



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

**DESARROLLO DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL PARA
UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE
COMBUSTIBLES**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO QUÍMICO**

**PRESENTA:
MACIN DE SANTIAGO FRANCISCO DANIEL**

**DIRECTOR DE TESIS:
IQ. DE LA MORA MEDINA RENÉ**



MÉXICO D.F. 2012



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.



DESARROLLO DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL PARA UNA TERMINAL DE
ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE COMBUSTIBLES



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

ZARAGOZA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

OFICIO: FESZ/JCIQ/ 092/12

ASUNTO: Asignación de Jurado

Alumno (a):

MACIN DE SANTIAGO FRANCISCO DANIEL

PRESENTE

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

PRESIDENTE	I. Q. DOMINGA ORTIZ BAUTISTA
VOCAL	I. Q. RENÉ DE LA MORA MEDINA
SECRETARIO	M. en I. PABLO EDUARDO VALERO TEJEDA
SUPLENTE	M. en I. CRESENCIANO ECHAVARRIETA ALBITER
SUPLENTE	DR. FRANCISCO VIDAL CABALLERO DOMÍNGUEZ

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
México D.F., a 22 de febrero de 2012

JEFE DE CARRERA

DR. ROBERTO MENDOZA SERNA





Dedicatoria

Este trabajo esta dedicado a mi señora Madre Maria Teresa de Santiago Rojas, quien ha sacrificado su vida por mí y por mis hermanos, quien ha sabido ser padre y madre a la vez y con ayuda de Dios ha logrado hacer de mí un hombre de bien.



Agradecimientos

A mi madre:

*A mi señora madre María Teresa de Santiago Rojas quien ha sido el pilar de mi vida, a quien debo todo lo que soy y lo que he logrado, la única persona que es fundamental, la más importante en mi vida y a la que más quiero en este mundo, quiero darte las gracias por todo lo el amor y apoyo que me has brindado, sin ti no estaría aquí y este logro también es tuyo
¡TE QUISIERO MAMA!*

A mis hermanos:

A mis hermanos José Álvaro Macín de Santiago y Claudia Angélica Macín de Santiago quienes me han apoyado y motivado para seguir adelante, gracias hermanos.

A mi novia:

A mi novia Carolina Patricia Carreto Martínez quien con su cariño y apoyo incondicional me motivo para seguir adelante, gracias patito.

A mis familiares y amigos:

A mis familiares y amigos quienes siempre me apoyaron, creyeron en mí y confiaron en mi capacidad.

Gracias a mi asesor de Tesis el Ing. René de la Mora Medina quien me tendió una mano y me apoyo en todo momento.

Gracias a Dios, que me brinda salud y bienestar en todos los aspectos de mi vida y me permite vivir momentos tan gratos como éste en compañía de mis seres queridos.

“La única manera de descubrir los límites de lo posible, es aventurarse a lo imposible”. El único límite que existe es el que tú te pones.



ÍNDICE

Resumen	10
Introducción	12
Objetivos	15
General.....	15
Particulares.....	15
Capítulo 1 Generalidades	17
1.1.- Petróleo.....	17
1.1.1.- Características del Petróleo.....	17
1.2.- Refinación del Petróleo.....	17
1.2.1.- Etapas de la Refinación del Petróleo.....	18
1.2.2.- Refinerías en México.....	24
1.3.- Situación actual del transporte, almacenamiento y distribución de petrolíferos en México.....	26
1.3.1.- Proyección de la Demanda de Combustibles en México.....	26
1.3.2.- Costo de cada uno de los medios de transporte de hidrocarburos.....	28
1.3.3.- Capacidad de Almacenamiento y Distribución de PEMEX.....	30
1.4.- Terminal de Almacenamiento y Reparto (TAR).....	32
Capítulo 2 Documentos Elaborados Durante la Etapa de Ingeniería Conceptual de un Proyecto	36
2.1.- ¿Que es un Proyecto?.....	36
2.1.1.- Ingeniería Conceptual.....	36
2.1.2.- Ingeniería Básica.....	37
2.1.3.- Ingeniería de Detalle.....	39
2.1.4.- Ingeniería de Procura.....	42



2.1.5.- Construcción.....	42
2.1.6.- Pruebas y Arranque.....	44
2.2.-Bases de Diseño.....	45
2.3.- Descripción del Proceso.....	46
2.4.- Diagrama de Bloques.....	46
2.5.- Diagrama de Flujo de Proceso (DFP).....	48
2.5.1.- Utilidad de los Diagramas de Flujo de Proceso.....	49
2.5.2.- Características de un Diagrama de Flujo de Proceso.....	49
2.5.3.- Procedimiento de elaboración de un DFP.....	50
2.6.- Requerimientos de Servicios Auxiliares.....	53
2.6.1.- Servicios Auxiliares Primarios:.....	53
2.6.2.- Servicios Auxiliares Secundarios:.....	53
2.7.- Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's).....	55
2.8.- Plano de Localización General de Equipo (PLG).....	58
Capítulo 3 Descripción por Áreas de una Terminal de Almacenamiento y Reparto.....	61
3.1.- Terminales de Almacenamiento y Reparto.....	61
3.2.- Descripción General del Funcionamiento de una TAR.....	62
3.3.- Descripción por Áreas de una TAR.....	62
3.3.1.- Área de Recibo y Medición.....	63
3.3.2.- Área de Almacenamiento.....	67
3.3.3.- Área de Bombeo.....	74
3.3.4.- Área de Llenaderas de Autotanques.....	75
Capítulo 4 Desarrollo de los Documentos de Ingeniería Conceptual para una TAR.....	78
4.1 Bases de Diseño.....	79
4.2 Descripción del Proceso.....	81



4.3 Diagrama de Flujo de Proceso (DFP).....	82
4.4 Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's)	86
4.4.1 Cálculo de Diámetros de Tuberías.	91
4.4.2 Cálculo de Diámetros de Tuberías Utilizando el Criterio de Velocidad Recomendada.....	92
4.5 Cálculo de la Potencia de una Bomba.	97
4.6 Carga de Succión Neta Positiva (NPSH).....	109
4.6.1 Cavitación.	110
4.6.2 $NPSH_{REQUERIDO}$ Y $NPSH_{DISPONIBLE}$	110
4.6.3 Cálculo del $NPSH_D$	111
4.7 Plano de Localización General (PLG)	114
Conclusiones	117
Bibliografía	118
Anexos	120
Anexo A Glosario de Términos y Abreviaturas	121
Anexo B Normatividad Aplicable	124



Lista de Figuras

Figura	Página
Figura 1.1 Esquema Típico de la Refinación	21
Figura 1.2 Localización de Refinerías en México	25
Figura 1.3 Demanda de combustibles en México (1996-2015).	27
Figura 1.4 Balance población-demanda de gasolina y diesel (2005-2015).	28
Figura 1.5 Costo de Transporte Promedio 2002-2006 (pesos/Km).	29
Figura 1.6 Transporte de Productos (%).	30
Figura 1.7a Localización de Terminales de Almacenamiento y Reparto, zona centro.	32
Figura 1.7b Localización de Terminales de Almacenamiento y Reparto, zona pacífico.	33
Figura 1.7c Localización de Terminales de Almacenamiento y Reparto, zona norte.	33
Figura 1.7d Localización de Terminales de Almacenamiento y Reparto, zona sureste.	34
Figura 2.1 Diagrama de Bloques de la estabilización del crudo.	47
Figura 2.2 Diagrama de Flujo de Proceso “Almacenamiento de Gasolinas y Diesel”	52
Figura 2.3 Servicios Auxiliares Requeridos para el Proceso de Producción del Butadieno.	54
Figura 2.4 DTI Tanques de Almacenamiento de Combustibles.	57
Figura 2.5 PLG Terminal de Almacenamiento y Reparto.	59
Figura 3.1 Trampa receptora de diablos.	63
Figura 3.2 Válvula de seccionamiento.	64
Figura 3.3 Medidor de flujo tipo desplazamiento positivo.	64
Figura 3.4a Partes de una válvula de seguridad (PSV).	66
Figura 3.4b Válvula de seguridad (vista exterior).	67
Figura 3.5 Clasificación de líquidos inflamables y combustibles.	69
Figura 3.6 Tanque de Almacenamiento de techo flotante.	71
Figura 3.7 Tanque de Almacenamiento de techo fijo tipo domo.	71
Figura 3.8 Válvula Presión-Vacío.	72
Figura 3.9 Arrestador de Flama.	73
Figura 3.10 Diques de contención.	73
Figura 3.11 Bomba Centrífuga Horizontal.	74
Figura 3.12 Vista horizontal de un brazo de carga inferior.	75
Figura 4.1 DFP A-100 “Almacenamiento de Gasolinas y Diesel”.	85
Figura 4.2 DTI A-101 “Trampa Receptora de Diablos”	87
Figura 4.3 DTI A-102 “Tanques de Almacenamiento de Combustibles”	88
Figura 4.4 DTI A-103 “Bombas, Medición y Llenado de Autotanques (1 de 2)”	89
Figura 4.5 DTI A-104 “Bombas, Medición y Llenado de Autotanques (2 de 2)”	90
Figura 4.6 Ruta preliminar de tuberías para las bombas de diesel GA-01 A/B/C.	99
Figura 4.7 Rugosidad (exagerada) de la pared de un tubo.	103



DESARROLLO DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL PARA UNA TERMINAL DE
ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE COMBUSTIBLES

Lista de figuras continuación.

Figura	Pagina
Figura 4.8a Detalles de la línea de succión de la bomba y definición de términos para el cálculo del NPSH.	112
Figura 4.8b Detalles de la línea de succión de la bomba y definición de términos para el cálculo del NPSH.	112
Figura 4.9 PLG A-105 “Terminal de Almacenamiento y Reparto”	116

Lista de Tablas

Tabla	Pagina
Tabla 1.1 Productos Refinados.	22
Tabla 1.2 Estándares internacionales de TAR's.	31
Tabla 1.3 Situación del Almacenamiento y Transporte de combustibles en México.	31
Tabla 2.1 Documentos elaborados en la etapa de ingeniería de detalle.	40
Tabla 3.1 Almacenamiento de productos inflamables y combustibles.	70
Tabla 4.1. Capacidades de Tanques de Almacenamiento.	78
Tabla 4.2. Condiciones de Alimentación en Límites de Batería.	80
Tabla 4.3. Condiciones del Producto en Límites de Batería.	80
Tabla 4.4. Condiciones Climatológicas.	81
Tabla 4.5 Dimensiones de Tanques Atmosféricos.	83
Tabla 4.6 Tasas Comunes de Flujo Volumétrico para Distintas Clases de Sistema.	93
Tabla 4.7 Velocidades Recomendadas para Sistemas de Fluidos.	93
Tabla 4.8 Tipos de Flujo.	102
Tabla 4.9 Valores de diseño de la rugosidad de tubos.	103
Tabla 4.10 Longitud equivalente de accesorios a la succión de la bomba GA-01C.	104
Tabla 4.11 Longitud equivalente de accesorios a la descarga de la bomba GA-01C.	107



Resumen.

Una Terminal de Almacenamiento y Reparto (TAR), es un Centro de Trabajo de Pemex Refinación, en donde se reciben y almacenan productos terminados (combustibles), para su despacho y reparto a los diferentes clientes (estaciones de servicio, clientes industriales, clientes de gobierno, distribuidores, entre otros).

En este trabajo de tesis se presentan los siguientes planos y documentos de ingeniería:

- Bases de Diseño.
- Descripción del Proceso.
- Diagrama de Flujo de Proceso (DFP).
- Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's).
- Plano de Localización General de Equipo (PLG).

Se elaboró un PLG tomando en cuenta la dirección de los vientos reinantes y dominantes para la ubicación y distribución de áreas y equipos.

Para la elaboración de las bases de diseño se parte de los requerimientos del cliente (Bases de Usuario), en este caso se propuso ubicar una TAR en el municipio de Zumpango de Ocampo, Estado de México para lo cual se investigó la elevación sobre el nivel del mar, humedad relativa, dirección y velocidad de vientos reinantes, dominantes y temperatura media anual de dicho municipio.

Se consultaron las siguientes normas:

- NRF-015-PEMEX-2008 "Protección de áreas y tanques de almacenamiento de productos inflamables y combustibles" para obtener las dimensiones de los tanques de almacenamiento de producto.



- NRF-032-PEMEX-2005 “Sistemas de Tubería en Plantas Industriales Diseño y Especificaciones de Materiales” para especificar el material de las tuberías.
- NRF-221-PEMEX-2009 “Trampas de diablos para líneas de conducción terrestres” para obtener las dimensiones de la trampa de diablos.
- API RP 14E “Recommended Practice for Design and Installation of Offshore Production Platform Piping Systems” para el diseño de tuberías
- ANSI/ISA-5.1 “Instrumentation Symbols and Identification” para la representación de instrumentos.

Para la elaboración de los DTI’s se calcularon diámetros de tubería utilizando velocidades recomendadas en el API RP 14E, se calcularon potencias de bombas para una ruta de tuberías propuesta e incluso se determinó el $NPSH_{DISPONIBLE}$ de una bomba escribiendo el procedimiento detallado para la realización de los cálculos, llegando a la conclusión de que el presente trabajo puede servir como guía para el desarrollo de dichos cálculos hidráulicos.



Introducción.

Los combustibles líquidos (gasolinas y diesel), son indispensables en nuestra vida diaria ya que alimentan los medios con los que nos transportamos, además de equipos mecánicos de plantas industriales. Para que este tipo de productos lleguen al consumidor final, se debe seguir el siguiente procedimiento:

De las refinerías que son el centro de producción de combustibles, se transportan a una Terminal de Almacenamiento y Reparto, la cual sirve como enlace entre las refinerías y las estaciones de servicio, donde el consumidor final puede disponer de dichos productos.

El almacenamiento y la distribución de combustibles a los lugares de consumo en todo el país, son dos funciones sustantivas de la industria petrolera, en México la empresa encargada de esta labor es PEMEX Refinación, la cual cuenta con la siguiente infraestructura ^[11]:

- 5,197 km de oleoductos para suministro de crudo a seis refinerías.
- 8,835 km de poliductos para transporte de refinados.
- 77 terminales de almacenamiento y reparto.
- 15 terminales marítimas.

Sin embargo, PEMEX enfrenta un importante rezago en infraestructura (transporte, distribución y manejo de productos) la capacidad actual de refinación enfrenta cuantiosos niveles de importaciones, lo que presiona la de por sí ya saturada red de los sistemas de transporte por ducto y marítimo, así como la capacidad de almacenamiento y distribución en las zonas de mayor demanda del país ^[8].



Esta saturación e ineficiencias se reflejan en mayores costos de transporte, por ejemplo: para cumplir con el suministro de productos, actualmente 5.7% de los combustibles son transportados por autotanques, en comparación al 3.4% registrado en el año 2000, tomando en cuenta que el costo de transporte promedio por autotanques es de 0.90 pesos/Km, mientras que el de los carrotanques, buquetanques, y ductos es de 0.43, 0.13 y 0.05 pesos/Km respectivamente, (ver figura 1.5) por lo tanto, los ductos son el medio de transporte de hidrocarburos más rentable ^[11].

Aunado a lo anterior se estima que el consumo de gasolinas y diesel seguirá aumentando, para el año 2015 la tasa anual de crecimiento será de 3.6% y 3.4% respectivamente ^[11].

Una Terminal de Almacenamiento y Reparto (TAR), es un Centro de Trabajo de Pemex Refinación, en donde se reciben y almacenan productos terminados (combustibles), para su despacho y reparto a los diferentes clientes (estaciones de servicio, clientes industriales, clientes de gobierno, distribuidores, entre otros), actualmente existen 77 Terminales de Almacenamiento y Reparto. Algunos estados tienen 2 terminales, otros hasta 8 como Veracruz y otros estados no cuentan con ninguna Terminal de Almacenamiento, como ocurre en la zona del Caribe Mexicano.

La construcción y ubicación estratégica de nuevas TAR's cubriría la creciente demanda de almacenamiento de combustibles, además se acortarían las distancias que se tienen que recorrer para distribuir los combustibles, reduciendo así los costos de transporte. La importancia de este trabajo donde se desarrolla la ingeniería conceptual para una TAR, radica en que es una etapa fundamental en el desarrollo de un proyecto de construcción de una nueva Terminal de Almacenamiento y Reparto.



El desarrollo de la Ingeniería Conceptual implica identificar la viabilidad técnica y económica de un proyecto, es la primera etapa después de que se ha planteado su necesidad y marca la pauta para el desarrollo de la ingeniería básica y de detalle, sin embargo, el presente trabajo esta enfocado a la elaboración de documentos de proceso a nivel de ingeniería conceptual.

En el presente trabajo de tesis se hace énfasis en la necesidad de ampliar la capacidad de almacenamiento de combustibles en México, es decir, construir nuevas TAR's, en el capítulo 1 se muestran datos estadísticos que sustentan dicha necesidad, como lo es la creciente demanda de gasolinas y diesel.

En el capítulo 2 se describen de manera general los documentos elaborados durante la etapa de ingeniería conceptual de un proyecto, se da una definición breve y se ejemplifican para dar una idea de como deben ser elaborados.

En el capítulo 3 se describen las áreas y los equipos de una TAR, por ejemplo, se proporciona la definición de una trampa receptora de diablos, que es un equipo utilizado para fines de recibo de diablos de inspección o limpieza interna de un ducto.

En el capítulo 4 se desarrollan los documentos de ingeniería conceptual para una TAR y se propone ubicarla en el municipio de Zumpango de Ocampo, Estado de México ya que la capacidad de almacenaje en la zona centro del país es deficiente como lo indica la tabla 1.3 "Situación del Almacenamiento y Transporte de combustibles en México".



Objetivos.

General.

- Desarrollar los documentos de ingeniería conceptual para una Terminal de Almacenamiento y Reparto de combustibles (TAR).

Particulares.

1. Describir de manera general, los documentos elaborados durante la etapa de ingeniería conceptual de un proyecto.
2. Conocer la importancia y el funcionamiento de una Terminal de Almacenamiento y Reparto.
3. Aplicar la normatividad vigente en la realización de los cálculos de los equipos y líneas de una TAR.



Capítulo 1

Generalidades



Capítulo 1 Generalidades

1.1.- Petróleo.

Proveniente del latín *Petroleum* (*petra* piedra y *oleoum* aceite), la palabra petróleo significa aceite de piedra. Es una mezcla de hidrocarburos; compuestos que contienen en su estructura molecular carbono e hidrógeno principalmente.

1.1.1.- Características del Petróleo.

El petróleo se encuentra en el subsuelo. Asume los tres estados físicos de la materia: sólido, líquido y gaseoso, según su composición, la temperatura y presión a las que se encuentra. Su color varía entre el ámbar y el negro; su densidad es menor que la del agua. En estado gaseoso es inodoro, incoloro e insípido. Como medida de seguridad, se le mezcla un compuesto sulfuroso (mercaptano) para descubrir su presencia y evitar intoxicaciones. Puede hallarse sólo o mezclado con el petróleo líquido dentro de un mismo yacimiento.

Por lo general, el petróleo tal y como se extrae de los pozos no sirve como energético ya que requiere altas temperaturas para arder, el crudo está compuesto de hidrocarburos de más de cinco átomos de carbono, es decir, hidrocarburos líquidos. Por lo tanto, para aprovecharlo como energético es necesario refinarlo.

1.2.- Refinación del Petróleo.

La refinación del petróleo es el conjunto de procesos físicos y químicos a los que se somete el crudo, la materia prima para obtener de él, por destilación, los diversos hidrocarburos o las familias de hidrocarburos con propiedades físicas y químicas bien definidas. Las fracciones se tratan más a fondo para convertirlas en mezclas de productos con los derivados del petróleo netamente comerciables y más útiles, mediante diversos y diferentes métodos, tales como craqueo, reformado, alquilación, polimerización e isomerización.



Estas mezclas de nuevos compuestos se pueden separar por fraccionamiento, así mismo se lleva a cabo la desalación y se eliminan las demás impurezas que contengan.

Los procesos de refinación del petróleo, se han desarrollado en respuesta a las cambiantes demandas del mercado para ciertos productos. Con la llegada del motor de combustión interna, la producción de gasolina se convirtió en la tarea principal de las refinerías. Las cantidades de gasolina obtenidas de la destilación eran insuficientes para satisfacer la demanda de los consumidores, gracias a esto, las refinerías comenzaron a buscar maneras de producir más gasolina y de mejor calidad ^[9].

1.2.1.- Etapas de la Refinación del Petróleo.

Los procesos de refinación del petróleo son los siguientes:

- Destilación (Fraccionamiento):

Dado que el petróleo crudo es una mezcla de hidrocarburos con diferentes puntos de ebullición, estos pueden ser separados por destilación. Existen dos tipos de destilación: atmosférica y al vacío.

- Reforma:

La reforma es un proceso que utiliza calor, presión y un catalizador (por lo general contiene platino) para provocar reacciones químicas con naftas. Las naftas son mezclas de hidrocarburos que contienen muchas parafinas y naftenos. Esta materia prima; la nafta, proviene de la destilación de petróleo crudo o de procesos de craqueo catalítico, pero también proviene de craqueo térmico y de los procesos de hidrocraqueo.



La reforma convierte una parte de estos compuestos a isoparafinas y aromáticos, que se utilizan para mezclar la gasolina de octanaje más alto.

- Craqueo (Rompimiento):

En la refinación del petróleo, los procesos de craqueo descomponen las moléculas de hidrocarburos pesados (alto punto de ebullición) en productos más ligeros como la gasolina y el gasóleo. Estos procesos incluyen craqueo catalítico, craqueo térmico e hidrocraqueo.

Por ejemplo: Las olefinas (moléculas y compuestos químicos) tales como el propileno y el butileno son producidos por el craqueo catalítico y térmico.

- Alquilación:

La alquilación se refiere a la unión química de olefinas con isobutano para crear moléculas más grandes en una cadena ramificada (isoparafinas) que se forma para producir gasolina de alto octanaje, lo cual es importante, debido a que es una medida de la calidad y capacidad antidetonante de las gasolinas para evitar las detonaciones y explosiones en las máquinas de combustión interna, de tal manera que se libere o se produzca la máxima cantidad de energía útil.

- Isomerización:

La Isomerización se refiere a la reorganización química de los hidrocarburos de cadena lineal (parafinas), por lo que contienen ramificaciones unidas a la cadena principal (isoparafinas). Este proceso se consigue mediante la mezcla de butano con hidrógeno y cloro, dejando reaccionar en presencia de un catalizador para formar isobutano con trazas de butano y algunos gases más ligeros, posteriormente los productos se separan en un fraccionador.



- Polimerización:

Bajo presión y temperatura, más un catalizador ácido, las moléculas de hidrocarburos insaturados reaccionan y se combinan entre sí para formar moléculas más grandes de hidrocarburos. Este proceso con los suministros de petróleo se puede utilizar para la reacción del buteno (moléculas de olefinas con cuatro átomos de carbono) con iso-butano (moléculas de parafina, o isoparafinas, con cuatro átomos de carbono) para generar una gasolina de alto octanaje.

- Hidrotratamientos:

El Hidrotratamiento es una manera de eliminar contaminantes de muchos de los productos intermedios o finales obtenidos del proceso de refinación del petróleo. En el proceso de tratamiento con hidrógeno, la materia prima que entra se mezcla con hidrógeno y se calienta a 300 – 380°C. El aceite combinado con hidrógeno entra en un reactor cargado con un catalizador que promueve varias reacciones.

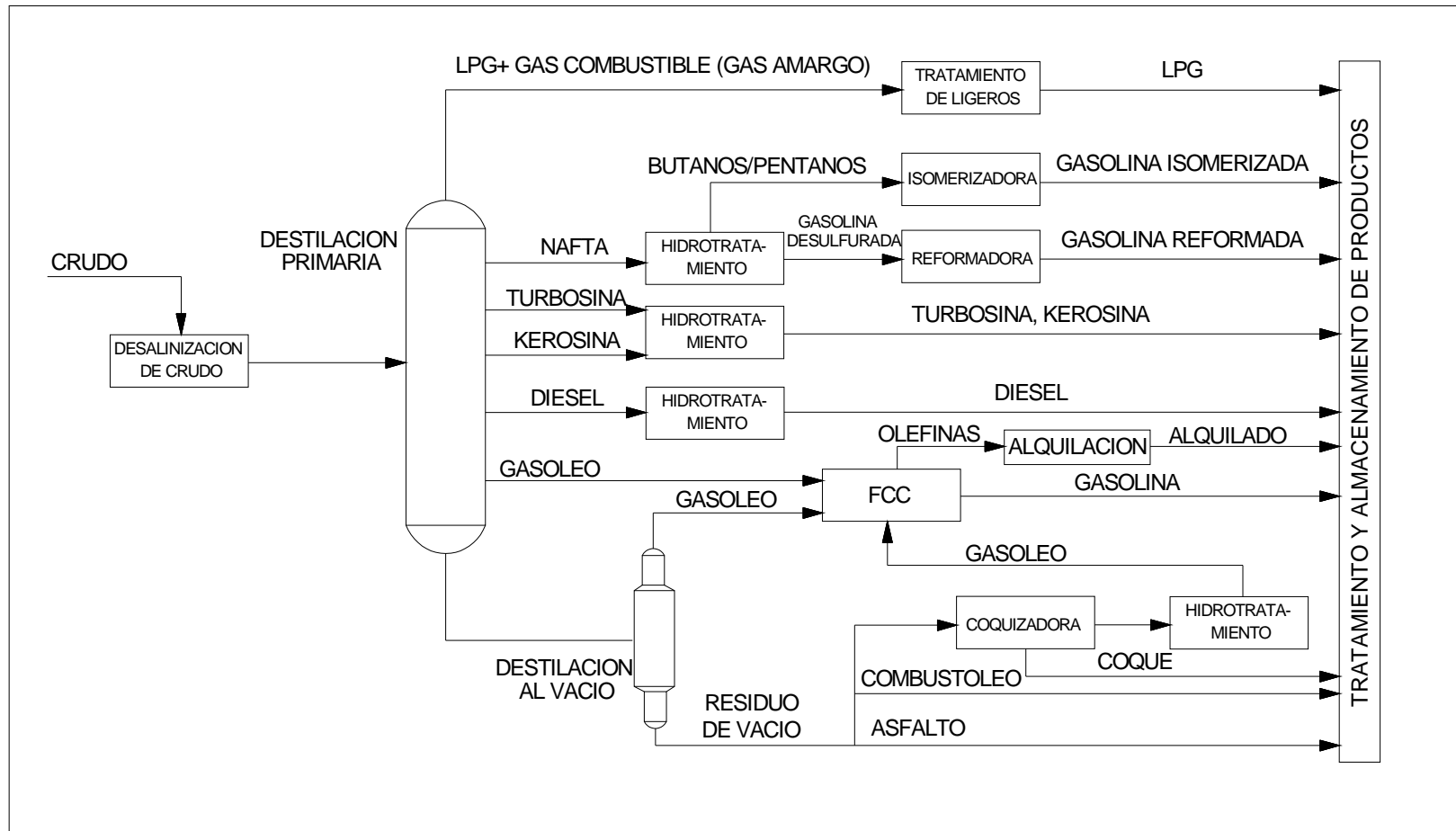


Figura 1.1 Esquema Típico de la Refinación.

Fuente: Refino de petróleo: Tecnología y Economía

Fecha: 03 de Marzo del 2011



Como se observa en la Tabla 1.1 de la refinación del petróleo se obtienen diversos productos.

Producto	Descripción
<i>Gasolina de aviación.</i>	Combustible usado en aviones con motores de combustión interna.
<i>Gasolina.</i>	Combustible utilizado en los vehículos automotores de combustión interna, entre otros usos.
<i>Turbosina.</i>	Gasolina para aviones jet, también conocida como Jet-A.
<i>Diesel.</i>	Combustible de uso común en camiones y autobuses.
<i>Queroseno.</i>	Se utiliza como combustible en algunas estufas domésticas y equipos industriales. Coloquialmente se le llama "petróleo".
<i>Cocinol.</i>	Es una especie de gasolina para uso doméstico. Su producción es mínima.
<i>Gas Propano o LPG.</i>	Se utiliza como combustible doméstico e industrial.
<i>Combustóleo o Fuel Oil.</i>	Es un combustible pesado para hornos y calderas industriales.
<i>Disolventes Alifáticos.</i>	Sirven para la extracción de aceites, pinturas, para la producción de thinner, gas para quemadores industriales, elaboración de tintas, formulación y fabricación de productos agrícolas y para limpieza en general.
<i>Asfaltos.</i>	Se utilizan para la producción de asfalto y como material sellante en la industria de la construcción.
<i>Bases Lubricantes.</i>	Es la materia prima para la producción de los aceites lubricantes.
<i>Ceras Parafínicas.</i>	Es la materia prima para la producción de velas y similares, ceras para pisos, fósforos, papel parafinado, vaselinas, etc.
<i>Polietileno.</i>	Materia prima para la industria del plástico en general.



Tabla 1.1 continuación.

Producto	Descripción
<i>Alquitrán Aromático.</i>	Utilizado en la industria de las llantas. También es un diluyente.
<i>Ácido Nafténico.</i>	Sirve para preparar sales metálicas tales como naftenatos de calcio, cobre, zinc, plomo, cobalto, etc., que se aplican en la industria de pinturas, resinas, poliéster, detergentes y fungicidas.
<i>Benceno</i>	Sirve para fabricar ciclohexano.
<i>Ciclohexano</i>	Es la materia prima para producir caprolactama y ácido adípico para la fabricación del nylon.
<i>Tolueno</i>	Se usa como disolvente en la fabricación de pinturas, resinas, adhesivos, thinner y tintas. También se usa como materia prima del benceno.
<i>Xilenos Mezclados</i>	Se utilizan en la industria de pinturas, de insecticidas y de thinner.
<i>Ortoxileno</i>	Es la materia prima para la producción de anhídrido ftálico.
<i>Alquilbenceno</i>	Se usa en la industria de todo tipo de detergentes, para elaborar plaguicidas y ácidos sulfónicos.
<i>Azufre</i>	Sirve para la vulcanización del caucho, fabricación de algunos tipos de acero y preparación de ácido sulfúrico, entre otros usos.
<i>Gas Natural</i>	Sirve como combustible para uso doméstico, industrial y para la generación de energía termoeléctrica.

Tabla 1.1 Productos Refinados.

Fuente: Refino de petróleo: Tecnología y Economía
Fecha: 05 de Marzo del 2011



1.2.2.- Refinerías en México.

Como se puede observar en la Figura 1.2, en el país existen seis refinerías que conforman el Sistema Nacional de Refinación (SNR), son operadas por PEMEX y tienen la capacidad de procesamiento siguiente:

- Tula, Hidalgo 267.19 Mbd.
- Salamanca, Guanajuato 192.48 Mbd.
- Cadereyta, Nuevo León 208.35 Mbd.
- Ciudad Madero, Tamaulipas 152.09 Mbd.
- Salina Cruz, Oaxaca 279.36 Mbd.
- Minatitlán, Veracruz 161.58 Mbd.

Entre la infraestructura de PEMEX también se cuenta con 8,835 Km de Poliductos y 5,197 Km de Oleoductos, fundamentales para el transporte de hidrocarburos en México ^[8].



Figura 1.2 Localización de Refinerías en México.

Fuente: www.pemex.com
Fecha: 07 de Mayo del 2011

Mediante la refinación del petróleo se obtienen las gasolinas y el diesel, combustibles utilizados en nuestra vida diaria y que debido a factores como el crecimiento demográfico, su demanda va en aumento. A continuación se presentan datos estadísticos referentes a la situación actual de los combustibles en México.



1.3.- Situación actual del transporte, almacenamiento y distribución de petrolíferos en México.

Una de las funciones sustantivas de la industria petrolera, es la distribución de combustibles (gasolinas y diesel) a los lugares de consumo de todo el país, en México la empresa encargada de esta labor es PEMEX Refinación, la cual enfrenta un importante rezago en la construcción de infraestructura, tanto de transporte como de distribución y manejo de productos ^[11].

Con la demanda actual de combustibles en México se ve presionada la saturada red de los sistemas de transporte por ducto y marítimo, así como la capacidad de almacenamiento y distribución en las zonas de mayor demanda.

PEMEX no cuenta con una infraestructura de transporte y almacenamiento sólida, ya que el transporte de hidrocarburos enfrenta situaciones de saturación e ineficiencias que se reflejan en mayores costos y reducen la seguridad del suministro.

1.3.1.- Proyección de la Demanda de Combustibles en México.

Como se puede observar en la Figura 1.3, se estima que el consumo de gasolinas y diesel seguirá aumentando para el año 2015 con una tasa anual de crecimiento de 3.6% y 3.4% respectivamente.



DESARROLLO DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL PARA UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE COMBUSTIBLES

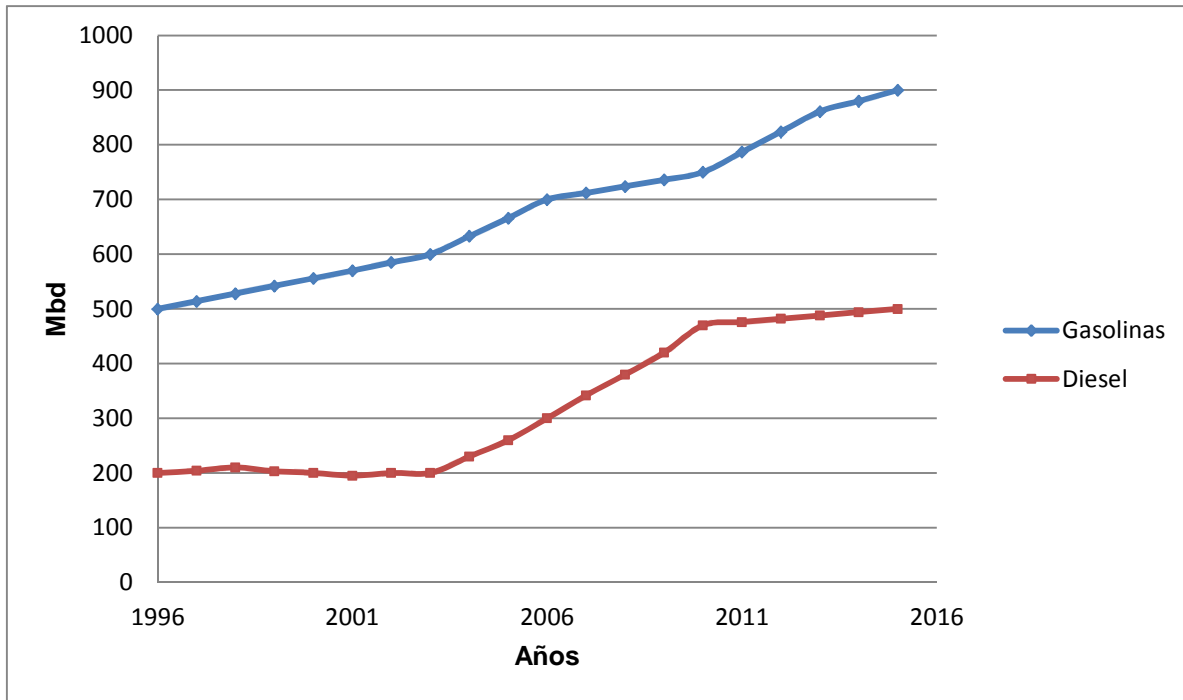


Figura 1.3 Demanda de combustibles en México (1996-2015).

Fuente: www.pemex.com
Fecha: 07 de Mayo del 2011

En la Figura 1.4 se muestra como se incrementa la demanda de gasolinas y diesel debido al crecimiento demográfico.

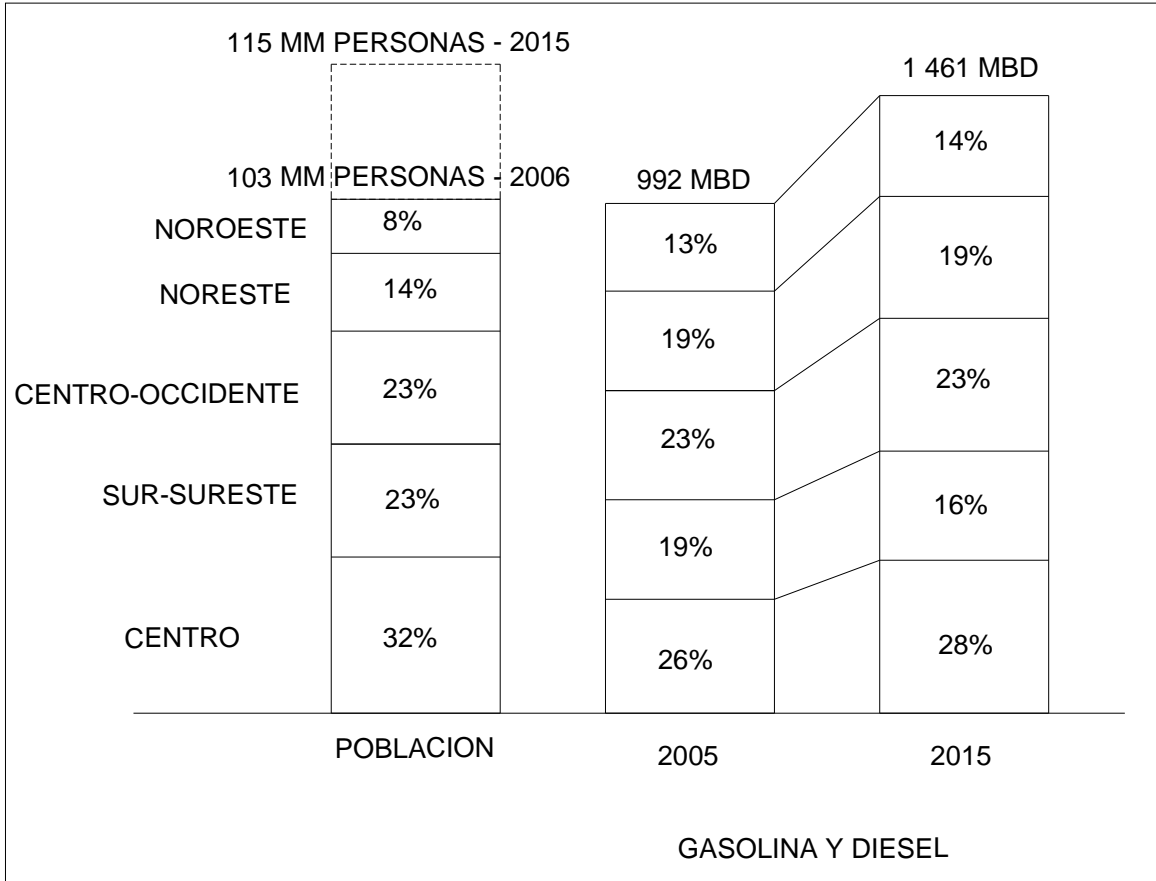


Figura 1.4 Balance población-demanda de gasolina y diesel (2005-2015).

Fuente: www.pemex.com

Fecha: 07 de Mayo del 2011

Para aumentar la capacidad de almacenamiento de combustibles es necesario construir nuevas Terminales de Almacenamiento y Reparto.

1.3.2.- Costo de cada uno de los medios de transporte de hidrocarburos.

Los hidrocarburos destilados se pueden transportar por medio de ductos, buquetanques, carrotanques y autotanques. La saturación del transporte por ductos ha generado la necesidad de utilizar otros medios menos eficientes. En México, menos del 58% de los hidrocarburos transportados se realiza por ductos. Dicho porcentaje es inferior, al que se observa en otros países.



El uso intensivo de Autotanques en trayectos largos, resulta en costos adicionales de transporte contra otros medios más eficientes, seguros y económicos. Se estima que el costo que se paga por transportar por medios menos eficientes que el ducto, como es el caso del transporte por Autotanques, es de alrededor de 2.5 mil millones de pesos anuales.

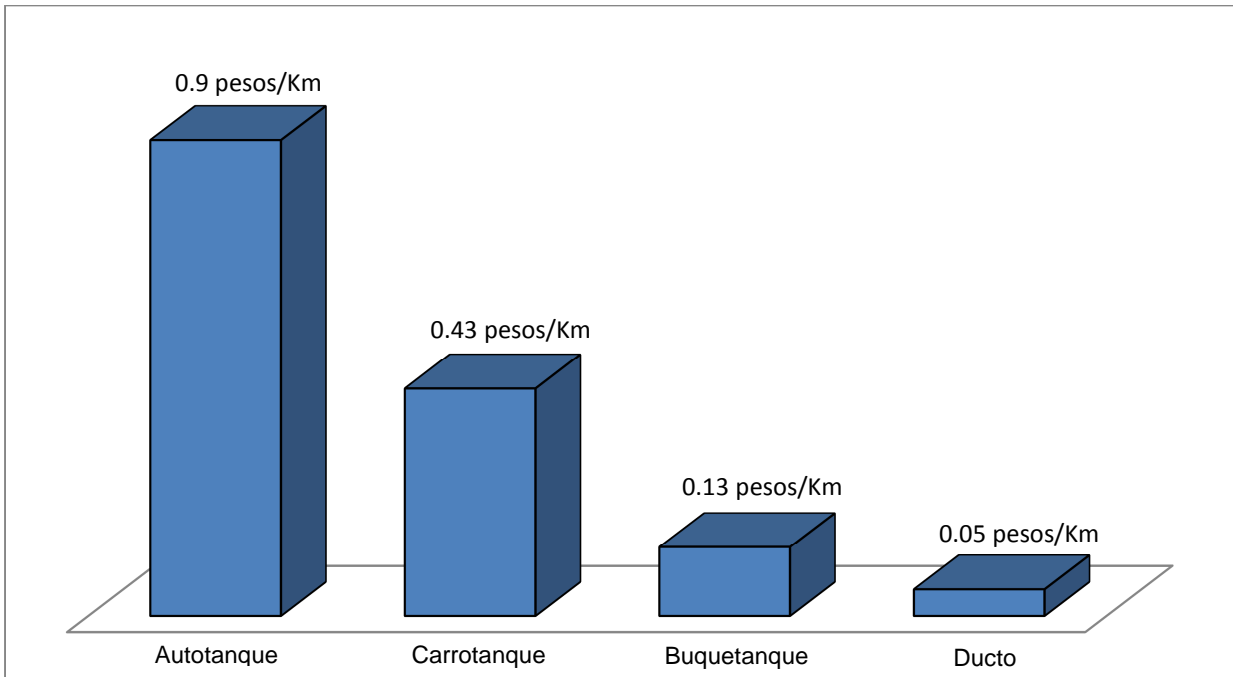


Figura 1.5 Costo de Transporte Promedio 2002-2006 (pesos/Km).

Fuente: www.pemex.com
Fecha: 07 de Mayo del 2011

PEMEX se ha visto en la necesidad de utilizar medios de transporte de mayor costo para cumplir con el suministro de productos. A pesar de la diferencia en los costos de transporte, hoy en día el 5.7% de los combustibles son transportados por autotanques, en comparación con el 3.4% que se transportaba en el año 2000, debido a la falta de infraestructura.

En términos de volumen y distancias, se transportaron durante el año 2006 alrededor de 81,079 millones de toneladas-kilómetro.

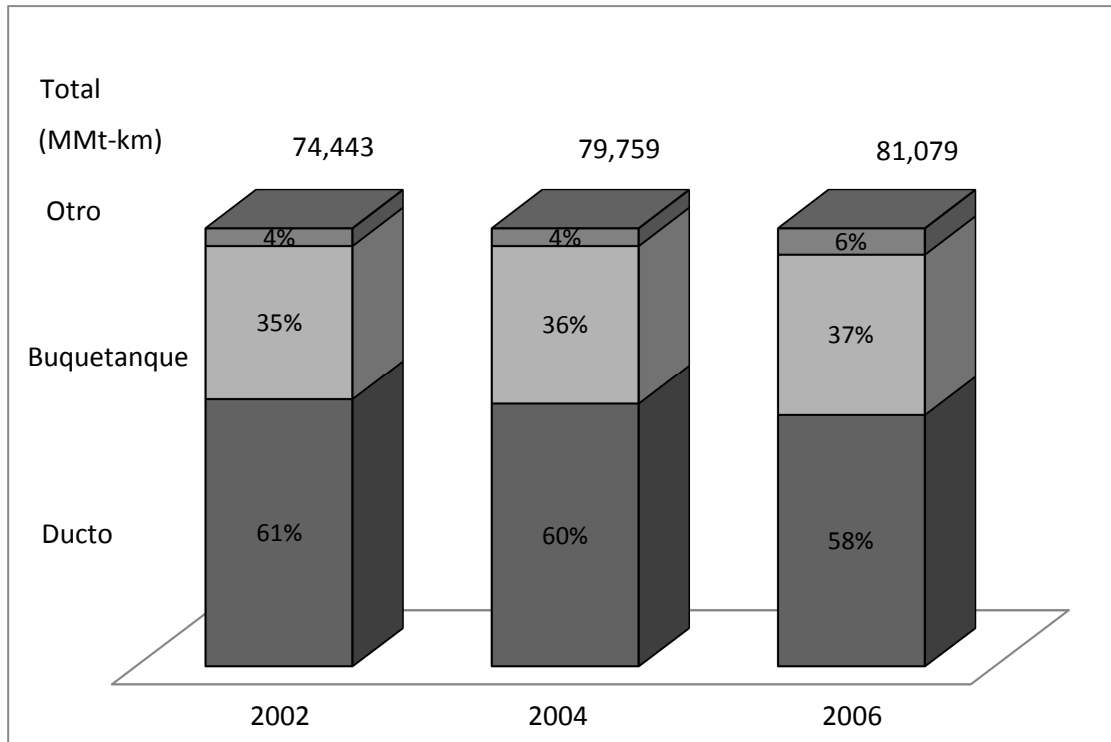


Figura 1.6 Transporte de Productos (%).

Fuente: www.pemex.com
Fecha: 07 de Mayo del 2011

En la Figura 1.6 se observa la disminución del transporte de hidrocarburos por ducto del año 2002 al 2006, a pesar de ser el medio más barato y eficiente, esto se debe a la falta de infraestructura.

1.3.3.- Capacidad de Almacenamiento y Distribución de PEMEX.

La capacidad nacional de almacenamiento en TAR's es superior a los 16.6 millones de barriles nominales, con 621 tanques. La autonomía nacional derivada de esta capacidad es de tres días en gasolina magna, de siete días en gasolina Premium y de siete días en Diesel. Sin embargo, esta autonomía es distinta en cada zona del país. En la Terminal de Almacenamiento y Reparto de Salamanca, por ejemplo, la autonomía en gasolinas y diesel es de tan sólo un día y, en Tula, es de dos días para gasolinas. Como referencia, cabe mencionar que la autonomía en gasolinas, en los países desarrollados, es de aproximadamente tres semanas de consumo.



En la tabla 1.2 se muestra la autonomía que debe tener una TAR dependiendo de su medio de abastecimiento.

Característica	Capacidad de almacenamiento en consumo promedio
Con refinería y/o unida a poliducto	15-20 días
Si depende de transporte marítimo	20-30 días

Tabla 1.2 Estándares internacionales de TAR's.

Fuente: www.pemex.com
Fecha: 07 de Mayo del 2011

Los altos niveles de importaciones, la criticidad de los poliductos y las terminales, aunado a los bajos niveles de almacenamiento ponen en riesgo el suministro de hidrocarburos para las temporadas de alta demanda e incluso, cada vez más en temporadas normales en ciertas áreas del país.

	DISPONIBILIDAD DE PRODUCTO	CAPACIDAD DE ALMACENAJE	POLIDUCTOS
TOTAL MEXICO			
CENTRO			
CENTRO-OCCIDENTE			
SUR-SURESTE			
NORESTE			
NOROESTE			NA

OPTIMO
 EFICIENTE
 REGULAR
 DEFICIENTE

Tabla 1.3 Situación del Almacenamiento y Transporte de combustibles en México.

Fuente: www.pemex.com
Fecha: 07 de Mayo del 2011

Como se puede observar en la tabla 1.3, se requiere aumentar el número de Terminales de Almacenamiento y Reparto (TAR's), a continuación se da la definición de una TAR.

1.4.- Terminal de Almacenamiento y Reparto (TAR).

Una Terminal de Almacenamiento y Reparto, es un Centro de Trabajo de PEMEX Refinación, en donde se reciben y almacenan productos terminados (combustibles), para su despacho y reparto a los diferentes clientes (estaciones de servicio, clientes industriales, clientes de gobierno, distribuidores, entre otros).

PEMEX Refinación cuenta con 77 Terminales de Almacenamiento y Reparto, para satisfacer la demanda del mercado nacional de este tipo de productos [11].

Las 77 TAR's se encuentran distribuidas de la siguiente manera:

- Zona centro, 20 TAR's
- Zona pacifico, 21 TAR's
- Zona norte, 20 TAR's
- Zona sureste, 16 TAR's

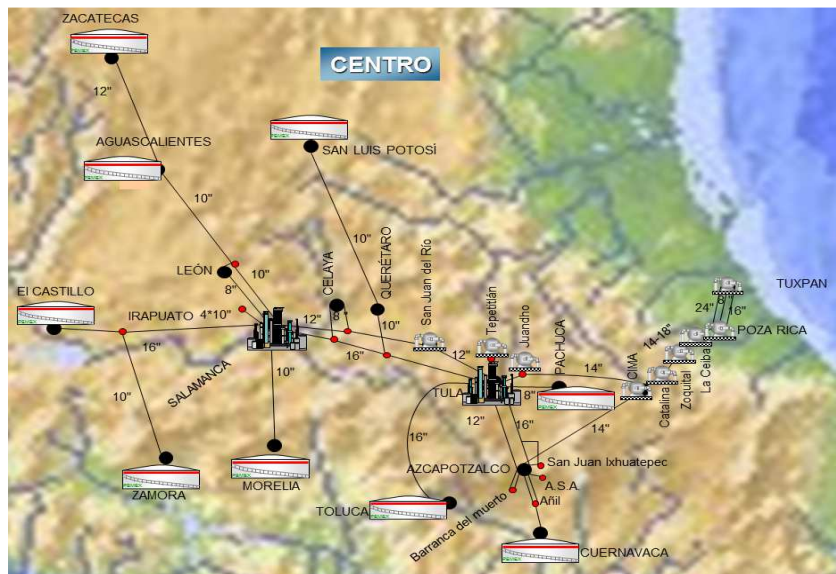


Figura 1.7a Localización de Terminales de Almacenamiento y Reparto, zona centro.

Fuente: www.pemex.com
 Fecha: 07 de Mayo del 2011

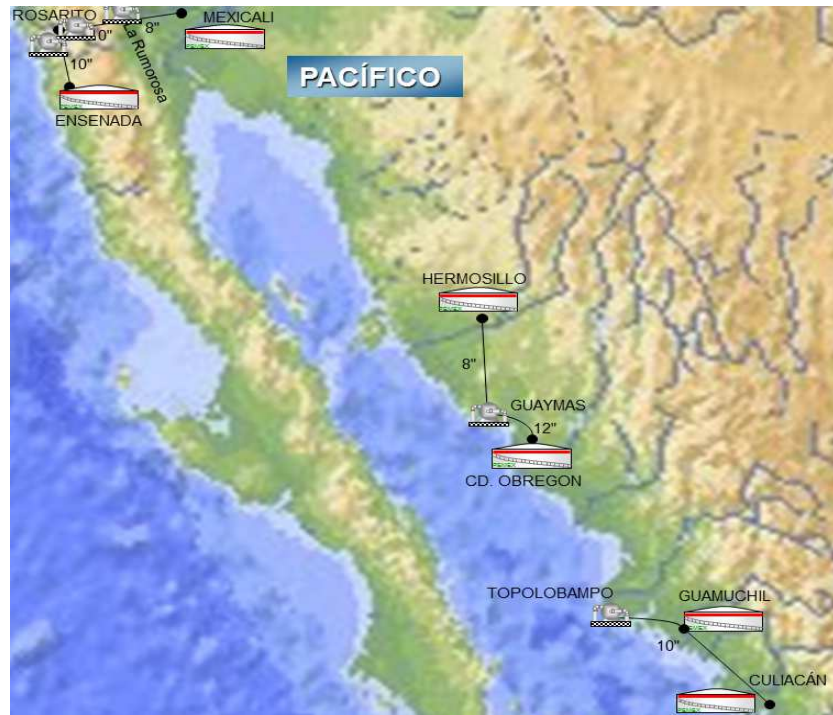


Figura 1.7b Localización de Terminales de Almacenamiento y Reparto, zona pacífico.

Fuente: www.pemex.com

Fecha: 07 de Mayo del 2011



Figura 1.7c Localización de Terminales de Almacenamiento y Reparto, zona norte.

Fuente: www.pemex.com

Fecha: 07 de Mayo del 2011



Figura 1.7d Localización de Terminales de Almacenamiento y Reparto, zona sureste.

Fuente: www.pemex.com
Fecha: 07 de Mayo del 2011

Para aumentar el número de TAR's es necesario desarrollar proyectos de construcción de nuevas Terminales de Almacenamiento y Reparto de combustibles, a continuación se presenta la definición y las etapas de un proyecto.



Capítulo 2

Documentos Elaborados Durante la Etapa de Ingeniería Conceptual de un Proyecto.



Capítulo 2 Documentos Elaborados Durante la Etapa de Ingeniería Conceptual de un Proyecto.

2.1.- ¿Que es un Proyecto?

Un proyecto surge para satisfacer una necesidad y es una planificación que consiste en un conjunto de actividades que se encuentran interrelacionadas y coordinadas; la razón de un proyecto es alcanzar objetivos específicos dentro del tiempo establecido. Un proyecto se puede dividir de la manera siguiente.

Etapas de un Proyecto.

- Ingeniería conceptual
- Ingeniería básica
- Ingeniería de detalle
- Ingeniería de procura
- Construcción
- Pruebas y arranque

2.1.1.- Ingeniería Conceptual.

El desarrollo de la ingeniería conceptual de un proyecto consiste en identificar la viabilidad técnica y económica del mismo. Es la primera etapa de un proyecto, después de que se ha planteado su necesidad y marcará la pauta para el desarrollo de la ingeniería básica y de detalle. Se basa en la definición de los requerimientos del proyecto, además de que se definen características termodinámicas y cinéticas del proceso, para posteriormente iniciar con la realización de cálculos de equipos y líneas utilizando criterios, especificaciones, normas y procedimientos de ingeniería, con estas bases se elaboran los documentos a nivel de ingeniería conceptual.



Durante esta etapa se definen, de una manera preliminar, aspectos como los siguientes:

- Ubicación aproximada de la planta.
- Estudio de vías de acceso.
- Área física de la instalación.

Además de que a nivel de Ingeniería Conceptual se generan los siguientes documentos en edición preliminar:

- Bases de Diseño.
- Descripción del Proceso.
- Diagrama de Flujo de Proceso.
- Diagramas de Tubería e Instrumentación.
- Plano de Localización General de Equipo.

Se continuará el desarrollo de estos documentos en la ingeniería básica y de detalle, donde se lleva a cabo su edición definitiva.

2.1.2.- Ingeniería Básica.

A la segunda etapa de un proyecto se le denomina ingeniería básica. Es el conjunto de información que da a conocer “como se va a elaborar un determinado producto”. En esta etapa se toma como punto de partida la información disponible del proceso a utilizar así como los documentos generados durante la etapa de Ingeniería Conceptual.



La empresa encargada del desarrollo de la ingeniería básica puede utilizar sus propias fuentes de información (literatura, simuladores, etc.) o auxiliarse de una empresa especializada. Se debe tener especial cuidado al desarrollar la ingeniería básica ya que es la base para elaborar la Ingeniería de Detalle.

Entre los documentos elaborados en la ingeniería básica se encuentran los siguientes:

- Bases de diseño.
- Descripción del proceso.
- Diagrama de flujo de proceso.
- Balances de materia y energía.
- Requerimientos de servicios auxiliares.
- Lista de equipo.
- Índice de servicios.
- Lista de líneas.
- Hojas de datos de equipo.
- Diagramas de tubería e instrumentación.
- Plano de localización general de equipo.
- Etcétera.



2.1.3.- Ingeniería de Detalle.

La Ingeniería de Detalle es el conjunto de información que da a conocer “como se va a construir e instalar la planta”. Comprende el diseño de las instalaciones, incluyendo los servicios auxiliares que permitan llevar a cabo la construcción de la planta. Una vez que se ha llevado a cabo la ingeniería básica y que se cuenta con suficiente información del proceso, se puede iniciar el diseño detallado de recipientes, tuberías, equipo eléctrico, instrumentación, cimentaciones y estructuras. Por ejemplo, el diseño de cimentación de un recipiente, no puede iniciarse hasta no tener sus dimensiones, peso y localización.

En esta etapa se generan documentos constructivos para las diferentes áreas o disciplinas que participan en el desarrollo del proyecto.

Las actividades realizadas durante la Ingeniería de Detalle son complementadas con actividades de procura, es decir, con la adquisición de los equipos y materiales. La Ingeniería de Detalle es el enlace entre la Ingeniería Básica y la Ingeniería de Procura y Construcción, existiendo un traslape necesario para la continuidad del proyecto.

En la elaboración de los documentos que integran la Ingeniería de Detalle participan diferentes especialidades, las cuales varían de acuerdo al tipo de proyecto, en la tabla 2.1 se muestran algunos de los documentos que elaboran dichas especialidades.



Especialidades	Ingeniería de Proceso	Ingeniería Eléctrica	Ingeniería Mecánica	Ingeniería de Tuberías	Ingeniería de Instrumentación y Control	Ingeniería Civil	Arquitectura
Documentos							
D.F.P.	X						
Hojas de datos	X		X		X		
DTI'S	X						
Plot-plan	X						
Diseño mecánico de recipientes			X				
Diseño mecánico de equipo			X				
Especificación de materiales	X						
Plano de fabricación.			X				
Registro de drenajes.						X	X
Cimentación de equipos y estructuras.						X	
Cimentación de recipientes.						X	
Cimentación de edificios.							X
Cimentación de soportería de tuberías.						X	X
Plano de superestructuras de edificios.						X	X
Plano de soportería de tuberías.						X	
Soportería estructurada de equipo.						X	
Soportería estructurada de tuberías.						X	
Plataformas y escaleras.						X	X
Plano de localización de tierras y pararrayos.		X					
Diagrama unifilar.		X					
Especificación de subestaciones.		X					
Distribución de alumbrado.		X					
Arreglo de equipo eléctrico en cuarto de control.		X					
Plano clave de tuberías.				X			
Plano de plantas y elevaciones.						X	X
Dibujos isométricos de tuberías.				X			
Análisis de esfuerzos.			X				



Tabla 2.1 continuación.

Diagramas típicos de instalación.	X								
Diagrama de instrumentación.					X				
Elaboración de maqueta constructiva.							X		X
Índice de instrumentos.					X				
Diagramas lógicos de control.					X				
Diseño de edificios.							X		X
Matriz de arranque y paro.	X								
Manual de operación.	X								

Tabla 2.1 Documentos elaborados en la etapa de ingeniería de detalle.

Fuente: Materia Ingeniería de Proyectos
Fecha: 20 de Agosto del 2010



2.1.4.- Ingeniería de Procura.

La Ingeniería de Procura es la etapa del proyecto que comprende los trámites para la adquisición del equipo y los materiales de las nuevas instalaciones. La generación de la documentación técnica se establece a partir de la información generada en la Ingeniería Básica y la Ingeniería de Detalle.

La oportuna entrega de información a los fabricantes es vital para la retroalimentación en la Ingeniería de Detalle y asimismo evitar retrasos en la entrega del equipo y materiales durante la construcción.

Normalmente esta actividad la efectúa la firma de ingeniería y el cliente se encarga del aspecto financiero y de la autorización de las adquisiciones.

Entre las actividades de procura se encuentran las siguientes:

- Preparación de la requisición o solicitud de cotización a proveedores.
- Preparación y trámite de órdenes de compra
- Inspección
- Trafico
- Etc.

2.1.5.- Construcción.

La construcción es la realización física del proyecto, la cual se lleva a cabo partiendo de los resultados e información generada en la Ingeniería Básica, de Detalle y de Procura. Esta actividad puede iniciarse con un determinado porcentaje de avance del proyecto, donde se cuente con la información necesaria que garantice que el programa de construcción no se atrase o vaya a detenerse por falta de información.



Dependiendo de las políticas del cliente, y la capacidad de la firma de ingeniería, la construcción la puede llevar a cabo esta última, la puede subcontratar, la puede llevar a cabo el cliente con sus propios medios o contratar a una compañía constructora y administrar él la construcción.

Las actividades constructivas dependen del tipo de proyecto, algunas actividades de construcción a manera de ejemplo son las siguientes:

- Preparación del terreno
- Construcción de almacenes de equipo y materiales de la planta.
- Urbanización
- Excavación para instalaciones subterráneas:
 - Drenaje
 - Agua de enfriamiento
 - Red de contra-Incendio
- Armado y Colado de:
 - Cimentaciones para equipo
 - Cimentaciones de edificios
 - Cimentaciones de estructura
 - Cimentaciones de soportería
 - Superestructura de edificios
 - Ductos eléctricos
- Prefabricado de Tubería:
 - Subterránea
 - Aérea
- Aislamiento y tendido de tubería subterránea
- Tendido de tubería de drenaje
- Montaje de equipo
- Prefabricado y montaje de:
 - Estructuras metálicas
 - Plataformas y escaleras



- Tanques atmosféricos
- Colocación de alumbrado en:
 - Soportería de tubería
 - Edificios
 - Equipo
- Colocación de aislamientos en:
 - Equipo
 - Tuberías
- Pintura de equipo
- Armado y colado de pavimentos
- Instalación de Instrumentos de campo
- Instalación de Instrumentos de edificio de control
- Instalación e interconexión de equipo eléctrico

2.1.6.- Pruebas y Arranque.

Una vez que el equipo y tuberías se han montado se someten a pruebas y mantenimiento, procediéndose a las reparaciones que haya que efectuar si se encuentran fallas en el equipo y/o tuberías, cuando han pasado las pruebas la planta queda lista para la puesta en marcha.

Tan pronto como se tiene lista la planta en cuanto a limpieza y pruebas de líneas y equipos, la instalación se pasa al grupo de arranque, el cual normalmente está constituido por el personal que va a operar la planta y que ya con anterioridad se familiarizó con el proceso mediante un manual de operación.

El manual de operación es otro de los documentos que prepara la firma de ingeniería para dar los lineamientos en cuanto al arranque, paro y condiciones especiales de operación que se deben tomar en cuenta para que la planta opere de acuerdo a las condiciones del diseño.



2.2.-Bases de Diseño.

Es el documento en el que se establecen todas las características técnicas y datos para el diseño que definen los objetivos del proyecto, es generado por los especialistas que intervendrán en el desarrollo del proyecto.

Las bases de diseño se deben elaborar cuando el cliente entregue las bases de usuario a la firma encargada de la Ingeniería Conceptual, estas bases de usuario deben contar con la información necesaria para poder iniciar las bases de diseño.

Información mínima que deben contener las Bases de Diseño:

- Nombre de la planta
- Localización
- Función de la planta
- Tipo de proceso
- Capacidad, rendimiento y flexibilidad
- Especificaciones de las alimentaciones y productos
- Condiciones de operación de las alimentaciones y productos
- Eliminación de desechos
- Instalaciones requeridas de almacenamiento
- Condiciones climatológicas
- Etcétera



2.3.- Descripción del Proceso.

En este documento se incluyen las características fundamentales del proceso, así como las condiciones de operación de los equipos involucrados en el mismo; se describe de manera detallada el proceso, se nombran las principales etapas, las materias primas necesarias, las operaciones unitarias que intervienen, los principales equipos que se utilizan, los servicios auxiliares requeridos, y el orden de procesamiento.

La descripción del proceso facilita la interpretación del diagrama de flujo de proceso (DFP) correspondiente y permite conocer las características del proceso sin que sea necesario consultar los diagramas de flujo o bien, sirve para complementar la información de los mismos. Inicia con una introducción donde se proporciona el nombre, función, capacidad y número de cada una de las secciones, también se mencionan las alimentaciones y productos obtenidos en la planta.

Posteriormente, se describen en forma detallada cada una de las secciones de la planta o del proceso; la descripción incluye el nombre y clave de cada equipo, así como las condiciones de operación de los mismos y el servicio que proporcionan, también menciona la forma en que las alimentaciones se transforman en productos a lo largo del proceso, las condiciones a las cuales ingresan y salen de los equipos.

2.4.- Diagrama de Bloques.

Es un esquema en forma de cuadros o bloques, donde se plasman las operaciones unitarias, los equipos y servicios auxiliares del proceso. Dichos bloques se encuentran interrelacionados por medio de flechas, las cuales muestran la secuencia del proceso de un bloque a otro. La Figura 2.1 muestra el diagrama de bloques para la estabilización de crudo en dos etapas de separación.

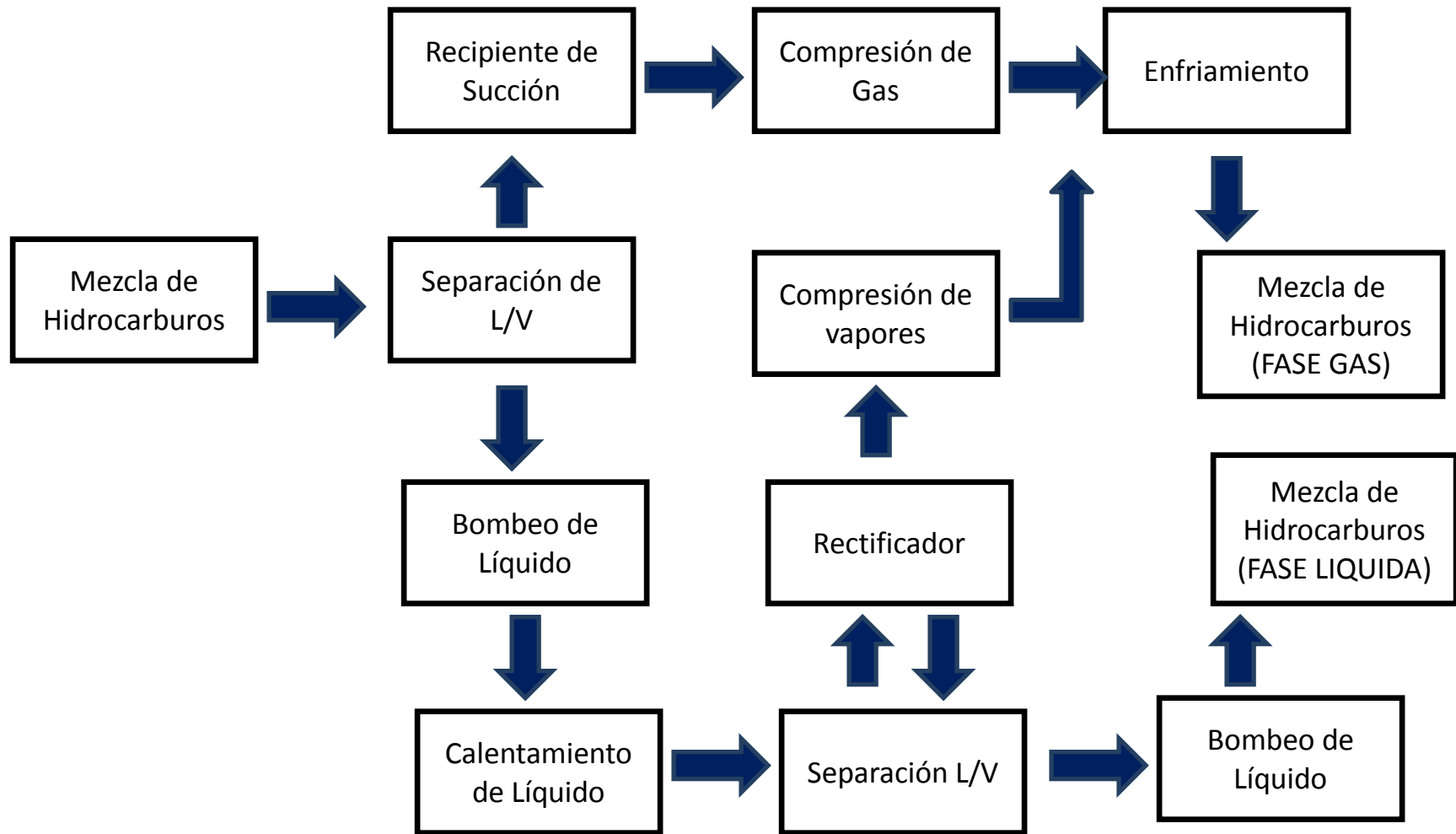


Figura 2.1 Diagrama de Bloques de la estabilización del crudo.

Fuente: www.pemex.com
Fecha: 20 de Julio del 2011



2.5.- Diagrama de Flujo de Proceso (DFP).

El DFP es un esquema ilustrativo del proceso, se caracteriza porque contiene toda la información de condiciones de operación de los equipos y líneas de proceso, incluyendo su balance de materia y energía entre otras cosas. Es una secuencia ordenada del proceso, este documento contiene información técnica que de manera resumida es importante para conocer las características del proceso, es la mayor fuente de transmisión de datos, por lo tanto, se profundizará un poco más en el tema.

En este diagrama se obtiene una idea más clara del proceso, pues se pueden identificar las corrientes y su sentido de flujo.

Una parte importante en el DFP es la que se refiere a los balances de materia y energía, los cuales se elaboran cuando se tiene definido el proceso y ya se cuenta con las bases de diseño, donde se describen: gastos, presiones y temperaturas de operación, datos de composición, entre otros.

Entre la información contenida en una tabla de balance se encuentra la siguiente:

- Número de corriente
- Tipo de fluido
- Composición
- Flujo másico
- Flujo volumétrico
- Temperatura de operación
- Presión de operación
- Densidad
- Gravedad específica
- Viscosidad
- Peso molecular



2.5.1.- Utilidad de los Diagramas de Flujo de Proceso.

- Ayudan al diseño y a la disposición del equipo, mostrando claramente las interrelaciones de los distintos equipos.
- Proporciona un esquema claro del proceso y de la planta para poder enfocar después el trabajo a los detalles de diseño.
- Ayuda a preparar una relación de equipos y de sus servicios auxiliares que sirva para hacer un estimado preliminar del costo de la planta.
- Proporciona una base para estimar el tamaño del equipo.
- Estudia las alternativas de disposición del equipo y sus servicios en la planta definitiva.
- Aclara y simplifica algunos aspectos de un proceso con más eficiencia que una explicación verbal o escrita, sin embargo, una descripción de proceso complementa a un diagrama de flujo de proceso.
- Son útiles para el estudio de problemas de plantas o procesos existentes así como para el diseño de instalaciones nuevas.

2.5.2.- Características de un Diagrama de Flujo de Proceso.

El proceso se presenta en forma esquemática mostrando el equipo involucrado con una simbología estándar, así como las interconexiones, claves de equipos, condiciones de operación y líneas de entradas y salidas.

Este documento debe incluir, además la siguiente información:

- Debe ser objetivo, es decir, tener claridad en la información.
- Todos los equipos se deben mostrar esquemáticamente, marcados con clave, capacidad y dimensiones, se representa normalmente el equipo mayor o principal (columnas, compresores, reactores, etc.).



- Condiciones de operación de los equipos (temperatura y presión) y algunas características del equipo (longitud, diámetro, potencia, área de transferencia, flujos, etc.).
- Principales líneas de proceso (marcadas con el número de corriente de acuerdo al balance de materia), las líneas de proceso tienen una dirección para la interconexión entre los equipos.
- Todas las líneas esenciales para comprender el balance de masa alrededor de cada equipo, datos de presión, temperatura, flujo, por ciento de vaporización y algunas propiedades de los fluidos, como son: viscosidad, densidad, capacidad calorífica, etc.
- Todos los datos deben proporcionarse en el sistema de unidades que designe el cliente.
- Balance de materia y energía para las corrientes de entrada y salida de la planta, así como aquellas donde ocurra un cambio importante en composición, se deberán indicar además las condiciones de temperatura y presión.
- Controles básicos de proceso.
- Lista de equipo.

2.5.3.- Procedimiento de elaboración de un DFP.

1. Ubicación del equipo principal de proceso en el diagrama.
2. Conectar por medio de líneas gruesas las corrientes de proceso (interconexión de equipo) y la distribución del equipo junto con las líneas de interconexión, se recomienda hacerlo desde la parte superior izquierda del documento hacia la parte inferior derecha del mismo.
3. Numerar las corrientes de proceso utilizando un símbolo.
4. Indicar el sentido de flujo de cada una de las líneas de proceso por medio de flechas cuando exista un cambio de dirección o en la entrada a los equipos.
5. Mostrar la clave de cada uno de los equipos lo más cercano a los mismos o dentro de ellos.



6. Indicar las corrientes que denotan algún servicio auxiliar (vapor, agua de enfriamiento, aire, etc.), éstas serán diferenciadas con líneas menos gruesas que las líneas de proceso.
7. Localizar las condiciones de operación (presión y temperatura) en los equipos de proceso.
8. Localizar los controles básicos de proceso que sean necesarios.
9. Elaborar la lista de equipo de proceso, cubriendo los siguientes puntos: clave, servicio y características de los equipos.
10. Mostrar en un cuadro, localizado en la parte inferior del documento, el balance de materia y energía de todas las corrientes del proceso del cual fueron enumeradas previamente.
11. Mostrar en un cuadro, localizado en la parte inferior derecha del diagrama los puntos siguientes: nombre de la planta, localización, número de diagrama, letra y número que denoten la edición y la revisión del documento, además de esto se pueden incluir notas aclaratorias para hacer más comprensible el documento.

En la figura 2.2 se muestra el ejemplo de un Diagrama de Flujo de Proceso.

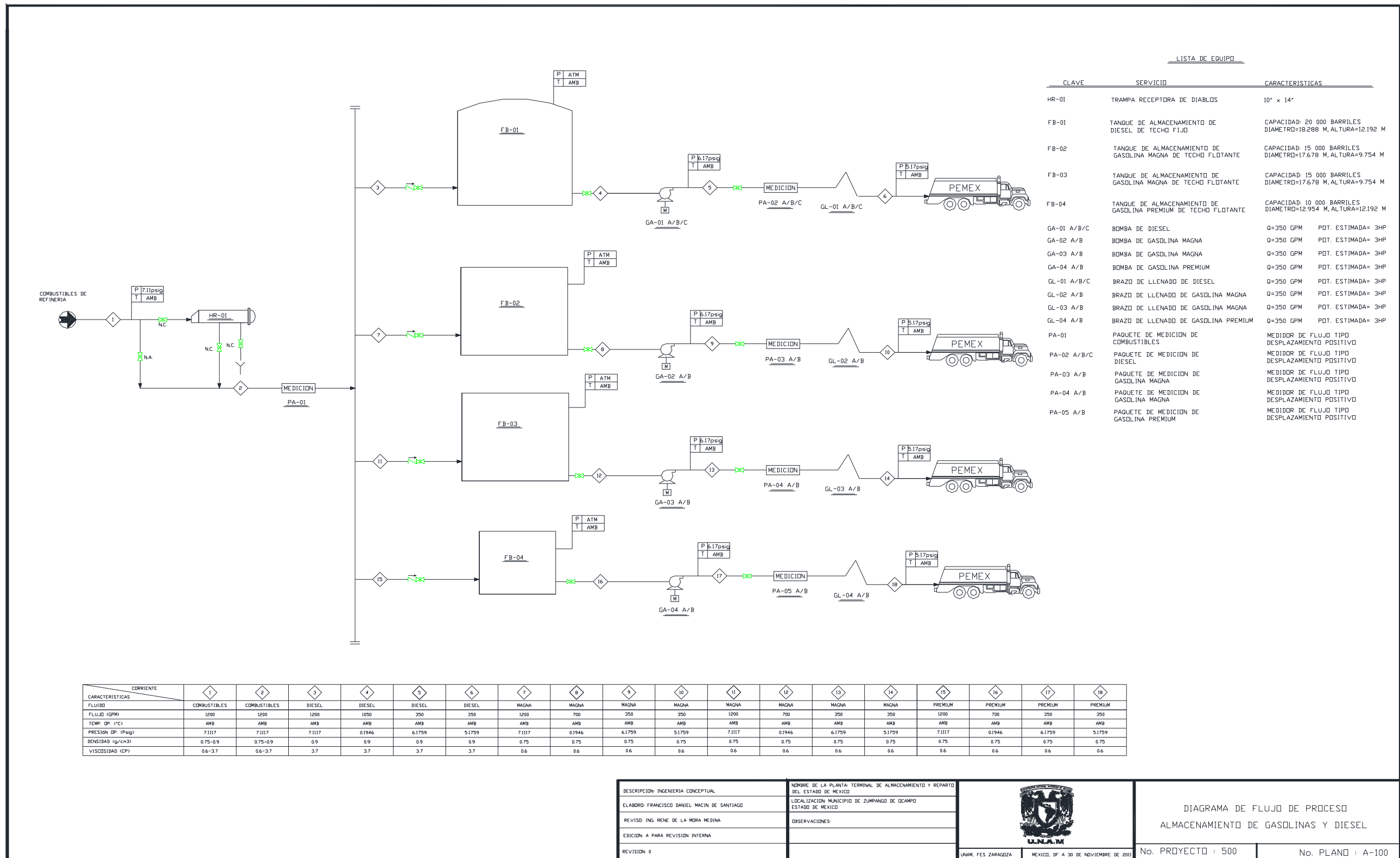


Figura 2.2 Diagrama de Flujo de Proceso "Almacenamiento de Gasolinas y Diesel"



2.6.- Requerimientos de Servicios Auxiliares.

Cualquier industria de proceso requiere de servicios auxiliares, que son indispensables para la correcta y óptima operación de la planta.

Los requerimientos de servicios auxiliares se elaboran una vez que se tiene definido el tipo de proceso, así se puede analizar que servicios auxiliares requiere la planta y en que cantidad.

Información contenida en los servicios auxiliares; se requieren cantidades necesarias o gasto de cada servicio auxiliar, temperaturas y presiones requeridas etc.

Los servicios auxiliares pueden dividirse en primarios y secundarios

2.6.1.- Servicios Auxiliares Primarios:

- Agua, que puede ser de usos generales, proceso, enfriamiento, agua contra incendio, agua potable, entre otros usos.
- Vapor de calentamiento o de proceso.
- Energía Eléctrica, que puede ser para alumbrado, motores, instrumentos, etc.
- Combustibles (sólidos, líquidos y gases)

2.6.2.- Servicios Auxiliares Secundarios:

- Sistemas de drenaje (sanitario, pluvial o químico)
- Aire de planta
- Aire de instrumentos

En la Figura 2.3 se muestran los diferentes servicios auxiliares requeridos en el proceso de producción del butadieno.

Servicios Auxiliares

- 1.- Aire
- 2.- Gas combustible
- 3.- Agua
- 4.- Vapor
- 5.- Aceite de absorción
- 6.- Sistema de refrigeración

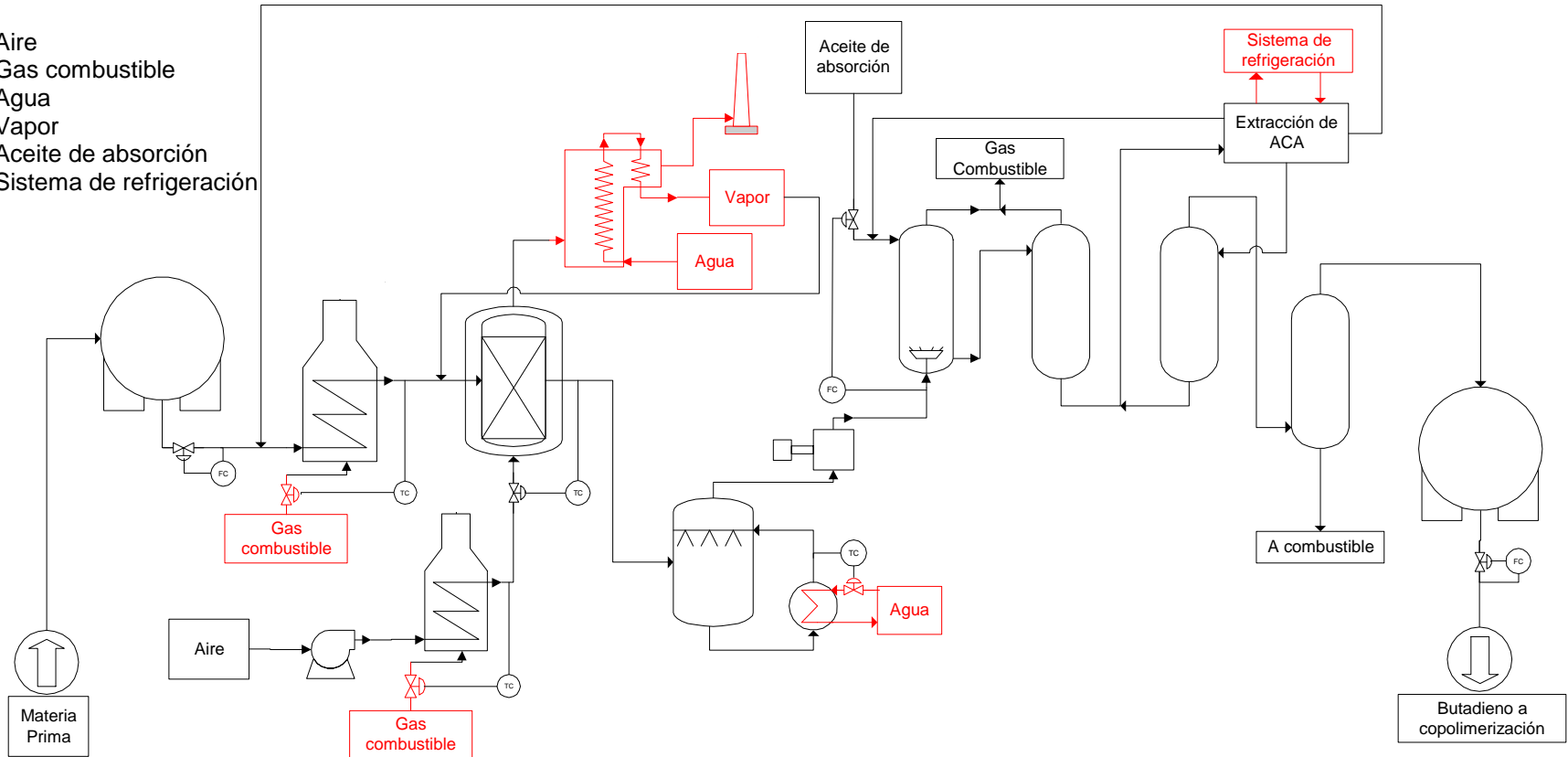


Figura 2.3 Servicios Auxiliares Requeridos para el Proceso de Producción del Butadieno.

Fuente: Materia Ingeniería de Proyectos
 Fecha: 25 de Agosto del 2010



2.7.- Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's).

Un DTI es un documento básico para el diseño, porque a diferencia del diagrama de flujo de proceso, muestra todos los equipos unidos por líneas con flechas de acuerdo a la dirección del flujo, además de tuberías y equipos con su respectivo lazo de control.

Dentro de la información contenida en un DTI se encuentra la siguiente:

- Identificación del fluido que se maneja
- Diámetros y especificaciones de tuberías
- Dimensiones y tipos de válvulas
- Dimensiones y características de equipos (tanques, torres, etcétera)
- Potencias de bombas
- Etc.

Cuando por razones de espacio sea necesario dibujar dos o mas DTI's, y existan líneas que se corten, se debe poner una bandera donde se indique de que número de DTI viene o a que número de DTI se dirige: de que línea se desprende o a que línea se dirige; de que tanque se desprende o a que tanque se dirige etc. Al igual que en el DFP se debe incluir el nombre de la planta, localización, número de diagrama, letra y número que denoten la edición y la revisión del documento. También se pueden incluir notas aclaratorias. La forma de realizar el dibujo depende de cada empresa.

Las líneas en un DTI se enumeran de manera distinta a un DFP, ya que lleva información del diámetro de la tubería, el servicio que brindará, el número de la línea y la especificación del material. El tipo de material de la tubería se selecciona considerando el tipo de fluido, condiciones de operación, corrosión, etc.



Una manera de identificar las líneas puede ser la siguiente:

4" P 001 A2A Donde:

- **4"** es el diámetro nominal de la tubería
- **P** corresponde al servicio que brinda la tubería, en este caso es una tubería de Proceso
- **001** es el número de la línea
- **A2A** es la especificación del material de la tubería, en este caso sería acero al carbón según la Norma NRF-032-PEMEX-2005 "Sistemas de tubería en plantas industriales-diseño y especificaciones de materiales"

En la figura 2.4 se presenta un DTI a manera de ejemplo.

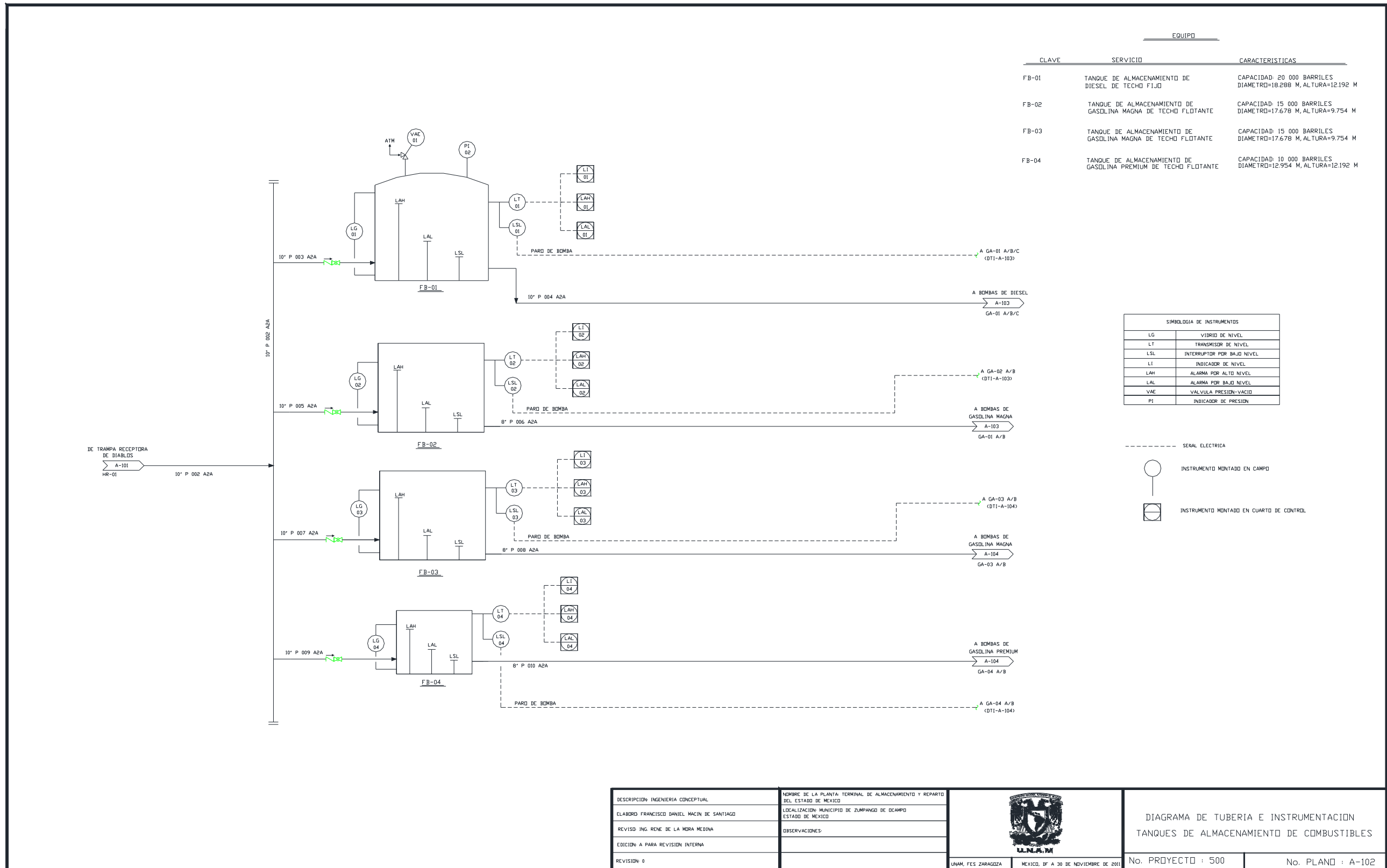


Figura 2.4 DTI Tanques de Almacenamiento de Combustibles



2.8.- Plano de Localización General de Equipo (PLG).

El plano de localización general de equipo es un dibujo a escala que muestra la ubicación de las diferentes áreas de la planta, indicando todos los equipos, arreglos de tuberías, estructuras, cuarto de control, edificio de mantenimiento y edificios administrativos, etc.

En este plano se debe incluir una lista de equipo con claves, dimensiones, gastos, presión y características propias del equipo que se esta localizando. Además debe contener la siguiente información:

- Norte geográfico
- Dirección de los vientos reinantes y dominantes
- Cada equipo debe contener su identificación

Un factor importante para establecer la distribución de los equipos son los vientos reinantes y dominantes. Los vientos reinantes son aquellos que prevalecen la mayor parte del tiempo durante todo el año, mientras que los vientos dominantes son aquellos que se presentan menor cantidad de tiempo durante el año pero con una fuerza mayor que los vientos reinantes, por lo tanto, el arreglo de equipo se realiza tomando en cuenta los vientos reinantes y dominantes, para evitar que por ejemplo vapores de líquidos inflamables sean arrastrados hacia áreas donde el personal que labora en la instalación pueda tener contacto con ellos y también para evitar una situación de alto riesgo.

Para iniciar con la elaboración del PLG es necesario contar como mínimo con las bases de usuario, bases de diseño y las dimensiones de los equipos.

En la figura 2.5 se presenta un PLG a manera de ejemplo.

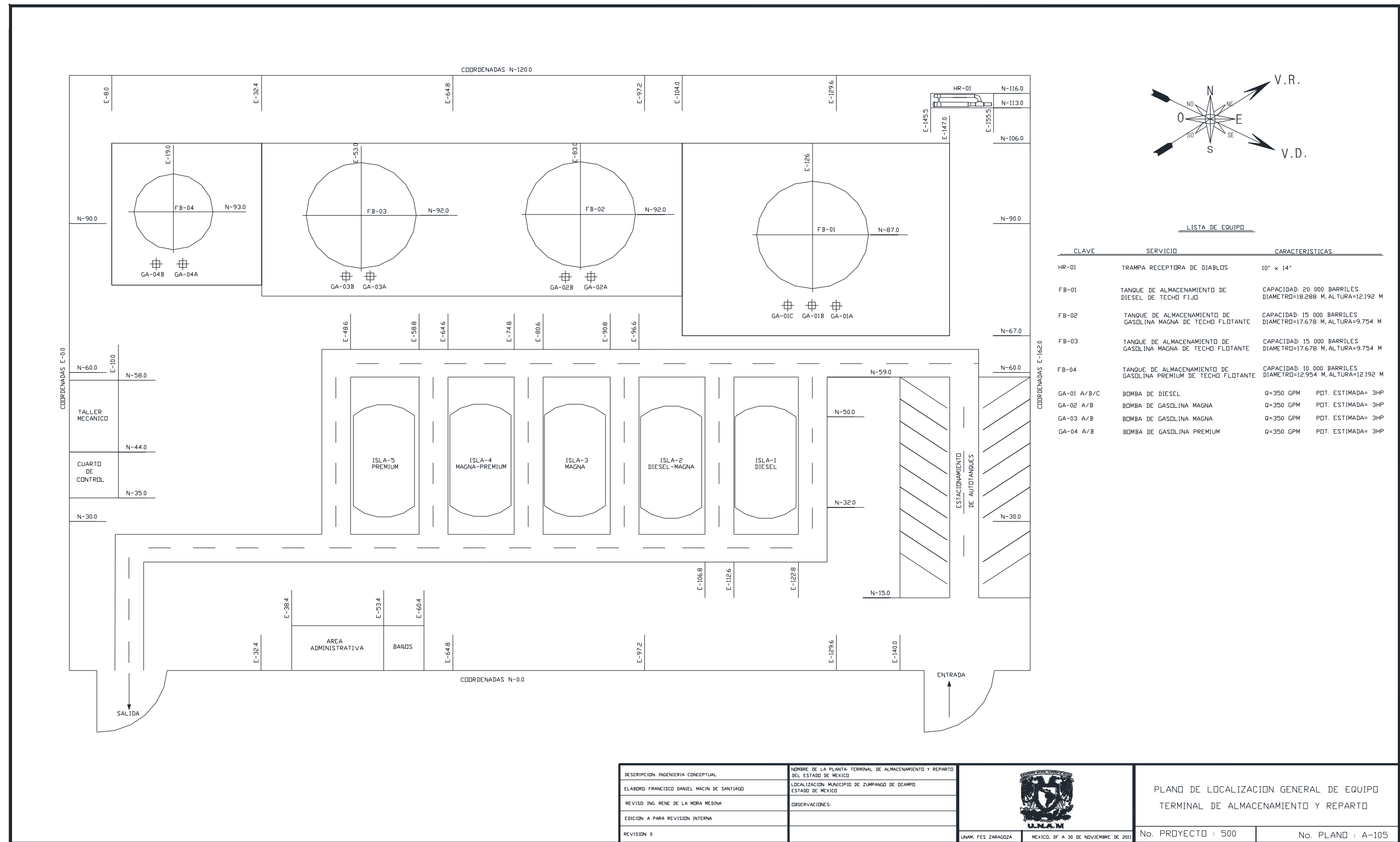


Figura 2.5 PLG Terminal de Almacenamiento y Reparto



Capítulo 3

Descripción por Áreas de una Terminal de Almacenamiento y Reparto



Capítulo 3 Descripción por Áreas de una Terminal de Almacenamiento y Reparto.

3.1.- Terminales de Almacenamiento y Reparto.

Como ya se menciona en el Capítulo 1, una Terminal de Almacenamiento y Reparto (TAR), es un centro de trabajo que tiene como función el recibo, almacenamiento y distribución de gran cantidad de combustibles, ya que generalmente además de abastecer su propia zona, abastece otras.

Las TAR´s son el enlace entre las refinerías y las estaciones de servicio, que son el punto de venta de combustibles a los consumidores finales.

En nuestro país actualmente se cuenta con 77 TAR´s, de estas 39 cuentan con infraestructura para recibir producto por ductos, 11 por buquetanques, principalmente por el litoral del pacífico; 3 por carrotanques, 6 se abastecen directamente de las refinerías y 65 tienen instalaciones para recibir también por autotanques.

Estas terminales tienen instalaciones y sistemas de medición con rezagos tecnológicos, es necesario reubicar algunas terminales, se enfrenta saturación en 20% en las terminales de almacenamiento y reparto y no se cuenta con una terminal de almacenamiento y reparto para la zona del Caribe Mexicano.

Dichas Terminales están localizadas en puntos seleccionados estratégicamente por las razones siguientes:

- Demanda de producto
- Configuración geográfica (clima, topografía, terreno, etc.)
- Vías de comunicación



Una TAR cuenta con las siguientes áreas:

- Área de Recibo y Medición de Producto.
- Área de Almacenamiento de Producto
- Área de Bombas de Llenaderas de Autotanques.
- Área de Llenaderas de Autotanques.

3.2.- Descripción General del Funcionamiento de una TAR.

En una TAR se reciben los hidrocarburos ya sea por medio de poliductos, buquetanques, carrotanques o autotanques, (la mayoría de las TAR's se abastece por más de un medio de transporte de hidrocarburos) posteriormente se alinean las válvulas para recibir (en el caso de que la alimentación sea por poliducto) o bombear cada combustible a su respectivo tanque de almacenamiento, pasando a través de un sistema de medición de producto, los tanques cuentan con la instrumentación necesaria para controlar el llenado (excepto cuando se recibe por poliducto), por último se procede a enviar el producto a las islas de llenado de autotanques, donde se mide y se carga a los autotanques para su distribución a las estaciones de servicio.

3.3.- Descripción por Áreas de una TAR.

A continuación se describe el funcionamiento de algunos equipos e instrumentos con los que cuenta una TAR.

3.3.1.- Área de Recibo y Medición.

En el caso de que se reciban productos mediante poliductos, que provengan directamente de las refinerías, se debe contar con los siguientes equipos:

1. Trampa receptora de diablos:

Equipo utilizado para fines de recibo de diablos de inspección o limpieza interna del ducto. Los diablos son dispositivos que sirven para limpiar o detectar daños y defectos en la pared de un ducto, por lo tanto, si una TAR se va a alimentar mediante poliducto es necesario contar con una trampa de recibo de diablos.



Figura 3.1 Trampa receptora de diablos.

Fuente: www.pemex.com
Fecha: 07 de Mayo del 2011

2. Válvula de seccionamiento (SDV):

Una válvula de seccionamiento es un accesorio que se utiliza para seccionar tramos de tubería para reparación, mantenimiento o emergencia del ducto, por lo tanto, se debe proteger a la Terminal de Almacenamiento con una válvula de este tipo.



Figura 3.2 Válvula de seccionamiento.

Fuente: www.valyval.com

Fecha: 14 de Septiembre del 2011

3. Medidor de flujo:

Un medidor de flujo es un elemento que nos permite cuantificar la cantidad de volumen que pasa a través de una tubería. Existe una gran variedad de medidores de flujo, en la Figura 3.3 se muestra un medidor de flujo tipo desplazamiento positivo a manera de ejemplo.



Figura 3.3 Medidor de flujo tipo desplazamiento positivo.

Fuente: Mott R. L. "Mecánica de fluidos"

Fecha: 20 de Septiembre del 2011

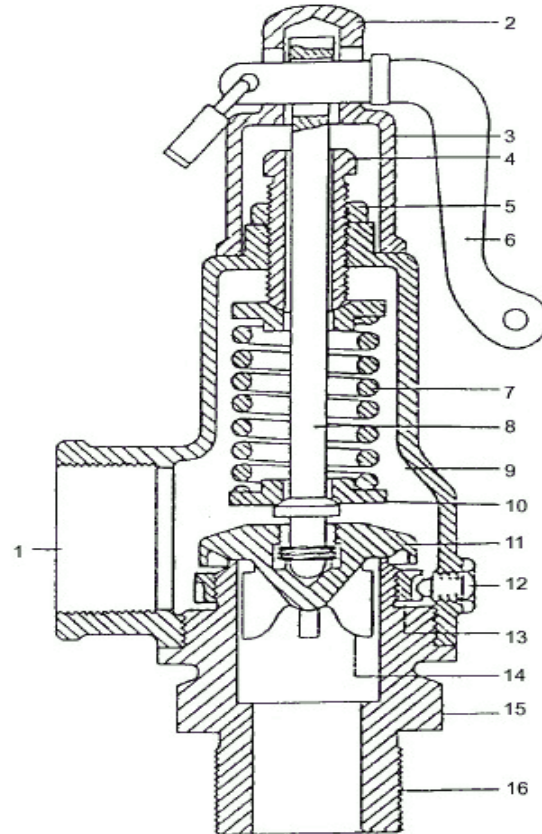


Este tipo de medidor consta de engranes ovalados de acoplamiento para registrar el flujo que pasa a través de él. Los usos comunes de los medidores de desplazamiento positivo son la distribución de agua de los sistemas municipales a los hogares o negocios, la gasolina que se vende en las estaciones de servicio y también se emplean en aplicaciones industriales.

4. Válvula de Seguridad (PSV):

Una Válvula de Seguridad o de relevo de presión PSV por sus siglas en inglés (pressure safety valve), es un dispositivo de alivio automático de presión, operada por un resorte, que tiene como característica una apertura rápida, al alcanzar la presión de ajuste.

Este dispositivo de seguridad se instala en tanques que operan arriba de la presión atmosférica o en líneas; en este último caso la PSV puede ser diseñada para relevar la presión debido a la expansión de los fluidos al ser calentados por fuentes externas como por ejemplo el sol, en las figuras 3.4a y 3.4b se muestran las partes de una PSV y su vista externa.



1. Boca de salida lateral.
2. Caperuza.
3. Sombrero o bonete.
4. Tornillo de ajuste.
5. Tuerca de fijación del ajuste.
6. Palanca de apertura manual.
7. Resorte.
8. Husillo o vástago.
9. Cuerpo.
10. Placa del extremo del resorte.
11. Disco de cierre de la válvula.
12. Tornillo de fijación del anillo de ajuste.
13. Anillo de ajuste del escape.
14. Elemento de guiado en parte inferior.
15. Asiento.
16. Conexión roscada al recipiente.

Figura 3.4a Partes de una válvula de seguridad (PSV).

Fuente: www.valyval.com

Fecha: 14 Sept. 2011



Figura 3.4b Válvula de seguridad (vista exterior).

Fuente: www.valyval.com

Fecha: 14 Sept. 2011

3.3.2.- Área de Almacenamiento.

En esta área se cuenta con los siguientes equipos:

1. Tanques de Almacenamiento.

Para seleccionar el tipo de tanque de almacenamiento a emplearse en gasolinas y diesel, se deben considerar los siguientes parámetros:

- Temperatura de inflamación: Es la temperatura a la cual un líquido produce la cantidad suficiente de vapores, que mezclados con aire y en presencia de una fuente de ignición, se produce un flasheo o una ligera explosión.
- Temperatura de ebullición: Es la temperatura a la cual la presión de vapor de un líquido sobrepasa ligeramente a la presión atmosférica.

En base a estos dos parámetros los líquidos se pueden clasificar en inflamables y combustibles de la manera siguiente:



Líquidos inflamables:

Clase IA.-Incluye líquidos con temperatura de inflamación inferior a 22.8°C, cuya temperatura de ebullición sea menor a 37.8°C.

Clase IB.-Incluye líquidos con temperatura de inflamación inferior a 22.8°C, pero cuya temperatura de ebullición sea mayor o igual a 37.8°C.

Clase IC.-Incluye líquidos con temperatura de inflamación de 22.8°C y más altos, pero menores de 37.8°C.

Líquidos combustibles:

Clase II.- Son líquidos con temperatura de inflamación igual o mayor a 37.8°C, pero menor a 60°C.

Clase III A.- Son líquidos con temperatura de inflamación igual o mayor a 60°C, pero menor a 93°C.

Clase III B.-Son líquidos con temperatura de inflamación de 93°C y mayores.

En la figura 3.5 se muestra la clasificación de los líquidos inflamables y combustibles de manera grafica.

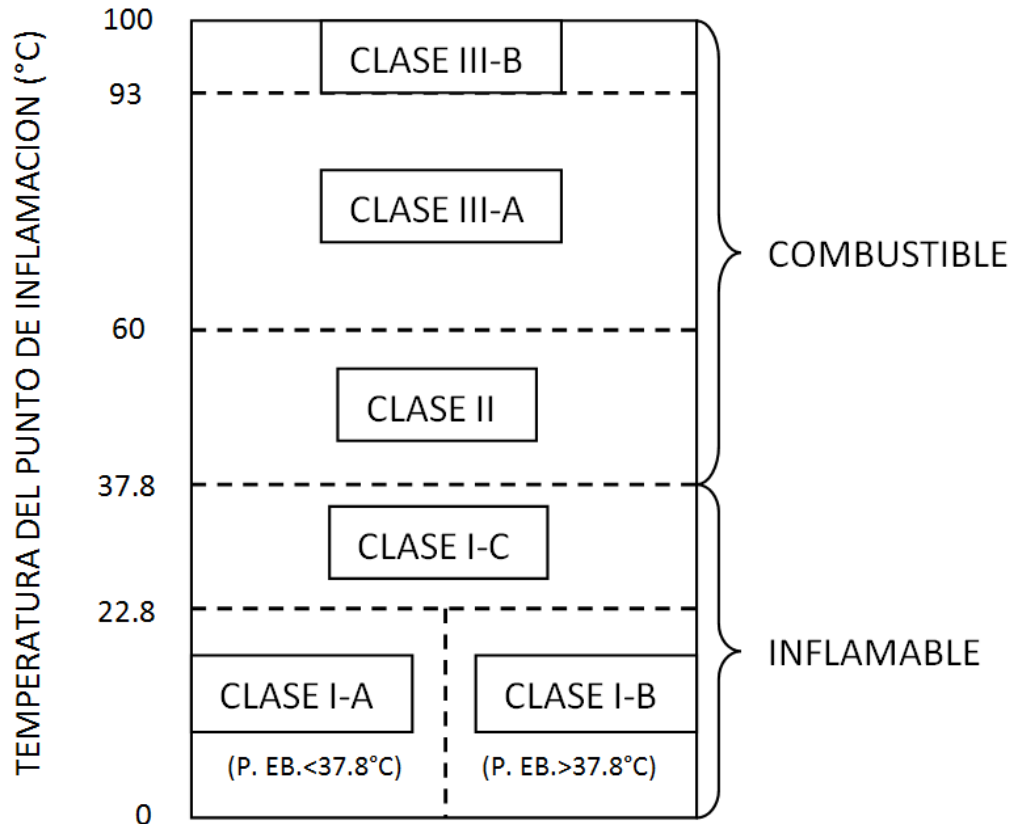


Figura 3.5 Clasificación de líquidos inflamables y combustibles.

Fuente: NRF-015-PEMEX-2008

Fecha: 14 Mayo 2011

Las gasolinas Magna y Premium, están clasificadas como líquidos inflamables, ya que su temperatura de inflamación es de aprox. $T = -43^{\circ}\text{C}$, mientras que la del diesel es de aprox. $T = 45^{\circ}\text{C}$, por lo tanto se considera un líquido combustible.

De acuerdo a la Norma NRF-015-PEMEX-2008 "Protección de áreas y tanques de almacenamiento de productos inflamables y combustibles", los líquidos inflamables se deben almacenar en tanques atmosféricos verticales de techo fijo con membrana interna flotante, o bien, en tanques atmosféricos verticales de techo flotante, mientras que los líquidos combustibles se deben almacenar en tanques atmosféricos verticales de techo fijo.



DESARROLLO DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL PARA UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE COMBUSTIBLES

	Líquidos inflamables		Líquidos combustibles	
Producto	Gasolinas. Crudo.	Polares.	Diesel. Turbosina.	Combustóleo. Asfalto. Residuos pesados calientes.
Tipo de tanque	Atmosférico vertical de techo fijo con o sin membrana interna flotante.	Atmosférico vertical de techo fijo con membrana interna flotante.	Atmosférico vertical de techo fijo.	Atmosférico vertical de techo fijo.
	Atmosférico vertical de techo flotante.		Atmosférico vertical de techo flotante.	

Tabla 3.1 Almacenamiento de productos inflamables y combustibles.

Fuente: NRF-015-PEMEX-2008
Fecha: 14 Mayo 2011

El tanque mas adecuado para almacenar las gasolinas es el atmosférico cilíndrico-vertical de techo flotante, para reducir la emisiones de vapor, esta destinado al almacenamiento de productos inflamables clases IA, IB y IC, mientras que el diesel puede ser almacenado en un tanque atmosférico cilíndrico-vertical, de techo fijo autoportado tipo domo (ver figuras 3.6 y 3.7).



Figura 3.6 Tanque de Almacenamiento de techo flotante.

Fuente: www.vijaytanks.com
Fecha: 22 de Agosto del 2011



Figura 3.7 Tanque de Almacenamiento de techo fijo tipo domo.

Fuente: www.vijaytanks.com
Fecha: 22 de Agosto del 2011

2. Válvula de seguridad (PSV):

En el área de almacenamiento, se debe contar con válvulas de seguridad (PSV) para proteger las líneas de alimentación a los tanques de la expansión térmica que puedan presentar los combustibles debido a algún calentamiento externo, con las características descritas en el punto 4, pagina 59 de este trabajo de tesis.



3. Válvula Presión-Vacío (VAE):

Dispositivo de protección empleado en los tanques de techo fijo, estas válvulas tienen como función ventear vapores de hidrocarburos del tanque durante el llenado y admitir aire durante el vaciado del producto almacenado. El objeto es evitar daños en el tanque por la diferencia de presión positiva o negativa con respecto a la presión atmosférica (ver figura 3.8). Estas válvulas pueden instalarse en conjunto con un arrestador de flama en caso de ser necesario.



Figura 3.8 Válvula Presión-Vacío.

Fuente: www.valyval.com
Fecha: 18 Sept. 2011

4. Arrestador de Flama (AF):

Un arrestador de flama es un dispositivo de seguridad usado para todo sistema o aplicación que implique el venteo de gases o vapores de líquidos inflamables a la atmósfera con el fin de proteger y evitar un incendio (ver figura 3.9).



Figura 3.9 Arrestador de Flama.

Fuente: www.tycoflowcontrol.com
Fecha: 03 Jun. 2011

5. Diques de Contención:

En esta área también se cuenta con diques de contención, que son los muros que limitan el área de uno o más tanques de almacenamiento, con la finalidad de evitar, en caso de un derrame o siniestro, que se extienda a otras áreas, estos muros permiten recuperar el producto cuando existan derrames de consideración, en la figura 3.10 se muestra un ejemplo de diques de contención.

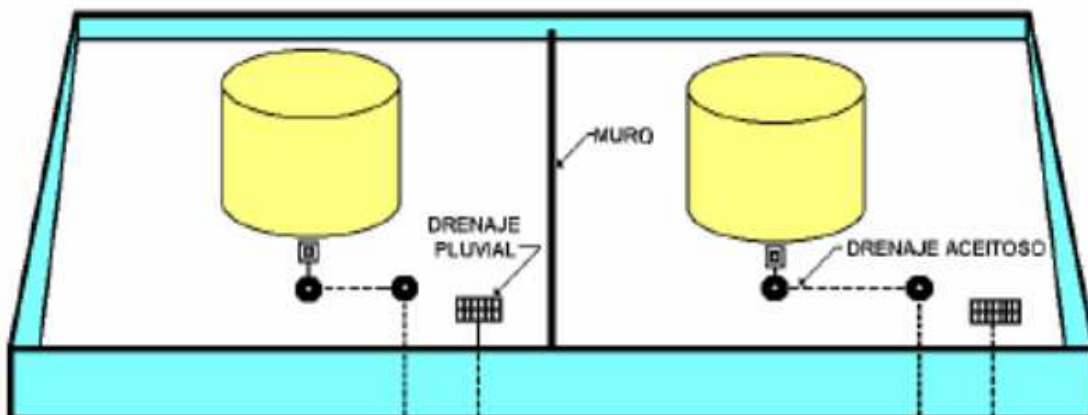


Figura 3.10 Diques de contención.

Fuente: NRF-015-PEMEX-2008
Fecha: 14 Mayo 2011

3.3.3.- Área de Bombeo.

Al área de bombeo de producto es el enlace entre el área de tanques de almacenamiento y la sección de llenaderas de autotanques, de los tanques a la succión de las bombas llegan por gravedad los diferentes productos desde donde se envían al área de llenaderas de autotanques, mediante el arreglo adecuado de válvulas y tuberías, en la figura 3.11 se muestra una bomba centrífuga a manera de ejemplo.

Bombas centrífugas:

Son el medio mecánico que brinda la presión necesaria para la transferencia de fluido.



Figura 3.11 Bomba Centrífuga Horizontal.

Fuente: www.ruhrpumpen.com

Fecha: 04 Ago. 2011

3.3.4.- Área de Llenaderas de Autotanques.

En esta zona se cargan los autotanques de los productos correspondientes. El llenado se realiza por el fondo de los autotanques para disminuir la evaporación de hidrocarburos a la atmósfera, lo que generaría contaminación y además riesgos para las personas que están alrededor, evitando así la posibilidad de un incendio y pérdida de producto.

Brazos de llenado (llenaderas):

En esta área se cuenta con los brazos de llenado, para llevar a cabo la operación de carga, los autotanques son conectados a dichos dispositivos que brindan flexibilidad y fácil manejo para los operadores, al terminar se desconecta el brazo y se regresa a su posición de origen, en la Figura 3.12 se muestra un brazo de llenado para carga inferior de autotanques.

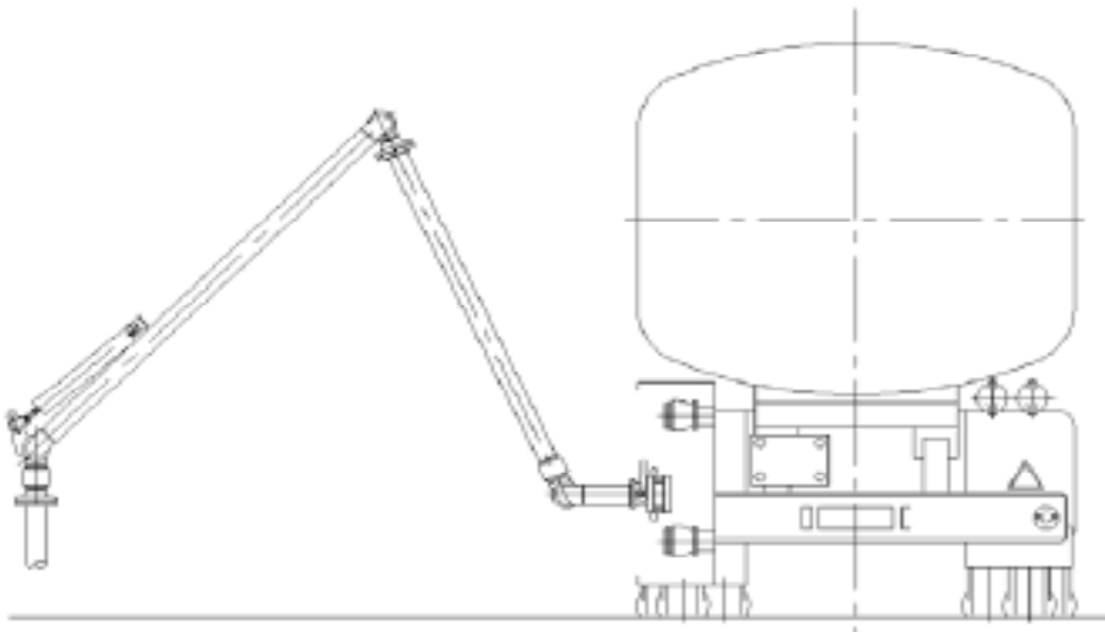


Figura 3.12 Vista horizontal de un brazo de carga inferior.

Fuente: www.pemex.com

Fecha: 03 Jun. 2011



*DESARROLLO DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL PARA UNA TERMINAL DE
ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE COMBUSTIBLES*

También se debe contar con un medidor de flujo, que puede ser de desplazamiento positivo, conforme a lo indicado en el punto 3.4.1 de este trabajo de tesis.



Capítulo 4

Desarrollo de los documentos de Ingeniería Conceptual para una TAR.



Capítulo 4 Desarrollo de los Documentos de Ingeniería Conceptual para una TAR.

Con base en la problemática descrita en el capítulo 1, referente a la falta de Terminales de Almacenamiento y Reparto (TAR's), se propone la instalación de una TAR con una capacidad de almacenamiento mínima / normal / máxima de 30 000 / 45 000 / 60 000 barriles de combustibles distribuidos en cuatro tanques de la siguiente manera:

Combustible	Número de tanques	Capacidad max. (Barriles)
Gasolina Magna	2	15000
Gasolina Premium	1	10000
Diesel	1	20000

Tabla 4.1. Capacidades de Tanques de Almacenamiento.

Para lo anterior se requiere la elaboración de los siguientes documentos de Ingeniería Conceptual:

- Bases de Diseño.
- Descripción del Proceso.
- Diagrama de Flujo de Proceso.
- Diagramas de Tubería e Instrumentación.
- Plano de Localización General de Equipo.



4.1 Bases de Diseño.

Nombre de la planta: “Terminal de Almacenamiento y Reparto del Estado de México”

Localización: Municipio de Zumpango de Ocampo, Estado de México, elevación 2250 msnm.

Función de la Planta:

La Terminal de Almacenamiento y Reparto del Estado de México, será diseñada para recibir producto mediante poliducto y almacenar hasta 60 000 barriles de combustibles, para abastecer de gasolinas y diesel a las estaciones de servicio.

Tipo de Proceso:

Es un proceso intermitente y consiste en la recepción y almacenamiento de combustibles (gasolinas y diesel), para su posterior reparto a estaciones de servicio.

Factor de servicio:

La terminal tendrá la capacidad de operar en forma continua los 365 días del año durante 30 años (factor de servicio 1).

Capacidad:

La terminal tendrá una capacidad de almacenamiento mínima / normal / máxima de 30 000 / 45 000 / 60 000 barriles de combustibles.



Flexibilidad:

A falla de electricidad: La Terminal NO podrá seguir operando, debido a los motores eléctricos de las bombas.

A falla de aire: La planta NO podrá seguir operando, debido al aire de instrumentos requerido para alimentar la válvula solenoide que mantendrá abierta la válvula de seccionamiento SDV.

Previsión de aumentos de capacidad: No se prevén ampliaciones futuras.

Condiciones de Operación de las Alimentaciones y Productos

Combustible	Procedencia	Presión (Kg/cm²)	Temperatura	Forma de recibo
Gasolina Magna	Refinería	0.5	Ambiente	Ducto
Gasolina Premium	Refinería	0.5	Ambiente	Ducto
Diesel	Refinería	0.5	Ambiente	Ducto

Tabla 4.2. Condiciones de Alimentación en Límites de Batería.

Combustible	Destino	Presión	Temperatura	Forma de entrega
Gasolina Magna	Autotanques	Atmosférica	Ambiente	Tubería
Gasolina Premium	Autotanques	Atmosférica	Ambiente	Tubería
Diesel	Autotanques	Atmosférica	Ambiente	Tubería

Tabla 4.3. Condiciones del Producto en Límites de Batería.



Eliminación de desechos:

En la etapa de ingeniería de detalle se deberá diseñar un sistema de drenaje capaz de desechar aguas aceitosas cumpliendo con la normatividad vigente.

En la Tabla 4.4 se muestran las condiciones climatológicas del municipio de Zumpango de Ocampo, Estado de México.

Clima	Templado subhúmedo
Temperatura media anual	19.5 °C
Precipitación pluvial anual media	948.9 mm
Humedad relativa	52%
Vientos reinantes	60° ENE a 10 km/h
Vientos dominantes	0° SE a 15 km/h

Tabla 4.4. Condiciones Climatológicas.

Fuente: www.inegi.org.mx
Fecha: 03 Jun. 2011

4.2 Descripción del Proceso.

La Terminal de Almacenamiento y Reparto del Estado de México recibirá producto mediante poliducto, el límite de batería de la instalación será a partir de la válvula de seccionamiento SDV 01, posteriormente, el combustible pasara a través de una trampa receptora de diablos HR-01 cuando se realicen corridas de diablo, de lo contrario el combustible bombeado pasara directamente al paquete de medición de combustibles PA-01, la recepción de producto hasta este punto será la misma para cualquiera de los tres combustibles.



En el caso de recibir Diesel, este será dirigido al tanque de almacenamiento atmosférico FB-01 que operara a temperatura ambiente, de este punto el líquido será transportado mediante las Bombas GA-01 A/B/C hacia el paquete de medición de producto PA-02 A/B/C, para finalmente llegar al área de llenado de autotanques, donde se conectarán los brazos de llenado GL-01 A/B/C con los autotanques.

Cuando se reciba Gasolina Magna, será dirigida a cualquiera de los dos tanques de almacenamiento atmosférico FB-02 o FB-03 que operaran a temperatura ambiente, para posteriormente transportar el fluido con las Bombas GA-02 A/B o GA-03 A/B respectivamente, la gasolina magna pasará a través del paquete de medición PA-03 A/B o PA-04 A/B, y llegará a los brazos de llenado de autotanques GL-02 A/B o GL-03 A/B según sea el caso, para proceder a la carga de los autotanques o comúnmente llamados pipas de transporte.

Al recibir Gasolina Premium, esta será dirigida al tanque de almacenamiento atmosférico FB-04 que operará a temperatura ambiente, de este punto el líquido será transportado mediante las bombas GA-04 A/B hacia el paquete de medición PA-05 A/B, para finalmente llegar al área de llenado de autotanques, donde se conectarán los brazos de llenado GL-04 A/B con los autotanques que realizarán el reparto a las estaciones de servicio.

4.3 Diagrama de Flujo de Proceso (DFP).

Los equipos representados en el DFP A-100 “Almacenamiento de Gasolinas y Diesel” son los siguientes:

1. Trampa receptora de diablos HR-01.

Norma aplicable vigente: NRF-221-PEMEX-2009 “Trampas de diablos para líneas de conducción terrestres” utilizada para obtener el diámetro del barril de la trampa de diablos.



Las medidas de la trampa son 10" X 14", dichas medidas se refieren al diámetro del poliducto y el diámetro del barril respectivamente, también se cuenta con el paquete de medición de combustibles PA-01, que incluye un medidor de flujo tipo desplazamiento positivo.

2. Tanques de almacenamiento de combustibles

Norma aplicable vigente: NRF-015-PEMEX-2008 "Protección de áreas y tanques de almacenamiento de productos inflamables y combustibles" empleada para obtener las dimensiones de los tanques de almacenamiento de producto.

Se cuenta con cuatro tanques de almacenamiento de diferentes capacidades como se indica en la Tabla 4.1 "Capacidades de Tanques de Almacenamiento". Las dimensiones típicas de dichos tanques se obtienen de la Tabla 4.5 y se presentan en la lista de equipo del DFP A-100.

Capacidad del tanque (barriles)	Diámetro (m)	Altura (m)
500 000	85.344	14.630
200 000	54.864	14.630
150 000	45.720	14.630
100 000	40.843	12.192
80 000	36.576	12.192
55 000	30.480	12.192
30 000	22.352	12.192
20 000	18.288	12.192
15 000	17.678	9.754
10 000	12.954	12.192
5 000	9.652	10.973
3 000	9.144	7.315

Tabla 4.5 Dimensiones de Tanques Atmosféricos.

Fuente: NRF-015-PEMEX-2008
Fecha: 14 Mayo 2011



*DESARROLLO DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL PARA UNA TERMINAL DE
ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE COMBUSTIBLES*

En la figura 4.1 se muestra el DFP A-100 elaborado para este trabajo de tesis, en el cual también se incluye una tabla de balance y una lista de equipo.



DESARROLLO DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL PARA UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE COMBUSTIBLES

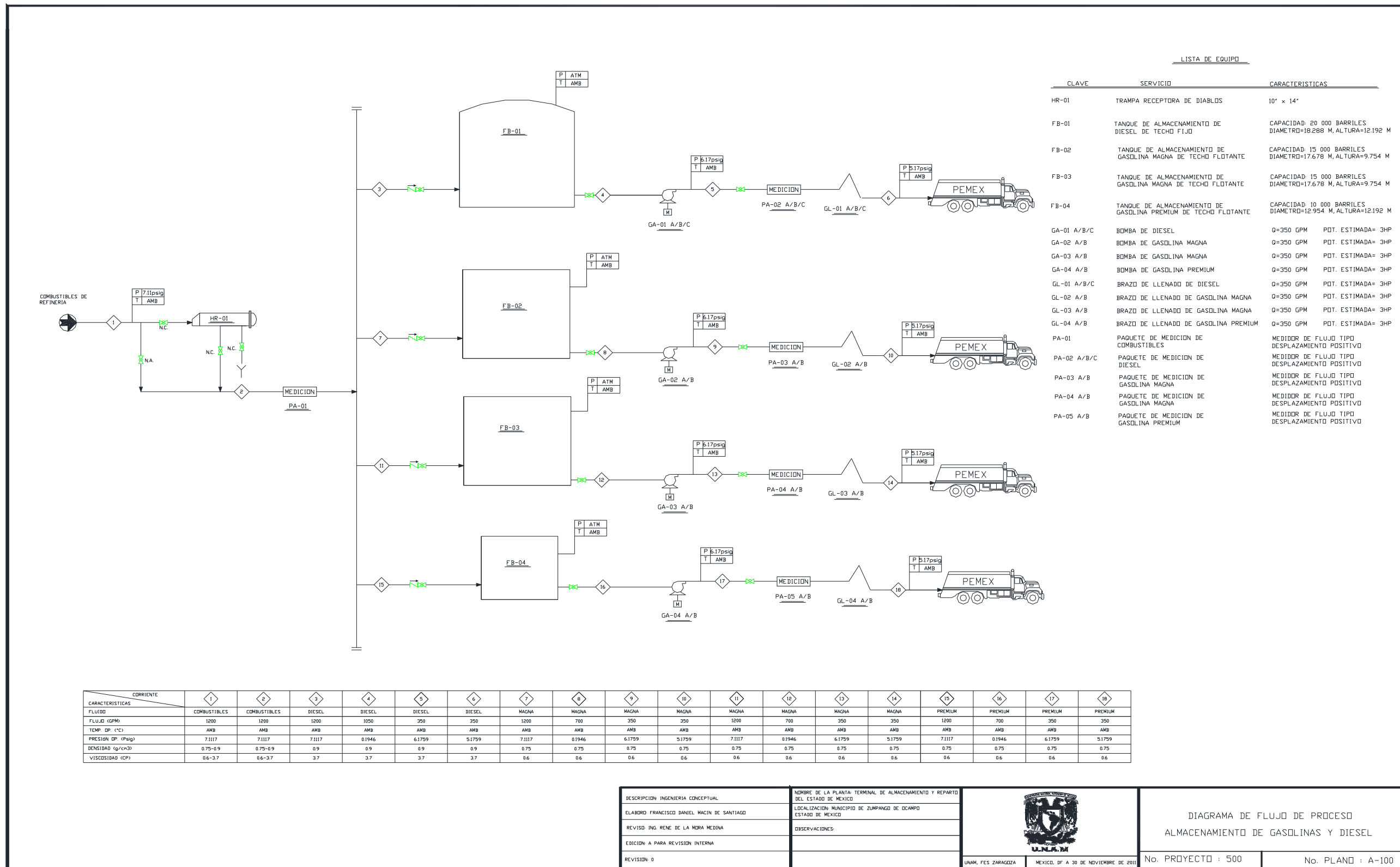


Figura 4.1 DFP A-100 "Almacenamiento de Gasolinas y Diesel".



4.4 Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's).

Norma aplicable vigente: ANSI/ISA-5.1 “Instrumentation Symbols and Identification” utilizada para la simbología de equipos e instrumentos.

Como ya se menciona en el punto 2.7 de este trabajo, los DTI's muestran diversa información, entre ella los diámetros de tubería, en las figuras 4.2, 4.3, 4.4 y 4.5 se muestran los cuatro Diagramas de Tubería e Instrumentación elaborados para éste trabajo de tesis.

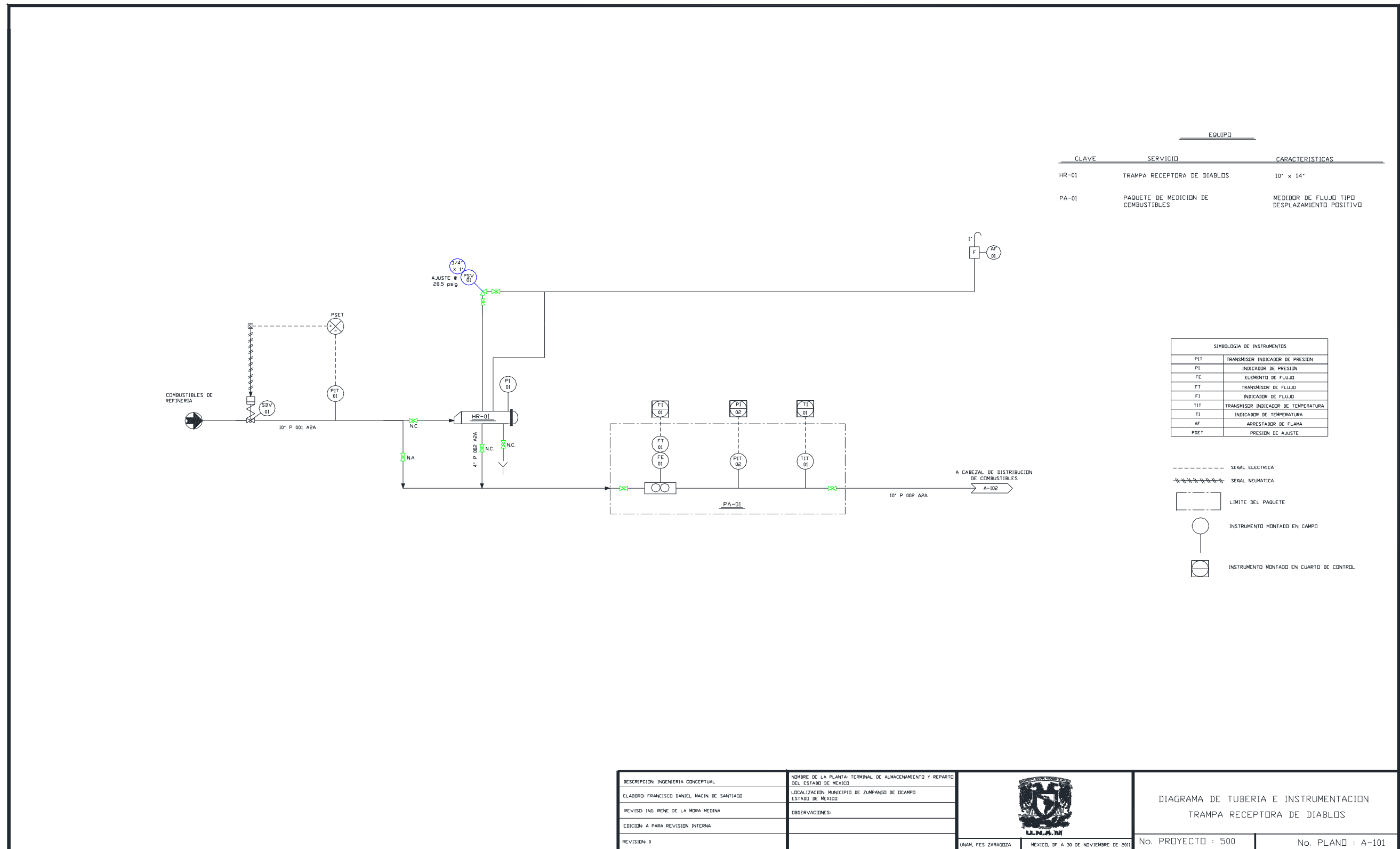


Figura 4.2 DTI A-101 "Trampa Receptora de Diablos"

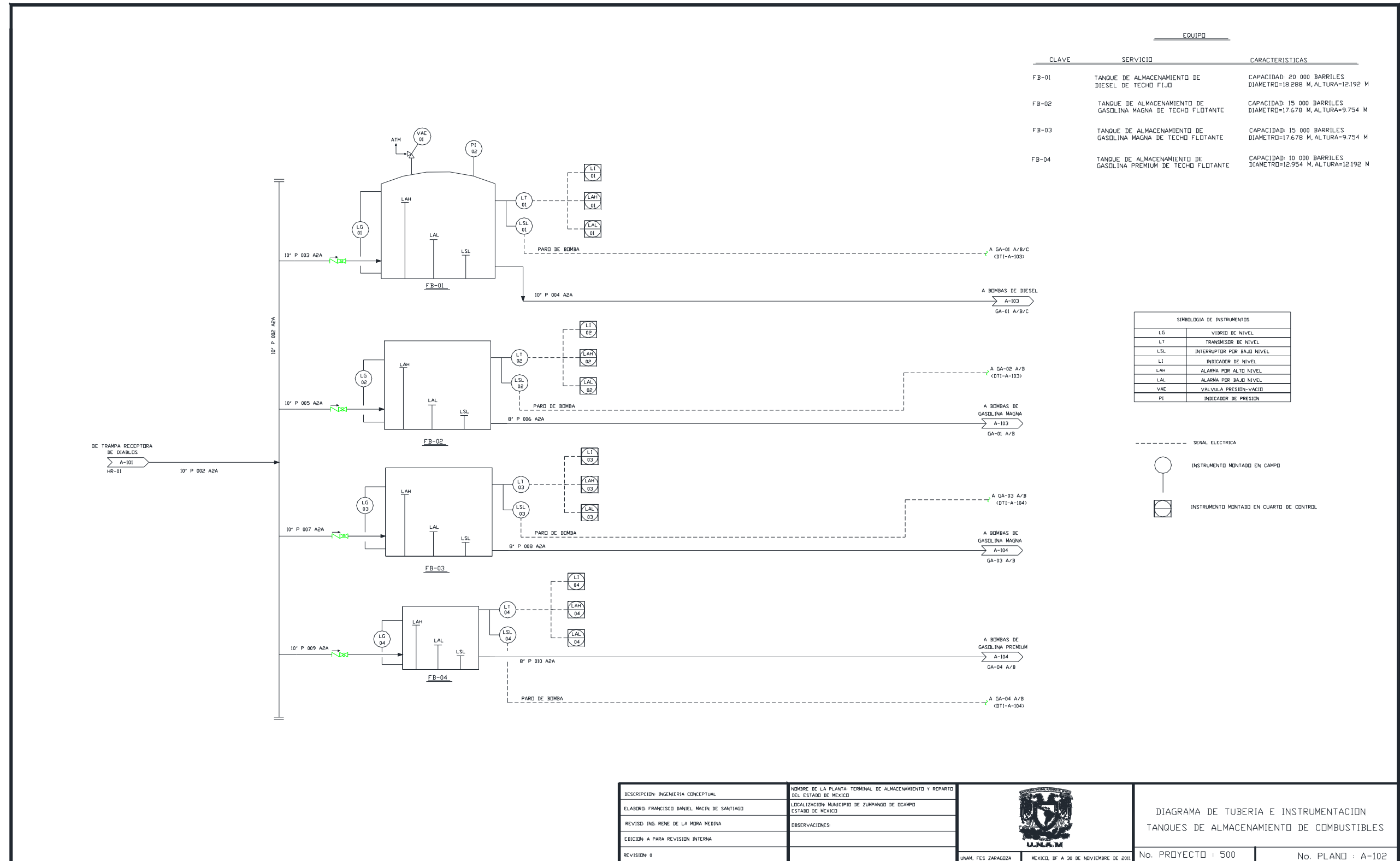


Figura 4.3 DTI A-102 "Tanques de Almacenamiento de Combustibles"

DESCRIPCION: INGENIERIA CONCEPTUAL	NOMBRE DE LA PLANTA: TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DEL ESTADO DE MEXICO		DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES
ELABORO: FRANCISCO DANIEL MACIN DE SANTIAGO	LOCALIZACION: MUNICIPIO DE ZUMPANGO DE CAMPO, ESTADO DE MEXICO		
REVISO: ING. RENE DE LA HORA MEDINA	OBSERVACIONES:		
EDICION: A PARA REVISION INTERNA			
REVISION: 0		UNAM, FES ZARAGOZA	MEXICO, DF. A 30 DE NOVIEMBRE DE 2011
		No. PROYECTO : 500	No. PLANO : A-102

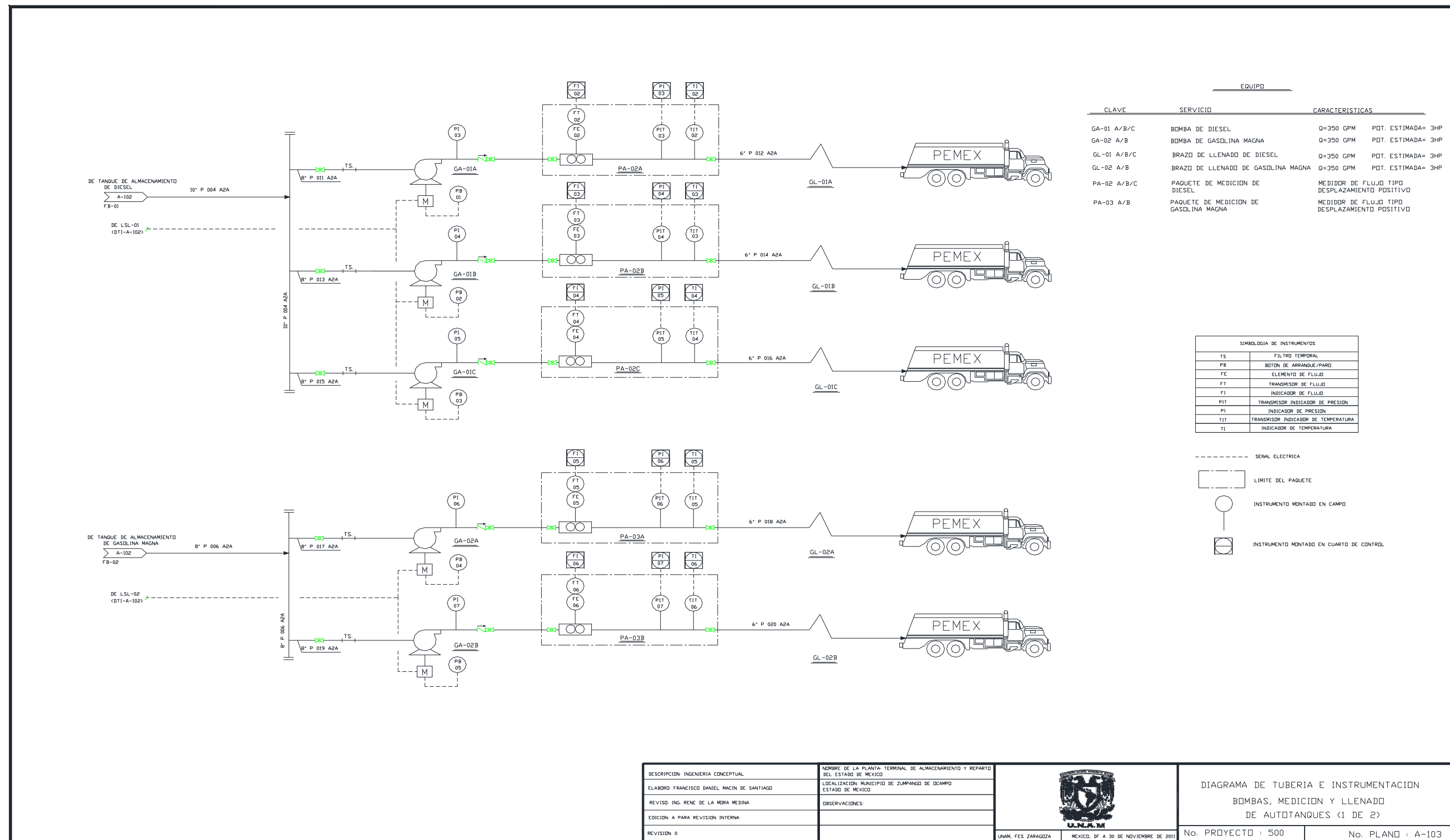


Figura 4.4 DTI A-103 "Bombas, Medición y Llenado de Autotanques (1 de 2)"

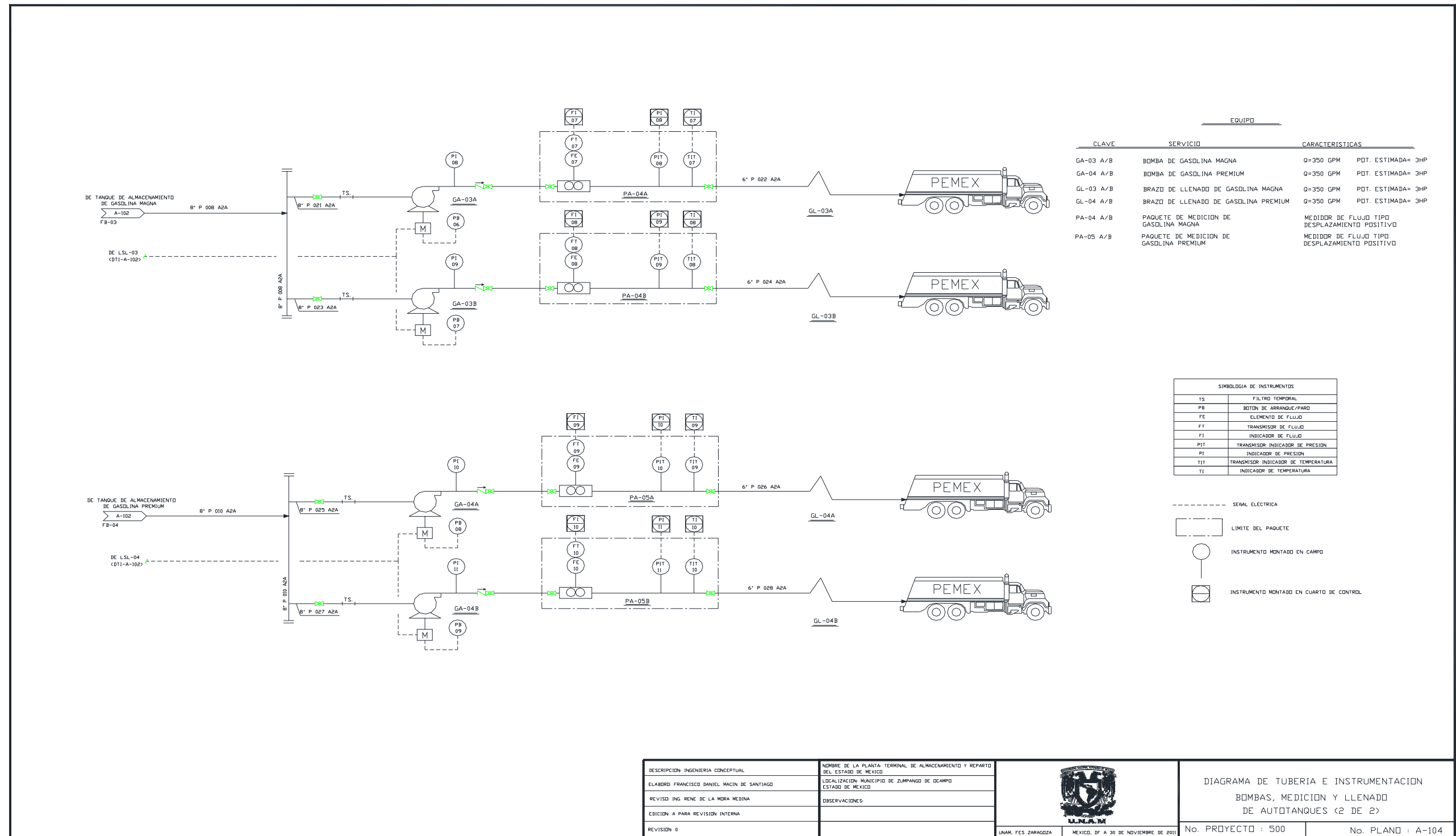


Figura 4.5 DTI A-104 "Bombas, Medición y Llenado de Autotanques (2 de 2)"



A continuación se presentan los cálculos de los diámetros de las líneas de los DTÍ's anteriores.

4.4.1 Cálculo de Diámetros de Tuberías.

Normatividad aplicable vigente:

- NRF-032-PEMEX-2005 “Sistemas de Tubería en Plantas Industriales Diseño y Especificaciones de Materiales” utilizada para especificar el material de las tuberías, dependiendo el servicio de las mismas.
- API RP 14E “Recommended Practice for Design and Installation of Offshore Production Platform Piping Systems” para el calculo de los diámetros de las líneas, tomando las velocidades recomendadas para flujo de líquidos en tuberías.

El diseño de sistemas de tuberías consiste en determinar el diámetro más adecuado para manejar un fluido en una tubería, para esto se deberán considerar primeramente las condiciones de operación de las líneas, por lo general cuando inicia un proyecto solo se cuenta con esta información, por esta razón se hace uso de los criterios de dimensionamiento.

Se pueden emplear criterios de dimensionamiento como guía para un estimado preliminar de los diámetros de tuberías. Para líneas que manejan líquidos se pueden utilizar dos criterios:

1. Velocidad recomendada (ft/s)
2. Caída de presión en una longitud recta de tubería ($\Delta P/100$ ft)



Ambos criterios arrojan resultados bastante aceptables en la mayoría de los casos, sin embargo, esto no elimina la posibilidad de un cambio de diámetro en el momento de realizar un “chequeo hidráulico” en donde se contempla con mayor exactitud la trayectoria de la tubería.

4.4.2 Cálculo de Diámetros de Tuberías Utilizando el Criterio de Velocidad Recomendada.

Para el cálculo de las líneas de la TAR se utilizaron las velocidades recomendadas por el API RP 14E para líneas que manejan líquidos:

Tubería a la succión de las bombas

Se emplea la siguiente ecuación:

$$A = \frac{Q}{V} \dots\dots\dots(1)$$

Donde:

A = Área transversal de la tubería en ft²

Q = Flujo volumétrico en ft³/s

V = Velocidad recomendada en ft/s

El primer paso es fijar un flujo volumétrico, en la tabla 4.6 se muestran recomendaciones de flujo volumétrico para distintos sistemas.



Sistemas	Flujo volumétrico (GPM)
Bombas recíprocantes que manejan fluidos pesados y compuestos acuosos de lodo.	4-33
Sistemas hidráulicos de aceites industriales.	3-30
Sistemas hidráulicos para equipos móviles.	30-150
Bombas centrífugas en procesos químicos.	10-1200
Bombas para control de flujos y drenaje	50-1000
Bombas centrífugas para manejar desechos de minería.	10-4000
Bombas centrífugas de sistemas contra incendio.	500-2500

Tabla 4.6 Tasas Comunes de Flujo Volumétrico para Distintas Clases de Sistema.

Fuente: Mott Robert L. "Mecánica de fluidos"

Fecha: 14 Mayo 2011

En este caso de estudio se debe tomar el rango de Bombas Centrífugas en Procesos Químicos que es de 10 GPM – 1200 GPM, sin embargo, como se puede observar es amplio, por lo tanto, para delimitar el flujo volumétrico se debe considerar el tiempo de llenado de un autotanke con capacidad de 20 000 L.

Estableciendo un flujo volumétrico de 350 GPM, tenemos que el tiempo de llenado de un autotanke será de 15.09 minutos, se considera un tiempo aceptable, por lo tanto, $Q = 350 \text{ GPM} = 0.7798 \text{ ft}^3/\text{s}$

El siguiente paso es establecer una velocidad recomendada, en la tabla 4.7 se recomiendan algunos valores.

Tipo de servicio	Velocidad recomendada (ft/s)
Succión de bombas centrífugas	2-3
Líneas de transporte	4-5
Descarga de bombas centrífugas	6-9

Tabla 4.7 Velocidades Recomendadas para Sistemas de Fluidos.

Fuente: API RP 14E

Fecha: 14 Mayo 2011



Para las líneas de succión de bombas se toma el valor recomendado de $V = 3 \text{ ft/s}$

Sustituyendo los valores de velocidad y flujo volumétrico, en la ecuación (1) tenemos:

$$A = \frac{0.7798 \frac{\text{ft}^3}{\text{s}}}{3 \frac{\text{ft}}{\text{s}}} = 0.2599 \text{ft}^2 \dots\dots\dots (2)$$

Del área transversal de la tubería, se despeja el diámetro interno de la misma obteniendo la siguiente ecuación:

$$D_{int \text{ min}} = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \dots\dots\dots (3)$$

Sustituyendo el resultado de la ecuación (2) en la ecuación (3) obtenemos el diámetro interno mínimo:

$$D_{int \text{ min}} = \sqrt{\frac{4(0.2599 \text{ft}^2)}{\pi}} = 0.5752 \text{ft}$$

$$D_{int \text{ min}} = 0.5752 \text{ft} = 6.9034''$$

El siguiente paso es determinar el diámetro nominal de la tubería, para lo cual se debe conocer el material de la misma, ya que de esto depende el espesor de pared y por ende el diámetro interno de la tubería.

El material comúnmente utilizado es Acero al Carbón estándar, con esta información se obtiene el diámetro nominal de la tubería consultando el Apéndice B.14 “Datos técnicos de las tuberías, aceros al carbón y aceros inoxidables” del Crane “Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías”. Para este caso de estudio, el diámetro nominal en las líneas de succión de las bombas es el siguiente:



$$D_{nominal} = 8''$$

$$D_{interno} = 7.981''$$

Tubería a la descarga de las bombas

Para el cálculo de los diámetros de las líneas de descarga de bombas se toma el valor recomendado de $V = 7 \text{ ft/s}$ de la tabla 4.7 y se realiza el mismo procedimiento obteniendo lo siguiente:

$$A = \frac{0.7798 \frac{ft^3}{s}}{7 \frac{ft}{s}} = 0.1114 ft^2$$

$$D_{int min} = \sqrt{\frac{4(0.1114 ft^2)}{\pi}} = 0.3766 ft$$

$$D_{int min} = 0.3766 ft = 4.5193''$$

$$D_{nominal} = 6''$$

$$D_{interno} = 6.065''$$

Cabezal de succión de bombas de diesel

Para el cálculo del diámetro del cabezal de succión de las bombas de diesel GA-01 A/B/C se suma el flujo volumétrico de las tres bombas considerando que operen al mismo tiempo, dichas bombas tienen un arreglo en paralelo, por lo tanto:
 $Q=350\text{GPM}+350\text{GPM}+350\text{GPM}=1050\text{GPM}$

Ademas tomando el valor recomendado de $V=5 \text{ ft/s}$ de la tabla 4.7 y siguiendo el mismo procedimiento se obtiene:

$$Q=1050 \text{ GPM} = 2.3394 ft^3/s$$



$$A = \frac{2.3394 \frac{ft^3}{s}}{5 \frac{ft}{s}} = 0.4679 ft^2$$

$$D_{interno\ min} = \sqrt{\frac{4(0.4679\ ft^2)}{\pi}} = 0.7718\ ft$$

$$D_{interno\ min} = 0.7718\ ft = 9.2619''$$

$$D_{nominal} = 10''$$

$$D_{interno} = 10.02''$$

Cabezal de succión de bombas de gasolinas

Para el cálculo de los diámetros de los cabezales de succión de las bombas de gasolinas GA-02 A/B, GA-03 A/B y GA-04 A/B se suma el flujo volumétrico de dos bombas considerando que operen al mismo tiempo, en un arreglo en paralelo, por lo tanto:

$$Q = 350\text{GPM} + 350\text{GPM} = 700\text{GPM}$$

Ademas tomando el valor recomendado de $V = 5\text{ ft/s}$ de la tabla 4.7 y siguiendo el mismo procedimiento se obtiene:

$$Q = 700\text{ GPM} = 1.5596\text{ft}^3/\text{s}$$

$$A = \frac{1.5596 \frac{ft^3}{s}}{5 \frac{ft}{s}} = 0.3119\text{ft}^2$$

$$D_{intmin} = \sqrt{\frac{4(0.3119\ ft^2)}{\pi}} = 0.6302\ ft$$

$$D_{intmin} = 0.6302\ ft = 7.5624''$$

$$D_{nominal} = 8''$$

$$D_{interno} = 7.981''$$



Poliducto de abastecimiento

Para el cálculo del diámetro de la línea de llegada a la trampa de diablos HR-01 se toma el valor recomendado de $Q=1200$ GPM de la Tabla 4.6, el valor de $V=5$ ft/s de la Tabla 4.7 y se sigue el mismo procedimiento, obteniendo:

$$Q=1200 \text{ GPM} = 2.6736 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$A = \frac{2.6736 \frac{\text{ft}^3}{\text{s}}}{5 \frac{\text{ft}}{\text{s}}} = 0.5347 \text{ ft}^2$$

$$D_{int \text{ min}} = \sqrt{\frac{4(0.5347 \text{ ft}^2)}{\pi}} = 0.8251 \text{ ft}$$

$$D_{int \text{ min}} = 0.8251 \text{ ft} = 9.9015''$$

$$D_{nominal} = 10''$$

$$D_{interno} = 10.02''$$

4.5 Cálculo de la Potencia de una Bomba.

Normatividad aplicable vigente:

- API RP 14E “Recommended Practice for Design and Installation of Offshore Production Platform Piping Systems” utilizada en el cálculo de pérdidas por fricción por accesorios, ya que de dicha norma se obtiene la longitud equivalente de los accesorios propuestos en la ruta preliminar de la tubería a la succión y descarga de las bombas. El cálculo se detalla a continuación.
- NRF-050-PEMEX-2012 “Bombas Centrífugas” empleada para sustentar la diferencia mínima que debe tener el NPSH disponible sobre el NPSH requerido por la bomba.



- NRF-095-PEMEX-2005 “Motores Eléctricos” utilizada para obtener datos de potencia de motores estándar.

Para poder realizar el cálculo de las potencias de las bombas, se debe establecer una ruta preliminar de tuberías consultando el Plano de Localización General A-105 “Terminal de Almacenamiento y Reparto”, ya que para este cálculo se consideran; la presión de succión, presión de descarga y pérdidas por fricción debido a accesorios y longitud de tubería.

Según el DFP de la TAR A-100 “Almacenamiento de Gasolinas y Diesel” tenemos nueve bombas de llenado de Autotanques, sin embargo, solo se desarrollará el procedimiento de cálculo para una Bomba la GA-01C. En la Figura 4.6 se establecen las rutas preliminares de tubería para las bombas de llenado de Diesel GA-01 A/B/C.

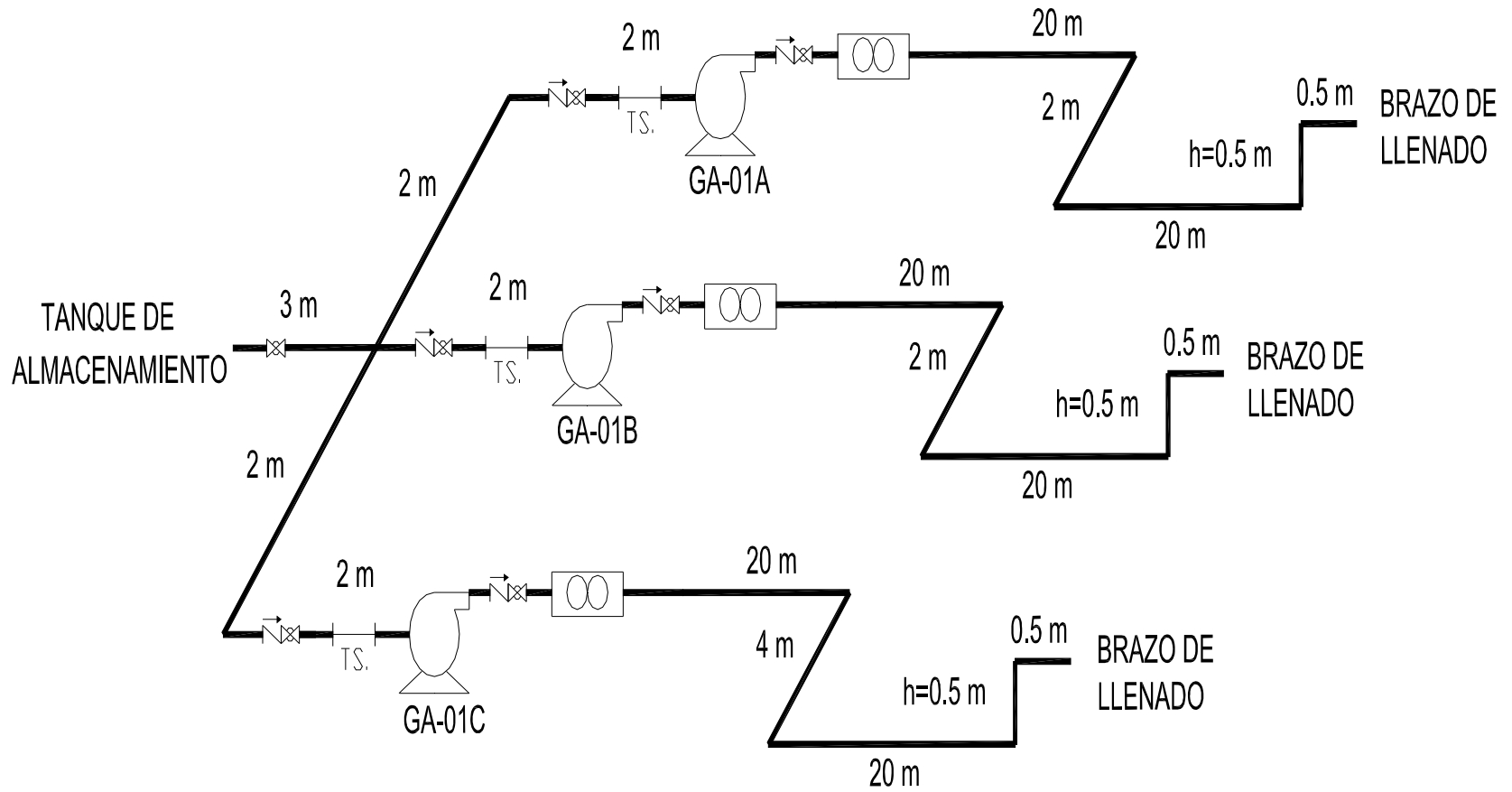


Figura 4.6 Ruta preliminar de tuberías para las bombas de diesel GA-01 A/B/C.



Ecuación para el cálculo de la potencia teórica de una bomba:

$$WHP = \frac{Q * H * Spgr}{3960} \dots \dots \dots (4)$$

Donde:

Q= Flujo volumétrico (GPM)

H= Cabeza (ft de columna de líquido)

Spgr= Densidad relativa

El flujo volumétrico recomendado para todas las bombas es de:

$$Q = 350 \text{ GPM} = 2807.4866 \text{ ft}^3/\text{h}$$

$$\rho_{DIESEL} = 0.9 \frac{g}{cm^3} = 56.185 \text{ lb}/ft^3$$

$$Spgr_{DIESEL} = 0.9$$

La cabeza de una bomba (H) es la diferencial de presión de una bomba (ΔP) convertida a unidades de columna de líquido, esta ΔP es la presión adicionada por la bomba al sistema y la ecuación para calcularla es la siguiente:

$$\Delta P_{BOMBA} = P_{DESCARGA} - P_{SUCCION} \dots \dots \dots (5)$$

La presión de succión de una bomba se calcula de la siguiente manera:

$$P_{SUCCION} = P_{sp} + h_s - h_L \dots \dots \dots (6)$$

Donde:

P_{sp} = Presión estática sobre el fluido en el depósito (tanque de almacenamiento).

h_s = Diferencia de elevación desde el nivel del fluido en el depósito (tanque de almacenamiento) a la línea central de la entrada de succión de la bomba, convertido a psi.

h_L = Pérdida de energía en el sistema, debido a la fricción y pérdidas menores.



En este caso la presión en el tanque de almacenamiento es $P_{sp} = 0 \text{ psig}$, es decir, es un tanque atmosférico, el siguiente paso es determinar la presión ejercida por la columna de líquido h_s .

Como criterio se considera un nivel mínimo en el tanque de 0.152 m, por lo tanto, este nivel representa la columna de líquido, se utilizará el siguiente factor de conversión para expresar la presión en psia:

$$10 \text{ m}_{\text{COLUMNA DE AGUA}} = 14.22334 \text{ psia}$$

Debido a que nuestro fluido no es agua sino diesel, el nivel de columna de líquido se multiplica por su densidad relativa y se utiliza el factor de conversión anterior.

$$0.152 \text{ m}_{\text{COLUMNA DE DIESEL}}(0.9) = 0.1368 \text{ m}_{\text{COLUMNA DE AGUA}}$$

$$h_s = 0.1368 \text{ m}_{\text{COLUMNA DE AGUA}} \left(\frac{14.22334 \text{ psi}}{10 \text{ m}_{\text{COL AGUA}}} \right) = 0.1946 \text{ psi}$$

Posteriormente se debe determinar la caída de presión por fricción (h_L) a causa de la longitud de la tubería y de los accesorios involucrados mediante la ecuación de Darcy.

$$h_L = f \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right) \dots \dots \dots (7)$$

Donde:

f= Factor de fricción.

L= Longitud equivalente total de todos los accesorios mas la longitud de la tubería en metros.

D= Diámetro interno de la tubería=7.981”=0.2027m.

v= Velocidad del fluido=3ft/s= 0.9144 m/s

g= Aceleración de la gravedad = 9.81 m/s²



Para poder calcular el factor de fricción es necesario calcular el Número de Reynolds mediante la siguiente ecuación:

$$RE = \frac{Dv\rho}{\mu} \dots \dots \dots (8)$$

En nuestro caso el fluido a manejar es diesel, los datos requeridos son:

$$D = 7.981" = 0.2027m$$

$$v = 3 \text{ ft/s} = 0.9144m/s$$

$$\rho = 900 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu = 3.7cp = 0.0037kg/m \text{ s}$$

$$RE = \frac{0.2027m \left(0.9144 \frac{m}{s}\right) \left(900 \frac{kg}{m^3}\right)}{0.0037 \frac{kg}{m(s)}} = 45 \ 084.86$$

Debido al Número de Reynolds obtenido, nuestro flujo se clasifica como turbulento según la Tabla 4.8

Número de Reynolds	Tipo de Flujo
RE < 2000	Laminar
RE de 2000-4000	Región crítica
RE > 4000	Turbulento

Tabla 4.8 Tipos de Flujo.
Fuente: Mott Robert L. "Mecánica de fluidos"
Fecha: 14 Mayo 2011

La ecuación a emplear para calcular el factor de fricción para flujo turbulento es la siguiente:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7 \left(\frac{D}{\epsilon}\right)} + \frac{5.74}{RE^{0.9}} \right) \right]^2} \dots \dots \dots (9)$$

Donde:

f= Factor de fricción

D/ε= Rugosidad relativa

RE= Número de Reynolds

La rugosidad relativa es la relación del diámetro de la tubería D a la rugosidad promedio de su pared ϵ . En la Figura 4.7 se ilustra (en forma exagerada) la rugosidad de la pared de la tubería como la altura de los picos de las irregularidades de la superficie. La condición de la superficie de la tubería depende sobre todo del material de que esta hecho el tubo y el método de fabricación.

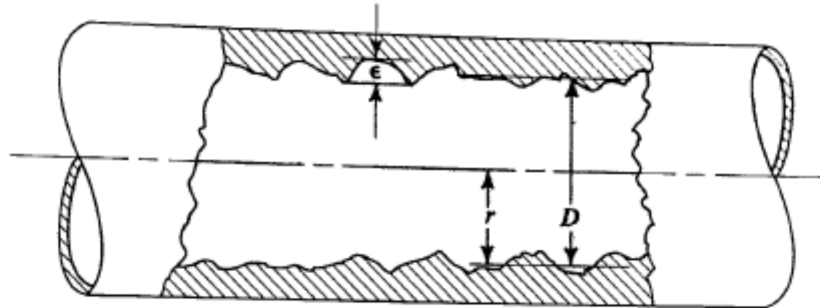


Figura 4.7 Rugosidad (exagerada) de la pared de un tubo.

Fuente: Mott Robert L. "Mecánica de fluidos"
Fecha: 14 Mayo 2011

En la Tabla 4.9 se muestran valores de rugosidad promedio para tuberías nuevas y limpias. El valor de la rugosidad para el acero comercial, que es el material de nuestra tubería es $\epsilon = 4.6 \times 10^{-5}$

Material	Rugosidad ϵ (m)
Vidrio	Liso
Plástico	3.0×10^{-7}
Tubo extruido; cobre latón y acero	1.5×10^{-6}
Acero, comercial o soldado	4.6×10^{-5}
Hierro galvanizado	1.5×10^{-4}
Hierro dúctil, recubierto	1.2×10^{-4}
Hierro dúctil, no recubierto	2.4×10^{-4}
Concreto, bien fabricado	1.2×10^{-4}
Acero remachado	1.8×10^{-3}

Tabla 4.9 Valores de diseño de la rugosidad de tubos.

Fuente: Mott Robert L. "Mecánica de fluidos"
Fecha: 14 Mayo 2011



Sustituyendo los valores del Número de Reynolds, diámetro y rugosidad en la ecuación (9) tenemos:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7 \left(\frac{0.2027m}{4.6 \times 10^{-5}m} \right) + \frac{5.74}{45084.86^{0.9}}} \right) \right]^2} = 0.0221$$

A pesar de que el factor de fricción se puede obtener mediante el diagrama de Moody, es recomendable calcularlo con una ecuación matemática si se requiere automatizar los cálculos.

El siguiente dato necesario para calcular las pérdidas por fricción mediante la ecuación de Darcy es la longitud (L).

La figura 4.1 muestra la longitud de tubería y los accesorios propuestos. A continuación se muestra la longitud equivalente de dichos accesorios obtenida del API RP 14E.

Descripción	Cantidad	Longitud equivalente por accesorio (ft)	Longitud equivalente total (ft)
Longitud estimada de tubería			23
Codo de radio largo	2	9	18
Válvula check	1	260	260
Válvula de compuerta	2	6	12
		Total	313

Tabla 4.10 Longitud equivalente de accesorios a la succión de la bomba GA-01C.

De la Tabla 4.10 se obtiene el valor de la longitud $L=313 \text{ ft} = 95.39 \text{ m}$, sustituyendo los valores requeridos en la ecuación (7) tenemos:



$$h_L = 0.0221 \left(\frac{95.39m}{0.2027m} \right) \left(\frac{(0.9144 \frac{m}{s})^2}{2(9.81 \frac{m}{s^2})} \right) = 0.44321 m_{COLUMNA DE DIESEL}$$

Transformando dicha presión a psi tenemos:

$$h_L = 0.44321 m_{COLUMNA DE DIESEL} (0.9) = 0.3989 m_{COLUMNA DE AGUA}$$

$$h_L = 0.3989 m_{COLUMNA DE AGUA} \left(\frac{14.22334 psi}{10 m_{COL AGUA}} \right) = 0.5673 psi$$

Debido a que no se considero una longitud equivalente correspondiente al filtro temporal que se encuentra en el sistema, se agregarán 3 psi, que es lo que aproximadamente tira de presión.

$$h_L = 0.5673 psi + 3psi = 3.5673 psi$$

Sustituyendo la P_{sp} , h_s y h_f en la ecuación (6) tenemos:

$$P_{SUCCION} = 0 psig + 0.1946 psig - 3.5673 psig = -3.3727 psig$$

El término faltante en la ecuación (5) es la Presión de descarga, la cual se calcula de la siguiente manera:

$$P_{DESCARGA} = P_{sp} + h_s + h_f \dots \dots \dots (10)$$

Como se observa en la ecuación (10) la presión de descarga se determina de manera similar a la presión de succión, a excepción del último término que se suma en lugar de restarse, por lo tanto, se empleará la misma metodología.

P_{sp} = Presión estática sobre el fluido en el depósito (autotanque).

El autotanque se encuentra a presión atmosférica, por lo tanto, $P_{sp} = 0 psig$

h_s = Diferencia de elevación desde la línea de descarga de la bomba, hasta el nivel del fluido en el depósito (autotanque).



Como se observa en la Figura 4.1 se tiene una altura de 0.5 m, hasta la conexión al autotanque, por lo tanto, este nivel representa la columna de líquido, empleando la misma metodología tenemos:

$$0.5 m_{COLUMNA DE DIESEL}(0.9) = 0.45 m_{COLUMNA DE AGUA}$$

$$h_s = 0.45 m_{COLUMNA DE AGUA} \left(\frac{14.22334 \text{ psi}}{10 m_{COL AGUA}} \right) = 0.64 \text{ psi}$$

Cálculo del número de Reynolds RE

$$D = 6.065'' = 0.154 \text{ m.}$$

$$v = 7 \text{ ft/s} = 2.1336 \text{ m/s}$$

$$\rho = 900 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu = 3.7 \text{ cp} = 0.0037 \text{ kg/m s}$$

$$RE = \frac{0.154 \text{ m} \left(2.1336 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right) \left(900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)}{0.0037 \frac{\text{kg}}{\text{m(s)}}} = 79\,923.5$$

De la Tabla 4.8 tenemos que el flujo se clasifica como turbulento, por lo tanto, se utiliza la ecuación (9) para calcular el factor de fricción, dado que el material de la tubería tanto en la succión como en la descarga de la bomba es acero comercial, el valor de la rugosidad es, $\epsilon = 4.6 \times 10^{-5}$. Sustituyendo los valores del Número de Reynolds, diámetro y rugosidad para la descarga de la bomba en la ecuación (9) tenemos:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7 \left(\frac{0.154 \text{ m}}{4.6 \times 10^{-5} \text{ m}} \right)} + \frac{5.74}{79923.5^{0.9}} \right) \right]^2} = 0.0202$$



Descripción	Cantidad	Longitud equivalente por accesorio (ft)	Longitud equivalente total (ft)
Longitud estimada de tubería			146
Codo de radio largo	4	8	32
Válvula check	1	200	200
Válvula de compuerta	1	4	4
		Total	382

Tabla 4.11 Longitud equivalente de accesorios a la descarga de la bomba GA-01C.

De la Tabla 4.11 se obtiene el valor de la longitud $L=382 \text{ ft} = 116.43 \text{ m}$, sustituyendo los valores requeridos en la ecuación (7) tenemos:

$$h_L = 0.0202 \left(\frac{116.43 \text{ m}}{0.154 \text{ m}} \right) \left(\frac{(2.1336 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} \right) = 3.5434 m_{\text{COLUMNA DE DIESEL}}$$

Transformando dicha presión a psi tenemos:

$$h_L = 3.5434 m_{\text{COLUMNA DE DIESEL}}(0.9) = 3.189 m_{\text{COLUMNA DE AGUA}}$$

$$h_L = 3.189 m_{\text{COLUMNA DE AGUA}} \left(\frac{14.22334 \text{ psi}}{10 m_{\text{COL AGUA}}} \right) = 4.5359 \text{ psi}$$

Debido a que no se considero una longitud equivalente correspondiente al medidor de flujo tipo desplazamiento positivo que se encuentra en el sistema, se agregaran 1 psi, que es lo que aproximadamente tira de presión.

$$h_L = 4.5359 \text{ psi} + 1 \text{ psi} = 5.5359 \text{ psi}$$

Sustituyendo la P_{sp} , h_s y h_f en la ecuación (10) tenemos:

$$P_{\text{DESCARGA}} = 0 \text{ psig} + 0.64 \text{ psig} + 5.5359 \text{ psig} = 6.1759 \text{ psig}$$



Sustituyendo la presión de succión y la presión de descarga en la ecuación (5) tenemos:

$$\Delta P_{BOMBA} = 6.1759 \text{ psig} - 3.3727 \text{ psig} = 9.5486 \text{ psig} = 65835.5 \frac{N}{m^2}$$

Para obtener la cabeza de la bomba (H) se utiliza la siguiente ecuación:

$$H = \frac{\Delta P_{BOMBA}}{\gamma} \dots \dots \dots (11)$$

Donde:

γ = Peso específico del fluido (diesel)

$$\gamma = 900 \frac{Kg_{fuerza}}{m^3} = 8825.94 \frac{N}{m^3}$$

Sustituyendo los valores de ΔP_{BOMBA} y γ tenemos:

$$H = \frac{65835.5 \frac{N}{m^2}}{8825.94 \frac{N}{m^3}} = 7.46m = 24.47 \text{ ft}$$

Sustituyendo los valores de Q y H en la ecuación (4) tenemos la potencia teórica de la bomba:

$$WHP = \frac{350 \text{ GPM}(24.47 \text{ ft})(0.9)}{3960} = 1.9465 \text{ HP}$$

Para obtener la potencia real de la bomba es necesario emplear la siguiente ecuación:

$$BHP = \frac{WHP}{n} \dots \dots \dots (12)$$

Donde:

n = eficiencia



Por lo tanto, es necesario utilizar la ecuación siguiente para estimar una eficiencia de la bomba:

$$n = 1 - \left(\frac{1.6}{(Q)^{0.27}} \right) \dots \dots \dots (13)$$

$$n = 1 - \left(\frac{1.6}{(350 \text{ GPM})^{0.27}} \right) = 0.6709$$

Sustituyendo el valor de la eficiencia y el de la potencia teórica en la ecuación (12) tenemos:

$$BHP = \frac{1.9465}{0.6709} = 2.9 \text{ HP}$$

Con este valor de potencia nos referimos a la NRF-095-PEMEX-2005 “Motores Eléctricos” y tomamos el valor de potencia de un motor estándar, para este caso se obtiene un valor de 3 HP.

Se omite la descripción del cálculo de las potencias de las demás bombas GA-01 A/B, GA-02 A/B, GA-03 A/B, GA-04 A/B pero se obtiene que la potencia para todas ellas es el mismo valor de:

$$BHP = 3HP$$

4.6 Carga de Succión Neta Positiva (NPSH).

Una parte importante del proceso de selección de una bomba, es garantizar que la condición del fluido que entra a la bomba sea la apropiada para mantener un flujo completo de líquido. El factor principal es la presión del fluido en la entrada de la bomba, al que es común llamar puerto de succión. El diseño del sistema de tubería de succión debe proporcionar una presión lo suficientemente alta para evitar que se desarrollen burbujas de vapor dentro del fluido en movimiento, condición que recibe el nombre de *cavitación*.



4.6.1 Cavitación.

Si se forman burbujas de vapor en el puerto de succión, estas colapsan cuando llegan a las zonas de presión más alta, liberando grandes cantidades de energía, lo que afecta las aspas del impulsor y ocasiona la erosión rápida de su superficie, también se hace ruidosa la bomba.

4.6.2 $NPSH_{REQUERIDO}$ Y $NPSH_{DISPONIBLE}$.

Los fabricantes de bombas prueban cada diseño para determinar el nivel de la presión de succión que se requiere, con el fin de evitar la cavitación, y reportan los resultados como $NPSH_R$, mientras que el $NPSH_D$, lo calcula el diseñador del sistema de bombeo.

El $NPSH_D$ debe ser mayor al $NPSH_R$. El American National Standards Institute (ANSI) y el Hydraulic Institute (HI) emiten juntos estándares que especifican un margen mínimo de 10% del $NPSH_{DISPONIBLE}$ sobre el $NPSH_{REQUERIDO}$, mientras que en la norma de referencia de PEMEX NRF-050-PEMEX-2012 “Bombas Centrífugas”, se especifica que las Bombas centrífugas deben tener como mínimo una diferencia de 1.0 m entre el $NPSH_D$ y $NPSH_R$.



4.6.3 Cálculo del $NPSH_D$.

Norma aplicable vigente: API RP 14E “Recommended Practice for Design and Installation of Offshore Production Platform Piping Systems” empleada en el cálculo del $NPSH_D$ disponible de una bomba mostrado a continuación.

El valor del $NPSH_D$ depende de la presión de vapor del fluido que se bombea, las pérdidas de energía en el tubo de succión, la ubicación del almacenamiento del fluido y la presión que se aplica a éste. Esto se expresa como:

$$NPSH_D = h_{sp} \pm h_s - h_f - h_{vp} \dots \dots \dots (14)$$

Donde:

P_{sp} = Presión estática (absoluta) sobre el fluido en el depósito.

h_{sp} = Carga de presión estática (absoluta) sobre el fluido en el almacenamiento; expresada en metros o pies de líquido.

h_s = Diferencia de elevación desde el nivel del fluido en el depósito a la línea central de la entrada de succión de la bomba, expresada en metros o pies

Si la bomba está abajo del depósito, h_s es positiva, ver Figura 4.8 (a)

Si la bomba está arriba del depósito, h_s es negativa, ver Figura 4.8 (b)

h_L = Pérdida de energía en la tubería de succión, debido a la fricción y pérdidas menores; se expresa en metros o en pies.

P_{vp} = Presión de vapor (absoluta) del líquido a la temperatura que se bombea.

h_{vp} = Carga de presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo; se expresa en metros o en pies de líquido.

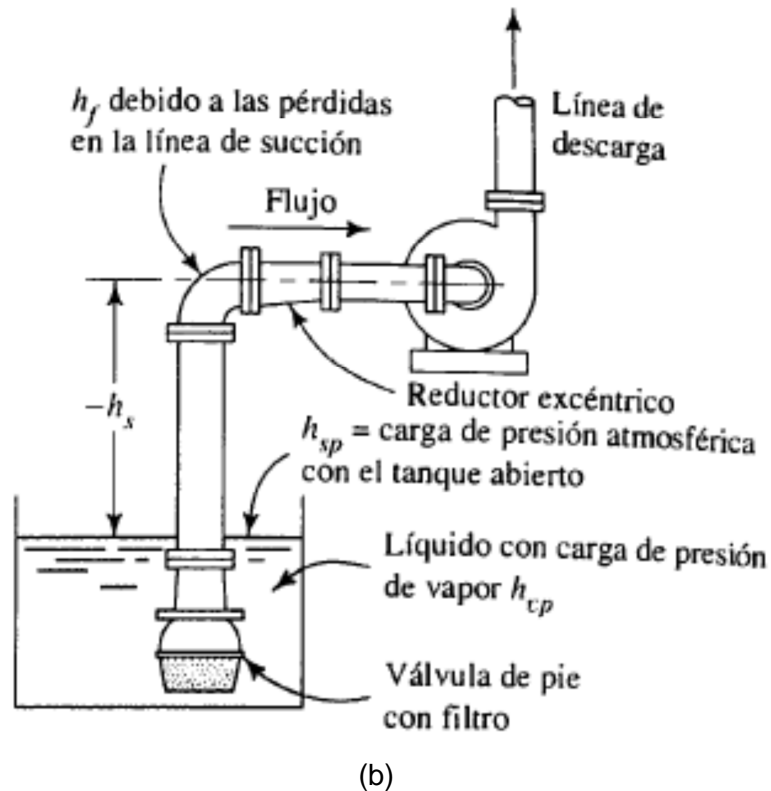
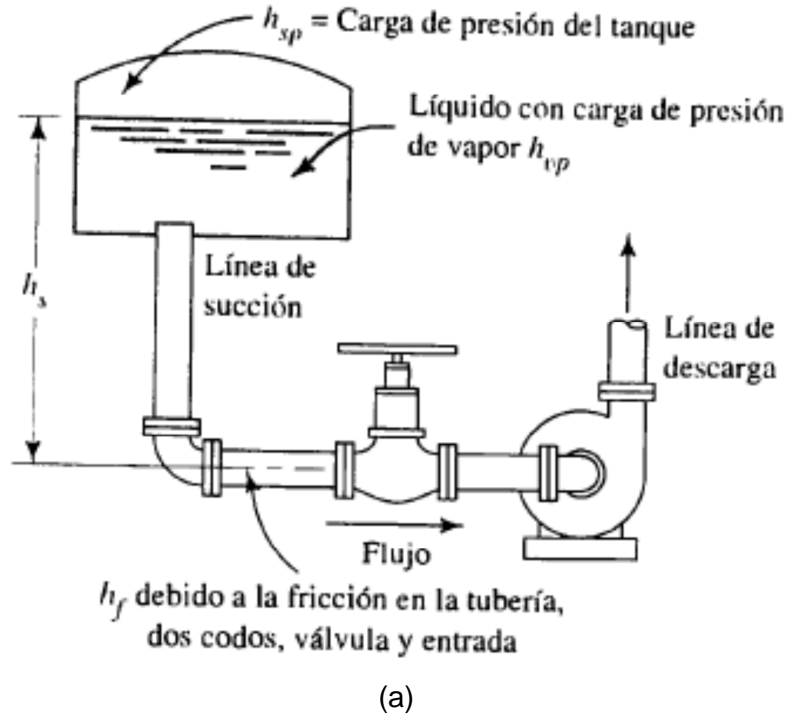


Figura 4.8 Detalles de la línea de succión de la bomba y definición de términos para el cálculo del NPSH.

Fuente: Mott Robert L. "Mecánica de fluidos"
Fecha: 14 Mayo 2011



$$h_{sp} = \frac{P_{sp}}{\gamma} \dots \dots \dots (15)$$

Retomando los datos del cálculo de presión de succión de la bomba de llenado de diesel GA-01C, se puede observar que dos de los términos ya se tienen prácticamente calculados, h_s que corresponde al nivel mínimo de líquido en el tanque de almacenamiento y h_f que corresponde a las pérdidas por fricción, mientras que h_{sp} corresponde a la presión a la cual se encuentra el tanque de almacenamiento expresado en metros.

$$P_{sp} = 0 \text{ psig} = 14.7 \text{ psia} = 101353.27 \frac{N}{m^2}$$

$$\gamma = 8825.94 \frac{N}{m^3}$$

$$h_{sp} = \frac{101353.27 \frac{N}{m^2}}{8825.94 \frac{N}{m^3}} = 11.4835m$$

$$h_s = 0.152 m$$

$$h_f = 0.0221 \left(\frac{95.39m}{0.2027m} \right) \left(\frac{(0.9144 \frac{m}{s})^2}{2(9.81 \frac{m}{s^2})} \right) = 0.4432m$$

El término faltante h_{vp} se determina de la siguiente manera:

$$h_{vp} = \frac{P_{vp}}{\gamma} \dots \dots \dots (16)$$

$$P_{vp \text{ DIESEL}} = 53.3 \frac{N}{m^2}$$

$$h_{vp} = \frac{53.3 \frac{N}{m^2}}{8825.94 \frac{N}{m^3}} = 0.006039 m$$

Sustituyendo los valores anteriores en la ecuación (14) tenemos:

$$NPSH_D = 11.4835m + 0.152m - 0.4432m - 0.006039m = 11.1862 m$$



Se puede observar que el término correspondiente a la presión de vapor del fluido es bajo ya que el diesel presenta una presión de vapor baja a la temperatura ambiente, por lo cual se le clasifica como líquido combustible.

4.7 Plano de Localización General (PLG)

Normatividad aplicable vigente:

- NRF-010-PEMEX-2004 “Espaciamientos Mínimos y Criterios para la Distribución de Instalaciones Industriales en Centros de Trabajo de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios” utilizada para determinar el espaciamiento mínimo entre tanques de almacenamiento de productos inflamables y combustibles.

Para la elaboración del PLG, es necesario determinar el espacio entre los tanques de almacenamiento de la TAR, tomando como referencia la norma NRF-010-PEMEX-2004, la cual enuncia que “el espacio mínimo entre tangentes de tanques de almacenamiento de líquidos inflamables, debe ser igual a la mitad de la suma de sus diámetros, mientras que, el espacio mínimo entre tangentes de tanques de almacenamiento de líquidos combustibles, debe ser igual a un cuarto de la suma de los diámetros y en el caso de tener un tanque de almacenamiento de líquido inflamable y uno de líquido combustible el espacio mínimo entre tangentes debe ser igual a la mitad de la suma de sus diámetros”.

Por lo tanto el espacio mínimo entre tangentes de los tanques de gasolinas (líquidos inflamables) y el espacio mínimo entre tangentes del tanque de diesel (líquido combustible) y el tanque de gasolina se determina mediante la siguiente ecuación:



$$E = \frac{D_1 + D_2}{2} \dots \dots \dots (17)$$

Donde:

E= Espaciamiento entre tangentes de tanques, en metros

D₁= Diámetro del tanque 1 (gasolinas o diesel), en metros

D₂= Diámetro del tanque 2 (gasolinas o diesel), en metros

Los diámetros de los tanques de almacenamiento de la TAR del Estado de México son los siguientes:

- FB-01 “Tanque de Almacenamiento de Diesel”, D=18.288 m
- FB-02 / FB-03 “Tanque de Almacenamiento de Gasolina Magna”, D=17.678 m
- FB-04 “Tanque de Almacenamiento de Gasolina Premium”, D=12.954 m

Sustituyendo los valores de los diámetros de los tanques de almacenamiento de la TAR tenemos el espacio mínimo entre tangentes de dichos tanques:

$$E_{FB-01 \text{ y } FB-02} = \frac{18.288m + 17.678m}{2} = 17.983m$$

$$E_{FB-02 \text{ y } FB-03} = \frac{17.678m + 17.678m}{2} = 17.678m$$

$$E_{FB-03 \text{ y } FB-04} = \frac{17.678m + 12.954m}{2} = 15.316m$$

Además del espaciado mínimo de los equipos el Plano de Localización General de Equipo se elaboró siguiendo las recomendaciones del punto 2.8 de este trabajo de tesis y se muestra a continuación en la figura 4.9

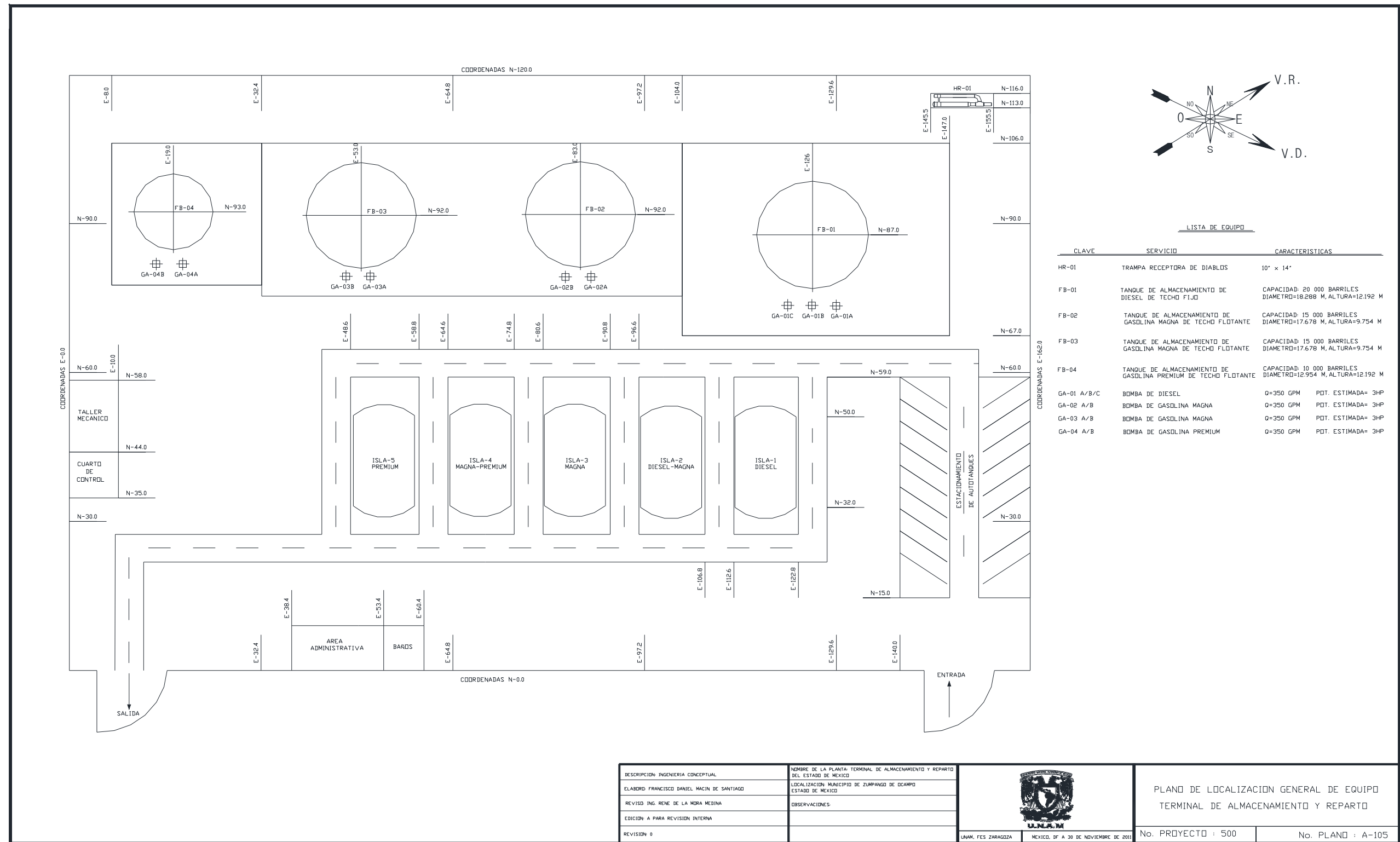


Figura 4.9 PLG A-105 "Terminal de Almacenamiento y Reparto"



Conclusiones

Se desarrollaron los siguientes documentos a nivel de Ingeniería Conceptual para una Terminal de Almacenamiento y Reparto de combustibles:

- Bases de Diseño.
- Descripción del Proceso.
- Diagrama de Flujo de Proceso.
- Cuatro Diagramas de Tubería e Instrumentación.
- Plano de Localización General de Equipo.

Para la elaboración de los DTI's se realizaron cálculos hidráulicos de diámetros de tuberías, potencias de bombas y determinación del $NPSH_{DISPONIBLE}$ de una bomba, basándose en la literatura, normas de referencia de PEMEX (NRF's) y normas internacionales.

Se demostró la necesidad de construir nuevas terminales de almacenamiento y reparto (TAR's), para disminuir los costos de transporte y aumentar la capacidad de almacenamiento previniendo el desabasto de gasolinas y diesel, sustentando dicha necesidad con datos estadísticos obtenidos de la base de datos de PEMEX.

Además de esto el presente trabajo es una referencia para alumnos y profesionistas que requieran realizar cálculos hidráulicos, ya que se brindan algunos criterios de diseño empleados en la industria, además de que se definen de manera sencilla y se explica como elaborar los documentos básicos con los que trabaja un ingeniero de proceso; bases de diseño, descripción del proceso, DFP, DTI's y PLG, también se ejemplifican dichos documentos.

Asimismo se va familiarizando al alumno con algunos equipos e instrumentos que se emplean en la industria, explicando el concepto, dando una descripción breve y mostrando imágenes de dichos equipos e instrumentos.



Bibliografía

1. CRANE, “Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías”, Primera edición. Mc Graw-Hill, México 1987.
2. Gary James H., “Refino de Petróleo: Tecnología y Economía”. Tercera edición. Mc Graw-Hill, México 1980.
3. GPSA, “Engineering Data Book” Onceava edición. Estados Unidos 1998.
4. INEGI. *Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos 2010*. [www] Disponible en el URL: <www.inegi.org.mx> 20 Mar. 2011.
5. Mayers Robert A., “Handbook of Petroleum Refining Processes”, Mc Graw Hill, México 1984.
6. Mott Robert L., “Mecánica de fluidos” Sexta Edición, Prentice Hall. México 2006.
7. Petróleos Mexicanos. *Anuario Estadístico PEMEX 2011*. [www] Disponible en el URL: <www.pemex.com> 29 Abril 2011.
8. Petróleos Mexicanos. *Foro de debate sobre la reforma energética del Senado de la República*. [www] Disponible en el URL: <www.pemex.com> 3 Abril 2011.
9. Petróleos Mexicanos, “La transformación Industrial del Petróleo en México”, Edición conmemorativa. México 1988.
10. Petróleos Mexicanos. *Plan de Negocios de Petróleos Mexicanos y sus Organismos Subsidiarios 2012-2016*. [www] Disponible en el URL: <www.pemex.com> 15 Nov. 2011.
11. Petróleos Mexicanos. *Transporte Almacenamiento y Distribución de Petrolíferos*. [www] Disponible en el URL: <www.pemex.com> 7 Mayo 2011.



12. T.D Williamson, Inc. *Launchers and Receivers*. [www] Disponible en el URL:
<<http://www.tdwilliamson.com>> 20 Oct. 2011.
13. Tyco. *Flame Arrester*. [www] Disponible en el URL:
<www.tycoflowcontrol.com> 3 Jun. 2011.
14. Valyval. *Válvula de Seguridad*. [www] Disponible en el URL:
<<http://www.valyval.com>> 14 Sept. 2011.
15. Vijaytanks. *Tanques de Almacenamiento*. [www] Disponible en el URL:
<<http://www.vijaytanks.com>> 18 Oct. 2011.



Anexos



Anexo A Glosario de Términos y Abreviaturas

Autotanque: Vehículo empleado para el transporte terrestre de hidrocarburos, también llamado “pipa de transporte”.

Buquetanque: Embarcación utilizada para el transporte de hidrocarburos.

Capacidad calorífica: Cantidad de calor que un cuerpo absorbe cuando su temperatura aumenta un grado (o la que cede al disminuir su temperatura un grado).

Carrotanque: Vehículo empleado para el transporte terrestre de hidrocarburos mediante vías de ferrocarril.

Catalizador: Sustancia que está presente en una reacción química en contacto físico con los reactivos, y acelera, induce o propicia dicha reacción sin actuar en la misma.

Combustible: Cualquier material capaz de liberar energía cuando se oxida de forma violenta con desprendimiento de calor poco a poco.

Densidad: Magnitud escala referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen de una sustancia. Se expresa como la masa de un cuerpo dividida por el volumen que ocupa.

Diesel: Combustible comúnmente utilizado en camiones y autobuses.

Ducto: Un ducto esta compuesto de tubos y cumple la función de transportar fluidos.

Diablo: Dispositivo que sirve para limpiar o detectar daños y defectos en la pared de un ducto.

Estación de servicio: Centro de venta de combustibles, comúnmente llamada gasolinera.



Gasolina: Mezcla de hidrocarburos derivada del petróleo que se utiliza como combustible en motores de combustión interna.

Gravedad específica o densidad relativa: Es el cociente de la densidad de una sustancia y la densidad de otra que se toma como referencia.

Hidrocarburo: Compuesto orgánico formado únicamente por “átomos de carbono e hidrógeno”.

Octanaje: Es una medida de la calidad y capacidad antidetonante de las gasolinas para evitar las detonaciones y explosiones en las máquinas de combustión interna, de tal manera que se libere o se produzca la máxima cantidad de energía útil.

Oleoducto: Ducto que transporta petróleo.

Petróleo: Mezcla de hidrocarburos, compuestos que contienen en su estructura molecular carbono e hidrógeno principalmente.

Poliducto: Ducto que transporta diversos productos destilados (gasolinas, diesel etc.)

Temperatura de ebullición: Es la temperatura a la cual la presión de vapor de un líquido sobrepasa ligeramente a la presión atmosférica.

Temperatura de inflamación: Es la temperatura a la cual un líquido produce la cantidad suficiente de vapores, que mezclados con aire y en presencia de una fuente de ignición, se produce un flasheo o una ligera explosión.

Terminal de Almacenamiento y Reparto: Centro de trabajo que tiene como función el recibo, almacenamiento y distribución de combustibles.

Trampa receptora de diablos: Equipo utilizado para fines de recibo de diablos de inspección o limpieza interna del ducto.



Válvula solenoide: dispositivo operado eléctricamente, y es utilizado para controlar el flujo de líquidos o gases en posición completamente abierta o completamente cerrada.

Viscosidad: Medida de la resistencia de un líquido a fluir.

Yacimiento: Acumulación natural de hidrocarburos en el subsuelo, contenidos en rocas porosas o fracturadas.

Abreviaturas

AF	Arrestador de flama
CP	Centipoise (medida de la viscosidad)
ENE	Estenoreste
GPM	Galones por Minuto
HP	Caballos de Fuerza
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
Kg/cm²	Presión en kilogramos/centímetros cuadrados
Mbd	Miles de barriles por día
MM	Millones
MMt-km	Millones de toneladas-kilómetro
msnm	Metros sobre el nivel del mar
NA	No asignado
N.A.	Normalmente abierta
N.C.	Normalmente cerrada
ND	No disponible
psi	Presión en libras/pulgadas cuadradas
psia	Presión en libras/pulgadas cuadradas (absoluta)
psig	Presión en libras/pulgadas cuadradas (manométrica)
PSV	Válvula de Seguridad
SE	Sureste
SNR	Sistema Nacional de Refinación



SDV	Válvula de Corte del Sistema de Paro por Emergencia
VAE	Válvula Presión-Vacío

Anexo B Normatividad Aplicable

NRF-010-PEMEX-2004	Espaciamientos mínimos y criterios para la distribución de instalaciones industriales en centros de trabajo de petróleos mexicanos y organismos subsidiarios
NRF-015-PEMEX-2008	Protección de áreas y tanques de almacenamiento de productos inflamables y combustibles
NRF-030-PEMEX-2009	Diseño, construcción, inspección y mantenimiento de ductos terrestres para transporte y recolección de hidrocarburos
NRF-032-PEMEX-2005	Sistemas de tubería en plantas industriales-diseño y especificaciones de materiales
NRF-050-PEMEX-2007	Bombas centrífugas
NRF-095-PEMEX-2004	Motores eléctricos
NRF-113-PEMEX-2007	Diseño de tanques atmosféricos
NRF-172-PEMEX-2007	Válvulas de alivio de presión y vacío para tanques de almacenamiento
NRF-203-PEMEX-2008	Arrestadores de flama
NRF-221-PEMEX-2009	Trampas de diablos para líneas de conducción terrestres
ANSI/ISA-5.1	Instrumentation Symbols and Identification
API RP 14C	Recommended Practice for Analysis, Design, Installation, and Testing of Basic Surface Safety Systems for Offshore Production Platforms.
API RP 14E	Recommended Practice for Design and Installation of Offshore Production Platform Piping Systems.