



Creación del documento de estandarización de materiales (Piping Class) para la red de aire comprimido de alta presión en diferentes plantas de producción de la empresa Postobón S.A

Juan José Vélez Sánchez

Informe de prácticas para optar al título de Ingeniero mecánico

Asesores

Silvio Andrés Salazar Martínez, MSc

John Wyner Higuera Toro, Especialista en gerencia de proyectos

Universidad de Antioquia

Facultad de ingeniería

Departamento de ingeniería mecánica

Medellín, Antioquia, Colombia

2023

Cita	Vélez Sánchez [1]
Referencia	[1] J. J. Vélez Sánchez, “Creación del documento de estandarización de materiales (Piping Class) para la red de aire comprimido de alta presión en las diferentes plantas de producción de la empresa Postobon S.A”, trabajo de grado profesional, pregrado, Universidad de Antioquia, Medellín, 2023.
Estilo IEEE (2020)	



Centro de documentación de ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes

Decano/ Director: Julio César Saldarriaga Molina

Jefe departamento: Pedro León Simanca.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

Dedico este trabajo en primer lugar a mis padres, Dorian y Liliana, quienes con su amor, trabajo y sacrificio me han apoyado en todos los aspectos de la vida y me han ayudado a ser la persona que soy ahora. También quiero mencionar a mis abuelas, quienes con su cariño y amor me animaban a seguir adelante en la universidad. Finalmente, a mi novia, Pilar, por estar siempre en los momentos difíciles y por animarme a mejorar cada día.

Agradecimientos

Quiero agradecer a toda mi familia ya que sin ellos no hubiera podido llegar hasta donde estoy ahora. Cada uno de ellos ha aportado algo a mi crecimiento personal y me han impulsado para seguir adelante. También agradecer a mi asesor de prácticas por guiarme durante el proceso de prácticas académicas. A mis compañeros y amigos de la universidad, quienes fueron un gran apoyo durante toda la vida universitaria. Darle las gracias a la universidad por permitirme adquirir el conocimiento necesario para mi vida laboral. Finalmente agradecer a Postobon S.A. por confiar en mí y permitirme desarrollar profesional y personalmente

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	8
ABSTRACT	9
1. INTRODUCCIÓN	10
2. OBJETIVOS	11
A. Objetivo general	11
B. Objetivos específicos	11
3. MARCO TEÓRICO	12
3.1 ¿Qué es un proyecto?	12
3.1.1. Etapas de un proyecto	12
3.2 Estandarización de proyectos	14
3.3 Sistema de tuberías	14
3.4 Red de aire comprimido	19
3.5 Piping Class	20
4. METODOLOGÍA	27
4.1 Recopilación de información	27
4.2 Selección de la información	29
4.2.1. Elementos según su clase	29
4.2.2. Elementos según su SCH	32
4.2.3. Filtros y elementos filtrantes	33
4.3 Normatividad	34
4.3.1. ASME	34
4.3.2. ASTM	35
4.3.3. ISO	35
4.4 Creación del documento	36

4.4.1. Piping Class Detallado	36
4.4.2. Piping Class	38
4.4.3. Branch Table	40
5. RESULTADOS	42
6. ANÁLISIS	45
7. CONCLUSIONES	47
REFERENCIAS	49

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Plano mecánico ACA proyecto 75	13
Fig. 2. Fracción de diagrama P&ID ACA proyecto 75	16
Fig. 3. Detalle del tren de filtración ACA proyecto 75	16
Fig. 4. Listado de materiales de la línea NHF proyecto 75	17
Fig. 5. Derivaciones en un sistema de tuberías ACB	18
Fig.6. Datos generales y notas especiales del Piping Class para inhibidor de corrosión	22
Fig.7. Branch Table del Piping Class para inhibidor de corrosión	23
Fig.8. Pipe, Flange y Fitting group del Piping Class para inhibidor de corrosión	24
Fig.9. Valve, Bolt, Gasket y Trap/Trainer group del Piping Class para inhibidor de corrosión	25
Fig. 10. Lista de materiales proyecto 06 Malambo	28
Fig. 11. Presión de trabajo para bridas ASME B16.5	30
Fig. 12. Rating de presión para válvulas	31
Fig. 13. Presión máxima de servicio en Bar para tuberías inox SCH 5 y SCH 10	32
Fig. 14. Presión máxima de servicio en Bar para tuberías inox SCH 40 y SCH 80	32
Fig. 15. Referencias de filtros en la lista de materiales del proyecto 75	33
Fig. 16. Especificaciones técnicas filtros de alta presión Kaeser	33
Fig. 17. Especificaciones técnicas filtros Kaeser	34
Fig. 18. Encabezado de la tabla de piping class detallado para la red ACA	36
Fig. 19. Codificación para materiales de tubería	37
Fig. 20. Proceso de manufactura según ASTM para uniones de tuberías	38
Fig. 21. Encabezado Tabla Piping Class	39
Fig. 22. Plantillas de Layers	39
Fig. 23. Branch Table ACA	40
Fig. 24. Fracción del Piping Class Detallado (Ítem 1 al 8)	42
Fig. 25. Fracción del Piping Class (Ítem 1 al 4)	43
Fig. 26. Branch Table Piping Class	43

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

ACA	Aire Comprimido de Alta Presión
ACB	Aire comprimido de baja presión
MSc.	Magister Scientiae
ISO	Internacional Organization for Standardization
ANSI	American National Standards Institute
UNI	Italian National Standards Institute
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASTM	American Society for Testing and Materials
SCH	Shedule
NHF	Nitro Hot Fill
INOX	Inoxidable

RESUMEN

El presente informe da a conocer el documento estandarizado, “Piping Class”, para la línea de aire comprimido de alta presión. Este es un documento en el cual se recopila toda la información de los accesorios y tuberías empleados en las diferentes líneas de servicio y procesos usados en las plantas de la empresa Postobón S.A. Estos servicios son, por ejemplo, los de vapor, condensado, aire de alta y de baja presión, servicios industriales, entre otros. Las líneas de procesos son, por otro lado, las líneas de jarabe, líneas de agua, etc. Normalmente, para cada tipo de proceso y de servicio, en cualquiera que sea el proyecto, se usan los mismos accesorios, materiales y especificaciones; lo que cambiaría serían los diámetros, Schedule y clases, tanto de las tuberías como de los diferentes tipos de accesorios debido a variaciones en los caudales y presiones dentro de los elementos. Es por eso que, como los componentes siguen un estándar, los Piping Class son documentos muy importantes y útiles para la compañía, más concretamente dentro del área de ingeniería y proyectos. Según lo que se acordó con la empresa, la red de servicios a analizar era la red de aire comprimido de alta presión. El resultado del trabajo fue un documento estandarizado en el cual se especifican los nombres, diámetros, clase o Schedule, norma de material, norma de fabricación, proceso de fabricación y norma de conexión para cada elemento usado en la red de aire comprimido de alta presión en cada uno de los proyectos realizados hasta la fecha.

Palabras clave --- Piping Class, red de aire de alta presión, accesorios para tubería, tuberías, líneas de servicio, líneas de proceso, proyectos, estandarización, Postobón S.A.

ABSTRACT

This report presents the standardized document, “Piping Class”, for the high pressure compressed air line. Piping Class is a document which contains all the information about the accessories and pipes used in the different services and processes located in the facilities of Postobón S.A. company. These services are, for example, steam, condensate, high pressure and low pressure air, among others. On the other hand, the process lines are syrup, water, etc. For any process or service carry on Postobón S.A, accessories, materials and specifications are the same; what could change are the diameters, schedules and classes of the pipes due the variations in flow rate and pressure inside the elements. For this reason, and considering follows a standard, Piping Class documents are highly important and useful for the company, specifically in engineering and project management area. Considering the agreement with the company, the service network to be analyze is the high pressure compressed air one. The result of this work was a standardized document in which the names, diameters, class or Schedule, material, manufacturing standard, manufacturing process and connection standard are specified for each element used in the high pressure compressed air network in each of the projects carried out until now.

Keywords ---- Piping Class, high pressure compressed air network, pipe fittings, pipes, service lines, process lines, projects, standardization, Postobón S.A

1. INTRODUCCIÓN

Un proyecto es una idea inicial que requiere de una planificación y coordinación de un grupo de trabajo para lograr un objetivo deseado y crear un único producto o servicio ^[1]. En Postobon S.A. un proyecto de ingeniería nuevo se empieza a desarrollar a partir de la ingeniería conceptual, en la cual se definen teóricamente todas las especificaciones técnicas básicas de un sistema. Allí se demarcan qué tipos de equipos y tecnologías se requieren para el proceso, el tipo de red a la cual se le va a realizar el montaje y los suministros necesarios para esta. Luego se pasa por una etapa de ingeniería básica, que es donde se consolidan y se calculan todos los consumos de la línea, como lo son los caudales, presiones y temperatura para todos los equipos y redes de tuberías de distribución necesarios. Finalmente se llega a la etapa de ingeniería de detalle, que es en donde se realizan los modelos 3D de los equipos y las redes, para por fin culminar con la lista de materiales del servicio. A partir de esta lista es que se puede generar un documento estandarizado de materiales llamado Piping Class.

El piping class es un documento que, como se mencionó anteriormente, busca estandarizar todas las especificaciones técnicas detalladas de los materiales de las diferentes redes de un servicio o proceso usados por la empresa Postobon S.A. La gran ventaja de la creación de este tipo de documentos es que, al realizarse proyectos futuros en los cuales sean usadas algunas de las líneas de servicio que ya tengan creado su respectivo piping class, será mucho más fácil escoger el tipo de tubería, accesorio, método de unión y material necesarios para el diseño y montaje de una nueva línea en cualquier planta que se requiera, evitando así posibles errores y/o reprocesos. Es por eso por lo que, al ser un documento con un impacto importante sobre la gestión de nuevos proyectos, se escoge como el trabajo a realizar dentro del semestre de industria.

Esta información se compiló en una tabla de Excel, en donde se muestran el nombre del elemento, los diámetros comúnmente usados, la clase o shedule (según corresponda), materiales de fabricación con su respectiva norma, cómo se fabrica dicho elemento, su norma de fabricación, norma de conexión y las diferentes observaciones o comentarios que se consideran importantes para las personas que vayan a hacer uso de este documento.

2. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Realizar un documento que recopile, estandarice y consolide las especificaciones técnicas detallada de materiales para tuberías usando la información de todas las listas de materiales generadas a lo largo del tiempo en diferentes proyectos de la empresa Postobón S.A; específicamente aquellos en los cuales son usadas las redes de aire comprimido de alta presión.

B. Objetivos específicos

- Efectuar la recopilación de información de los accesorios usados en las redes de aire comprimido de alta presión en los diferentes proyectos realizados por la empresa.
- Consultar en los estándares internacionales (ASTM, ISO, ASME, etc.) la normativa para la fabricación, materiales y conexión de los diferentes accesorios usados en este tipo de redes
- Conocer a fondo el funcionamiento de una red de aire de alta presión para diferentes procesos dentro de la empresa
- Definir y describir las etapas de un proyecto

3. MARCO TEÓRICO

3.1 ¿Qué es un proyecto?

Según la RAE, un proyecto es un “conjunto de escritos, cálculos y dibujos que se hacen para dar idea de cómo ha de ser y lo que ha de costar una obra de arquitectura o de ingeniería” [2]. Pues bien, un proyecto puede ser definido como un esfuerzo en conjunto que se realiza en un tiempo determinado para poder crear un producto, servicio o resultado que no se ha obtenido con anterioridad. Todo proyecto tiene unos objetivos deseados, una fecha límite y un presupuesto limitado [3].

Los directores de proyectos los pueden dividir en diferentes fases con el objetivo de no saturar a un solo grupo de trabajo y poder llevar un cronograma más estructurado del mismo. En general, los proyectos se dividen en: Inicio, planificación, ejecución y cierre del proyecto [4]. Sin embargo, según el ingeniero José Ferrer, Oil & Gas Senior Project Planner, en los proyectos de ingeniería, usualmente estos pasos son: Ingeniería conceptual, ingeniería básica, ingeniería de detalle, construcción, precomisionamiento, comisionamiento y arranque [5]. Sin embargo, por temas prácticos, en este trabajo se hablará específicamente de los 3 primeros pasos.

3.1.1. *Etapas de un proyecto*

- *Ingeniería conceptual:* En esta fase se realiza la evaluación preliminar de una idea. Es allí donde se debe definir el producto o sistema a llevar a cabo y evaluar teóricamente todas las especificaciones básicas del sistema, teniendo en cuenta las ventajas, desventajas, tecnologías, equipos, suministros y los riesgos que implica el proyecto. Aquí es donde se estudia la viabilidad del costo del proyecto y los recursos requeridos; así como el tiempo y el desempeño de este. La ingeniería conceptual es paso es muy importante dentro de un proyecto debido a que marcará las pautas para el desarrollo de la ingeniería básica y de detalle. [5], [6]
- *Ingeniería básica:* Se trata de la etapa de profundización de las ideas y definiciones tratadas en la ingeniería conceptual. La ingeniería básica es realizada por un pequeño grupo de ingenieros, en comparación con la gran cantidad de apoyo que se necesita en la ingeniería de detalle, que consolidan y realizan los cálculos preliminares de cada sistema que hacen parte del proyecto; además de realizar diagramas preliminares, como los P&ID y diagramas unifilares, con el fin de poder llevar a cabo una cotización aproximada del proyecto.

Adicionalmente, se empiezan a dimensionar y escoger los equipos a utilizar según la disponibilidad en la planta. [5], [7]

- Ingeniería de detalle:** Es la etapa final del proceso de ingeniería de un proyecto. En esta instancia se recapitula todos los trabajos realizados en la ingeniería básica. Es de suma importancia que se someta esta información a una revisión minuciosa pues es en este paso en el que se envían todos los planos a construcción. La ingeniería de detalle se debe realizar de acuerdo a todas las normas internacionales, respetando, además, las reglas y decisiones pactadas con el cliente. En este paso se convierte toda la información de la ingeniería básica en diseños detallados del proyecto, de tal manera que quede todo muy claro y tangible para su posterior compra, construcción y montaje. Trabajos como los modelos 3D, planos mecánicos (Fig. 1.), planos eléctricos, memorias de cálculo, especificaciones técnicas, listas de materiales, entre otros, hacen parte de la ingeniería de detalle. [5], [7]

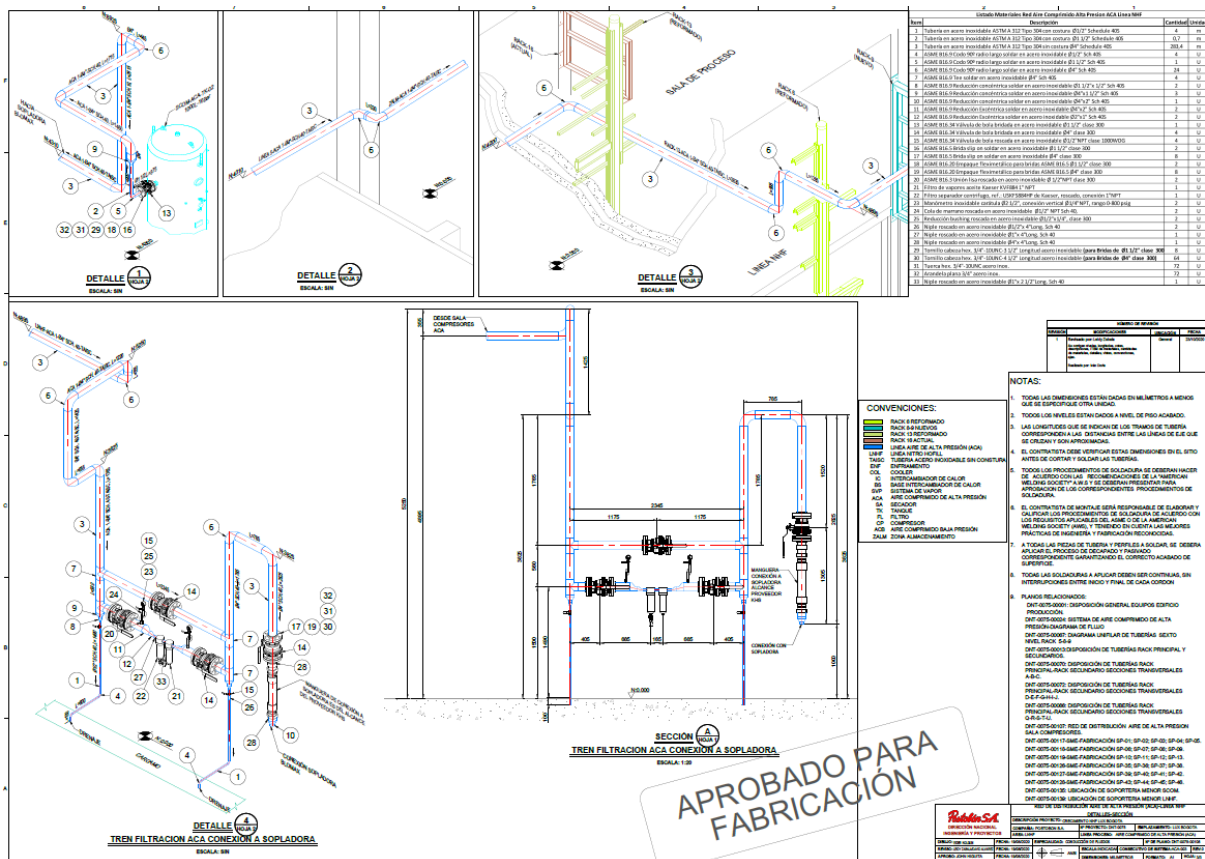


Fig. 1. Plano mecánico ACA proyecto 75

Nota. Fuente: Postobon

3.2 Estandarización de proyectos

Como se mencionó anteriormente, ningún proyecto es idéntico a otro. Sin embargo, existen algunos que se asemejan en gran manera, y la creación de documentos y métodos que permitan ahorrar tiempo y evitar reprocesos en los pasos básicos de estos, es de gran ayuda para las empresas. Por poner un ejemplo, los proyectos de diseño de tuberías muchas veces comparten equipos en funciones específicas, como lo son, por ejemplo, las válvulas, bombas, compresores, etc., debido a que estas redes cubren servicios similares o, en algunas ocasiones, idénticos. Entonces, en este caso, los documentos de especificaciones de tuberías o “piping class”, facilitan las tareas a los diseñadores, pues evitan, como se mencionó anteriormente, reprocesos y gasto de tiempo innecesario en las primeras fases de ingeniería del proyecto.

Es aquí donde empieza a ser muy importante la estandarización de los proyectos. La estandarización es un procedimiento antiguo que ha existido desde hace mucho tiempo, y se trata de un proceso en el cual se desarrollan, se aplican y se actualizan diferentes patrones, medidas y especificaciones de materiales y productos dentro de las empresas; convirtiéndose en un método muy eficiente para controlar los costos, cantidad de materiales y de productos que adquiere la compañía; y de esta manera, ayudar a identificar más fácilmente a las personas encargadas los elementos que se requieren para fabricar un artículo o diseñar un servicio^[8]. Es decir, un documento puede ser llamado “estándar” cuando en este se indican las características de los productos o servicios, así como las normas para la implementación de ciertos procesos de producción, fabricación y uso de estos, con el fin de promover la reducción de costos, ahorrar tiempo, aprovechar mejor los materiales adquiridos por la empresa y reducir errores en las primeras etapas del proceso ^[9]. Organizaciones como la ISO, ANSI o la UNI, se han encargado de crear documentos estandarizados que sirven como lineamientos en las empresas para que estas creen sus propias consignas que les ayudan a normalizar procesos y sacar el mayor provecho de estos. Un ejemplo de un documento estandarizado en las empresas es el Piping Class, el cual es usado para normalizar el uso de accesorios para diferentes sistemas de tuberías dentro de las empresas.

3.3 Sistema de tuberías

Un sistema de tuberías es el medio por el cual los fluidos que son comúnmente utilizados en los complejos industriales son transportados de manera efectiva y eficiente. Este es uno de los

principales, por no decir el principal, sistema dentro de las industrias debido a su impacto económico y por ser el medio que integra los diferentes elementos dentro de estas. Es tal su importancia que cualquier fallo de alguna de estas líneas puede provocar paros completos de máquinas, daños en los equipos e incluso, pérdidas humanas. ^[10]

Los sistemas de tuberías están constituidos por numerosos ensambles y subensambles que tienen que ser fabricados, inspeccionados, instalados y probados para formar el complejo sistema. No se puede pasar por alto ningún paso pues todos tienen el mismo grado de importancia para asegurar una buena calidad en la línea. Los códigos y estándares internacionales son regularmente usados para la fabricación, construcción e inspección de los sistemas de tuberías, siendo algunos de ellos mandatorios. La norma ASME B31 regula todos los aspectos relacionados con los sistemas de tubería a presión ^{[11], [12]}.

El primer paso para la construcción del sistema de tuberías es la creación de los diagramas P&ID. En este dibujo se plasman los primeros elementos que debe llevar la línea tal y como puede verse en la *fig. 2*. Luego de ser revisado y complementado durante la etapa de ingeniería de diseño, son creados los modelos 3D y los isométricos de las líneas. Estos isométricos son considerados la base para la fabricación del sistema de tuberías. En los planos de estos isométricos, debe estar toda la información necesaria para la construcción del sistema, como lo son las dimensiones, accesorios y el material de estos elementos. ^[11] En la *fig. 3* se puede ver un ejemplo de cómo se debería ver en el plano un isométrico de una parte del sistema de tuberías. Los “leaders” que allí se ven, señalan un elemento de la línea. Estos son compilados en una lista, llamada “lista de materiales”, en la cual se les hace una breve descripción y se especifica la cantidad que hay de estos elementos dentro del sistema. La lista de materiales puede ser vista en la *fig. 4*.

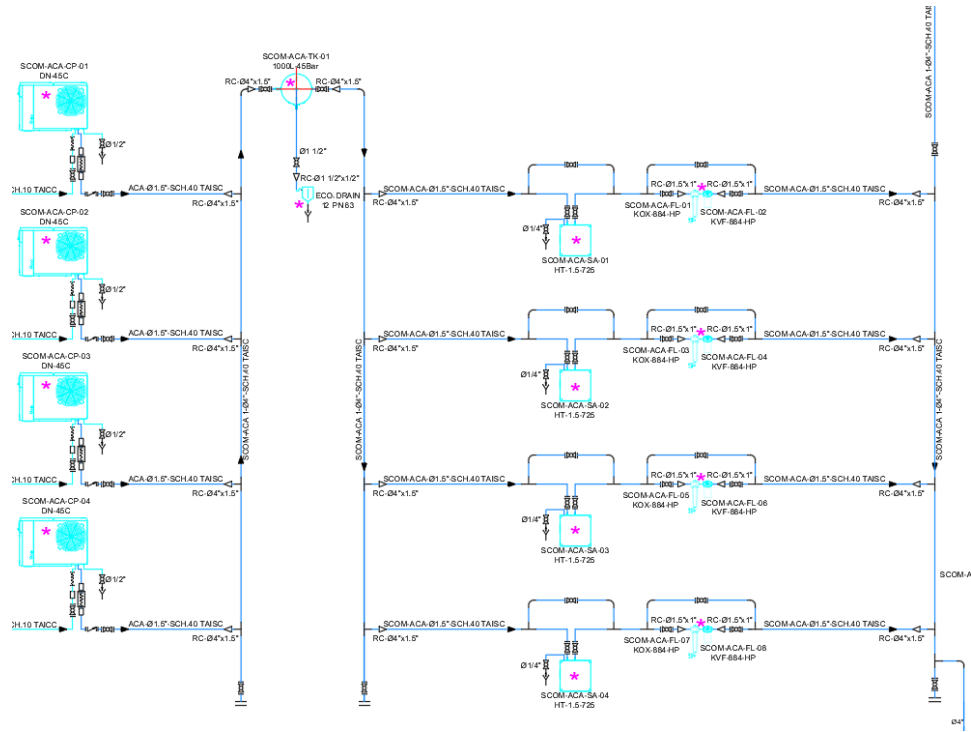


Fig. 2. Fracción de diagrama P&ID ACA proyecto 75

Nota. Fuente: Postobón

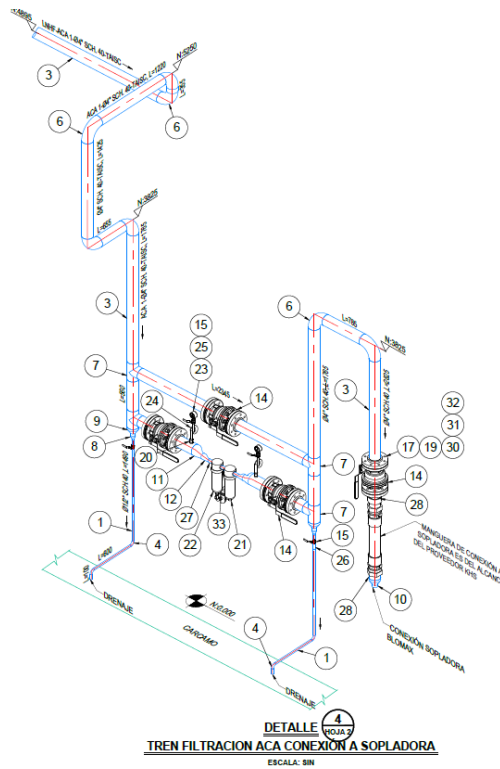


Fig. 3. Detalle del tren de filtración ACA proyecto 75

Nota. Fuente: Postobón

Listado Materiales Red Aire Comprimido Alta Presion ACA Linea NHF			
Item	Descripción	Cantidad	Unidad
1	Tubería en acero inoxidable ASTM A 312 Tipo 304 con costura $\varnothing 1/2"$ Schedule 40S	4	m
2	Tubería en acero inoxidable ASTM A 312 Tipo 304 con costura $\varnothing 1 1/2"$ Schedule 40S	0,7	m
3	Tubería en acero inoxidable ASTM A 312 Tipo 304 sin costura $\varnothing 4"$ Schedule 40S	283,4	m
4	ASME B16.9 Codo 90° radio largo soldar en acero inoxidable $\varnothing 1/2"$ Sch 40S	4	U
5	ASME B16.9 Codo 90° radio largo soldar en acero inoxidable $\varnothing 1 1/2"$ Sch 40S	1	U
6	ASME B16.9 Codo 90° radio largo soldar en acero inoxidable $\varnothing 4"$ Sch 40S	24	U
7	ASME B16.9 Tee soldar en acero inoxidable $\varnothing 4"$ Sch 40S	4	U
8	ASME B16.9 Reducción concéntrica soldar en acero inoxidable $\varnothing 1 1/2" \times 1/2"$ Sch 40S	2	U
9	ASME B16.9 Reducción concéntrica soldar en acero inoxidable $\varnothing 4" \times 1 1/2"$ Sch 40S	3	U
10	ASME B16.9 Reducción concéntrica soldar en acero inoxidable $\varnothing 4" \times 2"$ Sch 40S	1	U
11	ASME B16.9 Reducción Excéntrica soldar en acero inoxidable $\varnothing 4" \times 2"$ Sch 40S	2	U
12	ASME B16.9 Reducción Excéntrica soldar en acero inoxidable $\varnothing 2" \times 1"$ Sch 40S	2	U
13	ASME B16.34 Válvula de bola bridada en acero inoxidable $\varnothing 1 1/2"$ clase 300	1	U
14	ASME B16.34 Válvula de bola bridada en acero inoxidable $\varnothing 4"$ clase 300	4	U
15	ASME B16.34 Válvula de bola roscada en acero inoxidable $\varnothing 1/2"$ NPT clase 1000WOG	4	U
16	ASME B16.5 Brida slip on soldar en acero inoxidable $\varnothing 1 1/2"$ clase 300	2	U
17	ASME B16.5 Brida slip on soldar en acero inoxidable $\varnothing 4"$ clase 300	8	U
18	ASME B16.20 Empaque fleximetálico para bridas ASME B16.5 $\varnothing 1 1/2"$ clase 300	2	U
19	ASME B16.20 Empaque fleximetálico para bridas ASME B16.5 $\varnothing 4"$ clase 300	8	U
20	ASME B16.3 Unión lisa roscada en acero inoxidable $\varnothing 1/2"$ NPT clase 300	2	U
21	Filtro de vapores aceite Kaeser KVF884 1" NPT	1	U
22	Filtro separador centrifugo, ref.: USKFS884HP de Kaeser, roscado, conexión 1" NPT	1	U
23	Manómetro inoxidable carátula $\varnothing 2 1/2"$, conexión vertical $\varnothing 1/4"$ NPT, rango 0-800 psig	2	U
24	Cola de marrano roscada en acero inoxidable $\varnothing 1/2"$ NPT Sch 40,	2	U
25	Reducción bushing roscada en acero inoxidable $\varnothing 1/2" \times 1/4"$, clase 300	2	U
26	Niple roscado en acero inoxidable $\varnothing 1/2" \times 4"$ Long. Sch 40	2	U
27	Niple roscado en acero inoxidable $\varnothing 1" \times 4"$ Long. Sch 40	1	U
28	Niple roscado en acero inoxidable $\varnothing 4" \times 4"$ Long. Sch 40	1	U
29	Tornillo cabeza hex. 3/4"-10UNC-3 1/2" Longitud acero inoxidable (para Bridas de $\varnothing 1 1/2"$ clase 300)	8	U
30	Tornillo cabeza hex. 3/4"-10UNC-4 1/2" Longitud acero inoxidable (para Bridas de $\varnothing 4"$ clase 300)	64	U
31	Tuerca hex. 3/4"-10UNC acero inox.	72	U
32	Arandela plana 3/4" acero inox.	72	U
33	Niple roscado en acero inoxidable $\varnothing 1" \times 2 1/2"$ Long. Sch 40	1	U

Fig. 4. Listado de materiales de la línea NHF proyecto 75

Nota. Fuente: Postobón

El material más usado para la construcción de los sistemas de tuberías y sus accesorios es el acero al carbón. Sin embargo, materiales como el acero inoxidable, las aleaciones metálicas y materiales no metálicos también son usados para esta actividad. La elección del material se hace de acuerdo a la resistencia a la corrosión que se necesite, el ambiente en el cual va a ser construido el sistema, la presión a soportar y las condiciones de servicio. [11] Finalmente, luego de que el diseñador conozca el material para la construcción del sistema, se debe seleccionar el método de unión que se empleará para unir todos los elementos del sistema. Los métodos de unión más utilizados son la soldadura, uniones roscadas y uniones bridadas. Una buena selección de estos métodos garantizará que la existencia de fugas dentro de las líneas sea mínima y el mantenimiento de estas sea más sencillo de realizar. [11] Las redes de servicio de tuberías comúnmente están compuestas por las tuberías, bridas, accesorios (tees, reducciones, codos, entre otros), pernos, empaquetaduras, válvulas, filtros, y demás componentes que requiera según su uso. [13]

Los sistemas de tuberías se caracterizan por tener diferentes derivaciones para poder llegar a todos los rincones que se necesita de la planta. Estas ramificaciones se pueden separar en: Tubería principal, Tubería secundaria y tubería de servicios. [14]

- La *tubería principal* es aquella que sale del depósito de aire y conduce la totalidad del caudal del aire comprimido. Esta tubería debe tener la mayor sección posible para poder conducir la cantidad de aire necesaria y debe tener el espacio suficiente para las futuras ampliaciones en la línea.
- Las *tuberías secundarias* son las que toman el aire de la tubería principal, distribuyendo este aire por las áreas de trabajo. Su diámetro es de menor valor para evitar caídas significantes de presión en la línea
- Las *tuberías de servicio* son las que alimentan a los equipos neumáticos, así como los equipos de filtración y regulación del sistema.

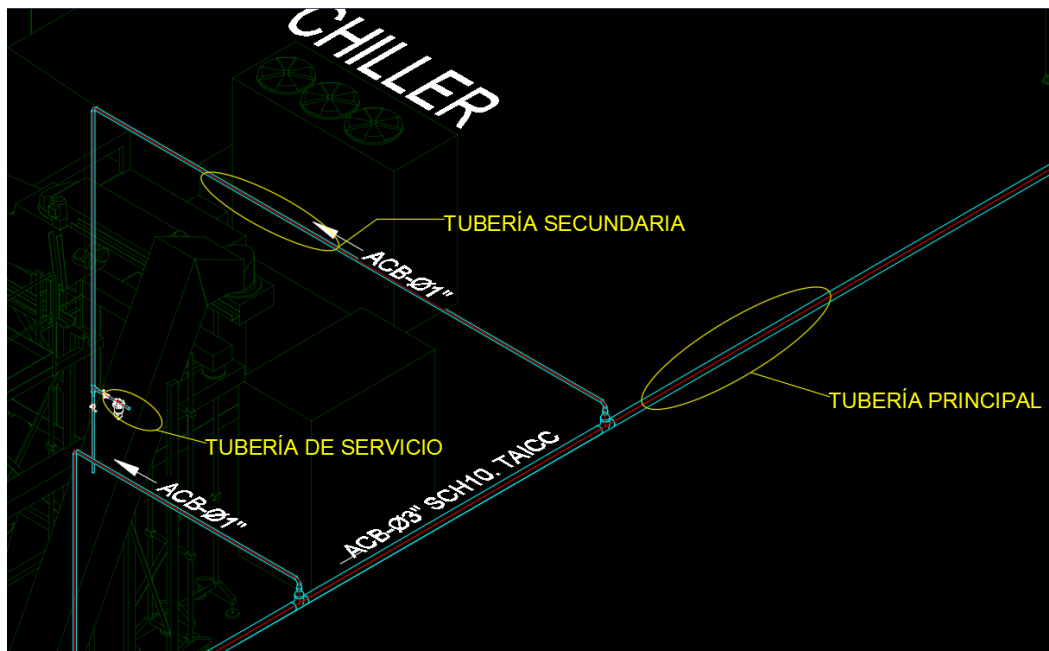


Fig. 5. Derivaciones en un sistema de tuberías ACB

Nota. Fuente: Postobón

Existen un sinnúmero de sistemas de tuberías aplicadas en diferentes campos, pero las más usadas son las siguientes: Acueducto, combustible y productos petroquímicos, servicios industriales (redes contra incendios, refrigeración, vapor, agua potable y residual a alta y baja

presión, aire comprimido a alta y baja presión, etc.) y redes sanitarias. Como el tema de interés de este trabajo es hablar del documento de estandarización de tuberías, Piping Class, para el sistema de aire de alta presión, se hablará un poco de los sistemas de aire comprimido, los componentes de las redes y qué usos cumplen dentro de la industria.

3.4 Red de aire comprimido

Una red de aire comprimido es el conjunto de tuberías que parten de un depósito en el cual está almacenado cierta cantidad de aire y que lo conducen a los equipos consumidores. Ahora bien, el aire comprimido es la mayor fuente de potencia en el sector industrial. Este representa, actualmente, la cuarta utilidad industrial luego del agua, gas y la energía eléctrica [15]. El aire es usado para herramientas manuales, martillos neumáticos, bombas de desplazamiento positivo, pistolas de pintura, taladros, etc. Además, se usa en la industria alimenticia, por ejemplo, para medir los niveles de los fluidos, inyectarlos, soplar botellas, limpiar recipientes, agitar líquidos, arrancar máquinas, entre otras aplicaciones. Como se pudo observar, su uso industrial es muy amplio y existen aplicaciones en la que es imposible usar otro método de energía para su funcionamiento [16].

Un sistema de aire comprimido se divide en dos partes: suministro y demanda. El primero está compuesto por el paquete de compresión, del cual hacen parte el compresor, controladores, depósitos y los elementos de tratamiento del aire como lo son los filtros, enfriadores, secadores y tanques de almacenamiento. Por otro lado, la parte de la demanda está compuesta por las líneas principales de distribución y sus accesorios, como lo son las válvulas, mangueras, reguladores, uniones, etc. [15]

Para poder producir aire comprimido, se usan compresores que son capaces de elevar la presión del aire al valor que se requiera. A la hora de diseñar el sistema, es necesario “sobredimensionar” la capacidad de la línea, previendo futuras adiciones de equipos a la línea [15]. La base para poder escoger ese factor de seguridad es tener bien definida la aplicación o el proceso que utilizará el aire comprimido. Luego de esto, es muy importante tener muy claros los consumos y la presión de operación de los distintos equipos que van a estar dentro de la línea. Algunos equipos requerirán de más recursos que otros. Generalmente, los proveedores de equipos de aire comprimido dividen las líneas de aire en dos tipos: aire de alta presión y aire de baja presión. Las presiones de trabajo que manejan empresas como Kaeser y KHS para baja presión, van desde los 2 hasta los 16

Bares^[16,17]. Mientras que los de aire de alta presión varían entre los 35 Bar y los 70 Bar ^[18,19]. Como se pudo ver, las líneas de aire comprimido se catalogan según la aplicación y la presión de trabajo de las máquinas y accesorios de línea a utilizar.

Los elementos que componen el sistema de aire comprimido, en general, son los siguientes: compresores, tuberías, juntas, válvulas, tanques, secadores, reguladores de presión, filtros, purificadores, mangueras y accesorios de tuberías ^[20]. Cada elemento posee su respectiva normativa de fabricación, material de construcción y cumplen una función fundamental dentro de la línea de servicio. Si se cometen errores en la elección de las especificaciones de estos elementos, no sólo se ve en peligro el buen funcionamiento de la línea, sino que se pone en riesgo la integridad de los equipos y máquinas dentro de la línea de procesos. Es por eso por lo que el documento estandarizado de especificaciones para tubería, Piping Class, cumple un papel tan importante en las empresas.

3.5 Piping Class

El documento de estandarización de tuberías, mejor conocido como Piping Class, es el documento de especificaciones más importantes para el diseñador de redes de tuberías. Este es desarrollado, generalmente, en la etapa de ingeniería de detalle y es aplicado en numerosos proyectos; inclusive, puede ser usado durante muchos años más luego de su creación. Los piping class son desarrollados alrededor del código de tuberías que debe ser usado para la aplicación y la lista de componentes fabricados de acuerdo con esa norma. Esto permite usar los mismos componentes en otros proyectos que involucren el mismo fluido sin la necesidad de realizar nuevamente investigaciones, cálculos y selección de materiales, lo cual acarrearía un gasto innecesario de tiempo durante esta parte del proceso ^[21].

En general, los piping class deben contener la siguiente información:

- Código ASME que corresponda para los diferentes accesorios
- Nombre del servicio (Aire, agua, amoniaco, etc.)
- Nombres de los elementos presentes en la línea (No se incluyen los equipos) aceptados por el código como lo son:
 - Tuberías
 - Uniones
 - Bridas

-
- Nipples
 - Empaques
 - Tornillería
 - Límites de diseño derivados de los ratings de presión y temperatura de los diferentes elementos presentes en la línea
 - Resistencia a la corrosión de los elementos
 - Tratamiento térmico
 - Espesor de pared y diámetro interno de las tuberías y accesorios
 - Normas adicionales
 - Tabla de conexiones
 - Notas u observaciones

Sin embargo, cabe aclarar que no es una obligación que contengan todos los puntos anteriormente mencionados, pero sí lo es el seguir la misma tendencia de los documentos generados hasta el momento.

Por poner un ejemplo, la firma Engineers India Limited ha generado un documento llamado “Piping Material Specification” [22], en el cual se muestran 8 piping class para diferentes proyectos, en los cuales se puede observar información muy relacionada a los puntos mencionados anteriormente. En la siguiente serie de imágenes se mostrará el piping class desarrollado para un inhibidor de corrosión:

PIPE CLASS : **A1K**
 RATING : 150
 BASE MATERIAL : SS 304
 CORROSION ALLOWANCE : 0 MM
 SPECIAL REQUIREMENT : NON IBR

TEMPERATURE (Deg. C) AND PRESSURE (Kg/Sq. cm g) RATINGS

TEMP	-29	38	93
PRESS	19.33	19.33	16.17

SERVICE

CORROSION INHIBITOR (CHEMICALS)

NOTES

- 1 NDT REQUIREMENTS AS PER EIL STANDARD 6-44-0016.
- 102 ALL VENTS AND DRAINS SHALL BE PROVIDED WITH GATE VALVE UNLESS OTHERWISE INDICATED IN P&ID.
- 103 DESIGN FACTOR=0.72
- 111 PIPING DESIGN AS PER ASME B 31.4 & OISD 141.
- 115 FOR VENT, DRAIN, PRESSURE AND TEMPERATURE CONNECTION , BRANCH CONNECTION SHALL BE AS PER BRANCH CONNECTION TABLE GIVEN ON NEXT PAGE. THE BRANCH DETAILS INDICATED IN APPLICABLE STANDARD SHALL BE IGNORED.
- 123 FOR APPLICABLE VALVE DATA SHEET NO. REFER TABLE-3 OF ANNEXURE-I.
- 128 FOR PERMANENT T TYPE BW STRAINERS,REFER EIL'STD 7-44-0303 & 7-44-0304; FOR DIMENSIONS FOR HANDLE PROJECTION FOR SPACERS AND BLINDS REFER EIL'STD 7-44-0166.

SPECIAL NOTES

ITEM	SIZE	DESCRIPTION	A.CODE
MAINTAINENCE JOINTS	ALL	FLANGED, TO BE KEPT MINIMUM	
PIPE JOINTS	1.5" & BELOW	SW COUPLING	
	2.0" & ABOVE	BUTTWELDED	
DRAINS	ON LINES <= 1.5"	REFER EILSTD 7-44-0350, DF3	
	ON LINES >= 2.0"	AS PER P&ID OR 0.75". REFER EIL STD. 7-44-0351, D4	
VENTS	ON LINES <= 1.5"	REFER EIL STD. 7-44-0350, VF3	
	ON LINES >= 2.0"	AS PER P&ID OR 0.75". REFER EIL STD 7-44-0351, V4	
TEMP.CONN	1.5"	FLANGED. REFER EIL STD 7-44-0353	
PRESS.CONN	0.75"	SW NIPPLE WITH GATE VALVE TO SPEC AS PER EIL STD 7-44-0354	

Fig. 6. Datos generales y notas especiales del Piping Class para inhibidor de corrosión

Nota. Fuente:

https://tenders.hpcl.co.in/tenders/tender_prog/TenderFiles/31/Vol%20II%20Scope%20of%20Work/Job%20Specs/Pipeline/6544-00-16-71-SP-02.pdf

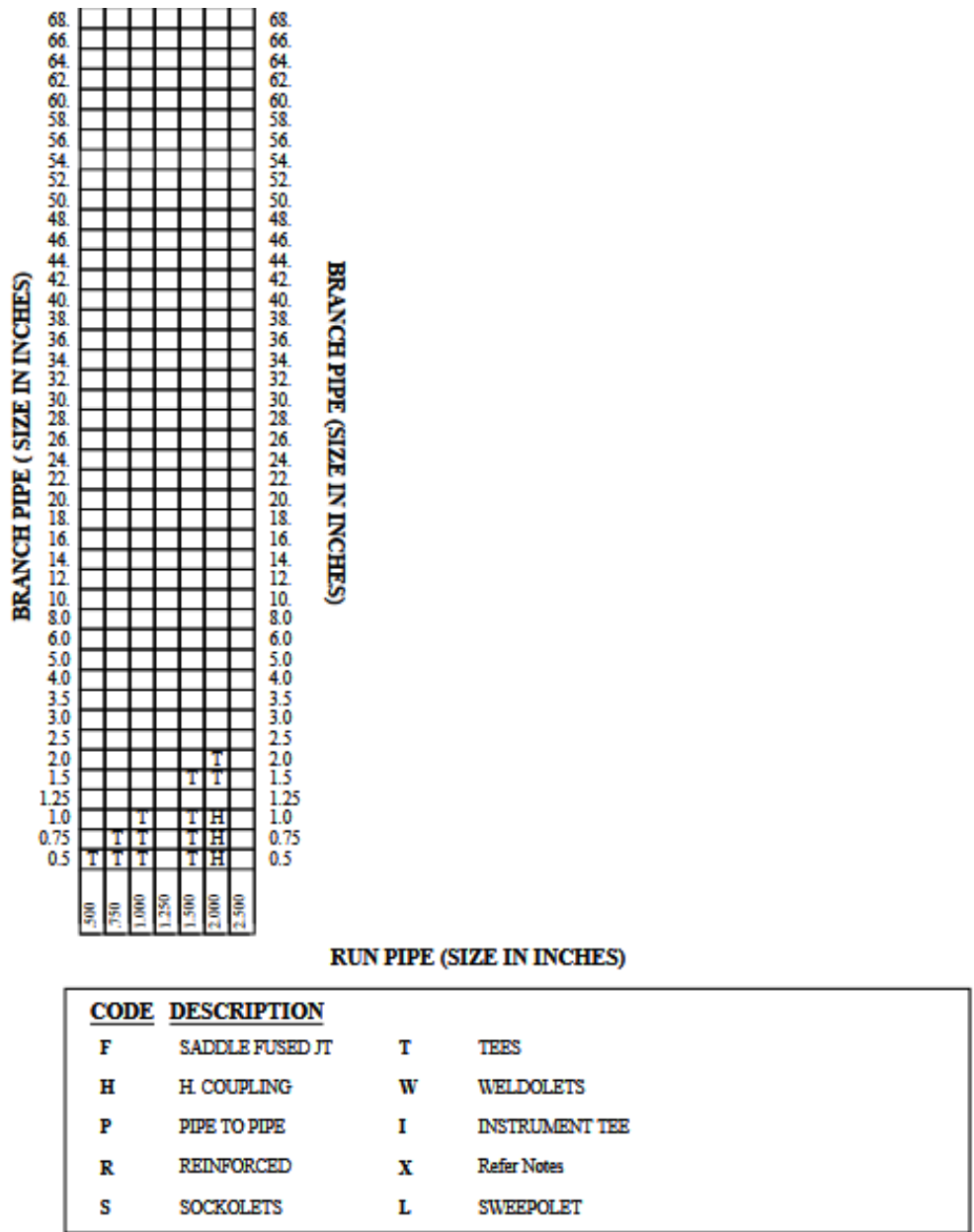


Fig. 7. Branch Table del Piping Class para inhibidor de corrosión

Nota. Fuente:

https://tenders.hpcl.co.in/tenders/tender_prog/TenderFiles/31/Vol%20II%20Scope%20of%20Work/Job%20Specs/PIPELINE/6544-00-16-71-SP-02.pdf

Input Id.	Item Type	Lower Size (Inch)	Upper Size (Inch)	Sch/ Thk	Dmn. STD	Material	Description	Commodity Code	Note No
Pipe Group									
PIP	PIPE	00.500	00.750	80S	B-36.19	ASTM A 312 TP304	PE, SEAMLESS	PE33577Z0	
PIP	PIPE	01.000	01.500	40S	B-36.19	ASTM A 312 TP304	PE, SEAMLESS	PE33577Z0	
PIP	PIPE	02.000	02.000	40S	B-36.19	ASTM A 312 TP304	BE, SEAMLESS	PE33517Z0	
NIP	NIPPLE	00.500	00.750	M	B-36.19	ASTM A 312 TP304	PBE, SEAMLESS	PN33567Z0	
NIP	NIPPLE	01.000	01.500	M	B-36.19	ASTM A 312 TP304	PBE, SEAMLESS	PN33567Z0	
Flange Group									
FLG	FLNG.WN	00.500	01.500	M	B-16.5	ASTM A 182 GR.F304	150, RF/125AARH	FWC4127Z0	
FLG	FLNG.WN	02.000	02.000	M	B-16.5	ASTM A 182 GR.F304	150, RF/125AARH	FWC4127Z0	
FLB	FLNG.BLIND	00.500	02.000		B-16.5	ASTM A 182 GR.F304	150, RF/125AARH	FBC4127Z0	
FEF	FLNG.FIG.8	00.500	02.000		ASME-B16.48	ASTM A 182 GR.F304	150, FF/125AARH	FGK4121Z0	
Fitting Group									
ELB90	ELBOW.90	00.500	01.500		B-16.11	ASTM A 182 GR.F304	SW, 3000	WA642D2Z0	
ELB90	ELBOW.90	02.000	02.000	M	B-16.9	ASTM A 403 GR.WP304-S	BW, 1.5D	WAG874Z10	
ELB45	ELBOW.45	00.500	01.500		B-16.11	ASTM A 182 GR.F304	SW, 3000	WB642D2Z0	
ELB45	ELBOW.45	02.000	02.000	M	B-16.9	ASTM A 403 GR.WP304-S	BW, 1.5D	WBG874Z10	
TEQ	T.EQUAL	00.500	01.500		B-16.11	ASTM A 182 GR.F304	SW, 3000	WE642D2Z0	
TEQ	T.EQUAL	02.000	02.000	M	B-16.9	ASTM A 403 GR.WP304-S	BW	WEG874ZZ0	
TRED	T.RED	00.500	01.500		B-16.11	ASTM A 182 GR.F304	SW, 3000	WR642D2Z0	
TRED	T.RED	02.000	02.000	M, M	B-16.9	ASTM A 403 GR.WP304-S	BW	WRG874ZZ0	
SWGC	SWAGE.CONC	00.500	02.000	M, M	BS-3799	ASTM A 182 GR.F304	PBE	WNH426ZZ0	
SWGE	SWAGE.ECC	00.500	02.000	M, M	BS-3799	ASTM A 182 GR.F304	PBE	WPH426ZZ0	
CAP	CAP	00.500	01.500		B-16.11	ASTM A 182 GR.F304	SCRIF, 3000	WF64282Z0	
CAP	CAP	02.000	02.000	M	B-16.9	ASTM A 403 GR.WP304-S	BW	WFG874ZZ0	
PLG	PLUG	00.500	00.750		B-16.11	ASTM A 182 GR.F304	SCRM, 3000	WH64292Z0	

Fig. 8. Pipe, Flange y Fitting group del Piping Class para inhibidor de corrosión

Nota. Fuente:

https://tenders.hpcl.co.in/tenders/tender_prog/TenderFiles/31/Vol%20II%20Scope%20of%20Work/Job%20Specs/Pipeline/6544-00-16-71-SP-02.pdf

Valves Group									
GAV	VLV.GATE	00.500	01.500		API-602	BODY-ASTM A 182 GR.F304,TRIM-STELLITED,STEM-SS 304	SW, 800, 3000, B-16.11, SHT NO.- 51045	51045ZZZ0	
GLV	VLV.GLOBE	00.500	01.500		BS-5352	BODY-ASTM A 182 GR.F304,TRIM-STELLITED,STEM-SS304	SW, 800, 3000, B-16.11, SHT NO.- 52045	52045ZZZ0	
CHV	VLV.CHECK	00.500	01.500		BS-5352	BODY-ASTM A 182 GR.F304,TRIM-STELLITED	SW, 800, 3000, B-16.11, SHT NO.- 53045	53045ZZZ0	
BLV	VLV.BALL	00.500	01.500		BS-5351	BODY-ASTM A 351 GR.CF8 / ASTM A 182 GR.F304,TRIM-SEAT: RPTIFE	FLGD, 150, B-16.5, RF/125AARH, SHT NO.- 54392	54392ZZZ0	
BLV	VLV.BALL	02.000	02.000		API-6D	BODY-ASTM A 351 GR.CF8 / ASTM A 182 GR.F304,TRIM-SEAT: RPTIFE	FLGD, 150, B-16.5, RF/125AARH, SHT NO.- 54393	54393ZZZ0	
PLV	VLV.PLUG	00.500	01.500		BS-5353	BODY-ASTM A 351 GR.CF8 / ASTM A 182 GR.F304,TRIM-PLUG SS304/SS316	SW, 800, 3000, B-16.11, SHT NO.- 55093	55093ZZZ0	
Bolt Group									
BOS	BOLT.STUD	00.500	02.000		B-18.2	BOLT:A193 GR.B7, NUT:A194 GR.2H		BS40404Z0	
Gasket Group									
GAS	GASKET	00.500	02.000		B-16.20-ANSI B16.5	SP WND SS316+GRAFIL	SPIRAL, 150	GK65072Z0	
Trap/Strainer Group									
PSR	STRNR.PERM	00.500	01.500		MNF/STD	E:A182GR.F304,IN T:SS304	SW, Y-TYPE, 800	SP307D510	
PSR	STRNR.PERM	02.000	02.000	M	EIL/STD	E:A403GR.WP304-S:INT:SS304	BW, T-TYPE	SP15344Z0	

Fig. 9. Valve, Bolt, Gasket y Trap/Strainer group del Piping Class para inhibidor de corrosión

Nota. Fuente:

https://tenders.hpcl.co.in/tenders/tender_prog/TenderFiles/31/Vol%20II%20Scope%20of%20Work/Job%20Specs/Pipeline/6544-00-16-71-SP-02.pdf

Como se puede observar en las *figs. 6, 7, 8 y 9*, la información proporcionada en el piping class corresponde, en gran medida, a la sugerida en la literatura. Es decir, en este piping class se detallan los nombres, normas, shedules, tipos de conexiones, ratings de presión y temperatura, diámetros, entre otros, de los elementos involucrados en la línea de servicios analizada; tal y como lo mencionan en el Handbook ^[21] consultado

Los componentes que son usados dentro del sistema de tuberías, pero no aparecen dentro del código, son los que se fabrican sin estandarización. Estos deben compilarse en una lista aparte de “elementos especiales” ^[21]

Es muy importante que a la hora de estar diseñando el piping class, el ingeniero encargado tenga especial cuidado de seguir la normativa internacional y añada los elementos necesarios que cumplan con los requerimientos de la línea; esto con el fin de evitar reprocesos e invertir tiempo

en cambiar constantemente el documento. Una vez conformado y publicado, este quedará “congelado” durante el resto del proyecto y de allí es de donde se tomará la información para el montaje de la línea y sus posteriores mantenimientos [21]

4. METODOLOGÍA

4.1 Recopilación de información

Para iniciar con la construcción del documento de estandarización de materiales para redes de tuberías, Piping Class, lo primero que se hizo fue identificar el servicio al cual se le iba a realizar la investigación y realización de dicho documento. En común acuerdo con el ingeniero encargado, y dada la necesidad de la empresa, la línea de servicios escogida fue la de aire comprimido de alta presión (ACA). Se decidió optar por este servicio debido a que es uno de los más usados dentro de los proyectos que han ejecutado en las diferentes plantas de la empresa y, por ende, es de los que más se repite. Una vez definido el sistema, se debía ir a la base de datos de Postobón, la cual se encuentra en el software de gestión de datos de Autodesk, llamado Vault. Allí había que buscar en cada uno de los 85 proyectos realizados hasta la fecha en cuáles de ellos habían sido diseñadas y montadas líneas de servicio ACA. Los proyectos identificados con este servicio fueron los siguientes:

- DNT-0006-Malambo
- DNT-0022-Reordenamiento Postobón Bello
- DNT-0025-Línea Pet Hipinto Piedecuesta
- DNT-0041-Incremento Capacidad PET CSD-Malambo
- DNT-0045-Línea PET CSD 54kbph-Yumbo
- DNT-0046-Línea PET Agua Aligerada 40kbph-Gascol Sur
- DNT-0060-Crecimiento PET NOBO Malambo
- DNT-0075-Crecimiento NHF Lux Bogotá
- DNT-0080-Crecimiento PET CSD Lux Bogotá

Algo que comparten todos estos proyectos es que la red ACA se usa casi que exclusivamente para satisfacer la demanda de una máquina en específico: la sopladora de botellas.

La información que se debía extraer de cada proyecto era la contenida en la lista de materiales, las cuales son realizadas de acuerdo con los diseños 3D y planos mecánicos creados con anterioridad. En esta están compilados los datos técnicos de cada uno de los elementos usados, como lo son la norma de fabricación ASME, diámetro y clase o schedule (según corresponda). Algunas de las tablas estaban muy completas; sin embargo, había otras en las que no había mucha

información de los elementos. Una de las listas de materiales consultadas se puede observar en la *fig. 10*.

SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO ALTA PRESIÓN			
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
1	ASME B16.20 Empaque flexitálico para bridas ASME B16.5 clase 300-Ø3"	16	U
2	ASME B16.3 Unión lisa roscada en acero inoxidable clase 300-Ø1/2"NPT	1	U
3	ASME B16.3 Unión lisa roscada en acero inoxidable clase 300-Ø1 1/2"NPT	2	U
4	ASME B16.34 Válvula cheque disco tipo wafer en acero inoxidable clase 300-Ø3"	1	U
5	ASME B16.34 Válvula de bola bridada en acero inoxidable clase 300-Ø3"	9	U
6	ASME B16.34 Válvula de bola roscada en acero inoxidable clase 1000WOG-Ø1/2" NPT	2	U
7	ASME B16.5 Brida ciega en acero inoxidable clase 300-Ø2 1/2"	4	U
8	ASME B16.5 Brida slip on soldar en acero inoxidable clase 300-Ø3"	16	U
9	ASME B16.9 Codo 90º radio largo soldar en acero inoxidable Ø3" x Sch 40S	16	U
10	ASME B16.9 Reducción concéntrica soldar en acero inoxidable Ø2"x1"-Sch 40S	2	U
11	ASME B16.9 Reducción concéntrica soldar en acero inoxidable Ø3"x1 1/2"-Sch 40S	2	U
12	ASME B16.9 Reducción concéntrica soldar en acero inoxidable Ø3"x2"-Sch 40S	2	U
13	ASME B16.9 Tee soldar en acero inoxidable Ø3" x Sch 40S	4	U
14	Manómetro inoxidable carátula Ø2 1/2", conexión vertical Ø1/4"NPT, rango 0-800 psig	1	U
15	Niple roscado en acero inoxidable Ø1/2"x5"Long. Sch 40	2	U
16	Reducción bushing roscado en acero inoxidable clase 300-Ø1/2"x1/4"NPT	1	U
17	Tornillo cabeza hex. 3/4"-10UNC-3 3/4" Longitud acero inox.	120	U
18	Tornillo cabeza hex. 3/4"-10UNC-6" Longitud acero inox.	8	U
19	Tuerca hex. 3/4"-10UNC acero inox.	128	U
20	Arandela plana 3/4" acero inox.	128	U
21	Tubería en acero inoxidable ASTM A 312 Tipo 304 sin costura Ø1" - Schedule 40S	1	m
22	Tubería en acero inoxidable ASTM A 312 Tipo 304 sin costura Ø1 1/2" - Schedule 40S	1	m
23	Tubería en acero inoxidable ASTM A 312 Tipo 304 sin costura Ø3" - Schedule 40S	77	m
24	Soporte abrazadera para tubería Ø1" - CENO Referencia BSAAG100	1	U
25	Soporte abrazadera para tubería Ø3" - CENO Referencia BSAAG300	31	U
26	Soporte abrazadera para tubería Ø1 1/2" - CENO Referencia BSAAG150	1	U
27	Tuerca mordaza con resorte Ø3/8" - CENO Referencia TMAG38R	66	U

Fig. 10. Lista de materiales proyecto 06 Malambo

Nota. Fuente: Postobon

Una vez reunidas cada una de las listas de materiales, se organizó la información en una tabla de Excel (una por cada proyecto), en la cual se iban ingresando datos como el *nombre*, *diámetro*, *clase o Schedule*, *norma de material* (sólo si era dado en la tabla de materiales), *norma ASME de fabricación*, *norma de conexión* (sólo si era especificado en la lista de materiales) para su posterior depuración. Cabe recalcar que en la lista de materiales había elementos que, aunque estaban dentro de la línea de aire, no pertenecían específicamente al servicio de interés. Esto se explicará con más detalle en el siguiente índice.

4.2 Selección de la información

Una vez puestas en las tablas la información de las listas de materiales, se procedió a leer con detalle los datos y a descartar los que no eran de interés o no cumplían con la especificación de la red. La característica más importante que indicaba que el elemento podía ser usado en las líneas ACA, era la clase o schedule. El primero indica la cantidad de presión interna que puede soportar el elemento; mientras que el segundo indica el espesor de pared que posee la pieza, donde a un mayor espesor, mayor será la presión que pueda soportar. En las listas de materiales, los elementos que son caracterizados por *clases* son: reducciones y uniones roscadas, bridas, empaques y válvulas. Por otro lado, los elementos que son caracterizados según su *schedule* son: Tuberías, accesorios soldados (Tee, codos, reducciones, etc) y niples roscados. Cada uno de estos tiene su respectiva norma de fabricación ASME, en la cual se menciona, entre muchas otras cosas, la máxima presión de trabajo que soportan.

Adicional a lo anterior, había elementos dentro de la línea como los filtros que no se caracterizan por su sch o clase, sino por la presión nominal que soportan. Al igual que con los otros elementos, había que poner especial cuidado con la presión que soportaba el elemento para que pudiera ser tomada en cuenta para la lista de materiales del piping class.

4.2.1. Elementos según su clase

Para seleccionar los elementos que son caracterizados por *clases*, se acudió a las diferentes normas ASME que correspondían para cada elemento. Primero, para el caso de las bridas, se destaca la norma ASME B16.5, en la cual se indica el rating de presión según la clase. En las listas había bridas con clase 150 y clase 300. Observando la tabla mostrada en la *fig. 11*, las bridas fabricadas con clase 300 pueden soportar cerca de 50 Bar de presión a temperatura ambiente, mientras que las 150 soportan menos de 20. Es así como, teniendo en cuenta lo mencionado en la *sección 3.4* de este trabajo, la clase que cumple con los requerimientos de la línea es la clase 300. Es por eso que se eliminaron todas las bridas clase 150 que estaban en las listas de materiales de los proyectos.

Nominal Designation	Forgings	Castings	Plates
18Cr-8Ni	A 182 Gr. F304 (1)	A 351 Gr. CF3 (2)	A 240 Gr. 304 (1)
18Cr-8Ni	A 182 Gr. F304H	A 351 Gr. CF8 (1)	A 240 Gr. 304H

Working Pressures by Classes, bar							
Temp., °C	Class						
	150	300	400	600	900	1500	2500
-29 to 38	19.0	49.6	66.2	99.3	148.9	248.2	413.7
50	18.3	47.8	63.8	95.6	143.5	239.1	398.5
100	15.7	40.9	54.5	81.7	122.6	204.3	340.4
150	14.2	37.0	49.3	74.0	111.0	185.0	308.4
200	13.2	34.5	46.0	69.0	103.4	172.4	287.3
250	12.1	32.5	43.3	65.0	97.5	162.4	270.7
300	10.2	30.9	41.2	61.8	92.7	154.6	257.6
325	9.3	30.2	40.3	60.4	90.7	151.1	251.9
350	8.4	29.6	39.5	59.3	88.9	148.1	246.9
375	7.4	29.0	38.7	58.1	87.1	145.2	241.9
400	6.5	28.4	37.9	56.9	85.3	142.2	237.0
425	5.5	28.0	37.3	56.0	84.0	140.0	233.3
450	4.6	27.4	36.5	54.8	82.2	137.0	228.4
475	3.7	26.9	35.9	53.9	80.8	134.7	224.5
500	2.8	26.5	35.3	53.0	79.5	132.4	220.7
538	1.4	24.4	32.6	48.9	73.3	122.1	203.6
550	...	23.6	31.4	47.1	70.7	117.8	196.3
575	...	20.8	27.8	41.7	62.5	104.2	173.7
600	...	16.9	22.5	33.8	50.6	84.4	140.7
625	...	13.8	18.4	27.6	41.4	68.9	114.9
650	...	11.3	15.0	22.5	33.8	56.3	93.8
675	...	9.3	12.5	18.7	28.0	46.7	77.9
700	...	8.0	10.7	16.1	24.1	40.1	66.9
725	...	6.8	9.0	13.5	20.3	33.8	56.3
750	...	5.8	7.7	11.6	17.3	28.9	48.1
775	...	4.6	6.2	9.0	13.7	22.8	38.0
800	...	3.5	4.8	7.0	10.5	17.4	29.2
816	...	2.8	3.8	5.9	8.6	14.1	23.8

Fig. 11. Presión de trabajo para bridas ASME B16.5

Nota. Fuente: ASME B16.5-2009 pág. 37

Otro de los elementos diseñados según la clase, son los empaques. Estos son instalados entre las bridas ASME B16.5, así que deben cumplir con el mismo rating de presión que estas.

En el caso de las válvulas, al tener conexión bridada, esta misma norma cumple para ellas. Sin embargo, también hay que tener en cuenta el material de construcción de la misma. Según su

norma, la ASME B16.34, el rating de presión para las válvulas está dada en la tabla que puede ser observada en la *fig. 12*.

Table 2-2.1 Ratings for Group 2.1 Materials							
A182 Gr. F304 (1)	A312 Gr. TP304 (1)	A351 Gr. CF8 (1)	A430 Gr. FP304 (1)				
A182 Gr. F304H	A312 Gr. TP304H	A358 Gr. 304 (1)	A430 Gr. FP304H				
A240 Gr. 304 (1)	A351 Gr. CF10	A376 Gr. TP304 (1)	A479 Gr. 304 (1)				
A240 Gr. 304H	A351 Gr. CF3 (2)	A376 Gr. TP304H	A479 Gr. 304H				
A – Standard Class							
Temperature, °C	Working Pressures by Class, bar						
	150	300	600	900	1500	2500	4500
-29 to 38	19.0	49.6	99.3	148.9	248.2	413.7	744.6
50	18.3	47.8	95.6	143.5	239.1	398.5	717.3
100	15.7	40.9	81.7	122.6	204.3	340.4	612.8
150	14.2	37.0	74.0	111.0	185.0	308.4	555.1
200	13.2	34.5	69.0	103.4	172.4	287.3	517.2
250	12.1	32.5	65.0	97.5	162.4	270.7	487.3
300	10.2	30.9	61.8	92.7	154.6	257.6	463.7
325	9.3	30.2	60.4	90.7	151.1	251.9	453.3
350	8.4	29.6	59.3	88.9	148.1	246.9	444.4
375	7.4	29.0	58.1	87.1	145.2	241.9	435.5
400	6.5	28.4	56.9	85.3	142.2	237.0	426.6
425	5.5	28.0	56.0	84.0	140.0	233.3	419.9
450	4.6	27.4	54.8	82.2	137.0	228.4	411.1
475	3.7	26.9	53.9	80.8	134.7	224.5	404.0
500	2.8	26.5	53.0	79.5	132.4	220.7	397.3
538	1.4	24.4	48.9	73.3	122.1	203.6	366.4
550	1.4 (3)	23.6	47.1	70.7	117.8	196.3	353.4
575	1.4 (3)	20.8	41.7	62.5	104.2	173.7	312.7
600	1.4 (3)	16.9	33.8	50.6	84.4	140.7	253.2
625	1.4 (3)	13.8	27.6	41.4	68.9	114.9	206.8
650	1.4 (3)	11.3	22.5	33.8	56.3	93.8	168.9
675	1.4 (3)	9.3	18.7	28.0	46.7	77.9	140.2
700	1.4 (3)	8.0	16.1	24.1	40.1	66.9	120.4
725	1.4 (3)	6.8	13.5	20.3	33.8	56.3	101.3
750	1.4 (3)	5.8	11.6	17.3	28.9	48.1	86.7
775	1.4 (3)	4.6	9.0	13.7	22.8	38.0	68.4
800	1.2 (3)	3.5	7.0	10.5	17.4	29.2	52.6
816	1.0 (3)	2.8	5.9	8.6	14.1	23.8	42.7

Fig. 12. Rating de presión para válvulas

Nota. Fuente: ASME B16.34-2013 pág. 48

Como se puede observar, al igual que en las bridas, las válvulas clase 300 soportan mayor presión y cumplen con el requerimiento de presión de la línea ACA. Es así que se eliminan de la lista las válvulas con clase 150.

Adicionalmente, en diferentes proyectos fueron instaladas válvulas roscadas clase 1000 WOG. Las siglas WOG significan Water, Oil and Gas; y el 1000, se refiere a que puede soportar hasta 1000 psi de presión [23]. Es por eso que se decide incluirlas en el documento piping class. Finalmente, en el caso de las uniones roscadas, y según lo han indicado en las listas de materiales, la clase necesaria para cumplir con los requisitos de la línea ACA, es la clase 3000, pues esto quiere decir que la unión soportará 3000 lbs de presión [24]. Igualmente fueron incluidas en el documento.

4.2.2. Elementos según su SCH

En las listas de materiales se observaban que había tuberías con costura, sin costura, sch 10 y sch 40. Primero se analiza si las tuberías con costura o sin costura cumplen con los requisitos de la línea. Según lo consultado, para aplicaciones de altas presiones, la tubería sin costura tiene mejores resultados, pues estos tienen una microestructura mucho más unida, presentan muchos menos puntos de falla y no suelen presentar fugas [25]. Además, según la ASME, los tubos con costura pueden soportar sólo hasta el 85% de la presión permitida [26]. Es por eso que se decidió descartar los tubos con costura para el documento. Una vez seleccionado esta característica, se analizó cuál de los dos SCH cumplía con los requerimientos de la línea. A pesar de que tanto el SCH 10 como el 40 cumplen con los requerimientos de presión de la línea, tal y como muestran las tablas de presiones mostrada en las fig. 13 y fig. 14, por seguridad siempre se utilizan las tuberías SCH 40. Es así que las tuberías SCH 10 se eliminan del documento.

Temperatura	Variedades (B)	Limite Max. trabajo (A)	1/2"		3/4"		1"		1 1/4"		1 1/2"		2"		2 1/2"		3"		3 1/2"		4"		5"		6"		8"		10"		12"		14"		16"		18"		20"		24"	
			Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.			
C°	AISI	h/bar	5S	10S	5S	10S	5S	10S	5S	10S	5S	10S	5S	10S	5S	10S	5S	10S	5S	10S	5S	10S	5S	10S	5S	10S	5S	10S	5S	10S	5S	10S	5S	10S	5S	10S	5S	10S	5S	10S	5S	10S
-29° a +38°	304 321 347 316	10,840 10,840 10,840	155	202	122	158	97	167	76	130	66	113	53	90	56	81	45	66	40	58	35	51	37	46	31	38	24	33	23	29	23	27	21	25	19	22	17	20	18	20	17	20

Fig. 13. Presión máxima de servicio en Bar para tuberías inox SCH 5 y SCH 10

Nota. Fuente: <https://www.tubosinoxidables.com/pdf/web/presiones.pdf> (Tubinox)

Temperatura	Variedades (B)	Limite Max. trabajo (A)	1/2"		3/4"		1"		1 1/4"		1 1/2"		2"		2 1/2"		3"		3 1/2"		4"		5"		6"		8"		10"		12"		14"		16"		18"		20"		24"			
			Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.				
C°	AISI	h/bar	40S	80S	40S	80S	40S	80S	40S	80S	40S	80S	40S	80S	40S	80S	40S	80S	40S	80S	40S	80S	40S	80S	40S	80S	40S	80S	40S	80S	40S	80S	40S	80S	40S	80S	40S	80S	40S	80S	40S	80S	40S	80S
-29° a +38°	304 321 347 316	12,705 12,705 12,705	318	443	259	362	242	334	200	277	179	252	151	218	165	228	143	202	130	187	121	175	106	157	96	151	85	134	77	107	66	89	60	81	53	71	47	63	42	56	35	47		

Fig. 14. Presión máxima de servicio en Bar para tuberías inox SCH 40 y SCH 80

Nota. Fuente: <https://www.tubosinoxidables.com/pdf/web/presiones.pdf> (Tubinox)

Por otro lado, según la norma ASME B16.9, la presión máxima admisible para los accesorios soldados es equivalente a la de las tuberías rectas sin costuras que tengan el mismo material. Es por eso que, al igual que en las tuberías, se dejan a un lado los accesorios SCH 10 y se continúa con los SCH 40.

4.2.3. Filtros y elementos filtrantes

En las listas de materiales se podían encontrar filtros y elementos filtrantes para algunos de los proyectos. Estos, en general, traían en su descripción un código, el cual indicaba la referencia del filtro dentro del catálogo de su fabricante.

50	Filtro coalescente Kaeser F-184-KE, 3" NPT
51	Filtro coalescente Kaeser KOX884HP, 1" NPT
52	Filtro de vapores aceite Kaeser KVF884 1" NPT

Fig. 15. Referencias de filtros en lista de materiales del proyecto 75

Nota. Fuente: Postobon

Es así que, para poder encontrar información sobre los filtros, se consultaron varios catálogos de la empresa alemana Kaeser, los cuales pueden ser encontrados en su página web. Allí, según su referencia, había que buscar la presión máxima de trabajo. Analizando la información, se descubrió que los filtros que tuvieran las siglas “HP” dentro de su referencia indicaban que eran aptos para aplicaciones de alta presión; mientras que los que no lo tuvieran, en su gran mayoría, no eran aptos para este sistema.

Technical Specifications

Model	Rated Capacity (scfm)	MWP (psig)	In/Out Conn.	Dimensions W x H (in.)	Weight (lbs.)	Replacement Cartridge*
530HP	530	1000	1" NPT	4.25 x 15.625	14	XX-530R
884HP	884					XX-884R
2210HP	2210	500	3" NPT	4.25 x 23.875	24	XX-2210R
2805HP	2805					XX-PV
4000HP	4000					XX-PV
4050HP	4050					XX-500x2
5060HP	5060	450	3" NPT	16 x 46.38	270	XX-PVx2
7595HP	7595					XX-PVx3
9900HP	9900	440	4" Flange	20 x 55.5	403	XX-PVx4
12375HP	12,375					XX-PVx5
16350HP	16,350	360	6" Flange	24 x 56.38	524	XX-PVx8
20695HP	20,695					XX-PVx11
26340HP	26,340	330	6" Flange	28 x 63.88	700	XX-PVx14
28380HP	28,380					XX-PVx19
		260	8" Flange	33 x 66.25	980	

Fig. 16. Especificaciones técnicas filtros de alta presión Kaeser

Nota. Fuente: Catálogo “Specially Compresserd Air Treatment High Pressure Filters” Pág. 2

Datos técnicos

Para modelos F6 hasta F320 y grados de filtración KB/KE/KA/KD

Modelo	Flujo volumétrico ¹ m ³ /min	Sobrepresión bar	Temperatura ambiente °C	Temperatura de entrada aire comprimido °C	Peso máx. kg	Alimentación eléctrica ECO-DRAIN
F6	0,60	2 hasta 16	+3 hasta +50	+3 hasta +66	3,3	95...240 VAC ±10 % (50...60 Hz) / 100...125 VDC ±10 %
F9	0,90				3,3	
F16	1,60	2 hasta 16	+3 hasta +50	+3 hasta +66	4,0	
F22	2,20				4,2	
F26	2,60				4,3	
F46	4,61				8,2	
F83	8,25	2 hasta 16	+3 hasta +50	+3 hasta +66	9,1	
F110	11,00				10,7	
F142	14,20				11,1	
F184	18,40				16,2	
F250	25,00	2 hasta 16	+3 hasta +50	+3 hasta +66	17,9	
F320	32,00				19,9	

Fig. 17. Especificaciones técnicas filtros Kaeser

Nota. Fuente: Catálogo “Kaeser Filter Series KF F6-F320”

Es así que, como se pudo observar en las *fig. 16* y *fig. 17*, la presión máxima de trabajo varía según su referencia. De esta manera fue que se seleccionaron los filtros para el documento piping class.

4.3 Normatividad

Los estándares internacionales consultados para obtener información sobre las características mecánicas de los elementos comprendidos dentro del documento Piping Class fueron los contenidos en las normativas ASME, ASTM e ISO. La primera normativa especifica los requerimientos necesarios para el diseño, construcción operación y mantenimiento seguro de las tuberías y accesorios [27]. La segunda cubre las especificaciones mecánicas de los materiales en los que están construidos dichos elementos. Mientras que la tercera cubre las especificaciones de las mangueras y calidad del aire permitido para los filtros. A continuación, se mostrarán las normas consultadas para cada uno de los elementos utilizados:

4.3.1. ASME

Las diferentes normas ASME consultadas fueron las siguientes:

- *ASME B36.19 Stainless Steel Pipe*
- *ASME B31.9 Building Service Piping*

- *ASME B18.22.1 Plain Washers*
- *ASME B18.2.1 Square and Hex Bolts and Screws*
- *ASME B18.2.2 Square and Hex Nuts*
- *ASME B16.34 Valves-Flanged, Threaded, and Welding End*
- *ASME B16.20 Metallic Gaskets for Pipe Flanges*
- *ASME B16.11 Forged Fittings Socket-Welding and Treaded*
- *ASME B16.9 Factory-Made Wrought Buttwelding Fittings*
- *ASME B16.5 Pipe Flanges and Flanged Fittings*
- *ASME B1.20.1 Pipe Threads, General Purpose*
- *ASME VIII, Division 1 Boiler and Pressure Vessel Code*

4.3.2. ASTM

Las normas ASTM analizadas fueron las siguientes:

- *ASTM A962 Common Requirements for Bolting Intended for Use at Any Temperature from Cryogenic to the Creep Range*
- *ASTM A733 Standard Specification for Welded and Seamless Carbon Steel and Austenitic Stainless Steel Pipe Nipples*
- *ASTM A403 Wrought Austenitic Stainless Steel Piping Fittings*
- *ASTM A351 Castings, Austenitic, for Pressure-Containing Parts*
- *ASTM A312 Seamless, Welded, and Heavily Cold Worked Austenitic Stainless Steel Pipes*
- *ASTM A194 Carbon Steel, Alloy Steel, and Stainless Steel Nuts for Bolts for High Pressure or High Temperature Service, or Both*
- *ASTM A193 Alloy-Steel and Stainless Steel Bolting for High Temperature or High Pressure Service and Other Special Purpose Applications*
- *ASTM A182 Forged or Rolled Alloy and Stainless Steel Pipe Flanges, Forged Fittings, and Valves and Parts for High-Temperature Service*
- *ASTM F844-19 Washers, Steel, Plain (Flat), Unhardened for General Use }*

4.3.3. ISO

Las normas ISO investigadas fueron las siguientes:

- *ISO 12500 Filters for compressed air — Test methods*
- *ISO 10380 Pipework — Corrugated metal hoses and hose assemblies*
- *ISO 8573-1 Compressed air — Part 1: Contaminants and purity classes*

4.4 Creación del documento

Una vez seleccionados los accesorios que cumplen con los requerimientos de la línea, se procedió a crear el documento piping class según los requerimientos de la empresa. Este documento debía seguir el estándar que la compañía había venido utilizando con los demás documentos piping class que se han generado hasta la fecha. El archivo debía entregarse en formato Excel, el cual constaría de 3 hojas, en las cuales se debía ordenar la información en una serie de tablas que facilitarían la lectura de la misma; permitiendo así, que la persona que vaya a hacer uso del documento la entendiera más fácilmente. Las hojas llevan por nombre:

- Hoja 1: Piping Class Detallado
- Hoja 2: Piping Class
- Hoja 3: Branch Table

El contenido de estas estará explicado en los apartados que se muestran a continuación.

4.4.1. Piping Class Detallado

En esta hoja está contenida una tabla en la que se debe dar la información tal y como se muestra en la *fig. 18*. Esta, al ser la primera información que verá la persona que haga uso del documento, deberá ser lo más clara y específica posible (de allí el nombre de “piping class detallado”). Como se mencionó anteriormente, tanto para el piping class desarrollado en este trabajo, como para los ya realizados, la tabla posee la misma estructura.

PIPING CLASS AIRE COMPRIMIDO DE ALTA PRESIÓN (ACA) - TAISC								
ITEM	ELEMENTO	DIÁMETRO NOMINAL	CLASE O SCHEDULE	NORMA MATERIAL	NORMA DE FABRICACIÓN	PROCESO DE FABRICACIÓN	NORMA DE CONEXIÓN	OBSERVACIONES

Fig. 18. Encabezado de la tabla del piping class detallado para la red ACA

Además, el orden de los elementos o “ítems” debía ser lo más parecido posible a los demás documentos, algo que no podía ser ciento por ciento posible debido a que hay elementos que se usan en la red ACA pero no en otras redes y viceversa.

Con respecto a la *fig. 18*, se pueden destacar varios aspectos:

1. Las siglas “TAISC” significan “Tubería en Acero Inoxidable Sin Costura”. Esto en concordancia con los requerimientos de la línea y la tabla de convenciones que se usa internamente dentro del área de ingeniería y proyectos, en la cual se indica que, para la red de aire de alta presión, es necesario usar ese tipo de tubería. Esta tabla puede ser observada en la *fig. 19*.

CODIFICACION PARA MATERIALES DE TUBERIA			
CONVENCION	DESCRIPCION	MATERIAL DE TUBERIA	CODIGO
ACB	Aire Comprimido de Baja Presión	TUBERIA ACERO INOX. TIPO 304 ASTM A-312 SCH. 10 CON COSTURA	TAICC
SAS	Sistema Agua Suavizada		
ASC	Agua Suavizada Clorada		
PGL	Glicol Propileno		
ENF	Agua de Enfriamiento		
AFI	Agua Filtrada		
ASG	Agua de Servicios Generales		
SAR	Sistema Agua Recuperada		
SAF	Sistema Agua Fría		
ACA	Aire Comprimido de Alta Presión	TUBERIA ACERO INOX. TIPO 304 ASTM A-312 SCH.40 SIN COSTURA	TAISC
CND	Condesado		
CO2	Gas Carbónico		
SSC	Sistema Soda Cáustica	TUBERIA ACERO CARBON ASTM A-53 SCH.40 CON COSTURA	TACCC
ACPM	Fuili Oil-ACPM		
SGN	Sistema Gas Natural		
SGP	Sistema Gas Propano		
NH3	Amoniaco	TUBERIA ACERO CARBON ASTM A-53 SCH.40 SIN COSTURA	TACSC01
SCI	Sistema de protección contra Incendios		
SVP	Sistema de Vapor	TUBERIA ACERO CARBON ASTM A-106 SCH.40 SIN COSTURA	TACSC02
APR	Agua de Producto	TUBERIA SANITARIA ASTM A-270 ESPE SOR 1.5-2 SIN COSTURA	TSSC
JAB	Jarabe		
JUG	Jugo		
CIP	Limpieza de Tuberías		

Fig. 19. Codificación para materiales de tubería

Nota. Fuente: Postobón

2. La norma del material, tal y como se explicó en el *apartado 4.3* de este trabajo, se refiere a la normativa ASTM que corresponda para cada elemento. Para tener una guía de cuál norma era la indicada, se hizo uso de diferentes catálogos de fabricantes de accesorios para tuberías.

3. La norma de fabricación se refiere a la normativa ASME que corresponda para cada elemento. En el *apartado 4.3.1* se pueden ver cuáles fueron las normas usadas para cada elemento.
4. El proceso de fabricación, al igual que la norma del material, fue tomado, en la mayor parte de los casos, de los catálogos de los fabricantes. Sin embargo, en la normativa ASTM se especifica el proceso de manufactura usado para fabricar cada accesorio tal y como se puede ver en la *fig. 20*.

5. Manufacture

5.1 *Forming*—Forging or shaping operations may be performed by hammering, pressing, piercing, extruding, upsetting, rolling, bending, fusion welding, machining, or by a combination of two or more of these operations. The forming procedure shall be so applied that it will not produce injurious defects in the fittings.

Fig. 20. Proceso de manufactura según ASTM para uniones de tuberías

Nota. Fuente: ASTM A403/A403M. Pág. 2

5. La norma de conexión se refiere a la normativa que hay que tener en cuenta para ensamblar la pieza a la línea. Cada pieza, según los planos mecánicos y las listas de materiales, tiene indicado la forma en que se conecta con otro elemento (soldadura, pernado, bridado, roscado, etc.). Ahora bien, para las uniones soldadas, aplica la norma ASME B31.9, en donde se especifica la forma en como debe ser soldado el elemento; para los elementos roscados, aplica la norma ASME B1.20.1 NPT; y para los bridados, la norma para bridas ASME B16.5.
6. Finalmente, en la casilla de observaciones se ingresan aquellas notas que se deben tener en cuenta a la hora de adquirir el elemento o de instalarlo en la línea.

4.4.2. Piping Class

En esta segunda hoja se puede encontrar una tabla con menos casillas en el encabezado y con la información presentada de manera más compacta. Algunos de los datos mostrados en la hoja 1 son compilados en la casilla de “descripción” presente en esta nueva tabla. Esta presentación de la información es la que más se acerca a los documentos de piping presentados internacionalmente

en otras industrias; logrando así tener un documento estándar que puede ser entendido tanto dentro de la empresa como en cualquier parte del mundo.

ITEM		ELEMENTO	DIÁMETRO NOMINAL	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES	IMAGEN DE REFERENCIA
Elaboró: Área Proyectos - Gerencia Nacional de Proyectos		Servicio		Código	Layer	
		Aire comprimido de alta presión (ACA)		TAISC	140	

Fig. 21. Encabezado Tabla Piping Class

Los aspectos más importantes de esta tabla son los siguientes:

1. Se presenta el nombre del documento en la parte superior de la tabla junto al logo de la empresa. Además, es puesta la fecha de elaboración del documento para que en un futuro se pueda saber si aún es aplicable este standard o requiere de una actualización.
2. Se especifica el servicio al cual aplica este documento
3. Posee el código de materiales de tubería presentado en la *fig. 19*.
4. En la casilla “Layer” se utiliza el color que es usado al dibujar las tuberías de ACA en los planos de AutoCAD fabricados por el área de ingeniería de la empresa y el número correspondiente a dicho color. Estos son tomados de la “plantilla de layers” presente en la base de datos de Postobon. Esta plantilla puede ser vista en la *fig. 22*.

PLANTILLA DE LAYERS				
N°	CONVENCION	DESCRIPCION	TIPO DE LINEA (LINETYPE) Y COLOR (EN AUTOCAD)	COLOR
1	APR	Agua de Producto	—	170
2	SAS	Sistema Agua Suavizada	—	18
3	ASC	Sistema Agua Suavizada Clorada	—	10
4	SAF	Sistema Agua Filtrada	—	52
5	SAR	Sistema Agua Recuperada	—	38
6	SAH	Suministro Agua Helada	—	51
7	RAH	Retomo Agua Helada	—	41
8	ENF	Suministro Agua de Enfriamiento	—	98
9	ENF	Retomo Agua de Enfriamiento	—	124
	RAT	Recirculacion Agua de Torre	—	71
10	PGL	Suministro de Glicol	—	40
11	PGL	Retomo de Glicol	—	44
12	ACD	Agua Cruda	—	31
13	SVP	Sistema Vapor	—	253
14	CND	Condesado	—	124
	SAC	Sistema Agua Caliente	—	24
15	ACB	Sistema Aire Comprimido de Baja Presion	—	130
16	ACA	Sistema Aire Comprimido de Alta Presion	—	140

Fig. 22. Plantilla de Layers

Nota. Fuente: Postobón

5. Las casillas de “Item”, “elemento” y “diámetro nominal”, son las mismas que en la tabla de la hoja 1.
6. En la casilla “descripción” se encuentran recogidos los datos sobre la norma de fabricación, nombre del elemento con su norma de material, Schedule o clase, método de fabricación y norma de conexión; todo esto en ese preciso orden.
7. Por último, se anexa una nueva casilla que es la de “imagen de referencia”, en la cual son puestas unas imágenes guía que le sirven a la persona que hace uso del documento para identificar más fácilmente el elemento dentro de la línea a la hora de tener que realizar un mantenimiento o comprar el repuesto.

4.4.3. Branch Table

En la última hoja del documento se encuentra la tabla de conexiones de los elementos. Esta indica las maneras posibles que hay de unir los accesorios según su diámetro nominal. Cabe resaltar que en esta tabla se tienen en cuenta sólo los accesorios soldados; más específicamente, las tee reducidas, las reducciones concéntricas, reducciones excéntricas y las tee rectas. La idea de esta tabla es darles a las personas que hagan uso del documento la manera correcta de unir una tubería con otra, evitando posibles errores en la compra de accesorios y en el ensamble de la línea.

TABLA DE CONEXIONES ACA									
		LÍNEA PRINCIPAL							
		4"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"
RAMIFICACIÓN	1/2"	S	S	S	TR	TR/RC/RE	TR/RC/RE	TR/RC/RE	T
	3/4"	S	S	S	TR/RC/RE	TR/RC/RE	TR/RC/RE	T	
	1"	S	TR/RC/RE	TR/RC/RE	TR/RC/RE	TR/RC/RE	T		
	1 1/2"	TR/RC/RE	TR/RC/RE	TR/RC/RE	TR/RC/RE	T			
	2"	TR/RC/RE	TR/RC/RE	TR/RC/RE	T				
	2 1/2"	TR/RC/RE	TR/RC/RE	T					
	3"	TR/RC/RE	T						
	4"	T							

Código	
TR	Tee Reducida
RC	Reducción Concéntrica
RE	Reducción excéntrica
S	Soldadura
T	Tee Recta

Fig. 23. Branch Table ACA

Lo primero que se puede observar en la *fig. 23* es que tanto en la línea principal como en las ramificaciones están los mismos diámetros. Esto se debe a que en las líneas de ACA fabricadas hasta el momento, estos diámetros han sido usados para los dos propósitos. También se puede ver que hay accesorios que van hasta cierto diámetro; que en los cambios de diámetros muy grandes hay que realizar una soldadura directa; que para reducir de un diámetro de 2" a ½" se debe poner exclusivamente una T reducida y que para los mismos diámetros se usan tees rectas. El porqué de esto será visualizado en capítulo de "análisis".

5. RESULTADOS

El resultado de todo este trabajo investigativo de normas, normativas, catálogos y otras fuentes de información, fue el del documento de estandarización de materiales Piping Class, el cual está generado en un documento Excel y consta de 3 hojas. La primera y la segunda muestran los nombres de los elementos, sus normas de fabricación, construcción y unión, diámetros nominales, procesos de fabricación, observaciones e imágenes de referencia; mientras que la tercera muestra los diferentes accesorios soldados que se pueden usar para unir las tuberías según su diámetro. En las *figs. 24, 25 y 26* se puede observar una parte del documento realizado. Sin embargo, y como la tabla posee 36 elementos, esta puede ser visualizada en su totalidad en el siguiente enlace: [Piping Class ACA.xlsx](#)

PIPING CLASS AIRE COMPRIMIDO DE ALTA PRESIÓN (ACA) - TAISC								
ITEM	ELEMENTO	DIÁMETRO NOMINAL	CLASE O SCHEDULE	NORMA MATERIAL	NORMA DE FABRICACIÓN	PROCESO DE FABRICACIÓN	NORMA DE CONEXIÓN	OBSERVACIONES
1	Tubería	1/4", 1/2", 1", 1 1/2", 2", 3", 4"	SCH 40S	Acero inoxidable tipo 304 según la norma ASTM A312. Sin costura	ASME B36.19	Laminación en frío y en caliente (Extrusión)	Soldadura BW ASME B31.9	-
2	Codo 90° radio largo	1/4", 3/8", 1/2", 1", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 4"	SCH 40S	Acero inoxidable 304 según la norma ASTM A403 Grado WP304-S	ASME B16.9	Forja	Soldadura BW ASME B31.9	-
3	Codo 45° radio largo	2 1/2", 4"	SCH 40S	Acero inoxidable 304 según la norma ASTM A403 Grado WP304-S	ASME B16.9	Forja	Soldadura BW ASME B31.9	-
4	Tee recta soldada	1/2", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 4"	SCH 40S	Acero inoxidable 304 según la norma ASTM A403 Grado WP304-S	ASME B16.9	Forja	Soldadura BW ASME B31.9	-
5	Reducción bushing roscada	1/2"x1/4"	Clase 3000	Acero inoxidable ASTM A182 F304	ASME B16.11	Forja, rolado, mecanizado	Roscada ASME B1.20.1 NPT	-
6	Reducción concéntrica soldada	1"x1/2", 1 1/2"x1/2", 1 1/2"x1", 2"x1", 2"x1 1/2", 3"x1 1/2", 3"x2", 3"x2 1/2", 4"x1 1/2", 4"x2", 4"x3"	SCH 40S	Acero inoxidable 304 según la norma ASTM A403 Grado WP304	ASME B16.9	Conformado	Soldadura BW ASME B31.9	-
7	Reducción excéntrica soldada	1 1/2"x1", 2"x1", 2 1/2"x1", 2 1/2"x2", 3"x1 1/2", 3"x2", 4"x2"	SCH 40S	Acero inoxidable 304 según la norma ASTM A403 Grado WP304	ASME B16.9	Conformado	Soldadura BW ASME B31.9	-
8	Unión recta roscada lisa NPT	1/2", 1", 1 1/2", 2", 2", 2", 3"	Clase 3000	Acero inoxidable 304 según la norma ASTM A403 Grado WP305	ASME B16.11	Forja	Roscada ASME B1.20.1 NPT	-

Fig. 24. Fracción del Piping Class Detallado (Ítem 1 al 8)

En la *fig. 24*. Se muestra en detalle y de manera independiente la información para cada uno de los elementos que se han usado hasta el momento en las líneas ACA en la empresa Postobón

		PIPING CLASS ACA			
		Elaborado: 01/02/2023		Versión: 1	
Elaboró: Área Proyectos – Gerencia Nacional de Proyectos					
Servicio				Código	Layer
Aire comprimido de alta presión (ACA)				TAISC	140
ITEM	ELEMENTO	DIÁMETRO NOMINAL	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES	IMAGEN DE REFERENCIA
1	Tubería	1/4", 1/2", 1", 1 1/2", 2", 3", 4"	ASME B36.19. Tubería en Acero inoxidable tipo 304 según la norma ASTM A312. Sin costura. SCH 40S. Fabricado por: Laminación en frío y en caliente (Extrusión). Conexión: Soldadura BW ASME B31.9	-	
2	Codo 90° radio largo	1/4", 3/8", 1/2", 1", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 4"	ASME B16.9. Codo 90° radio largo en Acero inoxidable 304 según la norma ASTM A403 Grado WP304-S. SCH 40S. Fabricado por: Forja. Conexión: Soldadura BW ASME B31.9	-	
3	Codo 45° radio largo	2 1/2", 4"	ASME B16.9. Codo 45° radio largo en Acero inoxidable 304 según la norma ASTM A403 Grado WP304-S. SCH 40S. Fabricado por: Forja. Conexión: Soldadura BW ASME B31.9	-	
4	Tee recta soldada	1/2", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 4"	ASME B16.9. Tee recta soldada en Acero inoxidable 304 según la norma ASTM A403 Grado WP304-S. SCH 40S. Fabricado por: Forja. Conexión: Soldadura BW ASME B31.9	-	

Fig. 25. Fracción del Piping Class (Ítem 1 al 4)

En la fig. 25. se puede observar una parte de la segunda hoja del documento, correspondiente al Piping Class consolidado. A diferencia de lo mostrado en la fig. 24, se nota que la información se expone de manera más compacta y, adicionalmente, se hace uso de imágenes de referencia para facilitar su lectura y entendimiento.

TABLA DE CONEXIONES ACA									
		LÍNEA PRINCIPAL							
		4"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"
RAMIFICACIÓN	1/2"	S	S	S	TR	TR/RC/RE	TR/RC/RE	TR/RC/RE	T
	3/4"	S	S	S	TR/RC/RE	TR/RC/RE	TR/RC/RE	T	
	1"	S	TR/RC/RE	TR/RC/RE	TR/RC/RE	TR/RC/RE	T		
	1 1/2"	TR/RC/RE	TR/RC/RE	TR/RC/RE	TR/RC/RE	T			
	2"	TR/RC/RE	TR/RC/RE	TR/RC/RE	T				
	2 1/2"	TR/RC/RE	TR/RC/RE	T					
	3"	TR/RC/RE	T						
	4"	T							

Código	
TR	Tee Reducida
RC	Reducción Concéntrica
RE	Reducción excéntrica
S	Soldadura
T	Tee Recta

Notas:

- La soldadura directa es la boca de pescado (Incluir accesorio soldado socket)
- El uso de una tee reducida está limitada a la oferta comercial, si no se encuentran, lo que se debe hacer es soldar directamente o usar las reducciones comerciales necesarias.

Fig. 26. Branch Table Piping Class

Finalmente, en la *fig. 26*, correspondiente a la tercera y última hoja del documento, está la Branch Table o tabla de conexiones de los elementos soldados usados en la línea. Esta, a diferencia de la mostrada en la *fig. 23*, permite ver las notas que se deben tener en cuenta a la hora de instalar este tipo de elementos. Es importante incluir este tipo de notas para evitar posibles errores de procedimiento y, por ende, pérdidas de dinero y tiempo en reprocesos.

6. ANÁLISIS

El documento realizado revela detalles muy importantes que se deben tener en cuenta a la hora de escoger los materiales y accesorios para las líneas de aire comprimido de alta presión:

1. El material usado en las redes ACA, tanto para las tuberías como para los accesorios, es el acero inoxidable; esto se debe a sus buenas características anticorrosivas y su capacidad para soportar altas presiones, las cuales son necesarias en este tipo de aplicaciones.
2. Los diámetros máximos para tubería usados hasta el momento en los proyectos realizados en la compañía son de 4". Esto se debe, y según se puede observar en las *fig. 9 y 10*, a que a mayor diámetro, menor es la presión que puede soportar el elemento. Y como se habló en este trabajo, las presiones manejadas en las redes ACA son bastante altas
3. Como se ha explicado en el **apéndice 4.2**, los elementos que se usan en los sistemas de tuberías de aire de alta presión son los fabricados con clase 300 y los SCH 40. Esto debido a que soportan mayores presiones internas que los de menos clase y Schedule. Adicionalmente, los accesorios roscados clase 3000, las válvulas roscadas clase 1000 WOG y los filtros con presiones nominales mayores a 30, fueron igualmente incluidos en la norma. Todos estos requerimientos debido a que se debe cuidar la integridad, tanto de los equipos como de las personas que trabajan en la planta, pues trabajar con altas presiones y tuberías y accesorios que no soporten dichas fuerzas, es muy peligroso
4. Con respecto a la tabla de materiales, se puede ver que, para poder conectar, por ejemplo, una tubería de 4" con una de 1", se debe hacer una soldadura directa tipo "boca de pescado". Esto se debe a que existe una restricción de cambio de sección en las líneas, y pasar de un diámetro muy grande a uno muy pequeño mediante un solo elemento, provoca caídas de presión muy grandes y puntos de mucho estrés en el elemento. Es por eso que los fabricantes tienen un rango de trabajo para sus reducciones. Adicionalmente se puede observar que para conectar una tubería de 2" a una de 1/2", sólo es posible con una tee reducida; esto debido a que no es muy común encontrar reducciones para esos dos diámetros.
5. Algo para destacar es que todos los fabricantes consultados tienen muy en cuenta las normas internacionales para la fabricación de los accesorios de las tuberías. En la compañía, Postobon S.A., también son muy cuidadosos con cumplir la normativa a la hora de, por

ejemplo, realizar los montajes de las líneas. Es tanto su interés en estos puntos que es por esta razón que han estado actualizando su base de datos con los documentos Piping Class.

6. Aunque parezca poco importante, tener imágenes de referencia dentro del documento es primordial debido a que, entre tantos accesorios usados en las líneas, se vuelve muy complicado identificar alguno en específico

7. CONCLUSIONES

Dentro de las líneas de producción de la compañía de bebidas Postobon S.A, se encuentran grandes cantidades de maquinaria y procesos que requieren de varios servicios industriales para poder funcionar. Estos servicios industriales, como el agua, aire y vapor, pueden ser distribuidos a las líneas de producción gracias a las complejas redes de tuberías instaladas dentro de las plantas. Los requerimientos para cada servicio varían mucho entre ellos. Sin embargo, cuando se requiere diseñar un complejo de tuberías que va a distribuir un servicio idéntico al de otro proyecto, las demandas del servicio son prácticamente las mismas. Cumplir con estos requerimientos es de vital importancia para los ingenieros encargados del diseño y montaje de las redes de tuberías, pues de esto depende el correcto funcionamiento de la línea de producción y, por ende, la calidad del producto final.

En este orden de ideas, el poder crear el documento de estandarización Piping Class para el diseño y montaje de las redes de servicio de aire comprimido de alta presión (ACA) fue un logro importante; pues con este compilado se podrán disminuir los posibles errores que se puedan generar a la hora de diseñar nuevas redes de tuberías de un servicio en específico, y el tiempo a emplear en las etapas de ingeniería se verán disminuidas (por lo menos en la parte en donde se realiza la selección de los materiales y elementos que irán dentro de la línea de servicio). Esta propuesta no sólo fue creada teniendo en cuenta las normativas internacionales de materiales, sino que cumple con los requerimientos que la empresa exigía para poder realizar dicho documento.

En el Piping Class se podrán encontrar los nombres de los diferentes elementos que han sido usados a lo largo del tiempo en los diferentes proyectos que involucran el uso de las redes ACA para el funcionamiento de las líneas de producción de Postobón S.A. Además, se muestran las normas de materiales, fabricación y conexión para dichos elementos, en las cuales se puede encontrar información muy importante sobre estos. También, se pueden ver las clases y schedules que cumplen con los límites de presión permitidos para la línea. Igualmente, se ponen una serie de observaciones que se consideran importantes para las personas que vayan a usar este documento en un futuro. Y, finalmente, es puesta una tabla de conexiones que permitirá a los encargados del montaje de la red de tuberías poder escoger los elementos que mejor se acomoden a la necesidad.

Con este trabajo se espera que muchas más empresas se animen a crear sus propias consignas de estandarización, pues ya es sabido que hacerla aumentará la eficiencia en las etapas de ingeniería

y se evita en un mayor porcentaje los errores y reprocesos, factores que no sólo hacen alargar los proyectos innecesariamente, sino que hacen perder millones de pesos a las empresas año tras año.

REFERENCIAS

- [1] P. Lledó, G. Rivarola, "Gestión de proyectos", Prentice Hall – Pearson Education, 1ª ed, pp 4, 2007.
- [2] RAE. "Proyecto, proyecta | Diccionario de la lengua española". «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. <https://dle.rae.es/proyecto> (accedido el 17 de febrero de 2023).
- [3] Project Management Institute, Guia de los Fundamentos de la Direccion de Proyectos, 3a ed. Project Management Institute, pp3, 2005.
- [4] PMBOK. Capítulo 2. "Ciclo de vida del proyecto y organización". Wayback Machine. <https://web.archive.org/web/20120105071336/http://www.ehu.es/Degypi/PMBOK/tema%202Meto03.pdf> (accedido el 20 de febrero de 2023).
- [5] F. José. "Fases de la Ingeniería en un Proyecto". Artículo en línea. LinkedIn. <https://es.linkedin.com/pulse/fases-de-ingenieria-un-proyecto-jos%C3%A9-ferrer#:~:text=Contempla%20las%20siguientes%20etapas%3A%20%E2%82%B7%20Ingenier%C3%ADa%20Conceptual.%20%E2%82%B7,propuesto.%20Este%20an%C3%A1lisis%20debe%20incluir%20tambi%C3%A9n%20una%20> (Accedido el 20 de febrero de 2023)
- [6] B. Jason. "The phases of an Engineering Project". ProjectEngineer.net. <https://www.projectengineer.net/the-phases-of-an-engineering-project/#:~:text=The%20Phases%20of%20an%20Engineering%20Project%201%20Planning,the%20engineer%20has%20designed.%20...%205%20Post-Construction.%20> 11 de enero de 2018. (Accedido el 20 de febrero de 2023)
- [7] S. Peter. (2007). Process Piping Design Handbook, Volume 1 - The Fundamentals of Piping Design - 5.1 Project Types. Págs 161-166. Gulf Publishing Company. Retrieved from: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt005VLNY7/process-piping-design-2/project-types>
- [8] T. Humberto. "Estandarización y Globalización". Instituto Tecnológico Autónomo de México. <http://www.segmento.itam.mx/Administrador/Uploader/material/Estandarizacion%20y%20Globalizacion.PDF>. (Accedido el 20 de febrero de 2023)
- [9] L. Silva, "Estandarización de procesos: principios, implementación y beneficios", Blog | Checklist Fácil, 19-mar-2021. [En línea]. <https://blog-es.checklistfacil.com/estandarizacion-de-procesos/>. (Accedido el 20 de febrero de 2023).
- [10] A. H. Daniel. "Optimización de diseño mecánico de sistemas de tuberías". Universidad Carlos III de Madrid. <https://core.ac.uk/download/pdf/44310658.pdf>. Mayo 28 de 2014. (Accedido el 22 de febrero de 2023)
- [11] Smith, Peter. (2007). Process Piping Design Handbook, Volume 1 - The Fundamentals of Piping Design - 6.2 Fabrication Materials for Piping Systems. Págs 171-189. Gulf Publishing

Company. Retrieved from: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt005VLO91/process-piping-design-2/fabrication-materials>

[12] “ASME B31: diseño, materiales, fabricación, pruebas e inspección de tuberías a presión”. Cryospain. <https://cryospain.com/es/asme-b31-diseno-materiales-fabricacion-pruebas-inspeccion-tuberias-presion> (Accedido el 23 de febrero de 2023)

[13] J. González. "SISTEMAS DE TUBERÍAS (PIPING) – ORÍGENES E IMPORTANCIA". Engi-Learn. <https://www.engi-learn.com/post/sistemas-de-tuberias-piping> (accedido el 23 de febrero de 2023).

[14] “Aire comprimido”. Instalaciones | Red Tecnológica MID. https://sistemamid.com.ar/panel/uploads/biblioteca/2013-10-04_10-35-5691990.pdf. (Accedido el 28 de febrero de 2023)

[15] B. S. Gabriel. "Diseño e implementación de un sistema automático de dosificación de ácido sulfúrico". Págs. 1, 2, 13-17. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/9954/Barrera%20Santos%2c%20Gabriel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Junio 2018 (Accedido el 28 de febrero de 2023)

[16] KHS. “Manual de instrucciones: Máquina llenadora de botellas PET innofill PET NV”. Versión 01:2020-10. Pág 494. 2020

[17] Kaeser Compressors, "Catálogo de productos de aire comprimido". Pág. 19. 2021. <https://es.kaeser.com/download.ashx?id=tcm:38-5995> (Accedido el 1 de marzo de 2023).

[18] KHS. “Programa modular de máquinas de estirado-soplado – Datos técnicos principales para máquinas BLOMAX Serie III”

[19] Kaeser Compressors. “Specialty Compressed air treatment: High Pressure Filters”. 2021

[20] P. Gretchen. (2015). Plumbing Engineering Design Handbook - A Plumbing Engineer's Guide to System Design and Specifications, Volume 3 - Special Plumbing Systems (2015) - 9.2 Fundamentals. Págs. 173, 176-183. American Society of Plumbing Engineers (ASPE). Retrieved from: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt010Y2FM3/plumbing-engineering/fundamentals>

[21] Beale, Richard J. Bowers, Paul Smith, Peter. (2010). Process Piping Design Handbook, Volume 3 - Planning Guide to Piping Design - 1.3.1 Piping Classes. Gulf Publishing Company. Págs. 16-22. Retrieved from: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt008GKPQA/process-piping-design-3/piping-classes>

[22] “Scope of Work for Pipeline Construction”. Hindustan Petroleum Corporation Limited. Mumbai, India. Junio 2016. https://tenders.hpcl.co.in/tenders/tender_prog/TenderFiles/31/Vol%20II%20Scope%20of%20Work/Job%20Specsl/Pipeline/6544-00-16-71-SP-02.pdf. (Accedido el 5 de marzo del 2023)

[23] Kinvalve. “1000 WOG Ball Valve”. 2021. <https://www.kinvalve.com/1000-wog-ball-valve/#:~:text=A%201000%20WOG%20ball%20valve%20is%20a%20ball,usually%20from%20>

20F%20to%20100F%20%2829C%20%E2%80%93%2038C%29. (Accedido el 6 de marzo del 2023)

[24] "Class 3000 Threaded Fittings and 3000LB elbow dimensions". Home. <https://www.pipingmaterial.ae/dimensions/class-3000-threaded-fittings/#:~:text=The%20class%203000%20threaded%20fittings%20are%20roughly%20related,3000%20adapters%20increases,%20their%20pressure%20holding%20capacity%20decreases.> (Accedido el 9 de abril de 2023)

[25] A. Jesús. "Diferencias entre tubo con y sin costura - GRUPO CM". GRUPO CM. Mayo 28 de 2020. <https://www.empresacm.com/blog/diferencias-tubos-con-y-sin-costura/>. (Accedido el 9 de abril de 2023)

[26] "Diferencia entre tubería de acero inoxidable con costura y tubería de acero inoxidable sin costura". Carbon Steel Pipe and Fittings | Stainless Steel Products. Octubre 6 de 2017. <https://www.permanentsteel.com/es/newsshow/difference-between-seam-stainless-steel-pipe-and-seamless-stainless-steel-pipe.html>. (Accedido el 9 de marzo de 2023)

[27] ASME, "Power Piping," ASME B31.1-2018, New York, NY, USA. Pág. XII (Accedido el 13 de marzo de 2023)