



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Ingeniería de operaciones en  
el transporte de los  
hidrocarburos**

**TESINA**

Que para obtener el título de

**Ingeniero Petrolero**

**P R E S E N T A**

Leonardo Gutiérrez Arochi

**DIRECTOR DE TESINA**

Ing. Antonio de Jesús Mendoza Martínez



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2023

## Agradecimientos

A mis padres, Brenda Arochi Vergara e Israel Morales Quijada, por darme la vida, el amor, el cuidado, el apoyo y la confianza que me hicieron quien soy hoy, amo y admiro a mis padres por sus logros. y siempre sé mi guía, porque me enseñaron a enfrentar la vida y a creer en mí, por tal razón nunca dejaré de agradecerles por todas las cosas lindas que hemos pasado juntos.

A mi hermano, Diego Morales Arochi, eres el primer amigo de mi vida. Gracias por estar siempre ahí para mí como un apoyo incondicional, por verme con admiración y respeto en todas las decisiones que he tomado, de igual forma yo seré tu incondicional, siempre estando orgulloso de ser tu hermano.

A mi abuela, María Teresa Vergara Hernández, por apoyarme, cuidarme y estar conmigo siempre que lo necesite, no me dejaste caer, nunca me dejaste rendir, eres una excelente abuela e incluso para mi eres como una segunda madre y principalmente una gran mujer, he aprendido mucho de ti y sé que aun podrás enseñarme mil cosas más.

A mi pareja, Arq. Myrna Irene Hernández Pérez, me has protegido, te has preocupas por mí, me has amado, has confiado en mí y has creído en mí, por todo el apoyo y por tus consejos, estoy muy agradecido y espero que un día pueda hacer por ti, lo que tú has hecho por mí. Gracias por haber estado conmigo todo este tiempo.

A mi director de tesis, profesor y gran amigo al Ing. Antonio de Jesús Mendoza Martínez, por el apoyo, la paciencia, el entusiasmo y el tiempo que me ha brindado, que ha sido una guía para mí y las grandes oportunidades que me ha brindado.

A mi amigo, Ing. Francisco Javier Nequiz Hernández, por su confianza en mí, por hacer de mi camino universitario un camino de vivencias que jamás olvidaré, eres como un hermano para mí, eres una maravillosa persona, tienes todo mi respeto y mi admiración.

A mis amigos, que han estado conmigo en este viaje y hemos crecido juntos a lo largo de los años, agradezco su amistad y nunca olvidaré las experiencias que tuve, los aprecio.

Finalmente quiero agradecer a la Universidad Nacional Autónoma de México, a la Facultad de Ingeniería y a la Escuela Nacional Preparatoria 8, por darme la oportunidad de completar mi formación como ingeniero al pertenecer a la máxima casa de estudios en México.

## Resumen

La medición y la incertidumbre son algo importante que deciden la compra de un producto, ya que ningún comprador quiere que su inversión sea en vano, así la incertidumbre nos ayuda a poder medir posibles riesgos en diferentes aspectos como incertidumbre por medición o incertidumbre en el proceso, y la medición del mensurado, la cual dirá con precisión cuánto es el producto evitando así pérdidas monetarias por parte de los compradores y vendedores.

En el sector energético se utilizan medios de transporte, a saber: autotanque, carrotanque, buquetanque y ductos. Cada uno de ellos tiene diferentes precios y características. Los carrotanques que se usan para transportarlos de una manera eficiente cargando y descargando el producto en si mismos. Todos teniendo claras ventajas y desventajas, pero aun siendo útiles en el trabajo.

Los ductos que, al igual que los carrotanques, tiene una clasificación y un uso específico en la extracción y transporte de los hidrocarburos, habiendo cuestiones que se deben tomar en cuenta como el terreno donde se construirá, que fluirá por ellos y la presión por la que pasarán y todo esto se toma en cuenta a la hora de construirlos.

Finalmente, en el presente trabajo se presentará la forma en la que se realiza un correcto control de inventarios, el cual se encarga de toda la ingeniería y logística de la necesidad de los diferentes medios de transporte y mediciones que se realicen en el comercio de los hidrocarburos transportados, dicho control servirá para facilitar el correcto inventario de los hidrocarburos recibidos y con esto poder cumplir con los acuerdos contractuales que se lleven a cabo entre dos partes.

# Índice

Agradecimientos .....	I
Resumen.....	II
Introducción .....	1
Contexto Actual .....	1
<b>Capítulo I. Medición .....</b>	<b>3</b>
I.1 Definición de medición .....	3
I.2 Importancia de la medición.....	3
I.3 Incertidumbre .....	4
I.4 Calibración.....	4
I.5 Trazabilidad.....	5
I.6 Medidores de Flujo .....	5
I.6.1 Medidor de flujo tipo Coriolis .....	5
I.6.2 Medidor de desplazamiento positivo .....	6
I.6.3 Medidor de área variable.....	12
I.6.4 Medidor de placa de orificio .....	14
I.6.5 Medidor de turbina .....	15
I.6.6 Medidor electromagnético .....	17
I.6.7 Medidor ultrasónico.....	18
I.6.8 Medidores más utilizados en la industria petrolera .....	20
<b>Capitulo II. Tipo de transporte para hidrocarburos .....</b>	<b>22</b>
II.1 Ducto .....	22

II.1.1 Tipos de ductos.....	22
II.1.2 Fabricación de ductos.....	26
II.1.3 Sistema Nacional de Gasoductos.....	30
II.1.4 PEMEX logística .....	40
II.2 Autotanque .....	50
II.2.1 Principales componentes de un autotanque.....	51
II.2.2 Requerimientos de señalización .....	58
II.3 Buquetanque.....	59
II.3.1 Clasificación .....	60
II.3.2 Fletamiento .....	71
II.3.3 Partes principales de un buquetanque.....	72
II.4 Carrotanque .....	77
II.4.1 Tipos de carrotanques.....	78
II.4.2 Principales componentes de un carrotanque.....	87
II.4.3 Identificación del Carrotanque .....	89
II.4.4 Asociación de Ferrocarriles Estadounidenses .....	94
II.4.5 Ferromex.....	94
<b>Capitulo III. INCOTERMS .....</b>	<b>98</b>
III.1 Definición de INCOTERM .....	98
III.2 EXW (Ex fábrica... lugar designado / Ex fábrica... lugar designado original) .....	98
III.3 FCA (Free Carrier, named place / Franco o libre transportista, lugar convenido en origen) .....	99
III.4 FAS (Free alongside ship, named port of shipment / Franco al costado del buque, puerto de carga convenido).....	100
III.5 FOB (Free on board, named port of shipment/ Franco a bordo, puerto de embarque convenido).....	100

III.6 CFR (Cost and freight, named port of destination / Costo y Flete, puerto de destino convenido).....	101
III.7 CIF (Cost, insurance and freight / Costo, seguro y flete, puerto de destino convenido) .....	101
III.8 CPT (Carriage paid to, named place of destination / Transporte pagado hasta, lugar de destino convenido) .....	102
III.9 CIP (Carriage and insurance paid to, named place of destination / Transporte y segur pagados hasta, lugar de destino convenido) .....	102
III.10 DAF (Delivered at frontier, named place / Entregada en frontera, lugar convenido).....	103
III.11 DES (Delivered ex ship, named port of destination / Entregada sobre buque, puerto de destino convenido) .....	103
III.12 DEQ (Delivered ex quay named port of destination / Entregada sobre muelle, puerto de destino convenido) .....	104
III.13 DDU (Delivered duty unpaid, named place of destination / Entregada derechos no pagados, lugar de destino convenido) .....	104
III.14 DDP (Delivered duty paid, named place of destination / Entregada derechos pagados, lugar de destino convenido) .....	104
III.15 Los INCOTERMS y el contrato de compraventa.....	105
<b>Capítulo IV. Transferencia de custodia .....</b>	<b>111</b>
IV.1 Definición.....	111
IV.2 Precisión.....	112
IV.3 Transferencia de custodia para Líquidos.....	113
IV.4 Transferencia de custodia de gas.....	114
IV.5 Mejores prácticas .....	114
<b>Capítulo V. Confirmación metrológica y sus componentes.....</b>	<b>119</b>
<b>Capítulo VI. Caso de Estudio .....</b>	<b>120</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>128</b>

## Lista de figuras

Figura I.1; Medidor de flujo tipo Coriolis.....	6
Figura I.2; Esquema funcionamiento de medidor de desplazamiento positivo.....	7
Figura I.3; Esquema de Medidor de pistón alternativo.....	8
Figura I.4; Esquema de medidor contador cicloidal.....	8
Figura I.5; Esquema de Medidor 2 rotores.....	9
Figura I.6; Esquema de Medidor Oval .....	9
Figura I.7; Esquema de Medidor de Disco.....	11
Figura I.8; Ciclo de un medidor de pistón oscilante .....	12
Figura I.9; Esquema del principio de operación de un rotámetro .....	13
Figura I.10; Esquema medidor placa de orificio.....	15
Figura I.11; Esquema de un medidor de flujo tipo turbina .....	16
Figura I.12; Esquema medidor de flujo magnético .....	17
Figura I.13; Esquema medidor electromagnético .....	17
Figura I.14; Esquema medidor de flujo tipo ultrasónico .....	19
Figura I.15; Esquema medidor de flujo ultrasónico tipo Doppler .....	19
Figura II.1; Esquema tuberías por su tipo de fabricación.....	27
Figura II.2; Fotografía válvula ARV .....	31
Figura II.3; Fotografía válvula tipo bola.....	32
Figura II.4; Fotografía válvula sellada a presión .....	32
Figura II.5; Fotografía válvula de presión y vacío .....	33
Figura II.6; Fotografía válvula de mariposa .....	33
Figura II.7; Fotografía válvula de globo .....	34

Figura II.8; Fotografía válvula de sello de presión.....	34
Figura II.9; Fotografía válvula de compuerta .....	35
Figura II.10; Esquema cable de fibra óptica .....	36
Figura II.11; Mapa de localización de los ductos de México .....	39
Figura II.12; Mapa del sistema Rosarito .....	41
Figura II.13; Mapa del sistema Guaymas.....	42
Figura II.14; Mapa del sistema Norte .....	43
Figura II.15; Mapa del sistema Sur-Centro-Occidente .....	44
Figura II.16; Mapa del sistema de Transporte de Crudos .....	45
Figura II.17; Mapa del sistema Progreso .....	46
Figura II.18; Mapa del sistema Hobbs-Méndez.....	46
Figura II.19; Mapa del sistema de transporte de Petroquímicos.....	47
Figura II.20; Mapa Terminales de Almacenamiento y Despacho .....	48
Figura II.21; Esquema funciones PEMEX Tri.....	49
Figura II.22; Esquema subsidiarias de PEMEX .....	50
Figura II.23; Esquema depósito de un autotanque .....	51
Figura II.24; Esquema autotanque con deposito múltiple .....	51
Figura II.25; Esquema autotanque con 1 deposito.....	53
Figura II.26; Fotografía de tapa de autotanque .....	52
Figura II.27; Fotografías cubeta de un autotanque.....	54
Figura II.28; Fotografía válvula de volante .....	53
Figura II.29; Fotografía válvula de palanca.....	53
Figura II.30; Fotografía válvula neumática .....	53
Figura II.31; Esquema partes de válvula manual de palanca de autotanque.....	54
Figura II.32; Esquema válvula manual de volante de un autotanque .....	54



Figura II.33; Esquema válvula neumática de un autotanque .....	55
Figura II.34; Fotografía colector de presión de un autotanque .....	55
Figura II.35; Esquema funcionamiento del colector de presión.....	55
Figura II.36; Fotografía de protección antivuelco de un autotanque .....	56
Figura II.37; Esquema de sistema de aportación de calor.....	56
Figura II.38; Esquema toma a tierra .....	57
Figura II.39; Rombo NFPA.....	58
Figura II.40; Fotografía Coastal tanker Pegasus en River Weser.....	61
Figura II.41; Fotografía Handy Size tanker .....	62
Figura II.42; Fotografía buque tipo PANAMAX.....	64
Figura II.43; Fotografía buque tipo AFRAMAX .....	65
Figura II.44; Fotografía Oil Tanker, The Seavigour, tipo SUEZMAX .....	67
Figura II.45; Fotografía Oil Tanker tipo V.L.C.C. ....	68
Figura II.46; Fotografía Oil Tanker tipo U.L.C.C. ....	68
Figura II.47; Esquema de los diferentes tamaños de buquetanque .....	69
Figura II.48; Vista esquemática en corte del extremo del carro tanque que muestra los componentes principales .....	78
Figura II.49; Diagrama de un carro tanque DOT-111 .....	79
Figura II.50; Fotografía carrotanque no presurizado .....	80
Figura II.51; Fotografía carrotanque presurizado .....	83
Figura II.52; Fotografía carrotanque para líquidos criogénicos .....	86
Figura II.53; Esquema partes de un Carrotanque.....	88
Figura II.54; Mapa de las vías ferroviarias de México .....	89
Figura IV.1; Esquema sectores necesitados de combustibles.....	118
Figura VI.1; Fotografía Planta A.....	120

Figura VI.2; Fotografía Cuenta litros Planta A .....	123
Figura VI.3; Flujo de actividades en procedimiento de descarga.....	125
Figura VI.4; Fotografía transportista visita #1 .....	125
Figura VI.5; Fotografía sello de seguridad tapa del tonel.....	125
Figura VI.6; Fotografía equipo de descarga.....	126
Figura VI.7; Fotografía durante la descarga .....	126
Figura VI.8; Fotografía toma de temperatura del hidrocarburo .....	126
Figura VI.9; Fotografía medidor del transportista.....	126
Figura VI.10; Fotografía autotanque en descarga.....	126
Figura VI.11; Fotografía nivel de la sisa .....	126
Figura VI.12; Fotografía transportista visita #2 .....	127
Figura VI.13; Fotografía operador midiendo sisa .....	127
Figura VI.14; Fotografía del equipo de descarga.....	127
Figura VI.15; Fotografía inspección de los sellos de seguridad del autotanque .....	127
Figura VI.16; Fotografía medidor del transportista durante la descarga.....	127
Figura VI.17; Fotografía instalaciones de recibo .....	128
Figura VI.18; Fotografía tanque de recibo.....	128
Figura VI.19; Fotografía instalaciones durante la descarga .....	128

## Lista de tablas

Tabla II.1; Sistema de identificación de materiales peligrosos .....	59
Tabla II.2; Sistema de escalas para buquetanque .....	69
Tabla II.3; Listado de accesorios, revestimientos y materiales .....	92
Tabla II.4; Comparativa carrotanques .....	97
Tabla III.1; Agrupaciones de las INCOTERMS .....	105
Tabla III.2; Responsables de las obligaciones de cada INCOTERM.....	106
Tabla III.3; Principales conceptos de costos en exportaciones para cada INCOTERM.....	107
Tabla VI.1; Ganancias vs Perdidas del Transportista 1 .....	119

## Introducción

El transporte ha tenido una gran importancia a lo largo de la historia humana. Desde un principio las primeras civilizaciones vieron la necesidad de trasladar recursos humanos y materiales de un lugar a otro, por eso, vieron la necesidad de crear medios de transporte que permitieran la movilización de grandes volúmenes de manera cada vez más eficiente.

En el sector energético se utilizan medios de transporte, a saber: autotanque, carrotanque, buquetanque y ductos. Cada uno de ellos tiene diferentes precios y características. Para este trabajo, nos encargamos de utilizar carrotanque y buquetanque para el transporte de líquidos por vía terrestre y marítima respectivamente. Un carrotanque usa las vías del tren para moverse, mientras que un petrolero hace su trabajo en el mar. Cada uno sirve a la industria energética en México.

En el comercio pueden surgir disputas cuando se negocia un acuerdo, además de cuando se trata de comercio internacional. Para evitarlas surgieron los Incoterms, encargados de explicar los costos y determinar condiciones comerciales incluidas en el contrato de compraventa. En este trabajo se discutirán estos términos, así como su clasificación y la función de cada término.

## Contexto Actual

Debido al crecimiento progresivo de las diferentes industrias alrededor del mundo, la forma que realizan sus actividades las industria ha cambiado desde el funcionamiento, hasta la forma en la que se realiza la compra-venta de bienes y servicios. En el caso de la industria de hidrocarburos, tiene entre sus principales actividades la extracción de recursos naturales para venderlos a la gran variedad de industrias que se dedican a su transformación y comercialización, ya sea para el desarrollo de nuevos productos o como fuente de energía.

Se puede afirmar que la industria petrolera tiene un papel muy importante en la gran mayoría de industrias. El petróleo es necesario en muchas industrias de procesamiento, dado que lo consumen como materia prima o como herramientas que forman parte de la vida cotidiana de cada persona. En términos energéticos, el petróleo cubre gran parte de las necesidades mundiales.

Debido a lo anterior se establece la necesidad de tener una cuantificación precisa de los diferentes fluidos que se suministran a un lugar en específico. En dicha cuantificación intervienen diferentes factores, tales como las condiciones termodinámicas o las condiciones están sometidos los instrumentos de medición, así como la logística que se requiere para el traslado efectivo de los hidrocarburos. Lo que genera la necesidad de un ingeniero de operaciones el cual mantiene el sistema operativo de una empresa u

operación. Él es responsable de realizar investigaciones y utilizar teorías y principios de ingeniería para mejorar los sistemas y, en el caso particular del petróleo, mejorar los esquemas de traslado de la molécula. Como ingeniero de operaciones, siempre debe mejorar la calidad, la eficiencia y la reducción de costos. La ingeniería de operaciones es un campo de la ingeniería relacionado con procesos industriales funcionales y eficientes.

Actualmente además de los retos que implican las operaciones de transporte y traslado de hidrocarburos, se suman las consecuencias de la pandemia, los precios del petróleo se desplomaron en 2020, lo que provocó la mayor crisis petrolera registrada. La movilidad humana es limitada, las aerolíneas se ven obligadas a cerrar, así como el transporte público y comercial en menor medida; además de los cierres de fábricas, los cierres de líneas de producción son factores que contribuyen a un escenario nefasto para la industria.

En 2023 debido al conflicto bélico actual entre Rusia y Ucrania, los precios de las materias primas han incrementado paulatinamente, hablando particularmente del petróleo, productos agrícolas y metales. A primera vista, esto beneficia a países productores de petróleo como Brasil, Colombia y México.

De hecho, a menudo genera una reducción de impuestos sustancial. El problema es que, en este punto, el aumento de los precios va acompañado de una inflación y un crecimiento económico débil.

Podemos asegurar que la necesidad de hidrocarburos sigue en aumento lo que genera mayores requerimientos de transporte y demanda de estas materias primas.

## **Capítulo I. Medición.**

### **I.1 Definición de medición.**

La medición es un concepto de uso común asociado con la cuantificación de atributos que tiene un objeto. Estrictamente hablando, la palabra medición es la acción de medir.

Determina qué la proporción que existe entre una dimensión de un objeto y una determinada cantidad de referencia. Para que esto sea posible, la medida de medida y la cantidad estándar elegida deben compartir la misma unidad.

Como podemos constatar en la definición de VIM (Vocabulario Internacional de Metrología), es el proceso que consiste en obtener experimentalmente uno o varios valores que pueden atribuirse razonablemente a una magnitud. La medición a menudo se considera un sello distintivo de la empresa científica y una fuente privilegiada de conocimiento en relación con los modos de investigación cualitativos.

### **I.2 Importancia de la medición.**

La medición cumple con una función muy importante en cualquier industria, debido a que se busca exactitud que es uno de los factores que más influyen en cualquier operación. En la industria petrolera se utiliza en la comercialización de los fluidos producidos, debido a que se necesita medir con exactitud ya que de no ser así, se pueden generar pérdidas monetarias durante el traslado de los fluidos al lugar de interés. Por esta razón se ha buscado métodos de medición que brinde seguridad en una medición y pueda disminuir la incertidumbre y/o errores en la medición.

Los fluidos producidos pasan por una larga cadena de suministro antes de llegar al consumidor final, lo que requiere tanto del comprador como del vendedor constatar el correcto suministro de los fluidos, por lo que es de suma importancia tener el valor exacto del volumen entregado.

Para lograr poner valor exacto al volumen del hidrocarburo es necesario tomar en cuenta diferentes variables, las cuales pueden ser el tipo de fluido, contenido energético, porcentaje de agua, entre otras.

La medición cobra gran importancia al realizar evaluaciones económicas relacionadas con la producción de hidrocarburos porque proporciona parámetros económicos mediante los cuales podemos verificar la viabilidad o continuidad de un proyecto de explotación o incluso de comercialización. Ya que evaluar un proyecto desde un punto de vista económico es de los pasos más importantes para así poder juzgar si se lleva a cabo de una forma u otra un proyecto.

### **I.3 Incertidumbre.**

La incertidumbre se conoce como el estado de no saber qué pasará en el futuro, es algo que siempre estará presente en la vida de una persona. Es un sentimiento de inseguridad, miedo, indecisión que muchas veces paraliza a un individuo por un momento en una actividad determinada, hasta que la situación sea más clara y confiable.

Su uso es muy común en contextos económicos y estadísticos, donde determinadas circunstancias hacen imposible emitir juicios, predecir o juzgar con precisión lo que sucederá en el futuro. Existen diferentes tipos que impiden económicamente el desarrollo de inversiones como por ejemplo (según la definición de VIM): la incertidumbre de medida que incluye el parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurado e incertidumbre debida a la definición que es una especificación mal señalada en el mensurado. Todo esto imposibilita el desarrollo futuro porque los agentes económicos se volverán más esquivos, creando restricciones a las inversiones de todo tipo. Ningún emprendedor querrá invertir en una economía en la que no hay garantía de que su inversión se recupere. Un claro ejemplo de esta situación se puede ver en un país donde la tasa de inflación es extremadamente alta; en este caso, el aumento inmediato de los precios hace que sea complicado predecir lo que sucederá.

Desde un punto de vista estadístico, la incertidumbre imposibilita identificar las causas que surgen de un efecto en particular, por lo que solo es necesario tener en cuenta la aleatoriedad y la probabilidad.

### **I.4 Calibración.**

La calibración es el uso de una medición para determinar una relación entre dos mediciones distintas y con el fin de obtener la medición más cercana al valor cuantitativo del mensurado. La confiabilidad de un instrumento de medición se puede asegurar extendiéndolo contra un estándar de medición.

La calibración se tiende a realizar dos veces: antes y después de usar un medidor. En el caso de que un instrumento utilizado en la medición sea utilizado de forma continua este se calibrara periódicamente denominándose como "intervalo de calibración".

De acuerdo con la RAE (2001), "Conjunto de operaciones que tienen como finalidad establecer las relaciones entre los valores indicados por una medida material o por un instrumento de medida y los valores correspondientes de un mensurado."

## **I.5 Trazabilidad.**

Según la AEC (2019) “La definición de trazabilidad es muy genérica, incluye todo aquello que está bajo consideración”, por lo que se aplica a distintos conceptos, por ejemplo, trazabilidad de producto, trazabilidad alimentaria o trazabilidad de medidas.”

La trazabilidad consiste principalmente en seguir todos los procesos de la cadena de valor de algún proceso, desde la adquisición de materias hasta la producción. Debido a la mejora de la cuantificación de trazabilidad ha ido aumentando en importancia ya que permite lograr acuerdos acerca de la validez de las mediciones realizadas.

La calibración de los instrumentos debe ofrecer la trazabilidad. Una medición que se realiza bajo practicas poco confiables o de la que no se tiene referencias y que por lo tanto es dudosa no generara la información adecuada que debe brindar cualquier medición.

## **I.6 Medidores de flujo.**

La medición de flujo se realiza en actividades como la transferencia de custodia, ésta deberá ser lo más precisa posible, debido a que involucran términos contractuales.

Hoy en día existe una gran variedad de medidores de flujo en el mercado. Cada medidor tiene diferentes principios de funcionamiento, lo que presenta ventajas o desventajas particulares dependiendo el tipo de medidor con el que se trabaje.

### **1.6.1 Medidor de flujo Másico tipo Coriolis**

Los medidores de flujo másicos fueron diseñados para medir directamente el caudal de fluido en unidades de masa en kg/h en lugar de medirlo en volumen, como m<sup>3</sup>/h. Son de dos tipos: medidores de volumen con corrección automática de densidad incorporada y medidores de masa directamente.

Algunos medidores han sido adaptados para que puedan convertir el volumen en masa en función de presión y temperatura gracias a sistemas, de esta forma las unidades se consiguen en masa. Algunos ejemplos de este tipo lo forman los conjuntos de placa de orificio con medida de presión y temperatura incorporadas en el propio conjunto.

Otro tipo de medidor de flujo se basa en el efecto Coriolis el cual dice que, si un objeto se mueve en un sistema de coordenadas dado, y además rota con una velocidad angular, experimenta el efecto Coriolis;



una fuerza proporcional a la masa y velocidad del fluido. Según la segunda ley de Newton la fuerza ( $f$ ) actúa sobre la masa ( $m$ ) con aceleración ( $a$ ), pero al ser una velocidad angular ( $w$ ) la ecuación cambia, siendo esta:  $F_{cor}=m \cdot 2 \cdot v \cdot w$ , y ( $v$ ) siendo velocidad lineal.

Si se usa esto en un tubo se obtendría que, si un líquido pasara a través de un tubo vertical, su desplazamiento lateral haría que chocara con la pared de este. Y si a esto se le agrega que el líquido viene impulsado por una bomba, la fuerza de Coriolis contra la pared del tubo resultaría proporcional a la fuerza del caudal.

Este medidor es el más preciso de todos, aunque se equilibra con el precio del conjunto que es relativamente más caro, requieren poco mantenimiento y rara vez necesitan calibrarse, pero su coste de instalación es bastante alto. Ya que miden el flujo másico en lugar de solo el volumen de los fluidos, se pueden usar para medir el caudal de los materiales que se venden por peso y no por volumen.



Figura I.1; Medidor de flujo tipo Coriolis. [1]

Desconocido, Instrumentación y control. "Caudal-Flujo: Medidores másicos", Septiembre del 2009. Disponible en: <https://instrumentacionycontrol.net/caudal-flujo-medidores-masicos/> [Consultado Septiembre 2023]

## I.6.2 Medidor de desplazamiento positivo.

Un medidor volumétrico de desplazamiento positivo (Figura I.2.) es un dispositivo mecánico que cuantifica el flujo hacia adelante, dividiendo el flujo del fluido que lo atraviesa en fracciones de volumen conocidas, contando con éxito el volumen movido por medio de un piñón ubicado en cada rotor del medidor. Estos dispositivos se pueden utilizar en aplicaciones con diversas viscosidades.

En otras palabras, es la acción rellenar repetidamente un recipiente vacío con algún fluido y verter el contenido en la dirección del flujo mientras se cuenta el número de veces que se rellena el recipiente.

En cuanto a su principio de operación trabaja con la premisa de que la velocidad rotativa del rotor es directamente proporcional al flujo de fluido, dado que este genera la rotación.

Las partes mecánicas de un medidor de desplazamiento positivo aprovechan la energía del fluido. El volumen total de líquido que pasa a través del medidor en un período de tiempo determinado es el producto del volumen de la muestra y del número de muestras. La parte mecánica de la herramienta móvil utiliza la energía del fluido, lo que provoca una importante caída de presión en la línea. Estos medidores son ideales para aplicaciones de procesamiento por lotes y aquellas que requieren que el volumen total pase a través del medidor.

En la instalación de estos medidores se debe montar un retenedor o filtro en la parte superior para evitar que entren partículas extrañas en la cavidad del medidor. A su vez es recomendable un mecanismo para eliminar las burbujas de aire que se encuentran dispersas en el líquido, ya que el medidor registrará el volumen de aire junto con el líquido, lo que produciría lecturas incorrectas en la medición. Este tipo de medidores de flujo (desplazamiento positivo) son sensibles a los cambios de viscosidad ya que, para viscosidades inferiores a 100 centistokes debe calibrarse para el líquido específico. Por encima de este valor, los cambios en la viscosidad no tienen ningún efecto sobre el rendimiento.

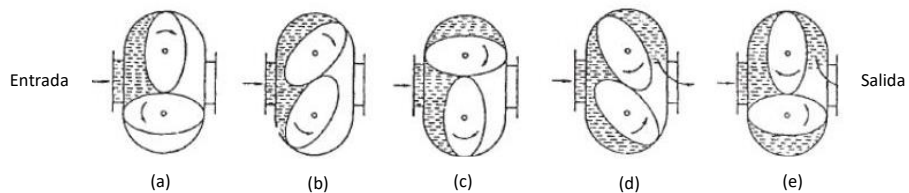


Figura I.2; Esquema funcionamiento de medidor de desplazamiento positivo. [2]  
 Bustillos, Omar. "Instrumentalización Industrial", Noviembre del 2001. [24 de mayo 2016] [Online]. Disponible en:  
<https://es.scribd.com/doc/66336064/85/Medidores-de-flujo-de-desplazamiento-positivo>. [Consultado Marzo 2022]

Existen tipos básicos de medidores de desplazamiento positivos:

### Medidor de Pistón Alternativo o Reciprocante

El medidor de pistón incorpora un diseño en línea, consta de tres pistones que se mueven hacia adelante y hacia atrás en sus propias cámaras, cada pistón funciona de manera similar a un motor de automóvil. Los pistones se encuentran montados en un plato oscilante con un eje que sobresale de la parte superior y un pasador de válvula montado en la parte posterior como se aprecia en la Figura I.3.

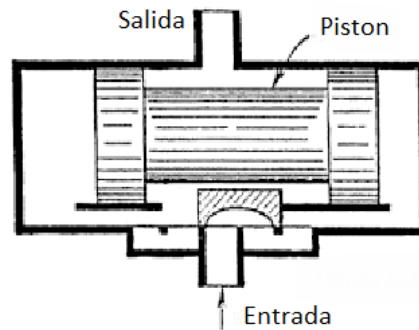


Figura I.3; Esquema de Medidor de pistón alternativo. [3]

García Gutierrez L. 2010 "Teoría de la medición de caudales y volúmenes de agua e instrumental necesario", [Online]. Disponible en: <https://www.tecpa.es/medidores-de-caudal-en-edar/> [Consultado Marzo 2022]

## Medidores Rotativos

Los medidores de este tipo tienen válvulas rotativas, las cuales, gracias a la rotación efectuada dentro de una cámara circular, transportan el líquido desde la entrada hasta la salida. Son ampliamente utilizados en la industria petroquímica para medir crudo y gas con rangos de medición desde unos pocos l/m para líquidos de baja viscosidad hasta 64,000 l/m para crudos de muy alta viscosidad.

Medidor cicloidal: Consiste en un par de lóbulos lo cuales giran en direcciones opuestas, manteniendo una posición semi fija y cambiando el volumen de un fluido, ya sea líquido o gas, por revolución. Su precisión es de  $\pm 1\%$  y su velocidad de rotación es del orden de 10:1 (Figura I.4.).

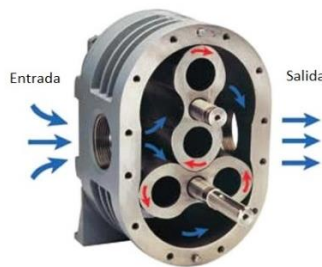


Figura I.4; Esquema de Medidor cicloidal. [4]

Escuela de Ingeniería Eléctrica. Departamento de Sistemas y Automática. Instrumentación de Procesos Industriales [Online]. Disponible en <https://instrumentacionuc.wixsite.com/facultad-ingenieria/copia-de-piston-alternativo>. [Consultado Abril 2022]

## Medidor volumétrico de dos rotores

Este medidor consta de dos rotores móviles. En la cámara de medición, los engranajes están completamente cerrados fuera de la cámara y no entran en contacto con el líquido que pasa a través de los impulsores. Dado que no existe fricción en las partes móviles y los engranajes a su vez están fuera de la cámara, su vida útil es bastante larga y su mantenimiento es sencillo. A su vez, tiene otras ventajas como ser reversible, admitir una velocidad excesiva y no necesitar filtros (Figura I.5.). Su diseño se basa principalmente en la superación de los efectos adversos para que las líneas fuera de alineación no puedan ser transmitidas a la unidad de medición. Tiene como ventaja la fabricación de doble casco la presión de operación, cualquiera que sea, es constante dentro y alrededor de la unidad de medición.

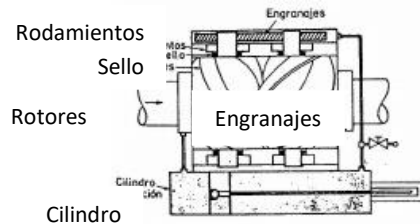


Figura I.5; Esquema de Medidor 2 rotores. [5]

Bustillos, Omar. "Instrumentalización Industrial", Noviembre del 2001. [24 de mayo 2016] [Online]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/66336064/85/Medidores-de-flujo-de-desplazamiento-positivo>. [Consultado Marzo 2022]

## El Medidor Volumétrico Oval

Es muy similar a un medidor cicloidal, con la principal diferencia de que sus dos componentes giratorios están conectados y tienen rotación debido a la presión diferencial que produce el líquido. La acción del fluido actúa sobre cada rueda alternativamente, dando lugar a un giro uniforme con un par casi constante. Debido al enclavamiento y al hecho de que las ruedas antes mencionadas están maquinadas con gran precisión, esto ayuda a evitar la formación de bolsas o vacíos en la cámara de medición (Figura I.6.).

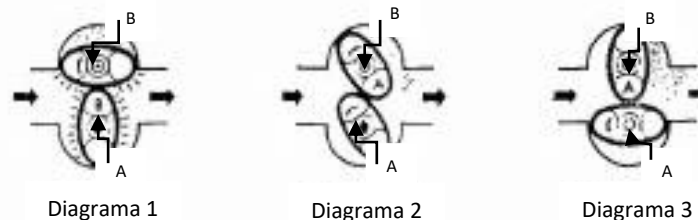


Figura I.6; Esquema de Medidor Oval. [6]

García Gutierrez L. 2010, "Teoría de la medición de caudales y volúmenes de agua e instrumental necesario", [Online]. Disponible en:

<https://www.tecpa.es/medidores-de-caudal-en-edar/> [Consultado Junio 2022]

Dicho medidor mide de forma precisa el flujo del fluido conforme a la diferencial de presión que presenta al hacer rotar un par de engranajes que sellan el flujo de salida, desarrollando el diferencial de presión. Esta diferencia de presión ocasionada en el medidor causa que actúen fuerzas sobre un par de engranajes generando el movimiento rotatorio.

En la Figura I.6, el engranaje B se encuentra hidráulicamente desbalanceado. Ocasionando que el engranaje A impulse el engranaje B hasta que el engranaje A hidráulicamente balanceado. Esta acción de transmisión variable proporciona una rotación suave a un par casi constante sin puntos muertos. A medida que los engranajes giran, retienen una cantidad precisa de fluido en los espacios libres de la cámara de medición y el caudal es proporcional a la velocidad de rotación de los engranajes. A medida que se desliza entre los engranajes ovalados y la pared de la cámara es mínima, el manómetro no se ve afectado por los cambios en la viscosidad y lubricidad del fluido que se mide. Un eje de salida, que gira en proporción directa a los engranajes ovalados mediante un poderoso acoplamiento magnético, impulsa un engranaje que proporciona el registro del medidor en galones, litros y libras.

Los medidores del tipo oval encuentran su mayor aplicación en el manejo de líquidos viscosos, donde la aplicación de otros medidores a menudo es difícil debido a las limitaciones del número de Reynolds. Su diseño permite manipular líquidos con sólidos en suspensión en menor medida; Sin embargo, esto puede dañar los dientes del engranaje y afectar su precisión.

Los accesorios más usados para este tipo de medidores son:

- Convertidor Frecuencia-Tensión.
- Convertidor Frecuencia-Corriente (microprocesadores).
- Totalizador Electromecánico/Reset Manual.
- Totalizador Electromecánico/Parada Automática.

Las principales ventajas y desventajas de los medidores de desplazamiento positivo se enuncian a continuación.

#### Ventajas

- Tiene un alto nivel de precisión (0,5%).
- Su capacidad de procesamiento tiene una gran variedad de viscosidades de fluido que van desde 1 cP hasta 500,000 cP.
- Bajo mantenimiento.
- Operación con alta presión.
- Lectura local directa en unidades de volumen.
- Muy buena repetibilidad.

#### Desventajas

- Económicamente Caro.
- Alta pérdida de carga.
- No recomendable para fluidos abrasivos.
- Propenso a fugas de líquido.
- Limitado caudal.
- Pueden dañarse por sobre-velocidad.

## Medidor de Disco Oscilante

Para medidores de tipo disco oscilante (Figura I.7.) se constituye principalmente de una cámara circular con un disco plano equipado en el cual se encuentra insertado un disco fijo. Esta placa separa la entrada y la salida y evita que el disco gire durante el paso del fluido. El movimiento de la bola será similar al movimiento de una pieza a punto de dejar de girar en el suelo o sobre una mesa. De esta forma, con cada vuelta, se desplazará cierta cantidad de volumen. El movimiento del eje se transmite a un imán que se utiliza para mover un imán externo.

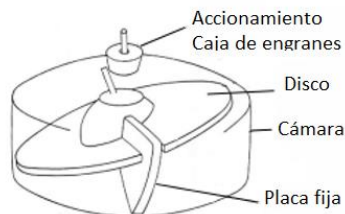


Figura I.7; Esquema de Medidor de Disco. [7]

Escuela de Ingeniería Eléctrica, Departamento de Sistemas y Automática Instrumentación de Procesos Industriales [Online]. Disponible en: <https://instrumentacionuc.wixsite.com/facultad-ingenieria/copia-de-medidor-magnetico> [Consultado Abril 2022]

## Medidor de pistón oscilante

El medidor de pistón oscilante cuenta con una cámara cilíndrica que se encuentra en una placa que divide y separa la salida en dos partes. El funcionamiento de las diferentes fases del ciclo se describe mediante la Figura I.8.:

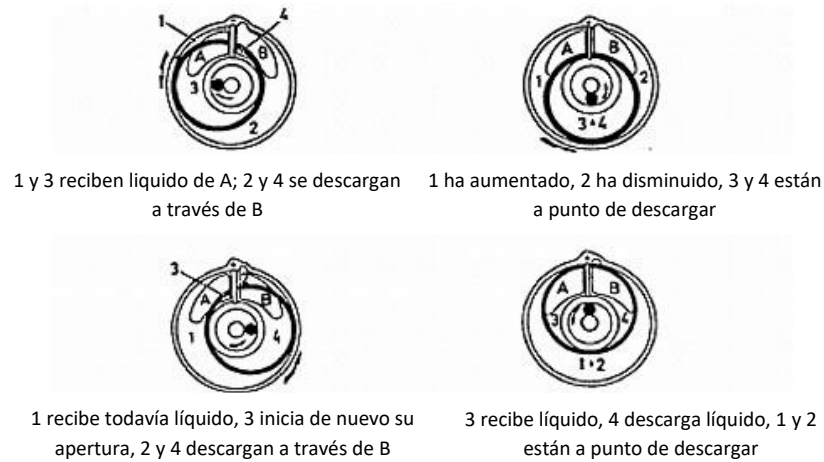


Figura I.8; Ciclo de un medidor de pistón oscilante. [8]

Víctor Escandón Beltrán, Brahayan Sierra García, "Calibración de medidores", Universidad De Cartagena Facultad De Ciencias Exactas Y Naturales Programa Tecnología En Metrología Industrial Cartagena De Indias D.T. Y C; 1er edición.

La mayoría de estos medidores se utilizan en aplicaciones líquidas, sin embargo, hay varias versiones disponibles para gases.

### I.6.3 Medidor de área variable.

Un medidor de área variable (Figura I.9.) consiste en un flotador que cambia de posición dentro de un tubo, en proporción al caudal de líquido. Se compone de un semi-cono en posición invertida, por lo que la velocidad del flujo disminuye a medida que avanza en el medidor.

Se utilizan como indicador visual para mediciones de flujo. El rotámetro es un tubo cónico vertical de peso en forma de T (o similar). Las tuberías están graduadas en flujo según las características del gas o líquido que circula en la tubería. La velocidad de un líquido o gas que fluye disminuye a medida que se eleva en el tubo, a medida que aumenta el diámetro interior del tubo. Por lo tanto, la flotabilidad del peso disminuye a medida que se eleva en el tubo superior. Finalmente, se alcanza un punto de equilibrio donde la fuerza ejercida sobre el peso del fluido que fluye es igual al peso, es decir, cuanto mayor es el flujo, mayor es la ganancia de peso a través del tubo. Cuando el peso no es visible, es decir, un tubo opaco usado para reducir la corrosión o similar, puede estar hecho de un material magnético y monitoreado por un sensor magnético fuera del tubo. La exactitud por lo general de un rotámetro puede oscilar entre 0,5 y 5% conforme a la tasa de flujo. El rango puede variar en una fracción de centímetro por minuto. hasta 3,000 gpm (galones por minuto). El rotámetro es capaz de medir caudales de líquidos, gases o vapores. El medidor se puede usar para medir la diferencia de presión a través de un acelerador o flujo en líquidos y gases.

Por una parte, el medidor de placa de orificio mantiene de forma constante una restricción del flujo, y la caída de presión aumenta al incrementar el flujo, mientras que este medidor varía el área de la restricción para mantener una caída de presión constante.

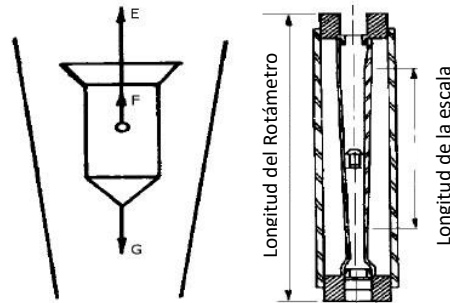


Figura 1.9; Esquema del principio de operación de un rotámetro. [9]

R.C.Baker. "Flow Measurement Handbook: Industrial Designs, Operating Principles, Performance, and Applications", Third Edition, (Estados Unidos 2016)

Este tipo de medidor de flujo está disponible en muchos diseños diferentes. El material de la tubería, la forma y el material del flotador, el tipo de conexión, la longitud de la escala, la presión y la temperatura a las que puede operar, varían para cumplir con una amplia gama de condiciones de servicio. Estos medidores se utilizan para medir el caudal de fluidos de viscosidad normal y bastante limpia.

La capacidad del medidor se calcula sobre la base del flujo de aire equivalente para operaciones con gas o vapor basado en el caudal de agua equivalente para operaciones de fluidos. Los fabricantes proporcionan tablas de capacidad para diferentes diámetros de tubería y para diferentes tipos de flotadores, según los caudales de aire y agua en condiciones estándar. El caudal real del líquido que se va a medir con el rotámetro debe convertirse a gpm de agua equivalente o scfm de aire equivalente para que se puedan usar las tablas de capacidad proporcionadas por el fabricante y, por lo tanto, el tamaño correcto seleccionado del rotámetro. Para realizar esta conversión, se deben utilizar las siguientes ecuaciones:

$$gpm H_2O = gpm Fluido \sqrt{\frac{7.02 * \rho}{\rho_F * \rho}} \dots\dots\dots \text{Para liquido}$$

$$Scfm Aire = Scfm Fluido \sqrt{\frac{8.02 * SG * 14.7 * T_{op}}{\rho_F * \rho_{op} * 530}} \dots\dots\dots \text{Para gas}$$

Donde:

SG: Gravedad Especifica, [Adim.]

T<sub>op</sub>: Temperatura absoluta a condiciones de operación, [°R]

P<sub>op</sub>: Presión absoluta a condiciones de operación, [psia]

ρ: Densidad del fluido a condiciones de operación, [gr/cm<sup>3</sup>]

ρ<sub>F</sub>: Densidad del flotador requerido, [Adim.]



## I.6.4 Medidor de placa de orificio.

Los medidores del tipo de placa orificio (Figura I.10.) permiten medir el flujo de un fluido a través de una tubería. Su principal componente es un disco con un orificio en el centro. Se trata básicamente de la medición de la diferencial de presión provocada por el paso de un fluido con una restricción.

El funcionamiento de este medidor se basa en el teorema de Bernoulli que se muestra en la siguiente ecuación, realiza los cálculos de acuerdo con su principio matemático fundamentado por Bernoulli.

$$Q_v = C_d * A * \sqrt{2g * \Delta P}...$$

Donde:

$Q_v$  = Caudal volumétrico, [m<sup>3</sup>]

$C_d$  = Coeficiente de descarga, [Adim.]

$A$  = Área del orificio, [m<sup>2</sup>]

$g$  = Gravedad, [m/s<sup>2</sup>]

$\Delta P$  = Presión diferencial, [Pa]

Este principio establece que la relación de velocidad del fluido a través de un orificio es proporcional a la raíz cuadrada de la caída de presión a través del tubo. El orificio es plano con un agujero concéntrico con el tubo y a esto se le llama padre. Para medir la presión diferencial, las líneas de impulso de las tomas de presión aguas arriba y aguas abajo deben conectarse a un dispositivo secundario llamado transmisor de presión diferencial. Se requiere un orificio de drenaje horizontal en la parte inferior de la placa para evitar que se acumule agua o condensación aguas arriba del orificio. El efecto de este orificio debe ser considerado al determinar el coeficiente de descarga.

Ventajas

- Simple y potente,
- Buena precisión,
- Bajo costo y
- No se requiere calibración ni recalibración siempre que los cálculos, tolerancias y configuraciones cumplan con ISO 5167.

Desventajas

- Rango limitado.
- Puede distorsionar y bloquear un sistema mal diseñado.
- El borde del agujero se puede quitar.

- Para una instalación correcta, se requiere una longitud mínima de tubería recta, al menos 10 diámetros de tubería equivalentes por encima de la placa y 5 diámetros aguas abajo de la placa, para garantizar la precisión. y extracción de presión confiable.

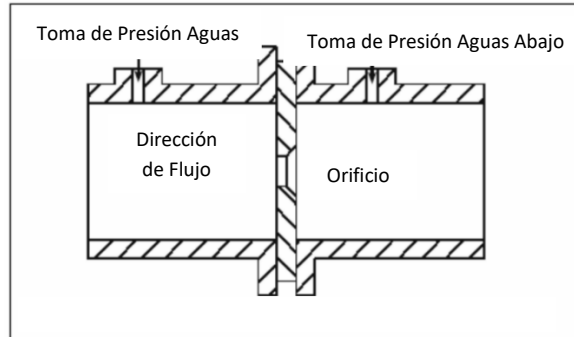


Figura I.10; Esquema medidor placa de orificio. [10]

Serena Doria, "Elementos primarios de caudal – Placas de orificio" [Online]. Disponible en: <https://www.bloginstrumentacion.com/productos/caudal/elementos-primarios-de-caudal-placas-de-orificio/> [Consultado Julio 2022]

## I.6.5 Medidor de turbina.

Los medidores de tipo turbina (Figura I.11) contiene rieles magnéticos que giran al girar cierran un contacto al exterior del medidor. Esto se puede evaluar como el caudal en términos de frecuencia, o alternativamente, contando (sumando) el caudal o el volumen total del líquido durante un período de tiempo determinado.

El rotor de la turbina está montado en el centro del tubo y gira a una velocidad proporcional al flujo de líquido o gas que pasa a través de las paletas. Las palas de la turbina suelen estar hechas de materiales magnéticos o partículas de ferrita plástica para que no se vean afectadas por líquidos corrosivos. el movimiento producido por las paletas al girar se puede detectar por un sensor de elemento resistivo magnético (MRE) que se encuentra conectado a la tubería. Las turbinas solo deben usarse con fluidos limpios como gasolina. Los medidores de turbina, también denominados caudalímetros, son precisos con un buen rendimiento de caudal y rangos de temperatura, pero son más caros que la mayoría de los otros dispositivos.

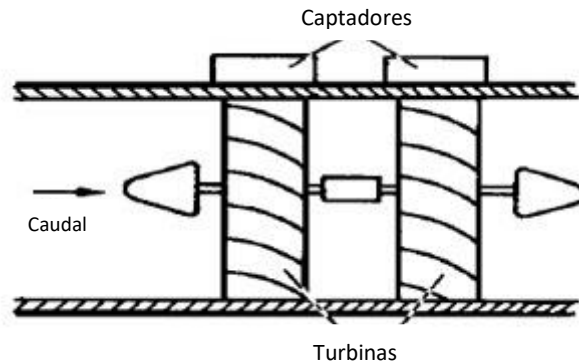


Figura I.11; Esquema de un medidor de flujo tipo turbina. [11]

Desconocido, "Medición de caudal de fluidos mediante aparatos de presión diferencial. Parte 1: diafragmas, toberas y tubos de Venturi intercalados en conducciones en carga de sección circular" (ISO 5167 – 1ra Edición, 1991).

Los rotores suelen estar soportados por cojinetes para reducir la fricción mecánica y prolongar la vida útil de las piezas móviles. A medida que el líquido fluye en el tubo, el rotor gira a una velocidad proporcional a la velocidad del líquido. A medida que cada hoja pasa por el carrete, produce un pulso de voltaje. Los errores de estos dispositivos de medición son relativamente pequeños, alrededor del 0,3%.

A medida que giran las aspas, la señal de radiofrecuencia se modula, amplifica y retransmite. Las fibras ópticas también se utilizan para detectar la rotación de las aspas.

Los medidores de turbina son adecuados para medir el flujo de líquidos, gases y vapores y son particularmente útiles en sistemas de mezcla en la industria del petróleo y gas. Es uno de los medidores más precisos para servicio de esta clase de fluidos.

Cada medidor está calibrado para determinar un factor de flujo (factor), que representa el número de pulsos generados por unidad de volumen de líquido. Por lo tanto, su precisión es la precisión del canal de pulso y varía de 0.15% a 1% de la lectura. El coeficiente K se expresa mediante la ecuación:

$$k = \frac{60f}{Q}$$

Donde:

F: Numero de pulsos por minuto, [Adim.]

Q: Tasa de flujo, [gpm]

k: Pulsos por galón. [Adim.]

Al elegir un medidor de turbina, se debe tener en cuenta el tipo de fluido ya que los agentes corrosivos, sucios, sólidos y corrosivos del líquido pueden dañar el mecanismo del reloj. Por lo tanto, estos medidores se limitan solo a líquidos limpios, por lo que es imperativo el uso y la instalación adecuados de los filtros.

## I.6.6 Medidor electromagnético.

Los medidores de tipo electromagnético se muestran a continuación (Figura I.12.), son uno de los medidores más versátiles y aplicables. Proporciona medición sin impedir el flujo, es prácticamente insensible a las características del fluido y es capaz de medir los líquidos más corrosivos.

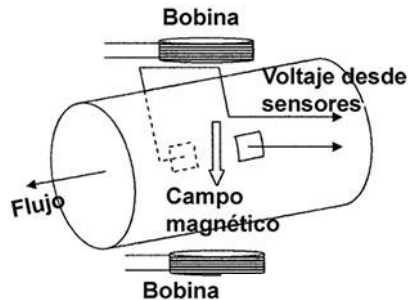


Figura I.12; Esquema medidor de flujo magnético. [12]

Sara Isabel Parra, Julio Mario Rueda, "Cells Manual De Medición De Hidrocarburos" Capítulo 5 medición Dinámica, 2 edición 2008.

Los medidores electromagnéticos o caudalímetros se utilizan solo en líquidos conductores dado a que tiene montados dos electrodos en lados opuestos de la tubería, lo cual genera un campo magnético a través de la tubería perpendicular a los electrodos, como se muestra en la Figura I.13. El líquido conductor que fluye a través de un campo magnético crea una diferencia de potencial eléctrico entre los electrodos, que se puede medir para proporcionar un caudal volumétrico. No tiene pérdida de inserción y las lecturas son independientes de las propiedades del líquido, pero es un instrumento relativamente costoso.

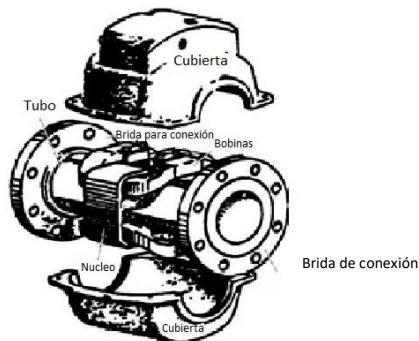


Figura I.13; Esquema medidor electromagnético. [13]

Rodolfo Savala, "Medidor Caudal Electromagnético", República Bolivariana de Venezuela Instituto Universitario Politecnico, Extension Valencia, Agosto 2013.

Se instala de la misma manera que una tubería normal y la caída de presión que produce no es mayor que la presión ejercida por una tubería recta de igual longitud. Por lo tanto, los medidores magnéticos son adecuados para medir productos químicos, lodos con sólidos en suspensión y otros líquidos que son extremadamente difíciles de medir. Su principio de medición proporciona una medición de flujo con una

señal intrínsecamente lineal para el flujo volumétrico, independientemente de la temperatura, presión, densidad, viscosidad o dirección del fluido. Su única limitación es que el líquido debe ser conductor y no magnético.

El principio de funcionamiento de los medidores de campo magnético se basa en la Ley de Faraday que establece que cuando un conductor se mueve en un campo magnético, se genera una tensión inducida, cuya amplitud es proporcional a la velocidad del conductor en su longitud y campo magnético. Cuando se energizan las bobinas electromagnéticas que rodean el tubo, se crea un campo magnético dentro del tubo.

### I.6.7 Medidor ultrasónico.

Los medidores de flujo ultrasónicos funcionan con ondas sonoras para determinar la velocidad de flujo de un líquido. Su funcionamiento es gracias a pulsos producidos por un transductor logrando que una onda se propague a lo largo del fluido alcanzando la velocidad del sonido. Este principio se utiliza de dos maneras diferentes. Por lo tanto, hay dos tipos de caudalímetros ultrasónicos.

El medidor de flujo ultrasónico mide el tiempo de viaje de las ondas ultrasónicas: este tipo de medidor ultrasónico utiliza el método de medir el tiempo de viaje de las ondas sonoras. Para su funcionamiento es necesario colocar dos transductores en una posición opuesta entre sí, logrando que la onda de sonido que viaja entre ellos forme un ángulo de  $5^\circ$  con la dirección del flujo en el tubo, (Figura I.14.).

Velocidad de sonido del flujo del transductor de aguas arriba (A) al transductor de aguas abajo (B) representa la velocidad inherente del sonido en el fluido, más una contribución parcial debida a la velocidad del fluido. Asimismo, la velocidad medida en la dirección opuesta de (B) hacia (A) representa la velocidad inherente del sonido en el líquido menos la contribución debida a la velocidad del fluido. La diferencia entre estos dos valores se determina electrónicamente y representa la velocidad del fluido, que es proporcional al caudal del mismo líquido.

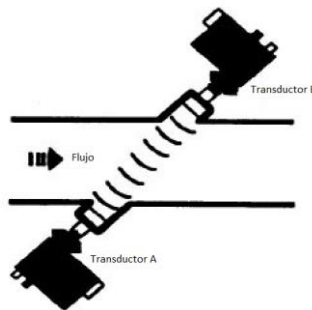


Figura I.14; Esquema medidor de flujo tipo ultrasónico. [14]

Jorge Ramírez-Beltrán, "Esquema de un caudalímetro ultrasónico basado en el tiempo de tránsito". Edición Enero 2011.

Los transductores se pueden integrar en un tramo recto de tubería o se pueden colocar externamente en una tubería existente. Este tipo de medidor se utiliza principalmente en líquidos limpios porque se recomienda que el líquido esté libre de partículas que puedan provocar la dispersión de las ondas sonoras. La precisión de estos medidores es de 1% a 5% de caudal. Las burbujas de aire o las turbulencias en el flujo de fluido, causadas por accesorios o conexiones aguas arriba, pueden difundir las ondas sonoras y causar imprecisiones en la medición.

### Medidor ultrasónico tipo Doppler

Este tipo de medidor también usa dos sondas. En este caso, se montan en el mismo compartimento en un lado de la tubería, como se muestra en la figura I.15. Una onda ultrasónica de frecuencia constante se transmite al líquido a través de uno de los elementos. Las partículas sólidas o burbujas presentes en el líquido reflejan las ondas sonoras de regreso al elemento receptor.

El principio Doppler establece que se produce un cambio en la frecuencia o longitud de onda cuando hay un movimiento relativo entre el transmisor y el receptor. Los contadores Doppler tienden a comprimir el sonido en longitudes de onda más cortas (frecuencias más altas) debido al movimiento relativo de las partículas suspendidas en el líquido. Esta nueva frecuencia se mide en el elemento receptor y se compara electrónicamente con la frecuencia de transmisión.

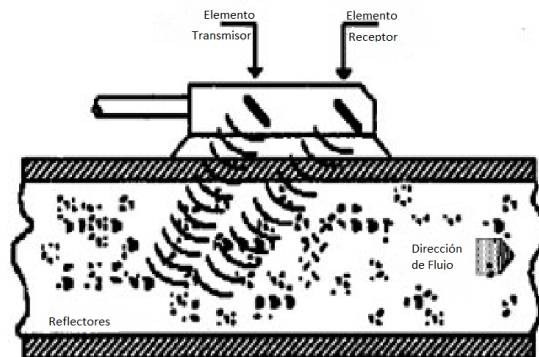


Figura I.15; Esquema medidor de flujo ultrasónico tipo Doppler. [15]

Vapor para la industria, "Uso De Ultrasonidos Para Medir Caudales En Tuberías En Sistemas De Vapor", Febrero 12, 2020 [Online]. Disponible en: <https://vaporparalaindustria.com/uso-de-ultrasonidos-para-medir-caudales-en-tuberias-en-sistemas-de-vapor/> [Consultado Febrero 2022]

El cambio de frecuencia es proporcional a la velocidad del flujo en el tubo. Estos medidores no se utilizan normalmente en líquidos limpios porque debe haber una cantidad mínima de partículas de gas o burbujas de aire en la corriente de líquido. Los contadores Doppler convencionales requieren hasta 25 ppm de sólidos en suspensión en la corriente líquida o burbujas de al menos 30 micrones de tamaño. La precisión de estos contadores suele ser 2 % al 5% del valor medido. Debido a que las ondas ultrasónicas pierden

energía al atravesar la pared de la tubería, estos medidores no deben usarse con materiales como el hormigón que impiden que las ondas viajen a través de la pared de la tubería.

## **I.6.8 Medidores más utilizados en la industria petrolera**

La alta variedad de medidores de flujo hace que sea difícil elegir cual usar. Cada uno tiene sus ventajas y desventajas.

Hay diferentes tipos de medidores de flujo, son:

- Medidores de presión diferencial
- Medidores de desplazamiento positivo
- Medidores Ultrasónicos
- Medidores Vortex
- Medidores Coriolis
- Medidores Electromagnéticos
- Medidores de área variable
- Medidores de turbina

Los medidores de presión diferencial son usados principalmente para aplicaciones con filtros, para intercambiadores de calor, dispositivos de prevención de flujo, en tuberías y ductos. Estos tampoco tienen partes móviles así que necesitan un mantenimiento mínimo.

Los medidores de desplazamiento positivo estos son elegidos por su precisión al medir, la manera que tienen repetibilidad y grandes relaciones de reducción.

Medidores ultrasónicos, estos son muy precisos por lo que son elegidos mayormente, además requieren un mantenimiento mínimo y su costo es muy bajo. La instalación es muy sencilla, así que no se necesita cortar la tubería ni cortar el servicio.

Los Medidores Vortex tienen una gran cantidad de rango, repetibilidad y alta precisión en la medición de los líquidos y gases, además de una larga vida útil.

Los tipos Coriolis han sido reconocidos por su gran precisión, su instalación facilitada y su habilidad de medir grandes cantidades de flujo másico y densidad.

Los Medidores electromagnéticos al no tener partes móviles, son viables para aplicaciones en aguas residuales o algún líquido sucio conductor o a base de agua. Tienen mantenimiento mínimo, una reducción amplia y soportan líquidos químicos corrosivos.

Los medidores de área variable principalmente tienen un costo bajo, su facilidad de operar y mantener los hacen viables.

Los tipos Turbina miden de manera muy confiable la velocidad de líquidos, gases y vapores debido a su alto rango de precisión a un costo bajo. Su estructura de medidor es duradera y su repetibilidad es notable cuando hay un amplio rango de temperaturas y presiones.



## Capítulo II. Tipos de transporte para hidrocarburos.

### II.1 Ducto.

El desarrollo industrial de la humanidad ha dado lugar a la necesidad de transportar tanto personas, como materiales, productos y líquidos.

Al analizar el costo y la eficiencia energética de diferentes formas de transporte de líquidos, se encontró que el mayor beneficio provenía del transporte de líquidos por tubería. Hace varios siglos, los acueductos se utilizaron por primera vez para transportar agua de ríos y lagos a las ciudades, lo que representa una forma eficiente de tener un suministro constante.

A mediados del siglo XIX, con el inicio de la extracción comercial de hidrocarburos, se tendieron las primeras líneas para transportar gas y petróleo a Estados Unidos. En 1879, se colocó una tubería de 109 millas de largo y 6 pulgadas de diámetro.

Al inicio, las líneas se construyeron con tubos roscados que fueron conectados por trabajadores con abrazaderas gigantes. No fue hasta la segunda década del siglo XX que la soldadura comenzó a utilizarse como método de construcción común. La soldadura con oxiacetileno apareció por primera vez, pero fue rápidamente reemplazada por la soldadura eléctrica.

A principios del siglo XXI, los desafíos del transporte de hidrocarburos por ductos se han incrementado, a medida que las políticas de seguridad y protección ambiental se han vuelto cada vez más estrictas, además de reducir costos en áreas remotas y entornos hostiles. Cada elemento de diseño debe considerarse cuidadosamente y maximizar la eficiencia de las líneas.

#### II.1.1 Tipos de ductos.

Las tuberías cumplen varias funciones esenciales: un diámetro pequeño, longitudes limitadas que se utilizan para conectar pozos individuales a instalaciones de almacenamiento y procesamiento, otras se utilizan en el sector de campos de producción para bombear fluidos y mejorar la recuperación. Desde las instalaciones de procesamiento primario, procesamiento y almacenamiento hay líneas de recolección de mayor diámetro conectadas a líneas de transmisión y distribución, que son sistemas de tuberías de gran diámetro y longitud que transportan petróleo crudo y petróleo desde las áreas de producción hasta las refinerías y los centros de ventas.

### **Líneas de recolección de gas.**

Esto permite el uso de tubos de acero de menor peso y costo. Su diámetro también es pequeño, por lo general varía de 2 a 5 pulgadas. Fluyen a través de válvulas llamadas manifold que funcionan como retroceso del fluido si se detecta una caída de presión brusca. Estos se conectan a los pozos desde el cabezal del pozo hasta las baterías de separación o los sistemas de transporte y no pueden extenderse después de la primera planta de procesamiento. Las presiones de operación, como se indicó anteriormente, son más altas que las de las líneas de petróleo, oscilando entre unos pocos cientos de libras por pulgada cuadrada y 2000 libras por pulgada cuadrada o un poco más cuando el gas se transporta a las plantas de tratamiento. Manejo de alta presión, debido a la sobrepresión puede ser usado en la planta para el suministro de equipos o para procesos de enfriamiento.

### **Líneas de transmisión y distribución de gas.**

El gas limpio y seco sale de la planta de tratamiento con dirección a las líneas de distribución para llegar posteriormente a las terminales de venta. Estas líneas pueden cubrir distancias muy largas, extendiéndose cientos de miles de kilómetros.

Las líneas de gas están hechas de acero y están enterradas debajo de la superficie. Los segmentos de tubería individuales se sueldan entre sí y se recubren para evitar la corrosión sus diámetros van desde unas pocas pulgadas hasta 60 pulgadas de diámetro. La operación de un sistema de distribución de gas que incluye muchos kilómetros de tuberías, estaciones de compresión y otras instalaciones presenta un desafío complejo para controlar y administrar el flujo a presiones operativas óptimas.

### **Ductos para flujo de líquido.**

Las líneas de petróleo desde los pozos hasta las unidades de procesamiento o almacenamiento son típicamente tuberías que operan a presiones relativamente bajas y tienen de 2 a 4 pulgadas de diámetro.

El tamaño varía según la capacidad del pozo, la longitud de la línea y la presión que genera el pozo. Estas cadenas suelen funcionar a presiones inferiores a 100 libras por pulgada cuadrada y su capacidad de carga de estas tuberías varía según el costo de los pozos conectados a ellas, desde unos pocos barriles hasta varios miles, por lo que la previsión en el diseño es fundamental. Normalmente, la energía del tanque de almacenamiento hace circular el petróleo a través de las líneas de flujo pero cuando esto no es suficiente,

es necesario utilizar una bomba para llevar el líquido del pozo a su destino final. Los depósitos de los que se descargan son generalmente tanques de almacenamiento. Antes de llegar al depósito, el líquido pasa por varias etapas de separación. Las rutas cuentan con equipos de medición para conocer el aporte individual de cada pozo. El material con el que están contruidos es casi siempre acero, aunque para algunas aplicaciones se utilizan tubos de plástico y las diferentes partes se unen mediante soldadura o roscado. En términos de peso de la sección, es bajo debido a la baja presión que se maneja, por ejemplo, el grosor de la pared de la tubería de 3 pulgadas de diámetro es de solo 0.216 pulgadas, lo que da un peso de 7.58 libras por pie de tubería. Dependiendo de la corrosividad del crudo tratado, las tuberías pueden revestirse internamente para evitar la corrosión, incluso si están enterradas debajo de la superficie, están revestidas externamente.

### **Líneas de recolección de aceite.**

Las líneas de recolección de petróleo se utilizan para transportarlo desde las instalaciones de procesamiento y almacenamiento del campo hasta las instalaciones de almacenamiento más grandes. Por lo general, estos incluyen tuberías de entre 4 y 8 pulgadas de diámetro y su tamaño depende de varios factores, como la cantidad de petróleo crudo que se transporta y la longitud de la tubería.

### **Líneas de transporte y distribución de crudo.**

Se trata de sistemas de ductos de gran diámetro que abarcan largas distancias para transportar petróleo crudo a terminales de venta y refinerías. La red cubre una amplia gama de tamaños y capacidades de tubería. Se requieren bombas al inicio de la línea y varias estaciones de bombeo están ubicadas a lo largo de la red para mantener la presión al nivel necesario para superar la fricción, los cambios de elevación y otras pérdidas. Por lo general, se instalan bajo tierra cubiertos en el exterior para evitar la corrosión. Están dimensionados para la masa esperada y generalmente operan a presiones de operación más altas que una línea de recolección. Están fabricados en acero y ensamblados mediante soldadura.

### **Ductos para flujo bifásico.**

En la mayoría de los casos se utiliza para transportar hidrocarburos en una sola fase, en forma líquida en oleoductos, o en forma gaseosa por gasoductos, pero al transportar de forma conjunta líquido y gas

puede causar problemas de cavitación en la bomba, y la presencia de líquido en las líneas de aire daña la compresión de la máquina y reduce su rendimiento. Sin embargo, hay ocasiones en las que los líquidos y los gases se transportan en la misma tubería, lo que es particularmente el caso cuando el flujo es directo del pozo y la producción debe dirigirse a las instalaciones de separación. El principal problema que surge en el proceso de flujo bifásico radica en los diferentes modos de flujo posibles, el más peligroso de los cuales es el flujo en baches, que requiere la gestión de equipos especiales. La caída de presión debido a cada modo es diferente, y es difícil predecir exactamente qué régimen de flujo ocurrirá y dónde en ciertas condiciones de operación, ya que cualquier ligera variación en la presión también puede causar un cambio en el régimen de flujo, lo que afectará en gran medida la eficiencia del mismo.

### **Ductos para transportar productos derivados.**

Incluye el transporte de productos crudos refinados como gasolina de todo tipo, ya sea jet fuel para aeronaves, Diesel y petróleo. Las mezclas de hidrocarburos también se transportan a veces a un punto en el que se separan para vender por separado butano, etano, etc. La mayoría de las veces se usa la misma tubería para transportar diferentes productos, esto se hace parcheando, no usando una barrera física entre los productos, pero la diferencia de densidad puede ser responsable de mantenerlos separados. Esto requiere métodos de control y diseño complejos.

### **Ductos para flujo de gas natural licuado.**

En el caso del gas natural licuado se enfría y comprime en una planta de licuefacción a las condiciones de presión y temperatura para que se encuentre en forma líquida. Entre las ventajas de este proceso se tiene que la densidad del gas licuado en estado líquido es mucho mayor que en estado gaseoso, esto nos genera la posibilidad de transportar grandes cantidades de gas licuado en tuberías cuyo diámetro sea relativamente bajo. Por otra parte, la limitación es que el gas debe mantenerse a una temperatura baja para que permanezca líquido durante todo el trayecto, lo que requiere un aditamento especial en el ducto y a su vez es recomendable tener estaciones de enfriamiento.

## II.1.2 Fabricación de ductos.

La fabricación de los diferentes tipos de ductos es un tema importante, debido a factores como resistencia, costo, temperatura, presión y agentes corrosivos internos y externos a los que serán sometidos a lo largo de su vida útil. Se debe tener en cuenta su utilidad y muchos otros detalles como la facilidad para soldar. Los principales puntos para considerar a la hora de fabricar tuberías son las funciones para realizar y el coste, y dependiendo de esto, se decidirá el tipo de acero utilizado, el revestimiento aplicado y el método y tipo de soldadura utilizada. Hay una serie de técnicas de fabricación que proporcionan diferentes características al ducto. Dependiendo del método utilizado, habrá diferentes valores de resistencia, espesor de pared, resistencia a la corrosión y límites de presión y temperatura.

Muchas de las tuberías que se encuentran actualmente en producción se fabrican según las especificaciones del American Petroleum Institute (API). Las tuberías API están diseñadas para su límite elástico mínimo en libras por pulgada cuadrada. El límite elástico representa la tensión necesaria para que se produzca un alargamiento permanente en la tubería.

### Métodos de fabricación.

La forma en que se fabrican las tuberías se divide en dos categorías: método continuo y método de soldadura y estas categorías se refieren a cómo se fabrica cada pieza de tubería, no a cómo se unen. La fabricación continua o sin costura se logra perforando una varilla de acero con un mandril para crear una tubería sin discontinuidades ni juntas. Por regla general, este método proporciona una mayor resistencia y resistencia a la presión, además de permitir un mayor espesor de pared, pero por otro lado solo permite la producción de tuberías de pequeñas dimensiones.

Otro tipo de producción son los tubos soldados, que se pueden fabricar de diversas formas, que se diferencian en el número de soldaduras longitudinales y el tipo de equipo de soldadura utilizado. Una forma de producción es la soldadura de un solo extremo, que se realiza introduciendo placas de acero en caliente en varias máquinas de fundición para hacerlas redondas y huecas y haciendo que los dos extremos de la placa se unan, dejando una costura o empalme.

En pocas palabras, se puede decir que la soldadura es un proceso de unión de metales en el que se produce la aglomeración cuando se calienta a una cierta temperatura que les permite unirse entre sí. O sin la ayuda de 'metal extra'. Se aplican controles estrictos al proceso de soldadura y el soldador requiere pruebas exhaustivas y capacitación continua. Este proceso se puede realizar tanto de forma manual como automática, la mayoría de las soldaduras industriales se realizan a mano. El soldador sostiene el electrodo en su mano y lo mueve a una distancia apropiada alrededor del área a soldar. En general, diferentes

soldadores dan sucesivas pasadas requeridas para soldar la tubería, comenzando por el corte de raíz, que es el más profundo y comienza a unir, luego se realiza el pase en caliente y el final de la línea. Línea de llenado, a veces incluso a través de detalles. para afinar el trabajo. A partir de los años 60 comenzaron a desarrollar sistemas de soldadura automática, el uso de sistemas automáticos ofrece algunas ventajas como mayor velocidad y precisión, así como un menor consumo de soldadura por otro lado, por otro lado, implican costos de transporte y energía y son a veces es difícil de implementar. a lugares aislados.

También existe la soldadura en espiral, que se realiza doblando láminas de acero en forma de espiral y luego soldando donde las esquinas se unen, creando costuras. Este método tiene la ventaja de que se pueden fabricar ductos con un diámetro exterior superior a 6 pulgadas. Los hechos con el método de doble puntada tienen un diámetro exterior superior a 36 pulgadas.

La especificación API también describe dimensiones, pesos y longitudes para cada tamaño y grado, así como las tolerancias permitidas. Al fabricar tuberías, se debe prestar especial atención a la composición química del acero y se realizan pruebas de tensión, fractura, ductilidad e hidrostática para garantizar que cumplan con los requisitos de cada grado. Los tubos se fabrican con extremos planos para soldar o extremos roscados (Figura II.1.).



Figura II.1; Esquema tuberías por su tipo de fabricación. [17]

M Espinoza Ponce, "Tipos de tubos" Mayo 8, 2016, [Online]. Disponible en: <https://steemit.com/stem-espanol/@yreudy/como-leer-un-tubo-api-parte-ii-tipo-de-tubo>  
[Consultado Mayo 2022]

Se utilizan principalmente 4 métodos de soldadura:

**Soldadura por arco de metal plateado:** Un arco eléctrico genera calor al derretir un electrodo consumible y parte del metal que se va a soldar. Posteriormente el metal se enfría y endurece formando una soldadura

**Soldadura por arco sumergido:** En este proceso, el arco también proporciona calor que funde el electrodo> sin embargo, la deposición en la segunda punta es un complejo de silicato granular. El sexto se llama arco sumergido porque el arco está cubierto por líquido.

Soldadura por arco de gas: También utiliza el calor de un arco eléctrico. El arco está cubierto por un gas inerte como argón o helio. Se utiliza principalmente para soldar metales difíciles y aleaciones que pueden estar contaminadas por la atmósfera.

Soldadura por arco de gas tungsteno: El arco está cubierto por un gas inerte durante el proceso y se consume un electrodo. Este proceso es útil para soldar materiales delgados y para crear la primera pasada, el corte de raíz. Proporciona un buen control del calor y se puede utilizar para soldar sin insertos.

### **Información en la tubería.**

En cuanto a la información de que las tuberías deben estar a la vista, la siguiente debe estar marcada con

- La presión para la que fue probado, si es superior a la presión indicada en las especificaciones.
- Tamaño de la tubería [pulgadas].
- Peso de la tubería [libras por pie].
- Tratamiento térmico al que ha sido tratado.
- Grado de la tubería.
- Nombre del fabricante.
- Producción de tubos sin costura, soldadura continua, etc.

### **Materiales.**

Las tuberías están fabricadas en acero con diferentes composiciones químicas y propiedades físicas. La composición acero se modifica químicamente para proporcionar propiedades específicas que sean requeridas en cada caso particular. Para cada grado, se proporciona una lista detallada de la cantidad de cada elemento que debe contener el acero para fabricar tuberías de un grado particular. El carbono es el elemento principal de todos los aceros. La cantidad de carbono afecta la resistencia, ductilidad y otras propiedades físicas del acero. El contenido de manganeso, fósforo, azufre, vanadio y titanio también se establece en las especificaciones, aunque no todos estos ingredientes están disponibles en todos los grados, algunos se agregan solo para otorgar propiedades especiales. Por ejemplo, el contenido de manganeso requerido aumentará a medida que aumenta el contenido.

## **Recubrimiento.**

Para proteger contra la corrosión y otros efectos dañinos, los ductos se recubren interna y externamente según sea necesario. El revestimiento exterior evita el paso de corriente de la tubería y la pérdida del acero y los revestimientos internos se utilizan para mejorar las condiciones de flujo y proteger contra la corrosión causada por el propio fluido transportado. Para comprender la vida útil de la tubería de manera económica, se puede usar un recubrimiento anticorrosión externo, mientras que el recubrimiento brinda protección adicional. El esmalte de carbono es el revestimiento exterior más utilizado, aunque también se utilizan esmalte de asfalto y polietileno. Las propiedades de un buen recubrimiento son: facilidad de aplicación, buena adherencia de la tubería, alta resistencia al impacto, flexibilidad, resistencia al estrés del suelo, resistencia al flujo del recubrimiento, capacidad de resistencia al agua, resistencia eléctrica, estabilidad química y física a las bacterias del suelo, vida marina y separación de cátodos.

## **Construcción de líneas en tierra.**

La construcción de líneas debe tener una secuencia. Primero se debe diseñar la ruta y elegir la ruta adecuada en función de factores técnicos y económicos, en segundo lugar, se requiere un permiso de viaje y construcción de acuerdo con las leyes aplicables en el área, en el tercer paso la instalación está completa y se conecta a las instalaciones original y de destino. Para reducir costos y aumentar la facilidad de instalación, es importante elegir la ruta con cuidado. Pequeñas modificaciones para evitar caídas repentinas, cruces de ríos y carreteras o áreas de difícil acceso pueden marcar una gran diferencia, aunque es importante analizar detalladamente las ventajas y desventajas de cada cambio en particular.

Para determinar el camino, primero inspeccione la topografía, se recomienda tomar imágenes aéreas del sitio. Se deben tener en cuenta las diferencias topográficas, ya que tienen un efecto profundo en el diseño, ya que afectan el caudal, la capacidad y la distancia requerida para las estaciones de bombeo o compresión y, en general, el diseño de los equipos requeridos para la instalación y operación de la línea. Una vez determinada la ruta, se requiere el permiso correspondiente para todo el terreno que pasa por el ducto.

Los permisos se otorgan en función del tipo, tamaño y diámetro de las tuberías, el equipo y la mano de obra necesarios para instalarlas y el tiempo estimado para hacerlo.



## **Pasos de instalación.**

Los pasos principales en la instalación de tuberías son:

- Obtención de permisos y autorización.
- Cavar una zanja donde se ubicará la tubería.
- Formación de filas de tuberías en el campo cerca de la zanja.
- Soldadura de diferentes segmentos de tubería.
- Recubrimiento del exterior de la tubería.
- Baje la tubería a la zanja.
- Llenar la zanja.
- Compruebe la línea para asegurarse de que no haya fugas.
- Limpie y seque la línea después de la prueba y prepare la línea para su funcionamiento.

Las barredoras, vehículos pesados de mudanza y demolición, que quitan todo lo que encuentran a su paso, son de uso común. Para cavar zanjas en un suelo relativamente liso, posteriormente solo es necesario utilizar equipos pequeños, como un vehículo con un taladro pequeño; si el terreno es más difícil y la distancia es más larga, se requiere una excavadora. Las tuberías se transportan al campo en camión y se dejan caer a un lado de las vías a lo largo de la ruta para tenerlas listas al inicio del montaje.

Una vez que la línea esté equipada, la soldadura será ejecutado, ya sea usando equipo manual o usando equipo automático. El equipo de soldadura se monta en camiones o camionetas. Después de soldar, se usan abrazaderas de alineación y el método de pasador se usa comúnmente para inspeccionar la soldadura. Las máquinas dobladoras también se utilizan para ajustar la cadena a los cambios de altura. También se utiliza maquinaria especial para realizar el recubrimiento. La grúa se utiliza para bajar las líneas soldadas en la ranura que bajan lentamente hasta que están en la posición establecida.

## **II.1.3 Sistema Nacional de Gasoductos.**

El Sistema Nacional de Gasoductos consiste en un sistema de tuberías de acero por donde circula el gas natural a alta presión a lo largo de todo el territorio mexicano. Suelen construirse en trincheras de 1 a 2 metros de profundidad.

A diferencia de otras instalaciones industriales peligrosas, las tuberías no están ubicadas en un complejo industrial con dispositivos de seguridad; se despliegan en todas las tierras de terceros, entre ciudades y carreteras, o en tierras de cultivo, ríos y paisajes naturales, incluida la propiedad privada, la agricultura básica, las áreas naturales protegidas y los territorios indígenas. Como tal, en caso de una fuga de aceite, el riesgo de derrame, contaminación e incendio es extremadamente alto, con daños que van desde los 20

metros de profundidad para tuberías de diámetro pequeño, hasta más de 300 metros para tuberías de diámetro grande.

Las tuberías suelen estar enterradas; sin embargo, su construcción, monitoreo y mantenimiento requiere de grandes superficies y sin cobertura vegetal. Los diámetros de los ductos varían de 1 pulgada a más de 50 pulgadas. Se pueden encontrar casas, industrias, tiendas, escuelas, líneas eléctricas e incluso instalaciones militares.

No existe acceso a la información pública en formato abierto en el pipeline. La infraestructura está sumida en la oscuridad, defendida por el argumento de la seguridad nacional. La ubicación de las tuberías, su antigüedad, registros de mantenimiento, peligros, fugas, mal funcionamiento y entradas ilegales son, entre muchas otras características, rastreadas de manera sospechosa. Las agencias responsables solo publican agregados estadísticos o infográficos ilustrados con mapas simples del país, incluso datos de diferente tamaño o extensión entre publicaciones. Este escenario obstaculiza la defensa civil y es incapaz de cuantificar los impactos y riesgos sociales o ambientales, impide el suministro de información previa a las consultas públicas y, sin duda, constituye un obstáculo para la participación ciudadana.

### **Principales complementos para ductos válvulas ARV.**

Son un acrónimo de "Válvula de recirculación automática", estas válvulas son multifunción, pero su propósito principal es siempre garantizar un flujo mínimo predeterminado a través de la bomba centrífuga. Dado que las bombas centrífugas se sobrecalientan constantemente, es importante mantener el flujo al mínimo, de lo contrario, la válvula seca se dañará permanentemente (Figura II.2.).



Figura II.2; Fotografía válvula ARV. [18]

Vorkauf, "Válvulas de recirculación automática ARV", edición 2020 [Online]. Disponible en: <https://vorkauf.es/producto/valvulas-recirculacion-automatica-arv/>  
[Consultado Mayo 2022]

## Válvula de bola.

Ésta es una válvula giratoria con forma de esfera lo que ayuda para controlar el flujo. Si la válvula está abierta, los orificios de la bola permanecen alineados con el cuerpo de succión, lo que permite que pase el contenido. Las esferas pueden estar hechas de diferentes materiales, además sus otros componentes suelen estar hechos de materiales blandos como puede ser el teflón. Dicha combinación de los materiales de fabricación significa que la válvula de bola puede funcionar a temperaturas en un amplio rango de temperaturas, usualmente se trabaja con un rango de  $-200^{\circ}\text{C}$  a  $500^{\circ}\text{C}$ . Estas válvulas de bola se utilizan principalmente para aire, gas y líquidos (Figura II.3.).



Figura II.3; Fotografía válvula tipo bola. [19]

Perfect Value, Válvulas de bola, 2017 [Online]. Disponible en: <https://perfect-valve.com/es/product/pressure-ball-valves/> [Consultado Mayo 2022]

## Válvula sellada a presión.

Por lo general, los fuelles forjados están hechos de una pared delgada de papel de aluminio en un tubo, que luego se fusiona longitudinalmente. Tradicionalmente fabricados en acero inoxidable, se suelen utilizar con diseños de válvula o esféricos, debido a su construcción interna y al movimiento axial del cuerpo de la válvula (Figura II.4.).



Figura II.4; Fotografía válvula sellada a presión. [20]

Perfect Value, "Válvulas de sello de presión", 2009 [Online]. Disponible en: <https://perfect-valve.com/es/product/pressure-seal-valves/> [Consultado Mayo 2022]

## Válvulas de presión y vacío.

Son como válvulas de alivio de vacío, son un tipo especial de válvula de alivio de presión la cual es diseñada para proteger los tanques de almacenamiento. Lo que evita acumulación de presión excesiva que podría dañar el recipiente o el sistema en donde se encuentra. Esta válvula debe usarse de acuerdo con la norma API 2000 del American Petroleum Institute para ventilar tanques atmosféricos y de baja presión (Figura II.5.).



Figura II.5; Fotografía válvula de presión y vacío. [21]

Franco Instrumentación, "Válvula alivio presión vacío", agosto 2022 [Online]. Disponible en: <https://franko.com.mx/productos/alivio-de-presion/valvula-alivio-presion-vacio/informacion-general> [Consultado Mayo 2022]

## Válvula de mariposa.

Las válvulas de mariposa se utilizan para detener, iniciar y regular el flujo están equipadas con una caja de cambios a la que se conecta el volante al eje, simplificando el funcionamiento de la válvula, pero con repercusiones en la velocidad. Deben instalarse al menos a 6 diámetros de distancia de la tubería y de cualquier otro elemento.

Deben ser livianas, las válvulas de mariposa son de gran tamaño y pueden soportar una caída de presión baja y una recuperación de alta presión (Figura II.6.).



Figura II.6; Fotografía válvula de mariposa. [22]

Genebre, "Válvulas de Mariposa", 2022 [Online]. Disponible en: <https://www.genebre.org/valvula-mariposa-tipo-lug-din-con-reductor-manual> [Consultado Mayo 2022]

## Válvula de globo.

Comúnmente utilizada para sistemas de agua de enfriamiento, transporte de fueloil y sistemas de aceite lubricante de turbinas, una válvula de globo es una válvula de acción recta que se usa para detener, iniciar y regular el flujo. Esta válvula, de uso común para los servicios de estrangulamiento y aislamiento, se ha convertido en la más popular en todo el mundo. Con una buena potencia de frenado, disponible en diferentes diseños y asientos de válvula fácilmente mecanizados. El inconveniente menor de la válvula de globo es que no funciona bien en condiciones de caída de presión alta y requiere una mayor fuerza del acelerador debajo del sillín para cerrar la válvula (Figura II.7.).



Figura II.7; Fotografía válvula de globo. [23]

Fiorella Representaciones S.A.C., "Válvula Globo Inoxidable Clase 150 Bridada", [Online]. Disponible en: <https://www.fiorellarepre.com.pe/VALVULA-GLOBO-INOXIDABLE-CF8M-%28316%29-CLASE-150-BRIDADA/856544> [Consultado Junio 2022]

## Válvula de sello de presión.

Como regla general, cuando se trabaja en plantas de energía que utilizan carbón o combustibles fósiles como fuente, se requiere una válvula de presión cerrada. La característica única de la "tapa" del sello de presión es que los sellos en el cuerpo del sello mejoran a medida que aumenta la presión interna. También es importante tener en cuenta que estas válvulas también aparecen cuando se usa un bonete empernado para sellar la válvula y la junta bajo presión. (Figura II.8.).



Figura II.8; Fotografía válvula de sello de presión. [24]

Tubos ABC, "Válvulas de Sello de Presión, Estr. do Koyama 2802 Recreio Bela Vista Suzano" [Online]. Disponible en: [https://www.tubosabc.com.br/valvulas/valvulaspressureseal/?doing\\_wp\\_cron=1678831509.6212499141693115234375](https://www.tubosabc.com.br/valvulas/valvulaspressureseal/?doing_wp_cron=1678831509.6212499141693115234375) [Consultado Junio 2022]

## Válvulas de compuerta.

Están diseñadas para iniciar o detener el flujo cuando sea necesario. Cuando están en uso, pueden estar en dos modos totalmente abiertos o por el contrario totalmente cerrados. Cuando se abre, un disco ubicado en la puerta se retira por completo lo que permite que pase el flujo. Presenta la desventaja al no poder abrirse o cerrarse de una forma rápida, además es sensible a las vibraciones cuando se encuentra abierta (Figura II.9.).



Figura II.9; Fotografía válvula de compuerta. [25]

Grainger, "Válvula de Compuerta, Clase 150, Brida" [Online]. Disponible en: <https://www.grupoalmagromur.es/las-valorulas-compuerta-elegirlas-correctamente/> [Consultado Junio 2022]

## Estaciones compresoras.

La función principal de las estaciones compresoras es transportar gas natural a través de una red de tuberías. Para ello, el gas natural se comprime en una estación de compresión asegurando que el flujo de gas natural sea continuo hasta llegar a la siguiente estación de compresión. Dependiendo de la extensión de la tubería, se determinará el número y la ubicación de las estaciones de compresión. Las estaciones de compresión pueden comprimir y luego mover gas natural con la ayuda de turbinas o motores. Las turbinas de compresión obtienen potencia utilizando una fracción del gas natural que comprimen. La turbina se utiliza para operar un compresor centrífugo que contiene un ventilador que comprime y bombea gas natural a través de un sistema de tuberías. Algunas estaciones de compresores utilizan motores eléctricos que también se utilizan para operar compresores centrífugos. Esto no requiere el uso de gas natural transportado, pero requiere una fuente de energía cercana. Las estaciones compresoras operarán a diferentes caudales, presiones y temperaturas, estas variarán según el estado del mercado de los hidrocarburos. Además de comprimir el gas natural, las estaciones de compresión suelen contener algún tipo de fluido de separación similar al que se utiliza para deshidratar el gas natural durante el procesamiento. Estos fluidos de separación aseguran que el gas natural sea más puro y que el gas se filtre generalmente antes de ser comprimido.

## Cable de fibra óptica.

Normalmente construido con polietileno negro para protección contra la intemperie y protección solar. El revestimiento exterior será de polietileno de baja, media o alta densidad según las especificaciones que requiera la operación. Si es necesario, la cubierta del cable puede ser sin llama (RC) o sin halógenos (LSZH). Se debe incluir alambre de rasgado debajo de la cubierta exterior. Se debe incluir un alambre de rasgado debajo de la tapa. Si es necesario, la cubierta está hecha de polietileno negro resistente a la intemperie. El código de nivel debe incluirse debajo de la cubierta interior. Hilo dieléctrico colocado en el núcleo del cable para protegerlo de la tensión de tracción. El tubo aflojado se teje alrededor del miembro central para formar el núcleo del cable. Un núcleo protegido por un material inflable para evitar la entrada de humedad. Si el cable lo requiere, se pueden utilizar tubos de relleno termoplásticos para el núcleo cilíndrico. Como elemento central, se utiliza un alambroón de plástico reforzado con fibra de vidrio (FRP) (Figura II.10.).

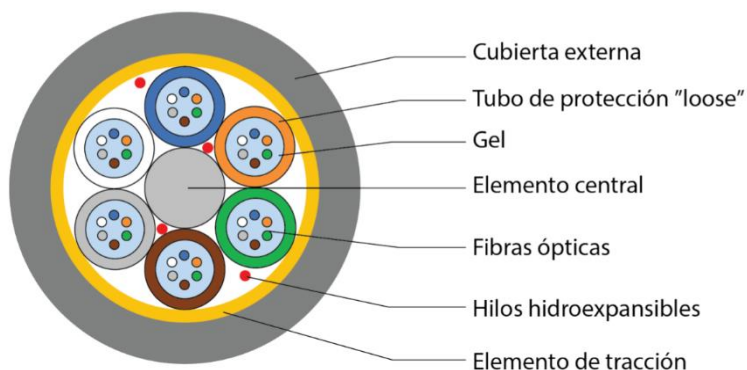


Figura II.10; Esquema cable de fibra óptica.

## Reguladores.

El transporte por tuberías puede ser extremadamente complejo, entenderlo se puede clasificar por compañía, tipo de hidrocarburo, diámetro, función realizada, condición operativa actual, etc. El análisis de categorías arroja luz sobre diferentes aspectos. En forma de diagrama, es más fácil distinguir entre una canalización de recolección y una canalización de transporte y distribución.

Las tuberías de recolección permiten la captación de los hidrocarburos que se han extraído del suelo, lo cual se realiza mediante un sistema de tuberías de evacuación que van desde la punta de cada pozo en el campo hasta las baterías de separación (NOM027SESH2010). Estos ductos se encuentran únicamente en lugares donde se extraen hidrocarburos del suelo, principalmente en las aguas del Golfo de México, en Tabasco, Tamaulipas, Nuevo León, Veracruz y Chiapas. Bajo el marco normativo vigente, solo se pueden encontrar dentro del Área de Contrato o Concesión, ya que se encuentran en la etapa de exploración y producción de hidrocarburos, por lo que están regulados por la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH) (artículo 38 de la Ley de Coordinación Organismos Reguladores de la Energía).

Luego los ductos de transmisión y distribución son los encargados de transportar hidrocarburos en múltiples etapas, entre estaciones o plantas para compresión, bombeo, tratamiento, almacenamiento y en última instancia distribución. Esto incluye ductos nacionales e internacionales, es decir, aquellos cuya capacidad está destinada a importar hidrocarburos. Estas líneas abarcan casi todas las partes del país, aunque no necesariamente interconectadas, pueden conectarse a un autotanque o a un carrotanque. Con la ampliación del sistema de gasoducto propuesta por la Secretaría de Energía (SENER) en el plan quinquenal de expansión del sistema nacional integrado de transporte y almacenamiento de gas natural 2015-2019 (“Plan 5 años gasoducto”), parece que solo en Nayarit no habrá ningún tipo de ducto.

La gestión de estos gasoductos está encomendada a la Comisión de Regulación Energética (CRE) (artículo 1 de la Ley de Coordinadores Reguladores de Energía); además, las operaciones de transporte y distribución de gas natural, de carácter público, están integradas al Sistema Nacional Integrado de Transporte y Almacenamiento de Gas Natural (SINTRAGAS), que el administrador e independientemente gestiona el Centro Nacional de Control del Gas Natural. (CENAGAS). La integración de gasoductos privados en SINTRAGAS es voluntaria (artículos 65 y 66 de la Ley de Hidrocarburos).

Para aumentar las importaciones, exportaciones y uso de gas natural en México, la reforma energética de 2013 contempla el establecimiento de un nuevo arreglo institucional para la gestión de los gasoductos públicos existentes y el aumento de la red de gasoductos del país. De esta forma, la gestión y operación de la Red Nacional de Gasoductos cambió radicalmente en enero de 2016, cuando fue transferida de manos de PEMEX Logística a la recién creada CENAGAS, una agencia sin fines de lucro. Como resultado, PEMEX ha transferido tanto la infraestructura de ductos que posee, como los contratos de uso de superficie y los derechos de propiedad que posee.

### **Detección de problemas de seguridad.**

Por razones de seguridad nacional, PEMEX, el Departamento de Energía y otras agencias reguladoras de hidrocarburos y energía niegan el acceso público a información segregada en un formato de base abierta. En contraste, una reciente ley federal creada para prevenir y sancionar las violaciones en el sector de hidrocarburos (enero de 2016) determinó en su artículo 23 que:

*La información o datos sobre el funcionamiento de las operaciones, instalaciones, actividades, movimientos del personal o vehículos de asignatarios, contratistas o permisionarios [...] será considerada información de Seguridad Nacional en términos de la Ley en la materia.*

Esto significa que la autoridad responsable niega sistemáticamente la información separada sobre la infraestructura de hidrocarburos con el argumento de que es probable que se produzcan daños específicos y actuales. Posteriormente se convocó al Instituto Federal de Acceso a la Información y Protección de Datos (IFAI, 2014), para determinar en la resolución de un recurso de apelación considerando que:



*La divulgación de la ubicación y características de la infraestructura con que cuenta PEMEX ocasionaría una potencial amenaza y perjuicio a la seguridad nacional, además de causar un serio perjuicio a las actividades de prevención de delitos, al proporcionar datos mediante los cuales puede obtenerse la ubicación geográfica exacta y características específicas de la red de ductos de PEMEX y sus organismos subsidiarios, así como de sus instalaciones y de los diversos tipos de productos transportados, mismos que podrían ser atacados con explosivos, vehículos e, incluso, ser objeto de acciones hostiles y delitos como el robo, la extorsión y demás hechos ilícitos.*

Este secreto sobre la información territorial de la infraestructura viene con la ventaja territorial que la ley otorga a la propia industria petrolera, al catalogarla para un bien público (artículo 28 de la Constitución). Ley), en interés de la sociedad y el orden público. (artículo 96 de la Ley de Hidrocarburos y artículo 33 de la Ley de Organismos Reguladores Coordinados de Energía). Así, a pesar de que la ley de hidrocarburos establece que las actividades de exploración y extracción "prevalecerán sobre cualquier otra actividad relacionada con el uso de la superficie o del subsuelo que afecten, disfruten" y, para tal efecto, "constituyan medidas de facilidad jurídica", o profesión o cesión superficial" (artículo 96, ley de hidrocarburos), resulta ser una sociedad, ni siquiera podemos saber dónde se desarrollan estas actividades porque es información confidencial.

Así, consultando una variedad de fuentes públicas, se puede trazar este mapa a pesar de la persistente negación del acceso a la información pública en un formato abierto. Se consultaron las licitaciones públicas del ducto CFE, disponibles públicamente en Internet, que incluyen líneas vectoriales georreferenciadas, listado de coordenadas y mapa topográfico para determinar la ubicación, líneas del gasoducto, dimensiones y características con absoluta precisión. Estas son las mismas cosas que forman parte de un plan de gasoducto de cinco años con coordenadas o líneas específicas que SENER niega que sean una amenaza para la seguridad nacional. Asimismo, se consultó la base de las convocatorias organizadas por PEMEX, incluyendo planos detallados y mapas de la ubicación de la infraestructura solicitada, así como todas las instalaciones de la infraestructura circundante. Además, se consultaron las Declaraciones de Impacto Ambiental que todas las estructuras de hidrocarburos deben cumplir bajo la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), en las cuales el proponente de la estructura debe incluir un mapa y datos de contacto específicos del proyecto. plan de implementación, así como todas sus características e impactos ambientales esperados. Toda esta información es pública y está disponible en Internet o en las oficinas de la SEMARNAT.

La contradicción, por tanto, es que, con el argumento de la seguridad nacional, el regulador energético se niega a ser transparente en el estándar de datos abiertos, información que de hecho se hace pública. En los Estados Unidos, el "Sistema Nacional de Mapeo de Oleoductos" está disponible públicamente bajo la Administración de Materiales y Oleoductos Peligrosos, parte del Departamento de Transporte de los Estados Unidos.

En Canadá, la Asociación Canadiense de Gasoductos, que agrupa a empresas de este sector en el país, también cuenta con un mapa en línea a disposición del público sobre la ubicación y características de los gasoductos.

En México no es posible tener un mapa oficial del oleoducto, por lo que la Carto-Crítica y la Fundación Heinrich Böll dieron a conocer el siguiente mapa, que es la primera descripción de esta infraestructura en el país (Figura II.11.).



Figura II.11; Mapa de localización de los ductos de México. [26]

Gobierno de México, Mapa "Infraestructura nacional de petrolíferos" [Online]. Disponible en: <https://www.gob.mx/sener/articulos/mapa-infraestructura-nacional-de-petroliferos-31065> [Consultado Agosto 2022]

Para los fines que establece la Ley Sectorial de Hidrocarburos, se consideran los siguientes tipos de ductos:

1. Ductos de alta presión: tipos presurizados, capacidad máxima de diseño igual o superior a 60 bar.
2. Ducto de transporte secundario: Con presión máxima de diseño de 60 a 16 bar.
3. Ductos de distribución: Ductos con presión máxima de diseño igual o menor a 16 bar y Ductos con presión máxima de diseño independientemente de la presión de diseño, con el fin de suministrar gas a un único consumidor desde el ducto de la red primaria o transporte secundario.

El principal constructor de ductos del país es Petróleos Mexicanos (PEMEX). Tiene ductos para recolectar petróleo crudo y gas de los pozos de producción, transportarlo a refinerías, plantas petroquímicas y procesadores de gas complejos, y distribuir productos finales a los centros de almacenamiento y consumidores finales.

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) también es un importante constructor de gasoductos para suministrar gas a las centrales eléctricas del país.

También existen gasoductos de empresas comercializadoras de gas natural que recorren todo el municipio, así como gasoductos construidos por y para atender a los principales usuarios industriales.

## II.1.4 PEMEX Logística.

PEMEX posee una red de ductos con una cobertura superior a los 17,000 kilómetros para la transportación de petrolíferos y petroquímicos a través del territorio nacional. La infraestructura de transporte por ductos de acceso abierto está conformada por 10 sistemas a lo largo del país, siendo los siguientes:

- Petrolíferos
  - Sistema Rosarito
  - Sistema Guaymas
  - Sistema Topolobampo
  - Sistema Norte
  - Sistema Sur-Golfo-Centro-Occidente
  - Sistema Progreso
  - Sistema de transporte de crudo Zona Sur-Golfo-Centro-Norte
  - Sistema Nacional de Gas Licuado del Petróleo (SNGLP)
  - Sistema Hobbs-Méndez
  
- Petroquímicos
  - Sistema de transporte de petroquímicos

Los productos que se transportan son:

- Crudo
- Crudo Ligero
- Gasolinas
- Diésel
- Gas
- Gas Húmedo sin procesar
- Gas Licuado de Petróleo
- Gas Natural
- Gasóleo
- Condensados
- Petroquímicos

Dentro de los sistemas de transporte de petrolíferos se encuentran:

## Sistema Rosarito.

El Sistema Rosarito (Figura II.12.) cuenta con una longitud de 223.17 km, está integrado por dos ductos desagregados: 1) Poliducto 10"-8" Rosarito -Mexicali de 148.39 km, transporta gasolina y diésel) Poliducto 10" Rosarito –Ensenada de 74.77 km, transporta gasolina y diésel.

- Ductos que lo componen
  - Poliducto 10" Rosarito-Ensenada
  - Poliducto 10-8" Rosarito-Mexicali



Figura II.12; Mapa del sistema Rosarito.

## Sistema Guaymas.

El Sistema Guaymas (Figura II.13.) cuenta con una longitud aproximada de 249.292 km de longitud, consta de dos ductos: 1) Poliducto 8" Guaymas-Hermosillo de aproximadamente 128.952 km de extensión y 2) Poliducto de 12" Guaymas-Obregón de 120.253 km aproximadamente, ambos ductos transportan en general gasolinas y Diesel.

- Ductos que lo componen
  - Poliducto 8" Guaymas-Hermosillo
  - Poliducto 12" Guaymas-Obregón

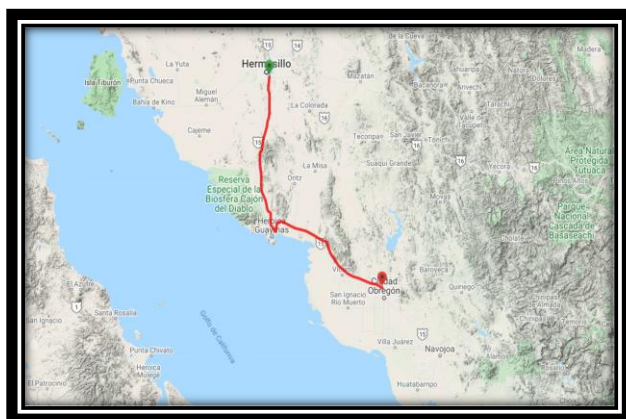


Figura II.13; Mapa del sistema Guaymas.

### Sistema Norte.

El Sistema Norte (Figura II.14.) cuenta con una longitud de 3,128.454 km, recibe los productos para ser transportados desde ocho puntos distintos de origen hacia 11 puntos de entrega ubicados en la zona norte del país.

- Ductos que lo componen
  - Poliducto 8" El Paso-Cd Juárez
  - Poliducto Bidireccional 12" Cd. Juárez-Chihuahua
  - Poliducto 8"GomezPalacio -Chihuahua
  - Poliducto Bidireccional 10" Gómez Palacio -Chihuahua
  - Poliducto 10" Satélite -Gómez Palacio
  - Poliducto 14" Satélite -Gómez Palacio
  - Poliducto 14" Satélite -Gómez Palacio (Ramal 8" Ojo Caliente-Saltillo)
  - Poliducto 10" Satélite-Monclova -Sabinas (Ducto Alterno)
  - Poliducto 18"Cadereyta-Satelite
  - Poliducto Bidireccional 12-10" Madero -Cadereyta (Sentido Madero-Cadereyta)
  - Poliducto Bidireccional 12-10" Madero -Cadereyta (Sentido Madero-Cadereyta) (Ramal a Victoria)
  - Poliducto Bidireccional 12-10" Madero -Cadereyta (Sentido Cadereyta-Madero)
  - Poliducto Bidireccional 12-10" Cadereyta -Reynosa -Brownsville
  - Poliducto Bidireccional 12-10" Cadereyta -Reynosa -Brownsville (Ramal 8")



Figura II.14; Mapa del sistema Norte.

### Sistema Sur-Golfo-Centro-Occidente.

El sistema Sur, Golfo, Centro, Occidente es un punto importante de recolección de la parte Norte del país transporta hidrocarburos a más de 30 puntos de entrega ubicados principalmente en la Zonas Sur, Golfo, Centro y Occidente del país (Figura II.15.).

- Ductos que lo componen
  - Combustoleoducto 14" Salamanca-Irapuato
  - Combustoleoducto 18" Salina Cruz-T.M. Salina Cruz L-1
  - Combustoleoducto 18" Salina Cruz-T.M. Salina Cruz L-2
  - Diesel ducto 10" Salamanca-Irapuato
  - Diesel ducto (PX. Diesel) 24" Ref. Salina Cruz-TM Salina Cruz
  - Magnaducto 10" Salamanca-Irapuato
  - Magnaducto 24" Ref. Salina Cruz-TM Salina Cruz
  - Premium ducto 10" Ref. Salina Cruz-TAR Salina Cruz
  - Poliducto 10" Salamanca-Morelia
  - Poliducto 12" Azcapotzalco- Terminal Satélite Norte (Sn. Juan Ixh.)
  - Poliducto 12" Azcapotzalco- Terminal Satélite Oriente (Anil)
  - Poliducto 12" Azcapotzalco- Terminal Satélite Sur (B. del Muerto)
  - Poliducto 12" Minatitlán-Pajaritos
  - Poliducto 12" Tula-Azcapotzalco
  - Poliducto 16" Tula-Toluca
  - Diesel-ducto (PX. Diesel) 8" Ref. Salina Cruz-TAR Salina Cruz
  - Magnaducto 8" Ref. Salina Cruz-TAR Salina Cruz
  - Poliducto 8" Azcapotzalco-Terminal Satélite Oriente (Anil)
  - Poliducto 8" Azcapotzalco-Terminal Satélite. Sur (B. Muerto)
  - Poliducto 8" Salamanca-León

- Poliducto 8" Tula-Pachuca
- Poliducto 8" Tuxpan-Poza Rica
- Poliducto 8-6" Terminal Satélite Oriente (Anil)-Cuernavaca
- Poliducto 10" Minatitlán -Pajaritos
- Poliducto 16" Minatitlán-Ref. Salina Cruz
- Premiumducto 10" Salamanca-Irapuato
- Premiumducto 24" Ref. Salina Cruz-TM Salina Cruz
- Turbosinoducto 10" Salamanca-Irapuato
- Turbosinoducto 20" Ref. Salina Cruz-TM Salina Cruz
- Turbosinoducto 8" Azcapotzalco-ASA
- Turbosinoducto 8" Ref. Salina Cruz -TAR Salina Cruz
- Poliducto 10"-12" Salamanca-Aguascalientes-Zacatecas
- Poliducto 12" Minatitlán-Villahermosa
- Poliducto Bidireccional 12"-20"-14" Minatitlán-México
- Poliducto 16" Salamanca-Guadalajara
- Poliducto 16" Tula-Azcapotzalco
- Poliducto 16" Tula-Salamanca
- Poliducto 16"-14" Tuxpan-Tula
- Poliducto 24"-18"-16" Tuxpan-Azcapotzalco
- Poliducto 12"-14"-12" Tula-Salamanca
- Poliducto Bidireccional 12"-20"-14" Minatitlán-México



Figura II.15; Mapa del sistema Sur-Centro-Occidente.

### Sistema de Transporte de Crudos SNR.

Este sistema de transporte por ducto (Figura II.16.) se dedica al movimiento del petróleo crudo desde la interconexión en Nuevo Teapa, hacia las diversas refinéras con las que se encuentra interconectado (Salina Cruz, Tula, Salamanca, Cadereyta, Madero, Minatitlán).

- Ductos que lo componen

- Oleo Nuevo Teapa -Minatitlán 24"
- Oleo Nuevo Teapa -Minatitlán 12-18-14"
- Oleo Nuevo Teapa -Madero 24"
- Oleo Poza Rica -Salamanca 24"
- Oleo Madero -Cadereyta L-1 24"
- Oleo Madero -Cadereyta L-2 24"
- Oleoducto 48" Ref. Salina Cruz-T.M. Salina Cruz
- Oleoducto 30" Ref. Salina Cruz-T.M. Salina Cruz
- Oleo Nuevo Teapa -Madero 30"
- Oleo Nuevo Teapa -Salina Cruz 30"
- Oleo Nuevo Teapa -Salina Cruz 48"
- Oleo Nuevo Teapa -Tula -Salamanca 30-24"
- Circuito de Importación Pajaritos -Nuevo Teapa



Figura II.16; Mapa del sistema de Transporte de Crudos.

### Sistema Progreso.

El Sistema Progreso (Figura II.17.) cuenta con una longitud de 74.953 km, está integrado por dos ductos desagregados: 1) Poliducto 10" Progreso -Mérida de 37.074 km y 2) Poliducto 8" Progreso -Mérida de 37.229 km, en los cuales son transportados gasolina y diésel respectivamente.

- Ductos que lo componen
  - Poliducto 10" Progreso -Mérida
  - Poliducto 8" Progreso -Mérida



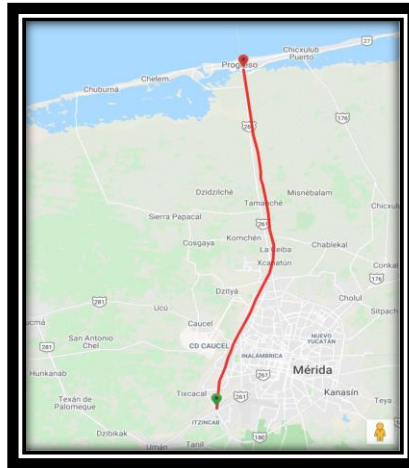


Figura II.17; Mapa del sistema Progreso.

### Sistema Hobbs-Méndez.

Atendiendo las necesidades puntuales de importación del Gas Licuado del Petróleo (Gas LP) de los clientes de PEMEX, el Sistema de transporte por ducto Hobbs-Méndez (Figura II.18.) se encuentra estratégicamente localizado en la frontera norte del país conectando al estado de Texas, una de las reservas más importantes de este hidrocarburo a nivel mundial, y al estado de Chihuahua.

- Ductos que lo componen
  - Hobbs-Méndez
  - San Isidro-Méndez



Figura II.18; Mapa del sistema Hobbs-Méndez.

## Sistema de transporte de petroquímicos.

Conecta estratégicamente al Golfo de México con el Pacífico a través de 278 39 kilómetros de longitud y una capacidad de diseño de 35 millones de barriles diarios. Está integrado por dos ductos; el primero recibe producto desde la Terminal de Almacenamiento y Servicios Portuarios Pajaritos hacia la refinería Minatitlán, en Veracruz; el segundo conecta a la refinería de Minatitlán con la de Salina Cruz, Oaxaca (Figura II.19.).

- Ductos que lo componen
  - Isobutano ducto 6" Minatitlán-Ref. Salina Cruz
  - Isobutano ducto 20"-8" Pajaritos-Minatitlán

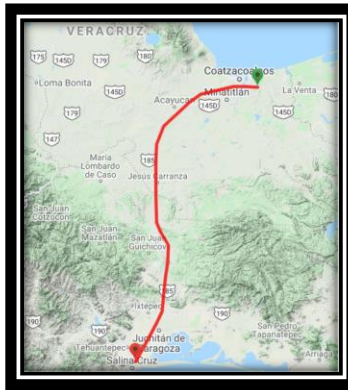


Figura II.19; Mapa del sistema de transporte de Petroquímicos.

## Terminales de Almacenamiento y Despacho (TAD)

Las TAD o Terminales de Abastecimiento y Despacho son establecimientos al cargo de Pemex logística en la cual se encargan del almacenamiento de combustibles para su posterior distribución.

El almacenamiento de hidrocarburos líquidos sigue siendo un tema abierto en la agenda de seguridad energética del país. Las reservas de México ascienden a solo tres días de reservas en caso de escasez, lejos de las proyecciones ideales de una reserva estratégica de 21 días.

Pemex Logística cuenta actualmente con 80 almacenes y terminales de distribución (TAD) a nivel nacional. Tiene una capacidad operativa de 11.971.619 barriles tanto en tierra como en el mar. Tiene una capacidad de almacenamiento nominal de 30 millones de barriles y una capacidad de entrega diaria de hasta 5,5 millones de barriles por diversos modos de transporte.

Sin embargo, México adolece de una falta de infraestructura de almacenamiento de petróleo y, por lo tanto, de un escudo de protección energética en caso de escasez de petróleo. Los expertos creen que el período ideal de almacenamiento de combustible en México debe ser de al menos 21 días. Mucho más bajo que los equivalentes norteamericanos.



Figura II.20; Mapa Terminales de Almacenamiento y Despacho.

### **Pemex Transformación industrial**

Pemex Transformación Industrial, una de las dos filiales productivas de Pemex, está integrada por las ex empresas Pemex Gas y Petroquímica Básica, Pemex Refinación y Pemex Petroquímica. [Descripción del negocio] Refinación, transformación, procesamiento, transporte, importación/exportación y comercialización de hidrocarburos (gas natural, etano), derivados del petróleo (gasolina, petróleo liviano, petróleo pesado, GLP), gas natural y productos petroquímicos (metanol, estireno) conducta. , tolueno, xileno, azufre). La empresa opera nueve instalaciones de procesamiento de gas, seis refinерías y dos instalaciones petroquímicas. En 2019, Pemex Transformación Industrial adquirió su ex subsidiaria Pemex Etileno.



Figura II.21; Esquema funciones Pemex Tri. [27]

Pemex, por el rescate de la soberanía, "Pemex Transformación Industrial ¿Qué hacemos", [Online] Disponible en: <https://www.pemex.com/nuestro-negocio/tri/paginas/default.aspx> [Consultado Mayo 2023]

## Pemex Comercio Internacional, (PMI).

La empresa es una subsidiaria de Pemex que se especializa en la comercialización, importación y exportación de petróleo crudo, petroquímicos y otros hidrocarburos líquidos, sólidos y gaseosos. Comercializando estos productos a nivel nacional y en los territorios dedicados de Pemex.

PMI, a través de sus subsidiarias, se dedica a actividades comerciales relacionadas con los mercados petroleros en más de 20 países. Por lo tanto, aún no está claro si sus actividades y negocios pasarán a formar parte de otra subsidiaria de Pemex tras su desaparición. PMI actualmente tiene siete subsidiarias, incluidas PMI Trading DAC y PMI Trading México S.A. de C.V., PMI Holdings Petróleos España S.L., PMI North America S.A. de C.V., PMI Services North America, Inc., PMI Ducto de Juárez S. de R.L. Tiene su origen en la década de 1980, cuando se decide tener una estructura societaria que fuera "por esta razón, la compañía estableció compañías privadas tanto en México como en el extranjero", aislando los riesgos al operar a través de subsidiarias totalmente incorporadas. Operaremos nuestro negocio de manera independiente".

## Pemex Petroquímica (PMI-PTQ).

Se trata de una sociedad mixta, Subsidiaria de PMI al momento de su constitución, sus actividades incluyen la comercialización, importación y exportación de todo tipo de petroquímicos y materias primas

no esenciales, así como de hidrocarburos distintos de Pemex y derivados. Los productos incluyen productos utilizados en procesos petroquímicos.



Figura II.22; Esquema de subsidiarias de PEMEX. [28]

Pemex, por el rescate de la soberanía, "Planes y negocio EPS ¿Qué son y como funcionan?", [Online] Disponible en: <http://pemexunicom.blogspot.com/2015/11/planes-y-negocios.html?view=mosaic> [Consultado Mayo 2023]

## II.2 Autotanque.

Se trata de un vehículo de combustión interna, tipo tanque el cual posee especificaciones especiales destinado su función principalmente es para el transporte de materiales y residuos peligrosos en forma líquida o gas.

En México, Petróleos Mexicanos es el organismo paraestatal encargado de desarrollar toda la cadena productiva de la industria petrolera desde la exploración hasta la distribución y comercialización de productos finales.

Los principales hidrocarburos transportados en México son gasolinas Diesel, turbosinas y combustóleo con 400.3, 273.8, 56.3 y 307.5 miles de barriles diarios generados respectivamente.

Estos hidrocarburos se encuentran en estado líquido y están clasificados como líquidos inflamables. Para su transporte, se debe colocar el cartel que identifica el contenido y riesgo del producto transportado.

## II.2.1 Principales componentes de un autotanque.

### Deposito.

El depósito (Figura II.23.) se construye a partir de cilindros y dos fondos (cascos). Los cilindros y los cascos están unidos mediante soldaduras. Su forma (Elíptica o cilíndrica) dependerá del propósito para el que fue diseñado de acuerdo con el Instituto Mexicano del Transporte (IMT), la forma geométrica más común es la elíptica con capacidad volumétrica de 20 mil litros. Son camiones con tres ejes. Para los casos de autotanques que transportan Gas LP la forma de los depósitos siempre será cilíndrica debido a que esta forma garantiza la mejor resistencia en la presión interior.

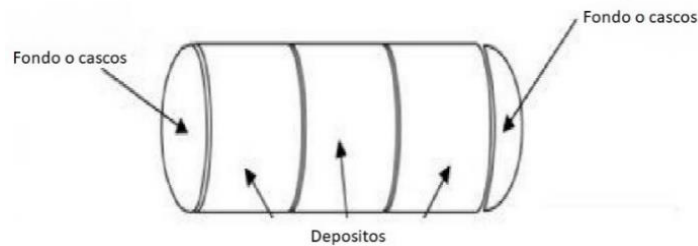


Figura II.23; Esquema depósito de un autotanque. [29]

Diario Oficial de la Federación, NORMA Oficial Mexicana de Emergencia NOM-EM-003-ASEA-2016, Especificaciones y criterios técnicos de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente para el Diseño, Construcción, Pre-Arranque, Operación y Mantenimiento de las instalaciones terrestres de Almacenamiento de Petrolíferos, excepto para Gas Licuado de Petróleo. 2da Edition, Ciudad de México 2020.

Lo autotanques se pueden encontrar como:

- Multi tanque Se divide por mamparas y tienen varias salidas de producto, además la cantidad de válvulas de volante que portará será la misma que la cantidad de compartimentos. No es necesario que se tenga la misma cantidad de salidas que de compartimentos (Figura II.24.).

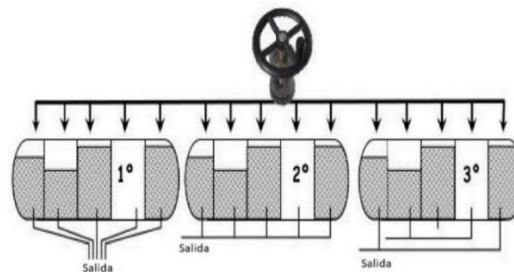


Figura II.24; Esquema autotanque con deposito múltiple.

- Un solo tanque: Se tiene una sola salida. Por lo general se encuentra en la parte posterior del tanque y debajo del mismo. Cuenta con rompeolas para evitar el desplazamiento de los líquidos (Figura II.25.).

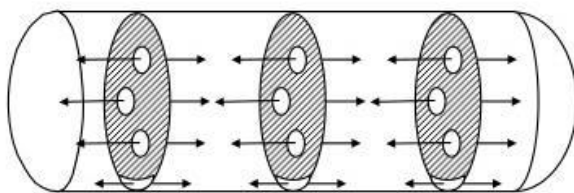


Figura II.25; Esquema autotanque con 1 deposito.

### **Carga.**

La carga que se transporta en este tipo de tanques suelen ser materiales peligrosos, combustibles o petroquímicos. Dependiendo del tipo de sustancia será la configuración del tanque y todos sus accesorios.

### **Tapa.**

La tapa o boca de hombre permite que una persona pueda ingresar al tan que para realizar diferentes operaciones como mantenimiento, reparación o limpieza del tanque (Figura II.26.).

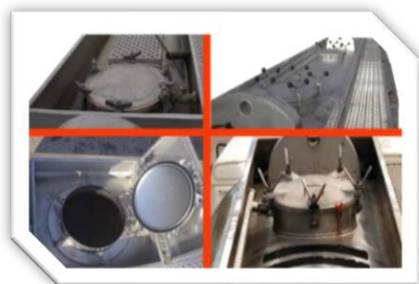


Figura II.26; Fotografía de tapa de autotanque.

### **Cubeta.**

La cubeta (Figura II.27.) se coloca con el propósito de evitar derrames por la tapa al cargar el tanque o en el transporte. Puede ser una general para todo el tanque o una para cada tapa. Se usa principalmente en autotanques que transportan líquidos.





Figura II.27; Fotografías cubeta de un autotanque.

### Válvula de descarga.

Las válvulas de descarga por lo general son de tipo volante, neumática o de palanca, aunque esta última es más común en trenes. La de volante funciona hidráulicamente y la de palanca de manera manual. La descarga del tanque comúnmente se realiza con la ayuda de dos recolectores situados en la parte inferior.



Figura II.28; Fotografía válvula de volante.



Figura II.29; Fotografía válvula de palanca.



Figura II.30; Fotografía válvula neumática.



### Válvula manual de palanca.

La válvula de fondo se abre cuando accionamos la palanca manual (Figura II.31.).

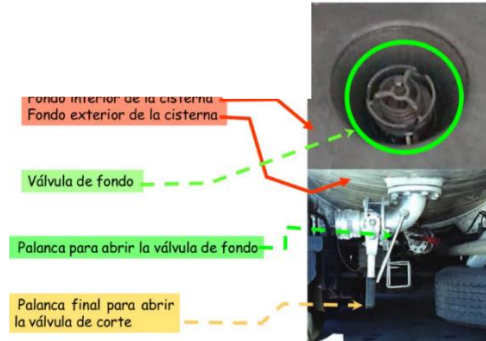


Figura II.31; Esquema partes de válvula manual de palanca de autotanque.

### Válvula manual de volante la válvula de fondo.

Si se debe de accionar la válvula de volante hay que tener en cuenta que el sentido de giro habitual es giro a la derecha – cerrar y giro a la izquierda – abrir, pero existen válvulas inglesas en las cuales el giro es a la inversa. Estas válvulas están marcadas con flechas que indican el sentido de apertura/cerradura (Figura II.32.).

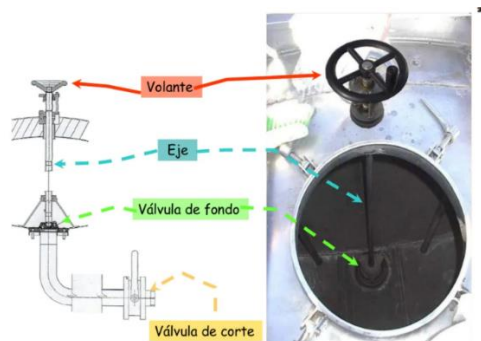


Figura II.32; Esquema válvula manual de volante de un autotanque.

Para la válvula neumática el funcionamiento es igual que en la válvula manual de palanca, pero actúa por presión de líquido o de aire. Cuando entra la presión sube el eje, abriendo la válvula de fondo (Figura II.33.).

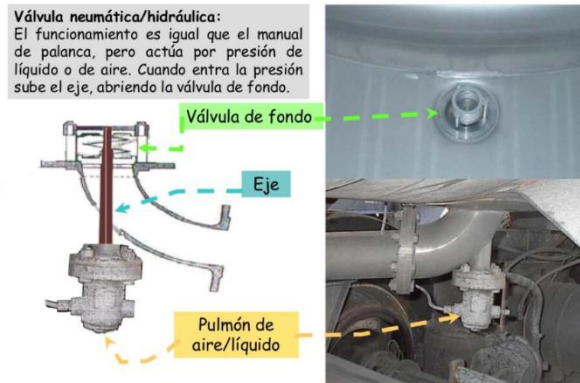


Figura II.33; Esquema válvula neumática de un autotanque.

### Colector de presión.

Se utiliza para la descarga de los productos. Se trata de una tubería de acero que conecta el colector con las tapas (bocas de hombre) en donde se inyecta aire a presión para ayudar en la descarga. El tubo se encuentra de manera lateral y paralela a la estructura del tanque. (Figura II.34.)

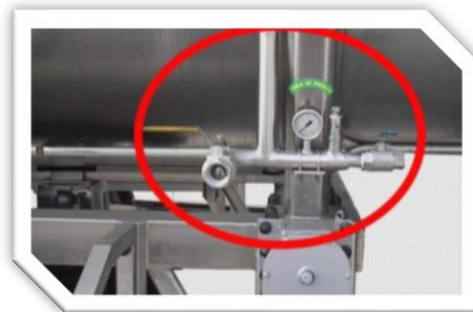


Figura II.34; Fotografía colector de presión de un autotanque.

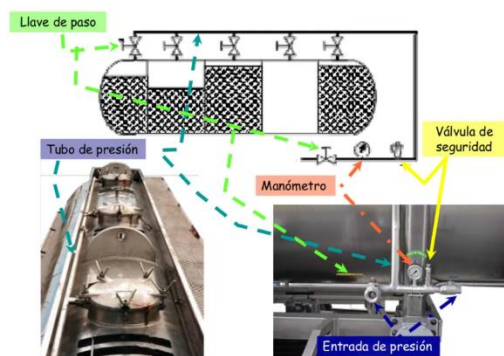


Figura II.35; Esquema funcionamiento del colector de presión.

### Protección antivuelco.

Son estructuras colocadas en la parte superior del tanque que sobresalen por encima de los demás elementos. Se colocan dos como mínimo y son principalmente para proteger la estructura del tanque en caso de volcadura (Figura II.36.).



Figura II.36; Fotografía de protección antivuelco de un autotanque.

### Sistema de aportación de calor.

Se colocan en auto tanques que transportan sustancias que requieren mantenerse a una temperatura por encima de la ambiental, que sean muy densos o se llegan a solidificar. Esto se logra gracias a un serpentín que contiene vapor de agua que va conectado al sistema de aislamiento y el tanque de gasolina (Figura II.37.).



Figura II.37; Esquema de sistema de aportación de calor.

## Toma a tierra.

Esta toma a tierra (Figura II.38.) se coloca en auto tanques que transportan materiales inflamables. Se coloca ya que en el proceso de carga y descarga se llega a generar electricidad estática debido al movimiento de los fluidos. Si no se cuenta con esa toma se conecta un cable a una piqueta clavada al suelo para llevar esa corriente a tierra.

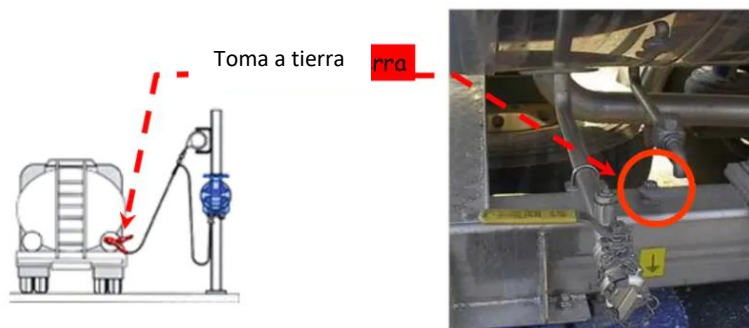


Figura II.38; Esquema toma a tierra.

## Características técnicas.

- Autotanques de combustibles líquidos
  - Capacidad: 10,000 20,000 o 30,000 litros.
  - Método de descarga: Por bomba o por gravedad.
  - Límite de carga: 90% de la capacidad.
  - Cantidad de compartimentos: 1, 4, 5 o 6.
  - Material de construcción: Aluminio de 5 mm aproximadamente.
  - Diseño de la tapa: De apertura simple o por herramientas con tamaño de 28x38 cm.
- Autotanques de Gas LP
  - Capacidad: 3,000 a 25,000 litros.
  - Método de descarga: Por bomba o por gravedad.
  - Límite de carga: 85% de la capacidad.
  - Cantidad de compartimentos: 1.
  - Material de construcción: Acero al carbono de 10 a 12 mm aproximadamente.
  - Diseño de la tapa: De tapa fija.

## II.2.2 Requerimientos de señalización.

### Sistema NFPA.

NFPA 704 (Figura II.39.) es el estándar establecido por la Asociación Nacional de Protección contra Incendios para describir los "diamantes de materiales peligrosos" utilizados para identificar peligros entre peligros. Es importante apoyar el uso seguro de los productos químicos. Se utiliza para el transporte de productos a granel empaquetados, no para almacenamiento estacionario como tanques o productos derivados del petróleo. La versión actual es la versión 2012. Las cuatro partes tienen colores relacionados con el significado. Tres partes están numeradas del 0 (sin peligro) al (peligro máximo). Y en cuanto al último apartado el de color blanco se tienen indicaciones especiales de materiales que podrían ser oxidantes, corrosivos, reactivos con el agua o radiactivos.



Figura II.39; Rombo NFPA. [30]

National Fire Protection Association, "Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response", United States of America, edition 2022

### Sistema UN/DOT/CANUTEC.

La Administración de Transporte de Materiales Peligrosos (DOT) del Departamento de Transporte de EE. UU. Regula más de 100 materiales peligrosos. Las regulaciones requieren etiquetas en contenedores pequeños y señalización en tanques y remolques. Las etiquetas y letreros indican la naturaleza peligrosa de las mercancías. Las clasificaciones utilizadas en estos letreros se basan en diferentes niveles de peligro según lo determinado por expertos de la ONU.

Los números de clase de peligro para sustancias se pueden encontrar en la esquina superior o inferior de una tabla o etiqueta.

Para facilitar la intervención en caso de accidente con materiales peligrosos, se utilizan matriculas con una codificación especial con el fin de facilitar las acciones en caso de emergencia. Este número se deriva de la tabla reglamentaria de materiales peligrosos del DOT.

Tabla II.1; Sistema de identificación de materiales peligrosos.

No. Clase Peligro Naciones Unidas	Descripción
1	Explosivos primarios 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 y 1.5
2	Gases inflamables, no inflamables y tóxicos
3	Líquidos inflamables
4	Sólidos inflamables, sustancias inflamables y sustancias que reaccionan con el agua
5	Oxidantes y peróxidos Orgánico
6	Materiales tóxicos e infecciosos
7	Materiales radiactivos
8	Materiales corrosivos
9	Otros materiales peligrosos que no pertenecen a ningún otro grupo (peligrosos) son diferentes)

## II.3 Buquetanque.

El buque tanque es una embarcación diseñada para transportar petróleo crudo, Gas licuado de Petróleo (LPG “Liquefied Petroleum Gas”) tales como propano/butano o mezcla de ambos, Gas Natural Licuado (LNG “Liquefied Natural Gas”) tales como el metano y el etano o productos refinados. A los buques tanques también se les denomina navío tanque.

Hay diferentes tamaños de buques utilizados para el transporte internacional de petróleo, desde modestos petroleros en alta mar hasta superpetroleros VLCC o ULCC. La regla general es que la masa que se puede transportar en un buquetanque aumenta la longitud del cubo. Por ejemplo, un ULCC tiene el doble de longitud que un petrolero en tierra (415 metros frente a 205 metros), pero puede transportar unas ocho veces el volumen (400 000 TPM frente a 50 000 TPM\*).

El barco más grande jamás construido fue un petrolero; el Knock Nevis de 1979 (lanzado como Seawise Giant) con 565.000 TPM, 58 metros de largo, 69 metros de ancho y 25 metros de profundidad. El barco era tan grande que ningún puerto podía albergarlo todo, por lo que se descargó mientras estaba amarrado en alta mar. En 2004, Knock Nevis se convirtió en un almacenamiento y fondeadero flotante frente a la costa de Qatar hasta 2009, cuando fue desguazado. En 2010, solo había 12 petroleros de más de 320.000 TPM. De estos, solo dos ULCC “reales” con una capacidad de alrededor de 30.000 TPM están en servicio, Europa y Oceanía, que forman parte de un grupo de cuatro barcos construidos entre 2002 y 2003. Los otros dos, África y Asia se han convertido instalaciones flotantes de almacenamiento y amarre en 2010.

Debido a su gran volumen, los buques tanque tienen una gran inercia que los hace difíciles de manejar. Un buquetanque cargado puede tardar de 8 km y 15 minutos en detenerse por completo y tiene un radio de giro de unos 2 km.

\*TPM: Tonelaje de peso muerto

### **II.3.1 Clasificación.**

En cuanto a los productos transportados, estos barcos se pueden dividir en dos categorías principales. Buque de Petróleo Crudo (Cruderos – Crude Oil Tankers) y los Buques de Productos (Livianeros “Product Tankers”).

En Crude Oil Tankers, el petróleo crudo se transportaba desde el puerto marítimo de un campo (en realidad, su lugar de origen) hasta la refinería misma o, por razones logísticas, hasta la parte superior del oleoducto. También pueden transportar derivados pesados como los Fuel-Oil, por su capacidad para calentarlos.

Los buques de productos “Product Tankers”, mayoritariamente de menor tamaño, transporta principalmente productos refinados como gasolina, diésel, queroseno, etc. El envío de estos productos puede realizarse simultáneamente y segregarse en consecuencia. Los barcos más modernos cuentan con almacenes protegidos (revestimientos) para preservar la calidad de las mercancías que se transportan.

Estos tanques ligeros son capaces de transportar productos "sucios" como el crudo o los propios derivados pesados, aunque hay que señalar que para devolver productos "limpios" es necesario realizar una limpieza a fondo. de tanques, lo que supondrá el coste y el tiempo de inmovilización del buque mientras se reconcilian sus depósitos.

#### **Buque costero.**

Es un buque diseñado para transportar o almacenar líquidos o gases en grandes cantidades. Los principales tipos de petroleros son petroleros, químicos y de gas. Los buquetanques también transportan productos como aceites vegetales, melazas y alcohol. En el Comando del Ejército y la Marina de los Estados Unidos Mexicanos, un buquetanque se usa para reabastecer de combustible a otros barcos se llama petrolero. Los petroleros se desarrollaron por primera vez a fines del siglo XIX con el desarrollo de cascos de acero y sistemas de bombeo. En 2005, había poco más de 4,000 petroleros y super-sumergibles de 10.000 LT TPM o más grandes en servicio en todo el mundo (Figura II.40.).

- Son buques con un tonelaje de hasta 16.500 TPM.
- Son de uso común en rutas costeras, cortas y/o de confinamiento, llega a medir hasta 205 [m] de eslora.
- Transportan petróleo crudo o sus derivados, por ejemplo, el Fuel Oil, ya que existe la posibilidad de calefaccionarlo.



Figura II.40; Fotografía Coastal tanker Pegasus en River Weser. [31]

Marine Traffic, "Fotografía Port Pegasus" [Online]. Disponible en:

[https://www.marinetraffic.com/es/ais/details/ships/shipid:686864/mmsi:477280900/imo:9284001/vessel:PORT\\_PEGASUS](https://www.marinetraffic.com/es/ais/details/ships/shipid:686864/mmsi:477280900/imo:9284001/vessel:PORT_PEGASUS) [Consultado Mayo 2022]

## Handy Size Tanker.

Es un término arquitectónico naval para portaaviones o pequeños petroleros que pesan hasta 50.000 toneladas, aunque no existe una definición oficial del peso exacto. Handysize también se usa a veces para referirse a capacidades de carga de hasta 60,000 toneladas, y los buques de más de 35,000 toneladas se denominan Handymax o Supramax.

Su pequeño tamaño permite que los buques Handysize entren en puertos más pequeños para la carga y, debido a que a menudo están equipados con grúas, a menudo pueden cargar y descargar mercancías en el puerto sin grúas ni sistemas de carga. En comparación con los graneleros más grandes, estos transportan una gama más amplia de mercancías. Estos incluyen productos de acero, granos, minerales metálicos, fosfatos, cemento, troncos, astillas de madera y otros productos básicos conocidos como productos "a granel". En términos de números, son el tamaño de granelero más popular, con casi 2.000 en servicio con un peso total de alrededor de 43 millones de toneladas.

Los grandes graneleros se construyen principalmente en astilleros de Japón, Corea, China, Vietnam, Filipinas e India, aunque varios otros países también son capaces de construir este tipo de buques. El granelero de tamaño práctico estándar más común en la actualidad es de aproximadamente 32.000 TPM con un calado de unos 10 metros (33 pies). Algunos tamaños manejables también están equipados con montantes para permitir que los troncos se apilen en la cubierta. Estos barcos a menudo se denominan



"registradores reales". A pesar de algunos pedidos recientes de buques nuevos, el sector de buques pequeños todavía tiene la edad promedio más alta de los principales graneleros.

Hoy en día, la mayoría de los barcos pequeños operan en las rutas comerciales de la región. Estas embarcaciones pueden llegar a puertos pequeños con eslora y calado limitados, además de carecer de infraestructura para la carga y descarga de mercancías. Se utilizan para el transporte de pequeñas mercancías a granel, a menudo embaladas en paquetes donde un individuo puede contener otro producto. Su granel seco incluye mineral de hierro, carbón, cemento, fosfatos, acero terminado, madera, fertilizantes y granos (Figura II.41.).

- Son módulos desde 25.000 TPM hasta 30.000 TPM.
- Ejemplos de áreas activas son el Caribe y la costa este de los Estados Unidos o los puertos del mar Mediterráneo y el norte de Europa.
- Podrán transportar petróleo crudo o sus derivados.



Figura II.41; Fotografía Handy Size tanker. [32]

Trade Winds, "Fotografía Handy size tanker" [Online]. Disponible en: <https://www.tradewindsnews.com/tankers/have-handysize-tankers-reached-the-end-of-the-road-in-europe> [Consultado Mayo 2022]

## PANAMAX.

El término PANAMAX se utiliza para limitar el tamaño de los barcos que pasan por el Canal de Panamá. Los límites y requisitos son publicados por la Autoridad del Canal de Panamá (ACP) en una publicación denominada "Requisitos para Buques". Los requisitos también describen temas como las restricciones especiales de la estación seca, la propulsión, las comunicaciones y el diseño detallado del barco.

Las dimensiones permitidas están limitadas por el ancho y largo de las celosías disponibles, por la profundidad del agua en el canal y por la altura del Puente de las Américas desde la construcción de este puente.

En cuantos a las especificaciones de dimensiones para los buques PANAMAX han estado vigentes desde la apertura del canal en 1914. En 2009, la ACP publicó nuevas especificaciones PANAMAX efectivas con la

inauguración de un tercer juego de esclusas en el canal, mayor que las dos llaves iniciales. el 26 de junio de 2016. Los buques que no son del tamaño de PANAMAX se denominan Post-PANAMAX o Super-PANAMAX.

La creciente popularidad de los barcos grandes es un problema para el canal, ya que el PANAMAX es un barco ajustado que requiere un control preciso del barco en las esclusas, lo que puede ocasionar tiempos de inactividad más largos y requiere que estos barcos pasen a través de la luz del día.

El PANAMAX se define principalmente por el tamaño de los compartimentos de esclusas originales del canal, cada uno de 110 pies (33.53 m) de ancho, 1,050 pies (320.04 m) de largo y 1.2 pies (12.56 m) de profundidad. La longitud utilizable de cada bahía de esclusa es de 1,000 pies (30.8 m). La profundidad del agua en los compartimentos cerrados varía, pero la menor es en el umbral sur de las esclusas de Pedro Miguel y es de 1.2 pies (12.56 m) en el lago Miraflores de 54 pies y 6 pulgadas (16.61 m).

Las dimensiones máximas permisibles para el paso de naves por el canal utilizando las esclusas original y nueva (Nueva PANAMAX) son:

Longitud total (incluyendo voladizos): 950 pies (289.56 m).

Ancho sobre la superficie exterior del revestimiento de la carcasa: 106 pies (32.31 m).

Excepción: 107 pies (32.61 m), cuando el calado es inferior a 37 pies (11.3 m) para agua dulce tropical.

New Panamax originalmente permitía un ancho de 9 m (161 pies). Ampliado a 51.25 m (168.1 pies) durante junio de 2018.

El calado máximo permitido es de 39.5 pies (12.0 m) en agua dulce tropical (TFW). La salinidad y la temperatura del agua afectan a su densidad y por tanto a la profundidad a la que flotará la embarcación en el agua. El agua dulce tropical (TFW) es agua dulce del lago Gatún, con una densidad de 0.995 g/cm<sup>3</sup>, a 29.1 °C (84°F). El límite físico está marcado por la entrada inferior (náutica) a las Esclusas de Pedro Miguel. Cuando el nivel del agua del lago Gatún es bajo durante la estación excepcionalmente seca, el nivel de agua máximo permitido puede descender. Esta restricción se anuncia con tres semanas de anticipación para que los planes de estiba puedan tomar las medidas correspondientes.

New Panamax aumentó el calado permitido a 15.2 m (9.9 pies), sin embargo, debido a la escasez de precipitaciones, la autoridad del canal limitó el calado a 43 pies cuando se instalaron las nuevas esclusas que se abrieron en junio de 2016, aumentando a pies (13.1 metros), en agosto "según los niveles actuales de agua del lago Gatún y las previsiones meteorológicas para las próximas semanas".

La altura de la embarcación está limitada a 190 pies (57.91 m) medidos desde el nivel del agua hasta el punto más alto de la embarcación; El límite también corresponde a New Panamax para cruzar el Puente de las Américas en el puerto de Balboa.

Excepción: 205 pies (62.5 m) cuando la marea baja transitable (MLWS) en Balboa.

Un buque de carga PANAMAX normalmente tiene un tonelaje de 65,000 a 80,000 TPM, pero su tonelaje máximo será de alrededor de 52,500 TPM en tránsito debido a las restricciones de calado en el canal. Los nuevos buques Panamax pueden transportar 120,000 TPM. Los buques portacontenedores Panamax pueden transportar el equivalente a 5,000 TEU (TEU); con 13,000 TEUs para buques PANAMAX (Figura ii.42.).

Excepción:

- Buques portacontenedores y de pasajeros: 965 pies (29.13 m)
- Remolcador y barcaza combinados estrechamente conectados: 900 pies (27.32 m) en total
- Otros remolcadores combinados y embarcaciones sin propulsión propia: 850 pies (259.08 m); El nuevo

Características generales

- Su tonelaje puede variar desde 55,000 TPM hasta 80,000 TPM. Es decir, tienen capacidades que van desde los 350,000 hasta los 500,000 barriles de petróleo.
- El nombre de este módulo se debe a que en origen las dimensiones de estos barcos respetan el máximo permitido para su tránsito por el Canal de Panamá (aproximadamente 27 m de largo, más de 32 m de ancho y entre 12 y calado de 13 m).
- Son barcos que transportan crudo, aunque también hay tráfico con derivados livianos (ej. Golfo Pérsico - Japón).
- En cuanto al crudo, como ejemplo de tráfico clásico podemos citar las regiones del Caribe, Mediterráneo o Nórdicos.



Figura II.42; Fotografía buque tipo PANAMAX. [33]

Javier Ochoa Provoste, "Fotografía buque Panamax" [Online]. Disponible en: <https://www.diarioconcepcion.cl/economia-y-negocios/2016/08/13/puertos-de-la-region-inician-la-era-de-los-buques-post-panamax.html> [Consultado Mayo 2022]

## AFRAMAX.

Es un petrolero con un peso de entre 80,000 y 120,000 toneladas. El término se basa en la Tasa Promedio de Calificación de Tasa (AFRA), un sistema de fijación de precios de petroleros creado por Shell Oil en 1954 para estandarizar los términos del contrato de transporte.

Debido a sus favorables dimensiones, el petrolero AFRAMAX puede servir a casi cualquier puerto del mundo. Estos buques atienden áreas que no tienen puertos grandes o terminales petroleras en alta mar para acomodar petroleros muy grandes y petroleros muy grandes. El petrolero AFRAMAX es óptimo para el transporte de crudo a corta y media distancia. Los petroleros de esta clase se utilizan principalmente en el Mar Negro, el Mar del Norte, el Mar Caribe, los Mares de China Meridional y Oriental y las cuencas del Mediterráneo. Los países exportadores que no pertenecen a la OPEP pueden requerir el uso de este tipo de embarcaciones debido a que los puertos y canales a los que exportan su petróleo son demasiado pequeños para acomodar a los SUEZMAX o petroleros de crudo más grandes pero muy altos y súper altos. (Figura ii.43.)

### Características generales

- La London Tanker Brokers lo define como modular de 79,999 TPM, aunque generalmente se acepta un rango de 75,000 TPM a 120,000 TPM, o 500,000 a 800,000 barriles de petróleo.
- Transportan crudo.
- Su tráfico normal incluye carga entre puertos ubicados en áreas como el Caribe, el Mar Mediterráneo o el Golfo Pérsico.

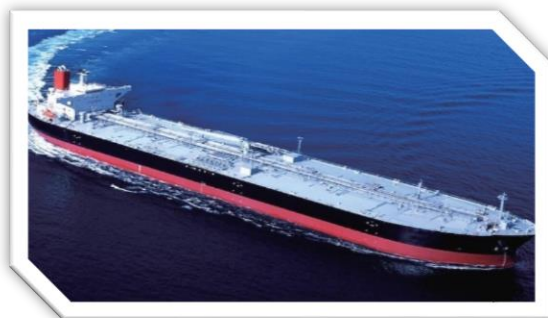


Figura II.43; Fotografía buque tipo AFRAMAX. [34]

Nautic Expo, "Buque de carga buque petrolero" [Online]. Disponible en: <https://www.nauticexpo.es/prod/hyundai-heavy-industries/product-31139-447904.html>  
[Consultado Mayo 2022]

## Suezmax.

Es un término en arquitectura naval para los buques más grandes que pueden pasar por el Canal de Suez en un estado cargado, y se usa casi exclusivamente para referirse a los petroleros. Las principales limitaciones son las vigas, el calado, la altura (debido al puente del Canal de Suez) y la longitud.

La profundidad actual del canal permite un calado máximo de 20.1 metros (66 pies), lo que significa que algunas de las embarcaciones de flotación son demasiado profundas para pasar y han tenido que cargar parte de su carga en otros trenes ("transbordo") ya sea en la terminal de un gasoducto antes de cruzarlo, o alternativamente evitando el Canal de Suez y eludiendo el Cabo Agulhas. El canal se profundizó en 2009 entre 18 y 20 metros (59 y 66 pies).

El peso típico de un buque Suezmax (Figura II.44.) es de aproximadamente 160,000 toneladas; El haz típico (ancho) es de aproximadamente 77.5 m (25.3 pies). También es de destacar el límite máximo de espacio libre, "calado", que es de 68 m (223.1 pies), desde 70 metros (230 pies) sobre el agua del puente del Canal de Suez. La Autoridad del Canal de Suez proporciona calados y calibres aceptables que están sujetos a cambios. A partir de 2010, la sección transversal del área mojada de un barco está limitada a 1,006 m<sup>2</sup>, lo que significa un calado de 20.1 metros (66 pies) para barcos cuyas vigas no excedan los 50.0 m (164.0 pies) o 12.2 metros. El calado (40 pies) para barcos con una manga máxima permitida es de 77.5 metros (25 pies).

Los buques de más de 400 metros deben obtener permiso de la Autoridad del Canal de Suez para pasar por el canal. A partir de 2020, los portacontenedores más grandes en operación tienen casi 400 metros de largo, con un ancho y calado para caber dentro de los límites del canal. En 2021 el buque "Ever Given" encalló en el Canal de Suez, bautizado como Suezmax, de 399.9 m de eslora y 58.8 m de manga.

- Sus módulos van desde 120.000 TPM hasta 200.000 TPM. Transportan entre 900.000 y 1.200.000 barriles de crudo.
- Inicialmente, su nombre se asoció con el hecho de que el módulo más pesado respeta las dimensiones máximas permitidas para transitar por el Canal de Suez. Hoy en día, por el canal pasan barcos con un tonelaje de hasta 300.000 TPM.
- Se requiere de este tipo de buques al oeste de África hasta el Caribe, al este de Estados Unidos o el norte de Europa y el Mar Negro.



Figura II.44; Fotografía Oil Tanker, The Seavigour, tipo SUEZMAX. [35]

Mayka Jimenez, "Fotografía buque Suezmax, Loginews" [Online]. Disponible en: <https://noticiaslogisticaytransporte.com/transporte/23/09/2015/nat-ha-recibido-el-buque-suezmax/55768.html> [Consultado Mayo 2022]

### Otras clasificaciones.

Los superpetroleros son el tipo más grande de petroleros y la estructura móvil más grande hecha por el hombre. Estos incluyen petroleros de crudo muy y muy grandes (VLCC y ULCC, ver arriba) con un tonelaje de más de 250,000 TPM. Estos barcos pueden transportar 2,000,000 de barriles (320,000 m<sup>3</sup>) de petróleo ó 318,000 toneladas. A modo de comparación, el Reino Unido consumió alrededor de 1.6 millones de barriles (250.000 m<sup>3</sup>) de petróleo por día en 2009. Los ULCC que entraron en servicio en la década de 1970 fueron los barcos más grandes jamás construidos, pero ahora están demolidos.

Los superpetroleros a menudo no pueden entrar en portales totalmente cargados debido a su tamaño. Estos buques pueden entregar su carga en plataformas en alta mar y puntos de amarre únicos. En el otro extremo del viaje, normalmente bombean carga a petroleros más pequeños en puntos de barcaza designados en alta mar. Los barcos súper flotantes a menudo tienen una ruta larga, lo que les obliga a permanecer en el mar durante mucho tiempo, por lo general unos 70 días a la vez.

V.L.C.C. (Very Large Crude Carrier) (Figura II.45.).

- Módulos desde 200,000 TPM hasta 320,000 TPM.
- Por su tamaño, son naves que normalmente operan en terminales costa afuera.
- Entre el transporte convencional de larga distancia, cargan crudo en el Golfo Árábigo hacia Estados Unidos o puertos de India y Asia.



Figura II.45; Fotografía Oil Tanker tipo V.L.C.C. [36]

Nautic Expo, "Buque de carga" [Online]. Pp.24. Disponible en: <https://www.nauticexpo.es/prod/daewoo-shipbuilding/product-30890-240383.html> [Consultado Mayo 2022]

U.L.C.C. (Ultra Large Crude Carrier) (Figura II.46.).

- Son utilizados cuando se requieren transportar cargas mayores a los 320,000 TPM (aproximadamente tres millones de barriles. Se encuentran con limitaciones para operar en aguas poco profundas debido a su gran tamaño.
- Como en el caso de los V.L.C.C., se utilizan habitualmente para viajes largos. Sus principales rutas de transporte se encuentran entre puertos del Golfo Árábigo y el Golfo de los Estados Unidos; así como puertos de Asia o la costa Oeste de África.



Figura II.46; Fotografía Oil Tanker tipo U.L.C.C. [37]

Nautic Expo, "Proceso de carga buque petrolero" [Online]. Pp.29. Disponible en: <https://www.nauticexpo.es/prod/daewoo-shipbuilding/product-30890-240383.html> [Consultado Mayo 2022]

Shell Oil en 1954 desarrolló el sistema de clasificación de tarifa promedio de transporte (AFRA) para buques de diferentes tamaños. Para convertirlo en un instrumento independiente, Shell consultó con la London Tanker Brokers Panel (LTBP). Inicialmente los agruparon en Propósito general para petroleros de menos de 25,000 toneladas (TPM); La clase media es para barcos entre 25,000 y 5,000 TPM y la de largo alcance es para barcos con un tonelaje superior a 5,000 TPM. Los barcos se hicieron más grandes en la década de 1970, lo que provocó un cambio de escala.

El sistema se desarrolló por motivos fiscales, ya que las autoridades fiscales querían pruebas de que los registros de pagos internos eran exactos. Antes de que la Bolsa Mercantil de Nueva York comenzara a negociar contratos de petróleo crudo en 1983, era difícil determinar el precio exacto del petróleo, que podía variar de un contrato a otro. Los buques mercantes transportan una amplia variedad de hidrocarburos líquidos, desde petróleo crudo hasta productos de petróleo refinado. Su tamaño se mide en toneladas métricas (TPM). Los petroleros de crudo se encuentran entre los más grandes, desde buques Panamax de 55 000 TPM hasta más de 40,000 petroleros extragrandes (U.L.C.C.) de TPM.

Los petroleros más pequeños, que van desde buques Panamax de menos de 10,000 TPM hasta 80,000 TPM, normalmente transportan productos de petróleo refinado y se conocen como transportadores de productos. Los petroleros más pequeños, con un tonelaje inferior a 10,000 TPM, suelen operar cerca de la costa y en vías navegables interiores (Figura II.47.).

Tabla II.2; Sistema de escalas para buquetanque.

Escala AFRA		Escala de mercado flexible	
Clase	Tamaño en TPM	Clase	Tamaño en TPM
Cisterna de uso general	10,000–24,999	Cisterna de producto	10,000–24,999
Cisterna de alcance medio	25,000–44,999	PANAMAX	25,000–44,999
LR1 (Largo Alcance 1)	45,000–79,999	AFRAMAX	45,000–79,999
LR2 (largo alcance 2)	80,000–159,999	Suezmax	80,000–159,999
VLCC (Very Large Crude Carrier)	160,00-319,999	V.L.C.C.	160,00-319,999
ULCC (transportista de crudo ultra grande)	320,000-549,999	U.L.C.C.	320,000-549,999

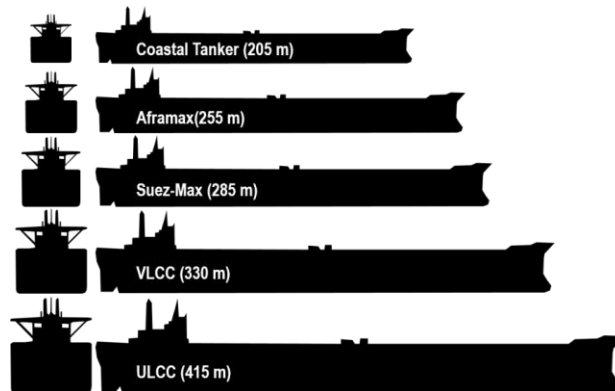


Figura II.47; Esquema de los diferentes tamaños de buquetanque. [38]

Dr. Jaime Rodrigo de Larrucea, "Seguridad Marítima en Buques Tanques Petroleros" (Oil Tankers Safety) pp.7, Tercera edición, Medellín Colombia 2017.



## Otros buques en el transporte de petróleo y gas.

Por sus características, este mercado puede ser considerado como “altamente especializado”. Estos buques se clasifican según su capacidad de acarreo y capacidad de acarreo para tráficó y tonelajes específicos.

- Químicos Este buquetanque es adecuado para transportar una amplia gama de productos petroquímicos, químicos orgánicos, químicos inorgánicos, así como aceites vegetales y animales, simultáneamente y en una variedad de tanques. Pueden ser productos tóxicos, corrosivos, tóxicos o volátiles. Debido a la diversidad de sustancias, la OMI ha establecido clasificaciones según el tipo de riesgo que pueden presentar:
  - OMI I: Sustancias muy peligrosas (los buques que las transportan tienen doble fondo)
  - OMI II: Motor medio peligroso
  - OMI III: Bajo Riesgo

Estos buques cuentan con tanques y tuberías con un recubrimiento especial de acero inoxidable que, entre otras características, les permite adaptarse a cada requerimiento.

## Combinados.

Tienen almacenes adecuados para el envío, dependiendo de su tipo,

- Mineral de hierro y petróleo crudo
- Mineral de hierro, petróleo crudo, productos secos (carbón o granos).

Por razones técnicas, ninguno de estos productos puede ser enviado simultáneamente.

- O.O. (Mineral, petróleo) Transportan mineral de hierro en un sentido y crudo, en sentido inverso o inverso. Se utilizó en el transporte de petróleo crudo desde el Golfo Pérsico hasta el norte de Europa o Brasil.
- O.B.O. (Ore, Bulk, Oil) En 1965 apareció una versión más moderna que la O.O., que podía transportar mercancías secas como carbón o granos en su inventario además de las ya mencionadas acceso, ayudando a ampliar la logística de capacidades operativas. El tamaño medio de estos buques es ahora de 200,000 TPM.

En la actualidad, debido a la naturaleza del mercado y la complejidad operativa de estos módulos, no se ha demostrado una diferencia económica perceptible con respecto a los propios “primos”, empresas petroleras, mineras o de granos.

## II.3.2 Fletamiento.

El acto de fletamiento de un buque para el transporte de mercancías se denomina fletamiento. Los petroleros se fletan bajo cuatro tipos de contratos de fletamiento: fletamiento por viaje, fletamiento por tiempo, fletamiento a casco desnudo y fletamiento por contrato. En un contrato de fletamiento, el fletador alquila un barco desde el puerto de carga hasta el puerto de descarga. En un fletamiento por tiempo, el buque se contrata por un cierto período de tiempo, para realizar los viajes designados por el fletador. En un fletamiento a casco desnudo, el fletador actúa como operador y administrador de la embarcación, asumiendo responsabilidades como la provisión de tripulación y el mantenimiento de la embarcación. Finalmente, en un contrato de fletamiento o COA, el fletador estipula el volumen total de carga a transportar durante un período específico de tiempo y en tamaños específicos, por ejemplo, se puede especificar un COA es 1 millón de barriles (160,000 m<sup>3</sup>) JP 5 en un año con un embarque de 25,000 barriles (4,000 m<sup>3</sup>).

Uno de los aspectos importantes de cualquier póliza de fletamiento es la tarifa de flete, o el precio establecido para el transporte de mercancías. Las tarifas para los fletamientos de petroleros se establecen de una de cuatro maneras: tarifa plana, tarifa por tonelada, alquiler a plazo equivalente o flete mundial. En un contrato todo incluido, se negocia un precio fijo para el transporte de un tipo particular de carga y el propietario/operador del barco es responsable de pagar todas las tarifas portuarias y otros costos de viaje. Los acuerdos de precio por tonelada se utilizan principalmente para el fletamiento de buques tanque quimiqueros y se diferencian de las tarifas fijas en que las tasas portuarias y los gastos de viaje suelen correr a cargo del fletador. Los fletamientos por tiempo que estipulan tarifas diarias, cargos portuarios y gastos de viaje también suelen ser pagados por el fletador.

La escala de tonelaje normal de petroleros de World, comúnmente conocida como Worldscale, es establecida y operada conjuntamente por la Worldscale Association de Londres y Nueva York. Worldscale establece un precio base para el envío de una tonelada de producto entre dos puertos del mundo. Durante las negociaciones de Worldscale, los operadores y transportistas determinarán los precios en función de un porcentaje de la tarifa de Worldscale. La comisión de referencia se expresa en 100 WS. Si una carta en particular se paga al 85% de la tarifa de la final mundial, se expresará en 85 WS. Del mismo modo, un contrato de fletamiento establecido al 125% de la tarifa de Worldscale se mostrará en 125 WS.

### **II.3.3 Partes principales de un buquetanque.**

#### **Estructura de los buques.**

Los buques suelen tener de 8 a 12 tanques. Cada tanque está dividido en dos o tres compartimentos independientes por deflectores delanteros y traseros. Los tanques están numerados, de los cuales el tanque uno es el más avanzado. Las bodegas individuales se nombran por el número de tanque y la ubicación de la sección transversal, como "puerto único", "tres estribos" o "seis buques de carga".

Una presa de dique es una pequeña abertura entre dos mamparos, para proteger contra el calor, fuego o impacto. Los petroleros a menudo tienen ataúdes delante y detrás de los tanques de carga y, a veces, entre tanques individuales. La sala de bombas alberga todas las bombas conectadas a la línea de carga del petrolero. Algunos camiones cisterna más grandes tienen dos salas de bombas. Una sala de bombas generalmente se extiende por toda la viga del barco.

#### **Diseño del casco.**

Un elemento importante de la arquitectura de los petroleros es el diseño del casco o estructura externa. Se dice que un buque petrolero con un solo caparazón exterior entre el producto y el océano es "un solo caparazón". La mayoría de los petroleros nuevos son de "casco doble", con espacio adicional entre el casco y los compartimentos de almacenamiento. Todos los petroleros de casco único en todo el mundo se eliminarán gradualmente para 2026 en virtud del Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973 (MARPOL). Las Naciones Unidas decidieron eliminar gradualmente los petroleros de casco único para 2010.

En 1998, el Comité Marítimo de la Academia Nacional de Ciencias realizó una encuesta de expertos de la industria sobre estas cuestiones: ventajas y desventajas del diseño de dos cuerpos. Algunas de las ventajas del diseño de doble casco ya mencionadas incluyen la facilidad de lastre en situaciones de emergencia, práctica reducida de lastre de agua salada en los tanques de carga que ayuda a reducir la corrosión, mejor protección ambiental, descarga de carga más rápida, profunda y fácil, más efectiva que el lavado, y una mejor protección en colisiones de bajo nivel y puesta a tierra.

El mismo informe enumera las siguientes desventajas del diseño de dos cascos, incluidos costos de construcción más altos, costos de operación más altos (por ejemplo, tarifas de canales y puertos más altas) y dificultades logísticas. Ventilación del lastre, el hecho de que el lastre requiere supervisión y mantenimiento, mayor cruz libre-Zona especial, más superficies a reparar, riesgo de explosión en doble

fuselaje si no se instala el sistema La detección de vapores y la limpieza del lastre de los tanques son más difíciles para los buques de dos cascos.

En general, un petrolero de doble casco es más seguro que un petrolero de casco único en caso de varada, especialmente donde la costa no es muy rocosa. Los beneficios de seguridad son menos obvios para barcos grandes y en colisiones a alta velocidad.

Aunque el diseño de doble casco es superior a los accidentes de baja energía y previene derrames de petróleo en accidentes pequeños, en accidentes de alta energía ambos cascos resultan dañados, el petróleo puede derramarse sobre los dos cascos y hacia el mar, y el petróleo puede derramarse por el doble casco. Los cascos de los petroleros pueden ser significativamente más altos que los diseños como los petroleros de cubierta media, los transportadores de huevos Coulombi e incluso los buques petroleros antes de MARPOL, porque este último tiene una columna de petróleo más baja y alcanza antes el equilibrio hidrostático.

### **Sistema de Gas inerte.**

El sistema de gas inerte del petrolero es una de las partes más importantes de su diseño. El Fuel Oil en sí mismo es difícil de encender, pero sus vapores de hidrocarburos son explosivos cuando se mezclan con el aire en ciertas concentraciones. El propósito del sistema es crear una atmósfera dentro de los tanques en la que los vapores de hidrocarburos no puedan arder. Cuando se introduce un gas inerte en una mezcla de vapores de hidrocarburo y aire, se incrementa el límite inferior de inflamabilidad o la concentración más baja a la que el vapor puede inflamarse. Al mismo tiempo, reduce el límite superior de inflamabilidad o la concentración más alta a la que el vapor puede inflamarse.

Cuando la concentración total de oxígeno en el tanque se reduce a aproximadamente el 11 %, los límites superior e inferior de inflamabilidad convergerán y el rango de inflamabilidad desaparecerá. Un sistema de gas inerte que suministra aire con una concentración de oxígeno inferior al 5% por volumen. Cuando se bombea un tanque, se llena con gas inerte y se mantiene en este estado seguro hasta el próximo llenado. La excepción son los casos en que se debe incautar el tanque de almacenamiento. La liberación segura de gas del matraz se logra desgasificando el hidrocarburo con un gas inerte hasta que la concentración de hidrocarburo en el recipiente sea inferior al 1 %. Por lo tanto, cuando el aire reemplaza al gas inerte, la concentración no puede alcanzar el límite inferior de inflamabilidad y es inofensivo.

## **Operaciones de carga.**

Las operaciones a bordo de los buques tanque se rigen por un conjunto de mejores prácticas establecidas y un amplio cuerpo de derecho internacional. La carga se puede cargar en o fuera de camiones cisterna de varias maneras. Un método es anclar el buque a lo largo del muelle, conectado a tuberías de carga o brazos de carga marítimos. Otro método es anclarse a boyas en alta mar, como un único punto de anclaje, y establecer una conexión de carga a través de tuberías de carga submarinas. El tercer método son las transferencias de barco a barco, también conocidas como barcazas. En este método, dos barcos se colocan paralelos entre sí en alta mar y el petróleo se transfiere del tanque de almacenamiento al tanque de almacenamiento a través de tuberías flexibles. La mitigación se utiliza a veces cuando un petrolero es demasiado grande para ingresar a un puerto en particular.

## **Preparación previa a la transferencia**

Antes del envío, los oficiales superiores deben desarrollar un plan de envío que detalle los detalles de la operación, como la cantidad de carga que se enviará, las cajas que se limpiarán y cómo se cambiará el lastre. El siguiente paso antes de una transferencia es una conferencia previa a la transferencia. La conferencia previa a la entrega abarcó temas como los productos que se moverán, el orden de movimiento, los nombres y cargos de las personas clave, los detalles del equipo a bordo y en tierra, los términos y condiciones, las condiciones críticas de envío, las reglamentaciones aplicables, las emergencias y la contención de derrames. procedimientos, arreglos de turnos y turnos, y procedimientos de apagado.

Una vez finalizada la conferencia, el responsable del barco y el responsable de las instalaciones en tierra revisan la lista de verificación por última vez (en los Estados Unidos, la lista de verificación se denomina Declaración de inspección o DOI). Fuera de los EE. UU., el documento se conoce como "Lista de verificación de seguridad en tierra/barco". Los elementos de la lista de verificación incluyen letreros y señales adecuadas, anclaje seguro, elección del idioma de comunicación, todas las conexiones de seguridad, equipo de emergencia preinstalado y ningún trabajo de reparación.

## **Cargando carga.**

Cargar un petrolero implica principalmente bombear carga a los tanques del buque. Cuando el aceite ingresa al tanque, de alguna manera el vapor dentro del tanque debe ser expulsado. Dependiendo de las regulaciones locales, los vapores pueden liberarse a la atmósfera o a la estación de bombeo a través de

una línea de recuperación de vapor. Los cambios de agua de lastre durante la carga también son comunes para mantener la forma adecuada.

La carga comienza lentamente a baja presión para garantizar el funcionamiento correcto del dispositivo y las conexiones seguras. En el momento en el que se logra una presión constante, se mantiene hasta terminar la fase de "llenado", que es cuando los tanques se encuentran casi llenos. El llenado es un momento muy peligroso en el manejo del aceite y el proceso se maneja con especial cuidado. Los medidores de tanque se utilizan para que la persona a cargo sepa cuánto espacio queda en el tanque, y todos los camiones cisterna tienen al menos dos métodos de medición de tanque independientes. Cuando el buquetanque está lleno de líquido, los miembros de la cuadrilla abren y cierran las válvulas para dirigir el flujo del producto y mantener un estrecho contacto con la casa de bombas para disminuir y eventualmente detener el flujo de fluido.

### **Descargando carga.**

El proceso de extracción de petróleo de un buquetanque es similar al proceso de carga, pero existen algunas diferencias fundamentales. El primer paso de esta operación es seguir los mismos procedimientos de precarga utilizados para la carga. Una vez que comienza el envío, las bombas de carga del barco se utilizan para llevar el producto a tierra. Al igual que con la carga, el proceso de transferencia comienza a baja presión para garantizar el funcionamiento adecuado del dispositivo y las conexiones seguras. Entonces se logra una presión constante y se mantiene durante la operación.

Durante el bombeo, los niveles de agua del tanque se monitorean cuidadosamente y las ubicaciones críticas, como las conexiones a las tuberías de carga del barco y las salas de bombas, se monitorean continuamente. Bajo la dirección de la persona a cargo, los miembros de la cuadrilla abren y cierran las válvulas para dirigir el flujo del producto y mantener un contacto cercano con la instalación receptora para disminuir y finalmente detener el flujo de fluido.

### **Limpieza de tanques.**

Los tanques deben limpiarse de vez en cuando por varias razones. Una de las razones es cambiar el tipo de producto que se transporta en el tanque. Además, cuando es necesario inspeccionar el tanque o realizar un mantenimiento en el interior del tanque, no solo es necesario limpiarlo sino también desgasificarlo.

En la mayoría de los petroleros, un sistema de lavado de petróleo crudo (COW) es específicamente parte del proceso de limpieza. El sistema COW hace circular parte de la carga a través de un sistema de limpieza de tanques estáticos para eliminar los depósitos de cera y betún. Los tanques que transportan menos aceite se enjuagan con agua. Una máquina automática de limpieza de tanques fija y portátil, limpia el tanque con una manguera de agua a alta presión, ampliamente utilizada. Algunos sistemas utilizan chorros de agua giratorios de alta presión para rociar agua caliente sobre todas las superficies internas del tanque. Durante la inyección, el líquido se bombea fuera del recipiente.

Después de limpiar un tanque, cada vez que esté preparado para entrar, se limpiará. La depuración se realiza inyectando gas inerte en el yacimiento hasta la expulsión de los hidrocarburos. Luego, el tanque se desgasifica, lo que generalmente se hace soplando aire fresco en el espacio con un soplador portátil o accionado por agua. La "desgasificación" aumenta el contenido de oxígeno en el tanque a 20.8 % O<sub>2</sub>. El amortiguador de gas inerte entre la atmósfera del combustible y el oxígeno asegura que nunca puedan encenderse. Personal especialmente capacitado monitorea la atmósfera en el tanque, a menudo utilizando un medidor de gas portátil para medir el porcentaje de hidrocarburos presentes. Una vez que el tanque está vacío, se puede limpiar manualmente en un proceso manual conocido como limpieza. La recolección de desechos requiere procedimientos de entrada a espacios confinados, ropa protectora, observadores de seguridad designados y posiblemente el uso de respiradores a gas.

### **Unidades Flotantes de Almacenamiento.**

Las unidades flotantes de almacenamiento y descarga (FSO, por sus siglas en inglés) son utilizadas por la industria de petróleo y gas en alta mar en todo el mundo para recibir petróleo de plataformas cercanas y almacenarlo hasta que pueda descargarse en un buque cisterna. Un sistema similar, una unidad flotante de producción, almacenamiento y descarga (FPSO), es capaz de manipular el producto a bordo. Estas unidades flotantes ayudan a reducir los costos de producción de petróleo y ofrecen movilidad, gran capacidad de almacenamiento y flexibilidad de producción.

Los FPSO y los FSO generalmente se crean a partir de petroleros retirados, pero se pueden construir a partir de cascos nuevos; Shell España utilizó por primera vez un petrolero como FPSO en agosto de 1977. Un ejemplo de un FSO que era un petrolero es el Knock Nevis. Estas unidades suelen estar ancladas al fondo marino mediante un sistema de anclaje extendido. El sistema de amarre tipo torreta se puede utilizar en áreas sujetas a condiciones climáticas severas. Este sistema de torreta permite que la unidad gire para minimizar los efectos de las olas y los vientos.

## II.4 Carrotanque.

Un carrotanque o un vagón cisterna es un tipo ferrocarril utilizado para el transporte de líquidos o gases.

Hay muchas variaciones debido a la gran variedad de líquidos y gases transportados. Los carrotanques pueden ser presurizados o no, aislados o no, y están diseñados para una o más cargas. El vehículo a presión tiene una placa de presión, accesorios completos y una caja protectora cilíndrica en la parte superior. La carga y descarga se realiza a través de la cubierta protectora.

Los carrotanques son equipos especializados. Se toman precauciones para asegurar que el contenido del tanque sea compatible con la estructura del tanque. Debido a esta especialización, los tanques son generalmente tanques de "sentido único". Otros vagones, como furgonetas, pueden recargar fácilmente otras mercancías para el viaje de regreso. Se han ensayado combinaciones de ambos tipos, como furgones con depósitos para líquidos en suspensión bajo el suelo. Si bien el vehículo ciertamente podría transportar carga de un lado a otro, el tamaño limitado de la caja hizo que esto fuera una obviedad.

Una gran parte de los vagones cisterna son propiedad de empresas a las que presta servicio el ferrocarril. Esto se puede verificar comprobando las señales de tráfico. Estas marcas siempre terminan con una X, lo que significa que el propietario no es un transportista regular.

En la industria ferroviaria, los vagones cisterna se agrupan por tipo, no por carga. Los carrotanques para servicio de alimentos se pueden cubrir con acero inoxidable, vidrio o plástico. Los carrotanques para mercancías peligrosas generalmente están hechos de diferentes grados de acero, según la carga prevista y la presión de funcionamiento o bien, estar revestidos con caucho o cubiertos con revestimientos especializados para la protección del tanque. La camisa también es más resistente para evitar que se rompa en un accidente. El tipo de vientre de ballena dio paso a vehículos AAR Plate "C" más potentes (más largos), pero de calibre estándar.

Todos los carrotanques se inspeccionan periódicamente para detectar daños y corrosión. Las válvulas de alivio de presión se prueban en todas las cargas. Los vehículos fundidos a presión se someten a pruebas de presión periódicas para garantizar la integridad del tanque.

Todos los carrotanques actualmente en servicio en América del Norte están equipados con un acoplador de dos etapas AAR Tipo E diseñado para evitar la desconexión en caso de accidente o descarrilamiento. Esto reduce el riesgo de que el acoplador perfora los carrotanques adyacentes. Sin embargo, si los vagones no descarrilan durante el descarrilamiento, el par de un vehículo descarrilado puede transmitirse a otros vagones, provocando el descarrilamiento de los vagones adyacentes.

Los carrotanques isotérmicos (que también pueden incorporar sistemas de calefacción o refrigeración) se utilizan cuando el interior debe mantenerse a una temperatura determinada. Los vagones multi-producto se embalan con dos o más cajas (compartimentos). Cada compartimento debe tener accesorios



separados. La menor capacidad y la mayor complejidad de los carrotanques de múltiples cavidades significan que representan solo un pequeño porcentaje del inventario de carrotanques.

## II.4.1 Tipos de carrotanques.

### Carrotanque DOT-111.

En el transporte ferroviario, el carrotanque DOT111, es un carrotanque de tipo no presurizado utilizado en México de forma común. Los carrotanques fabricados de acuerdo con esta norma deberán tener una sección transversal circular, una cabeza elíptica y una forma convexa. Tienen un espesor de hoja mínimo de 7/16 in (11.1 mm) y una capacidad máxima de 34,500 galones estadounidenses (131,000 L). Los tanques pueden estar hechos de acero al carbono, aleación de aluminio, acero de alta aleación o acero niquelado mediante soldadura por fusión.

El carrotanque DOT111 está construido con un diseño de umbral. Los umbrales de tracción incorporan un engranaje de tracción detrás de cada acoplador diseñado para transmitir la fuerza de arrastre longitudinal (tensión) y liberación (compresión) a lo largo del tren. Los umbrales de disparo están unidos a las piezas de acero unidas al cañón. Si el carrotanque no incorpora una plataforma intermedia que corre continuamente a lo largo del coche, los dos umbrales de tracción en cada extremo se denominan umbral corto, y el depósito ejerce tracción entre los enganches. En este caso, los refuerzos pueden extenderse por debajo del tanque entre umbrales de calado. Los refuerzos de la carrocería y sus almohadillas de refuerzo de la carrocería relacionadas están centrados en los vagones que soportarán el tanque y lo protegerán de las fuerzas laterales. La placa del pedestal central actúa como unión entre el tanque y el conjunto del pedestal (Figura II.48.).

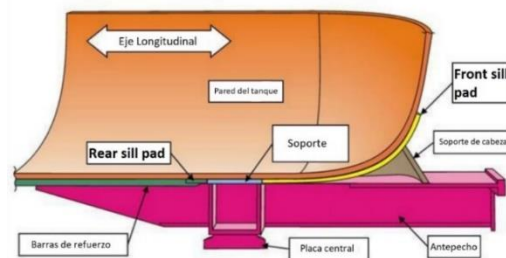


Figura II.48; Vista esquemática en corte del extremo del carrotanque que muestra los componentes principales.

Las almohadillas de refuerzo de la carrocería y las almohadillas de los umbrales de las puertas delanteras están unidas a la bañera mediante soldaduras de filete. En el borde trasero de la fascia delantera, una soldadura a tope conecta la fascia delantera con la placa de refuerzo de la carrocería y una soldadura de filete conecta la almohadilla de refuerzo de la carrocería con el bastidor del tanque. Las soldaduras de filete en el interior y el exterior del puntal superior unen el puntal superior al umbral de la puerta delantera y una soldadura de filete exterior une el puntal superior a la plataforma de remolque. En la parte trasera del refuerzo de la cabeza, el umbral está soldado al espaciador delantero, la placa de refuerzo de la carrocería y las barras de refuerzo.

Debido a que los carrotanques no tienen parte delantera ni trasera, para fines ilustrativos, los extremos de los carrotanques se designaran como "A" y "B". El extremo B del carrotanque es el extremo provisto de una perilla o palanca para ajustar manualmente el freno de mano del carrotanque. La terminal sin el freno de mano es la terminal A. Cuando se ensamblan los trenes, cada extremo de un vagón cisterna se puede colocar hacia adelante o hacia atrás. El armazón del tanque está hecho de varios anillos soldados entre sí, con seis en una configuración típica. Por convención, el anillo 1 está al final de A y si hay seis anillos, el anillo 6 está al final de B. Las arandelas de tanque se pueden soldar en una configuración de "cilindro recto" o con un "fondo inclinado" que desciende hasta la válvula de salida inferior en el centro del tanque (Figura II.49.).



Figura II.49; Diagrama de un carrotanque DOT-111.

### Carrotanques no presurizados.

Los carrotanques no presurizados (Figura II.50.) (también denominados "multipropósito" o "carrotanques de baja presión" en las Pautas de respuesta de emergencia de 2016), DOT/TC Clase-111, 115 y 117 y AAR206 y 211, se utilizan para transportar una amplia variedad de productos especificados. productos líquidos y sólidos (materiales/mercancías peligrosas) y productos no regulados. Los carrotanques no presurizados más comunes en uso hoy en día son la Clase 111 y la Clase AAR211.



Figura II.50; Fotografía carrotanque no presurizado.

Los carrotanques Clase 111 fabricados con acero al carbono o aleado (inoxidable) deben tener un espesor mínimo de carcasa de 7/16 de pulgada, mientras que los fabricados con aluminio deben tener un espesor mínimo de carcasa de 1/2 pulgada (presión de prueba del tanque de 60 psi) o 5/8 pulgadas (presión de prueba del tanque de 100 psi). Independientemente del material de construcción, un carrotanque clase 111 con una presión de prueba de 60 psi deberá tener una presión de explosión mínima de 240 psi, mientras que los vehículos con una presión de prueba de 100 psi deben tener una presión de ruptura de al menos 500 psi.

Los carrotanques de clase 117 están diseñados para transportar líquidos inflamables. Los tanques con especificación DOT/TC117A100W deben construirse con acero al carbono estándar AAR TC128 Grado B, con un espesor mínimo de 9/16 pulgadas. La presión de prueba del tanque es de 100 psi, con una presión de explosión de 500 psi. Los tanques tipo 117 deben estar equipados con un sistema de protección contra pinchazos en la cabeza del tanque que consta de escudos de altura completa de al menos 1/2 pulgada de espesor con protección térmica cubierta por una cubierta de metal de bajo perfil de al menos calibre 11 (aproximadamente 1/8 de pulgada) de espesor (aislamiento del cañón opcional). Los dispositivos reductores de presión accionados por resorte y sus accesorios superiores deben estar protegidos. Si está equipada con una puerta de descarga inferior, se debe quitar la manija de operación antes de moverla, o se debe diseñar la válvula con un sistema de protección de seguridad que evite acciones no intencionadas en situaciones de accidentes ferroviarios.

Los carrotanques Tipo 211 son similares a los carrotanques Tipo 111 y, con algunas excepciones, deben construirse según las especificaciones DOT/TC actuales. por ejemplo, un carrotanque con especificación AAR211A100W1 debe construirse con los requisitos de la especificación de carrotanques DOT111A100W1. La diferencia clave entre la especificación del carrotanque AAR y su contraparte DOT/TC es:

- El carrotanque Clase 211 requiere solo un tratamiento térmico parcial después de soldar el durante la fabricación. El carrotanque de aluminio no recibe tratamiento térmico después de la soldadura.
- Los carrotanques de acero al carbono Tipo 211 no requieren rayos X para soldaduras.
- Los accesorios adicionales/especiales para el carro AAR deben satisfacer las necesidades del usuario.

La mayoría de los carrotanques no presurizados tienen una boca de inspección baja sobre el tanque, equipada con una tapa con bisagras con espaciadores y tornillos. Esta tapa abre para carga/descarga o acceso al tanque para mantenimiento. Existen otros tipos de tapas de alcantarilla (como las de los automóviles que transportan ácido sulfúrico o ácido clorhídrico) que se fijan de forma semipermanente a la tapa de alcantarilla, se ajustan con una pequeña bisagra, se articulan y se atornillan para abrirse para operaciones de carga y descarga.

Los accesorios de carga y descarga generalmente se ubican en el área común de la boca de acceso y generalmente se alojan en una caja con bisagras conocida como caja de pan según las regulaciones del DOT, pero comúnmente conocida como caja de pan o caja de correo. Algunos carrotanques no presurizados pueden estar equipados con una carcasa similar a la que se usa en los carrotanques presurizados, lo que brinda protección adicional para válvulas y accesorios.

Todos los carrotanques Tipo 117 y algunos otros carrotanques no presurizados están equipados con una cubierta protectora, similar a la que se usa en los carrotanques presurizados, para brindar protección adicional a las válvulas y accesorios.

En los carrotanques no presurizados, el equipo de carga/descarga superior generalmente incluye una línea de rociado de líquido de 2 o 3 pulgadas (a lo largo de la línea central del tanque). La ruta del fluido consta de una válvula de fluido (u otro dispositivo de cierre) y una tubería de descarga (o sifón) que se extiende hasta el fondo del tanque. La tubería de drenaje se puede extender hasta el tanque de almacenamiento.

Otros accesorios utilizados en carrotanques son las válvulas de alivio de presión. El interior del tanque puede equiparse con un medidor de espacio libre (en el grifo de la compuerta) que indica la cantidad de espacio libre en el tanque, generalmente graduado en pulgadas de la cámara de vapor.

En los carrotanques no presurizados para ciertos servicios (por ejemplo, ácido sulfúrico), las líneas de inyección de líquido y de gas pueden no tener válvulas de control, ya que se cierran mediante un tapón de tubería con brida ciega.

Dependiendo de la proyección desde la parte inferior de la carcasa del tanque, las salidas de descarga inferiores, las bridas, los drenajes y los drenajes (denominados discontinuidades inferiores) aplicables a los carrotanques de rieles cortos pueden requerir requisitos de protección menores.

La protección generalmente se proporciona mediante la instalación de patines en la parte inferior del tanque para proteger los accesorios en caso de descarrilamiento. Algunos carrotanques no presurizados cuentan con equipo adicional para la protección de la parte superior del vehículo. Para los grados 115 y 206, se aplica aislamiento entre los tanques interior y exterior. Como regla general, la capa no debe tener menos de calibre 11 (alrededor de 1/8 de pulgada) de espesor. En cuanto al aislamiento es utilizado para regular la temperatura de las mercancías durante el transporte o para ayudar a calentar el producto para la descarga. Los carrotanques no presurizados pueden equiparse con serpentines de calentamiento con el fin de que previo a iniciar el proceso de descarga líneas de vapor, agua o aceite caliente son inyectados a la entrada y salida del serpentín. A medida que el fluido calefactor circula a través del serpentín, calienta

el líquido o funde una carga sólida, como fósforo, azufre, cera o alquitrán, para facilitar la descarga. Los tubos interior y exterior del serpentín de calefacción interior requieren un tapón o una cubierta durante el transporte. Los serpentines de calefacción externos no requieren un enchufe y el carro debe tener la etiqueta "CABLE DE AGUA EXTERIOR - NO SE NECESITA ENCHUFE PARA LA TUBERÍA DE ENTRADA". Algunos carrotanques no presurizados están equipados con calentadores resistivos en lugar de bobinas de calentamiento.

Los carrotanques no presurizados pueden dividirse en compartimentos insertando extremos elípticos en el armazón del tanque (los extremos deben empotrarse en la fila de cada compartimento) o uniendo tanques construidos por separado para formar una sola estructura de vagón.

Los compartimentos se identifican gracias a números, empezando por el extremo B (como se mencionó en la Figura II.49) como el número 1, seguido de una numeración consecutiva hasta el final de A (el extremo del vehículo sin la rueda del freno de mano). Los carrotanques sin presión Clase 115 y 206 tienen tanques internos en acero al carbono, acero aleado (inoxidable), acero al manganeso-molibdeno o aluminio. El depósito interior se apoya en la carcasa exterior del depósito, sin tapa.

El espacio anular entre las cajas interior y exterior contiene aislamiento. Estos tanques a menudo se denominan tanques dentro de los tanques, porque la estructura exterior (tanque) está estructurada de manera similar a los carrotanques; no es un simple recinto de metal que encierra un tanque aislado.

Para los carrotanques Clase 115, el tanque exterior puede estar hecho del mismo material permitido para el tanque interior y tener al menos 7/16 de pulgada de espesor.

Para los petroleros Tipo 206, el tanque exterior puede ser de acero al carbono. Puede compartimentarse, tiene una presión de prueba en el tanque de 60 psig y, además de los dispositivos de carga/descarga y alivio de presión, un drenaje inferior y/o un drenaje inferior. Generalmente, estos carrotanques se utilizan para transportar productos sensibles a la temperatura que requieren un sistema de aislamiento muy eficaz.

### **Carrotanques presurizados.**

Los carrotanques presurizados (Figura II.51.) Clase 105, 109, 112, 111 y 120 DOT/TC se utilizan para transportar aire comprimido licuado, materiales peligrosos/riesgo de inhalación peligrosa (TPI/VPI), materiales reactivos y/o material corrosivo que requiere protección adicional. No hay especificaciones para un carrotanque de presión AAR equivalente.



Figura II.51; Fotografía carro-tanque presurizado. [39]

Milagros Fajardo Montiel, "Transporte, Clasificación y Manejo de Materiales Peligrosos, VSF Industrias SA de CV." Pp. 35 primera edición, México 2009.

Los espesores varían entre 1/2 pulgada a 11/16 de pulgada para tanques de acero y 5/8 de pulgada para aluminio. Según la especificación, los acumuladores de automóviles tienen una resistencia al estallido de 500 psi a 1,500 psi.

El recipiente a presión aislado de acero o aleación (inoxidable) o aluminio Clase 105 está diseñado para carga y descarga superior. Los talleres de descarga y de fondo están prohibidos. Las presiones de prueba del tanque varían de 100 psi a 600 psi.

Estos carro-tanques pueden equiparse con sistemas antipinchazos en la parte superior del depósito (escudos) y protección térmica.

El carro-tanque a presión de aluminio o acero al carbono aislado Clase 109 está diseñado para operaciones de carga superior. Se permiten desagües inferiores; sin embargo, la descarga inferior está prohibida. La presión de prueba en el tanque está entre 100 psi y 300 psi. Hay muy pocos carro-tanques Clase 109 en operación.

Carbón o aleación (acero inoxidable) carro-tanques a presión Clase 112, con o sin aislamiento, diseñados para operaciones de carga superior. Se prohíben los desagües de fondo. Estos carro-tanques pueden equiparse con protectores térmicos y cubiertas. Las presiones de prueba del tanque varían de 200 psi a 500 psi.

Carro-tanques a presión de acero al carbono Clase 114 aislado o sin aislar o acero aleado (inoxidable) con una presión de prueba del tanque de 340 o 400 psi. Estos vehículos se pueden construir con una sección transversal que no sea circular y, con la excepción del DAP, las válvulas y los accesorios se pueden ubicar en puntos distintos a la parte superior del tanque. Los carro-tanques Clase 114 pueden equiparse con purga y desagües, pantallas y protección térmica. Los que se utilizan actualmente son los mismos que los carro-tanques Clase 112. No se han puesto en servicio carro-tanques de sección no circular. El carro-tanque Clase 120 fabricado de acero o aluminio se diseña con una presión de prueba de 100 a 500 psi. Al igual que con los carro-tanques Clase 114, las válvulas y los accesorios se pueden ubicar en la parte superior del tanque y se pueden equipar con unidades de drenaje y purga, pantallas y protección térmica.

Un fabricante de carro-tanque ha producido varios carro-tanques DOT120J200W para transportar líquidos inflamables. Estos carro-tanques son similares en apariencia a los tanques Tipo 117, excepto que la tapa de la boca de inspección con pestillo y bisagras está contenida en una caja protectora.

Estos carrotanques se operan bajo la Licencia Especial DOT. El carrotanque se identifica fácilmente por la presencia de una cubierta protectora sobre la parte superior del tanque (que no debe confundirse con el domo de expansión aplicable a los carrotanques no presurizados obsoletos).

Los accesorios de manipulación y DAP (combinación de VAP o DAP) se montan en la tapa de la boca de acceso o en la placa de presión ubicada dentro de la caja de protección. Algunos carrotanques para servicio de gas refrigerante o algunos servicios corrosivos pueden tener tapas de desagüe inferior, desagüe y alcantarilla que están articuladas y atornilladas a la carcasa del domo.

La principal diferencia entre tanques presurizados y no presurizados es que los carrotanques presurizados pueden cargarse o descargarse mediante un sistema abierto, pero carrotanques presurizados se cargan y descargan mediante un sistema cerrado; es decir, el tanque no debe estar abierto a la atmósfera durante este proceso. La tapa de la boca de inspección o la placa de presión solo se pueden quitar para dar servicio al en las instalaciones de reparación de carrotanques.

Aunque es poco común, los carrotanques de acumuladores pueden estar equipados con un sistema de serpentín de calentamiento.

Las válvulas de las líneas de conducción de líquido y vapor suelen llamarse válvulas angulares (debido a que el producto fluye por la válvula en ángulo recto al flujo por la línea de vaciado).

Algunos carrotanques presurizados están equipados con válvulas de bola diseñadas para el paso de flujo de forma vertical del producto.

Dependiendo la necesidad requerida durante el servicio del carrotanque, los siguientes accesorios adicionales se pueden ser montados:

- Línea de muestreo: se puede utilizar para tomar muestras de la carga del tanque para análisis de laboratorio.

Este dispositivo consiste en un tubo abierto que se adentra en el depósito y puede o no llegar al fondo, y se cierra por medio de una válvula de control (aguja) en el exterior. Para el muestreo, se conecta una manguera flexible al puerto de la válvula de control y el otro extremo al recipiente de muestra (generalmente una pequeña botella de aire comprimido). Cuando se abre la válvula de control, la carga fluye hacia el interior del contenedor.

La válvula de línea de muestra también se puede utilizar para conectar un manómetro, para determinar la presión dentro del tanque. Dado que la línea de muestra puede extenderse hasta el fondo del tanque, no se puede usar para determinar si hay líquido dentro de un tanque vacío.

- Dispositivo de dosificación: Generalmente, este es un dispositivo de bola magnética que consta de un tubo de metal hueco que está sellado en el extremo interior del tanque.

Se coloca alrededor del tubo una bola de metal o un flotador con anillos magnéticos. Dentro del tubo está montado un manómetro sintético con un imán en el extremo inferior. Cuando el recipiente está lleno, la esfera flota sobre el líquido y la fuerza magnética entre la esfera y el cuerpo hace que el cuerpo esférico suba con el líquido. Por lo general, los indicadores están

graduados en incrementos de un cuarto de pulgada y las mediciones del nivel de líquido se pueden convertir a galones de espacio libre (espacio libre o espacio de vapor en un tanque) utilizando tablas de espacio. Cuando resta el espacio libre de la capacidad volumétrica del tanque, obtiene “espacio completo” o galones de producto dentro del tanque.

En lugar de indicadores magnéticos, los recipientes a presión pueden estar equipados con indicadores electrónicos o "indicadores" (también llamados "indicadores de nivel"). El manómetro indicador consta de un tubo de apertura estática que se extiende hacia el interior del depósito (no hacia el fondo) con una válvula de retención externa (aguja), de apariencia similar a la válvula de retención del flujo de muestra. La longitud del tubo está predefinida de modo que normalmente corresponde al 1% y/o 2%, o hasta el 5% de espacio libre en volumen. Durante la carga, los aceleradores se abrirán y, cuando comiencen a liberar líquido, indicarán que se ha alcanzado el espacio libre especificado.

- **Pozo de calor:** Se utiliza para tomar la temperatura de la carga. El dispositivo consta de un tubo (sellado en la parte inferior) lleno de anticongelante o aceite que se extiende dentro del tanque y está cerrado por una tapa (en lugar de una válvula) en el exterior. Quitar la tapa bajará el termómetro dentro del tubo, el termómetro no viaja con el automóvil. La temperatura del líquido en el tubo corresponderá a la temperatura del portador, que se transfiere al termómetro. El tubo exterior y/o el tapón térmico electrónico están equipados con orificios indicadores que proporcionan una alarma en caso de falla del tubo interior. Algunos carros con acumulador están equipados con un sensor de temperatura electrónico.
- **Válvula de exceso de flujo:** Requerimiento por regulaciones para ciertos productos considerados como peligrosos o de alto riesgo. Una válvula de retención (que no debe confundirse con una válvula de retención que solo permite el flujo en una dirección) es un dispositivo que se cierra automáticamente contra el flujo del contenido en el tanque en el caso de una válvula de retención fuera de la válvula unidireccional abajo o sacado durante el transporte. Las válvulas de flujo residual pueden estar equipadas con una función de derivación que permita la igualación de la presión. Las válvulas de alivio residual no están diseñadas ni destinadas a evitar el flujo del contenido del contenedor en caso de falla de la tubería o tubería del sistema de carga/descarga. Para productos con peligro primario o secundario división 2.1 de las regulaciones DOT (gases inflamables), la tubería interna (descarga) de las válvulas de carga y descarga y el muestreador deben estar equipados con una válvula de flujo redundante. Los tanques de cloro deben estar equipados con una válvula de drenaje redundante o una válvula de entrada de resorte solo en la tubería (de salida) para la válvula de descarga de líquido.

### **Carrotanque para líquidos criogénicos.**

Los carrotanques para líquidos criogénicos (Figura II.52.), Tipo DOT/TC113 y Tipo AAR20, son vagones con aislamiento al vacío con un tanque interior y una carcasa exterior, sin cubierta (aunque en 49 CFR, se denomina “recinto exterior”), el tanque interior es de aleación de acero (inoxidable) y la cubierta exterior



es de acero al carbono a presión atmosférica, por ejemplo, hidrógeno líquido, etileno, oxígeno, nitrógeno y argón.



Figura II.52; Fotografía carrotanque para líquidos criogénicos. [41]

DocPlayer, "Transporte, Clasificación y Manejo de Materiales Peligrosos Milagros Fajardo Montiel VSF Industrias SA de CV," [Online]. Disponible en: [https://es.made-in-china.com/co\\_ckgasequipment/product\\_LNG-Liquid-Oxygen-Semi-Trailer-Road-Tanker\\_eoyuiesug.html](https://es.made-in-china.com/co_ckgasequipment/product_LNG-Liquid-Oxygen-Semi-Trailer-Road-Tanker_eoyuiesug.html) [Consultado Agosto 2022]

Espacio entre los tanques interior y exterior Sellado al vacío y equipado con aislamiento utilizando perlas de perlita, o un sobre multicapa de papel de aluminio y papel. Estos carrotanques a menudo se denominan carrotanques térmicos. El sistema de aislamiento (diseñado para el producto que se enviará y cumple con los estándares de rendimiento especificados) y el vacío controlan la tasa de entrada de calor durante los tiempos normales de envío.

Especificación para el carrotanque DOT / TC113A60W debe tener una temperatura de funcionamiento de diseño de menos 423 °F, una presión de explosión mínima de 240 psig y una presión antitanque de 60 psig.

Especificación para el carrotanque DOT / TC113A60W debe tener una temperatura de funcionamiento de diseño de menos 260 °F, una presión de explosión mínima de 300 psig y una presión antitanque de 120 psig. Especificación

Los carrotanques AAR204W deben cumplir con los requisitos de especificación para carrotanques Clase 113, con algunas excepciones. La resistencia al estallido mínima requerida del es de 240 psig, con una presión de prueba del tanque de 60 psig. Especificación El carrotanque AAR204W no está autorizado para su uso en la División 2.1 (gas inflamable).

Los carrotanques para líquidos criogénicos deben estar equipados con dos indicadores de nivel de líquido. Un indicador de nivel de líquido en el tanque interno (este indicador puede ser un indicador portátil que no se mueva dentro del carrotanque), mientras que el otro, un conjunto indicador de nivel de longitud fija, que indica el nivel de líquido máximo permitido para la densidad de llenado permitida. Además, el vehículo debe estar equipado con un manómetro de fase de vapor para indicar la presión dentro del tanque interno.

El tanque interno debe estar equipado con al menos un VAP y tener al menos un respiradero de seguridad (dispositivo de disco explosivo), que se puede reemplazar con un VAP de reemplazo. El carrotanque

también puede estar equipado con un dispositivo de control de presión (válvula reguladora) y un dispositivo de mezcla para controlar el desinflado frecuente de la carga durante el transporte. Los carrotanques para el servicio de hidrógeno líquido deben estar equipados con un dispositivo para encender instantáneamente el hidrógeno liberado de los DAP. La coraza/tanque exterior debe estar equipado con un sistema para evitar la acumulación de presión en el espacio anular.

Las válvulas para operaciones de carga/descarga y otros accesorios deben estar encerrados en un recinto (que no debe confundirse con la tapa de un tanque a presión), que parece ser una caja o gabinete. Las cajas protectoras están ubicadas en ambos lados, en un extremo o, en casos excepcionales, en la parte delantera del vehículo. El recinto debe ser suficiente para proteger los accesorios de la luz solar directa, el barro, la arena, la exposición a entornos hostiles y los daños mecánicos debidos al funcionamiento normal.

El recinto de montaje deberá contener instrucciones para la operación segura del equipo durante el almacenamiento y transporte, y deberá incluir un diagrama del tanque y tubería con indicadores claramente identificados, indicando su ubicación. Además, todas las válvulas y manómetros deben estar claramente identificados con placas anticorrosivas.

## II.4.2 Principales componentes de un carrotanque.

Todos los carrotanques sin importar su tamaño deben de contar con un arreglo mínimo de elementos, los cuales se encargan de garantizar la seguridad de carrotanque, así como de facilitar la carga y descarga de estos cuando llegan a un punto de entrega.

- Tonel: Se construye a partir de cilindros y dos cascos, los cuales están unidos por soldadura. El tonel posee un espesor de 1.58 [cm], con diámetro de 4.8 [m] y una longitud de 17.98 [m], el tonel puede tener protección térmica o de cerámica, esto depende del líquido que se requiera transportar.
- Pasohombre (Domo): Permite ingresar al tonel para realizar operaciones de mantenimiento, limpieza y reparación de este. Además, se utiliza para hacer el llenado del tonel.
- Válvula de descarga inferior: Válvula ubicada en la parte inferior del tanque para carga o descarga. Esta válvula sirve para activar descarga inferior, el desagüe y/o resumidero.
- Caja de protección: Se trata de una protección de acero que rodea el carrotanque con el fin de proteger los accesorios en caso de accidente y contra accesos no autorizados. En esta es común encontrar los siguientes elementos:
  - Válvula de alivio de presión: Este es un dispositivo accionado por resorte de cierre automático que actúa por la presión estática de entrada, que alivia el exceso de presión y cierra una vez restablecida las condiciones normales.

- Válvula de vapor: Es utilizada para presurizar el tanque previo a la descarga a través de la línea de inducción de líquido.
  - Válvula de alivio de vacío. Está diseñada para abrirse y permitir la entrada de aire en el tanque en caso de que se forme un vacío excesivo que pudiera ocasionar el colapso del tanque.
- Medidor magnético de esfera: Consiste en un tubo metálico hueco tapado en el extremo dentro del tanque. Alrededor del tubo se coloca una esfera o flotador de metal equipado con una varilla de medición de material compuesto que tiene un imán en el extremo inferior.
  - Línea de muestreo: Se utiliza para obtener una muestra de la carga del tanque para el análisis de laboratorio.
  - Válvula de líquido: La válvula de líquidos forma parte de la línea de inducción de líquidos, esta línea consiste en un tubo de vaciado que se extiende hasta la parte inferior del tanque.
  - Serpentín: Se conecta las líneas de vapor, agua o aceite calientes a las entradas. Dicho fluido se circula a través del serpentín, calienta el líquido o derrite la carga solidificada para facilitar la descarga (Figura II.53.).

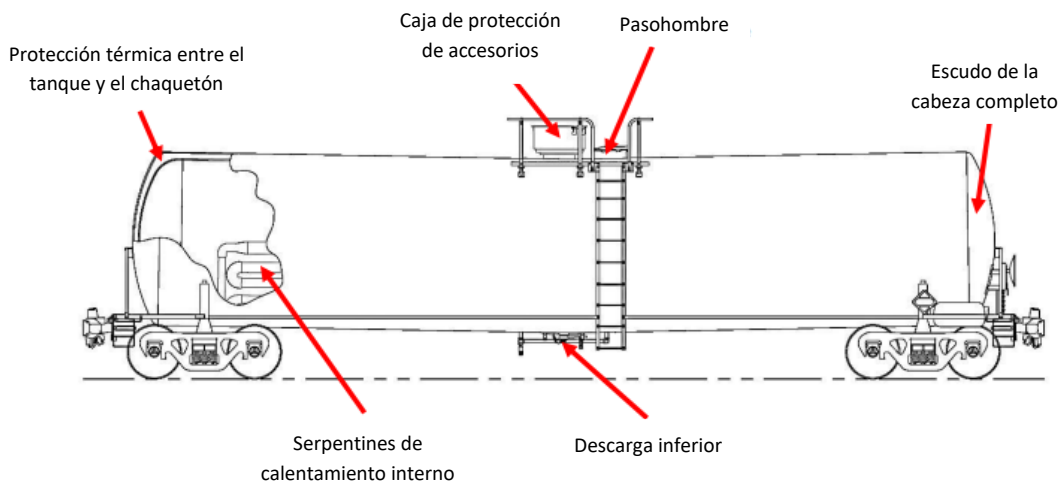


Figura II.53; Esquema partes de un Carrotanque.

De acuerdo con la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, la infraestructura ferroviaria de México consta de 17,360 [km] de tronco y apartadero, 4,474 [km] de apartadero (terrazas y taludes) y 1,755 [km] de vía privada (Figura II.54.), la longitud total de la línea en operación es de 23.389 [km]. En México existe una gran variedad de empresas que cuentan con vías férreas, entre las cuales resalta la Kansas City Southern de México, la cual con ayuda de la Asociación Americana de Ferrocarriles cuentan con una guía de campo para carrotanques.

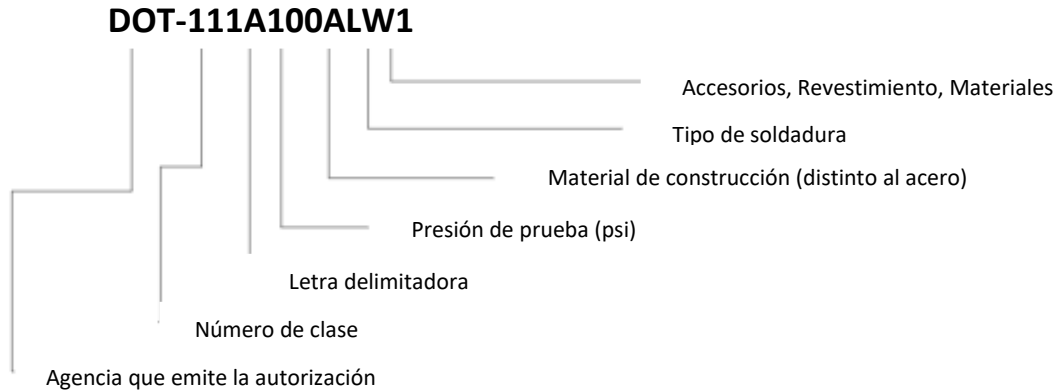


Figura II.54; Mapa de las vías ferroviarias de México. (Fuente SCT). [40]  
 Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario “Atlas del Sistema Ferroviario Mexicano”, 27 de enero de 2022, 12va edición, México 2016.

### II.4.3 Identificación del Carrotanque.

Cada carrotanque debe de contar con una serie de elementos de identificación con la finalidad de reconocer siempre sus capacidades y sus limitaciones, así como identificar su procedencia y por ende su cargamento.

De acuerdo con los requisitos del DOT, TC y/o AAR, se debe etiquetar una gran cantidad de información en el exterior de cada camión cisterna. La información más útil es el número de registro del camión cisterna y el número del vagón, generalmente de 3 a 4 caracteres que identifican al propietario, seguidos de hasta 6 dígitos. La marca de registro y el número de registro son el identificador único del camión cisterna y deben mostrarse en ambos lados del tanque, a la izquierda del centro y centrados en ambos extremos. Autoridad que expide los permisos.



### Agencia que emite la Autorización.

- AAR – Association of American Railroads (Asociación Americana de Ferrocarriles).
- DOT – U.S. Department of Transportation (Departamento de Transporte de los Estados Unidos).
- TC – Transport Canada (Transporte de Canadá) (reemplaza a la Canadian Transport Commission (CTC)).

### Número de clase.

Consiste en un número de tres dígitos que se utiliza para identificar clases generales de carrotanques. Por lo general, la "designación de clase" incluye múltiples especificaciones e incluye la autoridad de licencia, seguida de un número de clase de tres dígitos, como clase DOT111, grado TC111 o grado AAR211.

Nota: En este documento, las letras "TC" pueden ser reemplazadas por "DOT" cuando se hace referencia a la clase o especificaciones del camión cisterna; en algunos casos, es posible que la autoridad no aparezca antes del número de clase (por ejemplo, "Grado DOT-111", "Grado TC-111" o "Grado-111").

### Letra delimitadora.

Para cualquier tipo de carrotanque, se utiliza la letra A para separar la clase de la presión de prueba del tanque. Sin embargo, en los carrotanques presurizados y en unos carrotanques presurizados, la letra límite indica el sistema de protección contra pinchazos en la cabeza del tanque (escudo) y/o protección térmica. En el caso de carrotanques de líquidos criogénicos, la letra indica la temperatura permitida. En los tanques Tipo 117, el descriptor indica el tanque construido (J), su rendimiento (P) o si ha sido reacondicionado (R).

- Carros Tanque No Presurizados o Presurizados:
  - A – no tiene significado.
  - J – equipado con sistema de protección térmica.
  - S – equipado con sistema de resistencia a la perforación.
  - T – equipado con sistema de protección térmica no cubierta por chaquetón (el material de protección térmica se rocía directamente en la superficie del tanque) y sistema de resistencia a la perforación en la cabeza del tanque (escudos).
- Carros Tanque para Líquido Criogénico:
  - A – Autorizado para carga a menos 253° C (-423°F).
  - C – Autorizado para carga a menos 162° C (-260°F).
  - D – Autorizado para carga a menos 104° C (-155°F).
- Carros Tanque Clase-117:
  - J – construido bajo las especificaciones Clase-117A.
  - P – carrotanque Clase-117A que cumple con las normas de desempeño.
  - R – carrotanque Clase-117A no presurizado reacondicionado.

### **Presión de prueba del tanque.**

El siguiente conjunto de números representa la presión de prueba del tanque en psi; normalmente es del 20 al 40% de la presión de ruptura del tanque.

La presión de prueba para carrotanques no presurizados se especifica 60 o 100 psi; sin embargo, algunos fabricantes prueban los tanques de 100 a 165 psi, que es el 33 % de la presión de explosión de 500 psi del tanque.

- Para carro tanques a presión, la presión de prueba está entre 100 psi y 600 psi.
- Para carros tanque de líquidos criogénicos, la presión de prueba está entre 60 psi y 120 psi.

### **Material de construcción (excepto acero).**

Las letras "AL" que aparecen después de la presión de prueba del tanque indican que el tanque es de aluminio.

- Para otros materiales de construcción, no se especifica algún número o letra correspondiente.
- Tipo de soldadura: La "W" después de la presión de prueba del tanque o las letras "AL" indican que el tanque está construido por soldadura por fusión. Todos los carrotanques actuales se fabrican mediante soldadura por fusión. Consulte las "Notas" a continuación para conocer los materiales de TPI/VPI.

### Accesorios, revestimientos y materiales.

Para los vehículos no presurizados, los números que siguen a la "W" indican los requisitos de material del tanque, revestimiento o aislamiento, así como las opciones de perfil de dispersión o escape, drenaje inferior. Para carrotanques de aluminio, la letra W precede a la letra "AL". Los tanques de nivel 117 no tienen números después de la letra "W".

Tabla II.3; Listado de accesorios, revestimientos y materiales.

Denominación	Material del tanque	Descarga inferior	Salida de desagüe inferior
<b>ALW1</b>	Aluminio	Opcional	Opcional
<b>ALW2</b>	Aluminio	No	Opcional
<b>W1</b>	Acero al Carbón	Opcional	Opcional
<b>W2</b>	Acero al Carbón	No	Opcional
<b>W3</b>	Acero al Carbón (Aislado)	Opcional	Opcional
<b>W4</b>	Acero al Carbón (Aislado)	No	No
<b>W5</b>	Acero al Carbón (Con forro de elastómero)	No	No
<b>W6</b>	Aleación de acero (Inoxidable)	Opcional	Opcional
<b>W7</b>	Aleación de acero (Inoxidable)	No	No

### Sistemas de seguridad Carrotanque.

Los carrotanques están equipados con dispositivos y sistemas de seguridad diferentes para proteger la cisterna y sus accesorios de daños en caso de accidente grave o colisión.

Estos dispositivos y sistemas de seguridad, que se describen a continuación, incluyen dispositivos de alivio de presión (DAP), sistemas de retención de acopladores verticales (acopladores de camisa), sistemas de protección contra pinchazos de culatas (escudos), sistemas de protección térmica (protección contra incendios), equipos de servicio (carga, descarga, sistemas de ventilación, seguridad, calefacción y medición) y sistemas de protección.

### Dispositivos de Alivio de Presión (DAP).

De acuerdo con las Regulaciones DOT, Grupos de Empaque (PG) I y II (Venenoso/Tóxico), Clase 2 (Aire Comprimido), Clase 3 (Líquidos Inflamables) y Clase 4 (Sólidos) inflamables, Incendio espontáneo o peligro de humedad) se requiere un DAP cargado por resorte. Sin embargo, los carrotanques fabricados antes del 1 de enero de 1991 y equipados con un EPD que no se cierre automáticamente pueden usarse para transportar materiales, PG I o II, o líquidos Clase 4, siempre que no sean tóxicos (tóxicos) cuando se inhalan.

**Sistema de acoplamiento de sujeción vertical.**

El carrotanque está equipado con un acoplador de sujeción vertical (con chaqueta). La función de las carcasas superior e inferior con el propósito de evitar que los acoplamientos se separen en caso de descarrilamiento o colisión por exceso de velocidad, lo que reduce la posibilidad de que el golpee la parte delantera de un tanque lateral.

**Sistema de protección contra pinchazos en la cabeza del tanque (escudo)**

Los carrotanques capaces de transportar material clase 2 y los carrotanques clase 117 deben de contar con un sistema de resistencia.

Esto generalmente se hace instalando protecciones de acero de 1/2 pulgada de espesor en cada extremo del tanque, separadas de la parte superior o del armazón del tanque. En algunos carrotanques aislados (por lo general, un recipiente a presión Clase 105), la protección de la cabeza se logra a través de una combinación de grosor de la cabeza y aislamiento, se deben verificar los calibres (grosor) del chaleco de protección de la cabeza y el espacio entre la chaqueta y la parte superior del tanque.

**Sistema de protección térmica.**

Los carrotanques (que no sean vagones de almacenamiento de líquidos criogénicos de Clase 113) que transporten materiales de Clase 2 (neumáticos) y los carrotanques de Clase 117 deben estar equipados con un sistema de protección térmica o de objetos si el aislamiento tiene suficiente resistencia al calor.

**Sistema de protección del rompedor inferior.**

Según el producto que se transporta y la distancia de proyección desde el armazón, los carrotanques están equipados con accesorios inferiores, a veces denominados grietas inferiores (que incluyen purga, drenaje, drenajes y bridas ciegas) deben tener protección medidas para evitar que sean decapitados o dañados en caso de descarrilamiento u otro impacto que pudiera resultar en la pérdida de la carga. La protección de los accesorios del fondo se puede lograr colocando el actuador de la válvula dentro del tanque y/o pegando almohadillas protectoras en el fondo del tanque. La extensión del conjunto de la válvula por debajo de la carcasa del recipiente o la corredera debe diseñarse de manera que la falla no dañe la válvula y provoque la falla del producto. Esto se logra incorporando una ranura cortada o biselada en el cuerpo de la válvula o cambiando el tamaño de los pernos que aseguran la extensión de la válvula para darles una resistencia al corte baja.



#### **II.4.4 Asociación de Ferrocarriles Estadounidenses.**

La Asociación de Ferrocarriles Estadounidenses (AAR) es una asociación comercial que representa a las principales compañías ferroviarias, principalmente en América del Norte (Canadá, México y Estados Unidos). Amtrak y varias líneas regionales de trenes de cercanías también son miembros. Las líneas ferroviarias de carga pequeñas suelen estar representadas por la Asociación Estadounidense de Ferrocarriles Cortos y Regionales (ASLRRRA), aunque algunos ferrocarriles pequeños y compañías de propiedad ferroviaria también son miembros de la AAR. AAR también tiene dos programas de afiliados, y la mayoría de las empresas afiliadas son proveedores ferroviarios.

Los sistemas informáticos y los servicios de información de Railinc, incluido el sistema Umler, el sistema de intermediación y el sistema de embargo son una parte integral de la infraestructura ferroviaria de América del Norte. Railinc envía alrededor de nueve millones de mensajes al día a través de su red EDI, incluidos los conocimientos de embarque, los próximos trenes, las solicitudes y respuestas de bloqueo y los planes de viaje. Sus aplicaciones admiten ferrocarriles, propietarios de equipos y proveedores ferroviarios en cada eslabón de la cadena de suministro. La empresa mantiene la única versión aceptada por la industria de los códigos ferroviarios oficiales de América del Norte. Comenzó como una división de tecnología de la información dentro de la Asociación de Ferrocarriles Estadounidenses (AAR), la compañía fue fundada en 1999 como una subsidiaria con fines de lucro de AAR.

Otra subsidiaria, Transportation Technology Center, Inca (TTCI), opera y mantiene el Centro de Tecnología de Transporte, una instalación de 52 millas cuadradas (130 km<sup>2</sup>) a 21 millas de Pueblo, Colorado (34 km) al noreste, propiedad de los Estados Unidos Departamento de transporte. La instalación se encuentra bajo contrato de mantenimiento, custodia y control con la Administración Federal de Ferrocarriles. TTCI tiene una amplia gama de vehículos y pistas de prueba especializadas. Este sitio permite probar piezas de carga y pasajeros, componentes de vehículos y rieles y dispositivos de seguridad.

La Asociación Americana de Ferrocarriles (AAR) cuenta con una serie de normativas, las cuales rigen el mundo del transporte a través de carrotanques, esta estipula por ejemplo, en su primera regla que las reparaciones son responsabilidad del propietario del carrotanque.

#### **II.4.5 Ferromex.**

Grupo México Transportes (GMXT), conocido como Ferromex, es la división de transporte de la corporación mexicana Grupo México. Opera la red ferroviaria más grande de México con 11,000 km de vías. A su vez, cuenta con 13 puertos (9 en México y en Florida, EE. UU.) y 5 pasos fronterizos a través de los cuales conecta a México con el resto del mundo.

## Historia.

Ferromex inició operaciones en 1998 luego de haber obtenido la licencia para operar la red ferroviaria por 50 años. En 2017 se fundó como Grupo México Transporte (GMXT) y sus acciones se listaron en la Bolsa Mexicana de Transporte. En noviembre de 2005, el propietario de Ferromex, Grupo México, adquirió la empresa matriz de Ferrosur, Infraestructura y Transportes Ferroviarios, por \$309 millones de dólares. Integrado como uno de los principales operadores ferroviarios de México.

Ese mismo año adquirió el Texas Pacific Railroad que conecta Ojinaga, Chihuahua, con San Angelo, Texas. En julio de 2017, Grupo México Transportes adquirió Florida East Coast Railroad (FEC), Texas Pacific Transportation e Intermodal. La Comisión Federal de Competencia Económica (COFECE) de México rechazó una propuesta para fusionar Ferromex y Ferrosur en 2002 a pesar de las objeciones del competidor de Ferromex, Grupo Transportación Ferroviaria Mexicana (TFM).

Luego de que Grupo México comprara Ferrosur en 2005, Kansas City Southern de México (KCSM), el sucesor de TFM, solicitó al gobierno mexicano que bloqueara la fusión de Ferrosur y Ferromex. La CFC rechazó la fusión en junio de 2006, alegando que la fusión daría lugar a una concentración excesiva en la industria ferroviaria, en detrimento de los consumidores y transportistas competidores. Sin embargo, en marzo de 2011, un tribunal falló a favor de Grupo México y se resolvió la fusión.

## Servicio.

GMXT opera las líneas ferroviarias más extensas de México, con una red de 11,000 km que cubre aproximadamente el 71% del área geográfica de México y cerca del 80% de las zonas industriales y comerciales de México.

La flota de GMXT incluye más de 800 locomotoras y 26.300 vagones. Por sus vías férreas, GMXT transporta: Productos agrícolas, minerales, metales, químicos y fertilizantes.

## Rutas.

Cuenta con 5 pasos fronterizos con Estados Unidos, los cuales son:

- Mexicali, en el estado de Baja California.
- Nogales, en el estado de Sonora.
- Ciudad Juárez, en el estado de Chihuahua.
- Ojinaga, en el estado de Chihuahua.
- Piedras Negras, en el estado de Coahuila.

Conectando 7 ciudades principales de México:

- Ciudad de México.
- Guadalajara, en el estado de Jalisco.
- Culiacán, en el estado de Sinaloa.
- Aguascalientes, en el estado de Aguascalientes.
- Chihuahua, en el estado de Chihuahua.
- Tepic, en el estado de Nayarit.
- Torreón, en el estado de Coahuila el principal tren de todo el país.

Conectando 5 puertos en el Océano Pacífico y otros puertos en el Golfo de México:

- Manzanillo, en el estado de Colima.
- Mazatlán, en el estado de Sinaloa.
- Topolobampo, en el estado de Sinaloa.
- Guaymas, en el estado de Sonora.
- Puerto Peñasco, en el estado de Sonora.
- Altamira, en el estado de Tamaulipas.
- Tampico, en el estado de Tamaulipas.
- Veracruz, en el estado de Veracruz.
- Coatzacoalcos en el estado de Veracruz.

Se muestra una comparativa de los diferentes carrotanque en la siguiente pagina.

Tabla II.4; Comparativa carrotanques.

Tipo de Carrotanque	Usos	Ventajas	Desventajas	Costos
<b>No presurizados</b>	Se utilizan para transportar una amplia variedad de productos especificados. productos líquidos y sólidos (materiales/mercancías peligrosas) y productos no regulados.	Está construido con aleación de aluminio que retrasa la aparición de corrosión en la mayoría de los casos.	Puede tener defectos de fabricación.  Limitado a vías férreas.	Su costo es relativamente barato.
<b>Presurizado</b>	Se utilizan para transportar aire comprimido licuado, materiales peligrosos/riesgo de inhalación peligrosa (TPI/VPI), materiales reactivos y/o material corrosivo que requiere protección adicional.	Pueden equiparse con sistema antipinchazos.	Se carga y se descarga con un sistema cerrado.  Limitado a vías férreas	Su costo es relativamente barato
<b>Carrotanque de líquidos criogénicos</b>	Controlan la entrada de calor.			Es más caro que los demás ferrocarriles.

## **Capítulo III. INCOTERMS.**

### **III.1 Definición de INCOTERM.**

Según el Manual de uso de las reglas INCOTERMS, los INCOTERMS es un conjunto de reglas que establece de manera clara y sencilla las obligaciones en las transacciones de compraventa internacional, tanto para el comprador como para el vendedor respecto del suministro de bienes, licencias, autorizaciones y trámites que deben realizarse en una compraventa internacional. También explican a quién se realizan las operaciones aduaneras respectivas en el país exportador o importador; quién es responsable del seguro y el flete; el lugar y responsabilidad del cargador y receptor de las mercancías; el momento en que los riesgos y costos se transfieren del vendedor al comprador. Cómo avisar a los involucrados en las negociaciones; la provisión de documentos para reclamos de mercancías y documentos relacionados con la inspección, embalaje y marcado, entre otros aspectos.

INCOTERMS es una expresión de los precios de los bienes en diferentes situaciones y momentos durante la distribución de bienes en el comercio internacional. Cabe señalar que, si bien los precios varían según el tiempo y el lugar, siempre representan la misma ventaja para el vendedor, salvo que el vendedor pueda tener derecho a un descuento por volumen, frecuencia de envío y otros aspectos que los intermediarios consideren para el exportador, esto sólo es posible cuando el exportador domina la distribución de las mercancías en su propio país y la del importador.

Para dar a los usuarios una idea de a qué conduce el uso de un INCOTERMS determinado en las ventas internacionales, a continuación, se incluye una definición general de cada INCOTERMS determinado.

### **III.2 EXW (Ex fábrica... lugar designado / Ex fábrica... lugar designado original).**

Esta es la forma más simple y menos vinculante para que los exportadores realicen ventas internacionales. EXW requiere que el vendedor entregue la mercancía, empaquetada para la exportación, en sus instalaciones (fábrica, taller o almacén, etc.).

La compra de la carga recae en el comprador, al igual que los trámites aduaneros de exportación. Se recomienda este término cuando el exportador no tiene mucha experiencia exportadora o cuando el comprador tiene la capacidad logística para manejar la mercancía en el momento de la entrega y el

conocimiento para realizar el despacho aduanero de exportación. El EXW se puede utilizar con cualquiera de los modos de transporte incluido el multimodal. Información disponible en la Tabla III.2.

A la hora de fijar los precios también habrá que tener en cuenta otras consideraciones como el nivel comercial, el nivel minorista, la cantidad de comercio, la forma y medio de pago, el plazo o tipo de relación comercial con el comprador, el costo de los intermediarios, entre otros.

### **III.3 FCA (Free Carrier, named place / Franco o libre transportista, lugar convenido en origen).**

Cuando se vende dentro de este plazo, el vendedor cumple con su obligación de entregar la mercancía al recibirla por un transportista designado por el comprador o su representante, en el lugar convenido o en el punto, autorizado para la exportación.

Si la entrega se realiza en el almacén o fábrica del exportador, el exportador corre con los costos y riesgos de cargar la mercancía. Si la entrega tiene lugar en otro lugar, el vendedor no es responsable de la descarga de la mercancía, pero corre con los gastos de transporte necesarios para entregar la mercancía en el punto acordado con el comprador. Estos costos (manejo y envío) y la obligación del vendedor de declarar a la aduana para la exportación, constituyen la diferencia fundamental entre EXW y FCA.

Este término puede utilizarse con cualquier modo de transporte, incluido el transporte multimodal. Está especialmente recomendado para el transporte por carretera, ya sea por carretera o por ferrocarril.

Si se mantiene la lista de costos y responsabilidades identificada en el INCOTERM anterior, es posible ver cómo parte de la responsabilidad pasa del comprador al vendedor.

Como se puede observar, parte de los costos a cargo del comprador en la EXW ahora los asume el vendedor en la FCA. Estos incluyen la carga de las mercancías en las instalaciones del vendedor, el transporte interno si es necesario, el manejo de las mercancías requeridas para el despacho de aduana y la llegada a la terminal de carga del transportista internacional, los documentos de origen, los certificados de origen y otras licencias y todo lo demás. para el despacho de aduana de exportación.

### **III.4 FAS (Free alongside ship, named port of shipment / Franco al costado del buque, puerto de carga convenido).**

El Vendedor cumple con sus obligaciones de entrega cuando la mercancía se libera para la exportación y se estiba en el muelle junto al buque en el puerto de embarque originalmente acordado. Esto significa que a partir de ese momento el comprador corre con todos los gastos y riesgos de pérdida o daño de la mercancía.

Este término se aplica únicamente al transporte marítimo y fluvial. Cuando un exportador utiliza este término, la estructura de costos del producto en venta variará de la estructura de costos de los términos EXW y FCA. Compare la lista de costos a continuación vinculada a la lista de costos para el término FCA. Para establecer el precio del FAS, se sugiere tener en cuenta los siguientes costos.

### **III.5 FOB (Free on board, named port of shipment/ Franco a bordo, puerto de embarque convenido).**

FOB es uno de los términos más utilizados por los exportadores que desconocen las formalidades aduaneras a seguir en el mercado de destino de su producto y los procesos reales de distribución de la mercancía. Esta forma de registro obliga al vendedor a despachar las mercancías para la exportación. La entrega se completa cuando dichas mercancías han pasado las bordas del buque en el puerto de destino convenido, esto significa que el comprador asume todos los costes y riesgos de pérdida o daño de la mercancía a partir de ese momento.

Cuando, por el tipo de vehículo o las características del producto, las vías del tren no se utilicen para completar la entrega, se debe utilizar el término FCA. Las tarifas que se aplican cuando el vendedor o exportador decide vender la mercancía en este estado son las mismas que en FAS, pero el vendedor incurre en un nuevo costo: cargar la mercancía a bordo. Este término sólo puede utilizarse en el transporte marítimo o por vías navegables interiores.

### **III.6 CFR (Cost and freight, named port of destination / Costo y Flete, puerto de destino convenido).**

Cuando un exportador cotiza en esta cláusula, deberá declarar las mercancías ante la aduana para su exportación, y cubrir los gastos y fletes necesarios para llevar las mercancías al puerto de destino convenido. No obstante, la entrega es perfecta cuando, como FOB, la mercancía pasa por las vías del buque en el puerto de destino, momento en el que el riesgo de pérdida o daño de la mercancía pasa al comprador, junto con todos los demás gastos adicionales, además del flete, por hechos ocurridos con posterioridad al momento de la entrega de las mercancías. En este término, siendo el vendedor o el exportador quien paga el flete, se tiende a pensar que la responsabilidad está relacionada con la mercancía que llega a destino.

Esto no es cierto, porque una vez emitido el documento de transporte, el nuevo propietario es el importador. Cuando la vía de un tren, por el tipo de vehículo o las características del producto, no sea aplicable a la realización de la entrega, deberá utilizarse el término CPT.

CFR requiere que el vendedor despache los bienes para la exportación y solo puede usarse para el transporte marítimo o fluvial.

Las tarifas aplicables a este término son esencialmente las mismas que FOB, pero el vendedor también debe pagar el costo de almacenamiento de la mercancía y el flete internacional.

### **III.7 CIF (Cost, insurance and freight / Costo, seguro y flete, puerto de destino convenido).**

Costo, seguro y flete significa que el vendedor tiene las mismas obligaciones que bajo CFR, si bien, debe además conseguir un seguro marítimo de cobertura de los riesgos de pérdida o daño de la mercancía durante el transporte que estará a nombre del comprador.

En el comercio internacional, es común asegurar 110-115 litros del valor de las mercancías, ya que los costos de administración y daños se estiman en 10-15 litros en caso de daño, valor de los bienes. El vendedor es la persona que contrata el seguro y paga la prima correspondiente. En el CIF, dado que el vendedor o exportador es quien paga el flete y también el asegurador contra los riesgos de las mercancías, se inclina a pensar que la responsabilidad del vendedor o del exportador involucra a las mercancías pertenecientes al destino. Esto no es cierto, porque una vez emitido el documento de transporte y la póliza de seguro, el nuevo propietario de las mercancías es el importador y es él quien debe, además, presentar cualquier reclamación contra la compañía de transporte o de seguros, en caso



de que el riesgo esté configurado. La cláusula CIF obliga al vendedor a despachar la mercadería para la exportación y la entrega es perfecta en el mismo punto de los términos FOB y CFR, es decir, cuando la mercadería ha pasado los rieles, en el muelle de carga.

Cuando los vehículos de carga, como en el caso del transporte roll-on/roll-off o de contenedores, pueden ingresar al vehículo sin la ayuda de una grúa o un elevador de carga, la pista del buque no se aplica para finalizar la entrega, entonces se usa el término CIP es apropiado. CIF solo se puede utilizar para transporte marítimo o fluvial.

### **III.8 CPT (Carriage paid to, named place of destination / Transporte pagado hasta, lugar de destino convenido).**

Esto significa que el vendedor paga el flete hasta el lugar acordado. El riesgo de pérdida o daño de la mercadería, así como los costos adicionales derivados de eventos ocurridos después de que la mercadería haya sido entregada al porteador, pasa del vendedor al comprador cuando la mercadería ha sido enviada. transportador. el transportista se ocupa.

Si se utilizan vehículos sucesivos para el transporte hasta el lugar convenido, el riesgo pasará cuando las mercancías hayan sido entregadas al primer porteador o a su representante. La cláusula CPT requiere que el vendedor complete los trámites de exportación y se puede utilizar con cualquier modo de transporte, incluido el multimodal.

En CPT, el vendedor incurre en los mismos costos que en FCA y la diferencia importante es que en CPT, el vendedor tiene que pagar el flete principal o internacional, mientras que en FCA, el envío lo paga el importador.

### **III.9 CIP (Carriage and insurance paid to, named place of destination / Transporte y seguro pagados hasta, lugar de destino convenido).**

Esto significa que el vendedor tiene las mismas obligaciones que el CPT, pero además debe contratar un seguro de riesgo de carga contra pérdida o daño de la mercancía en tránsito. El vendedor contrata un seguro y las primas de seguro correspondientes pagan el El vendedor pagará el flete y el seguro de los bienes, pero la entrega se realizará en el punto de origen una vez que el transportista original o su agente reciban los bienes. Según CIP, los vendedores generalmente deben contratar un monto mínimo de seguro que debe cubrir el valor del pedido más un 10%. El término CIP requiere que el vendedor despache las

mercancías para la exportación y se puede utilizar con cualquier medio de transporte, incluido el multimodal.

### **III.10 DAF (Delivered at frontier, named place / Entregada en frontera, lugar convenido).**

Esto significa que el vendedor tiene las mismas obligaciones que el CPT, pero además debe contratar un seguro de riesgo de carga contra pérdida o daño de la mercancía en tránsito. El vendedor contrata un seguro y las primas de seguro correspondientes la paga él. El vendedor pagará el flete y el seguro de los bienes, pero la entrega se realizará en el punto de origen una vez que el transportista original o su agente reciban los bienes. Según CIP, los vendedores generalmente deben contratar un monto mínimo de seguro que debe cubrir el valor del pedido más un 10%.

Un área fronteriza generalmente cubre una gran parte del interior de dos países limítrofes, nunca es una simple línea. Este término se ha definido específicamente para usarse cuando las mercancías se transportan por carretera o ferrocarril, pero puede usarse con cualquier vehículo o sistema de transporte.

Los honorarios cobrados por el vendedor por vender bajo esta cláusula son esencialmente los mismos que bajo el CPT, siendo la principal diferencia la responsabilidad de entregar las mercancías en destino. Consultar

### **III.11 DES (Delivered ex ship, named port of destination / Entregada sobre buque, puerto de destino convenido).**

Una oferta bajo los términos DES obliga al vendedor o exportador a entregar la mercancía a bordo del buque, en el puerto de destino convenido, para ser despachada para la exportación, pero sin autorización para la importación, y sin costo ni gastos ni riesgos de descarga.

El vendedor debe correr con todos los costos y riesgos involucrados en llevar las mercancías al puerto de destino y lugar de entrega convenidos. El término DES solo puede utilizarse para el transporte por mar o por vías navegables interiores. También se puede utilizar con transporte marítimo terminal multimodal.

### **III.12 DEQ (Delivered ex quay named port of destination / Entregada sobre muelle, puerto de destino convenido).**

Esto significa que el vendedor cumple con su obligación de entrega cuando ha entregado la mercancía al comprador en el embarcadero del país de destino acordado con el comprador. Las obligaciones y costes asociados a los trámites aduaneros de importación corren a cargo del importador. Cualquier especificación en contrario debe especificarse en el contrato de venta. El término puede ser utilizado en transporte marítimo, fluvial y/o multimodal donde el modo final de transporte es marítimo o fluvial.

### **III.13 DDU (Delivered duty unpaid, named place of destination / Entregada derechos no pagados, lugar de destino convenido).**

Esto significa que el exportador cumple con su obligación de entregar las mercancías cuando se entregan al comprador en el lugar convenido en el país del importador. En este caso, el vendedor correrá con todos los gastos necesarios y riesgos para el transporte de las mercancías hasta el destino convenido, excluidos los derechos de aduana e importación. Los costos y riesgos de los trámites aduaneros para la importación corren a cargo del comprador o del importador. El DDU se puede utilizar con todos los medios de transporte excepto aquellos cuyo terminal sea marítimo.

### **III.14 DDP (Delivered duty paid, named place of destination / Entregada derechos pagados, lugar de destino convenido).**

El vendedor o el exportador es el único responsable y entiende que ha cumplido con su obligación de entrega cuando el comprador entrega la mercancía al comprador en el lugar convenido en el país de importación, respetando el despacho aduanero de importación y pagando los derechos de aduana. Las entregas se realizan sin descargar del vehículo.

El exportador debe asumir todos los costos y riesgos necesarios para la entrega física de las mercancías hasta que las mercancías estén libremente disponibles para el comprador, es decir, el importador puede proceder a la venta comercial de las mercancías sin estar sujeto a restricciones legales o aduaneras. El DDP no se utiliza cuando el exportador desconoce o no puede realizar los trámites de importación. Sin embargo, este término puede crear una mayor competitividad para los exportadores al eliminar

intermediarios que colocan productos con un margen de intermediarios que les permite permanecer activos en el mercado. DDP se puede utilizar con cualquier transporte o transporte multimodal cuya etapa terminal no sea marítima. Si la entrega se realiza a un buque o terminal, se deben utilizar los términos DES o DEQ.

### III.15 Los INCOTERMS y el contrato de compraventa.

Es importante que los exportadores sepan que si bien los INCOTERMS cubren muchos aspectos relacionados con las ventas internacionales, dejan de lado aquellos que deben ajustarse, como el tipo de contrato para el transporte de mercancías, características del producto, ajustes de precios, condiciones de pago, retención de derechos sobre los bienes, falta de entrega, casos de incumplimiento de productos y garantías, circunstancias de fuerza mayor, prórroga del plazo de entrega; especialmente si está a punto de iniciar un negocio que involucre suministros regulares.

INCOTERMS se organiza en cuatro grupos principales, en base a la primera letra de la sigla. Según este criterio, los grupos son los siguientes:

Tabla III.1; Agrupaciones de las INCOTERMS.

<b>INCOTERMS 2000</b>		
<b>Término que no exige mayores obligaciones al exportador</b>		
<b>Grupo E</b>	EXW	En fábrica (... lugar designado)
<b>Términos de salida y/o de entrega de la mercancía en origen</b>		
<b>Grupo F Términos que no implican el pago del vendedor o exportador</b>	FCA	Franco transportista (... lugar designado)
	FAS	Franco al costado del buque del transporte principal por parte (... puerto de carga convenido)
	FOB	Franco a bordo (... puerto de carga convenido)
<b>Grupo C Términos que implican el pago del transporte principal por el vendedor, pero cuyas entregas son en el país de origen</b>	CFR	Costo y flete (... puerto de destino convenido)
	CIF	Costo, seguro y flete (... puerto de destino convenido)
	CPT	Transporte pagado hasta (... lugar de destino convenido)
	CIP	Transporte y seguro pagado hasta (... lugar de destino convenido)

<b>Términos que implican la entrega de la mercancía en destino</b>		
<b>Grupo D Términos que responsabilizan al vendedor de entregar la mercancía en el país del comprador. Estos términos se conocen como ventas en destino o términos de llegada o entrega en destino</b>	DAF	Entregada en frontera (... lugar convenido)
	DES	Entregada sobre buque (... puerto de destino convenido)
	DEQ	Entregada en muelle (... puerto de destino convenido)
	DDU	Entregada derechos no pagados (... lugar de destino convenido)
	DDP	Entregada derechos pagados (... lugar de destino convenido)

### Los INCOTERMS y los procedimientos aduaneros.

Dado que la exportación e importación de mercancías deben pasar por el control aduanero tanto en el país del exportador como del importador, es importante saber quién es el responsable de las declaraciones aduaneras en el lugar de exportación y quién es el responsable de la importación y el pago de los derechos de aduana.

La siguiente tabla se muestra a quien corresponden estas obligaciones en cada uno de los trece INCOTERMS.

Tabla III.2; Responsables de las obligaciones de cada INCOTERM.

<b>INCOTERMS</b>	<b>Declaración de exportación</b>	<b>Declaración de importación</b>	<b>Responsable de derechos aduaneros</b>
<b>EXW</b>	Importador	Importador	Importador
<b>FCA</b>	Exportador	Importador	Importador
<b>FAS</b>	Exportador	Importador	Importador
<b>FOB</b>	Exportador	Importador	Importador
<b>CFR</b>	Exportador	Importador	Importador
<b>CIF</b>	Exportador	Importador	Importador
<b>CPT</b>	Exportador	Importador	Importador
<b>DAF</b>	Exportador	Importador	Importador
<b>DES</b>	Exportador	Importador	Importador
<b>DEQ</b>	Exportador	Importador	Importador
<b>DDU</b>	Exportador	Importador	Importador
<b>DDP</b>	Exportador	Exportador	Exportador

De la tabla anterior, podemos inferir que:

- El único INCOTERM que no requiere que el vendedor realice trámites de exportación es EXW.
- INCOTEMRS FCA, FAS, FOB, CFR, CIF, CPT, CIP, DAF, DES, DEQ obligan al vendedor a despachar las mercancías para la exportación.
- El único INCOTERM que requiere que el vendedor compense tanto las exportaciones como las importaciones es DDP.

Los INCOTERMS por medio de transporte:

- Los INCOTERMS también pueden agruparse teniendo en cuenta el medio de transporte de la siguiente manera:
- Los INCOTERMS específicos para el transporte marítimo son: FAS, FOB, CFR, CIF, DES y DEQ.
- INCOTERMS aplica a cualquier medio de transporte incluyendo multimodal: EXW, FCA, CPT, CIP, DAF, DDU y DDP.
- Los INCOTERMS FCA y CPT se recomiendan para transporte aéreo, también pueden utilizarse para transporte por camión o tren.
- CIP también se puede utilizar para carga aérea.
- FCA y DAF se pueden utilizar para el transporte aéreo, ferroviario o por carretera.

## Los INCOTERMS y la distribución de costos y gastos.

La siguiente tabla muestra los principales costos que los exportadores deben tener en cuenta a la hora de elaborar una cotización o factura comercial.

Tabla III.3; Principales conceptos de costos en exportaciones para cada INCOTERM.

INCOTERM	Valor de la mercancía	Maniobras en planta	Flete local país exportador	Impuestos y derechos de exportador	Maniobras en punto de exportador	Flete internacional	Seguro internacional	Maniobras en puto de importador	Impuestos y tributos de importador	Flete local para importador
EXW	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No
FCA	Si	Si	Si	Si	No	No	No	No	No	No
FAS	Si	Si	Si	Si	No	No	No	No	No	No
FOB	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	No	No	No
DAF	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	No	No	No
CFR	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	No	No
CIF	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	No
CPT	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	No	No
CIP	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	No
DES	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	No	No
DEQ	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	No	No
DDU	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	No	Si
DDP	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si

## Recomendaciones.

Finalmente, el exportador o importador debe considerar las siguientes recomendaciones:

- El término EXW se utiliza únicamente cuando el exportador carece de conocimientos en materia de comercio exterior y aduanas y, por supuesto, cuando el comprador o importador cuenta con la experiencia o el respaldo suficientes para realizar los trámites de despacho aduanero.
- La entrega puerta a puerta, libre de aranceles e impuestos, se recomienda únicamente cuando el exportador tiene su propia oficina, red de ventas, agentes o representantes en el país del importador. Si sucede lo contrario, es decir, el importador es el propietario de la infraestructura en el país del exportador, le convendrá comprar EXW por los posibles beneficios en términos de incentivos a la exportación, reducción de fletes y seguros, entre otros.
- Cuando el importador desconoce los procedimientos de comercio exterior y aduaneros que se aplican en el país exportador requerido por su país.
- Dominar los procesos de distribución de bienes físicos puede ser beneficioso para quienes los conocen. Así, por ejemplo, al vender un CIF, el exportador puede obtener descuentos, mejor trato para el flete, e incluso preferencias o rebajas en el flete, lo que puede hacer que el precio de los productos sea más competitivo en el mercado, entre otros. los países. Asimismo, en la medida en que el exportador tenga acceso al mercado del importador, experimentará menores restricciones de precio al reducirse un número sustancial de intermediarios en la distribución del producto.
- El importador también puede obtener una ventaja al comprar, por ejemplo, bajo condiciones FOB, comprar bajo esta condición no incurrirá en gastos ni comisiones bancarias, fletes o seguros.
- Cuando los compradores extranjeros comiencen a importar, será más fácil para los exportadores organizar el transporte.
- En todos los casos, la estrategia comercial de un exportador debe ser la de respetar la fecha y condiciones de entrega, cantidad y calidad pactadas con su comprador, lo que se conoce como entrega perfecta.

## Arbitraje.

El arbitraje comercial es un método rápido y efectivo para resolver disputas sin acudir a un juzgado o tribunal. Dado que la CCI también es promotora del Arbitraje, también resulta habitual la presunción de que, por el hecho de usar los INCOTERMS de la Cámara de Comercio Internacional, queda implicada la utilidad, en caso desacuerdo, del Arbitraje de esta.

Los oferentes deben entender claramente que este no es un aspecto cubierto por los INCOTERMS, ya que no hay referencia al mismo, por lo que es necesario incluir una cláusula compromisoria en el contrato de compraventa internacional.

### **Recomendaciones fiscales.**

- Las exportaciones generalmente no están gravadas.
- La base para el cálculo del impuesto aduanero es el precio CIF.
- La base para recaudar el impuesto al valor agregado es el valor CIF más el impuesto aduanero.
- Las aduanas generalmente aceptan un precio acordado entre el importador y el exportador (valor de transacción), pero en algunos casos, si tienen dudas sobre el valor, no aceptan y fijan el precio de las mercancías aplicando los métodos identificados en el valor del contrato de GATT. Estos son: valor de transacción, bienes idénticos, bienes similares, método del valor deductivo, método del valor calculado y método final.
- Cuando la aduana no acepta el valor declarado por el importador, no significa que el valor declarado sea erróneo, sino que debe probarse este hecho ante la aduana. Si la Aduana insiste en que no se acepta el valor de transacción, deberá aplicar un método de valoración diferente a los definidos en el Código de Valores del GATT o Acuerdo 1994.
- La imposición de un valor por parte de la Aduana Un valor distinto de cero no significa que se tiene que pagar menos o más que el producto, el valor en aduana de las mercancías sólo se utiliza para determinar los impuestos a los que están sujetas las mercancías.

### **Cálculo de Precios de Exportación.**

El proceso de fijación de precios de exportación se puede representar mediante una serie de pasos simplificados.

Otra forma de determinar el precio es comenzar por determinar el costo de producción y aplicar los siguientes pasos.

- Paso 1  
El exportador participa en el costo de fabricación del producto.  
En los costos de producción, normalmente se incluyen costos fijos y variables, pero solo se consideran aquellos directamente relacionados con la producción del bien.  
La razón es simple: partiendo del cálculo marginal del precio, que se compara con el precio de mercado para determinar la ganancia o tasa de beneficio (la diferencia entre el precio de mercado y el costo marginal), luego estimar el número de unidades que tendrá que ser producido para cubrir los costos fijos y los necesarios para obtener una ganancia para permitir la continuidad y el crecimiento del negocio. Por tanto, si una empresa quiere aumentar sus beneficios, tiene que producir cada vez más, esto se conoce como economías de escala.  
Otro método es asignar al producto todos los costos soportados por el negocio (variable y fijo), más una utilidad razonable que permita que el negocio crezca y prospere.  
Independientemente del método de cálculo de costos que se aplique, la suma de las utilidades o de las utilidades da como resultado el precio Exworks (EXW).



- Paso 2  
Si las condiciones de venta como exportador van más allá del EXW, habrá que sumar todos los costes asociados como vendedor ahora hasta que el producto se entregue en buenas condiciones. Dependiendo del INCOTERM seleccionado, se requerirá un conjunto adicional de costos de las condiciones de entrega del producto en el punto acordado (modificar la lista de costos, por ejemplo, para FOB, CIF y otras condiciones equivalentes).  
Indica el precio requerido para vender en la posición ICOTERM pactada con el comprador.
- Paso 3  
Si se suma al precio anterior, los márgenes de utilidad de los distintos niveles de intermediarios, importadores, distribuidores, mayoristas, minoristas y otros. Se encontrará el precio de venta de al público o al consumidor final.
- Paso 4  
Ahora es el momento de comparar esto con los precios de los competidores al mismo nivel de venta, es decir, al nivel del importador, o al nivel del minorista o del usuario final. Esto último es posible si visita los sitios web de almacenes, tiendas o sitios comerciales virtuales en el país que desea exportar.  
En general, las principales cadenas de tiendas están presentes en varios países y los sitios web le permiten conocer los precios de los países donde se encuentran sus tiendas.
- Paso 5  
Es posible que deba mantener un diferencial de precios, a menudo más bajo, con productos comparables de la competencia. De esta manera, la empresa tendrá una ventaja para postularse como nueva empresa frente a los competidores que ya tienen puestos. Esta ventaja le permitirá ganar cuota de mercado a sus competidores. Por supuesto, esto no es necesario si el producto está bien diferenciado, es de excelente calidad y tiene la marca.

## Capítulo IV. Transferencia de custodia.

### IV.1 Definición.

Las transferencias de depósito en la industria del petróleo y el gas son transacciones que involucran la transferencia de sustancias físicas de un operador a otro. Esto incluye la transferencia de petróleo crudo y refinado entre tanqueros a tanqueros; petroleros y barcos y otras transacciones. La transferencia de depósito en metrología de líquidos se define como un punto de medición (ubicación) donde se mide un líquido para la venta de una parte a otra. En el proceso de transferencia de custodia la precisión es de gran importancia, tanto para la empresa que entrega el documento, como para el destinatario final al momento de transferir el documento.

El término "medida fiscal" a menudo se usa indistintamente con una transferencia de custodia y se refiere a una medida que es un punto en una transacción comercial, como cuando hay un cambio de propiedad. Una transferencia de custodia ocurre cuando un líquido se transfiere de la posesión de una parte a la propiedad de otra. El uso de la frase "medidor financiero" no implica necesariamente una expectativa única de la calidad de la instrumentación que se instalará. "Finanzas" se refiere al servicio del medidor, no a su calidad. "Finanzas" por lo general significa "interés en las finanzas del gobierno".

La transferencia de la tutela generalmente incluye:

- Estándares de la industria;
- Norma Nacional de Metrología;
- Acuerdo contractual entre las partes para transferir la custodia; y
- Regulaciones Gubernamentales e Impuestos.

Debido al alto nivel de precisión requerido en las aplicaciones de transacciones comerciales, los medidores de flujo utilizados para este fin deben estar aprobados por una organización como el American Petroleum Institute (API). Las transferencias de depósito pueden tener lugar en varios puntos del curso; Estas actividades pueden incluir operaciones, transacciones o transferencias de petróleo desde una plataforma de producción de petróleo a barcos, barcazas, trenes, camiones y también un destino final, como una refinería.

Para cumplir con las normas y/o acuerdos y lograr la máxima precisión, todas las partes involucradas en el proceso de distribución de combustible (vendedores y compradores, servicios de transporte y almacenamiento, servicios de impuestos) deben seguir los procedimientos de transferencia de título, las medidas apropiadas y la documentación relacionada con las actividades deben implementarse

completamente. Las mediciones de transferencia de depósito implican mediciones en tuberías, tanques de almacenamiento, tanques de transporte (camiones cisterna, remolques o tanques de almacenamiento ferroviarios). Todo el proceso de entrega de combustible debe ser rastreable. En orden, las mediciones se pueden realizar en unidades de volumen o masa (o ambas), por lo que comúnmente se utilizan varios métodos de medición.

El volumen actual de producto almacenado en un tanque se puede calcular utilizando un gráfico de capacidad del tanque (a veces llamado "gráfico de calibre del tanque") junto con los niveles y temperaturas actuales del producto en el tanque. Las tablas de capacidad del tanque contienen datos sobre el nivel y el volumen apropiados en el tanque y tienen un gran impacto en la precisión general de los cálculos de volumen. La precisión típica de la tabla de capacidad para las transferencias de custodia es de 0,05 a 0,1 por ciento. La configuración inicial, la precisión y los cambios en la vida útil del tanque (como la inclinación o los sedimentos) afectan la precisión del gráfico de volumen y deben revisarse periódicamente. Algunas tablas de capacidad son multidimensionales y almacenan datos adicionales, como la lista de tanques de un buque y/o se utilizan en sistemas automatizados de cálculo de masa/volumen.

## **IV.2 Precisión.**

Conforme a la ISO 57251, la precisión de los instrumentos de medición se define como "la proximidad entre el resultado de una prueba y un valor de referencia aceptado". El término "exactitud" incluye tanto el error sistemático como el sesgo. Cada dispositivo tiene especificaciones de precisión publicadas por el fabricante y su precisión ha sido probada. La incertidumbre de la medición tiene en cuenta todos los factores en el sistema de medición que afectan la precisión de esta. La precisión del caudalímetro se puede utilizar en dos sistemas de medición diferentes que, en última instancia, tienen diferentes incertidumbres calculadas debido a otros factores en el sistema que afectan los cálculos de caudal. Tratar de lograr la precisión en un sistema de transacciones comerciales requiere una atención meticulosa a los detalles.

En México, la Comisión Reguladora de Energía (CRE) controla los estándares que se deben cumplir para el comercio.

### **IV.3 Transferencia de custodia para Líquidos.**

Las Transacciones Comerciales para Mediciones de Flujo de Líquidos siguen las pautas establecidas por ISO. Por consenso de la industria, la medición del flujo de líquido se define como una incertidumbre de medición general de  $\pm 0,25$  % o superior. La incertidumbre general se deduce de la combinación estadística apropiada de las incertidumbres de los componentes del sistema de medición.

#### **Modo de medición.**

- Medición de volumen o masa: La medición del caudal de líquido suele realizarse en unidades de volumen o masa. Los volúmenes se utilizan normalmente para operaciones de carga de camiones cisterna independientes, mientras que los volúmenes se utilizan para oleoductos de campos múltiples o en alta mar con requisitos de asignación.

Medición de masa e informes realizados por:

- Medición de caudal volumétrico (p. ej., por medidor de turbina o ultrasónico) y densidad de líquido
- Medición de masa directa con Coriolis
- Muestreo del sistema de caudalímetro

En la medición de caudal, se utiliza un sistema de muestreo automático de caudal para la determinación del contenido medio de agua, densidad media y para fines analíticos. El sistema de muestreo debe cumplir en gran medida con la norma ISO 3171. El sistema de muestreo es una parte importante de la medición de flujo. Cualquier error debido al error de muestreo introducido generalmente tendrá un efecto directo y lineal en la medición general.

#### **Medición de temperatura y presión.**

La medición de temperatura y presión son factores importantes para considerar cuando se realizan mediciones de flujo de fluidos. Los puntos de medición de temperatura y presión deben ubicarse lo más cerca posible del medidor, en relación con su condición en la entrada del medidor. Las mediciones de temperatura que afecten la precisión del sistema de medición deberán tener una precisión de bucle global de  $0,5$  °C o más y las lecturas correspondientes deberán tener una resolución de  $0,2$  °C o más.

Los controles de temperatura se realizan con un termómetro certificado para usar termopozos. Las mediciones de presión que afectan la precisión del sistema de medición deben tener una precisión de bucle general de 0,5 bar o superior, y la lectura correspondiente debe tener una resolución de 0,1 bar o superior.

#### **IV.4 Transferencia de custodia de gas.**

La transferencia de depósito de medición de caudal de gas sigue los lineamientos establecidos por organismos internacionales. Por consenso de la industria, la medición del flujo de gas se define como la medición del flujo másico con una incertidumbre general de  $\pm 1,0\%$  o superior. La incertidumbre general se deduce de la combinación estadística apropiada de las incertidumbres de los componentes del sistema de medición.

##### **Modo de medición.**

Unidades de volumen o masa: Todas las mediciones de flujo de gas se realizarán en corrientes de gas monofásicas, con mediciones en unidades de volumen o masa.

##### **Densidad del gas.**

La densidad del gas en el manómetro se puede determinar mediante:

- Medición directa continua, utilizando un densitómetro en línea
- Cálculo, utilizando una ecuación de estado reconocida junto con mediciones de temperatura, presión y composición del gas.

La mayoría de las industrias prefieren utilizar la medición continua de la densidad del gas. Sin embargo, ambos métodos se pueden usar al mismo tiempo y la comparación de sus respectivos resultados puede proporcionar una confianza adicional en la precisión de cada método.

#### **IV.5 Mejores prácticas.**

En cualquier aplicación de transferencia de custodia, la incertidumbre verdaderamente aleatoria tiene la misma probabilidad de beneficiar a ambas partes, el efecto neto debe ser cero y no se debe evaluar la

precisión y repetibilidad de la medición. La precisión y la repetibilidad de las mediciones son de gran valor para la mayoría de los proveedores porque muchos usuarios instalan medidores de prueba. El primer paso en el diseño de cualquier sistema de transferencia de propiedad es identificar las expectativas comunes del proveedor y del usuario para el desempeño de la medición en todo el rango de flujo. La determinación de estas expectativas de desempeño mutuo debe ser realizada por aquellos que entienden claramente todos los costos de las disputas de medición causadas por la mala repetibilidad. El segundo paso es cuantificar las condiciones de funcionamiento incontrolables. Para mediciones de flujo, estos pueden incluir:

- Cambios esperados en la temperatura ambiente;
- Presión de línea estática máxima;
- Presión de línea estática y variación de temperatura;
- Caída de presión permanente máxima admisible; Capítulo
- Reducción de tasas; y
- Frecuencia esperada de flujo y/o variación de pulso.

El tercer y último paso son los procedimientos de selección, instalación y mantenimiento del hardware que garantizarán que el medidor proporcione el rendimiento instalado requerido en las condiciones operativas esperadas (no se puede controlar). Por ejemplo, los usuarios pueden:

- Seleccionar un transmisor de presión estática y/o diferencial que funcione mejor o peor bajo ciertas condiciones operativas reales.
- Calibre el transmisor regularmente o con poca frecuencia.
- Para caudalímetros DP, dimensione el elemento principal para una presión diferencial más alta o más baja (una DP más alta proporciona una mayor precisión, a expensas de una mayor pérdida de presión).
- Elija caudalímetros y transmisores de presión con una respuesta más rápida o lenta.

Mientras que los pasos primero y segundo implican la recopilación de datos, el tercer paso puede requerir cálculos y/o pruebas.

### **Fórmula general para el cálculo de la energía transferida (GNL).**

La fórmula para el cálculo del GNL transferido depende de las condiciones contractuales de venta. Estos pueden relacionarse con tres tipos de contratos de venta según lo definido por Incoterms 2000: venta FOB, venta CIF o venta DES.

En el caso de venta FOB (Free On Board), la energía transferida y facturada se determinará en el puerto de embarque.

En el caso de una venta de CIF (Cost and Freight) o DES (Delivered to Ex-works), la energía transferida y facturada se determinará en el puerto de descarga.

En el contrato FOB, el comprador es responsable de proporcionar y mantener un sistema de medición de transacciones comerciales a bordo del buque para determinar el volumen, la temperatura y la presión y el vendedor es responsable de proporcionar y mantener el sistema de medición de transacciones comerciales en la terminal nivel de mercancías, como el muestreo. y análisis de gases. Para contratos CIF y DES, la responsabilidad es reembolsable.

El Comprador y el Vendedor se reservan el derecho de verificar la precisión de cada sistema provisto, mantenido y operado por el otro. La transferencia de energía generalmente se determina en presencia de uno o más inspectores, el gerente de carga del buque y el representante del operador de la terminal de GNL. También puede estar presente un representante del comprador.

En todos los casos, la energía transmitida se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$E = (VLNG * DLNG * GVCLNG) * \text{Trnasferencia de Egas} \pm \text{Egas a ER (si corresponde)}$$

Donde:

E = Total energía neta transferida desde la instalación de carga al buque metanero, o desde el buque metanero a la instalación de descarga.

VLNG = Peso de GNL cargado o descargado en volumen.

DLNG = Densidad del GNL cargado o vacío, [kg/m<sup>3</sup>]

GCVLNG = valor calorífico total del GNL cargado o descargado en millones [BTU/kg]

E gas desplazado = Energía real del gas desplazado, también en millones de BTU, es decir: entregada por el buque metanero de regreso a tierra durante la carga (volumen de gas en la carga tanques se reemplaza por el mismo volumen de GNL cargado), O, el gas recibido por el transportador de GNL en sus tanques de carga durante la descarga para reemplazar el GNL que se ha descargado.

E (gas a ER) = En caso afirmativo, energía de gas consumida en la sala de máquinas de un buque metanero entre el comienzo y el final de las visitas comerciales, es decir, utilizada por el buque utilizado en el puerto, o:

+ Para transbordo de GNL o

- Para transferencia de descarga de GNL

## Regulaciones en México.

### Controles volumétricos SAT.

Desde el 1 de enero de 2022, las organizaciones involucradas en el manejo de petróleo o hidrocarburos, tanto para consumo propio como para venta, deberán emitir y presentar informes de control de volumen a la Administración Tributaria (SAT). La mayoría de las empresas de la industria energética conocen esta regulación, pero existe un riesgo inminente de que las empresas de otras industrias que utilizan hidrocarburos y derivados del petróleo en sus operaciones diarias no sean conscientes de que la regulación se aplica a todas las industrias.

Los sujetos pasivos del control de volumen son aquellos cuya actividad "...almacena gasolina, gasóleo, turbosina, fuel oil y sus mezclas, gas licuado de petróleo y propano para sus propias necesidades de acuerdo con la aprobación de la Agencia Reguladora de la Energía (EEA) siempre que consuman el producto petrolífero en un volumen mayor o igual a 75.714 litros (20.000 galones) por año y por mes." Se entiende que la aplicación de esta norma la realizaron primero las propias empresas del sector energético, pero el 9 de marzo de 2022 se trasladaron las obligaciones a la referida compra mediante resolución modificatoria de la Resolución Miscelánea para el ejercicio fiscal 2022. mencionado Cualquier empresa de productos petrolíferos (Diesel, gasolina y gas natural) en el ramo. La mención más común de LP en el catálogo de hidrocarburos y productos petrolíferos).

La Resolución agrega nuevas obligaciones a las empresas de todos los sectores que utilicen los hidrocarburos (Figura V.2.), antes mencionados en sus actividades diarias para consumo propio; Para ello, deben obtener un permiso de la CRE, que incluye actividades de compra, almacenamiento y venta para su propio uso.

El análisis en las licencias de uso propio otorgadas a la CRE, sugiere que siempre que se cumplan los supuestos anteriores, el SAT requerirá que estas industrias cumplan con los informes de control de volumen. En este sentido, es necesario analizar las actividades para determinar si no cumplen con los requisitos, teniendo en cuenta que la ausencia de una licencia de CRE no exime de la presentación de informes de control de volumen. La organización debe evaluar por sí misma si es necesario obtener un permiso de autoconsumo de la CRE.





Figura IV.1; Esquema sectores necesitados de combustibles.

Como se puede observar en la figura anterior, las empresas de subsectores como transporte, minería, agricultura, manufactura, comercio y construcción utilizan derivados del petróleo en sus operaciones y están obligadas a reportar controles de volumen si su consumo es igual o superior a estos.

Para cumplir con la obligación de presentar informes de control de cantidad, las empresas sujetas a las disposiciones anteriores deberán contar con sistemas para controlar los hidrocarburos y evitar la manipulación o intervención humana en la contabilidad (control de inventario). Todas las empresas de la industria energética y superior deben revisar la normativa para determinar si se aplican las obligaciones, evitando así posibles sanciones por incumplimiento.

Esto se menciona ya que tendrá relación con el caso de estudio que se analizará.

## Capítulo V. Confirmación Metrológica y sus componentes

La confirmación metrológica busca asegurar que se demuestre, controle, mantenga y documente la correcta forma de los equipos e instrumentos de medición para su uso. Esto contempla actividades como mantenimiento, ajuste, verificación, calificación y calibración según los requisitos metrológicos del equipo e instrumento considerando el rango, resolución, errores permitidos y capacidad de medición y calibración.

### Aspectos de la estructuración.

El LDSP define los criterios para la estructura del plan de confirmación metrológica y esta toma en cuenta:

- Clasificación general de las familias de equipos: Establece claramente las magnitudes que maneja cada familia.
- Criticidad del equipo vs OCM (Operaciones de Confirmaciones Metrológica) aplicables: Esta permite definir las OCM aplicables al equipo
- Intervalo-Intervalo de uso específico: Establece los intervalos de operación del equipo requeridos para la actividad o ensayo en los cuales va a ser utilizado
- Criterios de selección de proveedores y requisitos de trazabilidad metrológica para las OCM: Son importantes ya que establecen claramente los criterios aplicables para la selección de proveedores para las diferentes OCM

### Contratos.

Los códigos y reglamentos de peso y las medidas nacionales controlan los requisitos de venta al por mayor y al por menor para facilitar el comercio justo. Las regulaciones y los requisitos de precisión varían ampliamente de un país a otro y de un producto a otro, pero todos tienen una cosa en común: la "trazabilidad". Siempre hay un proceso de validación definido donde el medidor de servicio se compara con un estándar que se puede rastrear hasta la autoridad de metrología legal en la región respectiva.

## Capítulo VI. Caso de Estudio.

La necesidad energética actual depende principalmente de combustibles fósiles, los cuales podemos encontrarlos de forma muy sencilla en nuestra vida cotidiana, como lo sería el uso de gasolina para nuestro vehículo o gas natural para nuestras casas. Dicha necesidad va incluso más allá del pensamiento de cualquier persona necesitando combustibles para generar energía, transporte de mercancías, aeropuerto (para el caso de la turbosina). Lo cual deja en entendido la importancia que tiene un correcto suministro de los volúmenes de combustible requerido para cualquier sector y/o actividad.

### V.1 Caso de Estudio.

Se analizará el siguiente caso de estudio en el cual se plantea una problemática común en la comercialización de hidrocarburos.

Se tiene la necesidad de transportar hidrocarburo del Punto A al Punto B (Planta deshidratadora), donde se elimina el agua congénita y la salinidad del crudo llegando al porcentaje especificado, para la realización de procesos internos en el Punto B (que para términos prácticos será mencionada como Planta A) (Figura VI.1.). Dicha entrega estará condicionada a los procesos internos que se realizan en el lugar, lo cual requiere diferentes volúmenes de hidrocarburo en diferentes periodos de tiempo.



Figura VI.1; Fotografía Planta A.

### **Antecedente 1.**

Años atrás la necesidad de hidrocarburos líquidos de la Planta A era suministrada por una planta privada, ya que hacerlo de esta manera reducía costos y tiempos de entrega. Era una práctica muy común y sencilla que garantizaba el funcionamiento de los procesos de la Planta A.

Durante ese periodo de tiempo no existió en ninguna entrega de combustible faltante o sobrante del hidrocarburo solicitado y mucho menos un rechazo de la molécula por parte del Planta A.

Indagando en el histórico de la central se tiene el supuesto que la terminal privada absorbía los costos generados por faltante de hidrocarburo en cada entregara realizada.

Desafortunadamente para esta práctica se autorizó un cambio de legislación en el país, la cual establecía lo siguiente:

*“Se limita la compra de hidrocarburos al sector privado para el uso energético nacional”*

Lo que provocó que esta práctica realizada por la Planta A fuera prohibida en su totalidad, causando que todos los contratos ya antes establecidos tenían que ser finalizados lo antes posible.

### **Antecedente 2.**

Investigando en la Planta A se encontró que se instalaron medidores de flujo de tipo turbina por parte del privado para obtener de forma exacta la cantidad de litros de combustible recibidos y así calcular los litros faltantes a pagar.

### **Antecedente 3.**

Dado al cambio de políticas del país se opta por el cambio a una empresa paraestatal para realizar el suministro a la Planta A, pero comienzan a aparecer faltantes de hidrocarburo.

¿Dónde están esos hidrocarburos faltantes?

En cada una de las entregas realizadas por el transportista 1 se tiene un faltante importante en el autotanque. Por procedimiento de la central no acepta la factura emitida por el transportista ya que el

volumen de hidrocarburo entregado y solicitado no es el mismo, así que decide cobrar el faltante al transportista.

Pero el transportista ya no está dispuesto a pagar más pérdidas y decide rescindir el contrato existente.

### Licitación.

Por la necesidad de cubrir el volumen de hidrocarburo necesario se decide realizar licitaciones para que transportistas ofrezcan sus proyectos y llegar a acuerdos comerciales.

Lamentablemente no hay interesados en la licitación, lo que genera un problema comercial ya que no se puede incumplir con el contrato de suministro.

Se convoca a una nueva licitación y se harán las necesarias de acuerdo con el proceso interno de la empresa.

Después de algún tiempo se consigue un nuevo transportista de una empresa 100% confiable, pero después de la primera descarga se presenta faltante, así como en las siguientes 4 entregas. Nuevamente el faltante se cobra al transportista.

Se muestra la siguiente tabla con las ganancias y pérdidas por parte del transportista.

Tabla V.1; Ganancias vs Perdidas del Transportista 1.

	<b>Ganancias</b>	<b>Perdidas</b>
<i>Entrega 1</i>	\$ 625,648	\$ 24,378
<i>Entrega 2</i>	\$ 625,648	\$ 26,382
<i>Entrega 3</i>	\$ 625,648	\$ 29,028
<i>Entrega 4</i>	\$ 625,648	\$ 21,267
<i>Entrega 5</i>	\$ 625,648	\$ 24,923
<i>Total</i>	\$ 3,128,240	\$ 125,978

\*Precios en pesos mexicanos

Por la experiencia obtenida en el pasado se sabe que no hay más transportistas, así que decide cuidar al transportista buscando solución al problema presentado.

Para el cual se plantean los siguientes escenarios posibles que podrían ser causantes del faltante:

- Controles volumétricos
- Evaporación
- Mala calibración
- Accidente del tonel

- Abolladura
- Alteración de la sisa
- Robo de combustible

### **Trayecto.**

EL recorrido a seguir para llevar el combustible del Punto A al Punto B se encuentra a 2 horas de distancia sin un cambio significativo en la temperatura.

### **Descarga.**

Mala calibración del medidor, pérdida en línea, desperdicio por goteo, diferencia de temperatura en la carga y la descarga (Figura VI.2.).



Figura VI.2; Fotografía Cuenta litros Planta A.

### **Procedimiento de recepción Planta A**

De acuerdo con la ley la Planta A de procesos recibe los combustibles necesarios con un procedimiento Estándar corrección de volumen con el método de calibración de PEMEX, “Tablas de correlación i94 PEMEX” la cual se explicará a continuación.

#### **Tablas de correlación i94 PEMEX**

Se utiliza un factor de corrección de volumen para corregir el volumen observado a un volumen correspondiente a las condiciones estándar de temperatura y presión (condiciones de referencia) y se utiliza en el comercio normal como referencia para obtener mediciones de volumen razonables. Las series de correlaciones específicas, conocidas como tablas de calibración PEMEX i94, se aplican al

petróleo crudo, productos refinados o aceites lubricantes que son líquidos en condiciones normales de operación. Esta norma especifica un procedimiento mediante el cual las medidas de densidad de estos productos pueden corregirse a una densidad correspondiente a la condición base bajo cualquier temperatura y condiciones de presión. La norma también proporciona un método para lograr la conversión en condiciones de temperatura variable.

La forma básica del factor de corrección es el resultado de una serie de ecuaciones derivadas y basadas en una serie de datos empíricos sobre cambios de volumen de hidrocarburos en un amplio rango de temperaturas y presiones. En forma tradicional, estos factores se enumeran en una tabla llamada indicador de aceite.

Su uso es muy sencillo ya que solo necesitaremos solamente de la densidad en  $\text{kg/m}^3$  del petrolífero una vez ubicada dicha densidad en las tablas de calibración se debe de buscar la temperatura a la que se encuentra el petrolífero una vez encontrados ambos datos se obtendrá un valor el cual es el factor de corrección de volumen a 20 °C.

#### Procedimiento de recepción

En lo que corresponde al proceso de recepción de hidrocarburos en este caso particular la recepción del combustible transportado en autotanque, por lo general se cuenta con al menos los siguientes procesos:

- Inspección física de sellos
- Correlación de folio de sellos con factura
- Se garantiza no alteración

El cual de forma simple sigue la siguiente matriz de procesos de acuerdo al flujo de actividades (Figura VI.3.) y requerimientos contractuales y de ley para garantizar la descarga segura confiable y efectiva del producto transportado. Dicho flujo de actividades explica de forma muy sencilla si se procede, o no con la descarga.

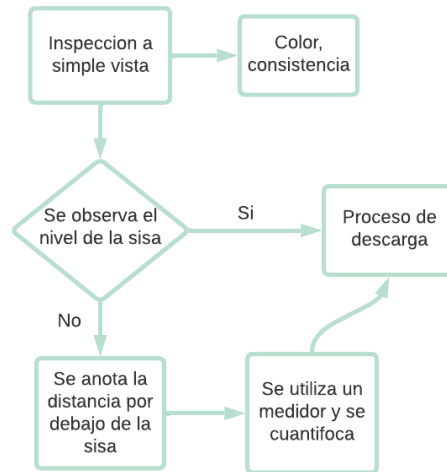


Figura VI.3; Flujo de actividades en procedimiento de descarga.

**Visita 1.**

Se realiza una primera visita para la revisión de la Planta A, debido a que se sigue presentando faltante de hidrocarburo en la entrega final. El transportista menciona que ya no quiere continuar, en forma de solución se comenta que, si es un individuo “honesto”, además si, sus procedimientos van conforme a lo establece la ley y es todo de forma legal y correcta, pague un medidor de flujo debidamente calibrado.

El objetivo de esta decisión es que al ser medidor propio del transportista estará aceptando la medida que se registre en su medidor y con las lecturas recabadas por el medidor del transportista se vea obligado a aceptar el volumen faltante si fuera el caso en próximas entregas de combustible.



Figura VI.4; Fotografía transportista visita #1.



Figura VI.5; Fotografía sello de seguridad tapa del tonel.



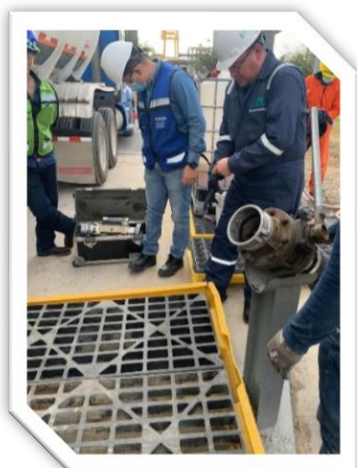


Figura VI.6; Fotografía equipo de descarga.

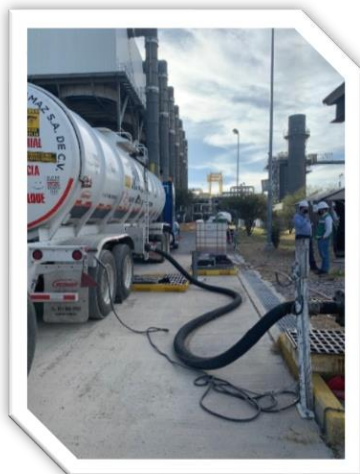


Figura VI.7; Fotografía durante la descarga.

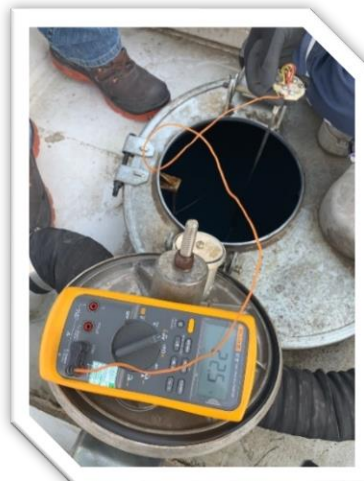


Figura VI.8; Fotografía toma de temperatura del hidrocarburo.

## Visita 2.

Para la segunda visita fue instalado de forma correcta el medidor acordado en la visita anterior, el cual se encuentra debidamente colocado y calibrado. Se localiza en el punto de salida del hidrocarburo en la parte inferior del tonel del autotanque. Dicha acción por parte del transportista nos brindó la primera solución factible a la problemática presentada.



Figura VI.9; Fotografía medidor del transportista.

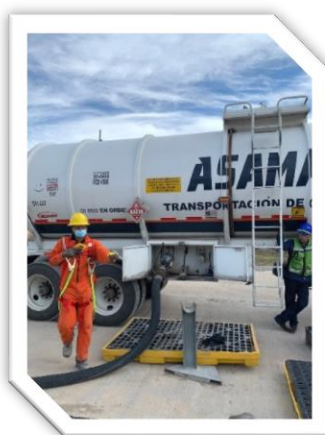


Figura VI.10; Fotografía autotanque en descarga.

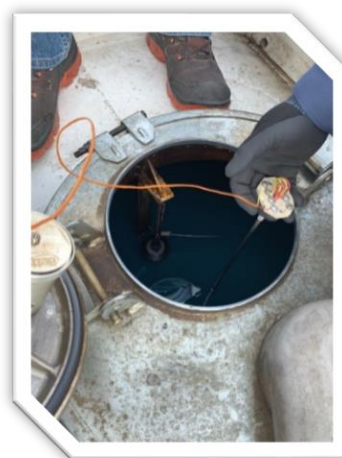


Figura VI.11; Fotografía nivel de la sisa.



Figura VI.12; Fotografía transportista visita #2.



Figura VI.13; Fotografía operador midiendo sisa.

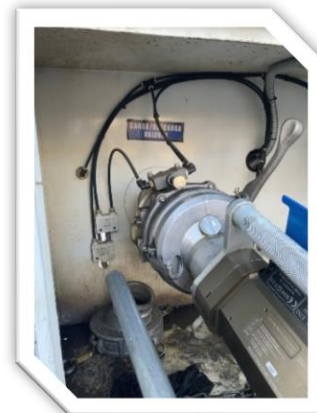


Figura VI.14; Fotografía del equipo de descarga.

### Solución 1.

En la entrega de combustible tanto el medidor fiscal y el medidor del transportista difiere en tan solo 7 litros ya no son los 400 litros como en ocasiones pasadas, lo que hace rentable el proceso y se acepta la medición por ambas partes. Lo que lleva a un cambio de procesos de recepción de hidrocarburos en la Planta A para fiscalizar el primer medidor.



Figura VI.15; Fotografía inspección de los sellos de seguridad del autotanque.



Figura VI.16; Fotografía medidor del transportista durante la descarga.

### Problemas de medición observados en la Planta A

- Toma de temperatura del combustible con termómetro digital no calificado.
  - Se solicito termopar calificado disponible para próximas entregas.

- Medición de la longitud de la sisa con regla escolar.
  - Se solicitó contar con una regleta vernier calificada con el fin de mitigar errores.



Figura VI.17; Fotografía instalaciones de recibo.

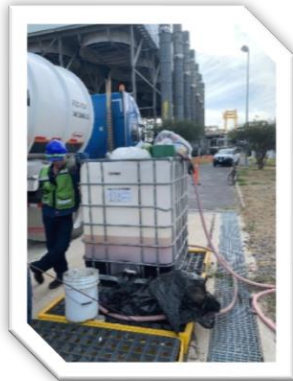


Figura VI.18; Fotografía tanque de recibo.



Figura VI.19; Fotografía instalaciones durante la descarga.

### Solución 2.

Se registró en la segunda medición un faltante en tonel de 7 litros, por otra parte, se obtuvo un sobrante de 6 litros en el segundo tonel. Por tal motivo se decide realizar la modificación y aceptación de la entrega del volumen completo de combustible por parte del transportista.

En caso contrario si no se llegasen a aceptar el volumen de hidrocarburo transportado por los transportistas en los autotanques, esto se debe principalmente a que la empresa paraestatal dueña de la planta A, no acredita el volumen por medio de la sisa.

### Solución 3.

Finalmente se cuenta con otra alternativa para minimizar lo mejor posible la pérdida de combustibles durante el transporte la cual es cargar combustible en empresas privadas, las cuales debido a la dura competencia del mercado de transporte de hidrocarburos cuentan con medidores los cuales otorgarán una medición más exacta y precisa. El inconveniente principal de esta solución son los costos asociados al transporte, carga y descarga del combustible solicitado por las empresas privadas. Por lo que esta solución es solamente parcial al problema ya que, en proyecciones económicas, el precio del transporte y volumen de hidrocarburo perdido durante el transporte es menor a los costos esperados al contratar el servicio con prestadores privados.

## Conclusiones

Es necesaria una mejora en equipos e instrumentos utilizados en la carga y descarga de combustibles, ya que, sin estos la compra y venta, el traslado y producción de hidrocarburos serán ineficientes, tanto económicamente llegando a afectar todo lo anterior, así como el proceso de extracción de los mismos e impidiendo de igual forma la producción, dando un mesurado mal calculado y por último el transporte que hace más lento el proceso. En función de la densidad y temperatura de los combustibles, no se debería variar mucho por tiempo (extracción y producción) y distancia (transporte) en la que se llevan a cabo estos procesos.

Una de las partes mas importantes que terminan dando sentencia a lo que será su comercialización es la medición y la incertidumbre del mensurado, siendo este su determinante sobre su compra. Habiendo varios tipos de incertidumbre que dan pauta a este juicio. Entre estos términos se encuentra la calibración y la trazabilidad, el primero diciendo la medición más exacta del mesurado y el segundo, el proceso donde se sigue toda la cadena de valores. A todo lo anterior se le suman los medidores de flujo que tienen que ser los mas precisos posibles, justo para poder transportar los líquidos o gases.

Además de los medidores de flujo se encuentran los ductos, estos son algo esencial y se necesita una buena construcción de estos para evitar cualquier problema futuro, tanto así que los soldadores pueden llegar a necesitar capacitación. Su construcción igualmente depende de las condiciones, ya sea lo que se moverá por ellos (gas, petróleo o líquidos), la presión por la que fluirá, su recubrimiento para evitar corrosiones y donde se construirá para poder analizar el terreno. Varias organizaciones niegan la información de este tipo, esto significa que la autoridad responsable niega sistemáticamente la información separada sobre la infraestructura de hidrocarburos con el argumento de que es probable que se produzcan daños específicos y actuales, por esto y por ejemplo, Pemex se divide en diferentes sistemas de infraestructura de transporte.

Otra forma de transporte además de los ductos hay vehículos, algunos como el autotank que puede cargar material toxico, el buquetank siendo diseñada para transportar petróleo crudo, uno importante para la producción del mismo. Y para esto se dividen en dos clasificaciones: buques de petróleo crudo y buques de productos, este último transportando ya petróleo convertido listo para distribución.

También se incluyen de manera importante los INCONTERMS que regulan toda compra y venta, marcando quien es responsable del cargador y receptor de la mercancía, así también dan provisión de documentos para reclamos.

Después de las revisiones realizadas se puede suponer que la desaparición de combustible durante el transporte se debió a actividades irregulares durante el transporte, las soluciones propuestas pretenden a dar una solución definitiva, económica, rápida y eficaz. Sin embargo, la responsabilidad de los

hidrocarburos transportados debe de ser para quien los tenga en su poder en cada momento de la cadena de valor, por lo que la solución dada contractualmente es algo justo y eficaz.

El transporte es uno de los factores más importantes a tener en cuenta en este tipo de actividades, ya que en cierta medida depende su rentabilidad. Se debe utilizar el modo de transporte correcto para optimizar la ruta del combustible.

## Anexos.

### Anexo 1 Normas Oficiales Mexicanas aplicables en temas de transporte y comercialización de hidrocarburos.

- [1] *NOM-020-SCT2/1995: Requerimientos generales para el diseño y construcción de autotanques destinados al transporte de materiales y residuos peligrosos, especificaciones SCT 306, SCT 307 y SCT 312.*
- [2] *NOM-002-SCT2/1994: Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados.*
- [3] *NOM-004-SCT2/1994: Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.*
- [4] *NOM-023-SCT2/1994: Información que debe contener la Placa Técnica que deben portar los autotanques, cisternas portátiles y Recipientes Metálicos Intermedios a Granel (RIG) que transportan sustancias, materiales y residuos peligrosos.*
- [5] *NOM-006-SCT2/1994: Aspectos básicos para la revisión ocular diaria de la unidad destinada al autotransporte de materiales y residuos peligrosos.*
- [6] *NOM-005-STPS/1998: Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.*
- [7] *NOM-020-STPS/2011: Recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas - Funcionamiento - Condiciones de Seguridad.*
- [8] *NOM-003-SCT/2008: Características de las etiquetas de envases y embalajes, destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.*
- [9] *NOM-005-SCT/2008: Información de emergencia para el transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.*
- [10] *NOM-009-SCT2/2009: Especificaciones especiales y de compatibilidad para el almacenamiento y transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 1 explosivos.*
- [11] *NOM-012-SCT2/2008: Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal.*
- [12] *NOM-018-SCT2/1994: Disposiciones para la carga, acondicionamiento y descarga de materiales y residuos peligrosos en unidades de arrastre ferroviario.*
- [13] *NOM-019-SCT2/2004: Disposiciones generales para la limpieza y control de remanentes de sustancias y residuos peligrosos en las unidades que transportan materiales y residuos peligrosos.*
- [14] *NOM-024-SCT2/2010: Especificaciones para la construcción y reconstrucción, así como los métodos de ensayo (prueba) de los envases y embalajes de las sustancias, materiales y residuos peligrosos.*
- [15] *NOM-010-SCT2/2009: Disposiciones de compatibilidad y segregación para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.*
- [16] *NOM-046-SCT2/2010: Especificaciones y características relativas al diseño, construcción, inspección y pruebas de cisternas portátiles de gases licuados no refrigerados.*

## Bibliografía.

- [1] Desconocido, Instrumentación y control. “Caudal-Flujo: Medidores másicos”, Septiembre del 2009. Disponible en: <https://instrumentacionycontrol.net/caudal-flujo-medidores-masicos/> [Consultado Septiembre 2023]
- [2] Bustillos, Omar. “Instrumentalización Industrial”, Noviembre del 2001. [24 de mayo 2016] [Online]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/66336064/85/Medidores-de-flujo-de-desplazamiento-positivo> [Consultado Marzo 2022]
- [3] Garcia Gutierrez L. 2010 “Teoría de la medición de caudales y volúmenes de agua e instrumental necesario”, [Online]. Disponible en: <https://www.tecpa.es/medidores-de-caudal-en-edar/> [Consultado Marzo 2022]
- [4] Escuela de Ingeniería Eléctrica. Departamento de Sistemas y Automática. Instrumentación de Procesos Industriales [Online]. Disponible en <https://instrumentacionuc.wixsite.com/facultad-ingenieria/copia-de-piston-alternativo> [Consultado Abril 2022]
- [5] Bustillos, Omar. “Instrumentalización Industrial”, Noviembre del 2001. [24 de mayo 2016] [Online]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/66336064/85/Medidores-de-flujo-de-desplazamiento-positivo> [Consultado Marzo 2022]
- [6] Garcia Gutierrez L. 2010, “Teoría de la medición de caudales y volúmenes de agua e instrumental necesario”, [Online]. Disponible en: <https://www.tecpa.es/medidores-de-caudal-en-edar/> [Consultado Junio 2022]
- [7] Escuela de Ingeniería Eléctrica, Departamento de Sistemas y Automática Instrumentación de Procesos Industriales [Online]. Disponible en: <https://instrumentacionuc.wixsite.com/facultad-ingenieria/copia-de-medidor-magnetico> [Consultado Abril 2022]
- [8] Víctor Escandón Beltrán, Brahayan Sierra Garcia, “Calibración de medidores”, Universidad De Cartagena Facultad De Ciencias Exactas Y Naturales Programa Tecnología En Metrología Industrial Cartagena De Indias D.T. Y C; 1er edición.
- [9] R.C.Baker. “Flow Measurement Handbook: Industrial Designs, Operating Principles, Performance, and Applications”, Third Edition, (Estados Unidos 2016)
- [10] Serena Doria, “Elementos primarios de caudal – Placas de orificio” [Online]. Disponible en: <https://www.bloginstrumentacion.com/productos/caudal/elementos-primarios-de-caudal-placas-de-orificio/> [Consultado Julio 2022]
- [11] Desconocido, “Medición de caudal de fluidos mediante aparatos de presión diferencial. Parte 1: diafragmas, toberas y tubos de Venturi intercalados en conducciones en carga de sección circular” (ISO 5167 – 1ra Edición, 1991).
- [12] Sara Isabel Parra, Julio Mario Rueda, “Cells Manual De Medición De Hidrocarburos” Capitulo 5 medición Dinámica, 2 edición 2008.
- [13] Rodolfo Savala, “Medidor Caudal Electromagnético”, República Bolivariana de Venezuela Instituto Universitario Politecnico, Extension Valencia, Agosto 2013.
- [14] Jorge Ramírez-Beltrán, “Esquema de un caudalímetro ultrasónico basado en el tiempo de tránsito”. Edición Enero 2011.
- [15] Vapor para la industria, “Uso De Ultrasonidos Para Medir Caudales En Tuberías En Sistemas De Vapor”, Febrero 12, 2020 [Online]. Disponible en: <https://vaporparalaindustria.com/uso-de-ultrasonidos-para-medir-caudales-en-tuberias-en-sistemas-de-vapor/> [Consultado Febrero 2022]
- [16] Medidores de flujo, “¿Qué son y como funcionan?”, Enero 23, 2020 [Online]. Disponible en: <https://www.badgermeter.com/es-es/blog-es-es/medidores-de-flujo-que-son-y-como-funcionan/#:~:text=Los%20medidores%20de%20flujo%20aportan,aceite%2C%20gases%20y%20otros%20%C3%ADquidos.>
- [17] M Espinoza Ponce, “Tipos de tubos” Mayo 8, 2016, [Online]. Disponible en: <https://steemit.com/stem-espanol/@yreudy/como-leer-un-tubo-api-parte-ii-tipo-de-tubo> [Consultado Mayo 2022]
- [18] Vorkauf, “Válvulas de recirculación automática ARV”, edición 2020 [Online]. Disponible en: <https://vorkauf.es/producto/valvulas-recirculacion-automatica-arv/> [Consultado Mayo 2022]
- [19] Perfect Value, Válvulas de bola, 2017 [Online]. Disponible en: <https://perfect-valve.com/es/product/pressure-ball-valves/> [Consultado Mayo 2022]



- [20] Perfect Value, “Válvulas de sello de presión”, 2009 [Online]. Disponible en: <https://perfect-valve.com/es/product/pressure-seal-valves/> [Consultado Mayo 2022]
- [21] Franco Instrumentación, “Válvula alivio presión vacío”, agosto 2022 [Online]. Disponible en: <https://franko.com.mx/productos/alivio-de-presion/valvula-alivio-presion-vacio/informacion-general> [Consultado Mayo 2022]
- [22] Genebre, “Válvulas de Mariposa”, 2022 [Online]. Disponible en: <https://www.genebre.org/valvula-mariposa-tipo-lug-din-con-reductor-manual> [Consultado Mayo 2022]
- [23] Fiorella Representaciones S.A.C., “Válvula Globo Inoxidable Clase 150 Bridada”, [Online]. Disponible en: <https://www.fiorellarepre.com.pe/VALVULA-GLOBO-INOXIDABLE-CF8M-%28316%29-CLASE-150-BRIDADA/856544> [Consultado Junio 2022]
- [24] Tubos ABC, “Válvulas de Sello de Presión, Estr. do Koyama 2802 Recreio Bela Vista Suzano” [Online]. Disponible en: [https://www.tubosabc.com.br/valvulas/valvulaspressureseal/?doing\\_wp\\_cron=1678831509.6212499141693115234375](https://www.tubosabc.com.br/valvulas/valvulaspressureseal/?doing_wp_cron=1678831509.6212499141693115234375) [Consultado Junio 2022]
- [25] Grainger, “Válvula de Compuerta, Clase 150, Brida” [Online]. Disponible en: <https://www.grupoalmagromur.es/las-valvulas-compuerta-elegirlas-correctamente/> [Consultado Junio 2022]
- [26] Gobierno de México, Mapa “Infraestructura nacional de petrolíferos” [Online]. Disponible en: <https://www.gob.mx/sener/articulos/mapa-infraestructura-nacional-de-petroliferos-31065> [Consultado Agosto 2022]
- [27] Pemex, por el rescate de la soberanía, “Pemex Transformación Industrial ¿Qué hacemos”, [Online] Disponible en: <https://www.pemex.com/nuestro-negocio/tri/paginas/default.aspx> [Consultado Mayo 2023]
- [28] Pemex, por el rescate de la soberanía, “Planes y negocio EPS ¿Qué son y como funcionan?”, [Online] Disponible en: <http://pemexunicom.blogspot.com/2015/11/planes-y-negocios.html?view=mosaic> [Consultado Mayo 2023]
- [29] Diario Oficial de la Federación, NORMA Oficial Mexicana de Emergencia NOM-EM-003-ASEA-2016, Especificaciones y criterios técnicos de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente para el Diseño, Construcción, Pre-Arranque, Operación y Mantenimiento de las instalaciones terrestres de Almacenamiento de Petrolíferos, excepto para Gas Licuado de Petróleo. 2da Edition, Ciudad de México 2020.
- [30] National Fire Protection Association, “Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response”, United States of America, edition 2022.
- [31] Marine Traffic, “Fotografía Port Pegasus” [Online]. Disponible en: [https://www.marinetraffic.com/es/ais/details/ships/shipid:686864/mmsi:477280900/imo:9284001/vessel:PORT\\_PEGASUS](https://www.marinetraffic.com/es/ais/details/ships/shipid:686864/mmsi:477280900/imo:9284001/vessel:PORT_PEGASUS) [Consultado Mayo 2022]
- [32] Trade Winds, “Fotografía Handy size tanker” [Online]. Disponible en: <https://www.tradewindsnews.com/tankers/have-handysize-tankers-reached-the-end-of-the-road-in-europe> [Consultado Mayo 2022]
- [33] Javier Ochoa Provoste, “Fotografía buque Panamax” [Online]. Disponible en: <https://www.diarioconcepcion.cl/economia-y-negocios/2016/08/13/puertos-de-la-region-inician-la-era-de-los-buques-post-panamax.html> [Consultado Mayo 2022]
- [34] Nautic Expo, “Buque de carga buque petrolero” [Online]. Disponible en: <https://www.nauticexpo.es/prod/hyundai-heavy-industries/product-31139-447904.html> [Consultado Mayo 2022]
- [35] Mayka Jimenez, “Fotografía buque Suezmax, Loginews” [Online]. Disponible en: <https://noticiaslogisticaytransporte.com/transporte/23/09/2015/nat-ha-recibido-el-buque-suezmax/55768.html> [Consultado Mayo 2022]
- [36] Nautic Expo, “Buque de carga” [Online]. Pp.24. Disponible en: <https://www.nauticexpo.es/prod/daewoo-shipbuilding/product-30890-240383.html> [Consultado Mayo 2022]
- [37] Nautic Expo, “Proceso de carga buque petrolero” [Online]. Pp.29. Disponible en: <https://www.nauticexpo.es/prod/daewoo-shipbuilding/product-30890-240383.html> [Consultado Mayo 2022]
- [38] Dr. Jaime Rodrigo de Larrucea, “Seguridad Marítima en Buques Tanques Petroleros” (Oil Tankers Safety) pp.7, Tercera edición, Medellín Colombia 2017.



- [39] Milagros Fajardo Montiel, "Transporte, Clasificación y Manejo de Materiales Peligrosos, VSF Industrias SA de CV." Pp. 35 primera edición, México 2009.
- [40] Logística Y Transporte, "Operadores Logísticos Normatividad Certificación Transportistas (SARI)" [Online]. Disponible en: <https://aniq.org.mx/webpublico/logisticaYTransporte.asp> [Consultado Agosto 2022]
- [41] DocPlayer, "Transporte, Clasificación y Manejo de Materiales Peligrosos Milagros Fajardo Montiel VSF Industrias SA de CV," [Online]. Disponible en: [https://es.made-in-china.com/co\\_ckgasequipment/product\\_LNG-Liquid-Oxygen-Semi-Trailer-Road-Tanker\\_eoyuiesug.html](https://es.made-in-china.com/co_ckgasequipment/product_LNG-Liquid-Oxygen-Semi-Trailer-Road-Tanker_eoyuiesug.html) [Consultado Agosto 2022]
- [42] Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario "Atlas del Sistema Ferroviario Mexicano", 27 de enero de 2022, 12va edición, México 2016.
- [43] Mauricio Gallego Gil, "Cisternas para el transporte de mercancías peligrosas", edición 15 de ene de 2014
- [44] Kennedy John, "Oil and Gas pipeline fundamentals", Pennwell nontechnical Series, Tulsa Oklahoma.
- [45] Altendorf, Bloch Jensen, F., Wyss, J., "Medición de caudal" Segunda edición, 2011.
- [46] CENGAS, "Términos y Condiciones para la Prestación de los Servicios SISTRANGAS. México: Sistema de Transporte y Almacenamiento Nacional Integrado de Gas Natural". [Online]. Disponible en: <https://www.gob.mx/cenagas/documentos/el-cenagas-en-su-caracter-de-gestor-independiente-del-sistrangas-pone-a-consulta-los-tcps-del-sistrangas?state=published> [Consultado Marzo 2022]
- [47] Dirección General de Puertos y Costas, "Curso sobre manejo, transporte y almacenamiento de mercancías peligrosas en zonas portuarias". Panamá 1986.
- [48] SENER, "Prospectiva de petrolíferos 2018-2032". [Online]. Disponible en: [https://base.energia.gob.mx/Prospectivas18-32/PPP\\_2018\\_2032\\_F.pdf](https://base.energia.gob.mx/Prospectivas18-32/PPP_2018_2032_F.pdf) [Consultado Marzo 2022]
- [49] BP, "Statistical review of world energy", Report 2021.
- [50] Bes J., "Fletamentos y Términos de Embarque", Asociación de Navieros Españoles, Madrid, Madrid España 1982.
- [51] Bolaño Rivadeneira, Javier Pinacho, "Tráfico Marítimo", Fondo Editorial de Ingeniería Naval, 1978. EIA (Energy Information Administration).
- [52] Kumar, Shasi N., "Tanker Facts. Tanker transportation." Lloyd's Register of Shipping. United States of America 2001.
- [53] Carter, JHT; Foolen, J., "Evolutionary developments advancing the floating production, storage, and offloading concept". Journal of Petroleum Technology, (1983-04-01).
- [54] Cochran Ian, "Tanker Operators Top 30 Tanker companies". Tanker Shipping Review. Platou, 2018.
- [55] Cámara de Comercio Internacional, "Incoterms 2000 Reglas oficiales para la interpretación de términos comerciales." Publicación CCI No.560, Comité Español de la CCI, Octubre de 1999.
- [56] KCSM Servicios, "Guía de Campo Para Carros Tanque." Querétaro, México - Primera edición en español (29 de septiembre del 2017).
- [57] Douglas Long, "Logística Internacional Administración de la cadena de abastecimiento global." Limusa, México, 2006.
- [58] CRE, "Manual de Etiquetado, Señalización y Colores de Seguridad." México, Noviembre de 2020.
- [59] Daniel J. Rudroff, "Custody Transfer: The Value Of Good Measurement And The Search For The Truth". Julio 2009 Vol. 236 No. 7.
- [60] Diario Oficial de la Federación. (22 de Octubre de 1998). "NOM-005-STPS-1998, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas." [Online]. Disponible en: [http://diariooficial.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4896858&fecha=22/10/1998](http://diariooficial.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4896858&fecha=22/10/1998) [Consultado MAyo 2022]
- [61] Diario Oficial de la Federación. (05 de Noviembre de 1993). "NOM-004-SCT2/1994, Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos." [Online]. Disponible en: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4798992&fecha=05/11/1993](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4798992&fecha=05/11/1993) [Consultado Mayo 2022]
- [62] Diario Oficial de la Federación. (28 de Junio de 2010). "NORMA Oficial Mexicana NOM-023-SCT2/2011, Información que debe contener la Placa Técnica que deben portar los autotanques, cisternas portátiles y Recipientes Metálicos Intermedios a Granel (RIG) que transportan sustancias, materiales y residuos peligrosos." [Online]. Disponible en: <http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4495/sct/sct.htm> [Consultado Mayo 2022]

- [63] Diario Oficial de la Federación. (23 de Agosto de 1995). "NORMA Oficial Mexicana NOM-006-SCT2/1994, Aspectos básicos para la revisión ocular diaria de la unidad destinada al autotransporte de materiales y residuos peligrosos." [Online]. Disponible en: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4879927&fecha=23/08/1995](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4879927&fecha=23/08/1995) [Consultado Mayo 2022]
- [64] Diario Oficial de la Federación. (18 de Febrero de 2004). "Norma Oficial Mexicana NOM-020-SCT2/2004, Requerimientos generales para el diseño y construcción de autotankes destinados al transporte de materiales y residuos peligrosos, especificaciones SCT 306, SCT 307 y SCT 312" [Online]. Disponible en: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=675947&fecha=18/02/2004](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=675947&fecha=18/02/2004) [Consultado Mayo 2022]
- [65] Diario Oficial de la Federación. (15 de Agosto de 2008). "NORMA Oficial Mexicana NOM-003-SCT/2008, Características de las etiquetas de envases y embalajes, destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos." [Online]. Disponible en: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5056785&fecha=15/08/2008](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5056785&fecha=15/08/2008) [Consultado Mayo 2022]
- [66] Diario Oficial de la Federación. (27 de Diciembre de 2011). "NORMA Oficial Mexicana NOM-020-STPS-2011, Recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas - Funcionamiento - Condiciones de Seguridad." [Online]. Disponible en: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5229908&fecha=27/12/2011#:~:text=Establecer%20los%20requisitos%20de%20seguridad,y%20da%C3%B1os%20en%20las%20instalaciones](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5229908&fecha=27/12/2011#:~:text=Establecer%20los%20requisitos%20de%20seguridad,y%20da%C3%B1os%20en%20las%20instalaciones) [Consultado Mayo 2022]
- [67] Diario Oficial de la Federación. (24 de Noviembre de 2009). "NORMA Oficial Mexicana NOM-009-SCT2/2009, Especificaciones especiales y de compatibilidad para el almacenamiento y transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 1 explosivos." [Online]. Disponible en: <http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/3964/sct/sct.htm> [Consultado Mayo 2022]
- [68] Diario Oficial de la Federación. (26 de Diciembre de 2017). "NORMA Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-2017, Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal." [Online]. Disponible en: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5508944&fecha=26/12/2017](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5508944&fecha=26/12/2017) [Consultado Mayo 2022]
- [69] Diario Oficial de la Federación. (10 de Noviembre de 2010). "NORMA Oficial Mexicana NOM-024-SCT2/2010, Especificaciones para la construcción y reconstrucción, así como los métodos de ensayo (prueba) de los envases y embalajes de las sustancias, materiales y residuos peligrosos." [Online]. Disponible en: <http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4216/sct/sct.htm> [Consultado Mayo 2022]
- [70] International Standards Worldwide, "Manual of Petroleum Measurement Standards", Chapter 11 Physical Properties Data, May 2004, Addendum 1. September 2007, 1220 L Street, NW Washington, DC USA.
- [71] Energy & Commerce, "Transporte y almacenamiento de hidrocarburos", Año 3, edición 38, Octubre 2020.
- [72] M.A. Fahim, T.A. Al-Sahhaf, A.S. Elkilani, "Fundamentals of Petroleum Refining", Department of Chemical Engineering, Kuwait University, Khaldeya, Kuwait.
- [73] Robert A. Mayers, McGraw-Hill, "Handbook of Petroleum Refining Processes", Digital Engineering Library McGraw-Hill [Online]. Disponible en: [www.digitalengineeringlibrary.com](http://www.digitalengineeringlibrary.com) [Consultado Abril 2023]
- [74] William L. Leffler, "Petroleum Refining", Nontechnical language Fourth edition, 2008 PennWell Corporation 1421 South Sheridan Road Tulsa Oklahoma USA.
- [75] Ronald H. Ballou, "Logística administración de la cadena de suministro", Quinta edición, Weatherhead School of management case Western Reserve University, Pearson Education México 2004.