



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**EVALUACIÓN Y REDISEÑO CONCEPTUAL DE
LAS REDES DE FLUJOS QUE ABASTECEN LAS
PRENSAS DE VULCANIZADO EN LA EMPRESA**

Autor: Anderson J. Vogado C.
C.I: 23.792.965

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**EVALUACIÓN Y REDISEÑO CONCEPTUAL DE LAS REDES DE
FLUJOS QUE ABASTECEN LAS PRENSAS DE VULCANIZADO EN
LA EMPRESA ALICE NEUMÁTICOS DE VENEZUELA C.A.**

Informe de Pasantías para optar al título de
INGENIERO MECÁNICO

Empresa: Alice Neumáticos de Venezuela C.A. Valencia Edo. Carabobo

Autor: Anderson J. Vogado C.

C.I: 23.792.965

Tutor: Ing. Gruber Caraballo

San Diego, Octubre de 2019



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**EVALUACIÓN Y REDISEÑO CONCEPTUAL DE LAS REDES DE
FLUJOS QUE ABASTECEN LAS PRENSAS DE VULCANIZADO EN
LA EMPRESA ALICE NEUMÁTICOS DE VENEZUELA C.A.**

CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN

12/01/2019

Gruber Caraballo C.I. 12.014.408- Tutor académico.

ALICE NEUMÁTICOS DE VENEZUELA, C.A.
DIRECCIÓN DE MANTENIMIENTO

DEPARTAMENTO DE SERVICIO A PLANTAS 35- Tutor empresarial

Autor: Anderson J. Vogado C.
C.I: 23.792.965

San Diego, Octubre de 2019




REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero Gruber Caraballo portador de la cédula de identidad N° 12.014.408, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano Anderson Jose Vogado Carvalho portador de la cédula de identidad N° 23.792.965, titulado **EVALUACIÓN Y REDISEÑO CONCEPTUAL DE LAS REDES DE FLUJOS QUE ABASTECEN LAS PRENSAS DE VULCANIZADO EN LA EMPRESA ALICE NEUMÁTICOS DE VENEZUELA C.A.** Presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, mes de octubre del año dos mil diecinueve.



Ing. Caraballo Gruber
C.I.: V-12.014.408

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
RESUMEN	xvii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO	
I LA EMPRESA	
1.1 Ubicación.....	1
1.2 Descripción de la empresa	1
1.3 Reseña histórica de la empresa	4
1.4 Misión	4
1.5 Visión	5
1.6 Valores	5
1.7 Estructura organizativa.....	5
1.8 Actividades desarrolladas durante el periodo de pasantía	6
II EL PROBLEMA	
2.1 Planteamiento de problema.....	4
2.2 Formulación del problema	8
2.3 Objetivos de la investigación.....	9
2.3.1 Objetivo general	9
2.3.2 Objetivos específicos.....	9
2.4 Justificación del problema	9
2.5 Alcance.....	9
2.6 Limitaciones	10

III MARCO REFERENCIAL CONCEPTUAL

3.1 Antecedentes.....	12
3.2 Bases teóricas	13
3.2.1 Agua	13
3.2.2 Vapor de agua	13
3.2.3 Generación de Vapor	13
3.2.4 Caldera.....	14
3.2.5 Distribución de vapor	15
3.2.6 Manifold	16
3.2.7 Puntos de drenaje	17
3.2.8 Derivaciones	18
3.2.9 Trampas de vapor	19
3.2.10 Estaciones de reducción de presión	22
3.2.11 Remoción de condensado.....	22
3.2.12 Golpes de ariete.....	23
3.2.13 Vapor flash.....	23
3.2.14 Retorno de condensado	23
3.2.15 Calculo de retorno de condensado por trampas de vapor.....	24
3.2.16 Aislamiento térmico.....	25
3.2.17 Caída de presión y perdida de carga.....	25
3.3 Definición de términos básicos.....	27

IV FASES METODOLÓGICAS

4.1 Descripción de las fases de la investigación.....	29
-------------------------------------------------------	----

V RESULTADOS

5.1 Diagnóstico de la situación actual de la red de flujo que abastecen las prensas de vulcanizado en la empresa Alice Neumáticos de Venezuela C.A.	31
5.1.1 Prensas de vulcanizado	32
5.1.2 Contact Heater.....	33
5.1.3 Suministro de aguas calientes.	34
5.1.4 Suministro de fluido hidráulico.....	35
5.1.5 Condiciones actuales del túnel J.....	37
5.1.5.1 Condiciones de las tuberías en el Túnel J-1 (LI).....	37
5.1.5.2 Condiciones de las tuberías en el Túnel J-1 (LD).....	39
5.1.5.3 Condiciones de las tuberías en el Túnel J-2.	39
5.2 Evaluación de la disposición física de la red de flujo. Túnel J-1 y J-2.	41
5.2.1 Calculo de carga de retorno de condensado.	41
5.2.2 Calculo de coeficiente de fricción por accesorios.	42
5.2.3 Disponibilidad actual en los suministros de flujo (aguas calientes, aguas hidráulicas y vapor de agua).	49
5.3 Planteamiento de propuesta para una nueva red de flujo.....	49
5.3.1 Nuevo suministro de caudal para vapor de agua, aguas calientes y aguas hidráulicas.....	49
5.3.2 Arreglo apropiado para la nueva instalación.....	52

5.3.3 Rediseño de la red flujo en la empresa Alice Neumáticos de Venezuela C.A. (agua caliente, agua hidráulica, vapor de agua).	53
5.3.4 Selección de accesorios.	53
5.3.5 Calculo de espesor de aislamiento.....	62
5.3.6 Cambios requeridos en tuberías del túnel J1 y J2.....	66
CONCLUSIONES.....	32
RECOMENDACIONES.....	69
BIBLIOGRAFIA.....	70

APÉNDICE	Pagina
I: Planta túnel línea J1, J2 y corte A-A.....	75
II: Planta túnel línea J1 (lado derecho).....	76
III: Planta túnel línea J1 (lado izquierdo).....	77
IV: Planta túnel línea J2 (lado derecho).....	78
V: Planta túnel línea J2 (lado izquierdo).....	79
VI: Datos de cada sección de tubería principal actual (agua caliente).....	80
VII: Distribución de flujo y velocidades de salida del sistema actual (agua caliente).....	83
VIII: Datos de cada sección de tubería principal actual (agua hidráulica).....	84
IX: Distribución de flujo y velocidades de salida del sistema actual (agua hidráulica).....	86
X: Datos de cada sección de tubería principal actual (vapor de agua).....	87

XI:	Distribución de flujo y velocidades de salida del sistema actual (vapor de agua).....	90
XII:	Datos de cada sección de tubería después de las modificaciones pertinentes (agua caliente).....	91
XIII:	Propuesta de distribución de flujo y velocidades de salida (agua caliente).....	94
XIV:	Datos de cada sección de tubería después de las modificaciones pertinentes (agua hidráulica).....	95
XV:	Propuesta de distribución de flujo y velocidades de salida (agua hidráulica).....	97
XVI:	Datos de cada sección de tubería después de las modificaciones pertinentes (vapor de agua).....	98
XVII:	Propuesta de distribución de flujo y velocidades de salida (vapor de agua).....	101

ANEXOS

Página

A:	Dimensiones de tubería de acero al carbono ASTM A106.....	103
B:	Propiedades del agua saturada.....	104
C:	Propiedades de metales sólidos.....	105
D:	Propiedades de materiales aislantes.....	106
E:	Valores típicos del coeficiente de transferencia de calor por convección.....	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Ubicación de Alice Neumáticos de Venezuela C.A.....	1
2. Estructura organizacional de la empresa Alice Neumáticos de Venezuela C.A.	5
3. Caldera acuotubular.....	15
4. Manifold o colector de vapor.	17
5. Separador de humedad.....	18
6. Forma de derivar el agua.....	18
7. Funcionamiento de la trampa de vapor F&T.	20
8. Funcionamiento de la trampa termostática.....	21
9. Funcionamiento de las trampas de disco controlado.....	22
10. Pipe rack tipo litera.....	31
11. Prensa de vulcanizado.....	33
12. Contact heater.....	34
13. Bomba Spacemaker Motor para aguas calientes.....	35
14. Bomba para el suministro de fluido hidráulico.....	36
15. Tuberías del túnel J-2.....	40
16. Dimensiones de un caucho.	41
17. Válvula de compuerta.	43
18. Conexión estándar T.	44
19. Codo estándar 90°.....	44
20. Válvula antirretorno.....	45
21. Filtro.	45
22. Conexiones frecuentes en líneas de los túneles J.....	47
23. Válvula de macho.	47
24. Codo 45°.	48
25. Estación de válvula reductora de presión y separador de humedad.	52

26.	Representación gráfica de la instalación para trampas de vapor.....	53
27.	Rango de operación del separador S13.	55
28.	Dimensiones del separador de humedad S13.....	56
29.	Trampa de vapor de cubeta invertida para vapor en acero aleado IBV Serie Z, DN125.	57
30.	Rango de operación de la trampa de vapor.....	57
31.	Filtro de acero al carbono.....	58
32.	Rango de operación del filtro.	58
33.	Especificaciones de la válvula de seguridad SV604.	59
34.	Rango de operación de la válvula de seguridad V604.....	59
35.	Válvula de retención de pistón LCV4.	60
36.	Rango de operación de la válvula de retención LCV4.	60
37.	Válvula reductora de presión.con cuerpo en Fundición Nodular DP17 y DP17G	61
38.	Rango de operación de la válvula reductora de presión.	61
39.	Esquema de las resistencias térmicas en el ducto.	63
40.	Patín sin y con abrazadera.....	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Condiciones de los túneles "J".	32
2. Cantidad y dimensiones de las tuberías en los túneles "J".....	37
3. Condiciones de tuberías en el túnel J-2.....	40
4. Carga de condensado para distintas dimensiones de caucho.	42
5. Factores de fricción para tuberías comerciales, nuevas, de acero, con flujo en la zona de total turbulencia.....	43
6. Coeficiente de fricción en los accesorios de la tubería principal.....	46
7. Coeficiente de resistencia de accesorios en los diferentes tamaños de tubería.....	48
8. Suministro de agua caliente para el rediseño en cada túnel.	49
9. Nuevo caudal por bomba en m ³ /s.	50
10. Suministro de agua hidráulica para el rediseño en cada túnel.	50
11. Tabla 9. Suministro de agua hidráulica para el rediseño en cada túnel...	51
12. Nuevo caudal por válvula de control en m ³ /s.	52
13. Modelos de fabricante.....	54
14. Espesores de aislamiento térmico para tuberías de vapor de agua.....	65
15. Espesores de aislamiento térmico para tuberías de aguas calientes.	66



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**EVALUACIÓN Y REDISEÑO CONCEPTUAL DE LAS REDES DE
FLUJOS QUE ABASTECEN LAS PRENSAS DE VULCANIZADO EN
LA EMPRESA ALICE NEUMÁTICOS DE VENEZUELA C.A.**

Autor: Anderson Vogado

Tutor: Ing. Gruber Caraballo

Fecha: Octubre 2019

RESUMEN

Este informe de pasantías tiene como finalidad principal realizar un rediseño conceptual en la red de flujo que abastece las prensas de vulcanizado en la empresa Alice Neumáticos de Venezuela C.A., donde la generación de vapor se realiza mediante calderas acuotubulares de alta capacidad y presión de 185 PSI, que surten el vapor a lo largo de un ducto principal el cual lo distribuye en 6 túneles de 40.30 metros y 20.5 metros de tubería para el proceso de vulcanizado del caucho. El primer objetivo es realizar un diagnóstico actual de dicha red de flujo con sus longitudes y dimensiones en las tuberías requeridas a la intervención por el mismo. Para realizar dicha evaluación de campo se tomaron como técnicas e instrumentos principales la observación y la medición directa, además se utilizó un software Pipe Flow Expert para los cálculos necesarios del fluido en todas las líneas del túnel de vulcanizado. Luego de obtener toda la información necesaria de campo y realizar los cálculos de la demanda de vapor por equipo, se compara con la capacidad instalada.

Descriptores: Evaluación, rediseño conceptual, planimetría.

INTRODUCCIÓN

Hablar de cauchos de buena calidad en Venezuela, es hablar de Alice Neumáticos de Venezuela C.A., ya que es una compañía dedicada a la fabricación y comercialización de cauchos marca Firestone, un producto de va dirigido al comercio automovilístico. A pesar de los cambios de propietarios a lo largo del tiempo, esta empresa se ha mantenido en el mercado de neumáticos, posee más de 65 años de experiencia en el mercado nacional, además esta marca de neumáticos Firestone es internacionalmente conocida por su calidad.

Al ser una empresa de referencia, se toman muy en serio el tener tecnología de punta y cada día mejorar los procesos productivos en su planta de Los Guayos. Desde la jefatura del departamento de mantenimiento de Alice Neumáticos de Venezuela C.A., nace la necesidad de llevar a cabo un proyecto que le permitiera a la empresa conocer el estado actual de su red de distribución de fluidos hacia las prensas de vulcanizado y establecer un punto de partida para lograr el rediseño conceptual de toda la red de distribución de fluidos.

Durante la estadía en planta se utilizaron distintos medios que permitieron recabar la información necesaria para poder llevar a cabo la investigación, además se planteó un procedimiento de verificación de toda la red de distribución con el fin de detectar sobredimensionamientos de las tuberías. Se realizaron chequeos mediante una lista de cotejos que arrojó el estado actual de muchos componentes en la red como aislantes, conexiones, trampas de vapor y filtros.

El vapor es sencillamente el conductor más eficiente de energía de calefacción, es versátil, seguro y completamente estéril. El uso eficiente del vapor requiere de un control preciso, utilizando un equipo confiable fabricado por expertos. El uso eficiente del vapor, conlleva a un ahorro importante por

concepto de generación de vapor y reposición de accesorios, una planta más productiva y a un ambiente de trabajo más agradable y seguro.

En la presente evaluación se pudo notar que la empresa Alice Neumáticos de Venezuela C.A. cuenta con generación de vapor de alta capacidad y presión de 280 Psi, para garantizar la eficiente entrega de vapor de calidad, el mismo es generado por generadores de vapor tipo acuotubulares que distribuyen el vapor a toda la planta.

Para facilitar la comprensión de la investigación realizada, esta se dividió por capítulos en los que se encontrara de manera clara y detallada la información, quedando el contenido de cada capítulo como se muestra a continuación.

Capítulo I: Se encuentra toda la información concerniente a la identificación de la empresa como por ejemplo: ubicación, reseña histórica, descripción de la empresa, misión, visión, valores y estructura organizativa.

Capítulo II: Se explica cuál es el planteamiento de la problemática y se detalla el proceso por el cual se fabrica el caucho para hacer énfasis en las líneas de vapor y retorno de condensado las cuales inciden en el vulcanizado del caucho. Así como también se mencionan las especificaciones de los elementos que componen la red. Se exponen los objetivos del proyecto, justificación, alcance y limitaciones.

Capítulo III: Este capítulo contiene los antecedentes tanto nacionales como internacionales y, además, contiene toda la base teórica que permite llevar a cabo un proyecto de esta característica.

Capítulo IV: Se encuentra de manera veraz, clara y precisa todo el procedimiento metódico a utilizar, así como el tipo de investigación que llevara a cabo.

CAPÍTULO I

LA EMPRESA

1.1 Ubicación

Carretera Nacional Valencia- Los Guayos, Sede Unica, P.B., Ofic. Sede Única Zona Industrial Municipal Norte, Valencia, Estado Carabobo. (Ver figura 1)



Figura 1. Ubicación de Alice Neumáticos de Venezuela C.A.

Fuente: Google maps.

1.2 Descripción de la empresa

Alice Neumáticos de Venezuela C.A., mejor conocida como Firestone Venezuela, es una empresa altamente competitiva en calidad, tecnología y servicio. Su compromiso es mantener la confianza y satisfacción de sus clientes

internos y externos, manufacturando y comercializando productos de avanzada tecnología y óptima calidad; como reflejo de los últimos avances, los neumáticos Firestone sobrepasan las metas establecidas y exceden las expectativas en cuanto a durabilidad, seguridad, confort y calidad. Todo esto optimizando el uso de los recursos disponibles, en un medio de trabajo seguro, respetuoso y en armonía con el medio ambiente y la comunidad.

1.3 Reseña histórica de la empresa

Desde 1954 las instalaciones de la planta Firestone ubicada en Valencia, estado Carabobo; en el año 1988 fue adquirida por la japonesa Bridgestone Co naciendo así la corporación Bridgestone Firestone, empresa líder del mercado del caucho a nivel mundial. Bridgestone Firestone Venezolana (BFVZ) produce y comercializa productos de alta tecnología para el mercado local y de exportación, a través de su sólida red de distribuidores que supera los 350 puntos de ventas, llevando a todos los rincones del país productos y servicios con un nivel de calidad superior.

A partir del año 2016 la empresa Bridgestone Firestone Venezolana fue adquirida por el venezolano grupo Corimon, así cambiando su nombre por Alice Neumáticos de Venezuela C.A., la cual siguió comercializando sus productos bajo la marca Firestone, lo que sin duda garantiza una posición de mercado cautivo para los nuevos propietarios.

1.4 Misión

La misión de la compañía se basa en las palabras de su fundador: “servir a la sociedad con calidad superior”. Para cumplir con ella, el grupo Bridgestone utilizo el concepto de “fundamento” para demostrar el compromiso que tienen permanente sus asociados en ofrecer a los consumidores productos y servicios de alta calidad, además de servir a las comunidades en donde esté presente.

1.5 Visión

- Ser el mejor lugar para laborar, donde todos los asociados puedan realizarse personal y profesionalmente.
- Mantenerse como empresa líder, estable y en crecimiento.
- Ser los mejores en calidad, seguridad, productividad, eficiencia y preservación del medio ambiente.
- Trascender a las generaciones futuras modelando a través de nuestros asociados los valores de Firestone Venezuela a la sociedad.

1.6 Valores

Honestidad, respeto, compromiso, responsabilidad ética, credibilidad y ciudadanía. Todos estos valores forman parte de los valores mejor conocidos como “la esencia Bridgestone”.

1.7 Estructura organizativa

Estructura organizacional de la empresa Alice Neumáticos de Venezuela C.A. (Ver figura 2).

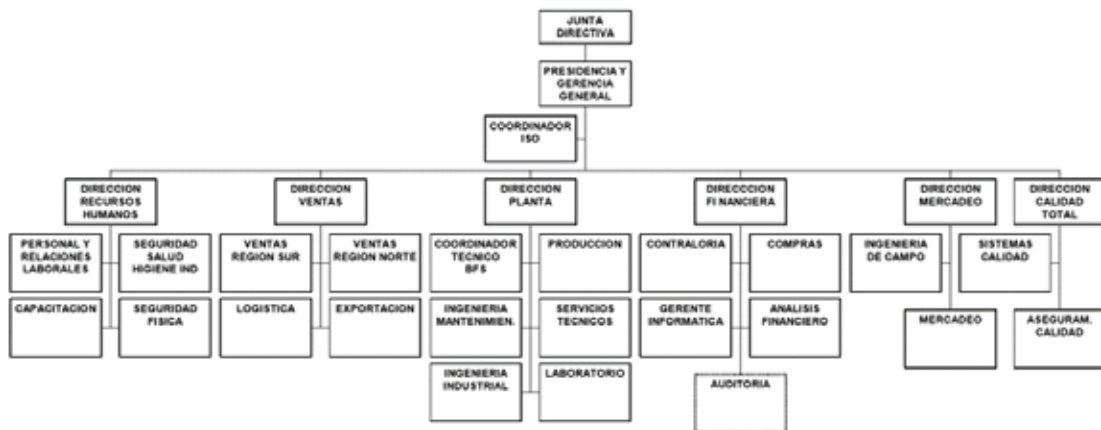


Figura 2. Estructura organizacional de la empresa Alice Neumáticos de Venezuela C.A.

Fuente: Departamento de recursos humanos de la empresa Alice Neumáticos de Venezuela C.A.

1.8 Actividades desarrolladas durante el periodo de pasantía

Durante el periodo de pasantía se realizaron evaluaciones en los túneles “J-1” y “J-2” por parte del departamento de mantenimiento para identificar las tuberías en desuso y averías, para el levantamiento de planos. Dichas evaluaciones de tuberías se realizaron en días específicos debido a las condiciones de riesgo de seguridad del mismo ya que el ambiente de trabajo y ocupacional existente en dicho túnel son las más adecuadas en lo que respecta. Cuantificación de conexiones en las tuberías, tipos de válvulas, aislamientos, tipos de aislamientos a usar en tuberías en los túneles de vulcanizado.

CAPÍTULO II

EL PROBLEMA

Este capítulo está enfocado en explicar detalladamente la situación actual de la distribución de las redes de flujo que abastecen las prensas de vulcanizado dentro de la empresa Alice Neumáticos de Venezuela C.A.

2.1 Planteamiento de problema

En la actualidad, Alice Neumáticos de Venezuela C.A. es una empresa manufacturera de neumáticos. Toda empresa sea pequeña, mediana o una gran industria se preocupa ampliamente por obtener siempre los mejores niveles de producción, rapidez y eficiencia de las maquinarias que poseen en sus naves industriales. Esta maquinaria muchas veces se alimenta por corriente eléctrica, pero hay ciertos procesos de fabricación de productos en los cuales se requiere un suministro de ciertos fluidos y que estos sean de buena calidad, para hacer funcionar ciertas maquinas.

Para la producción de cauchos estos realizan una serie de procesos en los cuales se comprende desde la mezcla del caucho con los aditivos, el proceso de extrusión de la goma, así como también los cortes de la misma en distintas secciones, para después pasar al proceso de vulcanizado donde se requiere atención al momento de realizar el mantenimiento correspondiente, estos mantenimientos son realizados por todas las empresas con la finalidad de

conservar las instalaciones y descargar a la producción de toda preocupación posible en lo referente a paros inoportunos.

Para lograr esto es necesario hacer un trabajo evaluativo teniendo en cuenta las posibles fallas más prontas a presentarse, la duración de los respectivos trabajos correctivos, el costo de los mismos y la oportunidad idónea para su realización. Los encargados del área de mantenimiento de la empresa, saben los riesgos potenciales que existen al no realizar los mantenimientos de los diferentes sistemas, pero también es de su conocimiento que muchos de los problemas actuales van más allá de un mantenimiento, ya que el sistema instalado tiene bastante tiempo de servicio.

Actualmente problemas como el desaprovechamiento de energía, funcionamiento inadecuado de las líneas que inciden en el proceso de vulcanizado como las pérdidas a lo largo del sistema, entre otros, podrían tener su origen por diferentes causas, las cuales pudieran determinarse mediante un estudio profundo del sistema de líneas de vapor de agua, agua caliente, e hidráulico. Dicho estudio podría contribuir con el aumento de la eficiencia de operación y los mayores ahorros posibles de recursos en todo el sistema, lo que se traduce a en mayor rentabilidad del negocio.

En consecuencia se realizara una evaluación y rediseño conceptual en las redes de flujos que abastecen las prensas de vulcanizado en la empresa Alice Neumáticos de Venezuela C.A.

2.2 Formulación del problema

Una vez identificado el problema, se crea la siguiente interrogante:

¿De qué manera se puede mejorar el posicionamiento, diversificación e imperfecciones en las líneas de suministro de vapor, agua caliente, agua hidráulica y retorno de condensado?

2.3 Objetivos de la investigación

2.3.1 Objetivo general

Rediseñar conceptualmente las redes de flujos que abastecen las prensas de vulcanizado en la empresa Alice Neumáticos de Venezuela C.A.

2.3.2 Objetivos específicos

- Planimetría del sistema actual con sus longitudes y dimensión en las tuberías requeridas a la intervención por el mismo.
- Evaluar la condición y posición de las mismas a fin de suministrar la sugerencia necesaria para su mejor operación y seguridad a los operarios y transeúntes del área (Túnel “J”).
- Ofrecer la asesoría necesaria especializada en la conducción de vapor y tubería de recolección y retorno de condensado.
- Realizar la planificación específica para el inicio del reemplazo de las ducterías según sea el caso.

2.4 Justificación del problema

La distribución de tuberías que se presenta en este trabajo es de gran importancia para el departamento de mantenimiento de la empresa Alice Neumáticos de Venezuela C.A. ya que en los túneles denominados como “J-1” y “J-2” hay tuberías que se encuentran en desuso, presentan fugaz, conexiones y aislamientos obsoletos, y una diversificación en los diámetros de las tuberías, todas estas tuberías inciden en el vulcanizado del caucho, por lo tanto, es de suma importancia realizar una evaluación y rediseño conceptual de dichas tuberías para evitar futuras fallas en la producción del caucho, las cuales pueden generar pérdidas importantes para la empresa.

2.5 Alcance

Levantamiento y dibujo de las tuberías del túnel “J-1” y “J-2”. Proporcionar las recomendaciones y sugerencia para la mejor operación,

seguridad de traslado de aguas calientes, seguridad de traslado de vapor de agua y retorno de condensado en la empresa Alice Neumáticos de Venezuela C.A., ubicada en Carretera Nacional Valencia- Los Guayos, Sede Única, P.B., Ofic. Sede Única Zona Industrial Municipal Norte, Valencia, Estado Carabobo.

2.6 Limitaciones

El completo logro y éxito de este proyecto dependerá de una serie de factores los cuales son: tiempo, respetar los rendimientos de las tuberías operativas y una serie de inconvenientes los cuales son ajenos a la empresa.

Se debe realizar la evaluación y rediseño conceptual de las tuberías en un tiempo estipulado por la universidad, la cual, es de aproximadamente 24 semanas que es el tiempo en el que se desarrollan las pasantías, que contemplan 8 horas diarias laborales. Además, se imposibilita cuantificar la cantidad de fugas y micro fugas que puede poseer la instalación actual de tubería, producidas por su tiempo de funcionamiento.

CAPÍTULO III

MARCO REFERENCIAL CONCEPTUAL

3.1 Antecedentes

Morales Antonio (2016), en su trabajo de grado titulado **Rediseño del sistema de distribución, acondicionamiento y generación de aire comprimido del departamento de línea de la empresa C.A. Goodyear de Venezuela**, para optar el título de ingeniero mecánico presentado en la universidad José Antonio Páez. Este informe se enfoca en analizar el funcionamiento de los compresores y demás equipos involucrados en la producción de aire comprimido, así como también la distribución del mismo por parte de la red de tuberías principales y de servicio; para posteriormente, plantear una propuesta de rediseño que permita corregir las fallas presentadas por el sistema. El uso del software Pipe Flow Expert es de gran interés para el trabajo presente ya que se pretende utilizar dicho software para el estudio de los fluidos en el sistema de tuberías.

Daniela Villamizar (2018), egresada de la universidad José Antonio Páez, en su trabajo titulado **Rediseño del proceso de maceración y enfriamiento de soluciones hidroalcohólicas en la empresa Pharsana de Venezuela C.A**, para optar al título de Ing. Mecánica. Este informe está destinado a generar una propuesta de mejora a beneficio de la empresa. El cual tuvo como objetivo general rediseñar el área de maceración de soluciones hidroalcohólicas para ampliar la capacidad productiva del área, aclimatación del área, disminución de pérdidas en el sistema de trasegó del fluido y enfriamiento de la solución

hidroalcohólica. Este antecedente beneficia al presente trabajo ya que sirve como guía en los procesos que se deben seguir para el rediseño de tuberías.

Así mismo, Cuyún N (2011), en su trabajo titulado **Estudio y diseño del mejoramiento de la red de distribución de vapor en el hospital nacional de Pedro Bethancourt, Antigua Guatemala**. Para optar el título de ingeniero mecánico en la Universidad de San Carlos de Guatemala. Se recopila una cantidad de información relevante que permite establecer los aspectos de importancia a la hora de realizar el trabajo de grado en cuestión. Se cita del estudio lo siguiente: “Entre las causas que por lo general, denotan mayor desgaste o falla debido a la falta de mantenimiento son las trampas de vapor, mismas que no recibieron el debido procesos de mantenimiento y asociado a ello, sectores de tubería que no contienen material aislante, provocan en si la perdida de energía que actualmente se tiene”, el autor se enfoca en este fragmento en las causas que intervienen en el proceso de desmejoramiento de la red de vapor del hospital, dichas causas se podrían extrapolar para el estudio que se llevara a cabo y se focalizarían para detectar estos errores en el caso de que estén ocurriendo en la empresa Alice Neumáticos de Venezuela C.A.

Por último, Coliaza S. (2009), egresado de la Universidad Veracruzana, México, realizó una investigación titulada **Evaluación energética a un sistema de trampeo de vapor: alta, media y baja en y una planta de polietileno en alta densidad**. Mediante la lectura de esta tesis se pudo constatar la importancia de mantener las tuberías que transportan el vapor o el condensado aislados, ya que esto representa un ahorro de combustible. Seguidamente el autor recomiendo realizar un procedimiento que permita inspeccionar de manera constante las trampas de vapor y así detallar las fallas que se presenten en estas, y corregirlas a tiempo.

3.2 Bases teóricas

3.2.1 Agua

El agua es el recurso renovable más abundante que existe en la tierra, está formado por dos moléculas de hidrogeno y una de oxigeno (H₂O), es un 82 elemento de vital importancia para los seres vivos en todos sus niveles, ya que interviene como medio y reactivo en una serie de fenómenos físicos y químicos que permiten la transformación y creación de otras sustancias y compuestos importantes para el desarrollo de la humanidad. El agua se puede encontrar en tres estados de la materia; liquido, gaseoso y sólido.

3.2.2 Vapor de agua

El vapor es el estado en el que se encuentra un gas cuando se halla a un nivel inferior al de su punto crítico; éste hace referencia a aquellas condiciones de presión y temperatura por encima de las cuales es imposible obtener un líquido por compresión. Si un gas se encuentra por debajo de ese punto, esto significa que es susceptible de condensación a través de una reducción de su temperatura (manteniendo la presión constante) o por vía de la presurización (con temperatura constante).

3.2.3 Generación de Vapor

Al suministrar energía calórica de manera continua a un fluido como el agua, esta comienza a cambiar sus propiedades como la densidad, produciendo una excitación en las moléculas que provoca que las fuerzas de atracción intermolecular tiendan a cero, lo cual genera que las moléculas se dispersen, es decir, “comiencen a moverse de manera desordenada aumentando así la energía cinética contenida en ellas”.

Dicha energía es contenida por el fluido, que en este caso es el agua; al variar el estado ya sea líquido o gaseoso el calor cambia. Cuando el agua se encuentra en estado líquido a altas temperaturas la energía que este posee se denomina Calor

Sensible y cuando el estado es gaseoso (vapor) la energía se denomina Calor Latente.

- **Calor Sensible:** se podría definir al calor sensible como la cantidad de calor que puede recibir un elemento sin que este cambie su estructura molecular. En un fluido como el agua podemos poseer el calor sensible hasta los 99°C.
- **Calor Latente:** es la cantidad de energía que se invierte para realizar el cambio de fase de un elemento. Esta energía suministrada al elemento es contenida en el mismo hasta que este por medio de la transferencia de calor se desprende de ella y vuelve al estado primario de la materia. En un fluido como el agua podemos poseer el calor latente desde los 100°C que sería su cambio de fase líquida-gaseosa.

3.2.4 Caldera

Una caldera se puede definir como un recipiente cilíndrico en el que se transfiere energía calórica proveniente del proceso de combustión a un líquido, hasta llevarlo a su estado gaseoso.

Tipos de Calderas:

- **Caldera Acuotubular:** son aquellas calderas en las que el fluido de trabajo se desplaza por tubos durante su calentamiento. Son las más utilizadas en las centrales 77 termoeléctricas, ya que permiten altas presiones a su salida y tienen gran capacidad de generación. (ver figura 3).

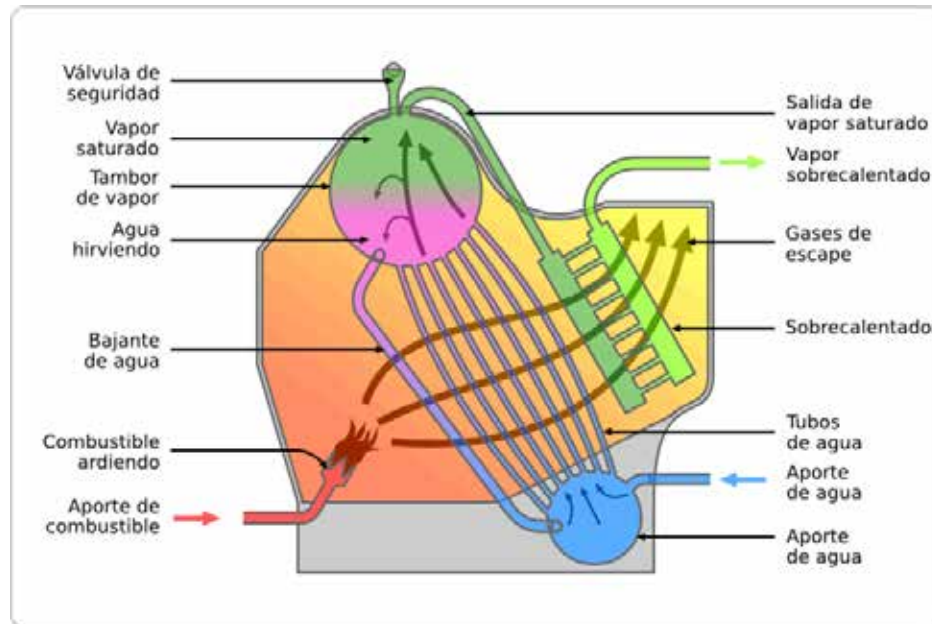


Figura 3. Caldera acuotubular.

Fuente: Internet.

- **Calderas Piro-tubulares:** en este tipo, el fluido en estado líquido se encuentra en un recipiente atravesado por tubos, por los cuales circulan gases a alta temperatura, producto de un proceso de combustión. El agua se evapora al contacto con los tubos calientes producto a la circulación de los gases de escape.

3.2.5 Distribución de vapor

El vapor generado en la caldera debe ser conducido a través de tuberías hasta los puntos donde sea requerido. Inicialmente habrá una o más tuberías principales, que transportan el vapor de la dirección de la planta. Otras tuberías derivadas de la primera transportarán el vapor a los equipos individuales.

Cuando el vapor pasa inicialmente a la planta (puesta en marcha o arranque), las tuberías y el aire alrededor de la misma está a menor temperatura que el vapor de agua, por lo que este transferirá parte de su calor a este sistema, produciendo condensado. Luego, una vez que el sistema ya se encuentre caliente

aun seguirá produciendo condensado, debido al calor transferido al aire que rodea las tuberías, esto se conoce como “carga de régimen”. Es aquí donde radica la importancia de un aislamiento térmico eficiente, que disminuya esta transferencia y la cantidad de condensado. El condensado que resulta, es transportado por el vapor de agua y la gravedad a lo largo de la tubería. La necesidad de purgar o desincorporar este condensado de las tuberías se centra en que acarrea problemas de corrosión y golpe de ariete, además de que disminuyan la capacidad los equipos de intercambio térmico y disminuye el tiempo de vida útil de los sistemas de control. Los puntos de drenaje, separadores de humedad y botas colectoras, mediante las trampas de vapor de agua son los responsables de mantener el sistema libre de condensado.

Toda tubería deberá tener una pendiente mínima de 0.5% en dirección del flujo de vapor de agua y un 1% como mínimo, si el flujo del condensado es en dirección contraria a la del vapor (COVENIN 2217, 3.12.3.4). Deberá instalarse antes de un cambio ascendente en la trayectoria de las tuberías un punto de drenaje con su respectiva bota colectora (COVENIN 2217, 3.12.3.5). Donde se usen sistemas de regulación de presión, se deberá instalar un separador de humedad en lado de alta presión y una válvula de seguridad con capacidad adecuada en el lado de baja presión, y se podrán instalar un by-pass para continuar el servicio durante cualquier reparación de la válvula reguladora (COVENIN 2217, 3.12.3.6), donde el diámetro de la línea de by-pass, deberá tener un máximo del 50% de la sección de la línea de alta presión de vapor de agua (COVENIN 2217, 3.12.3.7).

3.2.6 Manifold

El manifold es una distribución de vapor de agua, es el primer punto dentro de planta donde se realiza la purga de condensado. Este equipo tiene dos funciones importantes: la primera es la de distribuir el vapor de agua a los diferentes puntos en la planta y la segunda separar la humedad o arrastre de humedad de la caldera, u otro fuente, hacia el sistema, de aquí que la adecuada

instalación y selección de la trampa es clave para garantizar un vapor de agua de buena calidad en la diferentes líneas de servicio. La instalación debe contar con una bota colectora de condensado que garantice retener el condensado mientras la trampa realiza su ciclo de accionamiento, evitando el arrastre de humedad al sistema de distribución de vapor de agua, la trampa de condensado debe ser ubicada estratégicamente en el sentido del flujo de vapor de agua. (Ver figura 4).

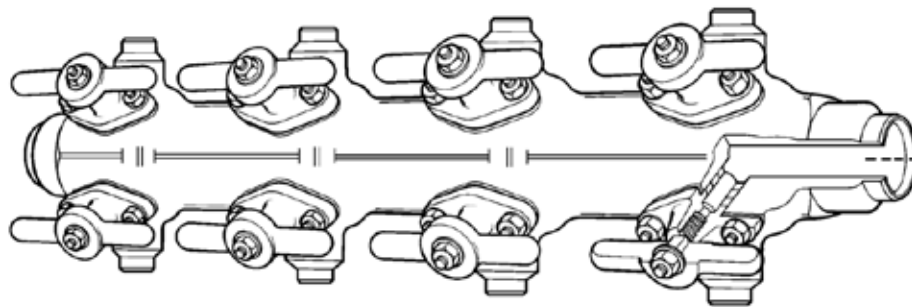


Figura 4. Manifold o colector de vapor.

Fuente: Manual HOOK UP Spirax Sarco

3.2.7 Puntos de drenaje

Para instalar un punto de drenaje en un tramo de tubería deberá utilizarse un separador de humedad o una bota colectora. Deben ser instaladas cada 30 metros lineales de tubería, antes de un cambio brusco en la dirección de la misma, antes de válvulas reductoras de presión o intercambiadores y poseer conexiones para la trampa y para desincorporar la suciedad. Para el drenaje del condensado se deberá proveer de una trampa y filtro convenientemente instalados y de suficiente capacidad (COVENIN 2217, 3.12.3.9). (Ver figura 5)

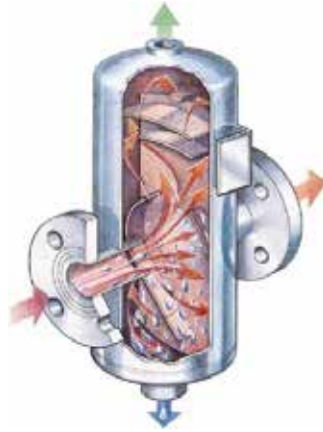


Figura 5. Separador de humedad.

Fuente: Separador de humedad (internet)

3.2.8 Derivaciones

Las tuberías utilizadas para transportar el vapor seco a los equipos, deben tomar de la parte superior de la tubería principal (CONVENIN 2217, 3.12.3.3), ya que si la conexión se hace lateral o por la parte inferior del tubo se estaría transportando vapor húmedo y condensado a los equipos. (Ver figura 6).

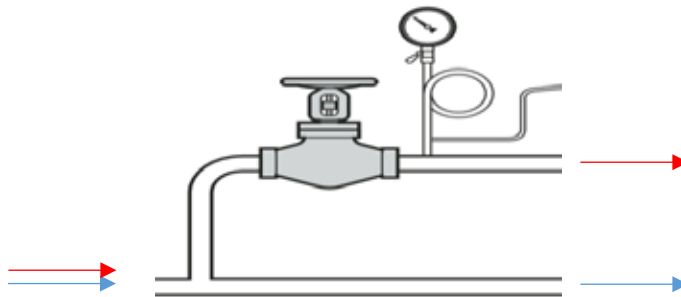


Figura 6. Forma de derivar el agua.

Fuente: Manual HOOK UP Spírax Sarco.

3.2.9 Trampas de vapor

Son válvulas automáticas normalmente cerradas en la presencia de vapor y se abren con la presencia de agua (condensados). Se utilizan para drenar automáticamente el condensado que se origina cuando la temperatura disminuye en las tuberías que transportan vapor. El condensado no es deseado en las tuberías y equipos que utilizan el vapor como medio de transferencia de calor a un proceso. Antes de cada trampa se deberá instalar un filtro en ambos lados de la trampa, válvulas de cierre, cuando diferentes trampas descarguen en la misma línea de condensado (COVENIN 2217, 3.12.3.9).

Una trampa de vapor puede trabajar inadecuadamente por distintos motivos. Dependiendo de cuales sean los síntomas que ésta presente se puede determinar cuál es el origen del problema y proceder a resolverlo. Los diagnósticos más comunes que se pueden encontrar al realizar una inspección en una estación de trampeo son los siguientes:

- **Trampa directa:** Esta falla es cuando la trampa permite el paso continuo de condensado, acompañado de vapor vivo, generando esto una fuga grande de vapor y desperdicio de energía, traducándose en un aumento en el consumo de vapor generado por la caldera.
- **Trampa bloqueada:** Se refiere a la insuficiencia de la trampa para descargar el condensado o este simplemente no permite el paso de condensado, ocasionando que este se acumule. Dicha condición provoca que el área de transferencia de calor de los equipos, la temperatura y la eficiencia del mismo disminuya.
- **Sin vapor:** Al momento de la revisión de la trampa, el equipo o línea de vapor no se encuentra en uso por razones de proceso o lineamientos de producción. Es común encontrar trampas sin vapor en procesos por lotes o “batch”, ya que su puesta en funcionamiento depende de los programas de producción de cada planta.

- **Normal:** Es cuando la trampa opera en condiciones normales de presión y temperatura, descargando el condensado de manera eficiente.

Existen varios tipos de trampas de vapor, no todas ellas son capaces de cumplir correctamente las funciones antes mencionadas. Dichas trampas se pueden clasificar en tres principales categorías:

- **Mecánicas:** Las trampas mecánicas trabajan con el principio de diferencia entre la densidad del vapor y la del condensado. Por ejemplo, un flotador que hace a medida que el nivel del condensado se incrementa, abriendo una válvula, pero que en presencia del vapor la mantiene cerrada. Las trampas mecánicas no pueden permitir venteo de aire de gases no condensables, sin embargo puede incorporarse un elemento térmico en algunas versiones. Estos elementos son versiones miniaturas de las trampas termostáticas. (Ver figura 7)

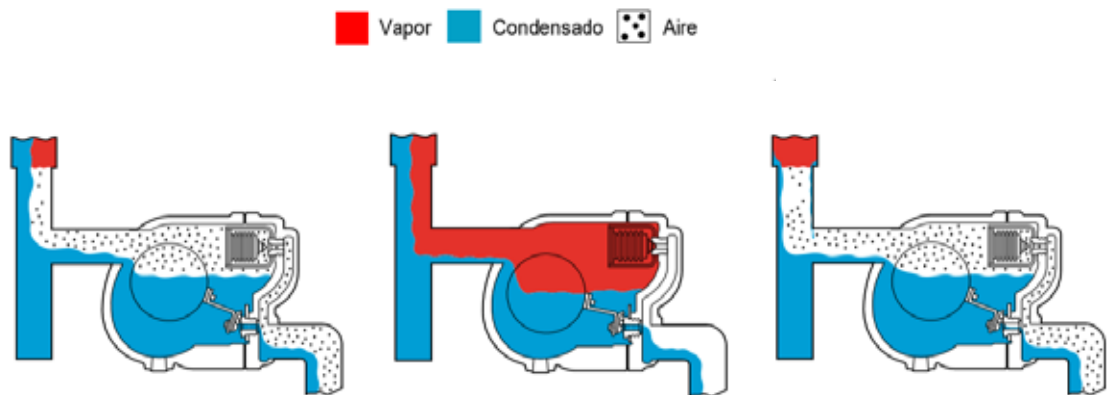


Figura 7. Funcionamiento de la trampa de vapor F&T.

Fuente: Manual N-101S Armstrong Guía para la conservación de vapor en el drenado de condensados.

- **Termostáticas:** Estas trampas operan por la percepción de la temperatura de condensado. Cuando la temperatura cae a un específico

valor por debajo de la temperatura del vapor, la trampa termostática abrirá para liberar el condensado. (Ver figura 8).

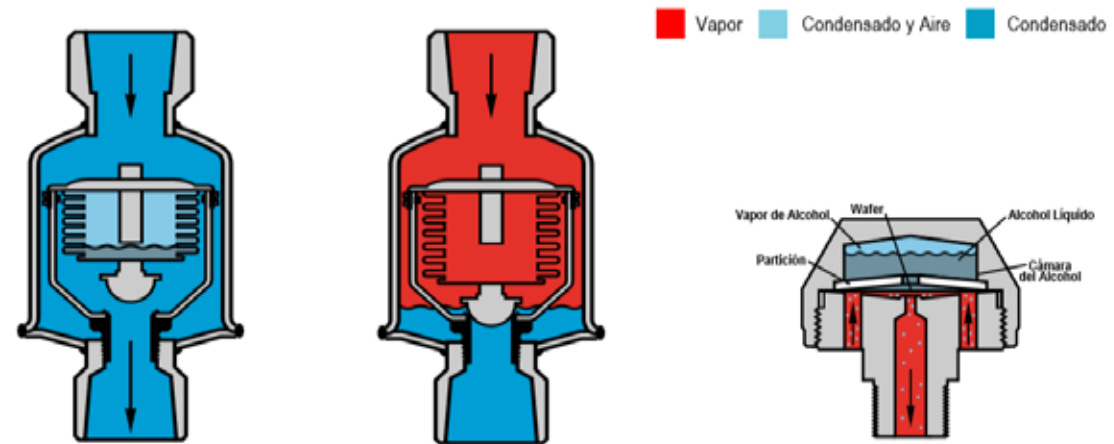


Figura 8. Funcionamiento de la trampa termostática.

Fuente: Manual N-101S Armstrong Guía para la conservación de vapor en el drenado de condensados.

- **Termodinámica:** Estas trampas operan con la diferencia entre el flujo del vapor sobre una superficie, comparada con el flujo del condensado sobre la misma superficie. El vapor o el gas fluyendo sobre la superficie crean un área de baja presión. Este fenómeno es empleado para mover la válvula hacia el asiento y así cerrar su paso. (Ver figura 9).



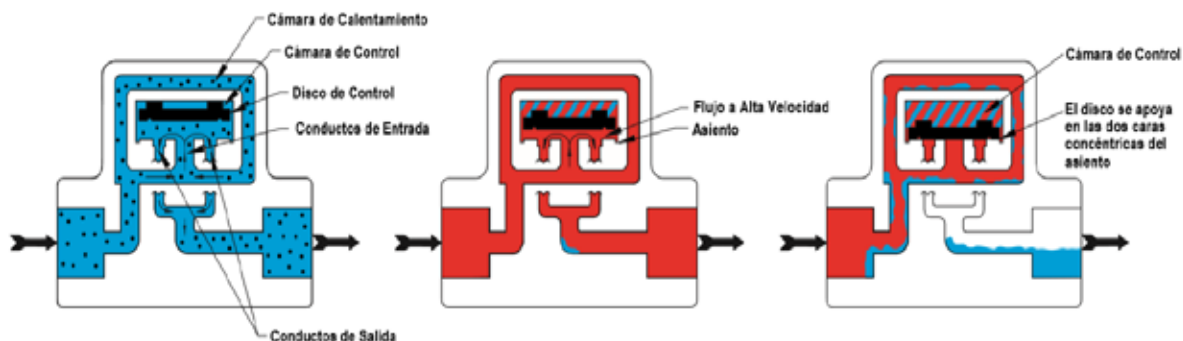


Figura 9. Funcionamiento de las trampas de disco controlado.

Fuente: Manual N-101S Armstrong Guía para la conservación de vapor en el drenado de condensados.

3.2.10 Estaciones de reducción de presión

El vapor es usualmente distribuido a la mayor presión generada por la caldera para minimizar el tamaño de la tubería y para proveer diferenciales de presión suficientes para permitir el flujo en contra de las pérdidas por fricción del sistema de tubería. La reducción de la presión distribuida es necesaria porque los equipos de vapor operan a diferentes temperaturas, que requieren vapor a diferente presión; o porque los equipos que utilizan vapor no pueden, por su forma o algún otro factor, ser diseñados económicamente para estar a la par con la presión total de la caldera. La estación de reducción de presión baja a presión del vapor del sistema de distribución al suministro de los equipos.

3.2.11 Remoción de condensado

Cuando el vapor ya entregó su calor latente, se condensa en agua. Esta agua debe ser rápida y efectivamente removida para permitir que más vapor se condense para suministrar energía calorífica posterior. Si el condensado no se remueve, la transferencia de calor será reducida. La manera más simple de permitir al condensado drenarse es usando la gravedad y la presión de vapor del

equipo para empujar el condensado a través de un dispositivo llamado trampa de vapor.

3.2.12 Golpes de ariete

La velocidad del vapor es típicamente entre 20 y 30 metros por segundo. Si una masa de agua se forma, esta puede ser acelerada hasta una velocidad mientras se mueve por la tubería con el vapor. Si repentinamente cambia de dirección, la energía cinética en el agua puede ser liberada, causando daños mecánicos y un sonido ruidoso de golpeteos como si la tubería estuviera siendo golpeada con un martillo. Esto es conocido como golpe de ariete. Codos, conexiones, “T”, tubos de intercambiadores de calor y las válvulas suelen ser las más afectadas, porque cambian la dirección del fluido.

3.2.13 Vapor flash

Cuando se tiene condensado caliente o agua en la caldera que está a presión a una presión dada y se descarga a una presión menor, una parte del líquido se evapora nuevamente, formando lo que se llama vapor flash. El contenido de calor del vapor flash es idéntico al del vapor vivo, a la misma presión. Muchas veces este calor del vapor flash es desperdiciado, si se diseña e instala un sistema adecuado de recuperación del vapor flash, el calor latente contenido en ese vapor puede recuperarse y ser utilizado en sistemas de calefacción, o de calentamiento y precalentamiento de agua de alimentación de calderas, aceite y otros líquidos, o de calentamiento en procesos de baja presión.

Al descargar el condensado de una nave de presión P1 a otro menor P2, en el tanque de descarga a P2 se produce una re-evaporación del condensado espontáneamente, a esto se le denomina vapor flash.

3.2.14 Retorno de condensado

Se conoce que aproximadamente el 70% del vapor puede ser recuperado como condensado. El condensado puede retener hasta el 20% de la energía necesaria para generar el vapor en la caldera, por lo que maximizando la cantidad de condensado que retorna a sala de calderas se obtiene ahorros importantes

tanto en combustible como en químicos de pre-tratamiento para el agua de calderas.

Si el agua de alimentación a la caldera se encuentra a 122 °F (100°C), cada 1000 lbm/h de condensado que retorna contienen a menos 90.000 BTU/h [(212-

3.2.16 Aislamiento térmico

Cuando el material de aislamiento es más grueso, se pierde menos energía porque se conduce menos calor a la superficie.

3.2.16.1 Cálculo de resistencia térmica.

La resistencia térmica de la superficie contra la convección de calor o, simplemente, la resistencia a la convección de la superficie se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$\text{---} \quad \text{(Ec.2)}$$

Dónde:

: Resistencia térmica. [W/K]

: Coeficiente de transferencia de calor. [W/m².K]

: Área. [m²]

Y también la resistencia puede estar involucrada en la siguiente ecuación:

$$\text{---} \quad \text{(Ec.3)}$$

Dónde:

: Flujo de calor. [W]

: Temperatura interna. [K]

: Temperatura externa. [K]

Estas dos ecuaciones donde se involucra la resistencia térmica serán fundamentales para el cálculo del espesor del aislante térmico.

3.2.17 Caída de presión y pérdida de carga.

3.2.17.1 Número de Reynolds.

El número de Reynolds se puede considerar como la razón de fuerzas inerciales a fuerzas viscosas que actúan sobre un elemento de fluido y puede ser representado de la siguiente manera:

_____ (Ec. 3)

Dónde:

- : Número de Reynolds.
- : Densidad. [Kg/m³]
- : Velocidad de flujo promedio. [m/s]
- : Diámetro. [m]
- : Viscosidad dinámica del fluido. [Kg/m.s]

3.2.17.2 Factor de fricción de Darcy-Weisbach.

Es un parámetro adimensional que se utiliza en dinámica de fluidos para calcular la pérdida de carga en una tubería debido a la fricción.

— (Ec.4)

3.2.17.3 Pérdida de carga.

La pérdida de carga representa la altura adicional que el fluido necesita para elevarse por medio de una bomba con la finalidad de superar las pérdidas por fricción en la tubería. La pérdida de carga se produce por la viscosidad y se relaciona directamente con el esfuerzo de corte de la pared del tubo.

— — (Ec.5)

Dónde:

- : Pérdida de carga. [m.c.a]
- : Longitud de la tubería. [m]
- : Diámetro de la tubería. [m]

: Gravedad. [m/s²]
: Velocidad del flujo promedio. [m/s]
f: factor de Darcy-Weisbach.

3.2.17.4 Pérdidas menores

El fluido en un sistema de tubería típico pasa a través de varias uniones, válvulas, flexiones, codos, ramificaciones en forma de letra T (conexiones en T), entradas, salidas, ensanchamientos y contracciones además de los tubos. Dichos componentes (accesorios) interrumpen el suave flujo del fluido y provocan pérdidas adicionales debido al fenómeno de separación y mezcla del flujo que producen. En un sistema típico, con tubos largos, estas pérdidas son menores en comparación con la pérdida de carga por fricción en los tubos (las pérdidas mayores) y se llaman pérdidas menores.

$$\text{—————} \quad \text{(Ec.6)}$$

Dónde:

: Coeficiente de pérdida.

3.3 Definición de términos básicos

Vapor flash: Es el nombre dado al vapor que se forma a partir del condensado caliente cuando existe una reducción en la presión.

Accesorios: Es todo aquel elemento que forma parte de un sistema o de una máquina, una vez definida esta como producto o subproducto básico.

Trampa de vapor: Una trampa para vapor es un dispositivo que permite eliminar: condensado, aire y otros gases no condensables, además de prevenir pérdidas de vapor.

Calor específico: Energía que se manifiesta por un aumento de temperatura y procede de la transformación de otras energías; es originada por los movimientos vibratorios de los átomos y las moléculas que forman los cuerpos.

Poder calorífico: El poder calorífico es la cantidad de energía por unidad de masa o unidad de volumen de materia que se puede desprender al producirse una reacción química de oxidación.

CAPÍTULO IV

FASES METODOLÓGICAS

4.1 Descripción de las fases de la investigación

FASE I: Diagnóstico de la situación actual de la red de flujo que abastecen las prensas de vulcanizado en la empresa Alice Neumáticos de Venezuela C.A.

- Se describirá e identificará los elementos que componen las redes de distribución de fluidos.
- Se realizarán recorridos por el túnel de vulcanizado, donde se localizaran la ubicación exacta de cada línea.
- Se realizará la verificación del estado de los componentes del sistema de distribución, mediante la observación.
- Seguidamente se obtendrá las condiciones de operación del sistema de distribución y sus elementos constitutivos.

FASE II: Evaluación de la disposición física de la red de flujo.

En esta segunda etapa se basara en la planimetría de la red de flujo actual en los túneles “J-1” y “J-2”, según la recopilación de datos obtenida en los recorridos de la primera etapa. Con dichos planos se podrán realizar simulaciones mediante el software PipeFlow Expert 6.38 en todas las redes de flujo que abastezcan las prensas de vulcanizado.

FASE III: Planteamiento de una propuesta para una nueva red de flujo.

En este punto, se procede a la verificación de los diámetros de las tuberías de los fluidos instalados en la planta. Se comparan las tuberías instaladas con respecto a las calculadas, para determinar si hay presencia de sobredimensionamiento o un sub-dimensionamiento. El procedimiento que se explicará será realizado para cada tramo de tubería verificado, a través del software PipeFlow Expert versión 6.38 Expert, el cual le permitirá diseñar y calcular un complejo sistema de tuberías, analizar las características del sistema durante el flujo, calcular un flujo balanceado en estado estable y condiciones de presión del sistema. Esto permitirá realizar el análisis del diseño de sistema de tubería bajo diferentes modos operacionales, de esta manera podremos identificar las deficiencias de la distribución del sistema actual y a su vez plantear un rediseño conceptual más confiable de la red de flujo.

CAPITULO V

RESULTADOS

5.1 Diagnóstico de la situación actual de la red de flujo que abastecen las prensas de vulcanizado en la empresa Alice Neumáticos de Venezuela C.A.

Para este informe se procedió al levantamiento de planos de las tuberías solicitadas a evaluación por la empresa, dichas tuberías están ubicadas en el túnel “J”. El mismo está ubicado a un nivel de 3.6 metros bajo el nivel 0 donde se encuentran las prensas de vulcanizado. Dicho túnel posee un ancho de 2.20 metros y una altura de 2.10 metros, el espacio de transito es de 1.10 metros debido a la disposición de los soportes tipo “litera” con viga cuadrada 5”x 5”. (Ver figura 10).



Figura 10. Pipe rack tipo litera.

Fuente: Vogado, 2019.

A pesar de que se está ejecutando una evaluación de tuberías no podemos dejar pasar por alto las condiciones de riesgo de seguridad del mismo ya que el ambiente de trabajo y ocupacional existente en dicho túnel no son las más adecuadas en lo que respecta. Por lo tanto, se realizó una tabla para las siguientes condiciones del túnel.

Tabla 1. Condiciones de los túneles "J".

Parámetro	Condición
Iluminación.	Totalmente defectuosa.
Estrés térmico.	Alto.
Ruido.	Aceptable.
Desagües.	Presencia de agua en el piso.
Identificación de tuberías.	Poca visualidad de identificación en las tuberías.
Identificación de túneles.	Sin identificación en la entrada de los túneles.
Ventilación.	Forzada.
Normas de seguridad.	Poco visibles.

Fuente: Vogado, 2019.

5.1.1 Prensas de vulcanizado

En la figura 11, se puede observar una prensa Bridgestone. Estas prensas son utilizadas para la acción de vulcanizar el caucho a través de un blader y unas placas exteriores. Estas prensas tienen una capacidad de:

- Vapor de agua a 240 °C y 185 PSI.
- Suministro de aguas calientes a 150 °C y 300 PSI.
- Movimiento hidráulico a 55 °C y 250 PSI.



Figura 11. Prensa de vulcanizado.

Fuente: Alice Neumáticos de Venezuela C.A., 2019.

5.1.2 Contact Heater

El contact heater se utiliza para transferir energía de una corriente que contiene vapor vivo a una corriente líquida o de suspensión. El usuario puede especificar la temperatura final o el aumento de temperatura requerido en la unidad. Si hay suficiente vapor disponible, se condensará para proporcionar la temperatura final requerida y cualquier exceso de vapor se enviará a la ventilación de vapor. El exceso de vapor se ventilará a la presión de saturación

de la solución. Así de esa manera podemos tener el suministro para aguas calientes y al mismo tiempo vapor para el calentamiento de las placas en las prensas al momento de realizar el vulcanizado. Esta máquina tiene una presión de vapor de 185 PSI, temperatura de 240 °C y caudal de 0,19687 m³/s. (Ver figura 12).



Figura 12. Contact heater.

Fuente: Alice Neumáticos de Venezuela C.A., 2019.

5.1.3 Suministro de aguas calientes.

Esta línea de agua caliente proviene de una caldera llamada contact heater el cual eleva la temperatura del agua a unos 150°C aproximadamente para ser succionado por 2 bombas (en operación normal) ubicadas a 3.6 metros bajo suelo donde se encuentra el cuarto de bombas. Estas bombas de aguas calientes están

clasificadas como bomba N° 1, N° 2, N° 3 y N° 4. Todas ellas con la misma capacidad trabajando a 300 PSI. (Ver figura 13).

Características de la bomba de agua caliente:

- Marca: Spacemaker Motor.
- Modelo 384366050010M70
- 3560 RPM.
- Potencia: 125 hp.
- Presión: 300 PSI.
- Caudal: 0,181 m³/s



Figura 13. Bomba Spacemaker Motor para aguas calientes.

Fuente: Alice Neumáticos de Venezuela C.A., 2019

5.1.4 Suministro de fluido hidráulico.

Este fluido hidráulico proviene del tanque subterráneo llamado “tanque hidráulico” el cual contiene agua a una temperatura de 55°C aproximadamente, este fluido es succionado por 2 bombas (en operación normal). Estas bombas

están clasificadas como bomba N° 1, N° 2, N° 3 y N° 4. Todas ellas con la misma capacidad trabajando a 250 PSI. (Ver figura 14).

Características de las bombas para el fluido hidráulico:

- Marca: RELIANCE ELECTRIC
- Modelo: P36G0068D
- Potencia: 100 hp.
- Revolución: 3555 RPM.
- Presión: 250 PSI.
- Caudal: 0,1480 m³/s



Figura 14. Bomba para el suministro de fluido hidráulico.

Fuente: Alice Neumáticos de Venezuela C.A., 2019.

5.1.5 Condiciones actuales del túnel J.

Tabla 2. Cantidad y dimensiones de las tuberías en los túneles “J”.

Descripción	Código	Túnel J-1		Túnel J-2	
		Longitud (metros)	Diámetro (pulgadas)	Longitud (metros)	Diámetro (pulgadas)
Retorno de condensado	LI-T1	40.30	12	20.5	12
Vapor de agua	LI-T2	40.30	3	20.5	3
Vapor de agua	LI-T3	40.30	2	20.5	2
Vapor de agua	LI-T4	40.30	4	20.5	4
Agua caliente	LI-T5	40.30	6	20.5	6
Agua hidráulica	LD-T1	40.30	6	20.07	6
Retorno de agua	LD-T2	40.30	4	20.07	4
Vapor de agua	LD-T3	40.30	4	20.07	4

Fuente: Vogado, 2019.

5.1.5.1 Condiciones de las tuberías en el Túnel J-1 (LI).

LI-T1. Retorno de condensado, tubería de 12” de diámetro.

La tubería de recolección y retorno de condensado es la de mayor diámetro, y es la más cercana a la superficie por su factibilidad para descarga

inmediata de cada una de las trampas de condensado de los equipos de operación. La tubería posee 98 tubos de descarga de condensado de las cuales 12 están fuera de servicio o taponados, la tubería en su parte inferior presenta puntos de humedad (centro y final del mismo túnel) esto podría indicar posibilidad de fuga del condensado por otro lado a pesar de estar recubierta, esta genera mucho calor lo cual es un indicativo absoluto de mal funcionamiento del aislamiento térmico.

LI-T2. Vapor de agua, tubería de 3” de diámetro.

El suministro de vapor en la tubería LI-T2 de 3” de diámetro, presenta fugas de vapor en 4 puntos identificados en el túnel “J-1”, esto indica la necesidad de reemplazo inmediato a parte de los puntos de “parches” aplicados con soldadura que de igual forma evidencia la fatiga de la actual tubería de suministro de vapor la cual contiene 185 PSI provenientes del cabezal principal, además de la pérdida de calor (energía) por falta de aislamiento térmico adecuado. Dicha tubería presenta continuidad de juntas de extremos con soldadura sin ningún tipo de acople para facilitar su desmontaje para mantenimiento o reemplazo, esto dificulta las actividades de mantenimiento y procura un severo atraso en la operación de proceso productivo, además de los problemas de acarreo, soldadura, corte y esmerilado en espacio confinado (no adecuado por falta de aire, luz y exceso de calor de exposición).

LI-T3. Vapor de agua, tubería de 2” de diámetro.

Esta tubería esta fuera de servicio. Es una tubería totalmente lineal, carece de soporte y está recubierta por cinta de amianto en casi toda su totalidad, no posee ningún tipo de ramificación, y aparenta estar en buenas condiciones.

LI-T4. Vapor de agua, tubería de 4” de diámetro.

Aceptable, a pesar de que siempre se hace necesario (anualmente) ejecutar un estudio por ultrasonido en varios puntos de la tubería, especialmente si trabajan por encima de los 150 PSI. Esta tubería esta fuera de servicio, esto procura cúmulos de óxido por gases condensables que se quedan atrapados en

estos puntos altos y ocasionan frecuentemente oxidación en los cierres de soldaduras con posterior fuga, pérdida de presión y energía calórica.

LI-T5. Agua caliente, tubería de 6” de diámetro.

Esta tubería presenta condiciones satisfactorias en apoyo y revisión. Solo se sugiere cambio de aislamiento térmico.

5.1.5.2 Condiciones de las tuberías en el Túnel J-1 (LD).

LD-T1 Agua hidráulica, tubería 6” de diámetro.

Aceptable, no presenta problemas de fuga y emisión de calor, buen apoyo en los soportes tipo “litera”. No requiere de intervención mecánica.

LD-T2 Retorno de agua, tubería de 4” de diámetro.

Esta tubería no presenta problemas de fuga ni de flujo. Condiciones aceptables.

LD-T3 Vapor de agua, tubería de 4” de diámetro.

Al igual que las tuberías de vapor que la anteceden posee un gran cantidad de parches de reparación por fuga, lo cual indica que también contiene oleadas de condensado consecutivo que procuran fugas por “golpes de ariete” e inclusive “choques térmicos”. Esta tubería se encuentra fuera de servicio.

5.1.5.3 Condiciones de las tuberías en el Túnel J-2.

El túnel J-2 es el otro extremo del mismo túnel “J”, posee una longitud de 20,5 metros y contiene las mismas tuberías prolongadas que el túnel J-1. Las diferencias entre ambos túneles son detalles en las conexiones y cantidades de ramificación para las tuberías. (Ver APENDICE IV y V). Las condiciones en las que se encuentran las tuberías en el túnel J-2 son más precarias debido a múltiples fugas en las tuberías de vapor de agua. (Ver figura 15)



Figura 15. Tuberías del túnel J-2.

Fuente: Alice Neumáticos de Venezuela C.A., 2019.

Tabla 3. Condiciones de tuberías en el túnel J-2.

Descripción	Código	Condición
Retorno de condensado	LI-T1	Mismas condiciones que tubería del túnel J-1.
Vapor de agua	LI-T2	Múltiples fugas.
Vapor de agua	LI-T3	Fuera de servicio.
Vapor de agua	LI-T4	Fuera de servicio.
Agua caliente	LI-T5	Aislamiento deteriorado.
Agua hidráulica	LD-T1	Buenas condiciones.
Retorno de agua	LD-T2	Buenas condiciones.
Vapor de agua	LD-T3	Fuera de servicio.

Fuente: Vogado, 2019.

5.2 Evaluación de la disposición física de la red de flujo. Túnel J-1 y J-2.

5.2.1 Cálculo de carga de retorno de condensado.

El área dependerá de las dimensiones del caucho en la línea prensas “J” y el factor de seguridad recomendado para este tipo de aplicaciones es de 3. Por lo tanto, se realizará un ejemplo de cálculo para el caucho 265/75/ R15.

Sabiendo que las medidas del caucho son 265 de ancho, la altura del neumático que sería 75% del ancho y el diámetro interno de 15”. (Ver figura)



Figura 16. Dimensiones de un caucho.

Fuente: Internet, 2019.

Una vez especificado estos parámetros se completará la siguiente tabla con las cargas de condensado según las dimensiones que estén operando en la línea “J”.

Tabla 4. Carga de condensado para distintas dimensiones de caucho.

Descripción del caucho.	Carga de condensado. [Kg/h]
265/75/ R15	68,05
235/75/ R15	56.86
265/75/ R16	70.27
215/55/ R16	45.59
205/65/ R16	45,50

Fuente: Vogado, 2019.

5.2.2 Calculo de coeficiente de fricción por accesorios.

En el APENDICE I, II y III, podemos ver los planos de los túneles J1, J2 y una vista lateral del lado izquierdo y derecho de cada uno de los túneles, dándonos una información clara de la cantidad de conexiones que tienen cada uno de los suministros con sus respectivos diámetros identificados por color.

Esta información es de suma importancia para el planteamiento de una nueva propuesta de red de flujo ya que se necesita estudiar las condiciones actuales de dicha red, para ello, se realizó el cálculo de los coeficientes de resistencia por fricción “K” para todos los accesorios presentes en cada suministro (aguas calientes, aguas hidráulicas y vapor de agua) de tubería dándose de esta manera unas pérdidas de energía por tramo reales.

5.2.2.1 Válvula de compuerta.

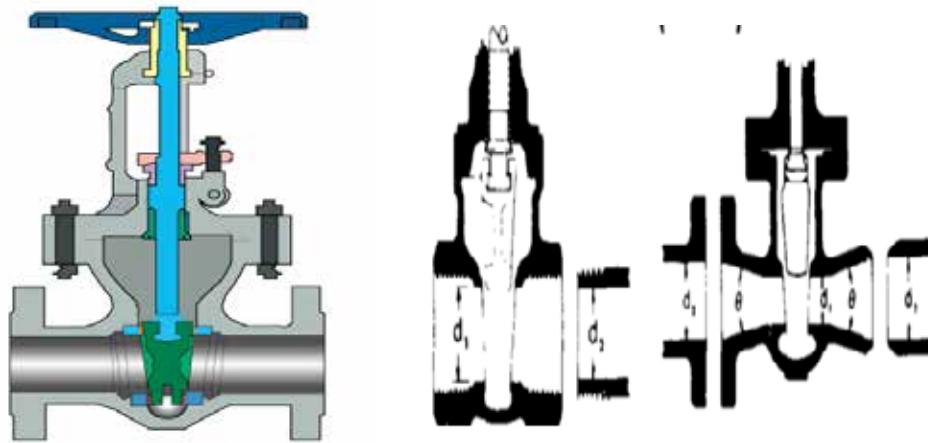


Figura 17. Válvula de compuerta.

Fuente: Internet.

en

Donde :

Tabla 5. Factores de fricción para tuberías comerciales, nuevas, de acero, con flujo en la zona de total turbulencia

Diámetro mm	15	20	25	32	40	50	65, 80	100	125	150	200,250	300,400	450-600
Nominal pulg	½	¾	1	1¼	1½	2	2½, 3	4	5	6	8: 10	12-16	18-24
Factor de fricción (f_f)	.027	.025	.023	.022	.021	.019	.018	.017	.016	.015	.014	.013	.012

Fuente: Apéndice A - Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías, Crane.

$$\cdot = 0.015$$

5.2.2.2 Conexiones estándar en “T”.

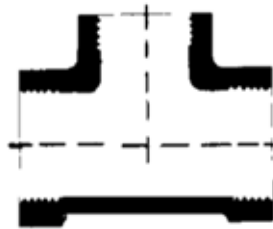


Figura 18. Conexión estándar T.

Fuente: Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías, Crane.

La sección de la tubería es la misma para todo el tramo, por lo tanto:

$$\cdot = 0.016$$

5.2.2.3 Codo estándar 90°.



Figura 19. Codo estándar 90°.

Fuente: Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías, Crane.

5.2.2.4 Válvula de retención de obturador ascendente (antirretorno).

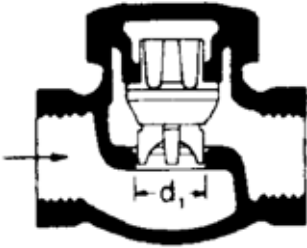


Figura 20. Válvula antirretorno.

Fuente: Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías, Crane.

5.2.2.5 Filtro



Figura 21. Filtro.

Fuente: Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías, Crane.

Una vez obtenido estos valores se determinó los coeficientes de fricción para cada uno de los tamaños de tuberías en la siguiente tabla:

Tabla 6. Coeficiente de fricción en los accesorios de la tubería principal.

Tamaño	Válvula de compuerta	Codo 90	Tee	Válvula antirretorno	Filtro
1/2"	0.216	0.81	1.62	16.2	11.34
3/4"	0.2	0.75	1.5	15	10.5
1"	0.184	0.69	1.38	13.8	9.66
1 1/4"	0.176	0.66	1.32	13.2	9.24
1 1/2"	0.168	0.63	1.26	12.6	8.82
2"	0.152	0.57	1.14	11.4	7.98
3"	0.144	0.54	1.08	10.8	7.56
4"	0.136	0.51	1.02	10.2	7.14
5"	0.128	0.48	0.96	9.6	6.72
6"	0.12	0.45	0.9	9	6.3
8"	0.112	0.42	0.84	8.4	5.88
10"	0.112	0.42	0.84	8.4	5.88
12"	0.104	0.39	0.78	7.8	5.46

Fuente: Vogado, 2019.

5.2.2.6 Coeficiente de resistencia para conexiones en todos los tramos.

Para el desarrollo solo se tomarán en cuenta un solo tipo de válvula para diferentes tamaños de conexión. (Ver figura 17).



Figura 22. Conexiones frecuentes en líneas de los túneles J.

Fuente: Alice Neumáticos de Venezuela C.A., 2019.

Para el cálculo del codo 90° se repetirá el mismo procedimiento en la sección anterior, dando relevancia a esta sección el cálculo de la válvula de macho y codo de 45° .

5.2.2.6.1 Válvula de macho.

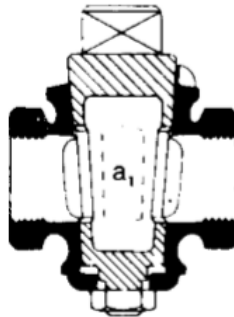


Figura 23. Válvula de macho.

Fuente: Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías, Crane.

5.2.2.6.2 Codo 45°.



Figura 24. Codo 45°.

Fuente: Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías, Crane.

De esta manera se procederá a completar la siguiente tabla con los distintos tamaños de tubería.

Tabla 7. Coeficiente de resistencia de accesorios en los diferentes tamaños de tubería.

Tamaño de tubería	Codo 90°	Válvulas de macho (Paso directo)	Codo 45°
½"	0,81	0,486	0,432
¾"	0,75	0,45	0,4
1"	0,69	0,414	0,368
1 ¼"	0,66	0,396	0,352
1 ½"	0,63	0,378	0,336
2"	0,57	0,342	0,304
3"	0,54	0,324	0,288

Fuente: Vogado, 2019.

5.2.3 Disponibilidad actual en los suministros de flujo (aguas calientes, aguas hidráulicas y vapor de agua).

Las disponibilidades actuales de todos los suministros fueron calculadas mediante el software PipeFlow Expert 6.38. Estos resultados están reflejados en el APENDICE VI, VII, VIII, IX, X y XI.

5.3 Planteamiento de propuesta para una nueva red de flujo.

5.3.1 Nuevo suministro de caudal para vapor de agua, aguas calientes y aguas hidráulicas.

Al conocer las velocidades recomendadas para agua en estado líquido por el instituto de hidráulica y velocidades de vapor de agua por la empresa Spirax Sarco (líder en manejo de vapor de agua) podemos definir los caudales, ya que se conoce los diámetros internos de las conexiones en todos los tramos de suministro a las prensas (ver ANEXO 1). En el APENDICE II, III, IV y V, podemos ver los diámetros y la cantidad de conexiones en cada túnel y en el APENDICE VII, IX y XI vemos la distribución de túneles, de esta manera se sabrá la cantidad de caudal que manejará cada bomba. Los datos fueron calculados mediante Excel.

Tabla 8. Suministro de agua caliente para el rediseño en cada túnel.

TUNEL J- AC					
Tamaño	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Caudal (m ³ /s)	Caudal total J1	Caudal total J2
1/2"	0,00024334	1	0,00024334	0,00048668	0,00389344
3/4"	0,00055864	1	0,00055864	0,00055864	0,00055864
1"	0,00065388	1	0,00065388	0,00261552	0,02353968
1 1/4"	0,0010935	1	0,0010935	0,0032805	0,0426465

1 1/2"	0,0014644	1	0,0014644	0,0014644	0,0014644
			TOTAL:	0,00840574	0,07210266

Fuente: Vogado, 2019.

Tabla 9. Nuevo caudal por bomba en m³/s.

TUNEL PRINCIPAL- AC			
Túnel F	Túnel H- Túnel J- Túnel L	Total:	Caudal por válvula de control
0,07210266	0,16942254	0,2415252	0,1207626

Fuente: Vogado, 2019.

Tabla 10. Suministro de agua hidráulica para el rediseño en cada túnel.

TUNEL J- AH					
Tamaño	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Caudal (m ³ /s)	Caudal total J1	Caudal total J2
1/2"	0,00024334	1,5	0,00036501	0	0
3/4"	0,00055864	1,5	0,00083796	0,00586572	0
1"	0,00065388	1,5	0,00098082	0,02550132	0,0049041
1 1/4"	0,0010935	1,5	0,00164025	0,00164025	0,006561
1 1/2"	0,0014644	1,5	0,0021966	0,0065898	0,0087864
2"	0,0023575	1,5	0,00353625	0,0070725	0,0070725
TOTAL:				0,04666959	0,027324

Fuente: Vogado, 2019.

Tabla 11. Nuevo caudal por bomba en m³/s.

TUNEL PRINCIPAL- AH			
Túnel F	Túnel H- Túnel J- Túnel L	Total:	Caudal por válvula de control
0,027324	0,19465677	0,22198077	0,110990385

Fuente: Vogado, 2019.

Tabla 12. Tabla 9. Suministro de agua hidráulica para el rediseño en cada túnel.

TUNEL J- VA					
Tamaño	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Caudal (m ³ /s)	Caudal total J1	Caudal total J2
1/2"	0,00024334	10	0,0024334	0,0097336	0
3/4"	0,00055864	10	0,0055864	0,0391048	0
1"	0,00065388	10	0,0065388	0,0261552	0,0196164
1 1/4"	0,0010935	10	0,010935	0,185895	0
1 1/2"	0,0014644	10	0,014644	0,190372	0,043932
2"	0,0023575	10	0,023575	0	0,14145
TOTAL:				0,4512606	0,2049984

Fuente: Vogado, 2019.

Tabla 13. Nuevo caudal por válvula de control en m³/s.

TUNEL PRINCIPAL- VA			
Túnel F	Túnel H- Túnel J- Túnel L	Total:	Caudal por válvula de control
0,2049984	1,7637786	1,968777	0,3281295

Fuente: Vogado, 2019.

En el caso del vapor de agua no se hicieron cambios en el caudal.

5.3.2 Arreglo apropiado para la nueva instalación.

La instalación de un separador de humedad, unido a un sistema de trampeo, garantiza la protección de los equipos y disminuimos las pérdidas económicas por baja eficiencia en el sistema de vapor de agua de la empresa Alice Neumáticos de Venezuela C.A. (Ver figura 26).

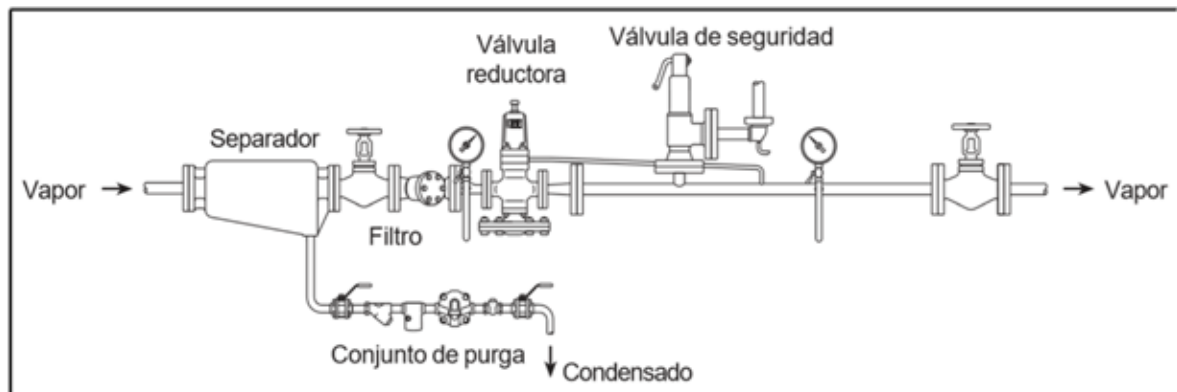


Figura 25. Estación de válvula reductora de presión y separador de humedad.

Fuente: Spirax Sarco, 2019.

Además, aun cuando la carga de condensado en cada plataforma es baja, el trampeo unitario es esencial para prevenir cortocircuito. El trampeo independiente garantiza temperatura máxima y uniforme para cada presión del vapor de agua, ya que se tiene un drenado de condensado y un purgado de no

condensables bastante eficiente. Siendo el arreglo correcto el de la figura 30. (Ver figura 30)

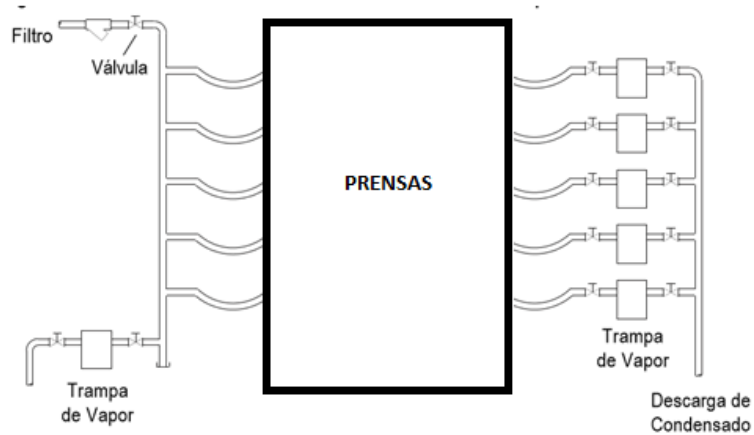


Figura 26. Representación gráfica de la instalación para trampas de vapor.

Fuente: Manual N-101S Armstrong Guía para la conservación de vapor en el drenado de condensados.

5.3.3 Rediseño de la red flujo en la empresa Alice Neumáticos de Venezuela C.A. (agua caliente, agua hidráulica, vapor de agua).

Se realizaron simulaciones de nuevos sistemas de distribución en cada uno de los flujos tomando en cuenta los nuevos caudales derivados por las velocidades recomendadas e instalaciones requeridas para generar un vapor seco, sistemas limpios y seguros. Los resultados se pueden observar en el APENDICE XII, XIII, XIV, XV, XVI, XVII.

5.3.4 Selección de accesorios.

5.3.4.1 Separador de humedad.

La tabla muestra los distintos modelos del fabricante, así como los tamaños de la sección de paso. Al conocer el diámetro de la red de vapor, podemos hacer

una primera selección; siendo los modelos S3, S13, S7 y S8 los modelos elegidos.

Tabla 14. Modelos de fabricante.

Material			Cast iron		SG iron			Carbon steel		Stainless steel		
Model			S2	S3	S1	S12	S13	S5	S7	S6	S8	
Body design rating			PN16	PN16	PN16	PN25	PN25	PN50/ASME 300	PN40	PN50/ASME 300	PN40	
Size	DN15	½"			•			•		•		
	DN20	¾"			•			•		•		
	DN25	1"			•			•		•		
	DN32	1½"	•			•		•		•		
	DN40	1½"	•	•		•	•	•		•		
	DN50	2"	•	•		•	•	•		•		
	DN65	2½"		•			•		•		•	
	DN80	3"		•			•		•		•	
	DN100	4"		•			•		•		•	
	DN125	5"		•			•		•		•	
	DN150	6"		•			•		•		•	
	DN200	8"		•			•		•		•	
	DN250	10"							•		•	
	DN300	12"							•		•	
DN350	14"							•		•		
Pipeline connections	Screwed		•		•	•		•		•		
	Socket weld							•		•		
	Butt weld							•		•		
	Flanged	PN16		•			•		•		•	
		PN25					•					
		PN40							•	•	•	•
	Flanged	ASME 125/150		•			•		•	•	•	•
		ASME 300							•	•	•	•
		JIS/KS 10		•			•		•	•	•	
JIS/KS 20						•			•	•	•	

Fuente: Spirax Sarco, 2019.

En este caso, se ha supuesto una instalación de vapor común donde el agua es tratada debidamente en el depósito de alimentación. Por lo que podemos asegurar que disponemos de un vapor con muy bajo contenido en oxígeno, gases disueltos y sólidos en suspensión. Entonces podemos considerar el riesgo de corrosión bajo.

A continuación se observa los rangos operativos por presión recomendados por el fabricante. El separador S13 cumple el requisito de presión de nuestra instalación de 12,8 bar y una temperatura de 240 °C.

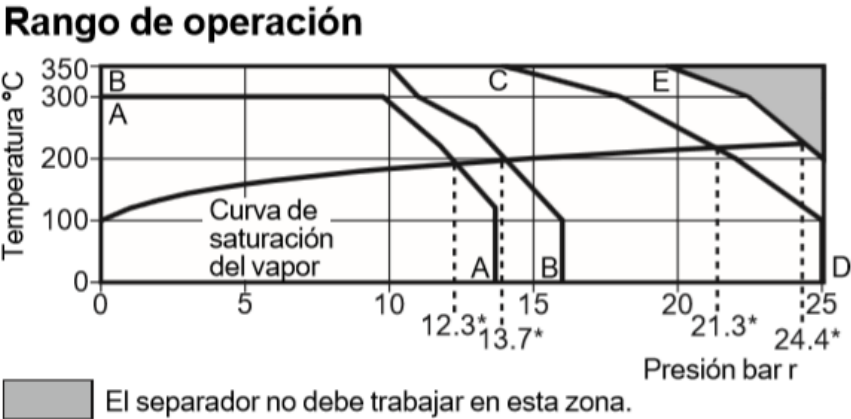



Figura 27. Rango de operación del separador S13.

Dimensiones (aproximadas) en milímetros

DN	A	B	C	D	E	F	G	Peso	Volumen (litros)
DN40	111	156	89	365	½"	1"	94	14 kg	1,6
DN50	146	205	117	456	½"	1"	98	25 kg	3,2
DN65	178	249	146	406	¾"	1½"	98	28 kg	4,6
DN80	178	252	152	483	1"	1½"	98	36 kg	6,5
DN100	223	315	197	692	1"	1½"	118	60 kg	13,5
DN125	226	397	381	706	1"	1½"	121	128 kg	38,5
DN150	226	397	381	706	1"	1½"	121	130 kg	42,5
DN200	308	502	426	762	1½"	1½"	140	190 kg	68,0

Pares de apriete recomendados

Pos	Tamaño	 mm	N m
2	DN40	46 E/C M56	150 - 165
	DN50	46 E/C M56	150 - 165
	DN65	46 E/C M56	150 - 165
	DN80	60 E/C M72	190 - 210
	DN100	60 E/C M72	190 - 210
	DN125	60 E/C M72	190 - 210
	DN150	60 E/C M72	190 - 210
	DN200	60 E/C M72	190 - 210

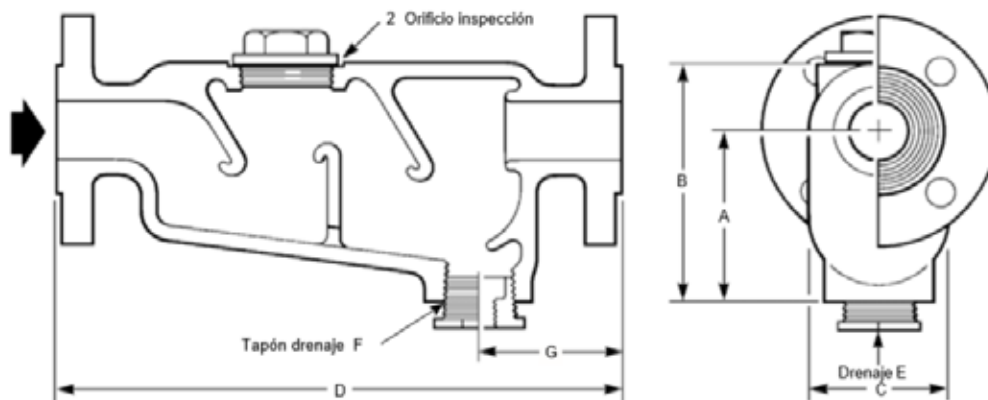


Figura 28. Dimensiones del separador de humedad S13.

Fuente: Catalogo de separadores de humedad, Spirax Sarco.

5.3.4.2 Trampa de vapor.

La trampa de Balde Invertido (IB) es la primera opción recomendada para cámaras con camisas de vapor, secadoras y planchadoras, esto es debido a sus características para purgar el sistema, resistir impacto hidráulico y conservar energía en forma adecuada. El tipo de trampas de disco y la termostática son alternativas aceptables.

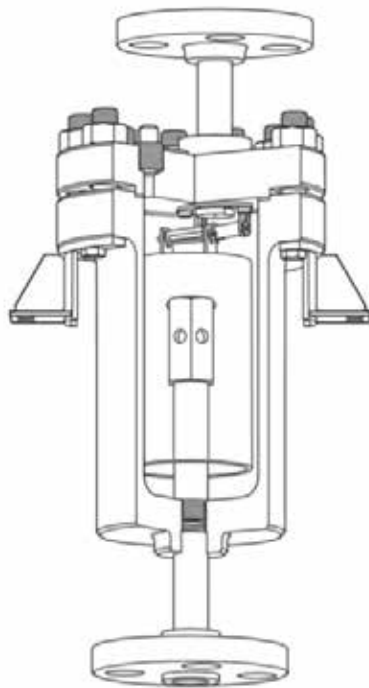


Figura 29. Trampa de vapor de cubeta invertida para vapor en acero aleado IBV Serie Z, DN125.

Fuente: Catalogo de trampas de vapor, Spirax Sarco.

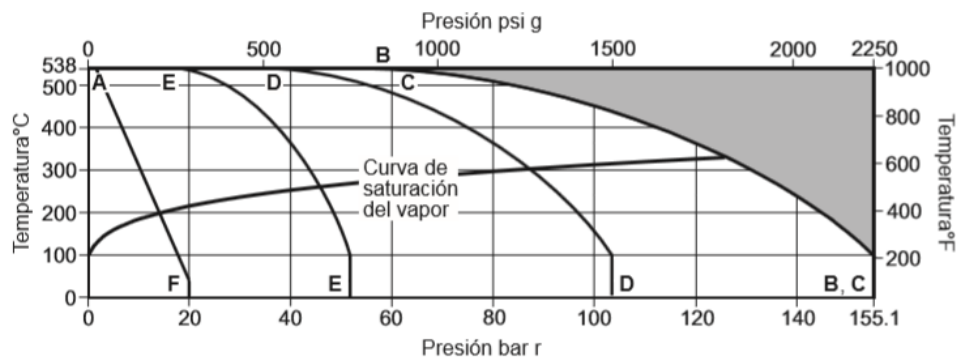
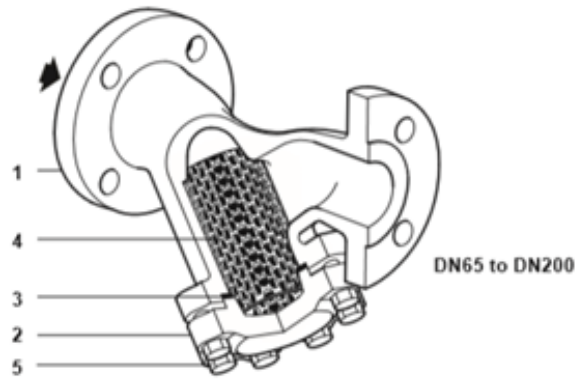


Figura 30. Rango de operación de la trampa de vapor.

Fuente: Catalogo de trampas de vapor, Spirax Sarco.

5.3.4.3 Filtro.



Materials

No. Part	Material	
1 Body	Carbon steel	1.0619
2 Cap	DN15 - DN50 Forged steel	C22.8
	DN65 - DN200 Carbon steel	1.0619
3 Cap gasket	Reinforced exfoliated graphite	
4 Strainer screen	Stainless steel	ASTM A240 316L
5 Bolts	Stainless steel	AD MBI W2 A2-70

Figura 31. Filtro de acero al carbono.

Fuente: Catalogo de filtros Spirax Sarco.

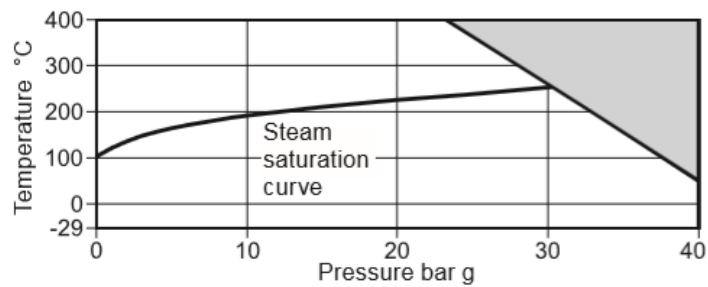


Figura 32. Rango de operación del filtro.

Fuente: Catalogo de filtros Spirax Sarco.

5.3.4.4 Válvula de seguridad.

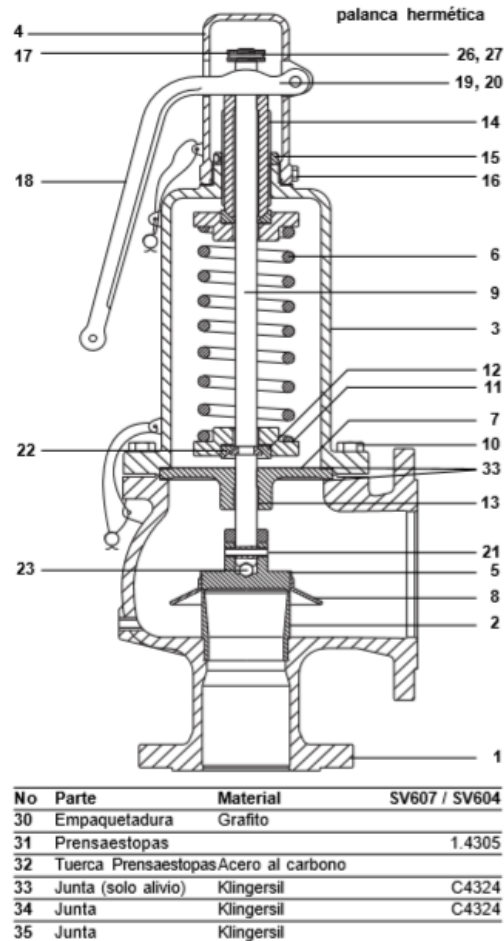


Figura 33. Especificaciones de la válvula de seguridad SV604.

Fuente: Catalogo de válvulas de seguridad Spirax Sarco.

Rango de operación

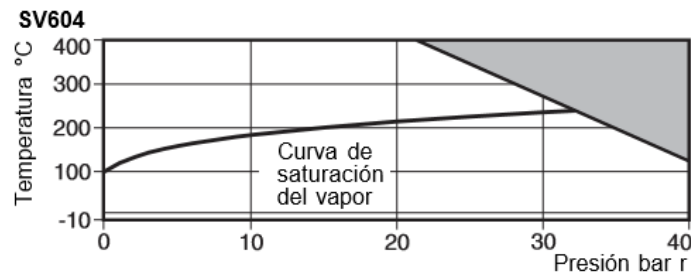


Figura 34. Rango de operación de la válvula de seguridad V604.

Fuente: Catalogo de válvulas de seguridad Spirax Sarco.

5.3.4.5 Válvula de retención (antirretorno).

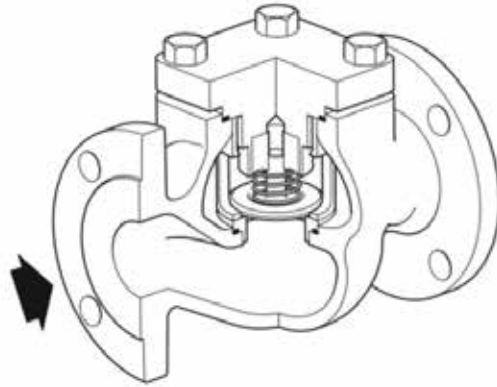


Figura 35. Válvula de retención de pistón LCV4.

Fuente: Catalogo de válvulas de retención Spirax Sarco.

LCV4 Rango de operación

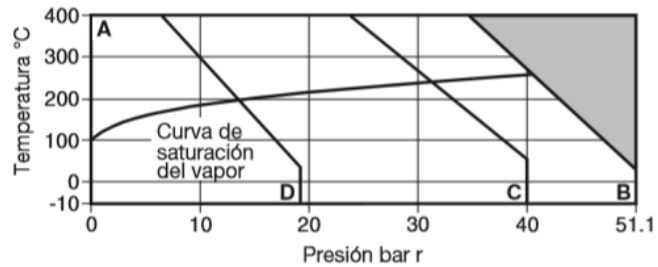


Figura 36. Rango de operación de la válvula de retención LCV4.

Fuente: Catalogo de válvulas de retención Spirax Sarco.

5.3.4.6 Válvula reductora de presión.

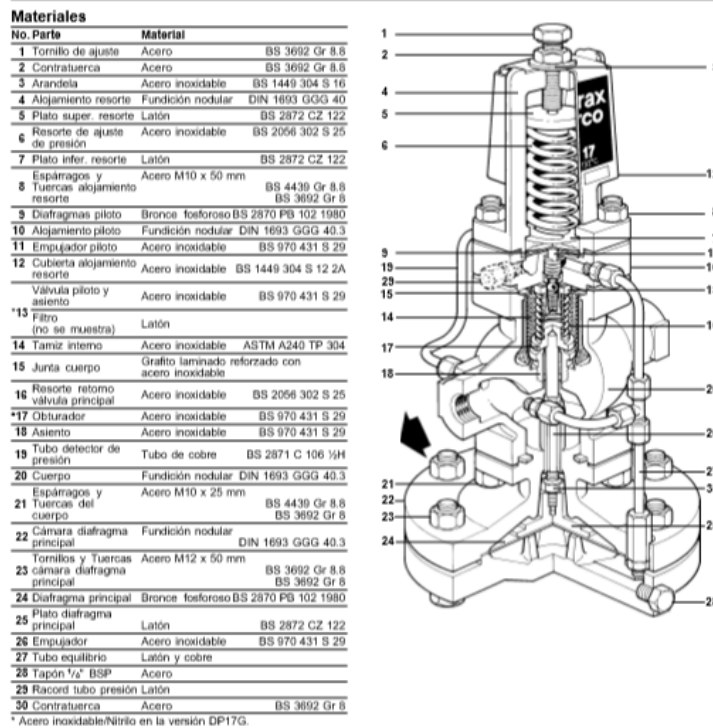


Figura 37. Válvula reductora de presión con cuerpo en Fundición Nodular DP17 y DP17G

Fuente: Catalogo de válvulas de reducción de presión, Spirax Sarco.

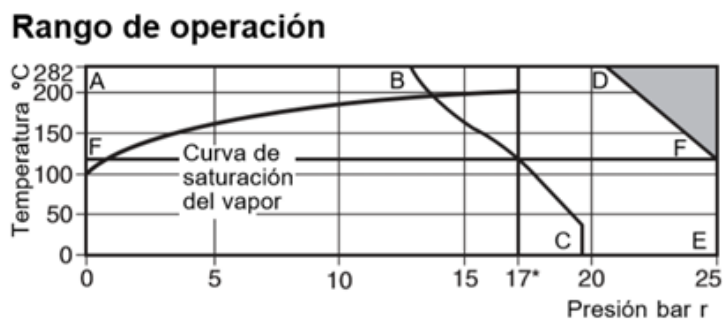


Figura 38. Rango de operación de la válvula reductora de presión.

Fuente: Catalogo de válvulas de reducción de presión, Spirax Sarco.

5.3.4.7 Juntas de brida.

Es de suma importancia tomar en cuenta las bridas para cada uno de los accesorios seleccionados ya que se puede generar con el tiempo una corrosión debido a los distintos tipos de materiales de los cuales están constituidos los accesorios del rediseño, en este caso se tomara como referencia el catalogo en el anexo G.

5.3.5 Calculo de espesor de aislamiento.

Un tubo de vapor de agua se debe cubrir con aislamiento suficiente con el fin de reducir la temperatura de la superficie expuesta, para eso determinará el espesor del aislamiento que sea necesario instalar.

5.3.5.1 Tubería de vapor de agua de 4" de diámetro.

Se determinara el número de Reynolds para saber cuál es el tipo de flujo que se presenta adentro de la tubería para un vapor de agua. Se tiene vapor de agua a 185 PSI y 240°C, para ello obtendremos las condiciones de este flujo en el anexo A. (Ver anexo A).

-
- $V = 30 \text{ m/s}$
- $\mu = 1,712 \text{ kg/m.s}$
- Número de Prandtl = 1,24
- $k = 0,0487 \text{ W/m.K}$

Como el flujo de vapor de agua cumple con las siguientes condiciones:

- $Re > 10.000$
-

Se utilizara la siguiente ecuación para realizar el cálculo de Nusselt.

Siendo $n = 0.4$ para el calentamiento.

Ahora se procederá a hacer el cálculo del coeficiente de transferencia de calor del flujo de vapor de agua.

Luego, se procede al estudio de las resistencias térmicas en el ducto. (Ver figura 20).

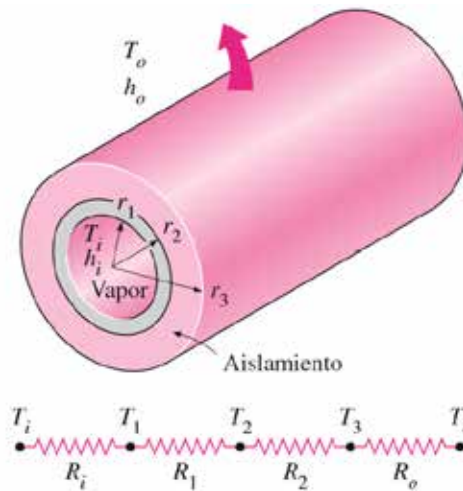


Figura 39. Esquema de las resistencias térmicas en el ducto.

Fuente: Transferencia de calor y masa, Yunus A Cengel, 2007.

La red de resistencias térmicas para este ducto comprende cuatro resistencias en serie como se muestra en la figura 20, El radio interior es $r_1 = 0,04445$ m y el exterior del tubo es $r_2 = 0,05207$ m, siendo este el radio interior del aislamiento.

Enseguida, se determina cada una de las resistencias térmicas tomando en cuenta las conductancias del material de la tubería ASTM A106 (Ver anexo B), del

aislamiento térmico fibra de vidrio (Ver anexo C) y el valor típico del coeficiente de transferencia de calor por convección del aire (Ver anexo D):

$$\frac{1}{h_i} + \frac{e}{k} + \frac{1}{h_e}$$

Dado que todas las resistencias están en serie, se determina que la resistencia total, la cual es:

$$\frac{1}{U}$$

Entonces la razón estacionaria de la pérdida de calor del vapor queda:

$$q = U \cdot A \cdot (T_{i,s} - T_{e,s})$$

Ya que se requiere una temperatura de la superficie exterior del aislamiento de 40°C, la razón de la pérdida de calor también se puede expresar como:

$$q = U \cdot A \cdot (T_{i,s} - 40)$$

Al igualar entre sí las dos relaciones antes obtenidas y despejar r_3 da $r_3 = 0,1092$ m. Entonces el espesor mínimo requerido del aislamiento de fibra de vidrio es:

De esta manera obtenemos el espesor de fibra de vidrio requerido para garantizar una temperatura superficial de 30°C en las tuberías de vapor de agua.

Ahora, repitiendo estos cálculos para los diferentes tamaños obtenemos la siguiente tabla para espesores de aislamiento para tuberías con vapor de agua a 240°C y 185 PSI.

Tabla 15. Espesores de aislamiento térmico para tuberías de vapor de agua.

Tamaño	Espesor de aislamiento (cm)
4"	5.8
5"	6.07
6"	6.25
8"	6.44
10"	6.7

Fuente: Vogado, 2019.

5.3.5.2 Tubería de suministro de agua caliente de 6" de diámetro.

La temperatura del agua caliente es de 150°C y 300 PSI.

-
- $V = 2,5$ m/s
- $\mu = 0,183$ kg/m.s
- Número de Prandtl = 1,16
- $k = 0,682$ W/m.K

Repitiendo el mismo procedimiento para el caculo de espesor, obtenemos que:

Tabla 16. Espesores de aislamiento térmico para tuberías de aguas calientes.

Tamaño	Espesor de aislamiento (cm)
6"	3.9
8"	4.05
10"	4.2

Fuente: Vogado, 2019.

5.3.5.3 Tubería de retorno de condensado 12" de diámetro.

El espesor de aislamiento para el retorno de condensado será el mismo que el de vapor de agua, ya que se requiere tener la menor perdida de calor posible en este retorno por medidas de ahorro energético. Recomendación basada en la ASHRAE.

5.3.6 Cambios requeridos en tuberías del túnel J1 y J2.

LI-T1 Retorno de condensado, tubería de 12" de diámetro.

- Eliminar y desnudar toda la tubería de retorno de condensado.
- Ejecutar inspección con ultrasonido para detección de fractura.
- Eliminar 12 conexiones de descarga de condensado sin uso.

En caso de tuberías en buenas condiciones:

- Pintar con pintura anticorrosiva.
- Aplicar pintura aluminio de alta temperatura.
- Aislar la tubería con fibra de vidrio con un espesor de 6 centímetros y cubierta de aluminio liso sujeto con tornillos autorroscantes.

La presencia de agua por mucho tiempo al combinarse con el material aislante produce cloruros que al tener contacto con la tubería termina

produciendo óxido ferroso, la cual podemos observar cuando se retira un aislamiento con fuerte presencia de agua, la tubería tiene aspecto de puntos martillados y oxidada. Por esta razón los fabricantes sugieren reemplazar el aislamiento térmico dependiendo del ambiente en el cual este expuesto la tubería, para tuberías expuestas a la atmósfera, estas tienen un tiempo de vida útil de 3 años y para tuberías que estén bajo techo como lo es en este caso, su tiempo de vida útil es de 6 años.

En este mismo punto se aprovechó a detectar la descarga de cada cuello, esto constato que al menos el 10% de los mismos presenta descargas continuas (tipo niple) al momento de estar trabajando, esto se hizo con un sonoscopio o estetoscopio mecánico para escuchar el flujo del fluido recorrer una distancia determinada.

LI-T2 Vapor de agua, tubería de 3” de diámetro.

Las condiciones de trabajo para tuberías de 3” son críticas debido a las altas velocidades. Por lo tanto, reemplazar inmediatamente los 60 metros lineales de tubería de suministro de vapor de agua a 185 PSI., por tubería de acero al carbono ASTM-106 SCHD-80 sin costura de 4”x 5 metros lo cual arroja una cantidad de 12 tubos de 5 metros de longitud cada uno. Los tubos deben ser unidos directos por soldadura para formar tramos pares de 10 metros de longitud y unir dichos tramos con acoples tipo bridas (flanges) tipo slip-on de acero al carbono para 250 PSI de 8 huecos. Esto sería 6 tramos de 10 metros cada uno y 4 bridas de unión entre tubos y 2 bridas en acoples a principales. Utilizar electrodos de 1/8” de diámetro 6010 primer pase para penetración y 6011 en un segundo pase.

Esta facilita las futuras intervenciones y reemplazos de tubería. Todas acopladas con sus respectivas empacaduras tipo “flexitalicas redondas de 300 PSI” y su tornillería.

Antes de instalar cada tramo de la tubería en cuestión, es necesario colocar las trampas de vapor en forma correcta, ya que las actuales presentan mala ubicación

para la descarga del vapor de agua, los niples deben ser de la misma cédula de la tubería a fin de proporcionar y garantizar menos pérdida por fuga de vapor de agua. Es de hacer notar que al colocarse las futuras ramificaciones que sale de la tubería de vapor de 4" de diámetro, los niples deben de tener al menos ½" de introducción del cuerpo de la tubería de 4" para evitar el arrastre de condensado en su nivel superior y posibles gases no condensables que se encuentren viajando en el vapor de agua (a pesar de la alta presión). Todas las derivaciones deben ser por encima (no laterales). Todas las válvulas para descarga deben de resistir al menos 250 PSI, recomendando las válvulas de globo.

El reemplazo de dicha tubería mejorara la velocidad dando una mejora a la confiabilidad en el tiempo.

La tubería de vapor de 4" debe tener aplicación de pintura anticorrosiva, esto al ambiente de trabajo donde se encuentra ubicada y luego aplicar pintura de aluminio resistente a los 150 °C, luego de su aplicación se debe hacer un barrido de vapor para verificar las posibles existencias de fuga en la tubería, luego de verificar y comprobar que no hay fugas se procederá a la aplicación de aislamiento térmico en toda la tubería con fibra de vidrio de espesor mínimo de 6 centímetros y cubierta en aluminio liso y sujeta con tornillos autorroscantes para facilitar las inspecciones y reemplazos cuando lo amerite.

La tubería debería ser instalada, al menos 150 milímetros retirada de la pared al borde de la tubería para poder facilitar las labores de inspección y de aplicación de aislamiento térmico, los soportes tipo litera pueden permanecer en el mismo lugar excepto aquellos que entorpezcan las juntas tipo brida al ser instaladas.

La tubería de vapor de 4" debe ser instalada sobre soportes tipo "patín" para que puedan moverse con las contracciones del vapor de agua a fin de evitar restricciones por rigidez de la estructura.

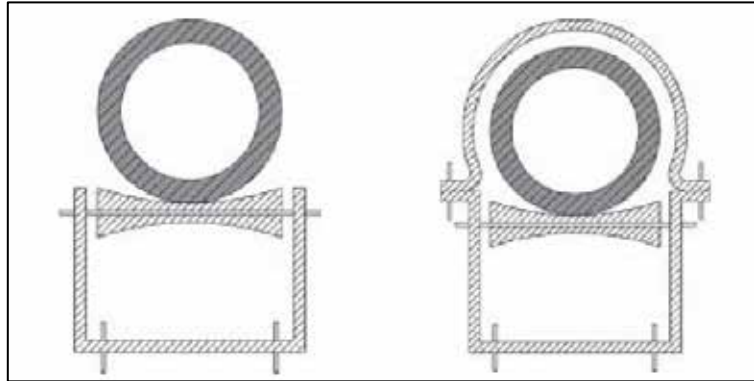


Figura 40. Patín sin y con abrazadera.

LI-T3 Vapor de agua, tubería de 2” de diámetro.

Debido a que dicha tubería se encuentran un mal estado y fuera de servicio, la empresa deberá eliminar dicha tubería para darle a las prensas una sola alimentación por medio de la tubería LI-T2, tubería de 4”.

LI-T4 Vapor de agua, tubería de 4” de diámetro.

Realizar inspecciones con ultrasonido para descartar tuberías en mal estado debido a fracturas internas. Las tuberías aptas serán reutilizadas para volver a operar en los túneles, con la finalidad de reducir costos de tuberías nuevas.

LI-T5 Tubería para suministro de agua caliente de 6” de diámetro.

Cambio de aislamiento térmico.

5.2.1 Evaluación de la disposición física de la red de flujo. Túnel J-1 y J-2 (LD).

Estas tuberías se encuentran en buenas condiciones, por lo tanto, no se pretenden hacer cambios con dichas tuberías a excepción de la LD-T3, la cual es una tubería de vapor agua de 4” de diámetro que se encuentra fuera de servicio. Esta tubería será removida para darle un solo suministro de vapor de agua a las prensas de vulcanizado

CONCLUSIONES

La velocidad de un fluido a través de una tubería es algo que se debe analizar pues si esta es demasiado alta, se presentan problemas de desgaste de las paredes por fricción la cual puede destruir la película de inhibidor que en algunos casos protege la pared de la tubería dejándola expuesta a la corrosión o si la fricción es muy alta se puede presentar desgaste de la tubería por abrasión; por otra parte si la velocidad es demasiado baja se pueden presentar problemas de deposición de sólidos y esto reduce el tamaño de la tubería. Por lo tanto, al momento de realizar un rediseño eficaz, se tomaron en cuenta velocidades recomendadas por el instituto de hidráulica para fluidos líquidos y velocidades de vapor de agua recomendadas por la empresa Spirax Sarco, manteniendo la misma presión de trabajo en cada una de las prensas y a su vez se hizo un estudio de transferencia de calor en las tuberías para determinar los espesores de aislamiento térmico necesarios para mantener una temperatura superficial de 30 °C, con la finalidad de asegurar la menor pérdida de energía calórica en el trayecto del fluido desde la caldera hasta las prensas.

Al momento de estudiar el sistema de distribución de vapor de agua en la empresa Alice Neumáticos de Venezuela C.A. con el software PipeFlow Expert 6.38, se pudo observar que los túneles “2” son los túneles más esforzados debido a su cercanía con el suministro principal, estos túneles han presentado incontables fugas en sus tuberías a lo largo del tiempo ya que manejan velocidades muy altas, siendo estos mismo túneles los más tomados en cuenta a la hora del mantenimiento. Para ello se presentó una propuesta mejorando el diseño de estas tuberías y asegurando el mismo rendimiento. Cabe destacar que

este rediseño que se propuso para esta distribución se le incorporo dos manifold para agregar una cantidad de tuberías con accesorios que otorgaran un suministro de vapor de agua seco y también asegurando el cuidado necesario de las instalaciones. Estos accesorios que se incorporaron en el rediseño para la distribución de vapor de agua también aseguran un buen manejo en el retorno de condensando ya que gracias a las trampas de vapor que, a pesar de tener una carga de condensado por prensa baja, el trampeo independiente garantiza temperatura máxima y uniforme para cada presión del vapor, ya que se tiene un drenado de condensado y un purgado de no condensables bastante eficiente.

En los suministros de aguas calientes y aguas hidráulicas evaluados por el software, se pudo analizar que estos suministros manejan velocidades altas en ciertos tramos de tubería. Estos tramos más esforzados en el transcurso de la pasantía no presentaron fallas, pero al manejar velocidades altas, son tuberías propensas al desgaste por corrosión.

En el rediseño para la distribución de aguas calientes y aguas hidráulicas se presentó una ampliación de tuberías en los tramos más esforzados, reduciendo las velocidades y evitando grandes cambios para evitar grandes costos.

RECOMENDACIONES

- Instalar de accesorios en la red de flujo de vapor de agua para garantizar un vapor de agua seco y un medidor de flujo en los túneles para chequeos diarios.
- Reinstalación de las tuberías de 4” de diámetro para el vapor de agua en los túneles denominados “1”.
- Cambio inmediato de tuberías que presentan fugas y oxido ferroso, y cambio de aislamientos térmicos desgastados.
- Cambiar bombillos amarillos, al menos 200 LUMEX antiexplosivos.
- Adicionar desagües.
- Realizar identificación cada una de las tuberías y túneles para el control visual.
- Se recomienda al departamento de mantenimiento trabajar con el software PipeFlow Expert para estudios en la red de flujo ya que es una herramienta versátil que ayudaría al mantenimiento y cuidado de las tuberías de los túneles.

BIBLIOGRAFIA

Coliaza S. (2009) **Evaluación energética a un sistema de trampeo de vapor: alta, media y baja en y una planta de polietileno en alta densidad.** Universidad Veracruzana, México. Trabajo de grado.

Cuyún N (2011) **Estudio y diseño del mejoramiento de la red de distribución de vapor en el hospital nacional de Pedro Bethancourt, Antigua Guatemala.** Universidad de San Carlos de Guatemala. Trabajo de grado.

Manuel N-101S Armstrong Guía para la conservación de vapor en el drenado de condensados (Evaluación y selección de trampa de vapor).

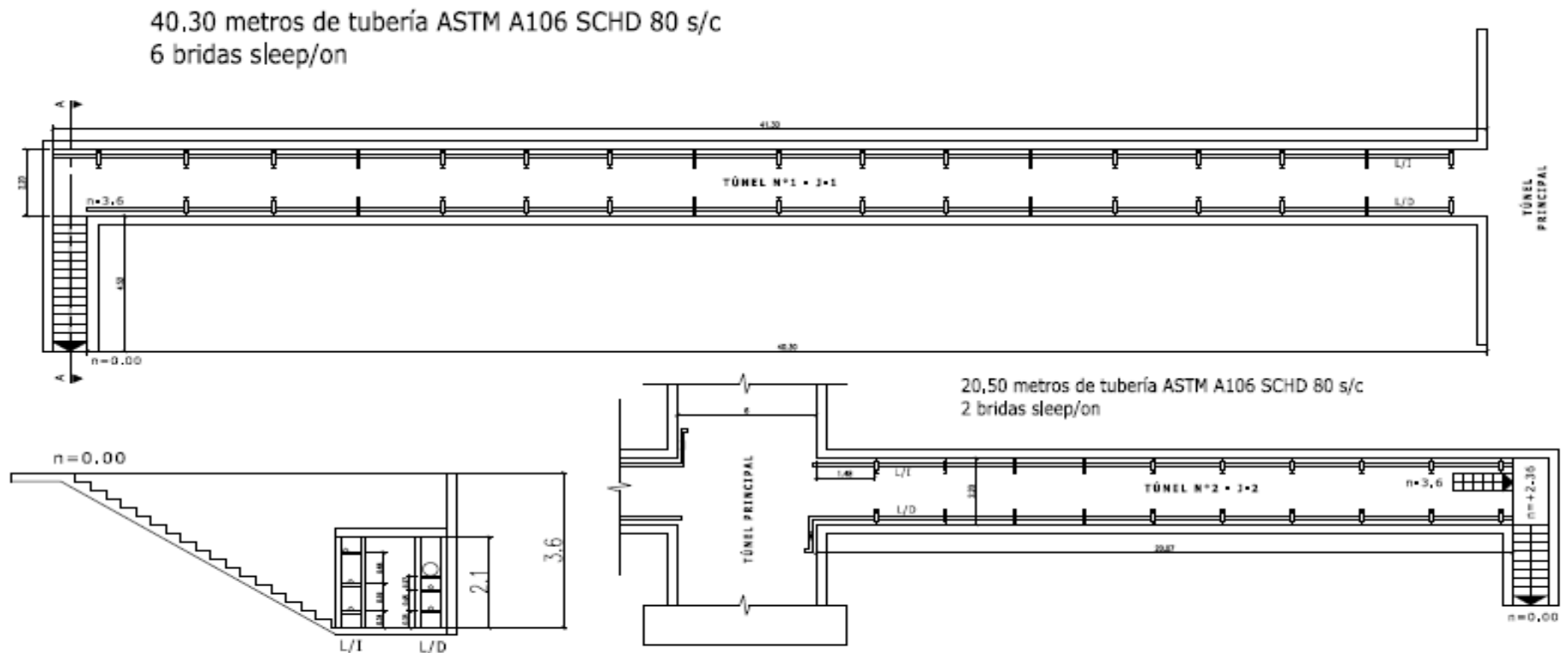
Morales Antonio (2016) **Rediseño del sistema de distribución, acondicionamiento y generación de aire comprimido del departamento de línea de la empresa C.A. Goodyear de Venezuela.** Universidad José Antonio Páez. Informe de pasantía.

Villamizar Daniela (2018) **Rediseño del proceso de maceración y enfriamiento de soluciones hidroalcohólicas en la empresa Pharsana de Venezuela C.A.** Universidad José Antonio Páez. Informe de pasantía.

Yunus A Cengel, John M. Cimbala (2006) *Mecánica de Fluidos, fundamentos y aplicaciones.* 1era edición, The McGraw-Hill editorial, México.

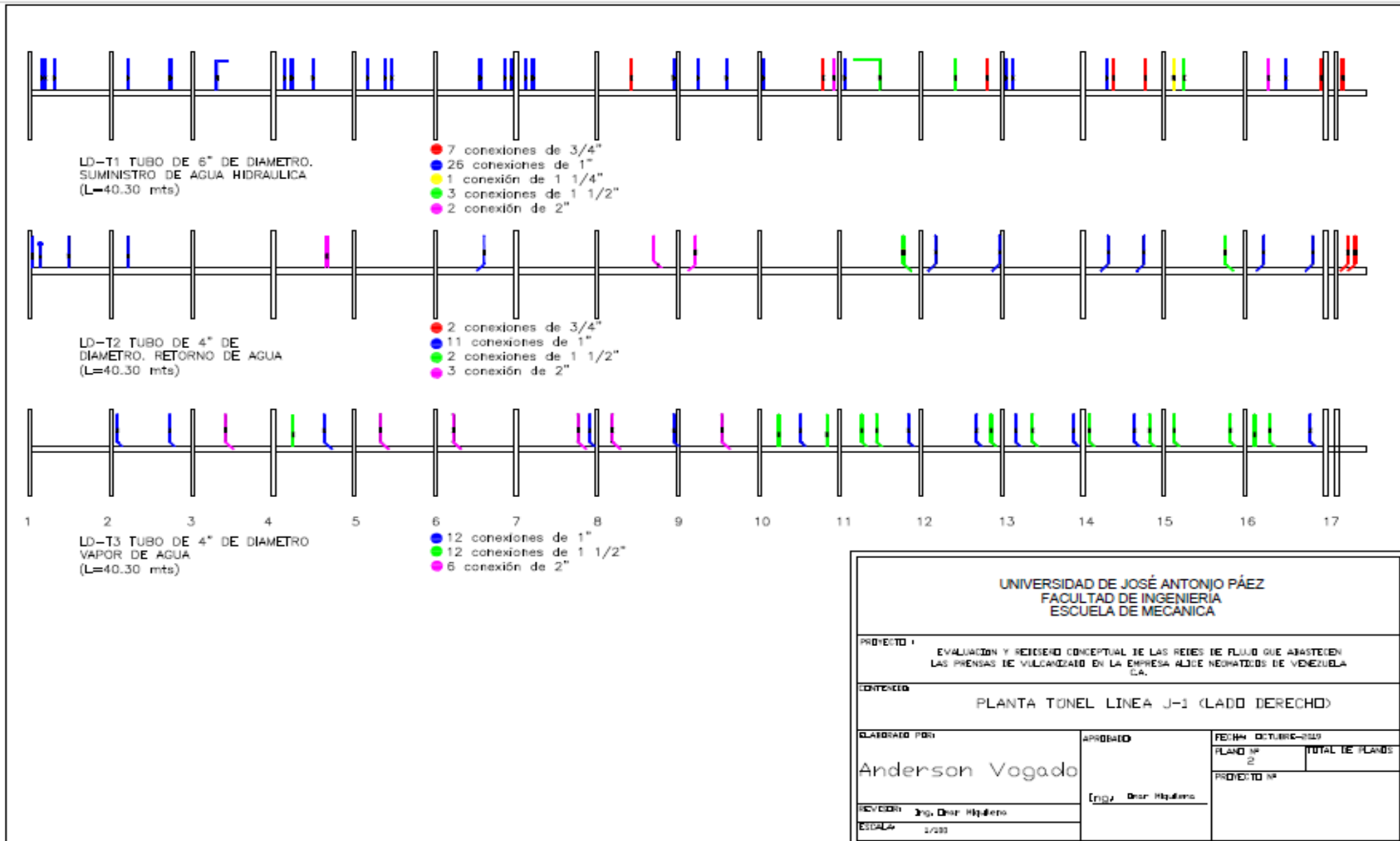
APÉNDICES

Apéndice I: Planta túnel línea J1, J2 y corte A-A.



UNIVERSIDAD DE JOSÉ ANTONIO PÁEZ FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE MECÁNICA			
PROYECTO : EVALUACIÓN Y REDISEÑO CONCEPTUAL DE LAS REDES DE FLUIDO QUE ABASTECEN LAS PRENSAS DE VULCANADO EN LA EMPRESA ALUE NEGOTIOS DE VENEZUELA C.A.			
CONTENIDO : PLANTA TÚNEL LINEA J-1, J-2 y (CORTE A-A)			
ELABORADO POR:	APROBADO:	FECHA:	SEÑALADO
Anderson Vogado	Ing. Omar Miquelena	FECHA: 1/2018	PLANO N° 1 TOTAL DE PLANOS
REVISOR:	ESCALA:	PROYECTO N°	
Ing. Omar Miquelena	1/200		

Apéndice II: Planta túnel línea J1 (lado derecho).



UNIVERSIDAD DE JOSÉ ANTONJO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE MECANICA

PROYECTO : EVALUACION Y REVISOR CONCEPTUAL DE LAS REDES DE FLUIDO QUE AJUSTEDEN LAS PRENSAS DE VULCANIZADO EN LA EMPRESA ALICE NEGATIVOS DE VENEZUELA S.A.

CONTENIDO : PLANTA TUNEL LINEA J-1 (LADO DERECHO)

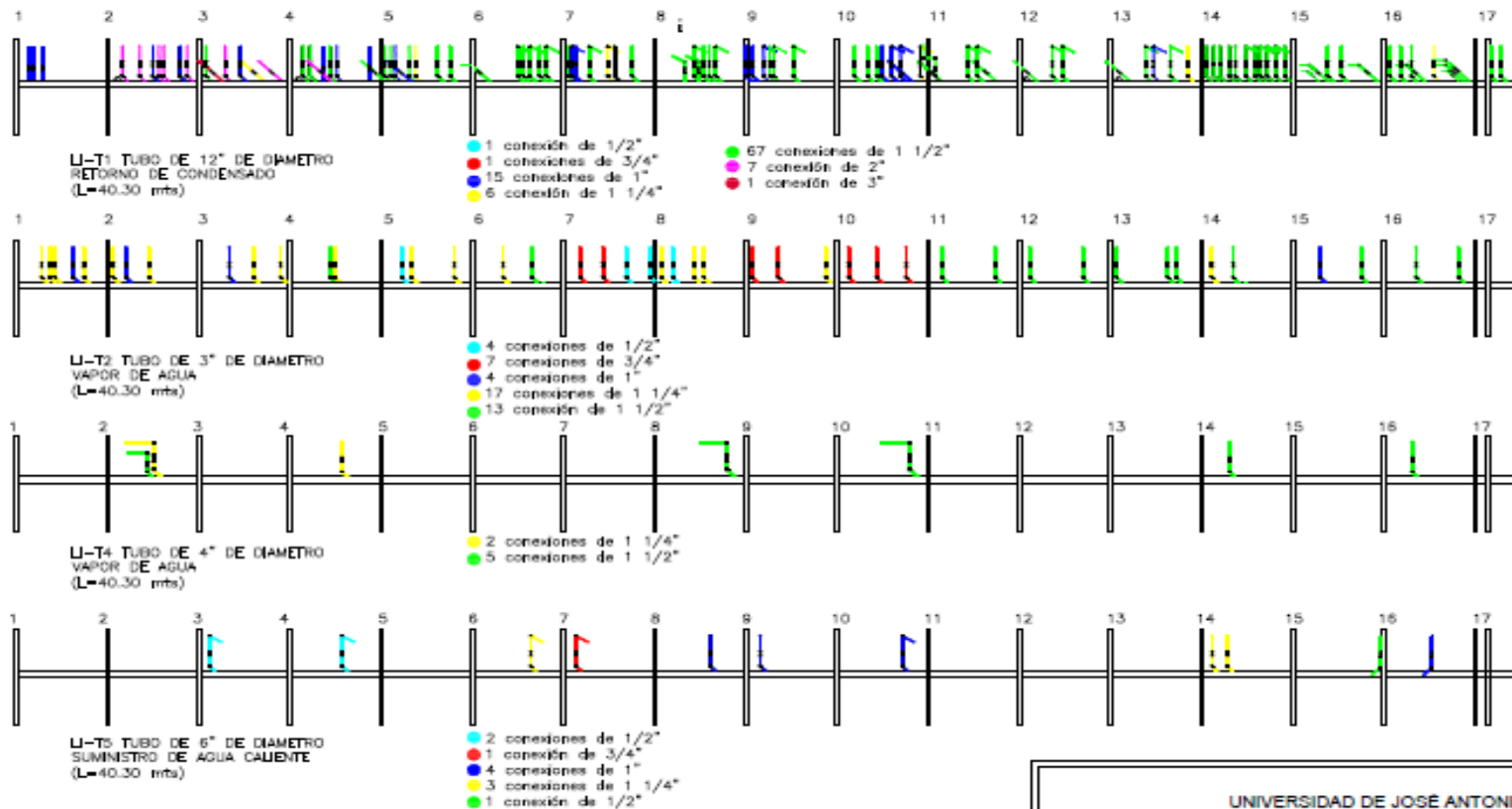
ELABORADO POR : Anderson Vogado

APROBADO : [Ing. Oscar Riquelme]

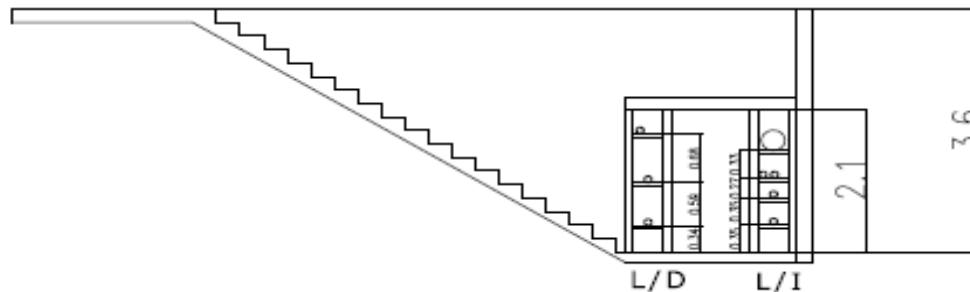
FECHA : OCTUBRE-2010
PLANO Nº : 2
TOTAL DE PLANOS :
PROYECTO Nº :

SECCION : Ing. Oscar Riquelme
ESCALA : 1/200

Apéndice III: Planta túnel línea J1 (lado izquierdo).

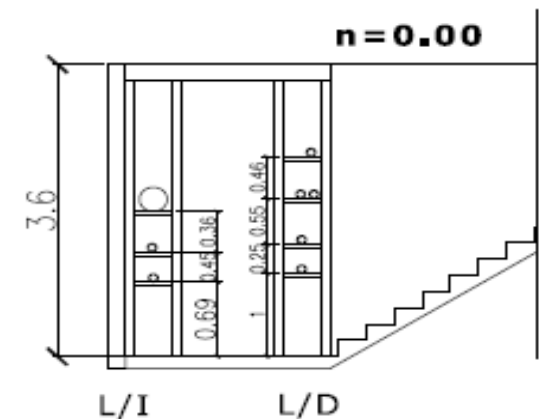
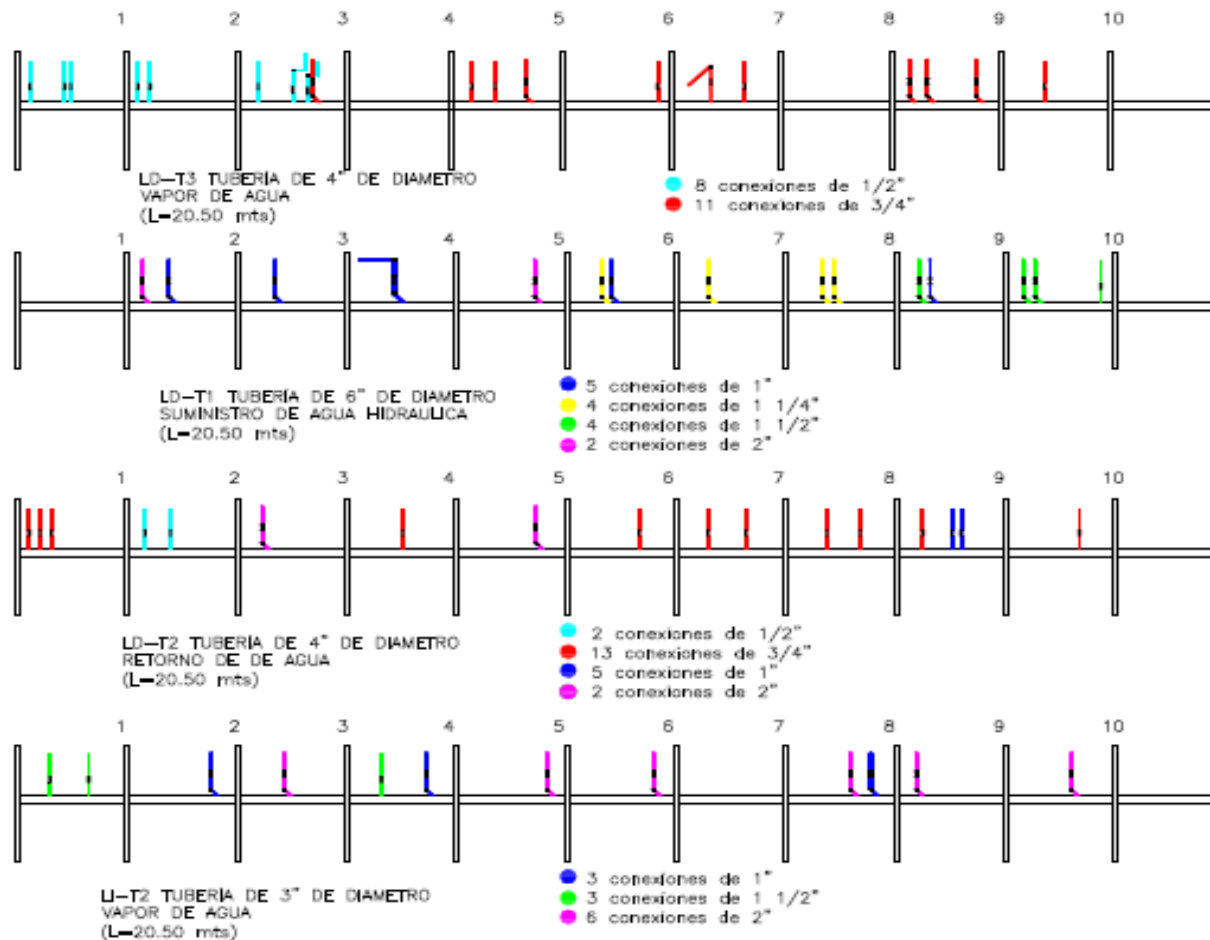


n = 0,00



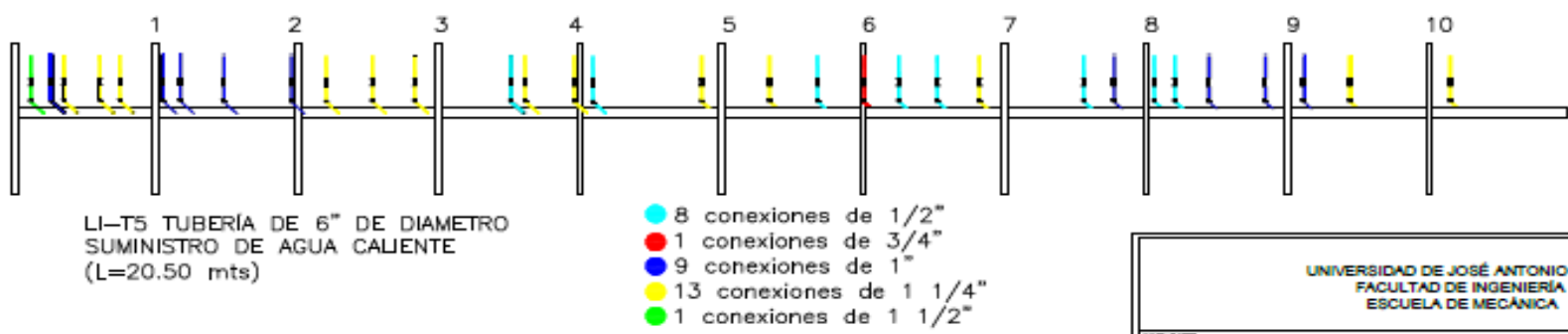
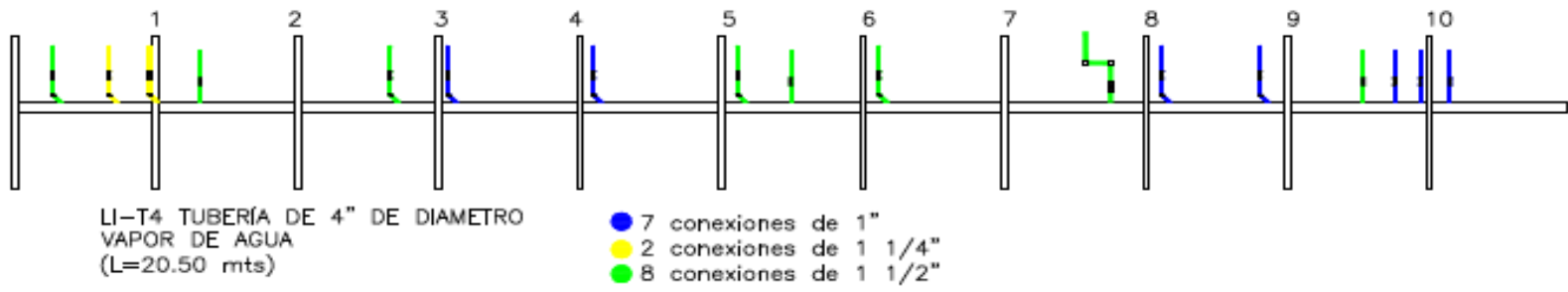
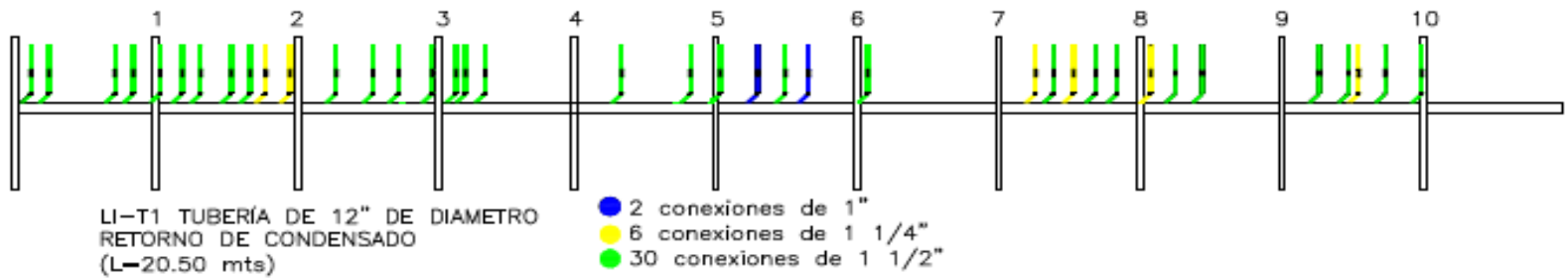
UNIVERSIDAD DE JOSÉ ANTONIO PÁEZ FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE MECÁNICA			
PROYECTO : EVALUACIÓN Y REDISEÑO CONCEPTUAL DE LAS REDES DE FLUIDO QUE ABASTECEN LAS PRENSAS DE VULCANIZADO EN LA EMPRESA ALICE MECANICOS DE VENEZUELA S.A.			
OBJETIVO : PLANTA TUNEL LINEA J-1 (LADO IZQUIERDO)			
ELABORADO POR : Anderson Vogado	APROBADO : Dr. Oscar Nájera	FECHA : OCTUBRE-2009 PLANO Nº : 3 PROYECTO Nº :	TOTAL DE PLANOS :
REVISOR : Dr. Oscar Nájera	DISEÑADOR : Dr. Oscar Nájera	ESCALA : 1/200	

Apéndice IV: Planta túnel línea J2 (lado derecho).



UNIVERSIDAD DE JOSÉ ANTONIO PÁEZ FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE MECÁNICA		
PROYECTO: EVALUACION Y REDISEÑO CONCEPTUAL DE LAS REDES DE FLUIDO QUE ALIMENTAN LAS PRUEBAS DE VALORACION EN LA EMPRESA ALCE NOROCCIDENTE DE VENEZUELA S.A.		
CONTENIDO: PLANTA TUNEL LINEA J-2 (LADO DERECHO)		
ELABORADO POR: Anderson Vogado	APROBADO: Ingr. Oscar Aguilera	FECHA: DISEÑO-2024 FLUJO 04 PROYECTO 14
REVISOR: Ing. Oscar Aguilera		
ESCALA: 1/50		

Apéndice V: Planta túnel línea J2 (lado izquierdo).



UNIVERSIDAD DE JOSÉ ANTONIO PÁEZ FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE MECÁNICA		
PROYECTO : EVALUACION Y REDISEÑO CONCEPTUAL DE LAS REDES DE FLUIDO QUE ABASTECEN LAS PENSAS DE VALORIZADO EN LA EMPRESA ALICE INGENIEROS DE VENEZUELA C.A.		
OBJETIVO : PLANTA TUNEL LINEA J-2 (LADO IZQUIERDO)		
ELABORADO POR: Anderson Vogado	APROBADO: Dra. Dora Higuera	FECHA: 02/03/2023 PLANO Nº: 5 PROYECTO Nº:
REVISOR: Dra. Dora Higuera		
ESCALA: 1/30		

Apéndice VI: Datos de cada sección de tubería principal actual (agua caliente).

Nombre de tubería	Diámetro interno (mm)	Longitud (m)	K de accesorio	Flujo Másico (kg/s)	Flujo volumétrico (m³/s)	Velocidad (m/s)	Presión de entrada (bar)	Presión de salida (bar)
TP1	193.675	3.600	0.4200	0.0000	0.0000	0.000	14.2494	14.3393
TP2	193.675	1.500	0.5300	165.9046	0.1810	*6.144	14.3393	30.6952
TP3	146.329	2.100	0.5700	165.9046	0.1810	*10.763	30.6952	30.2589
TP4	146.329	1.000	0.4500	165.9046	0.1810	*10.763	30.2589	29.9563
TP5	146.329	1.000	0.4500	165.9046	0.1810	*10.763	29.9563	29.6537
TP6	146.329	1.500	1.3500	165.9046	0.1810	*10.763	29.6537	28.8415
TP7	146.329	1.500	1.3500	165.9046	0.1810	*10.763	29.6537	28.8415
TP8	193.675	1.500	0.5300	165.9046	0.1810	*6.144	14.3393	30.3290
TP9	146.329	2.100	0.5700	165.9046	0.1810	*10.763	30.3290	29.8926
TP10	146.329	1.000	0.4500	165.9046	0.1810	*10.763	29.8926	29.5900
TP11	146.329	1.000	0.4500	165.9046	0.1810	*10.763	29.5900	29.2874
TP12	146.329	1.500	1.3500	165.9046	0.1810	*10.763	29.2874	28.4752
TP13	193.675	1.500	0.5300	165.9046	0.1810	*6.144	14.3393	30.3290

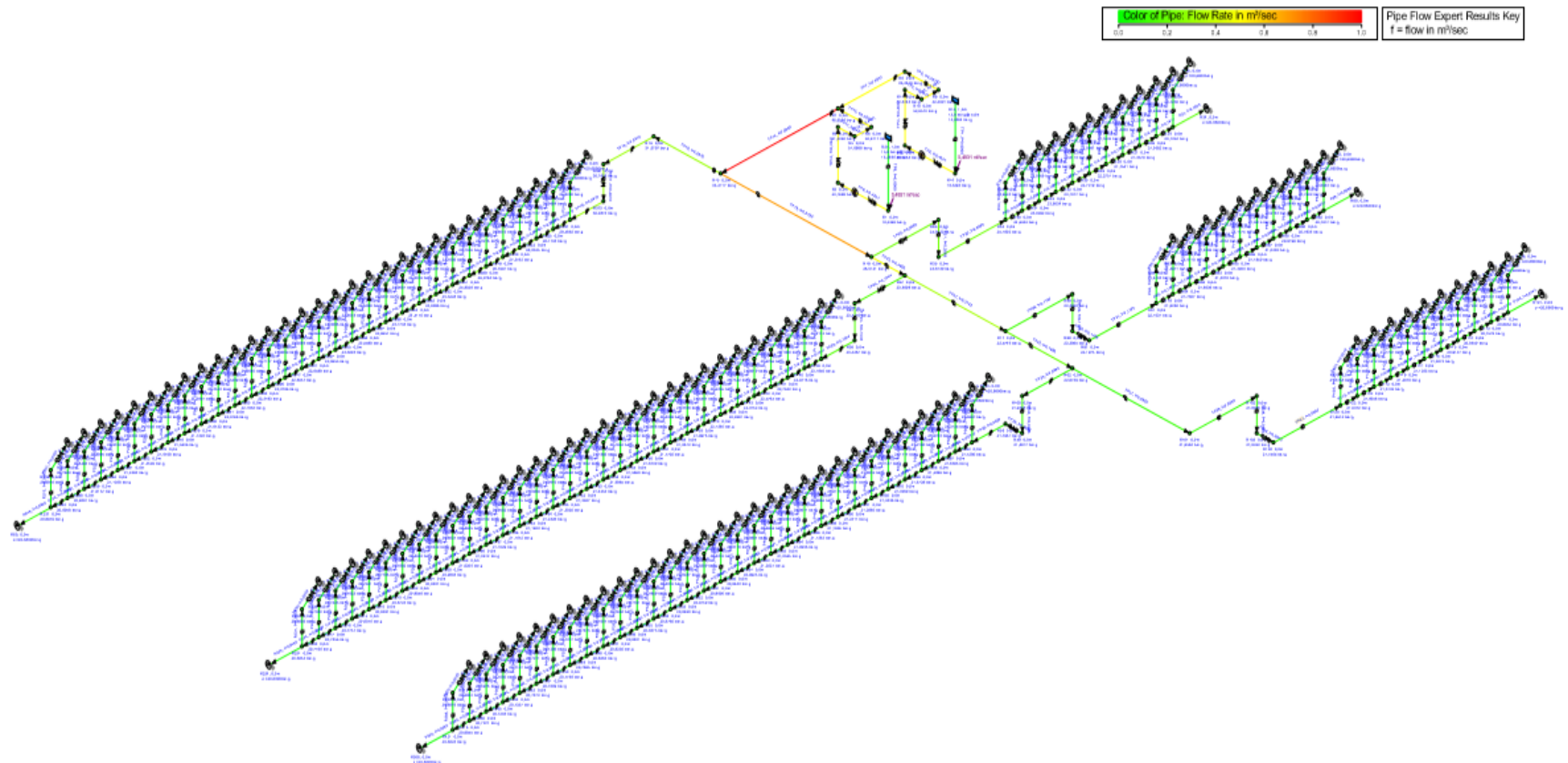
TP14	146.329	4.000	0.9000	331.8092	0.3620	*21.526	28.4752	25.5467
TP15	146.329	9.000	0.9000	77.7950	0.0849	*5.047	25.5467	25.3152
TP16	146.329	2.000	0.4500	77.7950	0.0849	*5.047	25.3152	25.2345
TP17	146.329	2.000	0.5700	77.7950	0.0849	*5.047	25.2345	25.1399
TP18	146.329	20.500	29.2500	77.7950	0.0849	*5.047	25.1399	21.4373
TP19	146.329	9.000	0.9000	254.0142	0.2771	*16.479	25.5467	23.0846
TP20	146.329	2.000	1.0200	72.5854	0.0792	4.709	23.0846	22.9565
TP21	146.329	2.000	0.4500	72.5854	0.0792	4.709	22.9565	22.8863
TP22	146.329	40.300	10.3500	72.5854	0.0792	4.709	22.8863	21.3412
TP23	146.329	2.000	0.9000	181.4288	0.1979	*11.770	23.0846	22.3610
TP24	146.329	2.000	1.0200	46.4781	0.0507	3.015	22.3610	22.3084
TP25	146.329	3.000	0.4500	46.4781	0.0507	3.015	22.3084	22.2745
TP26	146.329	20.500	29.2500	46.4781	0.0507	3.015	22.2745	20.9525
TP27	146.329	3.000	0.9000	134.9506	0.1472	*8.755	22.3610	21.9183
TP28	146.329	2.000	0.9000	51.2589	0.0559	3.325	21.9183	21.8605
TP29	146.329	2.500	0.4500	51.2589	0.0559	3.325	21.8605	21.8224
TP30	146.329	1.500	0.5700	51.2589	0.0559	3.325	21.8224	21.7843
TP31	146.329	40.300	10.3500	51.2589	0.0559	3.325	21.7843	21.0130

TP32	146.329	3.000	0.9000	83.6917	0.0913	*5.429	21.9183	21.7480
TP33	146.329	2.000	0.9000	36.7707	0.0401	2.385	21.7480	21.7182
TP34	146.329	2.000	0.4500	36.7707	0.0401	2.385	21.7182	21.7001
TP35	146.329	2.000	0.5700	36.7707	0.0401	2.385	21.7001	21.6789
TP36	146.329	20.500	29.2500	36.7707	0.0401	2.385	21.6789	20.8513
TP37	146.329	2.000	0.9000	46.9211	0.0512	3.044	21.7480	21.6995
TP38	146.329	2.000	0.4500	46.9211	0.0512	3.044	21.6995	21.6701
TP39	146.329	2.500	0.4500	46.9211	0.0512	3.044	21.6701	21.6382
TP40	146.329	1.500	0.5700	46.9211	0.0512	3.044	21.6382	21.6062
TP41	146.329	40.300	10.3500	46.9211	0.0512	3.044	21.6062	20.9598

***Atención: velocidad alta.**

Fuente: PipeFlow Expert 6,38.

Apéndice VII: Distribución de flujo y velocidades de salida del sistema actual (agua caliente).



Apéndice VIII: Datos de cada sección de tubería principal actual (agua hidráulica).

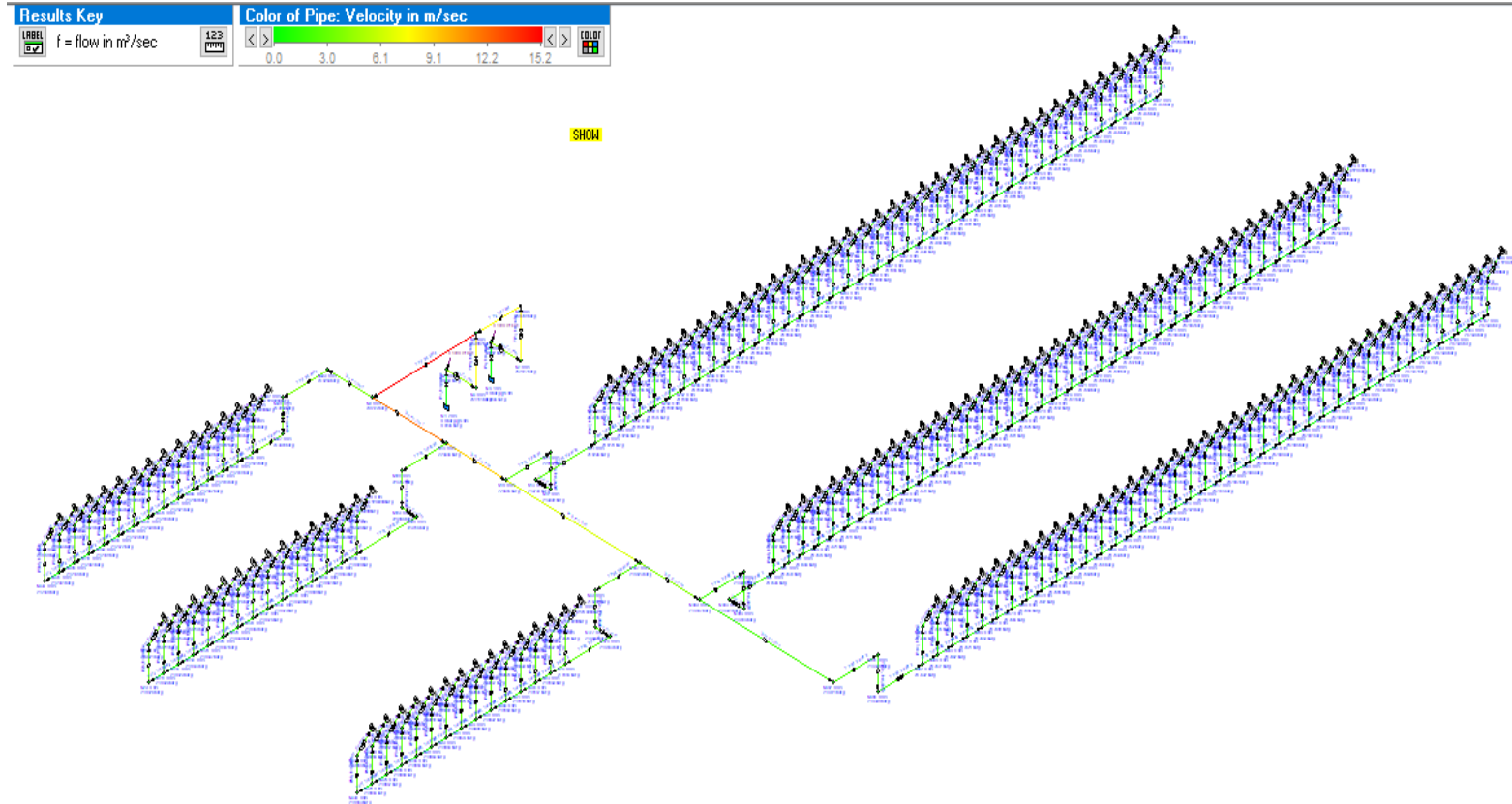
Nombre de tubería	Diámetro (mm)	Longitud (m)	K de accesorio	Flujo Másico (kg/s)	Flujo volumétrico (m ³ /s)	Velocidad (m/s)	Presión de entrada (bar)	Presión de salida (bar)
TP1	146.329	2.500	0.5700	145.9280	0.1480	*8.801	23.6289	23.2959
TP2	146.329	2.500	0.4500	145.9280	0.1480	*8.801	23.2959	23.0088
TP3	146.329	2.500	0.5700	145.9280	0.1480	*8.801	23.3417	23.0088
TP4	146.329	5.000	0.9000	291.8560	0.2960	*17.601	23.0088	20.7164
TP5	146.329	9.000	0.9000	84.6574	0.0859	*5.105	20.7164	20.4601
TP6	146.329	3.000	0.4500	84.6574	0.0859	*5.105	20.4601	20.3554
TP7	146.329	1.500	0.5700	84.6574	0.0859	*5.105	20.3554	20.2587
TP8	146.329	20.500	13.9500	84.6574	0.0859	*5.105	20.2587	18.1456
TP9	146.329	10.000	0.9000	207.1986	0.2101	*12.496	20.7164	19.0966
TP10	146.329	1.500	0.9000	63.3923	0.0643	3.823	19.0966	19.0185
TP11	146.329	1.500	0.4500	63.3923	0.0643	3.823	19.0185	18.9729
TP12	146.329	1.000	0.5700	63.3923	0.0643	3.823	18.9729	18.9230
TP13	146.329	20.500	13.9500	63.3923	0.0643	3.823	18.9230	17.7372
TP14	146.329	2.000	0.9000	143.8063	0.1458	*8.673	19.0966	18.6733

TP15	146.329	3.500	0.9000	41.9928	0.0426	2.532	18.6733	18.6312
TP16	146.329	1.000	0.4500	41.9928	0.0426	2.532	18.6312	18.6130
TP17	146.329	1.000	0.5700	41.9928	0.0426	2.532	18.6130	18.5911
TP18	146.329	40.300	35.5500	41.9928	0.0426	2.532	18.5911	17.3095
TP19	146.329	21.000	0.9000	101.8135	0.1033	*6.140	18.6733	18.0325
TP20	146.329	1.500	0.9000	41.7300	0.0423	2.517	18.0325	17.9986
TP21	146.329	1.500	0.4500	41.7300	0.0423	2.517	17.9986	17.9788
TP22	146.329	1.000	0.7200	41.7300	0.0423	2.517	17.9788	17.9525
TP23	146.329	20.500	13.9500	41.7300	0.0423	2.517	17.9525	17.4377
TP24	146.329	2.000	0.9000	60.0836	0.0609	3.623	18.0325	17.9584
TP25	146.329	3.500	0.9000	30.0740	0.0305	1.814	17.9584	17.9367
TP26	146.329	1.000	0.4500	30.0740	0.0305	1.814	17.9367	17.9274
TP27	146.329	1.000	0.5700	30.0740	0.0305	1.814	17.9274	17.9161
TP28	146.329	40.300	35.5500	30.0740	0.0305	1.814	17.9161	17.2578
TP29	146.329	3.048	0.9000	30.0096	0.0304	1.810	17.9584	17.9377
TP30	146.329	3.048	0.4500	30.0096	0.0304	1.810	17.9377	17.9243
TP31	146.329	1.000	0.4500	30.0096	0.0304	1.810	17.9243	17.9150
TP32	146.329	40.300	35.6700	30.0096	0.0304	1.810	17.9150	17.2576

***Atención: velocidad alta.**

Fuente: PipeFlow Expert 6,38.

Apéndice IX: Distribución de flujo y velocidades de salida del sistema actual (agua hidráulica).



Apéndice X: Datos de cada sección de tubería principal actual (vapor de agua).

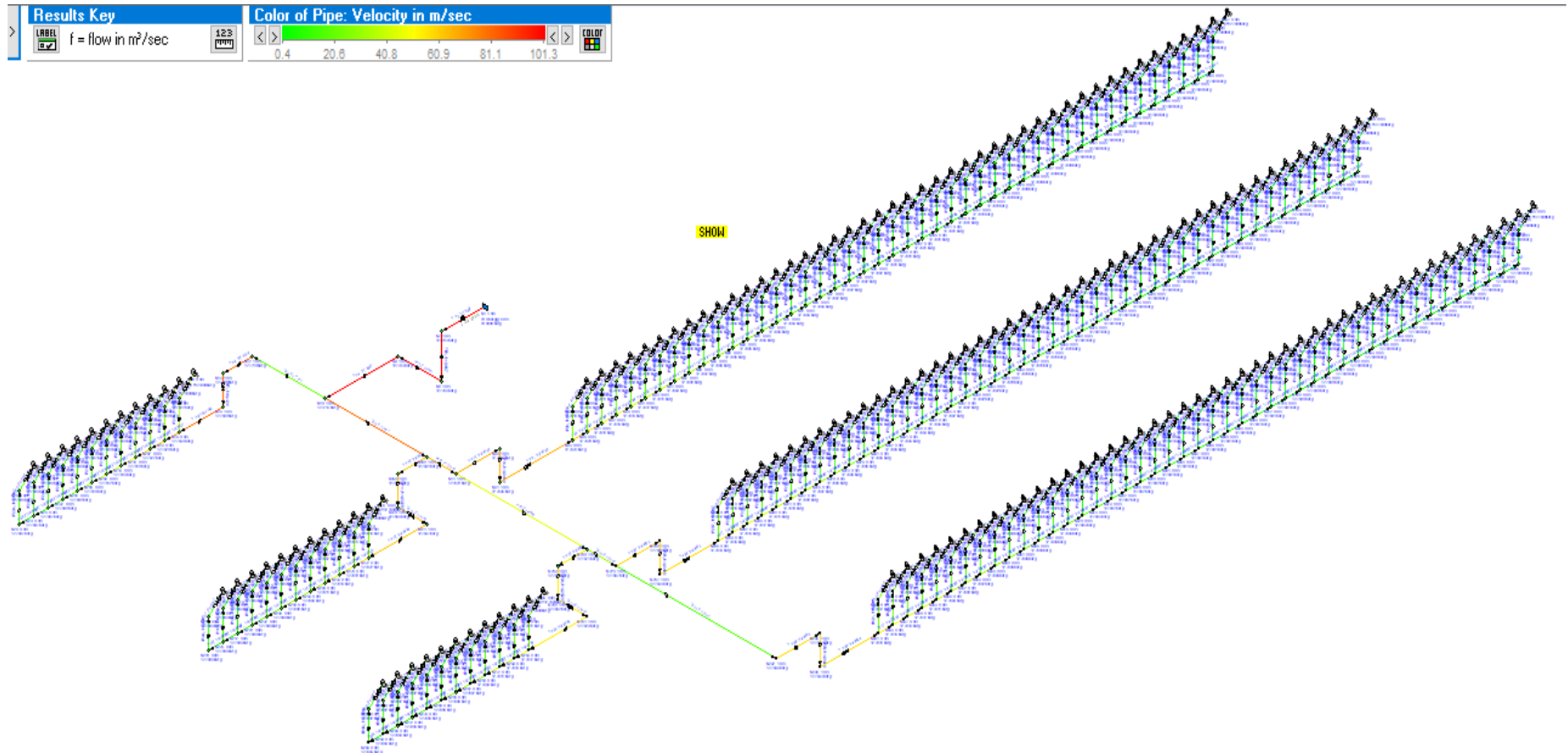
Nombre de tubería	Diámetro (mm)	Longitud (m)	K de accesorio	Flujo Másico (kg/s)	Flujo volumétrico (m ³ /s)	Velocidad (m/s)	Presión de entrada (bar)	Presión de salida (bar)
TP1	146.329	3.000	0.0000	0.1221	1.9687	*117.065	12.8495	12.8466
TP2	146.329	1.600	0.4500	0.1221	1.9687	*117.065	12.8466	12.8437
TP3	146.329	2.000	0.4500	0.1221	1.9687	*117.065	12.8437	12.8407
TP4	146.329	5.000	0.4500	0.1221	1.9687	*117.065	12.8407	12.8360
TP5	146.329	9.000	0.9000	0.0265	0.4273	25.409	12.8360	12.8355
TP6	73.660	3.000	0.5300	0.0265	0.4273	*100.272	12.8355	12.8309
TP7	73.660	3.000	0.6700	0.0265	0.4273	*100.272	12.8309	12.8259
TP8	73.660	20.500	13.4900	0.0265	0.4273	*100.272	12.8259	12.7636
TP9	146.329	1.500	0.9000	0.0956	1.5414	*91.657	12.8360	12.8331
TP10	73.660	3.000	1.0800	0.0250	0.4034	*94.662	12.8331	12.8274
TP11	73.660	3.000	0.5300	0.0250	0.4034	*94.662	12.8274	12.8233
TP12	73.660	3.000	0.6700	0.0250	0.4034	*94.662	12.8233	12.8188
TP13	73.660	20.500	13.4900	0.0250	0.4034	*94.662	12.8188	12.7633
TP14	146.329	1.500	0.9000	0.0706	1.1380	*67.670	12.8331	12.8315

TP15	73.660	3.000	1.0800	0.0154	0.2489	*58.412	12.8315	12.8293
TP16	73.660	3.000	0.5300	0.0154	0.2489	*58.412	12.8293	12.8277
TP17	73.660	40.300	49.2700	0.0154	0.2489	*58.412	12.8277	12.7613
TP18	146.329	1.500	0.9000	0.0551	0.8891	*52.868	12.8315	12.8306
TP19	73.660	3.000	1.0800	0.0246	0.3962	*92.965	12.8306	12.8251
TP20	73.660	3.000	0.5300	0.0246	0.3962	*92.965	12.8251	12.8211
TP21	73.660	3.000	0.6700	0.0246	0.3962	*92.965	12.8211	12.8168
TP22	73.660	20.500	13.4900	0.0246	0.3962	*92.965	12.8168	12.7632
TP23	146.329	3.000	0.9000	0.0306	0.4929	29.311	12.8306	12.8302
TP24	73.660	3.000	1.0800	0.0153	0.2465	*57.856	12.8302	12.8280
TP25	73.660	3.000	0.5300	0.0153	0.2465	*57.856	12.8280	12.8264
TP26	73.660	40.300	49.2700	0.0153	0.2465	*57.856	12.8264	12.7613
TP27	146.329	3.000	0.9000	0.0153	0.2464	14.650	12.8302	12.8301
TP28	73.660	3.000	1.0800	0.0153	0.2464	*57.816	12.8301	12.8279
TP29	73.660	3.000	0.5300	0.0153	0.2464	*57.816	12.8279	12.8263
TP30	73.660	40.300	49.2700	0.0153	0.2464	*57.816	12.8263	12.7613

***Atención: velocidad alta.**

Fuente: PipeFlow Expert 6,38.

Apéndice XI: Distribución de flujo y velocidades de salida del sistema actual (vapor de agua).



Apéndice XII: Datos de cada sección de tubería después de las modificaciones pertinentes (agua caliente).

Nombre de tubería	Diámetro interno (mm)	Longitud (m)	K de accesorio	Flujo Másico (kg/s)	Flujo volumétrico (m ³ /s)	Velocidad (m/s)	Presión de entrada (bar)	Presión de salida (bar)
TP1	193.675	3.600	0.4200	0.0000	0.0000	0.000	14.2494	14.3393
TP2	193.675	1.500	0.5300	110.9086	0.1210	4.107	14.3393	22.8743
TP3	193.675	2.100	8.9300	110.9086	0.1210	4.107	22.8743	22.1700
TP4	193.675	1.000	0.4200	110.9086	0.1210	4.107	22.1700	22.1309
TP5	193.675	1.000	0.4200	110.9086	0.1210	4.107	22.1309	22.0918
TP6	193.675	1.500	1.2600	110.9086	0.1210	4.107	22.0918	21.9845
TP7	242.875	2.000	0.5500	110.9086	0.1210	2.612	21.9845	21.9632
TP8	193.675	3.600	0.4200	0.0000	0.0000	0.000	14.2494	14.3393
TP9	193.675	1.500	0.5300	110.9086	0.1210	4.107	14.3393	22.8530
TP10	193.675	2.100	8.9300	110.9086	0.1210	4.107	22.8530	22.1487
TP11	193.675	1.000	0.4200	110.9086	0.1210	4.107	22.1487	22.1096
TP12	193.675	1.000	0.4200	110.9086	0.1210	4.107	22.1096	22.0706
TP13	193.675	1.500	1.2600	110.9086	0.1210	4.107	22.0706	21.9632
TP14	242.875	4.000	0.9700	221.8172	0.2420	*5.223	21.9632	21.8095

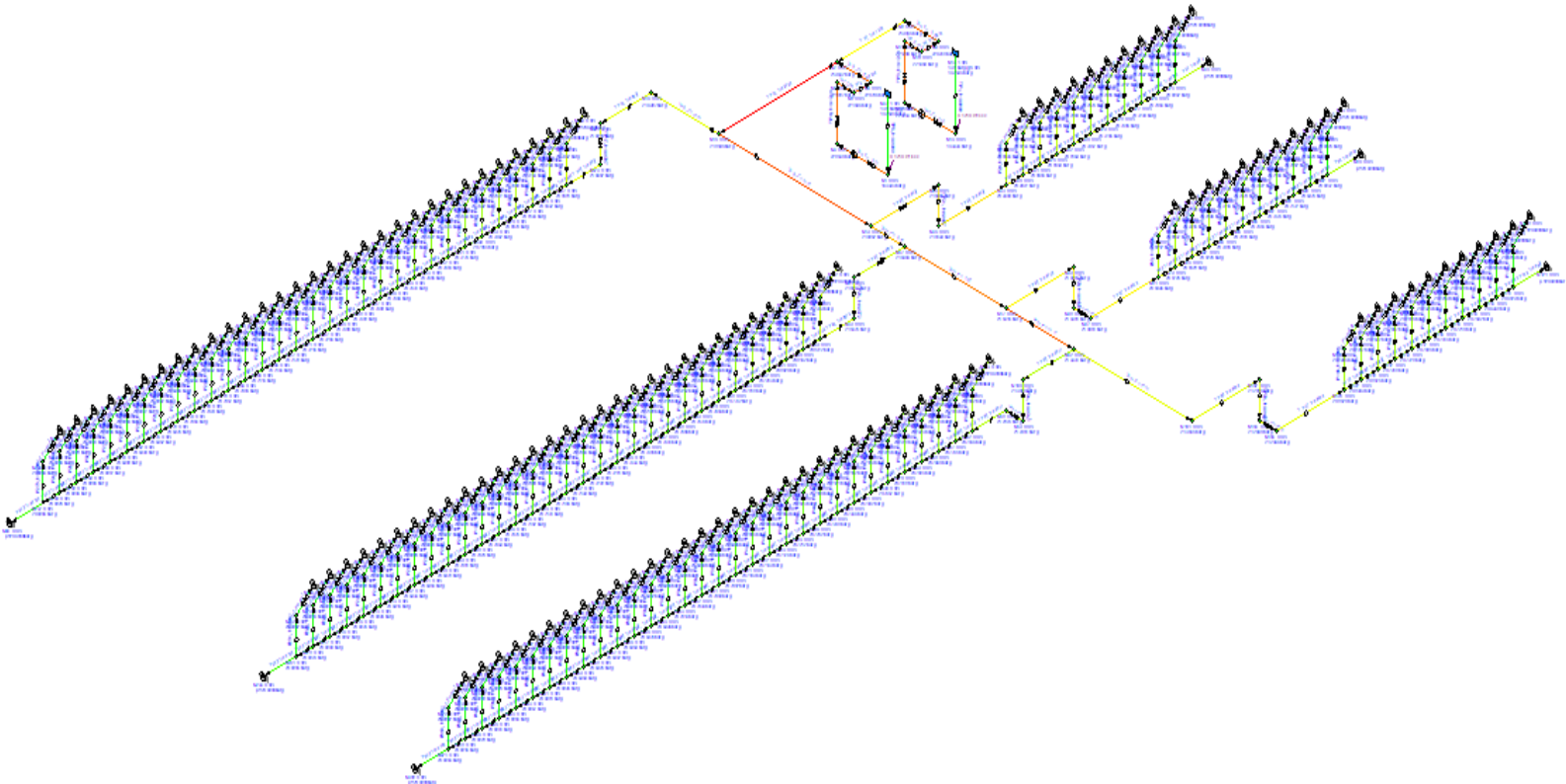
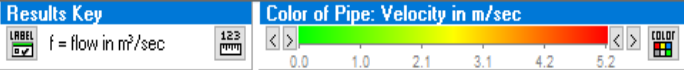
TP15	146.329	9.000	3.2400	36.4234	0.0397	2.363	21.8095	21.6987
TP16	146.329	2.000	0.4500	36.4234	0.0397	2.363	21.6987	21.6810
TP17	146.329	2.000	0.5700	36.4234	0.0397	2.363	21.6810	21.6602
TP18	146.329	20.500	29.2500	36.4234	0.0397	2.363	21.6602	20.8481
TP19	242.875	9.000	0.8400	185.3938	0.2023	4.366	21.8095	21.6852
TP20	146.329	2.000	3.3600	44.6682	0.0487	2.898	21.6852	21.5466
TP21	146.329	2.000	0.4500	44.6682	0.0487	2.898	21.5466	21.5199
TP22	146.329	40.300	10.3500	44.6682	0.0487	2.898	21.5199	20.9340
TP23	242.875	2.000	0.8400	140.7256	0.1535	3.314	21.6852	21.6364
TP24	146.329	2.000	3.3600	34.0634	0.0372	2.210	21.6364	21.5557
TP25	146.329	3.000	0.4500	34.0634	0.0372	2.210	21.5557	21.5375
TP26	146.329	20.500	29.2500	34.0634	0.0372	2.210	21.5375	20.8272
TP27	193.675	3.000	1.2100	106.6622	0.1164	3.950	21.6364	21.5315
TP28	146.329	2.000	2.0600	41.4847	0.0453	2.691	21.5315	21.4551
TP29	146.329	2.500	0.4500	41.4847	0.0453	2.691	21.4551	21.4301
TP30	146.329	1.500	0.5700	41.4847	0.0453	2.691	21.4301	21.4051
TP31	146.329	40.300	10.3500	41.4847	0.0453	2.691	21.4051	20.8996
TP32	146.329	3.000	2.0600	65.1775	0.0711	4.228	21.5315	21.3331

TP33	146.329	2.000	1.4800	28.5374	0.0311	1.851	21.3331	21.3060
TP34	146.329	2.000	0.4500	28.5374	0.0311	1.851	21.3060	21.2951
TP35	146.329	2.000	0.5700	28.5374	0.0311	1.851	21.2951	21.2823
TP36	146.329	20.500	29.2500	28.5374	0.0311	1.851	21.2823	20.7836
TP37	146.329	2.000	0.9000	36.6401	0.0400	2.377	21.3331	21.3035
TP38	146.329	2.000	0.4500	36.6401	0.0400	2.377	21.3035	21.2855
TP39	146.329	2.500	0.4500	36.6401	0.0400	2.377	21.2855	21.2660
TP40	146.329	1.500	0.5700	36.6401	0.0400	2.377	21.2660	21.2466
TP41	146.329	40.300	10.3500	36.6401	0.0400	2.377	21.2466	20.8520

***Atención: velocidad alta.**

Fuente: PipeFlow Experte 6,38.

Apéndice XIII: Propuesta de distribución de flujo y velocidades de salida (agua caliente).



Apéndice XIV: Datos de cada sección de tubería después de las modificaciones pertinentes (agua hidráulica).

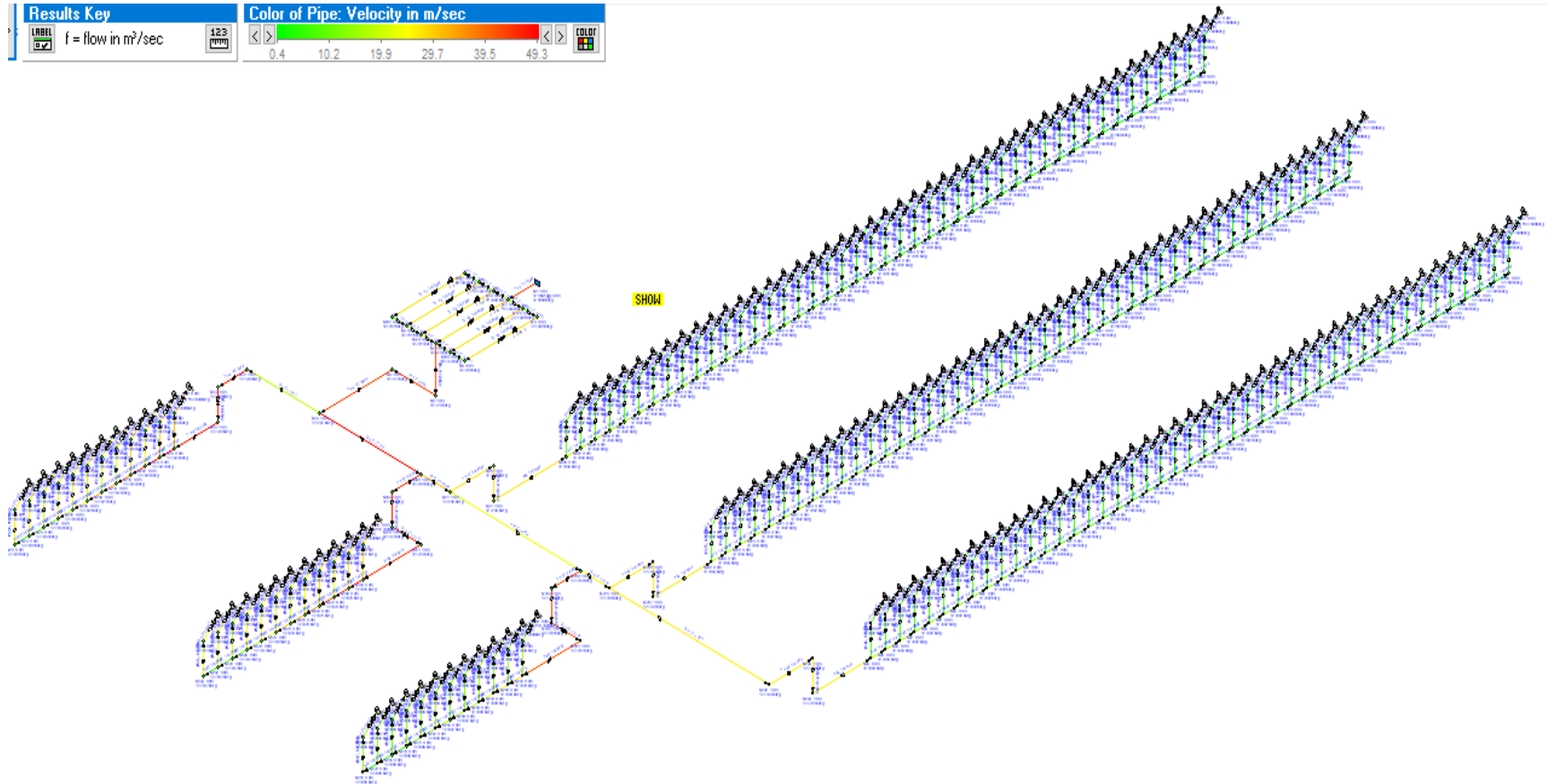
Nombre de tubería	Diámetro (mm)	Longitud (m)	K de accesorio	Flujo Másico (kg/s)	Flujo volumétrico (m ³ /s)	Velocidad (m/s)	Presión de entrada (bar)	Presión de salida (bar)
TP1	193.675	2.500	8.9300	109.4460	0.1110	3.768	19.1714	18.5312
TP2	193.675	2.500	0.4200	109.4460	0.1110	3.768	18.5312	18.4867
TP3	193.675	2.500	8.9300	109.4460	0.1110	3.768	19.1268	18.4867
TP4	242.875	5.000	0.9700	218.8920	0.2220	4.792	18.4867	18.3398
TP5	146.329	9.000	3.2400	46.0496	0.0467	2.777	18.3398	18.1744
TP6	146.329	3.000	0.4500	46.0496	0.0467	2.777	18.1744	18.1432
TP7	146.329	1.500	0.5700	46.0496	0.0467	2.777	18.1432	18.1145
TP8	146.329	20.500	13.9500	46.0496	0.0467	2.777	18.1145	17.4880
TP9	242.875	10.000	0.8400	172.8424	0.1753	3.784	18.3398	18.2340
TP10	146.329	1.500	3.2400	44.7336	0.0454	2.698	18.2340	18.1112
TP11	146.329	1.500	0.4500	44.7336	0.0454	2.698	18.1112	18.0884
TP12	146.329	1.000	0.5700	44.7336	0.0454	2.698	18.0884	18.0635
TP13	146.329	20.500	13.9500	44.7336	0.0454	2.698	18.0635	17.4722
TP14	193.675	2.000	1.2100	128.1087	0.1299	4.410	18.2340	18.1014

TP15	146.329	3.500	1.4800	32.6006	0.0331	1.966	18.1014	18.0649
TP16	146.329	1.000	0.4500	32.6006	0.0331	1.966	18.0649	18.0540
TP17	146.329	1.000	0.5700	32.6006	0.0331	1.966	18.0540	18.0407
TP18	146.329	40.300	35.5500	31.8353	0.0323	1.920	21.4819	20.7445
TP19	193.675	21.000	0.8400	95.5081	0.0969	3.288	18.1014	17.9592
TP20	146.329	1.500	1.4800	39.4032	0.0400	2.376	17.9592	17.9129
TP21	146.329	1.500	0.4500	39.4032	0.0400	2.376	17.9129	17.8952
TP22	146.329	1.000	0.7200	39.4032	0.0400	2.376	17.8952	17.8717
TP23	146.329	20.500	13.9500	39.4032	0.0400	2.376	17.8717	17.4126
TP24	146.329	2.000	1.4800	56.1049	0.0569	3.384	17.9592	17.8619
TP25	146.329	3.500	0.9000	28.0826	0.0285	1.694	17.8619	17.8429
TP26	146.329	1.000	0.4500	28.0826	0.0285	1.694	17.8429	17.8348
TP27	146.329	1.000	0.5700	28.0826	0.0285	1.694	17.8348	17.8250
TP28	146.329	40.300	35.5500	28.0826	0.0285	1.694	17.8250	17.2508
TP29	146.329	3.048	0.9000	28.0223	0.0284	1.690	17.8619	17.8438
TP30	146.329	3.048	0.4500	28.0223	0.0284	1.690	17.8438	17.8321
TP31	146.329	1.000	0.4500	28.0223	0.0284	1.690	17.8321	17.8240
TP32	146.329	40.300	35.6700	28.0223	0.0284	1.690	17.8240	17.2506

***Alerta: velocidad alta.**

Fuente: PipeFlow Expert 6,38.

Apéndice XV: Propuesta de distribución de flujo y velocidades de salida (agua hidráulica).



Apéndice XVI: Datos de cada sección de tubería después de las modificaciones pertinentes (vapor de agua).

Nombre de tubería	Diámetro (mm)	Longitud (m)	K de accesorio	Flujo Másico (kg/s)	Flujo volumétrico (m ³ /s)	Velocidad (m/s)	Presión de entrada (bar)	Presión de salida (bar)
TP1	242.875	3.000	0.0000	0.1220	1.9680	*42.479	12.8000	12.7999
TP2	242.875	1.600	0.4200	0.1220	1.9680	*42.479	12.7775	12.7772
TP3	242.875	2.000	0.4200	0.1220	1.9680	*42.479	12.7772	12.7769
TP4	242.875	5.000	0.4200	0.1220	1.9680	*42.479	12.7769	12.7764
TP5	193.675	9.000	1.2100	0.0338	0.5450	18.501	12.7764	12.7762
TP6	122.250	3.000	2.3100	0.0338	0.5450	*46.434	12.7762	12.7743
TP7	122.250	3.000	0.6200	0.0338	0.5450	*46.434	12.7743	12.7735
TP8	122.250	20.500	12.1300	0.0338	0.5450	*46.434	12.7735	12.7629
TP9	193.675	1.500	0.8400	0.0882	1.4230	*48.301	12.7764	12.7757
TP10	122.250	3.000	2.7900	0.0323	0.5202	*44.322	12.7757	12.7737
TP11	122.250	3.000	0.4900	0.0323	0.5202	*44.322	12.7737	12.7730
TP12	122.250	3.000	0.6200	0.0323	0.5202	*44.322	12.7730	12.7723
TP13	122.250	20.500	12.1300	0.0323	0.5202	*44.322	12.7723	12.7626
TP14	193.675	1.500	0.8400	0.0560	0.9027	30.642	12.7757	12.7754

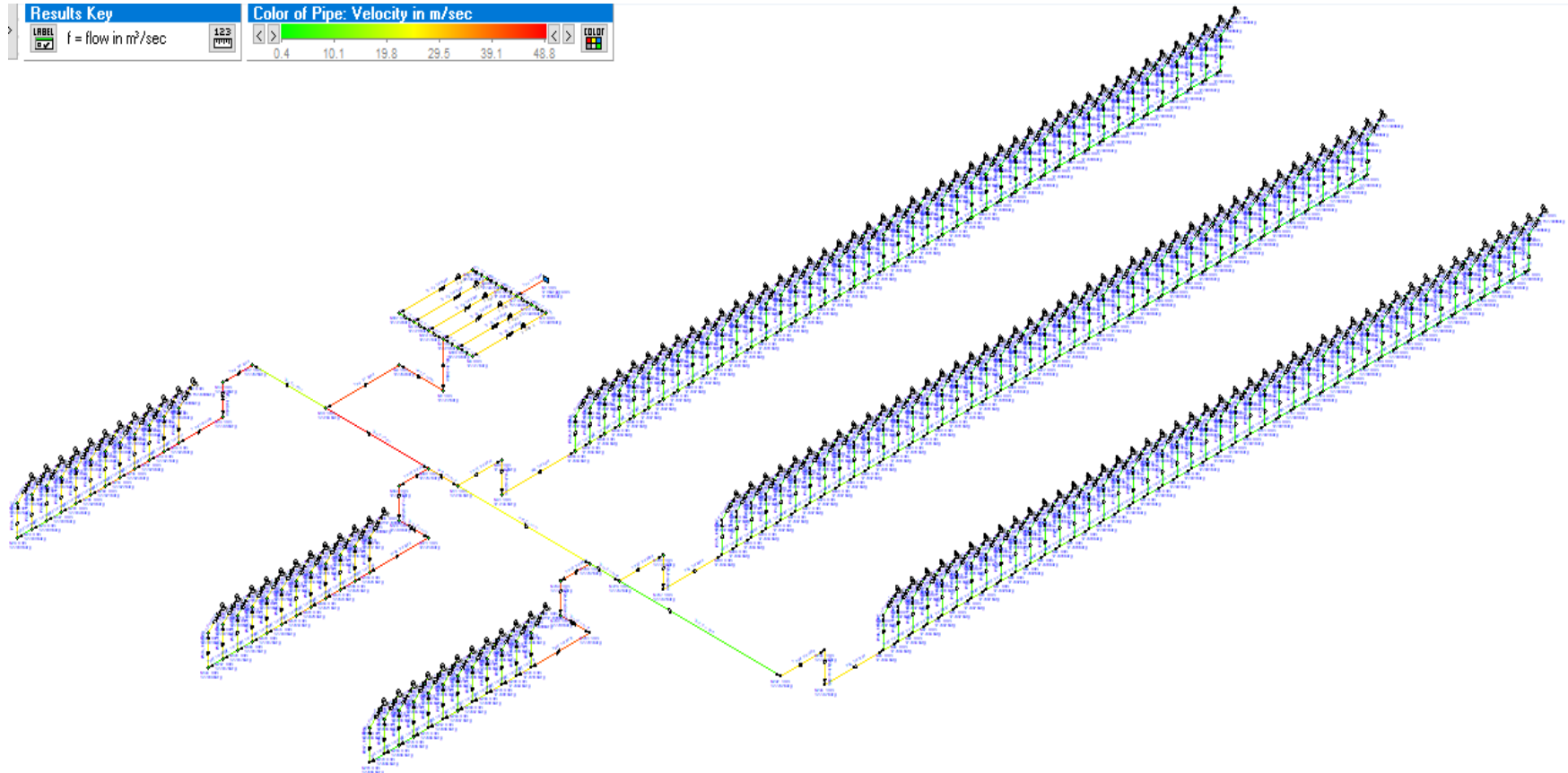
TP15	97.180	3.000	6.6900	0.0125	0.2016	27.182	12.7754	12.7737
TP16	97.180	3.000	0.5100	0.0125	0.2016	27.182	12.7737	12.7734
TP17	97.180	40.300	46.4100	0.0125	0.2016	27.182	12.7734	12.7603
TP18	193.675	1.500	0.8400	0.0435	0.7011	23.798	12.7754	12.7752
TP19	97.180	3.000	6.6900	0.0187	0.3013	*40.619	12.7752	12.7714
TP20	97.180	3.000	0.5100	0.0187	0.3013	*40.619	12.7714	12.7708
TP21	97.180	3.000	0.6500	0.0187	0.3013	*40.619	12.7708	12.7701
TP22	97.180	20.500	12.7500	0.0187	0.3013	*40.619	12.7701	12.7610
TP23	146.329	3.000	1,4800	0.0245	0.3953	23.505	12.7752	12.7752
TP24	97.180	3.000	6.6900	0.0124	0.2000	26.960	12.7752	12.7735
TP25	97.180	3.000	0.5100	0.0124	0.2000	26.960	12.7735	12.7732
TP26	97.180	40.300	46.4100	0.0124	0.2000	26.960	12.7732	12.7603
TP27	97.180	3.000	2.2000	0.0122	0.1964	26.472	12.7752	12.7752
TP28	97.180	3.000	6.6900	0.0124	0.1998	26.944	12.7752	12.7735
TP29	97.180	3.000	0.5100	0.0124	0.1998	26.943	12.7735	12.7732
TP30	97.180	40.300	46.4100	0.0124	0.1998	26.943	12.7732	12.7603
TVC1	122.250	3.000	13.3100	0.0203	0.3280	27.944	12.7997	12.7779
TVC2	122.250	3.000	13.3100	0.0203	0.3280	27.944	12.7997	12.7778

TVC3	122.250	3.000	13.3100	0.0203	0.3280	27.944	12.7998	12.7777
TVC4	122.250	3.000	13.3100	0.0203	0.3280	27.944	12.7999	12.7775
TVC5	122.250	3.000	13.3100	0.0203	0.3280	27.944	12.7998	12.7776
TVC6	122.250	3.000	13.3100	0.0203	0.3280	27.944	12.7998	12.7777

***Alerta: velocidad alta.**

Fuente: PipeFlow Expert 6,38.

Apéndice XVII: Propuesta de distribución de flujo y velocidades de salida (vapor de agua).



ANEXOS

Anexo A. Dimensiones de tubería de acero al carbono ASTM A106.



**TUBERÍA DE ACERO AL CARBONO
ASTM A53 / A106
Área de La Superficie del Tubo**

Diámetro Nominal NPS		Diámetro Exterior Real		Espesor de Pared		Identificación		Peso del Tubo		Área de La Superficie Exterior en mt ² por metro lineal de tubería
Pulgadas in.	Milímetros mm.	(in.)	mm.	Pulgadas (in.)	Milímetros (mm.)	Weight Class	Schedule	lb/pie	kg/m	
1/2	15	0.840	21.3	0.109	2.77	STD	40	0.85	1.27	
				0.147	3.73	XS	80	1.09	1.62	
3/4	20	1.050	26.7	0.113	2.87	STD	40	1.13	1.69	0.084
				0.154	3.91	XS	80	1.47	2.20	
1	25	1.315	33.4	0.133	3.38	STD	40	1.68	2.50	0.105
				0.179	4.55	XS	80	2.17	3.24	
1-1/4	32	1.660	42.2	0.140	3.56	STD	40	2.27	3.39	0.132
				0.191	4.85	XS	80	3.00	4.47	
1-1/2	40	1.900	48.3	0.145	3.68	STD	40	2.72	4.05	0.152
				0.200	5.08	XS	80	3.63	5.41	
2	50	2.375	60.3	0.154	3.91	STD	40	3.65	5.44	0.190
				0.218	5.54	XS	80	5.02	7.48	
2-1/2	65	2.875	73.03	0.203	5.16	STD	40	5.79	8.63	0.229
				0.276	7.01	XS	80	7.66	11.41	
				0.375	9.52	-	160	-	-	
				0.552	14.02	XXS	-	-	-	
3	80	3.500	88.90	0.125	3.18	-	-	4.51	6.72	0.279
				0.156	3.96	-	-	5.57	8.29	
				0.188	4.78	-	-	6.65	9.92	
				0.216	5.49	STD	40	7.58	11.29	
				0.250	6.35	-	-	8.68	12.93	
				0.281	7.14	-	-	9.66	14.40	
4	100	4.500	114.30	0.125	3.18	-	-	5.84	8.71	0.359
				0.156	3.96	-	-	7.24	10.78	
				0.188	4.78	-	-	8.66	12.91	
				0.219	5.56	-	-	10.01	14.91	
				0.237	6.02	STD	40	10.79	16.07	
				0.250	6.35	-	-	11.35	16.90	
				0.281	7.14	-	-	12.66	18.87	
				0.312	7.92	-	-	13.98	20.78	
				0.337	8.56	XS	80	14.98	22.32	
				0.438	11.13	-	120	19.00	28.32	
				0.531	13.49	-	160	22.51	33.54	
0.674	17.12	XXS	-	27.54	41.03					
5	125	5.563	141.29	0.188	4.78	-	-	10.79	16.09	0.444
				0.219	5.56	-	-	12.50	18.61	
				0.258	6.55	STD	40	14.62	21.77	
				0.281	7.14	-	-	15.85	23.62	
				0.312	7.92	-	-	17.50	26.05	
				0.344	8.74	-	-	19.17	28.57	
0.375	9.52	XS	80	20.78	30.94					
6	150	6.625	168.28	0.188	4.78	-	-	12.92	19.27	0.529
				0.219	5.56	-	-	14.98	22.31	
				0.250	6.35	-	-	17.02	25.36	
				0.280	7.11	STD	40	18.97	28.26	
				0.312	7.92	-	-	21.04	31.32	
				0.344	8.74	-	-	23.08	34.39	
				0.375	9.52	-	-	25.02	37.28	
				0.432	10.97	XS	80	28.57	42.56	
				0.562	14.27	-	120	36.39	54.20	
				0.719	18.26	-	160	45.33	67.26	
				0.864	21.93	XXS	-	53.16	79.22	

Anexo B. Propiedades del agua saturada.

TABLA A-9

Propiedades del agua saturada

Temp., T °C	Presión de saturación, P _{sat} , kPa	Densidad, ρ kg/m ³		Entalpía de vaporización, h _{fg} , kJ/kg	Calor específico, c _p , J/kg · K		Conductividad térmica, k W/m · K		Viscosidad dinámica, μ kg/m · s		Número de Prandtl, Pr		Coeficiente de expansión volumétrica, β 1/K
		Líquido	Vapor		Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	
0.01	0.6113	999.8	0.0048	2 501	4 217	1 854	0.561	0.0171	1.792 × 10 ⁻³	0.922 × 10 ⁻⁵	13.5	1.00	-0.068 × 10 ⁻³
5	0.8721	999.9	0.0068	2 490	4 205	1 857	0.571	0.0173	1.519 × 10 ⁻³	0.934 × 10 ⁻⁵	11.2	1.00	0.015 × 10 ⁻³
10	1.2276	999.7	0.0094	2 478	4 194	1 862	0.580	0.0176	1.307 × 10 ⁻³	0.946 × 10 ⁻⁵	9.45	1.00	0.733 × 10 ⁻³
15	1.7051	999.1	0.0128	2 466	4 186	1 863	0.589	0.0179	1.138 × 10 ⁻³	0.959 × 10 ⁻⁵	8.09	1.00	0.138 × 10 ⁻³
20	2.339	998.0	0.0173	2 454	4 182	1 867	0.598	0.0182	1.002 × 10 ⁻³	0.973 × 10 ⁻⁵	7.01	1.00	0.195 × 10 ⁻³
25	3.169	997.0	0.0231	2 442	4 180	1 870	0.607	0.0186	0.891 × 10 ⁻³	0.987 × 10 ⁻⁵	6.14	1.00	0.247 × 10 ⁻³
30	4.246	996.0	0.0304	2 431	4 178	1 875	0.615	0.0189	0.798 × 10 ⁻³	1.001 × 10 ⁻⁵	5.42	1.00	0.294 × 10 ⁻³
35	5.628	994.0	0.0397	2 419	4 178	1 880	0.623	0.0192	0.720 × 10 ⁻³	1.016 × 10 ⁻⁵	4.83	1.00	0.337 × 10 ⁻³
40	7.384	992.1	0.0512	2 407	4 179	1 885	0.631	0.0196	0.653 × 10 ⁻³	1.031 × 10 ⁻⁵	4.32	1.00	0.377 × 10 ⁻³
45	9.593	990.1	0.0655	2 395	4 180	1 892	0.637	0.0200	0.596 × 10 ⁻³	1.046 × 10 ⁻⁵	3.91	1.00	0.415 × 10 ⁻³
50	12.35	988.1	0.0831	2 383	4 181	1 900	0.644	0.0204	0.547 × 10 ⁻³	1.062 × 10 ⁻⁵	3.55	1.00	0.451 × 10 ⁻³
55	16.76	985.2	0.1045	2 371	4 183	1 908	0.649	0.0208	0.504 × 10 ⁻³	1.077 × 10 ⁻⁵	3.25	1.00	0.484 × 10 ⁻³
60	19.94	983.3	0.1304	2 359	4 185	1 916	0.654	0.0212	0.467 × 10 ⁻³	1.093 × 10 ⁻⁵	2.99	1.00	0.517 × 10 ⁻³
70	31.19	977.5	0.1983	2 334	4 190	1 936	0.663	0.0221	0.404 × 10 ⁻³	1.126 × 10 ⁻⁵	2.55	1.00	0.578 × 10 ⁻³
75	38.58	974.7	0.2421	2 321	4 193	1 948	0.667	0.0225	0.378 × 10 ⁻³	1.142 × 10 ⁻⁵	2.38	1.00	0.607 × 10 ⁻³
80	47.39	971.8	0.2935	2 309	4 197	1 962	0.670	0.0230	0.355 × 10 ⁻³	1.159 × 10 ⁻⁵	2.22	1.00	0.653 × 10 ⁻³
85	57.83	968.1	0.3536	2 296	4 201	1 977	0.673	0.0235	0.333 × 10 ⁻³	1.176 × 10 ⁻⁵	2.08	1.00	0.670 × 10 ⁻³
90	70.14	965.3	0.4235	2 283	4 206	1 993	0.675	0.0240	0.315 × 10 ⁻³	1.193 × 10 ⁻⁵	1.96	1.00	0.702 × 10 ⁻³
95	84.55	961.5	0.5045	2 270	4 212	2 010	0.677	0.0246	0.297 × 10 ⁻³	1.210 × 10 ⁻⁵	1.85	1.00	0.716 × 10 ⁻³
100	101.33	957.9	0.5978	2 257	4 217	2 029	0.679	0.0251	0.282 × 10 ⁻³	1.227 × 10 ⁻⁵	1.75	1.00	0.750 × 10 ⁻³
110	143.27	950.6	0.8263	2 230	4 229	2 071	0.682	0.0262	0.255 × 10 ⁻³	1.261 × 10 ⁻⁵	1.58	1.00	0.798 × 10 ⁻³
120	198.53	943.4	1.121	2 203	4 244	2 120	0.683	0.0275	0.232 × 10 ⁻³	1.296 × 10 ⁻⁵	1.44	1.00	0.858 × 10 ⁻³
130	270.1	934.6	1.496	2 174	4 263	2 177	0.684	0.0288	0.213 × 10 ⁻³	1.330 × 10 ⁻⁵	1.33	1.01	0.913 × 10 ⁻³
140	361.3	921.7	1.965	2 145	4 286	2 244	0.683	0.0301	0.197 × 10 ⁻³	1.365 × 10 ⁻⁵	1.24	1.02	0.970 × 10 ⁻³
150	475.8	916.6	2.546	2 114	4 311	2 314	0.682	0.0316	0.183 × 10 ⁻³	1.399 × 10 ⁻⁵	1.16	1.02	1.025 × 10 ⁻³
160	617.8	907.4	3.256	2 083	4 340	2 420	0.680	0.0331	0.170 × 10 ⁻³	1.434 × 10 ⁻⁵	1.09	1.05	1.145 × 10 ⁻³
170	791.7	897.7	4.119	2 050	4 370	2 490	0.677	0.0347	0.160 × 10 ⁻³	1.468 × 10 ⁻⁵	1.03	1.05	1.178 × 10 ⁻³
180	1 002.1	887.3	5.153	2 015	4 410	2 590	0.673	0.0364	0.150 × 10 ⁻³	1.502 × 10 ⁻⁵	0.983	1.07	1.210 × 10 ⁻³
190	1 254.4	876.4	6.388	1 979	4 460	2 710	0.669	0.0382	0.142 × 10 ⁻³	1.537 × 10 ⁻⁵	0.947	1.09	1.280 × 10 ⁻³
200	1 553.8	864.3	7.852	1 941	4 500	2 840	0.663	0.0401	0.134 × 10 ⁻³	1.571 × 10 ⁻⁵	0.910	1.11	1.350 × 10 ⁻³
220	2 318	840.3	11.60	1 859	4 610	3 110	0.650	0.0442	0.122 × 10 ⁻³	1.641 × 10 ⁻⁵	0.865	1.15	1.520 × 10 ⁻³
240	3 344	813.7	16.73	1 767	4 760	3 520	0.632	0.0487	0.111 × 10 ⁻³	1.712 × 10 ⁻⁵	0.836	1.24	1.720 × 10 ⁻³
260	4 688	783.7	23.69	1 663	4 970	4 070	0.609	0.0540	0.102 × 10 ⁻³	1.788 × 10 ⁻⁵	0.832	1.35	2.000 × 10 ⁻³
280	6 412	750.8	33.15	1 544	5 280	4 835	0.581	0.0605	0.094 × 10 ⁻³	1.870 × 10 ⁻⁵	0.854	1.49	2.380 × 10 ⁻³
300	8 581	713.8	46.15	1 405	5 750	5 980	0.548	0.0695	0.086 × 10 ⁻³	1.965 × 10 ⁻⁵	0.902	1.69	2.950 × 10 ⁻³
320	11 274	667.1	64.57	1 239	6 540	7 900	0.509	0.0836	0.078 × 10 ⁻³	2.084 × 10 ⁻⁵	1.00	1.97	—
340	14 586	610.5	92.62	1 028	8 240	11 870	0.469	0.110	0.070 × 10 ⁻³	2.255 × 10 ⁻⁵	1.23	2.43	—
360	18 651	528.3	144.0	720	14 690	25 800	0.427	0.178	0.060 × 10 ⁻³	2.571 × 10 ⁻⁵	2.06	3.73	—
374.14	22 090	317.0	317.0	0	—	—	—	—	0.043 × 10 ⁻³	4.313 × 10 ⁻⁵	—	—	—

Anexo C. Propiedades de metales sólidos.

TABLA A-3

Propiedades de metales sólidos

Composición	Punto de fusión, K	Propiedades a 300 K				Propiedades a varias temperaturas (K), $k(\text{W/m} \cdot \text{K})/c_p(\text{J/kg} \cdot \text{K})$					
		ρ kg/m ³	c_p J/kg · K	k W/m · K	$\alpha \times 10^6$ m ² /s	100	200	400	600	800	1 000
Aluminio:											
Puro	933	2 702	903	237	97.1	302	237	240	231	218	
						482	798	949	1 033	1 146	
Aleación 2024-T6 (4.5% Cu, 1.5% Mg, 0.6% Mn)	775	2 770	875	177	73.0	65	163	186	186		
Aleación 195, fundido (4.5% Cu)		2 790	883	168	68.2	473	787	925	1 042		
Berilio	1 550	1 850	1 825	200	59.2	990	301	161	126	106	90.8
						203	1 114	2 191	2 604	2 823	3 018
Bismuto	545	9 780	122	7.86	6.59	16.5	9.69	7.04			
						112	120	127			
Boro	2 573	2 500	1 107	27.0	9.76	190	55.5	16.8	10.6	9.60	9.85
Germanio	1 211	5 360	322	59.9	34.7	232	96.8	43.2	27.3	19.8	17.4
						190	290	337	348	357	375
Oro	1 336	19 300	129	317	127	327	323	311	298	284	270
						109	124	131	135	140	145
Iridio	2 720	22 500	130	147	50.3	172	153	144	138	132	126
						90	122	133	138	144	153
Hierro:											
Puro	1 810	7 870	447	80.2	23.1	134	94.0	69.5	54.7	43.3	32.8
						216	384	490	574	680	975
Armco (99.75% puro)		7 870	447	72.7	20.7	95.6	80.6	65.7	53.1	42.2	32.3
						215	384	490	574	680	975
Aceros al carbono:											
Simple al carbono (Mn ≤ 1%, Si ≤ 0.1%)		7 854	434	60.5	17.7			56.7	48.0	39.2	30.0
								487	559	685	1 169
AlSi 1010		7 832	434	63.9	18.8			58.7	48.8	39.2	31.3
								487	559	685	1 168
Al carbono-silicio (Mn ≤ 1%, 0.1% < Si ≤ 0.6%)		7 817	446	51.9	14.9			49.8	44.0	37.4	29.3
								501	582	699	971

Anexo D. Propiedades de materiales aislantes.

TABLA A-6

Propiedades de materiales aislantes
(a una temperatura media de 24°C)

Material	Espesor, L mm	Densidad, ρ kg/m ³	Conductividad térmica, k W/m · K	Calor específico, c_p kJ/kg · K	Valor R (para los espesores de la lista, L/λ), K · m ² /W
Colcha y lámina					
Fibra mineral (forma fibrosa)	50 a 70 mm	4.8-32	—	0.71-0.96	1.23
procesada a partir de roca, escoria o vidrio)	75 a 90 mm	4.8-32	—	0.71-0.96	1.94
	135 a 165 mm	4.8-32	—	0.71-0.96	3.32
Tablero y losa					
Vidrio celular		136	0.055	1.0	—
Fibra de vidrio (ligamento orgánico)		64-144	0.036	0.96	—
Poliestireno expandido (bolitas moldeadas)		16	0.040	1.2	—
Poliuretano expandido (R -11 expandido)		24	0.023	1.6	—
Perlita expandida (ligamento orgánico)		16	0.052	1.26	—
Caucho expandido (rígido)		72	0.032	1.68	—
Fibra mineral con aglomerante de resina		240	0.042	0.71	—
Corcho		120	0.039	1.80	—
Rociado o formado en el sitio					
Espuma de poliuretano		24-40	0.023-0.026	—	—
Fibra de vidrio		56-72	0.038-0.039	—	—
Uretano, mezcla de dos partes (espuma rígida)		70	0.026	1.045	—
Gránulos de lana mineral con aglomerantes de asbesto/inorgánico (rociado)		190	0.046	—	—
Relleno flojo					
Fibra mineral (de roca, escoria o vidrio)	~ 75 a 125 mm	9.6-32	—	0.71	1.94
	~165 a 222 mm	9.6-32	—	0.71	3.35
	~191 a 254 mm	—	—	0.71	3.87
	~185 mm	—	—	0.71	5.28
Aerogel de sílice		122	0.025	—	—
Vermiculita (expandida)		122	0.068	—	—
Perlita (expandida)		32-66	0.039-0.045	1.09	—
Aserrín o virutas		128-240	0.065	1.38	—
Aislamiento celulósico (papel molido o pulpa de madera)		37-51	0.039-0.046	—	—
Aislamiento para techo					
Vidrio celular	—	144	0.058	1.0	—
Preformado, para usarse arriba del tablero	13 mm	—	—	1.0	0.24
	25 mm	—	—	2.1	0.49
	50 mm	—	—	3.9	0.93
Aislamiento reflector					
Polvo sílice (al vacío)		160	0.0017	—	—
Hoja de aluminio separando colchones de vidrio esponjoso; 10 a 12 capas (al vacío); para aplicaciones criogénicas (150 K)		40	0.00016	—	—
Hoja de aluminio y laminado de vidrio y papel; 75 a 150 capas; para aplicaciones criogénicas (150 K)		120	0.000017	—	—

Anexo E. Valores típicos del coeficiente de transferencia de calor por convección.

TABLA 1-5	
Valores típicos del coeficiente de transferencia de calor por convección	
Tipo de convección	$h, \text{W/m}^2 \cdot \text{K}$
Convección libre de gases	2–25
Convección libre de líquidos	10–1 000
Convección forzada de gases	25–250
Convección forzada de líquidos	50–20 000
Ebullición y condensación	2 500–100 000

Anexo G. Juntas de bridas.

Novaform SK

Material especial exento de amianto con inserción de malla de acero 1.0314.



■ Aplicaciones Típicas

- Para condiciones mecánicas y térmicas extremas, especialmente en instalaciones de gases de escape, turbo compresores y compresores.
- Usar preferiblemente en combinación con envoltura metálica.

Información Técnica

[Valores obtenidos sobre un material de 2 mm. de espesor]

■ Características del material

	E ensayo	Normas	Unidades	Valor
Datos generales relativos a la composición	Aglomerante			NR/NBR
	Recubrimiento antiadh.			no estándar
	Color			ambas caras negras (gris oscuro)
Propiedades físicas para una muestra de espesor 2,0 mm.	Densidad	DIN 28 090-2	[g/cm ³]	1,80 ± 0,15
	Resistencia a la tracción	DIN 52 910	[N/mm ²]	≈ 22*
			[N/mm ²]	≈ 22*
	Resistencia a la comp.	DIN 52 913	[N/mm ²]	≈ 42*
			[N/mm ²]	≈ 40*
	Compresibilidad	ASTM F 36 J	[%]	10...25
	Recuperación	ASTM F 36 J	[%]	≈ 40*
	Resistencia a los medios ASTM IRM 903	5 h / 150 °C	[%]	≤ 30
			[%]	≤ 10
	Resistencia a la tracción, transversal		[N/mm ²]	≈ 22*
	ASTM Fuel B	5 h / 23 °C	[%]	≤ 25
	Cambio en peso		[%]	≤ 10
[N/mm ²]			≈ 22*	
REFRIGERANTE :				
AGUA (50:50)	5 h / 100 °C	[%]	≤ 30	
Cambio en peso		[%]	≤ 10	
Resistencia a la tracción, transversal		[N/mm ²]	≈ 22*	
GAS OIL				
Cambio en peso	5 h / 23 °C	[%]	≤ 30	
Cambio en espesor		[%]	≤ 10	
Resistencia a la tracción, transversal		[N/mm ²]	≈ 22*	

* Valor típico de ensayo en probetas de 7 mm.

■ Dimensiones de fabricación

Espesor plancha (mm.)	Códigos	
	1000 x 1000 mm.	1000 x 1500 mm.
0,8	466.754	*
1	392.759	*
1,2	*	*
1,5	409.605	*
2	458.093	*
3	568.398	*

* Los muelles sin codificar están disponibles bajo pedido

■ Límites de aplicación recomendados

Gases

