

**DISEÑO DE UN SISTEMA TECNIFICADO DE ALMACENAMIENTO A GRANEL
Y SUMINISTRO DE ACEITES LUBRICANTES PARA LOS MOTORES
PRINCIPALES DE LAS CASA-MÁQUINAS DE LA PLANTA MONTERREY DE
ECOPETROL S.A.**

DANIEL FELIPE TORRES NIÑO

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
DIVISION DE INGENIERIAS
BOGOTÁ D.C.
2012**

**DISEÑO DE UN SISTEMA TECNIFICADO DE ALMACENAMIENTO A GRANEL
Y SUMINISTRO DE ACEITES LUBRICANTES PARA LOS MOTORES
PRINCIPALES DE LAS CASA-MÁQUINAS DE LA PLANTA MONTERREY DE
ECOPETROL S.A.**

DANIEL FELIPE TORRES NIÑO

**Informe de trabajo de grado en la modalidad de Pasantía para optar al título
de Ingeniero Mecánico**

Director

**Codirector
Alexander Ladino, MSc**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
DIVISION DE INGENIERIAS
BOGOTÁ D.C.
2012**

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1 RESUMEN	6
2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
3 MARCO TEORICO (ESTADO DEL ARTE)	8
3.1 Partes Básicas de un sistema de almacenamiento.	11
3.2 Materiales empleados en el montaje de tanques.	13
3.3 Perdidas en tuberías y accesorios en mecánica de fluidos.	17
4 OBJETIVOS	19
4.1 GENERAL	19
4.2 ESPECÍFICOS	19
5 JUSTIFICACIÓN	20
6 METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO	21
6.1 Metodología.....	21
6.2 Plan de trabajo	23
7 DESARROLLO DE LA PASANTIA	27
7.1 Diseño mamparas para las unidades principales de la planta.	27
7.2 Diseño plataformas de mantenimiento unidades de Monterrey III.	27
7.3 Toma de medidas y planos de bridas de escape motores Monterrey III.	27
7.4 Diseño re-ingeniería plataformas escaleras “Descargadero”.	27
7.5 Proyecto sistema de almacenamiento y abastecimiento aceite lubricante unidades principales.	28
8 BENEFICIO ECONOMICO	29
9 RESULTADOS OBTENIDOS.....	31
10PRESUPUESTO.....	53
11 CONCLUSIONES	55
BIBLIOGRAFÍA	56
ANEXOS	58

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Diseño metodológico	23
Tabla 2. Volumen de lubricantes por casa-máquina de la planta Monterrey.	33
Tabla 3. Espesores tanques.	35
Tabla 4. Dimensiones generales de tanques de almacenamiento.	35
Tabla 5. Dimensiones sistema de abastecimiento Monterrey I (medidas en m).	47
Tabla 6. Accesorios y coeficientes sistema de abastecimiento Monterrey I.	49
Tabla 7. Dimensiones sistema de abastecimiento Monterrey II (medidas en m).	49
Tabla 8. Accesorios y coeficientes sistema de abastecimiento Monterrey II.	50
Tabla 9. Dimensiones sistema de abastecimiento Monterrey III (medidas en m).	50
Tabla 10. Accesorios y coeficientes sistema de abastecimiento Monterrey III.	51
Tabla 11. Dimensiones sistema de abastecimiento Monterrey IV (medidas en m).	52
Tabla 12. Accesorios y coeficientes sistema de abastecimiento Monterrey IV.	52
Tabla 13. Cotización fabricación de tanques de almacenamiento.	53
Tabla 14. Cotización accesorios para el sistema de abastecimiento.	54

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Fig. 1. "Bomba pulmón".	9
Fig. 2. Tanque vertical.....	12
Fig. 3 Tanque horizontal.	12
Fig. 4. Composición aceros inoxidables.	14
Fig. 5. Unidad de medición volumétrica.	15
Fig. 6. Medidor de control eléctrico para aceite.	16
Fig. 7. Esquema tanques.	35
Fig. 8. Tanque de almacenamiento Monterrey I.	36
Fig. 9. Tanque de almacenamiento Monterrey II.	37
Fig. 10. Tanque de almacenamiento Monterrey III.	38
Fig. 11. Tanque de almacenamiento Monterrey IV.	39
Fig. 12. Tanque de almacenamiento Monterrey V.	40
Fig. 13. Sistema de abastecimiento de aceite Monterrey I.	43
Fig. 14. Sistema de abastecimiento de aceite Monterrey I.	44
Fig. 15. Sistema de abastecimiento de aceite Monterrey III.	45
Fig. 16. Sistema de abastecimiento de aceite Monterrey IV.	46

1 RESUMEN

El siguiente documento propone el diseño de un sistema tecnificado de almacenamiento a granel y suministro tecnificado de aceites lubricantes para los motores principales de las casa-máquinas de la planta Monterrey de ECOPETROL S.A., por medio de un sistema de tanques atmosféricos y un sistema de tuberías que conecte el sistema de almacenamiento al punto de servicio para abastecer el sistema de lubricación de los motores, al momento de realizar el mantenimiento preventivo. De esta manera, implementando este sistema, se puede realizar el cambio de aceite de los motores minimizando derrames o contactos directos del producto al ambiente y/o personal y, así, optimizar los recursos de la planta en este proceso.

El proyecto plantea una problemática establecida por el departamento de mantenimiento de la planta debido a la importancia que tiene, mejorar el procedimiento de cambio de aceites a las unidades. Establece unos objetivos específicos que favorecen al desarrollo del proyecto y que están apoyados en diferentes aplicaciones del diseño de sistemas hidráulicos. Una justificación demostrando la importancia que tiene implementar este sistema. Una metodología y plan de trabajo, con actividades acordes y necesarias para desarrollar el proyecto. El desarrollo de la pasantía en donde se describe lo desarrollado y los resultados obtenidos, más un presupuesto del mismo. Y finalmente, una documentación de las fuentes consultadas.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En las instalaciones de la planta de ECOPETROL S.A. con sede en Monterrey, Casanare, se tienen motores que deben ser lubricados y a los que debe hacerse el respectivo cambio de aceite, según el cronograma de mantenimiento preventivo que es de 2000 horas de trabajo y las especificaciones del lubricante usado (recomendación del fabricante) (2 - 3 meses aproximadamente).

En las casa-máquinas Monterrey I, II, III, IV y futuro Monterrey V, no existe un sistema de almacenamiento y suministro tecnificado que, de manera cuantificable, proporcione el aceite a cada una de las máquinas de la planta, por medio de dispensadores mecánicos y contadores. El método actual de abastecimiento de aceite es manual y se hace necesario el uso de una “bomba pulmón”, la cual es controlada por los técnicos y hace un suministro de aceite desde, el barril hasta el sistema de lubricación del motor. Los técnicos deben llevar, además, hacia el motor la cantidad de barriles necesarios para abastecerlo y hacer el respectivo acople de la manguera y de la “bomba pulmón” cuando hayan vaciado el barril.

Este proceso no tiene ningún control de contabilidad exacta del aceite suministrado a cada uno de los motores, ni hay una ficha técnica del aceite utilizado en cada abastecimiento. Sólo se tiene un conteo aproximado de barriles utilizados (medio vacíos o vacíos) por operación. Aunque esta operación se realiza de manera segura, existen derrames del fluido hacia los alrededores del sitio de la operación y en ocasiones, estos han tenido contacto directo con el personal que suministra el lubricante, lo cual puede perjudicar la salud de la piel a largo plazo.

Tomando en consideración estos aspectos y la situación actual de la planta, ¿Mediante un sistema de suministro de aceites lubricantes tecnificado, con dispositivos e instrumentación de control y monitoreo que es abastecido por medio de un sistema de almacenamiento a granel instalado en cada una de sus casa-máquinas, se podrían disminuir los riesgos inminentes mencionados en el proceso de cambio de aceite y que a la vez esto, genere un beneficio económico?

3 MARCO TEORICO (ESTADO DEL ARTE)

La competitividad en el sector industrial, ha obligado a optimizar los niveles de producción con unidades y equipos superiores en desempeño, que en el caso de altos volúmenes de producción requieren sistemas operacionalmente voluminosos, eficientes y complejos, diseñados para manejar estas condiciones de trabajo, considerando relaciones costo-beneficio rentables para las empresas. Asegurar un adecuado funcionamiento de estos equipos, conlleva garantizar el cumplimiento de los requerimientos conexos a los mismos, como aceites lubricantes, refrigerantes, limpiadores y demás suministros, los cuales deben ser adecuados a las especificaciones de trabajo y el tamaño de los equipos. Cuando los requerimientos son altos en cantidad, seguridad y oportunidad, resulta imprescindible diseñar la forma de almacenamiento y abastecimiento de estos insumos para cumplir con los requerimientos del fabricante del equipo y del producto a consumir.

En cualquier actividad industrial se hace necesario el almacenamiento de materias primas, materiales en proceso, repuestos, insumos y productos y esta condición de espera resulta crítica, a la hora de evaluar su seguridad y disponibilidad, considerando la cantidad y naturaleza de los productos almacenados. Considerando y evaluando condiciones de operación para establecer un volumen de almacenaje, ya que demasiado volumen significa costos altos para la empresa; pero tener cantidades menores, representa un riesgo para la operación del equipo, en el caso de tener proveedores lejos de la planta pues conlleva un lucro cesante, si para.¹ La forma como se organicen y dispongan las áreas y los dispositivos de almacenamiento en la zona asignada, permite tener mayor control de ellos y evita riesgos a los equipos cercanos y al personal que esté operando en el sitio.

Aunque no se tienen registros de incidentes ocasionados por parte de los técnicos encargados de realizar el cambio de aceite, para los motores principales de la planta. Dado que la actividad se realiza de manera segura, existen riesgos inminentes en esta actividad, que pueden ser evitados con otro método no intrusivo o manual de reposición de aceite. Esto ha generado la necesidad de diseñar técnicamente sistemas de almacenamiento y suministro de aceites lubricantes, en diferentes empresas y locaciones y específicamente, en la planta de ECOPETROL S.A. en Monterrey.

No existe actualmente un sistema de almacenamiento y abastecimiento tecnificado de aceites lubricantes, en la planta de Monterrey de ECOPETROL. La implementación de una bomba de diafragma (“bomba pulmón”) es el único

¹FLORÍA, Pedro Mateo, GONZÁLEZ MAESTRE, Diego y GONZÁLEZ RUIZ, Agustín. Manual para el técnico en prevención de riesgos profesionales de riesgos laborales. 5 ed. 411 p.

dispositivo mecánico, para succionar el aceite desde el barril hacia el sistema de lubricación del motor, con el que cuenta la planta; para trasladar los barriles de aceite lubricante, distancias cortas, se utilizan carretillas.

Fig. 1. "Bomba pulmón".



Fuente: Planta Ecopetrol Monterrey.

Los sistemas de almacenamiento dependen, en primera instancia, del tipo de producto a almacenar, su estado (sólido, líquido, gas), sus características químicas y de la cantidad que se desee mantener.

Específicamente, el almacenamiento de lubricantes en el sector industrial es de vital importancia para el mantenimiento de motores y otros equipos que dispongan de sistemas de lubricación. Disponer de ellos en unas adecuadas condiciones en la planta, facilita la manipulación del producto y la obtención inmediata del mismo, cuando se requiera. Esto resulta muy conveniente si se tiene en cuenta, que la operación de la planta Monterrey está alejada de los centros donde puede resultar fácil la consecución de estos consumibles, lo que genera la necesidad de mantenerlos en un stock adecuado para su uso oportuno.

Las áreas de almacenamiento de estos insumos se denominan, almacenes de producto de servicio. Este concepto es aplicado a productos necesarios, para el funcionamiento de las instalaciones o equipos de la industria.² Este almacenaje debe estar acompañado de un equipo de suministro que permita hacer llegar el producto, desde los tanques de almacenamiento hasta el equipo que requiera el material almacenado (punto de servicio).

²FLORÍA, Pedro Mateo, GONZÁLEZ MAESTRE, Diego y GONZÁLEZ RUIZ, Agustín. Manual para el técnico en prevención de riesgos profesionales de riesgos laborales. 5 ed. 412 p.

Antes de diseñar y especificar cualquier sistema de almacenamiento y suministro de aceites lubricantes, con sus dispositivos respectivos, se deben conocer las propiedades físicas y químicas del lubricante, determinar las condiciones a las cuales va a operar el fluido, las condiciones ambientales a las cuales estará sometido y los requisitos mínimos para su almacenaje y manipulación. Esta información es suministrada por el fabricante del lubricante, a través de las fichas técnicas y su soporte técnico. La certificación de calidad de estos productos se soporta en los diferentes ensayos realizados a diferentes condiciones de trabajo y en muchos casos, bajo las especificaciones de la American Society for Testing Materials (ASTM).

Las especificaciones del aceite y la necesidad de aplicar normas ambientales que mitiguen o eliminen riesgos en su almacenamiento y manejo, generan requerimientos adicionales a considerar, al momento de diseñar estos dispositivos de almacenamiento. Para el manejo y utilización de aceites lubricantes o derivados de hidrocarburos, las condiciones de almacenamiento consideran que el dispositivo debe estar en un sitio donde las condiciones climáticas no sean extremas (sol, lluvia, nieve, etc.) y terminen por afectar al producto almacenado; también se indica que es importante que las estructuras de soporte estén en la capacidad de soportar al sistema de almacenamiento en sí mismo y resista condiciones geográficas de la zona (sísmicas).³

De igual forma, se deben conocer las condiciones operacionales a las cuales va estar sujeto el lubricante. Condiciones físicas como presión, temperatura, caudal de operación, viscosidad, entre otras, dimensiona de manera general el tanque de almacenamiento. Cabe mencionar, además, que todo sistema de almacenamiento debe ser hermético, no solo para evitar fugas del producto contenido hacia afuera, si no para cuidar que no ingresen suciedades desde el exterior,⁴ y que todos los dispositivos de seguridad y de medición deben estar en condiciones adecuadas que no contaminen el producto almacenado, ya que cualquier agente irregular o partícula en el aceite lubricante, puede cambiar sus propiedades y afectar, los componentes del equipo a los cuales está expuesto.

³ Norma 2610ESM103, (ACP). Manejo y utilización de aceites lubricantes y derivados de hidrocarburos.

⁴ FAATZ, Hans H. Proyecto y construcción de equipos hidráulicos. 7. Construcción de estructuras metálicas para grupos hidráulicos. 209 p.

3.1 Partes Básicas de un sistema de almacenamiento.

Un sistema de almacenamiento y suministro de aceites lubricantes, básicamente está constituido por:

- Depósito o sistema de almacenamiento.
- Dispositivos de extracción del material del depósito.
- Sistemas de control de la cantidad extraída.
- Sistemas de conducción del aceite lubricante hasta el equipo que lo requiere
- Sistemas de llenado de equipos.

Los sistemas de almacenamiento para lubricantes deben ser tanques fabricados bajo norma API 650 y con su respectiva ficha de seguridad. Empresas Colombianas como A&R Tanques de Ingeniera Ltda., cumplen con estas condiciones y brindan tanques atmosféricos bajo norma.⁵

Para la extracción del producto se suelen utilizar dispositivos mecánicos como lo son motobombas de diafragma. Este tipo de bombas representan una gran ventaja para la extracción de fluidos de viscosidad media-baja, abrasivos y materiales sensibles al cizallamiento,⁶ las cuales están conectadas al tanque de almacenamiento por medio de un sistema de tuberías, las cuales están conectadas con el equipo a alimentar. La caracterización de estos dispositivos también está sujeta a las condiciones operacionales de la empresa. Esta disposición es la más común en aplicaciones industriales, y empresas como Petro Chem Thecnologies, lo confirman con 40 años en la industria del sector petrolero y derivados.⁷

En general, los materiales líquidos como los aceites lubricantes, se almacenan en tanques que se usan como depósitos para contener una reserva suficiente de estos productos, para su uso posterior y/o comercialización. Los tanques de almacenamiento, se clasifican en:⁸

⁵ www.ayrtanques.com

⁶ www.gracoservis.galeon.com

⁷ www.petrochemtech.com

⁸ Diseño y calculo de tanques de almacenamiento. Ingeniería León S.A México.8 p.

- Cilíndricos horizontales.
- Cilíndricos verticales de fondo plano.

Fig. 2. Tanque vertical.



Fuente: ACC Ingeniería y servicios especializados S.A. de C.V..

Fig. 3 Tanque horizontal.



Fuente: Paul Meller Company.

Las condiciones a las cuales va operar el tanque, generan otra clasificación de estos dispositivos de almacenamiento (atmosféricos, presiones bajas y presiones altas). Las presiones que manejan en el interior son el factor para caracterizar estos tanques y dependen, como se mencionó anteriormente, de las propiedades físicas y químicas del lubricante.

Los tanques usados en el almacenamiento de lubricantes, son tanques que manejan presiones internas bajas (hasta 15 psia), tanques atmosféricos,⁹ ya que estos compuestos manejan presiones de vapor bajas y no se les somete a temperaturas altas que afecten su estado y generen un aumento en la presión interna, que ocasione daños a los dispositivos de almacenamiento. Además, en estos casos, el producto permanece la mayoría del tiempo en reposo y no está sometido a cargas.

La escogencia del material y el diseño para la fabricación de estos tanques se llevan a cabo bajo la consideración de la naturaleza fisicoquímica del material almacenado (aceites lubricantes), que pueden ocasionar oxidación y corroer el tanque, desprendiendo pequeñas partículas que pueden afectar al producto almacenado, en la parte interna o al medio ambiente, en la parte exterior.

Bajo criterios de la norma API 650 estos tanques cumplen con especificaciones de los materiales, diseños, fabricación y montaje de tanques que contienen petróleo o derivados del mismo. En la fabricación de tanques con capacidades de almacenaje bajas, la norma API 650 tiene un alcance industrial donde establece que las condiciones de operación de los tanques en donde se centra en las dimensiones de las placas y las características de los materiales a utilizar (estos están sujetos tolerancias de corrosión). En el diseño están abarcados los esfuerzos permisibles en las uniones soldadas y tablas donde dimensión los tanques según su capacidad nominal.¹⁰

3.2 Materiales empleados en el montaje de tanques.

En la industria existen mecanismos para minimizar la ocurrencia de la oxidación, como trabajar con aceros inoxidable o con aceros convencionales a los que se les realice un recubrimiento de níquel o cromo, para combatir este proceso adverso.

Los aceros inoxidable son un grupo de metales altamente aleados y diseñados para suministrar una alta resistencia a la corrosión. Los principales elementos de aleación en el acero son el cromo (usualmente superior al 15%) y el níquel, también utilizado para aumentar la protección contra la corrosión.¹¹

⁹Reglamento de Instalaciones petrolíferas (IPE). España. 2003. 15 p.

¹⁰ AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. Tanques de acero soldado para el almacenamiento de petróleo. Apéndice A. Decima edición. Washington D.C, 1998. 164 p. API 650.

¹¹GROOVER, Mikell P. Fundamentos de manufactura moderna, materiales, procesos y sistemas. 1 ed. 126 p.

La clasificación de los aceros inoxidable se especifica según el porcentaje de contenido de sus elementos principales que son: Fe, Cr, Ni, C y Mn; la variación de concentraciones de estos elementos determina la clasificación de los inoxidable en austeníticos, martensíticos y ferríticos. Las propiedades de cada uno de ellos varían según su composición, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Fig. 4. Composición aceros inoxidable.

Tabla 7. 4 Composición y propiedades mecánicas de aceros inoxidable seleccionados.									
Tipo	Análisis químico %						Resistencia a la tensión		
	Fe	Cr	Ni	C	Mn	Otros ₁	lb/pulg ²	Mpa	Elongación, %
Austenítico									
301	73	17	7	0,15	2		90000	620	40
302	71	18	8	0,15	2		75000	515	40
304	69	19	9	0,08	2		75000	515	40
309	61	23	13	0,2	2		75000	515	40
316	65	17	12	0,08	2	2,5 Mo	75000	515	40
Ferrítico									
405	85	13	-	0,08	1		60000	415	20
430	81	17	-	0,12	1		60000	415	20
Martensítico									
403	86	12	-	0,15	1		70000	485	20
403 ₂	86	12	-	0,15	1		120000	825	12
416	85	13	-	0,15	1		70000	485	20
416 ₂	85	13	-	0,15	1		140000	965	10
440	81	17	-	0,65	1		105000	725	20
440 ₂	81	17	-	0,65	1		260000	1790	5
Recopilada de [7]									
₁ Todos los grados en la tabla contienen alrededor de 1% o menos de silicio, y más pequeñas cantidades (por debajo del 1%) de fósforo, azufre y otros elementos como el aluminio.									
₂ Tratado térmicamente									

Fuente: Fundamentos de manufactura moderna, materiales, procesos y sistemas. Mikell P. Groover (Adaptación).

Como alternativa para la fabricación de tanques de almacenamiento de aceites lubricantes en aceros inoxidable, se usan aceros convencionales (aceros al carbono) a los cuales se les realiza un proceso de recubrimiento (galvanizado) con elementos que evitan la corrosión, como son el níquel y el cromo. Aunque el carbono refuerce y endurezca el metal, no es un elemento óptimo para proteger el sistema de almacenamiento de agentes productores de la oxidación.

Procesos de recubrimiento de cromado y niquelado, favorecen la formación de películas protectoras para los tanques. El diseño de estos dispositivos en cuanto a fabricación se hace bajo criterios de ingeniería (condiciones de operación de los equipos), promoviendo siempre una relación de costo-eficiente aceptable, para la aplicación de estos materiales y sus debidos procesos de fabricación.

Un complemento importante en los dispositivos de almacenamiento y suministro de aceites lubricantes, son los equipos que permiten manipular el producto de manera mecánica (válvulas, filtros, entre otros) y aquellos que permitan de manera tecnificada controlar y monitorear el flujo transportado. En el caso de lubricantes que son requeridos para el abastecimiento de sistemas hidráulicos de motores, es necesario un sistema de abastecimiento (dispensadores) que haga posible un transporte del fluido por medio de una red de tuberías y accesorios, hasta el punto de servicio.

En el mercado existe una gran variedad de dispositivos de control y monitoreo, tanto desde el punto de vista de tamaño y rangos de operación como principios de funcionamiento. Ellos se pueden distribuir a lo largo de la línea de la tubería para medición del flujo transportado. La clasificación de estos es de la siguiente manera:

- Presión diferencial.
- Área variable.
- Velocidad.
- Coriolis.
- Térmico.

El método de presión diferencial, monitoreo por variación de área y velocidad relacionan los fundamentos básicos del teorema de Bernouilli y conceptos de energía potencial y cinética de un fluido al paso por una vena. Los medidores térmicos y de coriolis aplican, en su gran mayoría, para control de flujos másicos y sólidos pequeños.¹²

Fig. 5. Unidad de medición volumétrica.

¹² <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/es/medidores/medidoresdegentuberias/medidoresdegentuberias.html>



Fuente: Metroval Controle de Fluidos Ltda.

Estos contadores están dispuestos y acoplados a la red por medio de unas válvulas que son conectadas a lo largo de la tubería y son utilizados, en su gran mayoría, para trayectos de líneas extensos.

Para tecnificar el sistema de abastecimiento la industria ha desarrollado dispensadores que incluyen contadores de tipo digital que proporcionan al operario la información de cuanto fluido se está ingresando al equipo. Estos equipos se utilizan para sistemas de abastecimiento cortos, en donde el punto de almacenaje se encuentra cercano al punto de abastecimiento. Empresas como Instalaciones Luis Urbina, S. L. ®, proporcionan dispensadores manuales y otros elementos que permiten monitorear el abastecimiento de los aceites lubricantes. El conjunto de todo estos equipos, dispositivos y red de tuberías se conoce como, sistema hidráulico.

Fig. 6. Medidor de control eléctrico para aceite.



Fuente: Instalaciones Luis Urbina, S. L. ®

El sistema hidráulico es una red de dispositivos conectados de manera que puedan transportar el fluido de trabajo de un punto (dispositivos de almacenamiento) a otro (punto de servicio). La disposición de estos elementos depende del diseño y las características de cada uno de los componentes del mismo. Un sistema hidráulico está constituido esencialmente por bombas hidráulicas, tuberías, válvulas, depósitos de almacenaje estacionarios, motores y filtros.

El sistema hidráulico es una red de dispositivos conectados de manera que puedan transportar el fluido de trabajo de un punto (dispositivos de almacenamiento) a otro (punto de servicio). La disposición de estos elementos depende del diseño y las características de cada uno de los componentes del mismo. Un sistema hidráulico está constituido esencialmente por bombas hidráulicas, tuberías, válvulas, depósitos de almacenaje estacionarios, motores y filtros.

La selección de cada uno de estos componentes se basa en las necesidades propias del sistema y el medio que se desea transportar (el fluido). En la práctica, se pueden aplicar métodos mecánicos (bombas hidráulicas) o métodos que aplican principios físicos, como la gravedad, para que el fluido recorra la línea en un circuito. Además, se debe considerar que al existir una transformación de energía (energía mecánica en hidráulica), se presentan pérdidas en el sistema.

3.3 Pérdidas en tuberías y accesorios en mecánica de fluidos.

En el campo de la mecánica de fluidos, las pérdidas en sistemas hidráulicos se clasifican en dos clases: primarias y secundarias. Las pérdidas primarias son aquellas que se generan en la superficie de contacto del fluido con la tubería (capa límite), en el rozamiento de una de las capas de fluido con otras (régimen laminar) o entre las partículas del fluido entre sí (régimen turbulento). Las pérdidas secundarias son las de forma, que tienen lugar en las transiciones (estrechamientos o expansiones de la corriente), codos, válvulas, y en toda clase de accesorios de la tubería.¹³

Para sistemas hidráulicos que manejen una zona de servicio cercana al sistema de almacenamiento, las pérdidas primarias no son representativas ya que los trayectos que realiza el fluido por la red de tuberías son cortos. Eso sí, se deben tener en cuenta las pérdidas producidas por cada uno de los elementos que componen la red de la tubería: válvulas, codos, zonas de expansión y contracción.

¹³ MATAIX, Claudio. Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas. 2 ed. 203 p.

En las instalaciones de la planta de ECOPETROL S.A. con sede en Monterrey, Casanare, se tienen motores Waukesha de 4 tiempos, de combustión a gas, que deben ser lubricados y a los que debe hacerseles el respectivo cambio de aceite lubricante, según el programa de mantenimiento preventivo previsto para cada uno. El aceite utilizado es Mobil Pegasus 805 (SAE 40).

Además, al no tener un sistema que cuantifique el aceite gastado en cada uno de los mantenimientos de los motores Waukesha de la planta, se hace necesario implementar un sistema hidráulico de almacenamiento a granel y abastecimiento técnico de aceites lubricantes, que controle la cantidad de aceite que requieren las unidades para su mantenimiento preventivo y que cumpla con las condiciones de seguridad para el almacenamiento del producto.

Evalrados y analizados de manera detallada, entre otros los anteriores aspectos, es posible realizar una selección y diseño acertado del sistema de almacenamiento y suministro para los lubricantes.

4 OBJETIVOS

4.1 GENERAL

- Diseñar un sistema de tanques de almacenamiento y suministro tecnificado de aceites lubricantes para el mantenimiento preventivo de los motores de Monterrey I, II, III, IV y V, en la planta de ECOPETROL S.A., con sede en Monterrey-Casanare.

4.2 ESPECÍFICOS

- Determinar condiciones actuales y tipos equipos que requieren suministro de aceites lubricantes en la planta Monterrey.
- Determinar requerimientos de operación y funcionamiento del sistema de almacenamiento y suministro hidráulico (volúmenes de almacenaje, caudales, presiones, potencias y temperaturas) para la selección de motores y motobombas (diseño preliminar).
- Realizar análisis y cálculo de dimensiones, geometría, disposición y selección de materiales para el sistema de tanques de almacenamiento para cada una de las casa-máquinas de la planta, considerando la óptima relación costo-beneficio.
- Realizar análisis y cálculo de dimensiones, geometría, disposición y selección de materiales para la red de tuberías del sistema de abastecimiento, considerando la óptima relación costo-beneficio.
- Elegir tipo de dispositivos de seguridad y medición que debe llevar el sistema de almacenamiento y suministro de lubricantes, en la planta Monterrey.
- Realizar un estudio de viabilidad económica del proyecto, por medio de un presupuesto.

5 JUSTIFICACIÓN

El uso de instrumentación y métodos tecnificados en las operaciones de mantenimiento, incluido el cambio de aceite de los motores, mejora las probabilidades de tener equipos en buenas condiciones de operación, con una vida operativa más prolongada y una mayor eficiencia en la utilización de los lubricantes y aceites. Tener un control cuantificable de los recursos utilizados garantiza un mejor manejo de las cantidades usadas y un rendimiento óptimo de la máquina, al trabajarse con medidas exactas como lo especifican los manuales de fabricación. Reduciendo costos de almacenamiento de barriles medio vacíos en la planta.

Por otro lado, el uso de estos dispositivos hace fácil y seguro el procedimiento de cambio de aceite, permitiendo al técnico un mejor manejo del equipo y del producto (lubricante) sin tener repercusiones al medio ambiente, ni a la salud del técnico, al no existir un contacto directo del fluido con estos.

La instalación de un sistema de almacenamiento (tanques) y suministro (dispensadores) de aceites lubricantes, de manera tecnificada, permite un control eficiente del fluido suministrado al sistema de lubricación del motor. Este control también incluye un manejo seguro del producto, evitando pérdidas del mismo que pueden generar daños a nivel ambiental de la zona, daños en la piel por contacto directo, emanaciones del mismo y pérdidas económicas a largo plazo.

Es por eso que el sistema de almacenamiento y suministro por medio de dispensadores de lubricante, a los motores de la planta Monterrey, permite realizar cambios de aceite de manera confiable y eficiente, minimizando costos de mantenimiento y beneficiando el desempeño de los motores de la planta.

6 METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO

6.1 Metodología

Determinación procedimiento y costos cambio de aceite actuales.

Con el fin de establecer las condiciones actuales del procedimiento que se realiza para el cambio de lubricantes, se hace necesario especificar los elementos, accesorios y protocolos que se utilizan para el suministro de aceite lubricante a los motores. Para tener información más precisa sobre el proceso, se realiza un acompañamiento al personal capacitado, a la hora de hacer la actividad del cambio de aceite, se revisa el equipo utilizado para la operación y el manejo del mismo y del producto (lubricante), en relación con los tiempos empleados. Conjuntamente se hace una evaluación de costos del modo en que se suministra el aceite.

Determinación requerimientos de operación y funcionamiento.

Para determinar condiciones de funcionamiento del sistema hidráulico, se requiere conocer el volumen que manejan los sistemas de lubricación de cada una de las unidades de la planta, partiendo del cronograma de cambios de aceites establecidos y de las recomendaciones del fabricante de cada máquina y de los lubricantes a emplear. Esta información se encuentra en los manuales de mantenimiento de los motores. A partir de esto se establecen parámetros de diseño iniciales (caudales, presiones, potencias, temperaturas y volúmenes de almacenamiento) para realizar la selección de motores y motobombas necesarios para el sistema hidráulico.

Cálculo de dimensiones, geometría y selección de materiales para sistema de almacenamiento.

Una vez determinadas las condiciones de operación del sistema hidráulico actual y los requerimientos hacia el futuro (condiciones mejoradas), se diseñan (dimensiones) los tanques de almacenamiento y el área de trabajo donde van a ser instalados y se determina su geometría y ubicación (con componentes e indicadores de medición y de seguridad de los mismos). También se selecciona el material apropiado para el resguardo del lubricante, para mantenerlo protegido de agentes de oxidación, y que ofrezca una solución costo-eficiente. Este proceso se realiza para cada una de las casa-máquinas de la planta, con las correspondientes condiciones operacionales.

Cálculo de dimensiones, geometría, disposición y selección de accesorios que conforman la red de tuberías del sistema de abastecimiento.

Luego de tener los tanques de almacenamientos ya diseñados y ubicados en las zonas de las casa-máquinas, a nivel de planos, se procede a realizar el cálculo,

dimensionamiento y ubicación de la red de tuberías, que permita transportar el fluido desde el tanque hasta los dispensadores. Se determinan accesorios que acompañan el sistema de tuberías y el material más apropiado para el transporte del aceite lubricante que ofrezca una solución costo-eficiente, teniendo en cuenta las pérdidas que existan en el sistema. Este proceso se realiza para cada una de las casa-máquinas de la planta Monterrey, con las condiciones operacionales para cada una.

Selección de dispositivos de medición y seguridad.

Con el sistema ya dimensionado, se determinan los dispositivos necesarios para monitorear el funcionamiento correcto del sistema de almacenamiento y el suministro de aceites lubricantes, indicando la ubicación de cada uno de ellos, en el esquema del sistema hidráulico, bajo los parámetros de de operación de sistema.

Elaboración de análisis económico financiero.

Ya con todo el sistema diseñado y costado (materiales, accesorios y cantidades) se realiza un análisis de viabilidad técnico-económica del proyecto, que se ajuste a los requisitos de construcción de los sistemas de almacenamiento y suministro de lubricantes, así como de su sistema hidráulico, para realizar un análisis económico financiero del proyecto. El análisis permite saber el impacto que tiene el proyecto en la empresa y la forma como se hará la inversión del mismo, por medio de un presupuesto inicial.

6.2 Plan de trabajo

Tabla 1. Diseño metodológico

OBJETIVOS ESPECIFICO			ACTIVIDADES	RECURSOS NECESARIOS	FUENTE DE INFORMACIÓN
OE1	Determinar condiciones actuales y tipos equipos que requieren suministro de aceites lubricantes en la planta Monterrey.	1.1	Especificar los dispositivos utilizados, la forma de uso y los costos que se tienen en el mantenimiento de cambio de aceite lubricante de los motores principales.	Talento humano.	Ingeniero de confiabilidad. Departamento de mantenimiento.
		1.2	Realizar inspección de mantenimiento en un cambio de aceite lubricante y tomar el tiempo de abastecimiento de las unidades de la planta.	Talento humano.	Técnicos departamento de mantenimiento.
		1.3	Verificar efectividad del proceso que se tiene para el abastecimiento de aceites lubricantes a los motores principales y costos, por medio de historial de mantenimiento de la planta.	Talento humano.	Departamento de mantenimiento.
OE2		2.1	Recopilar los datos sobre las cantidades suministrados a cada una de las unidades de la planta y periodicidad del proceso.	Talento humano. Manuales de mantenimiento motores Waukesha.	Departamento de mantenimiento. Manual de fabricante

	Determinar requerimientos de operación y funcionamiento del sistema de almacenamiento y suministro hidráulico (volúmenes de almacenaje, caudales, presiones, potencias y temperaturas) para la selección de motores y motobombas (diseño preliminar).	2.2	Generar en una hoja de cálculo la cantidad de lubricante en total por cada casa-máquina de la planta.	Talento humano. Computador.	Ingeniero mecánico.
		2.3	Establecer el volumen de almacenamiento de aceites lubricantes en cada una de las casa-máquinas de la planta, con la información suministrada por fabricante e inspección de plantas de Ecopetrol.	Talento humano. Computador.	Distribuidor Mobil.
		2.4	Establecer condiciones nominales de operación del sistema hidráulico (presiones, caudales, potencias y temperaturas), para cada una de las casa-máquinas de la planta.	Talento humano.	Ingeniero mecánico.

		2.5	Revisión y selección de motores y motobombas que se implementara en el diseño del sistema hidráulico de cada una de las casa-máquinas.	Talento humano.	Ingeniero mecánico.
OE3	Realizar análisis y cálculo de dimensiones, geometría, disposición y selección de materiales para el sistema de tanques de almacenamiento para cada una de las casa-máquinas de la planta, considerando un análisis de relación costo-beneficio.	3.1	Dimensionamiento de los tanques de almacenamiento para cada una de las casa-máquinas de la planta.	Talento humano. Computador.	Ingeniero mecánico.
		3.2	Disposición de los elementos de seguridad y medición para los tanques de almacenamiento.	Talento humano.	Técnicos departamento de mantenimiento.
		3.3	Distribución del espacio de instalación de los tanques de almacenamiento para cada una de las casa-máquinas de la planta.	Talento humano.	Ingeniero mecánico.
		3.4	Selección de material y tipo de recubrimiento para el tanque de almacenamiento.	Libros, textos y artículos de sistemas de tuberías y aplicaciones.	Ingeniero mecánico.
OE4	Realizar análisis y cálculo de dimensiones, geometría, disposición y selección de materiales para la red de tuberías del sistema de abastecimiento, considerando un análisis costo-beneficio.	4.1	Dimensionamiento y disposición de la red de tuberías del sistema de suministro de aceites lubricantes para cada una de las casa-máquinas de la planta.	Talento Humano, Flexómetros y computador.	Ingeniero mecánico.

		4.2	Selección y ubicación de accesorios complementarios para la red de tuberías del sistema hidráulico de cada casa-máquina de la planta.	Talento humano y catálogos.	Técnicos departamento de mantenimiento.
		4.3	Selección de material y tipo de rugosidad para el sistema de tuberías del sistema.	Bibliografía.	Ingeniero mecánico.
		4.4	Calculo de perdidas en tuberías y accesorios.	Talento humano y computador.	Ingeniero mecánico.
OE5	Elegir los dispositivos de seguridad y medición que debe llevar el sistema de almacenamiento y suministro de lubricantes en la planta Monterrey.	5.1	Selección de dispositivos de medición para el suministro de aceites lubricantes (dispensadores).	Talento humano y datasheet y fichas técnicas de los dispositivos.	Técnicos departamento de mantenimiento.
		5.2	Ubicación de dispositivos de monitoreo y seguridad en el sistema hidráulico de cada uno de las casa-máquinas.	Talento humano.	Técnicos departamento de mantenimiento.
OE6	Realizar un estudio de viabilidad económica del proyecto.	6.1	Análisis de viabilidad técnico-económica, realizando presupuesto del proyecto.	Talento humano.	Ingeniero mecánico.
		6.2	Impacto del proyecto a nivel económico, tomando en cuenta costos manejados anteriormente.	Talento humano.	Ingeniero mecánico.

Fuente: Autor

7 DESARROLLO DE LA PASANTIA

La practica realizada en la planta Monterrey de ECOPETROL S.A., fue desde el 18 de Julio del 2011 hasta el 17 de Enero del 2012. En la cual se integro al departamento de mantenimiento.

Allí se tuvo el acompañamiento de los técnicos de las áreas de mecánica, control e instrumentación y eléctrica y asesoría del profesional de mecánica, del cual recibió una serie de tareas que se podían desarrollar en conjunto por parte del departamento y el aprendiz universitario para el desarrollo de la pasantía.

Las tareas que desempeñaron fueron las siguientes:

7.1 Diseño mamparas para las unidades principales de la planta.

En el diseño de las mamparas, se investigó la función de las mamparas y la forma como debían operar en caso de presentarse un derrame. Una vez realizado esta investigación, se tomaron medidas en campo, se realizaron diseños que cumplieran con el objetivo de proteger y se evaluaron cada una de estas opciones de manera técnica y económica (Anexos A, B, C y D).

7.2 Diseño plataformas de mantenimiento unidades de Monterrey III.

En el esquema de las plataformas de mantenimiento para Monterrey III, se realizaron prototipos de plataformas para el trabajo respectivo del departamento de mantenimiento. En esta zona se dispusieron plataformas acordes a las condiciones operacionales de los técnicos de mantenimiento (Anexo E).

Estos montajes se dispusieron al encargado de fabricar las plataformas de mantenimiento.

7.3 Toma de medidas y planos de bridas de escape motores Monterrey III.

Para la generación de las plantillas de las bridas fleximétricas del escape de los motores de Monterrey III, se tomaron medidas de las juntas y se realizaron planos que fueron pasados al distribuidor encargado para su encargo y fabricación (Anexo F).

7.4 Diseño re-ingeniería plataformas escaleras “Descargadero”.

Dada la situación reiterada en donde las escaleras de las bahías del “Descargadero” presentaban fallas, se hizo necesario realizar un análisis de re-ingeniería en donde se hiciera una mejora en la forma de las láminas de soporte de estas escaleras. La forma de análisis se realizó con medidas hechas en campo y recomendaciones hechas por el profesional de mecánica (Anexo G).

7.5 Proyecto sistema de almacenamiento y abastecimiento aceite lubricante unidades principales.

El trabajo realizado para realizar un mantenimiento preventivo de cambio de lubricante a las unidades principales de la planta se dispuso un proyecto de tanques de almacenamiento y abastecimiento tecnificado de aceite. Por parte del practicante se realizo un anteproyecto y un informe donde se muestra hasta donde se llego el diseño y el desarrollo del mismo.

Todo el trabajo realizado se hizo bajo las normas de ética laboral de la empresa, en ningún momento se hizo divulgación de información confidencial de la empresa, ya que toda la información y trabajos paso por la supervisión del profesional del área mecánica.

8 BENEFICIO ECONOMICO

El proyecto planteado por el practicante de un sistema de abastecimiento de aceite a granel y sistema de abastecimiento para las unidades principales de la planta Monterrey de Ecopetrol S.A., con sede en Monterrey, Casanare. Tiene los siguientes beneficios en tres aspectos: ambientales, operacionales y técnicos, y económicos.

- **Beneficio ambiental:** El manejo por parte de la planta para el almacenaje de los barriles de lubricante Mobil pegasus 805 ya usados (después de abastecer cualquier unidad principal de la planta), se hace de manera improvisada. Los barriles semi-desocupados son almacenados de manera “provisional” en la zona de Monterrey III (casa-maquina); al igual que los barriles sin utilizar. Esta zona no es apropiada para dicha labor, ya que según recomendaciones de fabricante estos barriles deben cumplir con normas mínimas de almacenaje: evitar contacto con el suelo y estar en un lugar donde los rayos del sol no toquen el barril.

En algunos casos estos barriles desocupados son dejados en algunas zonas (aire libre) de la planta, lo cual puede generar un derrame del producto al medio ambiente, posiblemente por no sellarlos de manera adecuada.

Este sistema de almacenamiento garantiza un optimo manejo del producto de trabajo (mantenimiento preventivo), reduce posibles fugas al ambiente o a la zona de trabajo (cuando se realiza el cambio de aceite, por manipulación humana), además las zonas que son usadas para el almacenaje de estos productos (casa-maquina o aire libre) pueden ser usadas para otros propósitos operativos de la planta.

- **Beneficio operacional y técnico:** El actual sistema de abastecimiento y proceso para el mantenimiento preventivo de cambio de lubricante para las unidades principales de la planta Monterrey de Ecopetrol S.A., no tiene la cualidad de determinar con exactitud la cantidad de fluido suministrado al sistema de lubricación del motor. Solo se cuenta con el concepto subjetivo de los técnicos de mantenimiento, los cuales empujan la percepción de barriles utilizados (barril, medio barril, un cuarto de barril, etc.). además todos los días, por parte del área de operaciones, es necesario añadir un 10% (cantidad que también es inexacta) del volumen total de abastecimiento, a los sistemas de lubricaciones de las unidades principales.

Por otro lado la carga al área técnica disminuye. El trabajo actual se realiza con 4 y hasta 5 personas; con este nuevo sistema el numero se puede reducir a 3 o 2 (dependiendo del caso), ya que la operación de este sistema

no es complicado y no requiere de traer los instrumentos antes mencionados para la realización del cambio de aceite lubricante. Esto en pocas palabras, reduce el costo por hora hombre del procedimiento en un 50%.

- **Beneficio económico:** Actualmente para cumplir con los requerimientos de operación de las unidades principales (cambios de aceite lubricante), es con pedidos periódicos en donde las cantidades solicitadas llegan en barriles (50 gal). El valor de este barril es de \$1.500.000 (incluyendo servicios de transporte y demás); el presupuesto de estos se hace anualmente y se cuenta con este producto durante todo el año.

El sistema de almacenamiento a granel, no solo provee a la planta de un stock de lubricante para las unidades principales de la planta, sino que además el valor del producto disminuye considerablemente al comercializarse al por mayor. El descuento que se realiza por pedidos superiores a 5000 gal., es del 10%.

Este descuento se evalúa de tal forma en que el mínimo beneficio es con un solo sistema de almacenamiento en toda la planta, y un máximo cuando los cinco sistemas estén operando.

En conclusión este sistema de almacenamiento a granel de aceites lubricantes tiene beneficios de tipo ambiental, operacional y técnico, y económico que tienen gran impacto en los procesos realizados por la planta Monterrey de Ecopetrol. Los cuales reducen tiempo, personal que interviene y otros factores que tienen consecuencias de tipo financiero para el presupuesto que se hace en la planta (personal y recursos).

9 RESULTADOS OBTENIDOS

Durante la pasantía se tomo las consideraciones que debía tener el proyecto del sistema de tanques de almacenamiento y la red de tuberías de abastecimiento.

Con el fin de determinar el esquema del sistema, se tomaron las siguientes consideraciones para los tanques de almacenamiento y para la red de tuberías, teniendo en cuenta el espacio en cada una de las casa-maquinas de la planta Monterrey (Fig. 7, 8, 9 y 10).

Fig. 7. Casa-maquina Monterrey I.



Fuente: Ecopetrol S.A.

Fig. 8. Casa-maquina Monterrey II.



Fuente: Ecopetrol S.A.

Fig. 9. Casa-maquina Monterrey III.



Fuente: Ecopetrol S.A.

Fig. 10. Casa-maquina Monterrey IV.



Fuente: Ecopetrol S.A.

TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

- **Sistema por cada casa-máquina:** Se diseña un sistema de almacenamiento y de abastecimiento para cada casa-máquina de la planta.

Dado que las condiciones de la planta no son las apropiadas para hacer un sistema central de almacenamiento y abastecimiento para todas los motores. Las distancias entre cada zona es grande y al implementar un sistema centralizado se pierde el beneficio de no usar sistema de bombeo

para hacer llegar el aceite al punto de servicio, al igual que el uso de la gravedad como principio de abastecimiento primario.

- **Disposición de los tanques:** Los tanques van a llevar una disposición horizontal. Esta forma de disposición del tanque es apropiado para las condiciones a las que va a operar (gravedad), pues esto implica un soporte de mayor tamaño que sostenga el tanque en forma vertical. En cuanto al modo de mantenimiento del mismo, resulta más sencillo un tanque horizontal.
- **Volumen de almacenamiento:** El dimensionamiento del tanque se establece según cronograma de mantenimiento preventivo del fabricante y las características físicas del producto a almacenar.

Cada unidad tiene un cronograma establecido de 2100 horas para el cambio de aceite, es decir en un año se hacen 4 cambios de aceite por unidad; más los ajustes realizados por los operadores para que las máquinas siempre están lubricadas.

En cuanto a las especificaciones del lubricante, este no presenta agentes corrosivos y su almacenaje puede ser de hasta 5 años, en donde el tanque de almacenaje no tenga contacto con el suelo y este protegido del sol (para esta condición se toma en consideración el uso de pinturas de protección).

Tomando en cuenta todas estas especificaciones mencionadas se realiza un cálculo de volumen y dimensionamiento que da con el siguiente volumen de almacenaje para cada casa-máquina:

Tabla 2. Volumen de lubricantes por casa-máquina de la planta Monterrey.

	Volumen de aceite (gal.)	Volumen de aceite (m ³)
Monterrey I	758	11,476
Monterrey II	144	2,18
Monterrey III	1254	18,986
Monterrey IV	330	4,996
Monterrey V	606	9,17

Fuente: Autor.

- **Material de fabricación y preparación de superficies:** El material seleccionado para la construcción de estos tanques es acero estructural A-36. Este material es de uso comercial por empresas colombianas que se

dedican a la fabricación de estos tanques. Las propiedades mecánicas de estos son aprobadas según especificaciones de la norma “estándar API 650” (fabricación de tanques atmosféricos, Apéndice A).

En cuanto a la preparación de la superficie del tanque, según norma americana SSPC, se dispuso un arenado – granallado cercano a metal blanco o SSPC 10. Este método garantiza una superficie libre de aceite, grasas, oxido, polvo, capa de laminación, resto de pintura y otros materiales extraños que perjudiquen el proceso de la aplicación de la pintura corrosiva. Esta especificación es la más utilizada para condiciones regulares y severas.

- **Protección para los tanques:** Los tanques son fabricados con aceros al carbón de baja aleación, los cuales requieren procesos térmicos y/o mecánicos para su posterior paso de conformación. Estos pueden generar cambios en la estructura metalúrgica del acero, ocasionado formaciones de zonas anódicas o catódicas; lo que se traduce en zonas propensas a generar brotes de corrosión y deterioro químico del tanque.

Para evitar esto se recomienda aplicar un recubrimiento base (Imprimante Epóxico Rojo. Ref: 137008 SIKA) a un espesor de película seca de 3 a 4 mils; y un recubrimiento de protección (Epóxico para interior de tanques. Ref: 4333003 SIKA) a un espesor de 6-7 mils en película seca.¹⁴

- **Espesores de los tanques:** Para determinar los espesores de los tanques se tomo como fuente los estándares API, para el espesor mínimo de los tanques horizontales. En las tablas (AnexosH yI) se muestran los espesores de los tanques en función de su volumen de almacenaje.

Por otro lado se condiciono un espesor de tolerancia a la corrosión para los tanques. Las formulas que se encuentran en las normas API, no aplican para el volumen de almacenaje de estos tanque horizontales y se dio como espesor de tolerancia en utilizado en la industria, es decir, 1/16 in (1.6mm).

Tomando en cuenta los valores de la pared de la lámina y las especificaciones de tolerancia a la corrosión, las láminas para cada una de los tanques es así:

Tabla 3. Espesores tanques.

Sistema	Espesor final (mm)
Tanque Monterrey I	6,35
Tanque Monterrey II	6,35
Tanque Monterrey III	7,93
Tanque Monterrey IV	6,35
Tanque Monterrey V	6,35

Fuente: Autor.

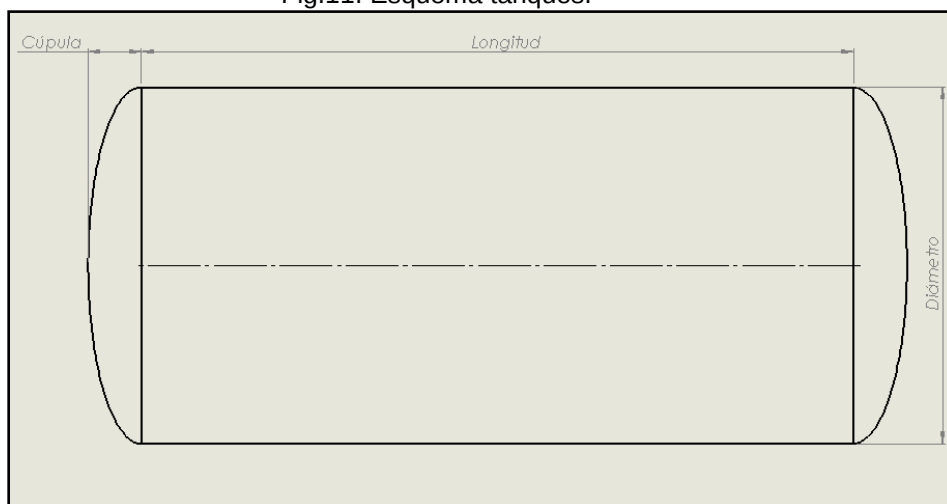
- **Dimensiones de los tanques:** Los tanques horizontales se diseñan bajo tres dimensiones principales, la longitud, el diámetro y una cúpula. Esta forma de tanque no solo cumple con la función de mantener el producto, sino que la forma de su cúpula permite hacer una distribución de la presión ejercida por su contenido y no genera daños en el casco del tanque en estas secciones laterales.

Tabla 4. Dimensiones generales de tanques de almacenamiento.

	Monterrey I	Monterrey II	Monterrey III	Monterrey IV	Monterrey V
Longitud (m)	4,20	1,94	4,40	2,20	3,05
Diámetro (m)	1,85	1,15	2,30	1,65	1,90
Cúpula (m)	0,13	0,13	0,13	0,12	0,14

Fuente: Autor.

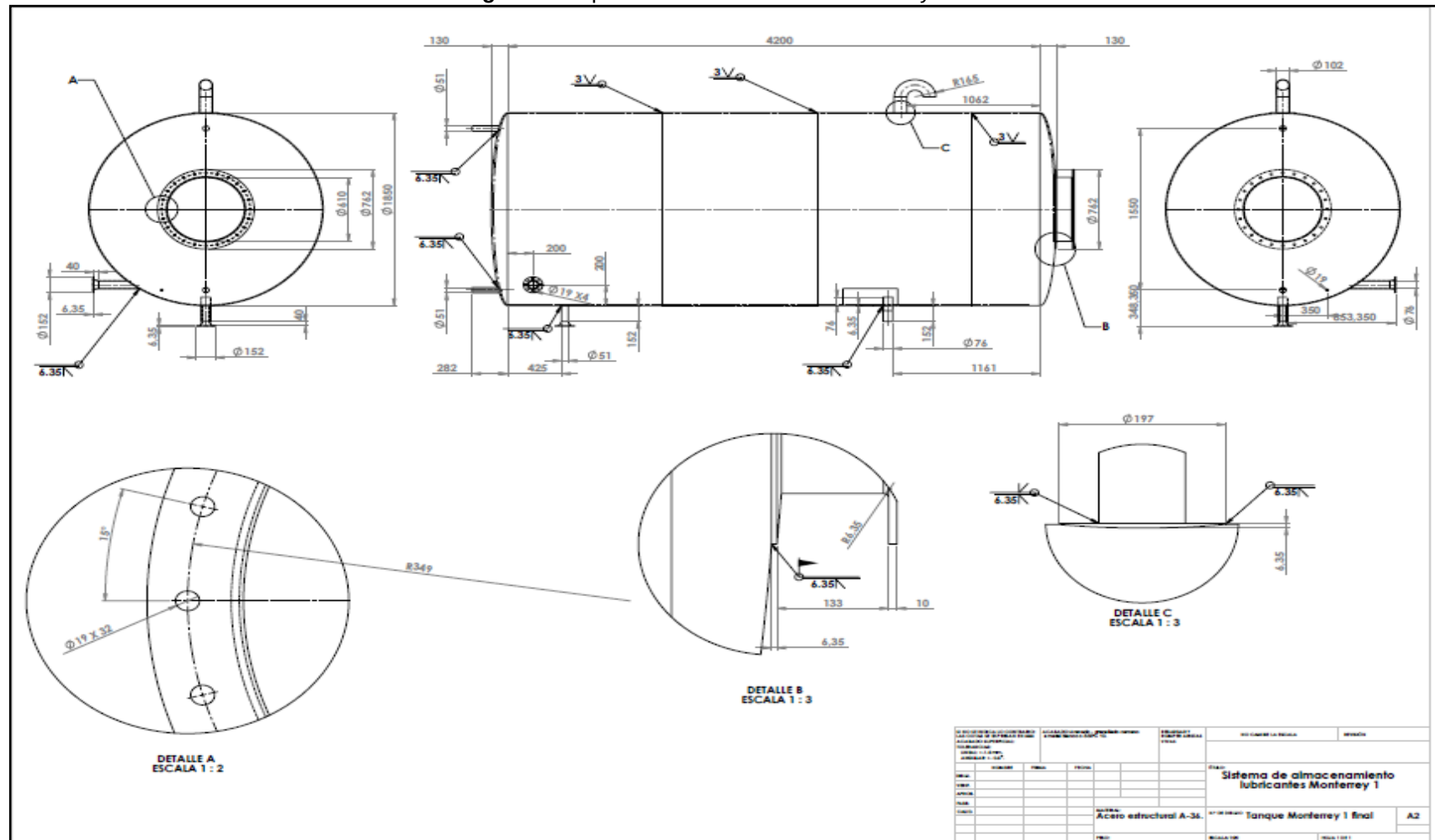
Fig.11. Esquema tanques.



Fuente: Autor.

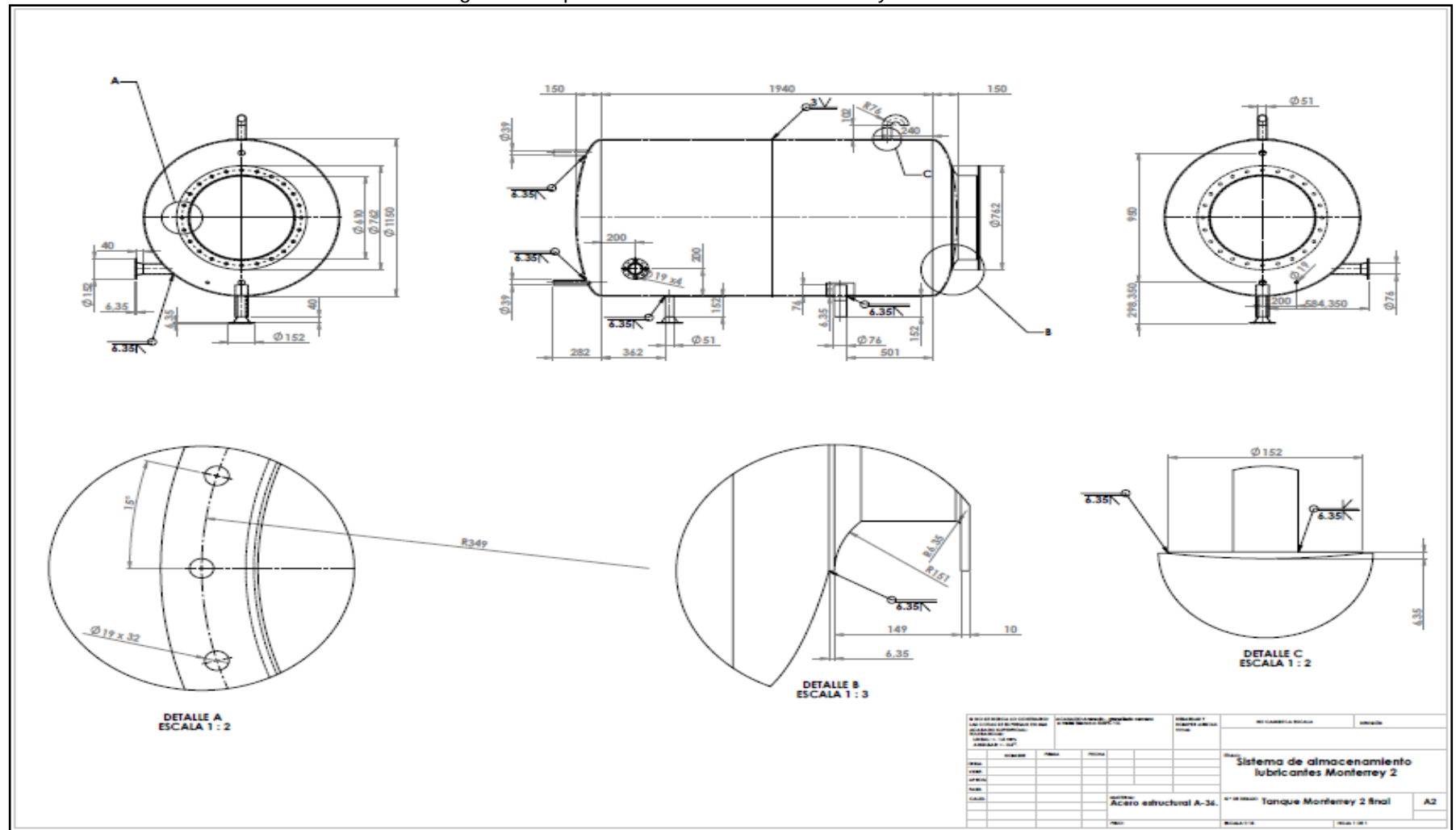
PLANOS DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

Fig. 12. Tanque de almacenamiento Monterrey I.



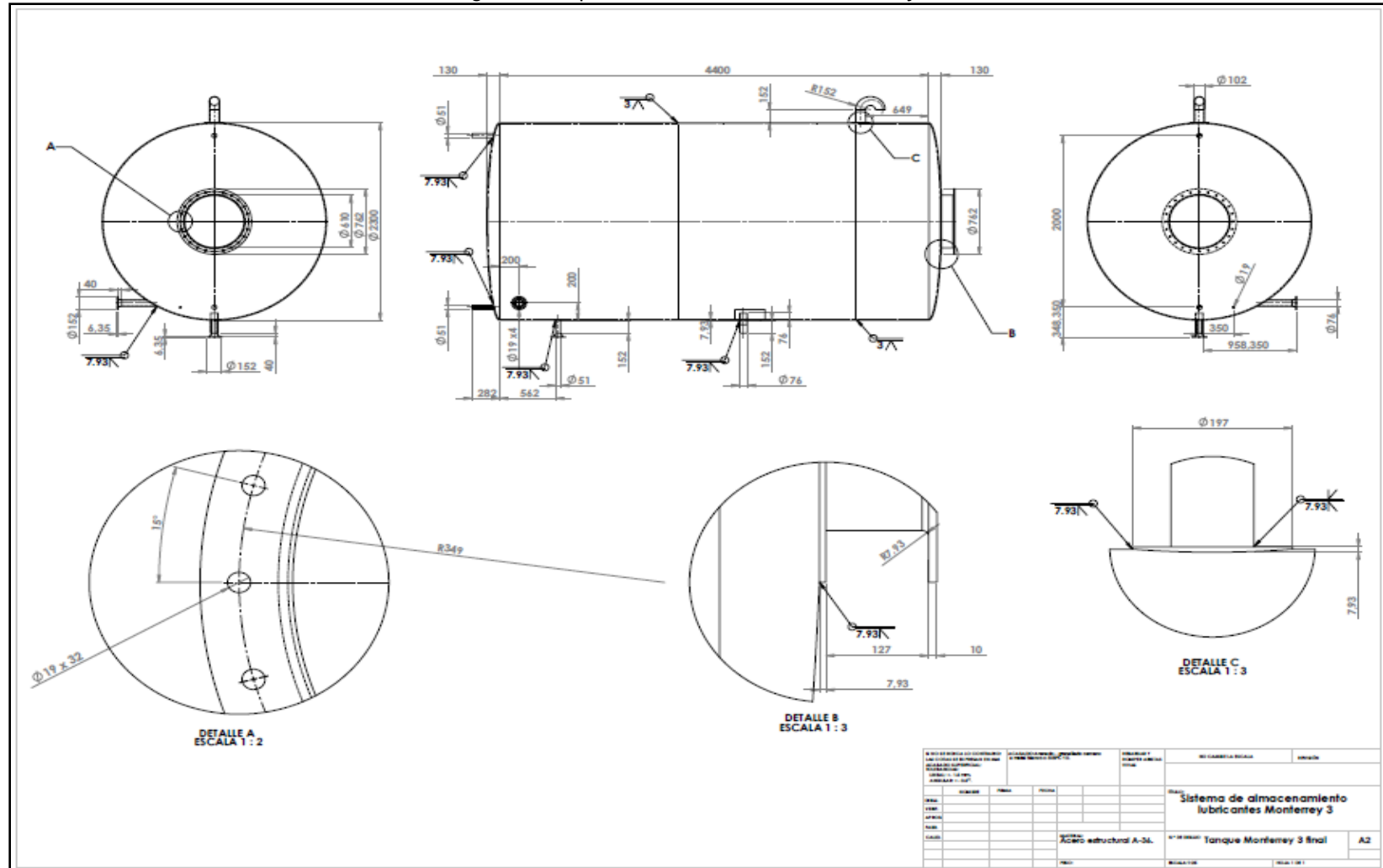
Fuente: Autor.

Fig. 13. Tanque de almacenamiento Monterrey II.



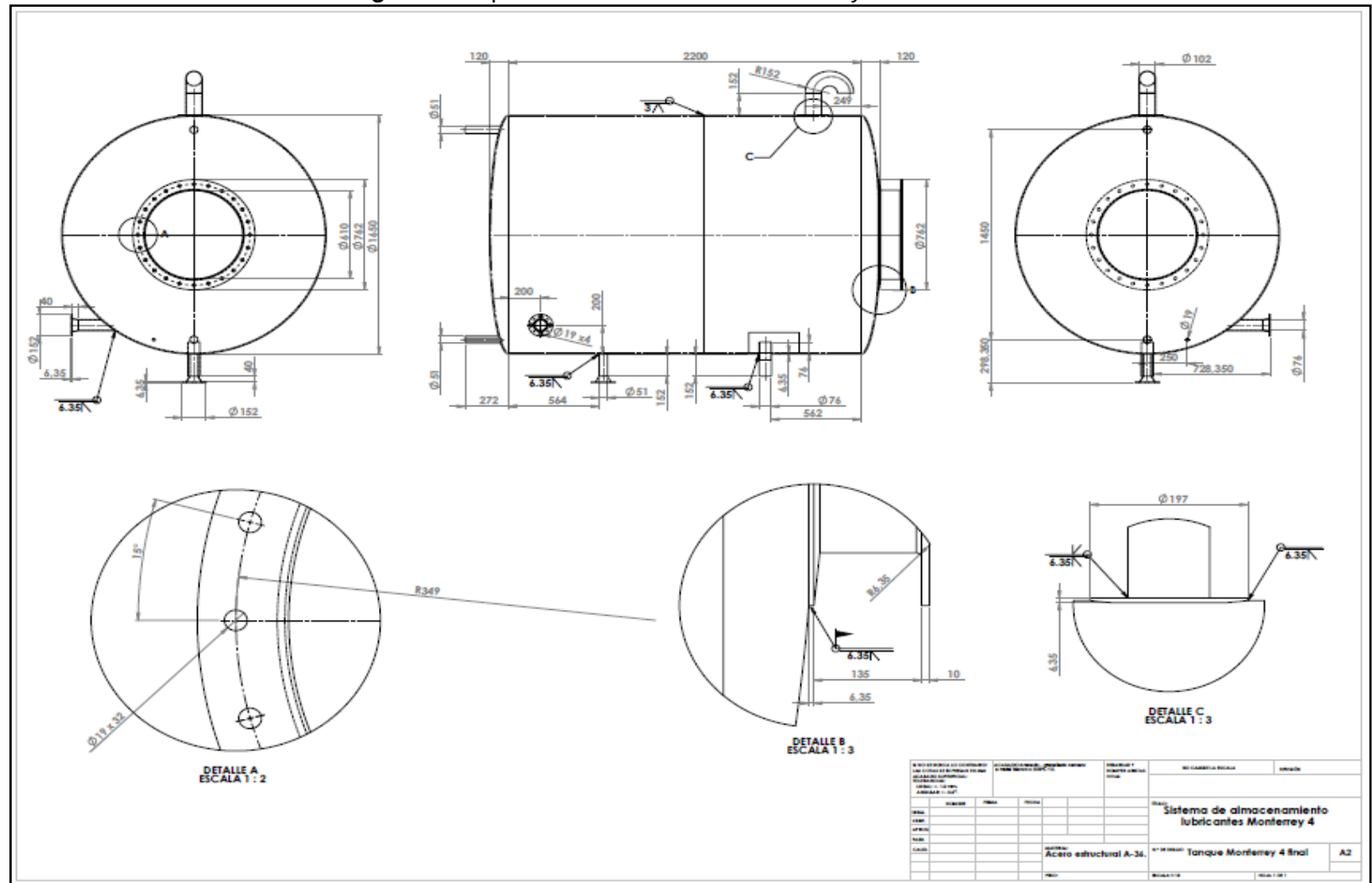
Fuente: Autor.

Fig. 14. Tanque de almacenamiento Monterrey III.



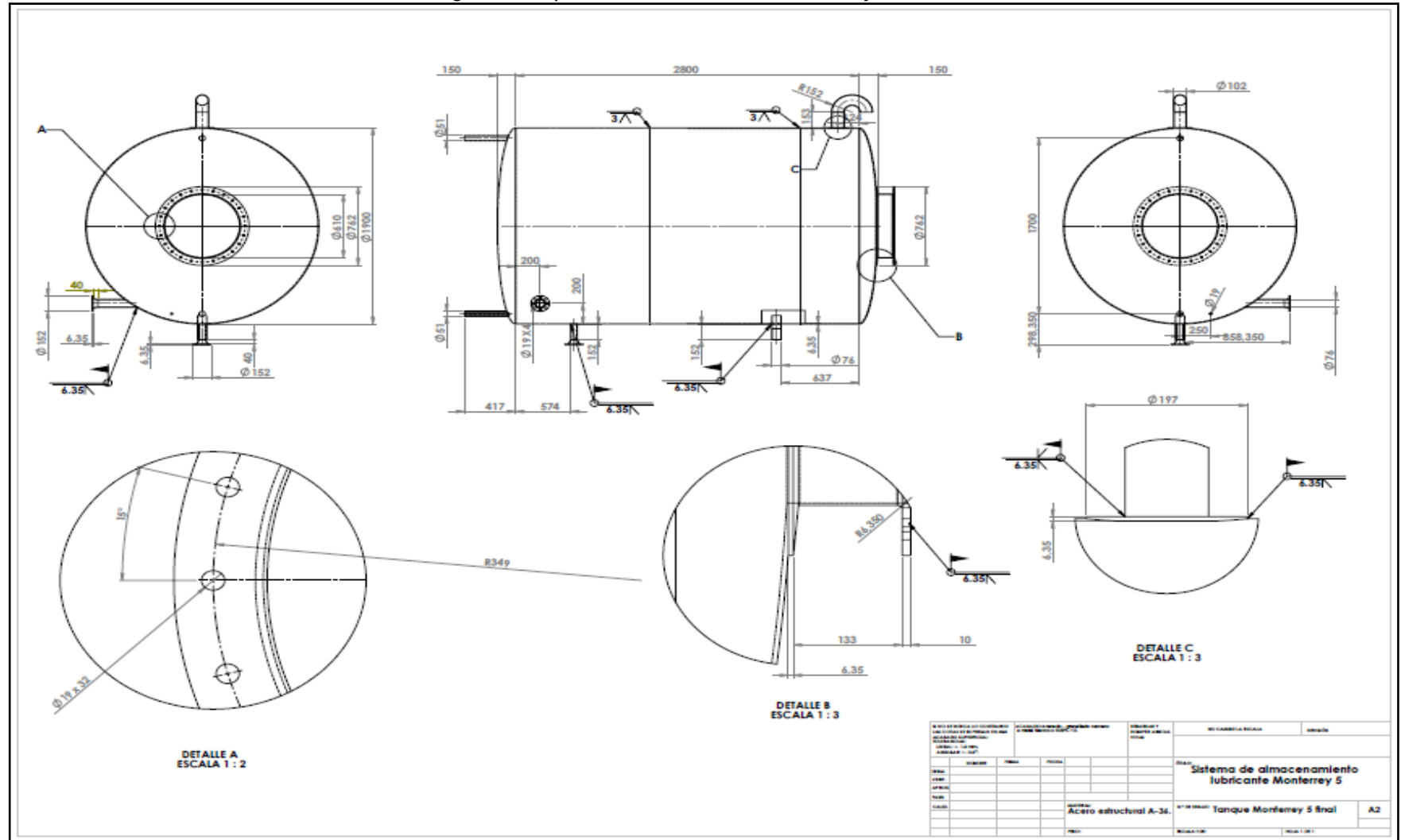
Fuente: Autor.

Fig. 15. Tanque de almacenamiento Monterrey IV.



Fuente: Autor.

Fig. 16. Tanque de almacenamiento Monterrey V.



Fuente: Autor.

RED DE TUBERÍAS.

- **Material para el sistema de tuberías:** Para las condiciones del transporte de lubricantes y productos derivados del petróleo, bajo norma ASTM A 53-07, la cual es aplicada para tubería de acero galvanizada. Estandariza el uso de este material (acero galvanizado negro) a los sistemas de tubería de transporte ya que, los lubricantes son elementos que no son tan propensos a la corrosión. La norma también esta aplicada para accesorios en acero.
- **Disposición de la red de tuberías:** Al momento de realizar el esquema de las tuberías se planteo un sistema de tuberías en paralelo, tomando en cuenta la distribución de los motores en cada casa-máquina. Este sistema de redes en paralelo garantiza una distribución equitativa del fluido para cada una de las unidades, ya que el caudal en un punto de distribución es igual a la suma de los caudales suministrados.

De igual forma se toman medidas en campo para cada línea de tubería. Para el transporte del fluido desde el tanque hasta el punto de servicio se propone trabajar con tubería galvanizada calibre 14 (1.94 mm).

- **Tipos de accesorios:** El sistema de tuberías tendrá componentes que permitan hacer llegar el producto al sistema de lubricación de los motores. La selección de estos dispositivos tienen la consideración que se tiene que hacer para el cálculo de las perdidas aplicada en el campo de la mecánica de fluidos. Que para este caso se toma de mayor importancia estas pérdidas que las perdidas primarias que se analizan para trayectos largos de líneas de conducción y transporte de fluidos.

Para este diseño de tuberías se propone utilizar los siguientes accesorios:

- Codos.
- "T" (ramificación)
- Contracciones.
- Válvulas de flujo.
- Dispensadores.
- Dispositivos de control.
- Medidores.

Una vez se establecieron parámetros de dimensión para el sistema de almacenamiento y red de tuberías, se trabajaron en accesorios y dispositivos auxiliares que hacen parte de cada uno de los sistemas.

- **Dimensiones y accesorios sistemas de tuberías:** Los sistemas de abastecimiento se diseñaron con lo medido en cada una de las casa-maquinas de la planta Monterrey de Ecopetrol S.A., con sede en Monterrey, Casanare (Anexos J, K, L y M). Realizando un esquema para los sistemas de abastecimiento donde las perdidas mecánicas del fluido fueran mínimas y se cumpliera con el objetivo de abastecer cada unidad (motor).

Los cálculos permiten establecer la altura a la que se deben ubicar los tanques de almacenamiento. Estos cálculos consideran los puntos de referencia tomados en cada uno de los sistemas de abastecimiento (Fig.13, 14, 15 y 16).

Las ecuaciones implementadas para el desarrollo del ejercicio fueron las siguientes:

$$\left(\frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} + H\right) - \sum \text{Perdidas}_{Tub-accesorios} = \frac{V_s^2}{2g} \text{Ecuación 1.}$$

$$Re = \frac{4Q_v}{\pi \phi^2} \text{Ecuación 2.}$$

$$\lambda = \frac{0.316}{Re^{1/4}} \text{Ecuación 3.}$$

$$\sum \text{Perdidas}_{Tub-accesorios} = \left(\frac{8Q^2}{\pi^2 \phi^5 g}\right) (\sum k + L\lambda) \text{Ecuación 4.}$$

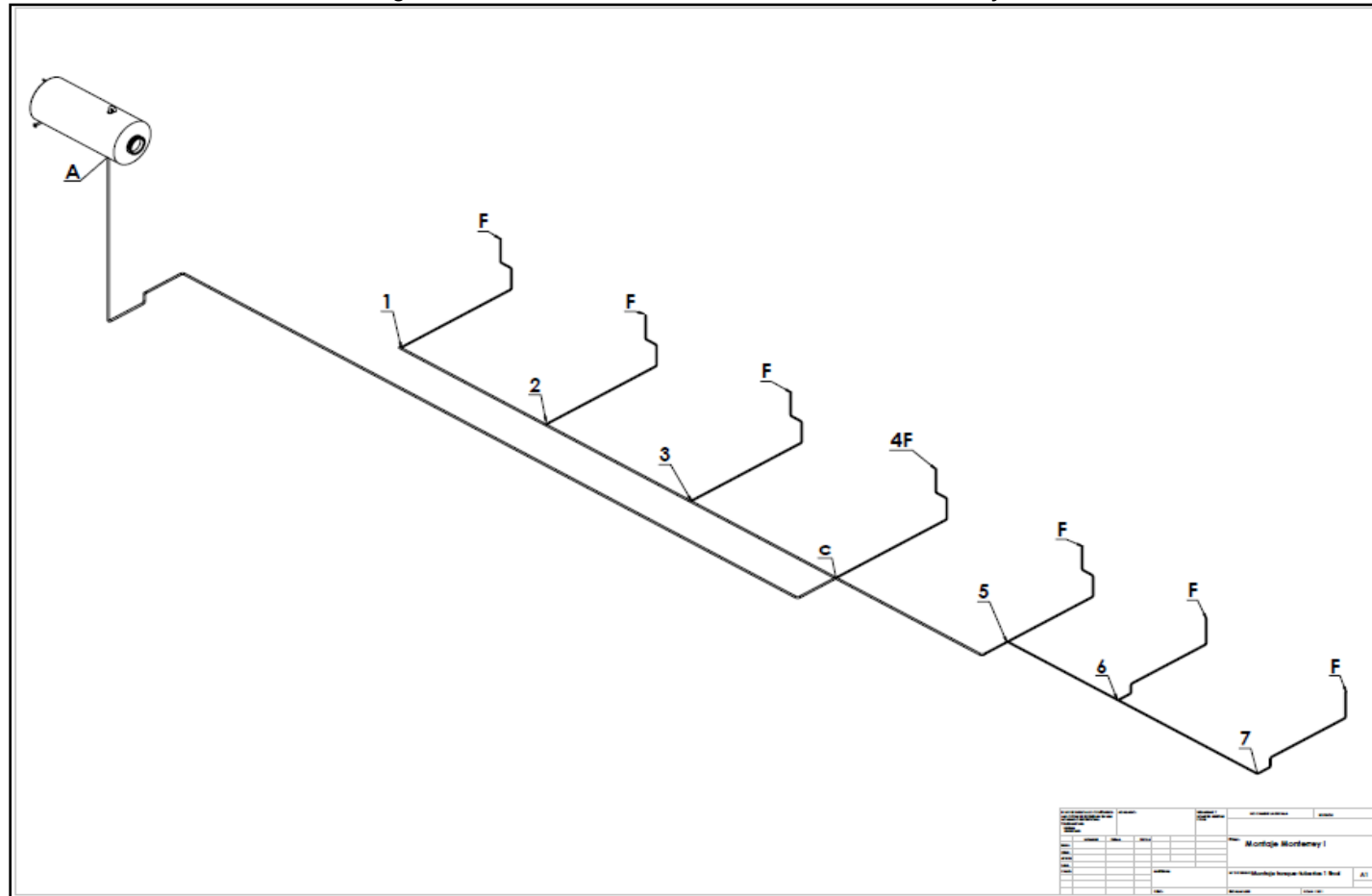
Como condiciones iniciales se planteo una altura de bombeo (H) y un caudal para cada uno de los sistemas (Q). A partir de allí se procedió a realizar el cálculo de pérdidas para cada una de las secciones del sistema de abastecimiento para cada casa-maquina. Teniendo siempre la consideración de tener una velocidad de salida (Vs) mínima de 2 m/s.

Para lograr esto se realizan iteraciones para encontrar el diámetro pertinente para cumplir con los requisitos de diseño, la tubería utilizada es tubería estándar (comercial).

Además para el cálculo de perdidas por accesorios se usaron las coeficientes para accesorios que dispone la literatura de la mecánica de fluidos y maquinas hidráulicas (Anexo N).

ESQUEMAS RED DE TUBERÍAS.

Fig. 17. Sistema de abastecimiento de aceite Monterrey I.

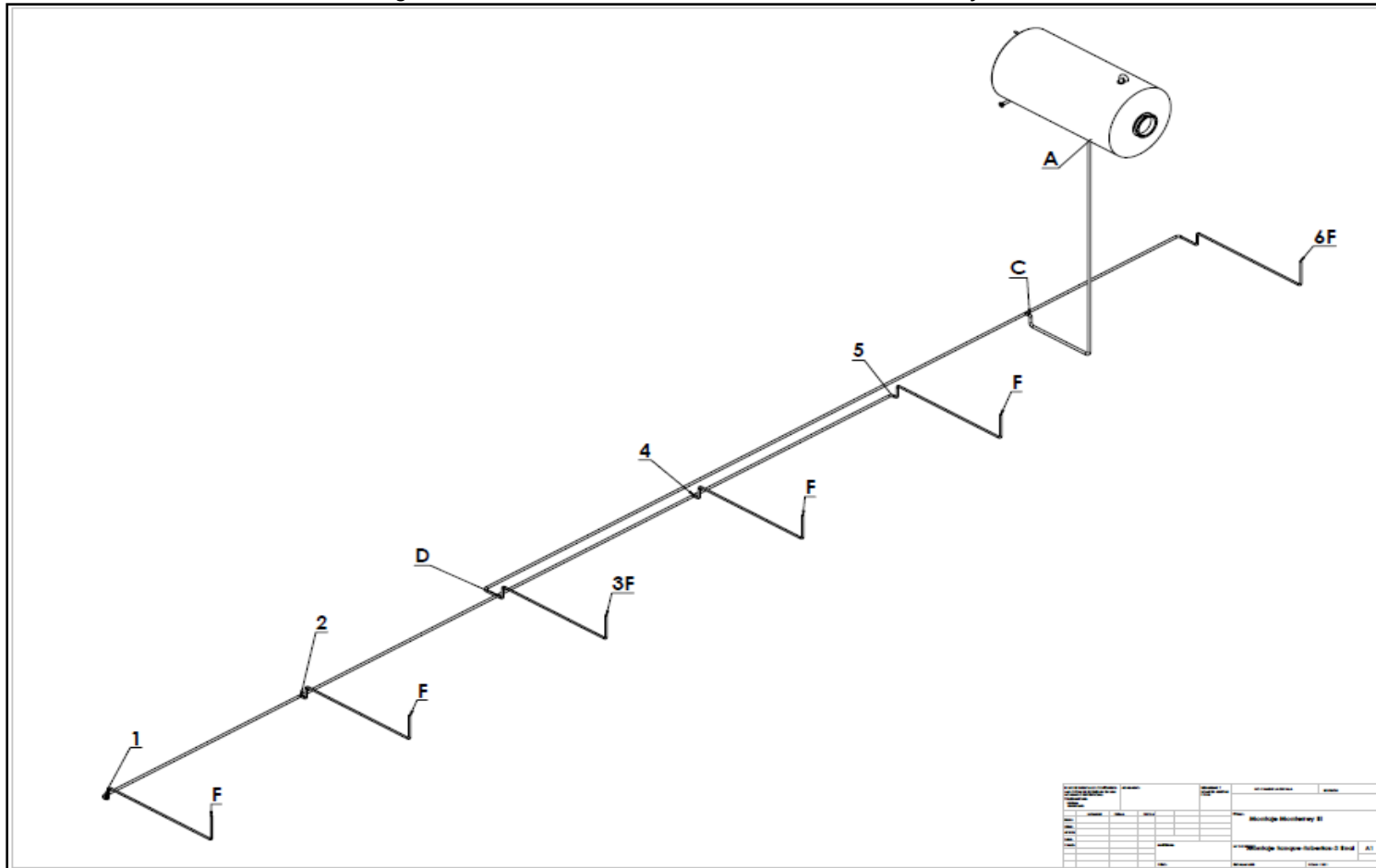


Fuente: Autor.

[illegible]

44

Fig. 19. Sistema de abastecimiento de aceite Monterrey III.



Fuente: Autor.

Los resultados obtenidos se muestran en las tablas, allí se muestra el diámetro (tubería comercial), la longitud, por tramo, y altura en la que se debe instalar el tanque. (Tablas 5, 7, 9 y 11). En las tablas 6, 8, 10 y 12, se muestran los accesorios (por cantidad) y sus constantes en cada uno de los tramos del sistema de abastecimiento.

Tabla 5. Dimensiones sistema de abastecimiento Monterrey I (medidas en m).

SECCIÓN A-C		SECCIÓN C-1		SECCIÓN C-2		SECCIÓN C-3	
Diámetro A-B	0,076	Diámetro B-C	0,076	Diámetro B-C	0,076	Diámetro B-C	0,076
Altura (H)	12,16	Longitud	22	Longitud	14,5	Longitud	7,3
Línea tubería	37	SECCIÓN 1-F		SECCIÓN 2-F		SECCIÓN 3-F	
		Diámetro B-C	0,051	Diámetro B-C	0,051	Diámetro B-C	0,076
		Longitud	8,3	Longitud	8,3	Longitud	8,3
SECCIÓN C-4F		SECCIÓN C-5		SECCIÓN C-6		SECCIÓN C-7	
Diámetro B-C	0,076	Diámetro B-C	0,076	Diámetro B-C	0,076	Diámetro B-C	0,076
Longitud	8	Longitud	8,6	Longitud	6,9	Longitud	13,9
		SECCIÓN 5-F		SECCIÓN 6-F		SECCIÓN 7-F	
		Diámetro B-C	0,076	Diámetro B-C	0,051	Diámetro B-C	0,051
Altura del tanque	10,31	Longitud	6,7	Longitud	6,4	Longitud	6,4

Fuente: Autor.

Tabla 6. Accesorios y coeficientes sistema de abastecimiento Monterrey I.

SECCIÓN A-C		SECCIÓN C-1		SECCIÓN C-2		SECCIÓN C-3	
<i>Accesorios</i>	<i>Constante</i>	<i>Accesorios</i>	<i>Constante</i>	<i>Accesorios</i>	<i>Constante</i>	<i>Accesorios</i>	<i>Constante</i>
Codo 90° x 5	4	Reducción		Reducción		Válvula	7,3
Filtro	4	Válvula	7,3	Válvula	7,3	T's	1,3
Válvula globo	7,3	T's x3	3,9	T's x2	2,6	Total	11
Total	15,3	Total	11,2	Total	9,9		
		SECCIÓN 1-F		SECCIÓN 2-F		SECCIÓN 3-F	
		<i>Accesorios</i>	<i>Constante</i>	<i>Accesorios</i>	<i>Constante</i>	<i>Accesorios</i>	<i>Constante</i>
		Codo 90° x3	2,85	Codo 90° x3	2,85	Codo 90° x3	2,4
		Válvula	8,5	Válvula	8,5	Válvula	7,3
		Total	11,35	Total	11,35	Total	9,7
SECCIÓN C-4F		SECCIÓN C-5		SECCIÓN C-6		SECCIÓN C-7	
<i>Accesorios</i>	<i>Constante</i>	<i>Accesorios</i>	<i>Constante</i>	<i>Accesorios</i>	<i>Constante</i>	<i>Accesorios</i>	<i>Constante</i>
Codo 90° x3	2,4	Codo 90°	0,8	Reducción		Reducción	
Válvula	7,3	Válvula	7,3	Codo 90°	0,8	Codo 90° x2	1,6
T's	1,3	T's	1,3	T's x2	2,6	T's X2	1,3
Total	11	Total	9,4	Total	3,4	Total	2,9
		SECCIÓN 5-F		SECCIÓN 6-F		SECCIÓN 7-F	
		<i>Accesorios</i>	<i>Constante</i>	<i>Accesorios</i>	<i>Constante</i>	<i>Accesorios</i>	<i>Constante</i>
		Codo 90° x3	2,4	Codo 90° x3	2,85	Codo 90° x3	2,85
		Válvula	7,3	Válvula	8,5	Válvula	8,5
		Total	9,7	Total	11,35	Total	11,35

Fuente: Autor.

Tabla 7. Dimensiones sistema de abastecimiento Monterrey II (medidas en m).

SECCIÓN A-C		SECCIÓN C-1 (3)		SECCIÓN C-F		SECCIÓN 1 (3)-F	
Diámetro A-B	0,076	Diámetro B-C	0,076	Diámetro B-C	0,076	Diámetro D-E	0,076
Altura (H)	11,3	Longitud	7,3	Longitud	4,3	Longitud	4,1
Línea tubería	21	Altura del tanque	10,15				

Fuente: Autor.

Tabla 8. Accesorios y coeficientes sistema de abastecimiento Monterrey II.

SECCIÓN A-C		SECCIÓN C-1 (3)	
<i>Accesorios</i>	<i>Constante</i>	<i>Accesorios</i>	<i>Constante</i>
Codo 90° x4	3,2	Codo 90° x3	2,4
Filtro	4	Válvula	7,3
Válvula	7,3	T's	1,3
Total	14,5	Total	11
SECCIÓN 1 (3)-F		SECCIÓN C-F	
<i>Accesorios</i>	<i>Constante</i>	<i>Accesorios</i>	<i>Constante</i>
Codo 90° x4	3,2	Codo 90° x4	3,2
Total	3,2	Total	3,2

Fuente: Autor.

Tabla 9. Dimensiones sistema de abastecimiento Monterrey III (medidas en m).

SECCIÓN A-C		SECCIÓN C-6F		SECCIÓN C-D	
Diámetro A-B	0,076	Diámetro B-C	0,076	Diámetro B-C	0,076
Altura (H)	6,8	Longitud	11,2	Longitud	21
Línea tubería	5				
SECCIÓN D-5		SECCIÓN D-4		SECCIÓN D-3F	
Diámetro B-C	0,076	Diámetro B-C	0,076	Diámetro B-C	0,076
Longitud	11,5	Longitud	5,8	Longitud	5,2
SECCIÓN 5-F		SECCIÓN 4-F		Altura del tanque	4,55
Diámetro B-C	0,051	Diámetro B-C	0,051		
Longitud	5,2	Longitud	5,2		
SECCIÓN D-2		SECCIÓN D-1			
Diámetro B-C	0,076	Diámetro B-C	0,076		
Longitud	5,8	Longitud	11,5		
SECCIÓN 2-F		SECCIÓN 1-F			
Diámetro B-C	0,051	Diámetro B-C	0,051		
Longitud	5,2	Longitud	5,2		

Fuente: Autor.

Tabla 10. Accesorios y coeficientes sistema de abastecimiento Monterrey III.

SECCIÓN A-C		SECCIÓN C-6F		SECCIÓN C-D	
Accesorios	Constante	Accesorios	Constante	Accesorios	Constante
Codo 90° x3	2,4	Codo 90° x4	3,2	Codo 90°	0,8
Filtro	4	Válvula	7,3	Válvula	7,3
Total	6,4	Total	10,5	Total	8,1
SECCIÓN D-5		SECCIÓN D-4		SECCIÓN D-3F	
Accesorios	Constante	Accesorios	Constante	Accesorios	Constante
Reducción		Reducción		Codo 90° x3	2,4
Codo 90°	0,8	Válvula	7,3	Válvula	7,3
Válvula	7,3	T´s	1,3	T´s	1,3
T´s x2	2,6	Total	9,4	Total	11
Total	10,7				
SECCIÓN 5-F		SECCIÓN 4-F			
Accesorios	Constante	Accesorios	Constante		
Codo 90° x3	2,85	Codo 90° x3	2,85		
Válvula	8,5	Válvula	8,5		
Total	11,35	Total	11,35		
SECCIÓN D-2		SECCIÓN D-1			
Accesorios	Constante	Accesorios	Constante		
Reducción		Reducción			
Válvula	7,3	Válvula	7,3		
T´s	1,3	T´s x2	2,6		
Total	9,4	Total	10,7		
SECCIÓN 2-F		SECCIÓN 1-F			
Accesorios	Constante	Accesorios	Constante		
Codo 90° x3	2,85	Codo 90° x3	2,85		
Válvula	8,5	Válvula	8,5		
Total	11,35	Total	13,65		

Fuente: Autor.

Tabla 11. Dimensiones sistema de abastecimiento Monterrey IV (medidas en m).

SECCIÓN A-C		SECCIÓN C-1 (3)		SECCIÓN C-F		SECCIÓN 1 (3)-F	
Diámetro A-B	0,076	Diámetro B-C	0,076	Diámetro B-C	0,07	Diámetro D-E	0,07
Altura (H)	11	Longitud	7,4	Longitud	4,3	Longitud	6,6
Línea tubería	9,9	Altura del tanque	9,35				

Fuente: Autor.

Tabla 12. Accesorios y coeficientes sistema de abastecimiento Monterrey IV.

SECCIÓN A-C		SECCIÓN C-1 (3)	
<i>Accesorios</i>	<i>Constante</i>	<i>Accesorios</i>	<i>Constante</i>
Codo 90° x4	3,2	Codo 90° x3	2,4
Filtro	4	Válvula	7,3
Válvula	7,3	T's	1,3
Total	14,5	Total	11
SECCIÓN 1 (3)-F		SECCIÓN C-F	
<i>Accesorios</i>	<i>Constante</i>	<i>Accesorios</i>	<i>Constante</i>
Codo 90° x4	3,2	Codo 90° x4	3,2
Total	3,2	Total	3,2

Fuente: Autor.

10 PRESUPUESTO.

Para la fabricación de los tanques se realizó la cotización con la empresa EQUIMACO LTDA., la cual presento el siguiente presupuesto para la fabricación de los cinco tanques, con las siguientes especificaciones técnicas:

- Tapas bombeadas y rebordeadas En plancha HR ASTM A –36 GR C”.
- Cilindro en plancha HR ASTM A –36 GR C”.
- Soportes de anclaje en plancha HR ASTM A –36 GR C”.
- Manhole de inspección con empaque, tapa, tornillos y brida según solicitud en plano.
- Uniones de acero de alta presión para llenado, salida, drenaje y desfuegos.
- Armado con soldadura eléctrica de alta penetración.

Tabla 13. Cotización fabricación de tanques de almacenamiento.

Capacidad Gal / lts	Material	MEDIDAS Aprox mm	Valor Unitario	Proceso de Sand blastig	Proceso de Imprimante Epóxico	Aplicación de Barrera y pintura	Total
530 / 2.000	1/4" / 6mm	Ø 1.150 Long 2.240	\$ 4.720.000	\$ 430.000	\$ 170.000	\$ 390.000	\$ 5.710.000
1.240 / 4.700	1/4" / 6mm	Ø 1.650 Long 2.500	\$ 7.760.000	\$ 625.000	\$ 175.000	\$ 650.000	\$ 9.210.000
2.100 / 7.950	1/4" / 6mm	Ø 1.900 Long 3.100	\$ 10.750.000	\$ 900.000	\$ 260.000	\$ 900.000	\$ 12.810.000
3.000 / 11.350	1/4" / 6mm	Ø 1.850 Long 4.500	\$ 12.900.000	\$ 1.300.000	\$ 365.000	\$ 1.300.000	\$ 15.865.000
4.830 / 18.300	5/16" / 8mm	Ø 2.300 Long 4.700	\$ 23.000.000	\$ 1.650.000	\$ 460.000	\$ 1.650.000	\$ 26.760.000

Fuente: EQUIMACO LTDA.

La empresa se hace responsable de realizar pruebas neumáticas a los tanques, además cuenta con pruebas de radiografías o similares.

Para los accesorios la empresa seleccionada fue Valvulas y accesorios LTDA., en donde se les pidió una cotización para los siguientes accesorios:

Válvulas, codos, reducciones, Tés y tubería galvanizada. Todos los accesorios tienen un SCH40; y con especificaciones técnicas para transportar aceite lubricante SAE 40.

Tabla 14. Cotización accesorios para el sistema de abastecimiento.

Item	Cant	Descripcion	MARCA	V/R. UNIT.	V/R. TOTAL	TIEMPO DE ENTREGA
1	8	VALVULA GLOBO A/C BRIDADA 150LBS 2"	HEATON- INGLATERRA	\$ 635.000	\$ 5.080.000	INMEDIATA
2	17	VALVULA GLOBO A/C BRIDADA 150LBS 3"	CRANE-USA	\$ 752.000	\$ 12.784.000	INMEDIATA
3	5	FILTRO EN Y A/C 150LBS 3"	CHINA	\$ 174.000	\$ 870.000	INMEDIATA
4	60	MTS TUBO A/GALVANIZADO SCH40 2"	COLMENA- COLOMBIA	\$ 28.000	\$ 1.680.000	INMEDIATA
5	288	MTS TUBO A/GALVANIZADO SCH40 3"	WEIFANG-CHINA	\$ 62.000	\$ 17.856.000	INMEDIATA
6	22	CODO 90°A/C A-234WPB SCH40 2"	BENKAN-JAPON	\$ 11.000	\$ 242.000	INMEDIATA
7	63	CODO 90°A/C A-234WPB SCH40 3"	BENKAN-JAPON	\$ 25.000	\$ 1.575.000	INMEDIATA
8	11	TEE RECTA A/C A-234WPB SCH40 3"	BENKAN-JAPON	\$ 58.500	\$ 643.500	INMEDIATA
9	8	COPA CONCENTRICA A/C A-234WPB SCH40 3"X 2"	BENKAN-JAPON	\$ 20.000	\$ 160.000	INMEDIATA
		TRABAJAMOS CON CALIDAD TOTAL	SUBTOTAL		40.890.500	
			IVA. 16%		6.542.480	
			TOTAL		47.432.980	

Fuente: Válvulas y accesorios LTDA.

11 CONCLUSIONES

En conclusión este proyecto muestra que el desarrollo de cada uno de los objetivos se llevo a cabo según lo establecido en el plan de trabajo. La metodología empleada durante la pasantía y la asistencia por parte del Codirector permitieron alcanzar los siguientes logros:

Se evidencio la situación actual del procedimiento y equipos necesarios para el cambio de lubricantes a las unidades principales de la planta Monterrey de Ecopetrol S.A., analizando el personal requerido (cantidad) y el tiempo que se demora en hacer este procedimiento.

Con esta información clara (condiciones actuales), se contemplo un volumen optimo, teniendo en cuenta la relación costo-beneficio, de almacenaje para cada una de las casa-maquinas de la planta. Con esto se procedió a hacer el diseño de los tanques de almacenamiento con sus respectivas indicaciones técnicas al fabricante, las cuales fueron plasmadas en los planos que se muestran en el documento.

Con los tanques ya dimensionados y tecnificados, se cumple con la disposición de cada uno de los sistemas de la planta. Reconociendo que para la casa-maquina de Monterrey V no se planta un sistema de abastecimiento, ya que durante la pasantía se estaba haciendo construcción de la misma. Pero se dimensiona y se dispone de un sistema de abastecimiento para las casa-maquinas existentes, con sus respectivos tramos de transporte y accesorios para el buen funcionamiento del sistema de abastecimiento.

Paralelo a esto se recomiendan el tipo de dispositivos de seguridad que debe llevar cada uno de los sistemas de abastecimiento y almacenaje, con el fin de estar pendiente de la operación del mismo, cuando este en funcionamiento y de igual manera cuando no lo este (sensores de nivel para los tanques).

El impacto económico que tiene el proyecto lo hace viable por que se evidencio que este sistema de almacenamiento y abastecimiento tecnificado contribuye con la operación de la planta. Disminuye los tiempos y el personal que se tiene para dicha labor, disminuyendo las horas hombres y talento humano. Además cuenta con medidas para realizar mejoras en los procesos y planes de manteamiento de las unidades principales, lo cual tiene una confiabilidad en los indicadores establecidos en la planta para las unidades principales.

De todo esto se puede concluir que el proyecto presenta muchas ventajas frente al sistema actual no solo en la parte técnica y operativa, sino también en indicadores económicos que generan mayor rentabilidad a los procesos de la planta.

BIBLIOGRAFÍA

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. Tanques de acero soldado para el almacenamiento de petróleo. Apéndice A. Decima edición. Washington D.C, 1998. 164 p. API 650.

Diseño y calculo de tanques de almacenamiento. Ingeniería León S.A México.8p.
FAATZ, Hans H. Proyecto y construcción de equipos hidráulicos. 7. Construcción de estructuras metálicas para grupos hidráulicos. 209 p.

FLORÍA, Pedro Mateo, GONZÁLEZ MAESTRE, Diego y GONZÁLEZ RUIZ, Agustín. Manual para el técnico en prevención de riesgos profesionales de riesgos laborales. 5 ed. 411 p.

-----5 ed. 412 p.

Guía para el mantenimiento y protección de elementos metálicos, Sika, 2012

GROOVER, Mikell P. Fundamentos de manufactura moderna, materiales, procesos y sistemas. 1 ed. 126 p.

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL MATERIAL. Exxon Mobil. Aceite lubricante Mobil pegasus 805.

MATAIX, Claudio. Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas. 2 ed. 203 p.

Norma 2610ESM103, (ACP). Manejo y utilización de aceites lubricantes y derivados de hidrocarburos.

Norma ASTM A53-07 Tubería de acero, soldada y sin soldadura, negra y galvanizada en caliente. (Tuberías, Tubos y Accesorios en Acero), Volumen 01.01, Enero de 2008

ORTIZ, Jorge. Instalaciones sanitarias. Universidad nacional de ingenierías.

Reglamento de Instalaciones petrolíferas (IPE). España. 2003. 15 p.

WHITE, Frank M. Mecánica de fluidos. 5 ed. 368 p.

[http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/es/medidores/medidoresdegentuberias/
medidoresdegentuberias.html](http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/es/medidores/medidoresdegentuberias/medidoresdegentuberias.html)

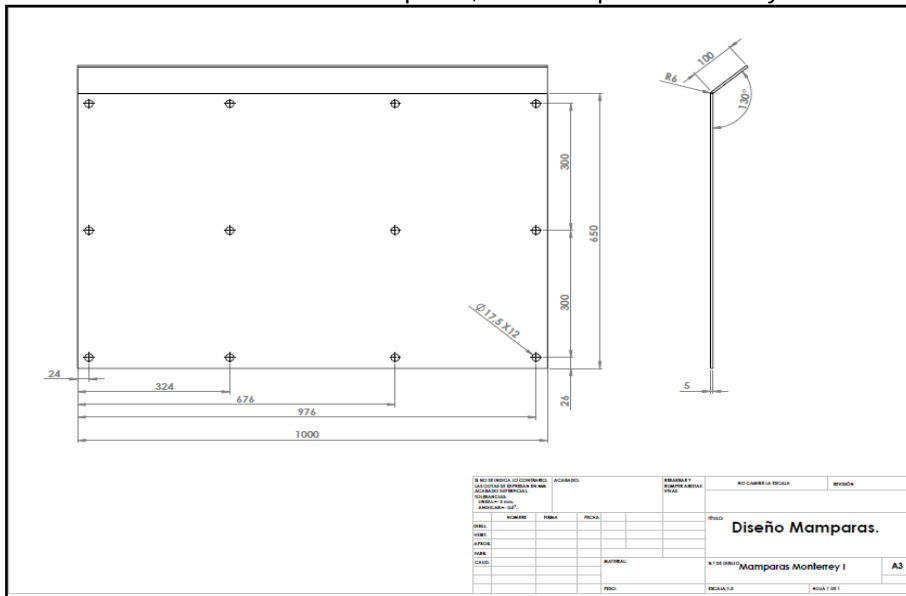
www.gracoservis.galeon.com

www.ayrtanques.com

www.petrochemtech.com

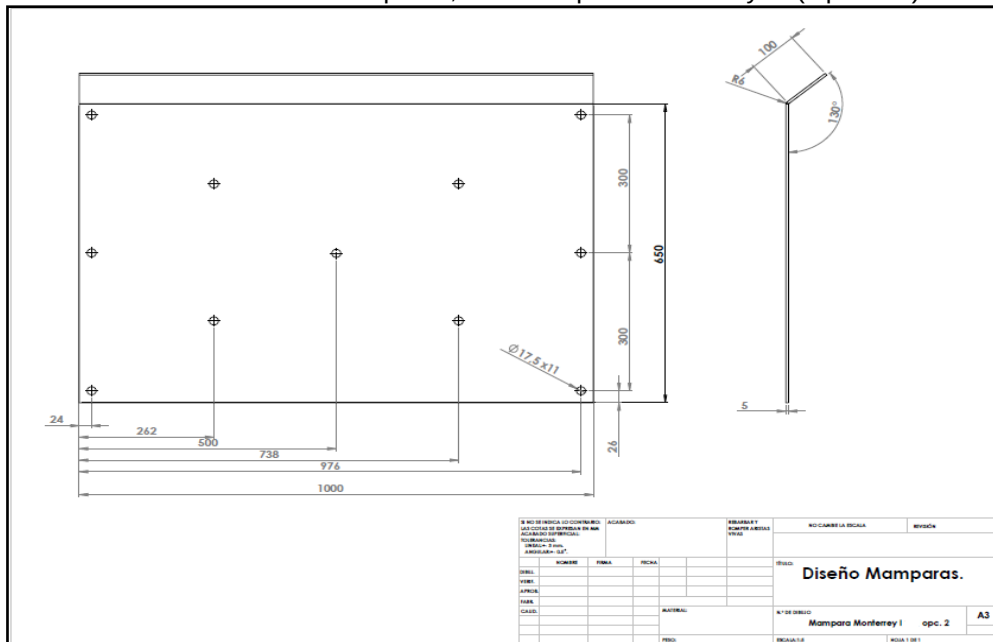
ANEXOS

Anexo A. Diseño de mamparas, casa-maquina Monterrey III.



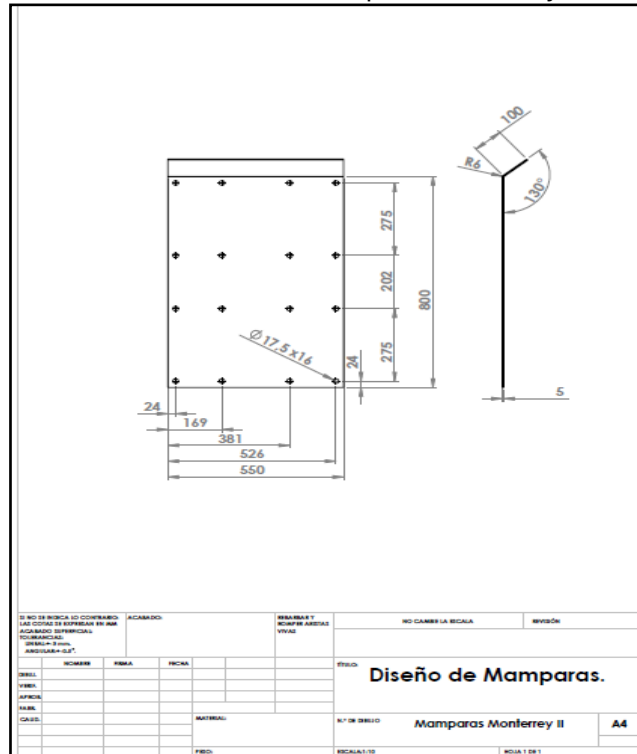
Fuente: Autor.

Anexo B. Diseño de mamparas, casa-maquina Monterrey III (Opción 2).



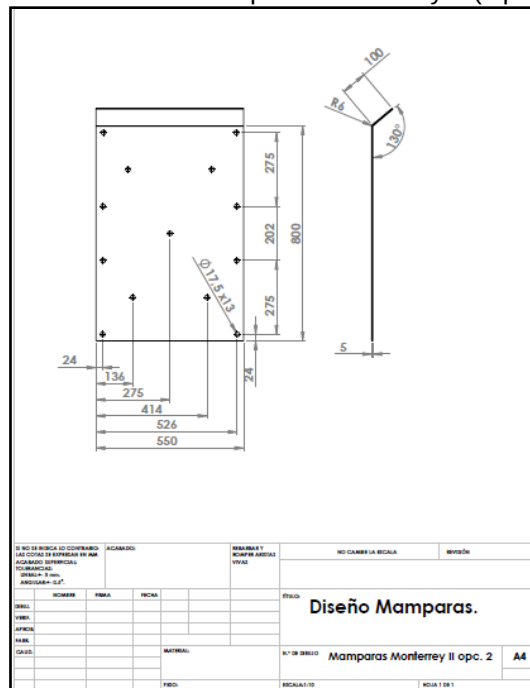
Fuente: Autor.

Anexo C. Diseño de mamparas Monterrey II.



Fuente: Autor.

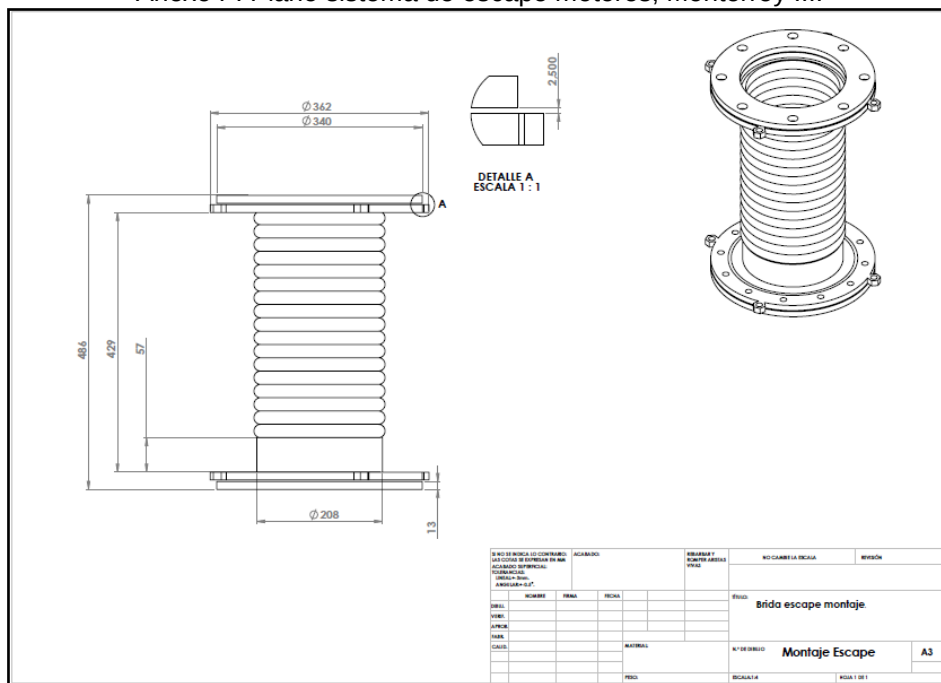
Anexo D .Diseño de mamparas Monterrey II (Opción 2).



Fuente: Autor.

Technical drawing of the 'Piattoforma Montedimento' (Loading Platform). The drawing shows a 3D perspective view of the structure, which includes a central platform area, two sets of stairs with railings, and a side platform with a railing. The structure is designed for loading and unloading goods from trucks or containers.

Anexo F. Plano sistema de escape motores, Monterrey III.



60

INFORME

Equipos: Escaleras bahías Monterrey IV (“Descargadero”).
Ubicación: Plataformas de descargue Monterrey IV (“Descargadero”).
Planta: Monterrey (Casanare)
Fecha de Informe: 12 de de Octubre del 2011.
Quien elabora: Daniel Torres
Cargo: Aprendiz Universitario

ANTECEDENTES.

En las estructuras de las escaleras de las bahías de Monterrey IV (“Descargadero”), la estructura de sujeción fija que tiene para estar acopladas a las plataformas, son unas láminas de SAE XXXX y un espesor de 3/8 in (9.6 mm). Estas láminas están sujetas por medio de soldadura aplicada en su parte superior (plataforma) y un tornillo en su otro extremo, para ser punto de pivote con la escalera.

Debido a fallas repetitivas que presentan las escaleras en el Monterrey IV (“Descargadero”), en donde la estructura colapsa continuamente en el mismo sector, se hace necesario el trabajo correctivo de aplicar soldadura en el punto de falla.

Como es continua la presencia de ruptura de la escalera, se hace aplicación repetitiva de soldadura en el punto crítico, generando costos de mantenimiento y pérdidas económicas, por crudo que deja de ser descargado en la bahía.

En algunos casos estas fracturas ocurren por un choque que existe por parte de la escalera y el medio de transporte del producto (crudo), esto indica un mal manejo por parte del operario de la escalera y/o un mal diseño de la misma.

SITUACION ACTUAL Y PROBLEMÁTICA EN LA ZONA DE MONTERREY IV (“DESCARGADERO”).

Actualmente, se tienen 12 escaleras en la zona de descargue de Monterrey IV (“Descargadero”), una por cada bahía. Cada una de estas escaleras presenta el mismo problema y no se tiene una solución que erradica de manera óptima las fallas en la estructura de las escaleras. Se sigue implementando el mantenimiento correctivo de aplicación de soldadura en el punto de falla, y en algunos casos se aplica un material adicional de soporte que es soldado a la escalera (Foto 1). Esto, genera un desgaste en el material de las escaleras.

Foto 1. Escalera descargadero



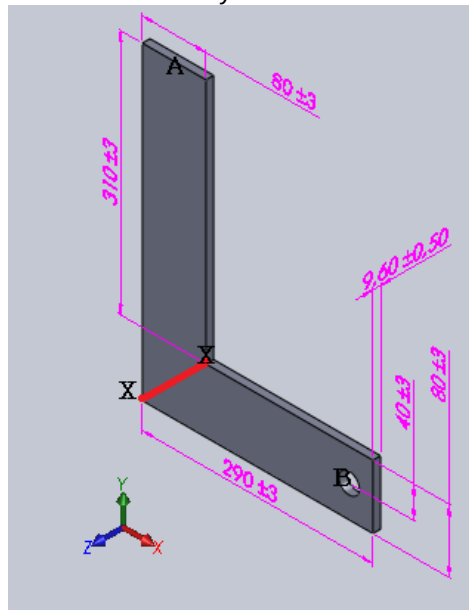
Fuente: Autor.

Dado los inconvenientes que se presentan estas escaleras y la importancia que tienen en la operación de descargue del producto, en donde el daño es repetitivo y no se hace un correctivo optimo al problema, se hace necesario evaluar posibles soluciones para acabar con el inconveniente y minimizar costos y pérdidas económicas de bombeo por el mantenimiento y reparación de una escalera.

ANALISIS ESTÁTICO DE LA LÁMINA.

Las condiciones de operación de la escalera y su análisis estático realizado a toda la estructura (incluyendo escalera y peso del operador) arrojan los siguientes esfuerzos y fuerzas a los cuales está sometida la lámina.

Imagen 1. Puntos analizados y dimensiones de la lámina (mm).



Fuente: Autor.

En la sección B se producen fuerzas de: 1176 New (eje x), 1618 New (eje y) y una fuerza de 308524 New (eje z), cuando existe un golpe por parte de los camiones. Además se produce un momento de fuerza de 742 N.m.

En la sección del brazo (X superior), se producen esfuerzos de 141 Mpa., y en la sección A de 122 Mpa.

Estas concentraciones hacen que la estructura falle y se fracture, con una mayor tendencia en la zona demarcada con línea roja.

Se debe tener en cuenta que estas fuerzas se distribuyen por cada una de las láminas que tiene la escalera (2), es decir las fuerzas y esfuerzos serian la mitad de los calculados para una sola.

Por estas condiciones y para evitar que se presenten daños en las escaleras y sus láminas, se hace una mejora geométrica de a lámina.

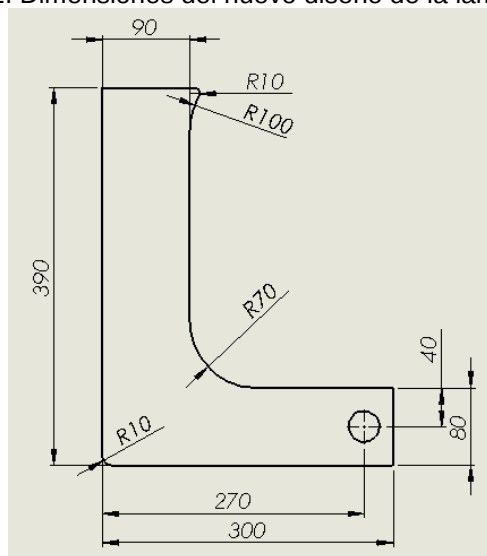
NUEVO DISEÑO DE LÁMINA.

Para el nuevo diseño de la lámina se adoptan puntos de referencia para el prototipo de la misma. Las condiciones de diseño son las siguientes:

El material para la lámina va ser un acero estructural A36, los esfuerzos admisibles de la pieza van a ser de 9000 psi (63 Mpa) y su espesor de 9.8 mm (3/8 in) se va mantener.

Las únicas variaciones que va tener la lámina son variaciones en su brazo (zona X-X), ampliación de medidas a los largo del eje X y variación geométrica de la sección A.

Imagen 2. Dimensiones del nuevo diseño de la lámina (mm).



Fuente: Autor.

Las variaciones que se le hicieron a la lámina mejoran las condiciones de operación de la misma y hacen que la pieza pueda soportar las fuerzas y esfuerzos a los cuales está sometido. La eliminación de aristas vivas en el brazo de la lámina y soporte superior ayuda a disminuir los puntos de concentración de fuerzas, al igual que el aumento de la sección A y de la parte del brazo, a lo largo del eje x.

VISUALIZACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE LA LÁMINA (ANÁLISIS COMPUTACIONAL).

A continuación se muestra un análisis por elementos finitos de la lámina, con su nuevo diseño, operando a todos los esfuerzos y fuerzas mencionadas anteriormente. Se hacen dos tipos de condiciones de operación para el nuevo diseño: condiciones máximas y condiciones reales.

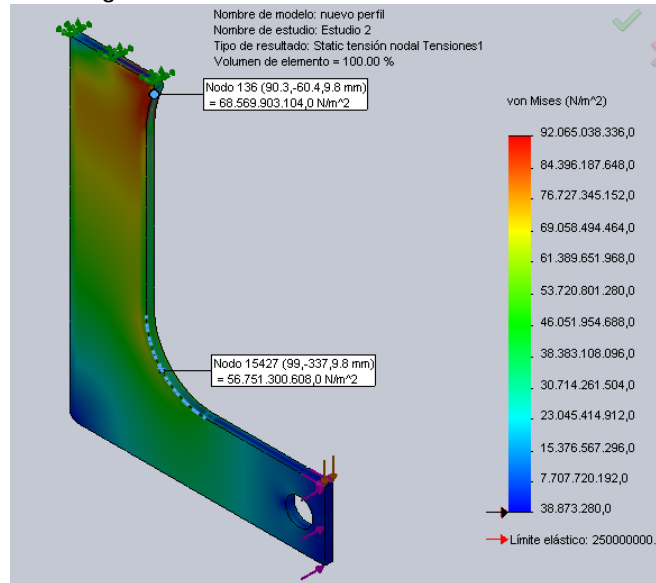
- *Visualización a condiciones máximas:* A esto nos referimos cuando una sola lámina está soportando todas las fuerzas que se hallaron con el análisis estático.
- *Visualización condiciones reales:* A esto nos referimos cuando la lámina está sujeta a la escalera. Se considera un ambiente en donde la escalera tiene una lámina a cada lado que funcionan como soporte. En este caso se analiza una lámina con todas sus cargas reducidas a la mitad y otra lámina con sus cargas reducidas, menos la producida por el camión y su tanque.

Para los dos casos se toma en consideración el evento de un choque a lo largo del eje z, por parte de un tanque de almacenamiento de mulas que pasan por la zona del “Descargadero”. Y la condición de un operario de 150 Kg sobre la escalera.

VISUALIZACIÓN A CONDICIONES MÁXIMAS.

Como se puede ver en la experimentación realizada por computador, los esfuerzos en las zonas A y X-X han disminuido de forma considerable. Ya que al eliminar puntos de concentración de esfuerzos (aristas vivas) por superficies curvas permite hacer una mejor distribución de las cargas. De igual forma al aumentar el área superficial de la lámina hace que los esfuerzos internos disminuyan.

Imagen 3. Visualización condiciones máximas.



Fuente: Autor.

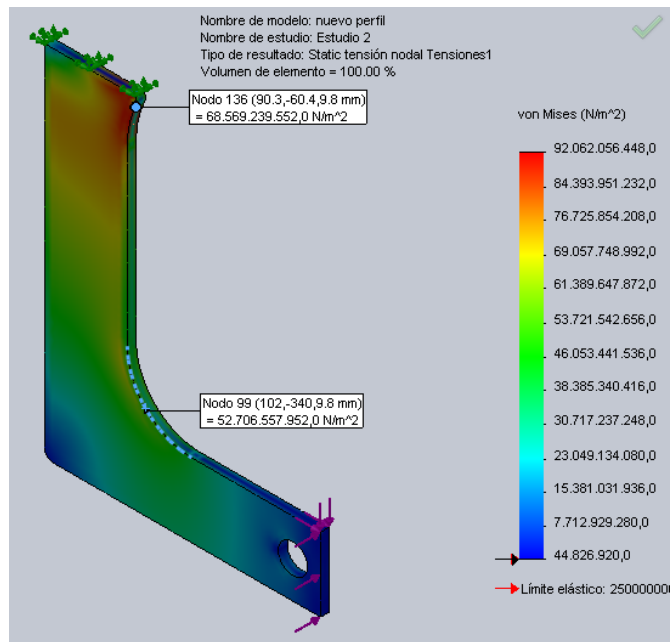
VISUALIZACIÓN CONDICIONES REALES.

En esta imagen podemos observar las condiciones a las cuales está sometida una sola placa, respecto al conjunto completo de toda la estructura. Dado que en cada escalera existen dos láminas por escalera, las fuerzas y esfuerzos se reparten y recargan sobre cada una de las piezas (lámina 2). Haciendo que los esfuerzos máximos a los cuales operan se reduzcan a la mitad. Menos la fuerza que es ejercida el camión y su tanque, ya que hay una lámina (lámina 1) que recibe de manera más directa esta fuerza por encontrarse mas cercana a la zona de choque.

Lámina 1.

Se observa una disminución de los esfuerzos en la parte de su brazo, pero no hay variación en los esfuerzos en la zona A. y estas son las condiciones reales a las cuales están sujetas las láminas que están cerca de la zona de choque.

Imagen 4. Visualización condiciones reales lámina 1.

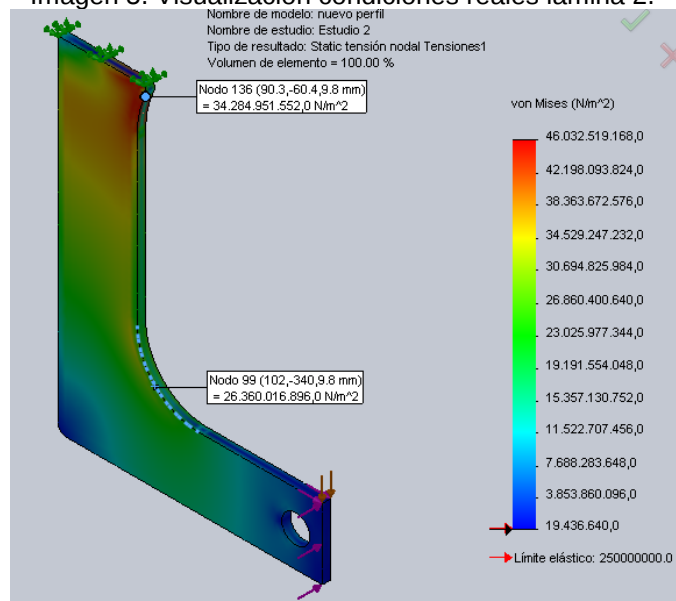


Fuente: Autor.

Lámina 2.

En esta ocasión vemos como las esfuerzos en las mismas zonas disminuye de manera considerable, ya que esta lamina no tiene un contacto tan extremo como lo tiene el otro soporte.

Imagen 5. Visualización condiciones reales lámina 2.



Fuente: Autor.

De esto se puede evidenciar como las variaciones de diseño para las nuevas láminas ayudan con los esfuerzos que se producen en zonas las zonas críticas (A y X-X). En estos análisis y visualización por computador no se tomo en consideración el aumento del espesor de la lámina. Este detalle puede ayudar a disminuir los esfuerzos a los cuales está trabajando la lamina 2 y ser una solución para que esta no falle.

CONCLUSIONES.

Las variaciones realizadas en el diseño de la lamina ayudan a reducir los riesgos a que esta falle. De las simulaciones realizadas con este nuevo concepto de lámina se puede concluir:

- El aumento de dimensiones longitudinales sobre el eje x, no deben ser ampliadas de manera desproporcional ya que al generar una longitud mayor, los momentos de fuerza en zonas alejadas del punto B, aumentan.
- Las nuevas dimensiones y formas geométricas que tienen las láminas reducen considerablemente las fuerzas y esfuerzos que interactúan con ella y según las condiciones reales a las cuales se somete.
- Para las láminas que están cerca a la zona de impacto por parte del camión, las dimensiones y mejoras en su geometría no ayudan para lograr las condiciones iniciales de diseño de la lámina. A estas láminas se les debe hacer un rediseño el cual debe estar sujeto a consideraciones de aumento de espesor de la lámina.

Anexo H. Dimensiones y tamaño de tanques de almacenamiento horizontales, Estándares API.

TABLE 18.2. Storage Tanks, Underwriter or API Standard, Selected Sizes				
a. Small Horizontal Underwriter Label				
Capacity Gallons	Dimensions			Weight in pounds
	Diameter	Length	Thickness	
280	42"	4'-0"	$\frac{3}{16}$ "	540
550	48"	6'-0"	$\frac{3}{16}$ "	800
1000	48"	10'-8"	$\frac{3}{16}$ "	1260
1000	64"	6'-0"	$\frac{3}{16}$ "	1160
1500	64"	9'-0"	$\frac{3}{16}$ "	1550
2000	64"	12'-0"	$\frac{3}{16}$ "	1950
3000	64"	18'-0"	$\frac{3}{16}$ "	2730
4000	64"	24'-0"	$\frac{3}{16}$ "	3510

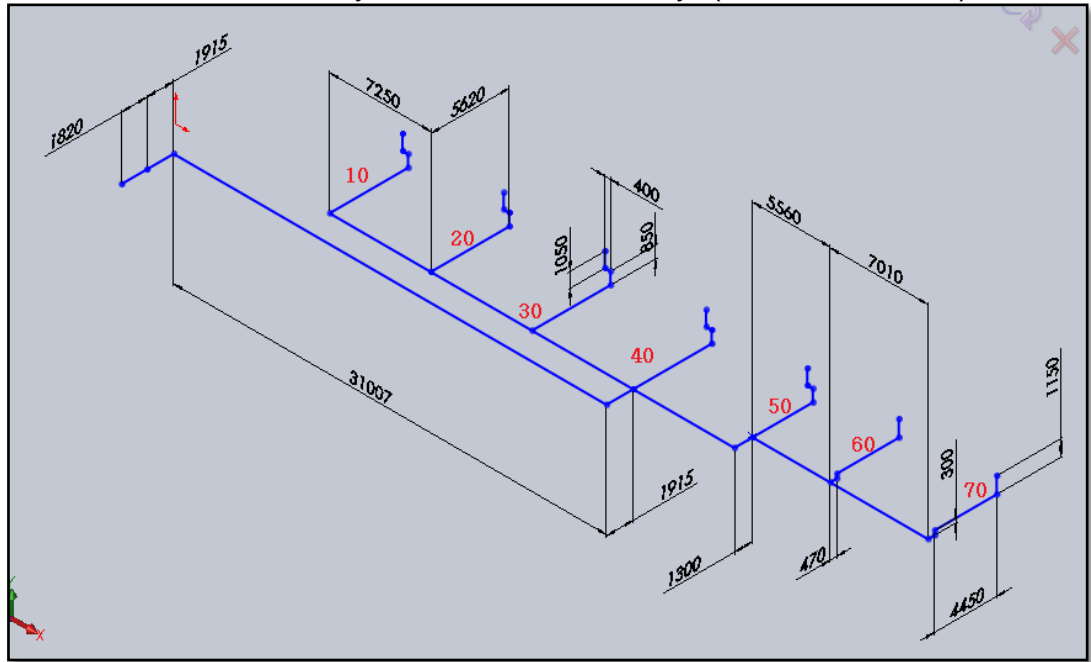
Fuente: Norma y estándares API.

Anexo I. Dimensiones y tamaño de tanques de almacenamiento horizontales, Estándares API.

b. Horizontal or Vertical with Underwriter Label					
Nominal Capacity Gallons	Dimensions			Weight	No. of Supports
	Diameter	Approx. Length	Thickness		
5,000	6'-0"	23'-9"	$\frac{1}{4}$ "	5,440	3
5,000	7'-0"	17'-6"	$\frac{1}{4}$ "	5,130	2
6,000	8'-0"	16'-1"	$\frac{1}{4}$ "	5,920	2
6,000	8'-0"	16'-1"	$\frac{5}{16}$ "	6,720	2
8,000	8'-0"	21'-4"	$\frac{1}{4}$ "	7,280	2
8,000	8'-0"	21'-4"	$\frac{5}{16}$ "	8,330	2
10,000	8'-0"	26'-7"	$\frac{1}{4}$ "	8,860	3
10,000	8'-0"	26'-7"	$\frac{5}{16}$ "	10,510	3
10,000	10'-0"	17'-2"	$\frac{1}{4}$ "	8,030	2
10,000	10'-0"	17'-2"	$\frac{5}{16}$ "	9,130	2
10,000	10'-6"	15'-8"	$\frac{1}{4}$ "	8,160	2
10,000	10'-6"	15'-8"	$\frac{5}{16}$ "	9,020	2
15,000	8'-0"	39'-11"	$\frac{1}{4}$ "	13,210	4
15,000	8'-0"	39'-11"	$\frac{5}{16}$ "	14,620	4
20,000	10'-0"	34'-1"	$\frac{1}{4}$ "	14,130	3
20,000	10'-0"	34'-1"	$\frac{5}{16}$ "	16,330	3
25,000	10'-6"	38'-9"	$\frac{1}{4}$ "	17,040	4
25,000	10'-6"	38'-9"	$\frac{5}{16}$ "	19,010	4

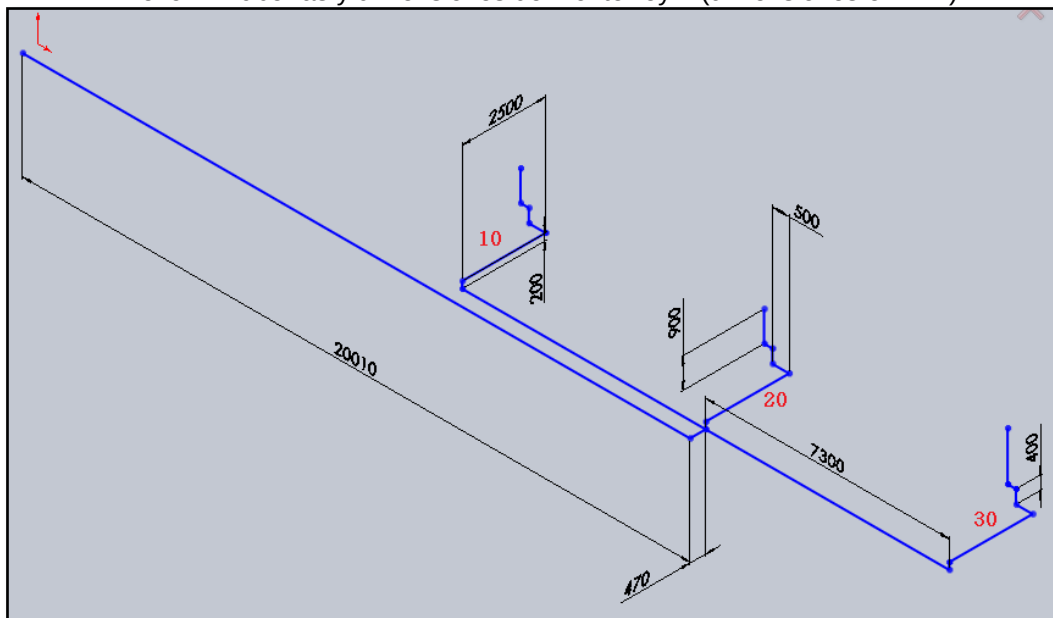
Fuente: Norma y estándares API.

Anexo J. Tuberías y dimensiones de Monterrey I (dimensiones en mm).



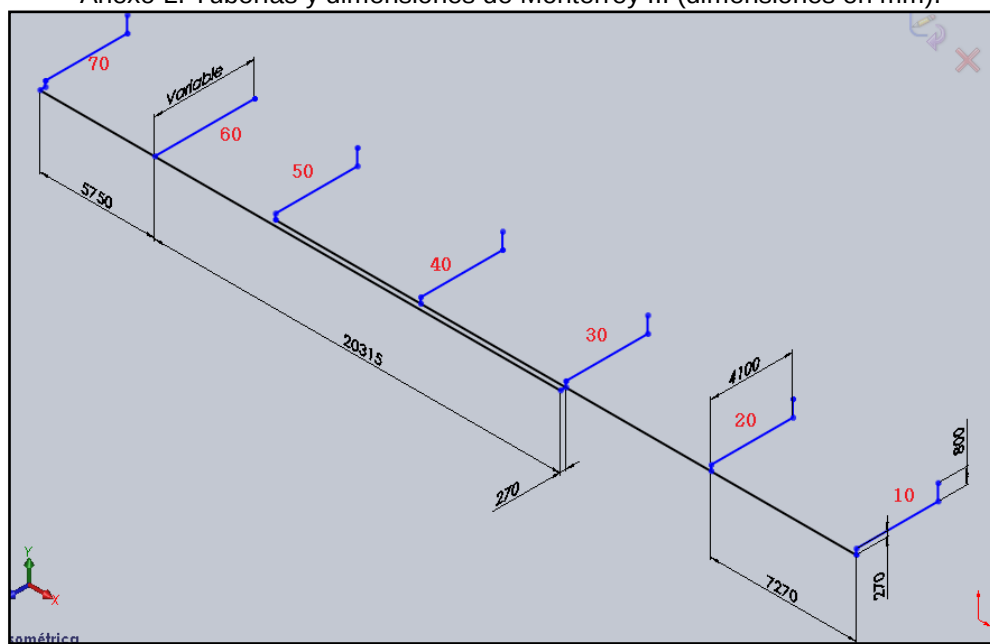
Fuente: Autor.

Anexo K. Tuberías y dimensiones de Monterrey II (dimensiones en mm).



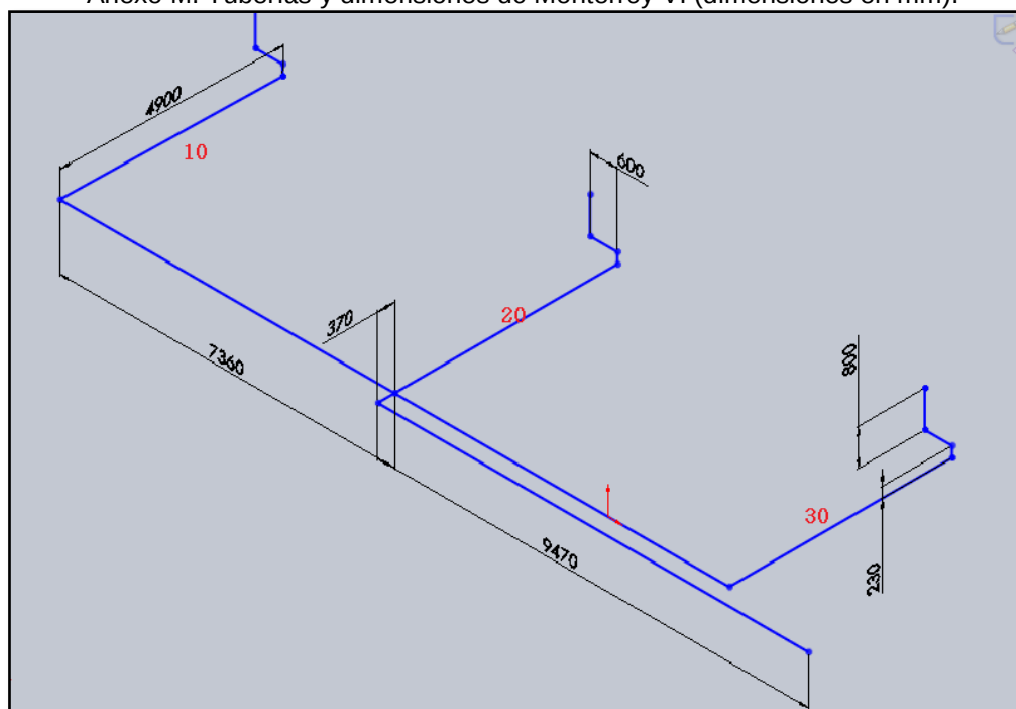
Fuente: Autor.

Anexo L. Tuberías y dimensiones de Monterrey III (dimensiones en mm).



Fuente: Autor.

Anexo M. Tuberías y dimensiones de Monterrey VI (dimensiones en mm).



Fuente: Autor.

Anexo N. Coeficientes de pérdidas en accesorios.

	Nominal diameter, in									
	Screwed					Flanged				
	$\frac{1}{2}$	1	2	4		1	2	4	8	20
Valves (fully open):										
Globe	14	8.2	6.9	5.7		13	8.5	6.0	5.8	5.5
Gate	0.30	0.24	0.16	0.11		0.80	0.35	0.16	0.07	0.03
Swing check	5.1	2.9	2.1	2.0		2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Angle	9.0	4.7	2.0	1.0		4.5	2.4	2.0	2.0	2.0
Elbows:										
45° regular	0.39	0.32	0.30	0.29						
45° long radius						0.21	0.20	0.19	0.16	0.14
90° regular	2.0	1.5	0.95	0.64		0.50	0.39	0.30	0.26	0.21
90° long radius	1.0	0.72	0.41	0.23		0.40	0.30	0.19	0.15	0.10
180° regular	2.0	1.5	0.95	0.64		0.41	0.35	0.30	0.25	0.20
180° long radius						0.40	0.30	0.21	0.15	0.10
Tees:										
Line flow	0.90	0.90	0.90	0.90		0.24	0.19	0.14	0.10	0.07
Branch flow	2.4	1.8	1.4	1.1		1.0	0.80	0.64	0.58	0.41

Fuente: Mecánica de fluidos, Frank White.