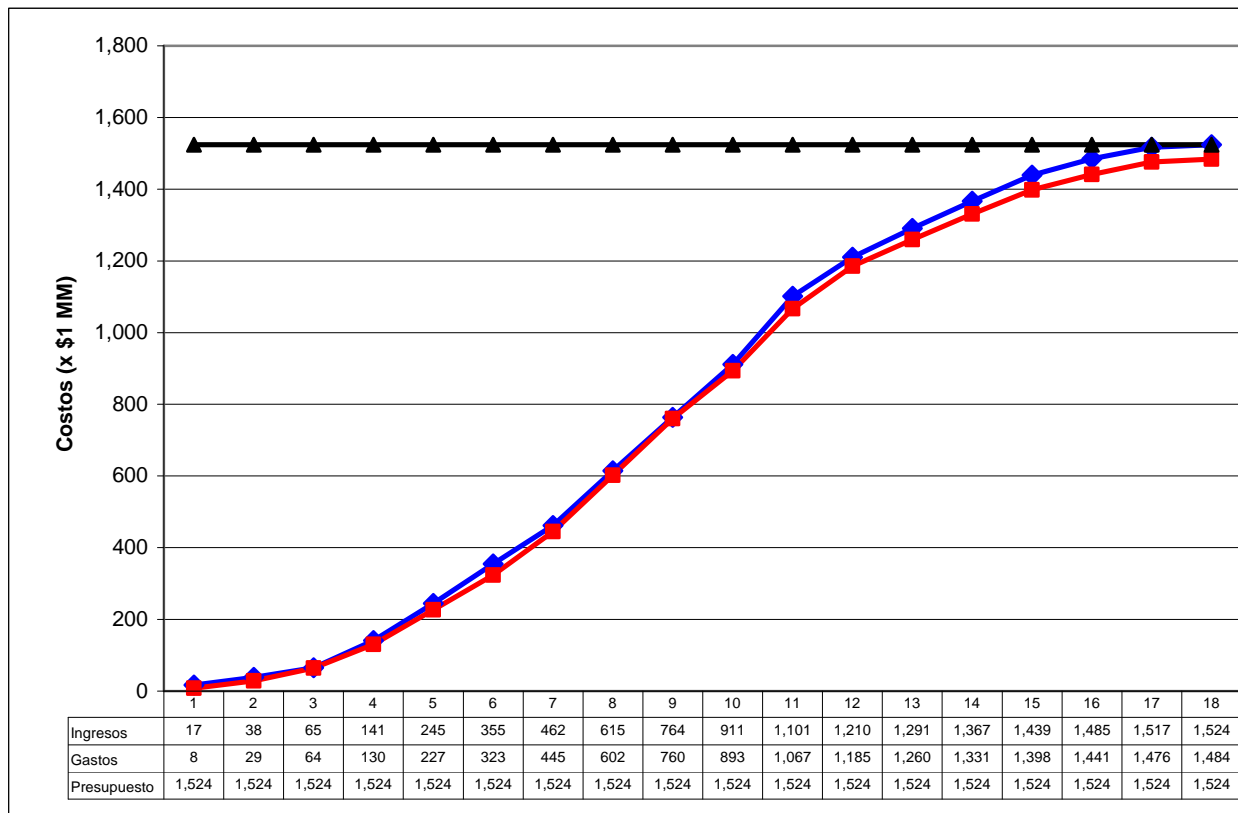


Las Horas Hombre requeridas por el personal indirecto de construcción serán de 197,000 a lo largo de los mismos 18 meses y estarán distribuidas de la siguiente manera:



#### 4.4.4 Programa de Presupuesto

Para la construcción de las Plantas Criogénicas se contará con un presupuesto de \$1,524,000 pesos los cuales se emplearán a lo largo del proyecto e irán ingresando conforme se vayan gastando. En la siguiente gráfica se muestra el plan de gastos e ingresos durante la construcción de las Plantas Criogénicas.



## **CONCLUSIONES**



México está en busca de su crecimiento económico, razón por la cual se busca impulsar la infraestructura en el país, creando nuevas obras en sus diferentes sectores, tal es el caso del sector energético. Esto se está viendo reflejado con la construcción de nuevos complejos por parte de PEMEX, como lo son las plantas criogénicas. Por ello resulta de suma importancia llevar a cabo estos proyectos de manera óptima y así contribuir con el crecimiento del país.

La planeación es de vital importancia en el desarrollo de proyectos de ingeniería, una mala planeación puede llevar a que los costos de construcción se eleven o que los tiempos acordados no se cumplan, lo cual repercute en la reputación y finanzas de la persona, compañía contratada y clientes. Mientras que la planeación apropiada y bien estructurada nos lleva a una construcción exitosa y eficaz, permitiendo además, estar preparados para cualquier eventualidad que surja a lo largo del proyecto.

Ante la globalización en la que se encuentra inmersa nuestra economía, las compañías constructoras están en busca de nuevas alternativas para volverse competitivas frente a compañías internacionales que ya participan en licitaciones por proyectos en nuestro país. Una buena solución ante este panorama son las alianzas estratégicas, que sin duda benefician a las empresas participantes.

Me parece importante el tema de las alianzas estratégicas, ya que para poder llevar a cabo un proyecto de tal envergadura como lo es una planta criogénica, las compañías contratistas, en este caso ICAFLUOR y LINDE, buscan crear sinergias mediante las alianzas volviéndose más competitivas y complementándose en la realización de un proyecto al unir recursos y experiencia.

Es de gran relevancia la creación de los programas de horas hombre y del personal requerido para llevar a cabo las diferentes actividades del proyecto, ya que a través de ellos se puede observar el avance del proyecto real respecto al planeado, así como también, en el caso del presupuesto, el flujo de efectivo. Los programas de avance son de vital importancia en la planeación de los proyectos ya que en ellos se ven reflejados

los avances reales con respecto a los planeados. De esta manera podemos analizar de qué manera se han utilizado los recursos y reorientar la planeación en caso de ser necesario.

El Ingeniero Civil debe estar preparado para los nuevos retos que traigan consigo las futuras obras de infraestructura, las cuales impactarán de manera directa en el crecimiento del país. Debemos tratar de llevar a cabo las obras conforme a lo planeado y utilizando la menor cantidad de recursos posibles sin afectar al proyecto y preservando en todo momento el cuidado del Medio Ambiente, esto puede lograrse partiendo de una buena planeación. Debemos tratar de hacer que las empresas mexicanas sean competitivas en proyectos no sólo a nivel nacional sino internacional y buscar contribuir al desarrollo de nuestro país y de nuestra profesión además de mejorar el nivel de vida de la sociedad.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Taylor, Bernard. *Planeación estratégica*. Serie empresarial. Colombia, 1991.
- Noriega Giral, Luis E. *La planeación educativa en la ingeniería*. Cuadernos de planeación universitaria. UNAM, 1980.
- Reyes Ponce, Agustín. *Administración de Empresas*. Teoría y práctica 1ª parte. págs .165-168
- Fernández, José Antonio. *El proceso administrativo*. Diana pág. 77.
- Martínez, Jaime Humberto. *Lecturas Selectas de Administración*. ECASA págs. 60,61
- Aguilar, José A. & Block Alberto. *Planeación escolar y formulación de proyectos*. Trillas. México 1977.
- Karsten G. Hellebust & Joseph G. Krallinger. *Planeación estratégica Práctica*. Compañía editorial Continental, S.A. de C.V. México.
- Ackoff, Russell & Lincoln. *Un concepto de planeación de empresas*. Limusa – Wiley, México, 1992.
- Miklos, Tomás. *Planeación Prospectiva: Una Estrategia Para El Diseño Del Futuro*. Limusa. Primera edición. México DF., págs. 59 – 61.
- James A.F. Stoner. *Administración*. Hall- Hispanoamericana. 1989

- *Apuntes de Planeación.*  
Facultad de Ingeniería.1981,
- Ackoff, Russell. *Planeación de la empresa del futuro.*  
Limusa 1989
- Universidad Nacional de Colombia. *Seminario de teoría administrativa.*
- Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción. *Proyecto Gran Visión en Infraestructura.*  
CMIC 2006.
- Ernst David. *Collaborating to Compete.*  
John Wiley & Sons 1994.
- Lin Jiunn-Fuu. Tesis "*The strategic alliances in Taiwan's construction industry*".  
MIT 1996.
- Zarate Rocha, Luis. *Conferencia La situación de las empresas Mexicanas en el entorno de la competencia Internacional.*
- Mejía, Carlos Alberto. *Las Alianzas Estratégicas.*  
[www.planning.com.co](http://www.planning.com.co)
- Mejía, Carlos Alberto. *El valor de la planeación estratégica.*  
[www.planning.com.co](http://www.planning.com.co)
- Levy, Luis Haime. *Reestructuración integral de empresas: Como base de la supervivencia.*  
Ediciones Fiscales ISEF, 2004.

- Zeron Felix, M. y Mendoza Cavazos. *“Alianzas Estratégicas: una vía para lograr una ventaja competitiva”*.  
[www.eumed.net/ce](http://www.eumed.net/ce) 2007.
- Documentos de Sala de prensa. *ICA anuncia la firma del financiamiento para la construcción del P.H. el Cajón*.  
[www.ica.com.mx](http://www.ica.com.mx) 2003.
- Documentos de Sala de prensa. *ICA informa que la CFE adjudico al consorcio CIISA el P.H. El Cajón*.  
[www.ica.com.mx](http://www.ica.com.mx) 2003.
- Documentos de Sala de prensa. *ICA anuncia el financiamiento a largo plazo por \$682.4 MDD para el P.H. El Cajón*.  
[www.ica.com.mx](http://www.ica.com.mx) 2004.
- Documentos Relación con Inversionistas. *Informe Anual 2006*  
[www.ica.com.mx](http://www.ica.com.mx) 2006.
- Revista Expansión. Soriana emite tarjetas de crédito.  
[www.cnnexpansion.com](http://www.cnnexpansion.com) Agosto 2007.
- Yañez Santillan, David. *Vinculo Ingeniería-Construcción en el P.H. El Cajón*. Foro de infraestructura hidráulica y medio ambiente. CMIC.  
[www.cmicgto.com](http://www.cmicgto.com) 2005.
- Cárdenas, Carlos. *Sofom, nueva alternativa financiera*. IMCP.  
<http://portal.imcp.org.mx> 2006.

- Agulló, Fernando. *Las alianzas estratégicas, una respuesta a la demanda global*.  
Revista Economía Industrial No. 331 2001-I.  
[www.mityc.es/es-es/servicios/publicaciones/](http://www.mityc.es/es-es/servicios/publicaciones/)
- [www.cicm.org.mx](http://www.cicm.org.mx)
- [www.aedie.com](http://www.aedie.com)