



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

**Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Mecánica**

Análisis de la Red de Aire Comprimido Planta de Harina Camanchaca S.A.

**Seminario de Título presentado en
conformidad a los requisitos para
obtener el título de Ingeniero de
Ejecución en Mecánica.**

**Profesor Guía:
Sr. Juan Martin Hardessen
Ingeniero Supervisor:
Sr. Mauricio Rojas Bousoño**

Diego Alonso Jiménez Montalba

Cristian José Soto Benítez

2 0 1 4

TABLA DE CONTENIDOS

• Capítulo 1) Introducción	1
○ 1.1 Generalidades	
○ 1.2 Objetivos	2
• Capítulo 2) Proceso Productivo	3
○ 2.1 Introducción	
○ 2.2 Descripción de la empresa	
○ 2.3 Descripción del proceso productivo	4
○ 2.4 Etapas del proceso productivo	6
▪ Proceso productivo de la harina de pescado	7
▪ Proceso productivo del aceite de pescado	8
• Capítulo 3) Marco teórico	10
○ 3.1 Introducción	
○ 3.2 Generalidades del aire comprimido	11
▪ 3.2.1 Compresor de tornillo con inyección de aceite	12
▪ 3.2.2 Dimensionamiento del compresor	14
○ 3.3 Distribución del aire comprimido	15
▪ 3.3.1 Clasificación de redes de aire comprimido	18
▪ 3.3.2 Dimensionamiento de la red	20
▪ 3.3.3 Pérdida de carga	
○ 3.4 Tratamiento del aire comprimido	23
▪ 3.4.1 Tratamiento a la salida del compresor	
▪ 3.4.2 Tratamiento en el punto de aplicación	29
• Capítulo 4) Situación Actual	32
○ 4.1 Introducción	
○ 4.2 Equipos compresores en planta	
○ 4.3 Consumidores de aire comprimido en planta	33
○ 4.4 Demanda de aire	35
▪ 4.4.1 Ejemplos de Cálculo	38
○ 4.5 Caídas de presión	40
▪ 4.5.1 Ejemplo de Cálculo	41

○ 4.6 Cálculo de condensado	41
○ 4.7 Acumulador	43
● Capítulo 5) Diagnóstico y propuestas	45
○ 5.1 Introducción	
○ 5.2 Levantamiento	
○ 5.3 Consumos	47
○ 5.4 Caídas de presión	
○ 5.5 Condensado	48
○ 5.6 Acumulador	
○ 5.7 Mantención	49
● Capítulo 6) Conclusión	51
● Capítulo 7) Bibliografía	53
● Capítulo 8) Anexos	54
○ Normas	A
○ Planillas de Cálculo	B
○ Diagramas	C
○ Planos	D

CAPÍTULO 1) INTRODUCCIÓN

1.1) GENERALIDADES

Camanchaca Pesca Sur S.A. es una de las pesqueras líderes dentro del mercado nacional, la empresa está ubicada en Coronel y dentro de su línea productiva cuenta con la producción de conserva y la elaboración de aceite y harina de pescado, teniendo jurel y sardina como materia prima. La capacidad de producción de conserva es en promedio de 14.000 cajas diarias, mientras que se procesan alrededor de 2.200 toneladas diarias de materia prima para la preparación de aceite y harina de pescado, siendo este último producto el de interés para este informe.

La producción de Harina de pescado, resumidamente, parte en los secadores, cuya misión es bajar la humedad con la que viene, cuando se llega al valor deseado, sigue teniendo una temperatura muy alta para ser envasada, por lo que pasa por un proceso de enfriamiento, posteriormente pasa por el molino que es el encargado de darle la granulometría requerida, para ser finalmente envasada en el ensaque, no sin antes aplicarle un anti óxido para quitare la oxidación debido a sus grasas. En cada una de estas etapas forma parte primordial para su debido funcionamiento la red de aire comprimido, centro del estudio de este trabajo.

La actual red aire comprimido funciona relativamente bien en la actualidad, no presenta grandes fallas, pero a la supervisión le preocupa la falta de información que se tiene acerca de la misma, que les impide de plano pensar en alguna futura ampliación, ya que no se cuentan con planos de la distribución de la red, ni se saben los reales consumos de los equipos neumáticos, interrogantes que se pretenden resolver a través de ensayos empíricos y cálculos que se puedan realizar dentro de la planta para generar un levantamiento de la actual red de aire comprimido.

Paralelamente se hará un estudio general de la línea de aire, revisando las pérdidas de carga que se producen en su funcionamiento y se analizará el

condensado que se genera en busca de conocer el real estado de la actual red y proponer las mejoras pertinentes.

1.2) OBJETIVOS

1.2.1) Objetivo General

- Analizar la actual red de aire comprimido de la Planta de Harina de la empresa CAMANCHACA PESCA SUR S.A. para caracterizarla y realizar un levantamiento.

1.2.2) Objetivos Específicos

- Realizar un levantamiento de la actual red de aire comprimido.
- Hacer un estudio de necesidades de cada uno de los equipos y componentes de la actual red de aire comprimido y de posibles consumos futuros.
- Proponer soluciones a los eventuales problemas que se detecten, incluyendo un rediseño si es necesario.
- Revisar y proponer mejoras al plan de mantención del sistema de generación y distribución del aire comprimido.

CAPÍTULO 2) PROCESO PRODUCTIVO

2.1) INTRODUCCIÓN

Para entender de mejor manera las necesidades que debe satisfacer la Línea de Aire Comprimido en la Planta de Harina es muy importante conocer acerca de su proceso productivo. Este capítulo, junto con mostrar una descripción corporativa de la empresa, detalla de manera simple las etapas de producción desde que la materia prima llega a los pozos de recepción hasta que es envasado.

2.2) DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Camanchaca Pesca Sur S.A. es una empresa de la región del Biobío, ubicada en la ciudad de Coronel, dedicada a la producción de conserva, harina y aceite de pescado, utilizando como materia prima el jurel y la sardina.

Camanchaca Pesca Sur S.A es una de las principales pesqueras del país, en Coronel consta de dos plantas; planta conserva, con una capacidad de producción de 14.000 cajas diarias promedio, y planta de harina y aceite de pescado, con capacidad de proceso de 2.200 toneladas diarias de materia prima, en el presente trabajo solo se estudiara esta última . Sus procesos productivos se respaldan con certificaciones ISO 9001 e IFFO RS (*Véase Anexo A*).

Además de los productos obtenidos, que en su mayoría son exportados, parte de ellos se utilizan en Chile para la fabricación, principalmente de alimento para perros como es el caso de la harina de pescado.

Con miras hacia el futuro, Camanchaca S.A, ha ido renovándose en términos tecnológicos, con lo cual también ha ido buscando permanentemente estar a la vanguardia a nivel de las pesqueras, y ser lo más eficaz y eficiente.



Figura 2.1 (A) Harina de pescado; (B) aceite de pescado

2.3) DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

Los pasos principales del proceso son cocción para la coagulación de la proteína liberando de este modo el agua y el aceite ligados, separación por prensado del producto coagulado produciendo una fase sólida (Torta de Prensa), una fase líquida (Licor de Prensa) conteniendo agua y el resto de los sólidos (aceite, proteína disuelta o suspendida, vitaminas y minerales). La parte principal de los lodos en el Licor de Prensa es removida por centrifugación en un Decanter y el aceite es subsecuentemente extraído por centrifugación. El Agua de Cola es concentrada en un evaporador multiefecto y el Concentrado es mezclado vigorosamente con la Torta de Prensa, la cual es luego deshidratada en tres etapas de secado (S. Rotadisco – S. Rotatubos – Finisher). El material seco es molido y almacenado en sacos. El aceite es almacenado en estanques.

En la figura 2.2 se muestra un esquema del proceso productivo que se lleva a cabo en la planta de harina, el cual se divide en dos partes, uno es el proceso del sólido (harina de pescado) y el otro es el proceso del líquido (aceite de pescado), que se detallaran a continuación.

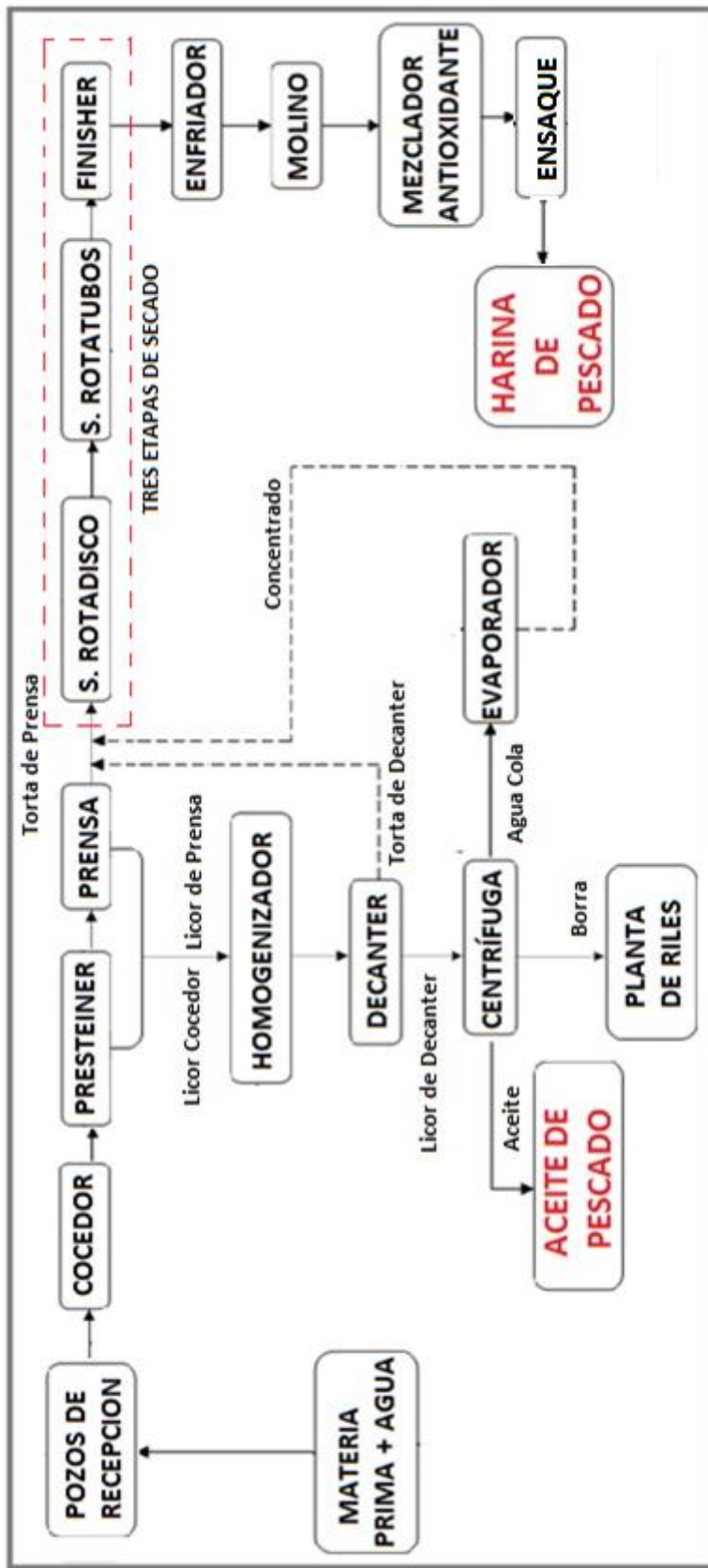


Figura 2.2. Esquema del proceso productivo de aceite y harina de pescado.

2.4) ETAPAS DEL PROCESO PRODUCTIVO DE HARINA Y ACEITE DE PESCADO

Pozos de Recepción: El proceso productivo se inicia una vez que la planta ha recibido la Materia Prima, la cual es almacenada en los Pozos de Recepción para ser analizada y medir su grado de frescura, a través de la determinación del TVN (Nitrógeno Total Volátil). Este índice cuantifica las bases nitrogenadas producidas durante el proceso de deterioro del pescado, y por lo tanto discrimina calidades del producto final.

Cocedor: La Materia Prima ingresa al cocedor y es sometida a un proceso térmico (indirecto) con el fin de detener la actividad microbiológica responsable de la degradación y coagular las proteínas en fase sólida, permitiendo la separación del aceite y los residuos viscosos líquidos.

Presteiner: Aquí se realiza la primera separación de sólido y líquido mediante un tornillo sinfín, con una malla perforada tipo cilíndrica, la cual permite el escurrimiento de líquidos. El líquido (Licor de Prensa) va al Homogenizador, mientras que la fase sólida va a Prensa para una nueva etapa de separación.

Prensa: Esta etapa corresponde a un prensado mecánico de la fase sólida a la salida del Presteiner, la cual proporciona el Licor de Prensa, que corresponde a la fase líquida y la Torta de Prensa que constituye la fase sólida.

- La harina y el aceite de pescado comparten los cuatro primeros pasos del proceso, vale decir, Pozos de recepción, Cocedor, Presteiner y Prensa. En esta última etapa se separan los dos elementos de los procesos productivos, la Torta de Prensa para elaborar harina y el Licor de Prensa para el aceite.

2.4.1) PROCESO PRODUCTIVO DE LA HARINA DE PESCADO

Secadores: El secado se realiza de forma indirecta y se lleva a cabo mediante tres etapas, pasando por tres tipos de secadores distintos, todos ellos del tipo rotatorio y sus nombres son:

- **Secador Rotadisco.**
- **Secador Rotatubos.**
- **Secador Finisher.**

El propósito del secado es convertir una mezcla húmeda e inestable de Torta de Prensa, Torta de Decanter y Concretado en harina de pescado seca y estable. En la práctica, esto significa secar hasta un contenido de humedad menor al 10%, el cual generalmente puede considerarse suficientemente bajo como para que haya existencia de actividad microbiológica. La temperatura de material secado no debe exceder los 90 [°C] para no deteriorar los niveles nutricionales.

Enfriador: Después del secado la harina sale con la humedad deseada, pero a una temperatura no conveniente para ser envasada inmediatamente. Por ello es que se les disminuye la temperatura en un enfriador rotatorio a valores menores de 30 [°C].

Molino: Su objetivo es dar la granulometría a la harina, la cual depende del estado de los martillos, las mallas y de la humedad de la harina. Si la humedad es superior al 8% se dificulta el proceso de molienda por la elasticidad que posee ésta. La harina húmeda al salir de la molienda se envía nuevamente a los cocedores.

Mezclador antioxidante: Por lo general, la harina de pescado sufre oxidación de sus grasas, por ser un producto higroscópico (absorción de humedad) y absorbe

oxígeno, por lo cual se le añade antioxidante líquido pulverizado con aire comprimido antes de ser envasado.

Ensaque: Una vez agregado el antioxidante, la harina pasa a la etapa de envasado, en ésta se introduce en sacos según la necesidad de cada cliente.

En esta etapa es muy importante la participación del Laboratorio de Control de Calidad, ya que extrae las muestras necesarias para efectuar los correspondientes análisis de proteína, grasa, humedad, TVN y otros parámetros que permiten caracterizar la harina de acuerdo a las calidades definidas.

2.4.2) PROCESO PRODUCTIVO DEL ACEITE DE PESCADO

Homogenizador: Su función es recibir tanto el Licor de Prensa como el Licor del Cocedor y mantenerlos a una temperatura entre 90 y 95 [°C] y así realizar una mezcla uniforme entre los dos licores.

Decanter: Debido a que se necesita eliminar el alto porcentaje de grasa, sólidos y agua que arrastra el líquido que sale del Homogenizador, éste es introducido al Decanter, que es una centrífuga de eje horizontal que permite separar el sólido del líquido. La fase sólida catalogada Torta de Decanter se agrega a la Torta de Prensa y sigue su camino a los secadores. Por su parte, el líquido o Licor de Decanter que contiene grasa y agua fundamentalmente, es enviada a las centrifugas.

Centrífuga: El Licor de Decanter es precalentado a una temperatura de 95 [°C], facilitando de esta manera la separación de sus componentes líquidos (fase acuosa y aceite) para enseguida ingresar a las centrifugas. La función de estas máquinas con eje vertical, es separar del licor el aceite con muy poca humedad (menor al 0.3%), el cual es almacenado en estanques, dejando un agua con baja grasa y sólidos designada Agua Cola que se envía a un evaporador.

Evaporador: Cuando los Decanter y centrifugas han removido la mayor parte del aceite y sólidos suspendidos del licor de prensa, llegando al Agua Cola. Además de agua, contiene los siguientes elementos:

- Proteína disuelta.
- Minerales.
- Vitaminas.
- Grasas.

Para recuperar el sólido del Agua Cola, se debe eliminar gran parte del agua mediante evaporación y eliminación del agua contenida. El licor obtenido en este proceso se conoce como Concentrado y se mezcla con la Torta de Prensa y Torta de Decanter para la elaboración de la harina de pescado.

CAPÍTULO 3) MARCO TEÓRICO

3.1) INTRODUCCIÓN

El esquema básico de una instalación de aire comprimido responde a una estructura compuesta por un compresor, un equipo receptor final y una conducción que enlaza ambos puntos y que conduce el aire comprimido desde el compresor hasta el equipo consumidor. Aunque en su concepción más elemental responden a este esquema, presentan una complejidad bastante más elevada.

Para producir aire comprimido se utilizan compresores, los cuales elevan la presión del aire haciéndolo fluir a los distintos puntos de consumo. Existen variados tipos de compresores, y cada uno de ellos tiene una característica que los hace idóneos para un determinado tipo de aplicación.

El aire tal y como sale del compresor es prácticamente inutilizable, ya que lleva en suspensión impurezas atmosféricas, agua y restos de aceite, además de encontrarse a altas temperaturas debido al proceso de compresión, lo cual traerá como consecuencia el deterioro de los equipos y maquinas neumáticas, por lo que es necesario un tratamiento del aire que lo acondicione a estándares aceptables dependiendo de su uso y con ello asegurar un buen funcionamiento de los equipos y reducir los costos de mantención.

Además del tratamiento de aire, es necesario un dimensionamiento adecuado de los ductos y accesorios en el cual se trasportara el aire a lo largo de la red, un mal diseño de éste traerá como consecuencia caídas de presión elevadas.

Antes que el aire sea conducido a las canalizaciones finales, es almacenado en depósitos y acumuladores que, además de asegurar un cierto abastecimiento, eliminan las fluctuaciones de presión que se producen, tanto en los compresores, como en las maquinas neumática.

A continuación se dará a conocer aquellos aspectos más relevantes de la generación, distribución y requerimientos de una red de aire comprimido.

3.2) GENERACIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO

Los compresores son los componentes principales en la producción de aire comprimido. Se montan en un recinto especialmente acondicionado, aunque el uso cada vez más frecuente de compresores sofisticados y silenciosos da mayor flexibilidad a la instalación. El ruido ya no presenta un problema, y además, el propio equipo del compresor trae incorporado sistemas de refrigeración para el aire comprimido, como para el aceite de la cámara de compresión.

Los parámetros fundamentales de un compresor son el caudal suministrado y la presión de trabajo. Estas características en la mayoría de las veces se facilitan en condiciones de aire a la presión atmosférica y temperatura normal (1.013 Pa y 20 °C respectivamente).

Existen variados tipos de compresores, y cada uno de ellos tiene una característica que los hace idóneos para un determinado tipo de aplicación y pueden ser clasificados atendiendo a su principio de funcionamiento y características particulares

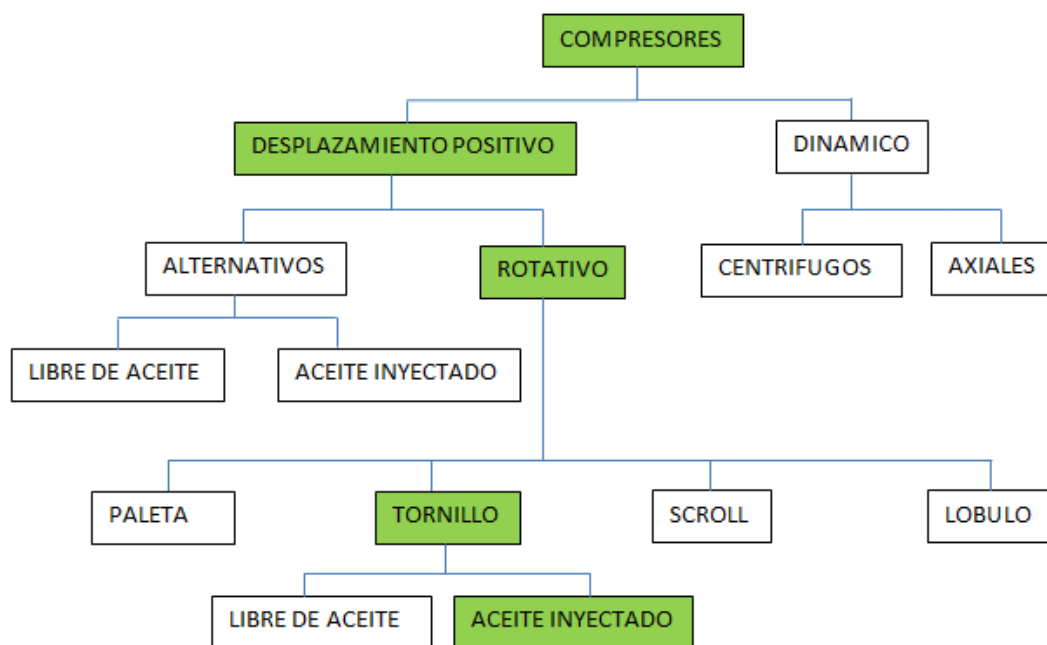


Figura 3.1 Diagrama esquemático de la clasificación de los compresores

La empresa posee en su red dos compresores de tornillo con inyección de aceite, por lo que se detallara solo éste tipo de compresor.

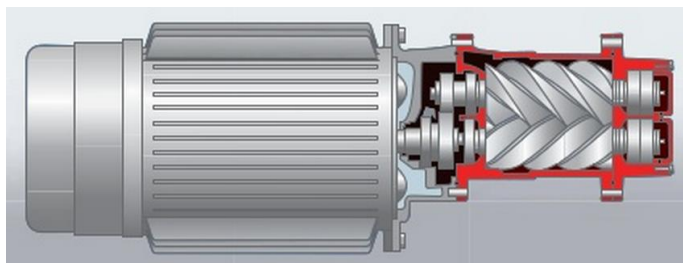


Figura 3.2 Compresor de tornillo rotativo con inyección de aceite

3.2.1) COMPRESOR DE TORNILLO CON INYECCIÓN DE ACEITE

El principio de compresión de un compresor de desplazamiento rotativo en forma de tornillo se desarrolló durante la década de 1930, cuando surgió la necesidad de un compresor rotativo que ofreciera un caudal elevado y estable en condiciones de presión variable.

Las piezas principales del elemento de tornillo son los rotores macho y hembra, que giran en direcciones opuestas mientras disminuye el volumen entre ellos y la carcasa. Cada elemento de tornillo tiene una relación de presiones integrada fija que depende de su longitud, del peso del tornillo y de la forma de la lumbrera de descarga. Para lograr la máxima eficiencia, la relación de presiones integrada se debe adaptar a la presión de trabajo requerida.

El compresor de tornillo no está equipado generalmente con válvulas y no tiene fuerzas mecánicas que ocasionen desequilibrio. Esto significa que puede funcionar con una alta velocidad del eje y puede combinar un gran caudal con unas pequeñas dimensiones físicas del compresor. La fuerza axial, que depende

de la diferencia de presión entre la entrada y la salida, debe ser absorbida por los rodamientos.

En los compresores de tornillo con inyección de líquido, se inyecta un líquido en la cámara de compresión y a veces en los rodamientos del compresor. Su función es enfriar y lubricar las piezas móviles del elemento compresor, enfriar el aire que se comprime internamente y reducir las fugas de retorno a la aspiración. En la actualidad, el aceite es el líquido más habitual debido a sus buenas propiedades de lubricación y sellado, aunque también se emplean otros líquidos, como agua o polímeros.

Es posible fabricar elementos compresores de tornillo con inyección de líquido para una alta relación de presiones, siendo suficiente normalmente una etapa de compresión para presiones de hasta 14 bar e incluso 17 bar, aunque a costa de reducir la eficiencia energética.

Cabe mencionar que para efectos de cálculo todos los caudales deben estar expresado en condiciones normales (NI/min), esto quiere decir temperatura y presión de 0 °C y 1.013 bar respectivamente. En el caso de los compresores generalmente los fabricantes entregan el valor del caudal en la condición de “aire libre suministrado” (FAD), por lo que hay que recurrir a la siguiente fórmula para hacer la conversión.

$$Q_{FAD} = Q_N \cdot \frac{T_{FAD}}{T_N} \cdot \frac{P_N}{P_{FAD}} \quad [3.1]$$

Dónde:

Q_{FAD} = Caudal de aire libre [l/s]

Q_N = Caudal volumétrico normal [NI/s]

T_{FAD} = Temperatura estándar de admisión en Kelvin [20°C]

T_N = Temperatura normal de referencian en Kelvin [0°C]

P_{FAD} = Presión estándar de admisión [1 bar]

P_N = Presión normal de referencia [1.013 bar]

“Téngase en cuenta que en fórmula expresada anteriormente no tiene en cuenta la humedad”

3.2.2) DIMENSIONAMIENTO DEL COMPRESOR

La elección de un determinado tipo de compresor fundamentalmente debe estar basada en el tipo de aplicación que va a alimentar y los requerimientos de la misma, siendo los factores más importantes la presión de trabajo y la demanda de aire.

- **Cálculo de la presión de trabajo**

Los equipos consumidores de aire comprimido en una instalación determinan la presión de trabajo requerida en la red.

La correcta presión de servicio no depende solo del compresor, sino también del diseño de la red de aire comprimido, tuberías, válvulas, secadores de aire, filtros, etc. Ya que todos estos factores incluyen una caída de presión, la cual hay que tener en consideración al momento del cálculo.

Diferentes tipos de equipos pueden exigir diferentes presiones dentro del mismo sistema. Normalmente, la presión más alta determina la presión requerida en la instalación y otros equipos de presión más baja se instalaran con válvulas reguladoras de presión en el punto de consumo. En casos extremos, éste método

puede ser poco rentable y en este caso puede ser una solución el empleo de un compresor independiente para necesidades específicas.

Tomando la presión requerida por la aplicación del consumidor final y sumándole todas las caídas de presión entre el compresor y el punto de consumo, se obtiene la presión necesaria de producción en el compresor.

- **Cálculo de la demanda de aire**

El consumo nominal de aire comprimido se determina en función de los distintos consumidores. Se calcula sumando el consumo de todas las herramientas, máquinas y procesos que se conectaran, teniendo en cuenta su factor de utilización. Según el “Manual Técnico de Aire Comprimido” deben tenerse en cuenta las fugas (10%) y los cambios previsibles en el futuro (20%).

3.3) DISTRIBUCIÓN DE AIRE COMPRIMIDO

Se entiende por red de aire comprimido al conjunto de todas las tuberías y accesorios que parten desde el acumulador, fijamente unidas entre sí y que conducen el aire comprimido a los puntos de toma para los equipos consumidores individuales. Los criterios principales de una red son la velocidad de circulación y la caída de presión en las tuberías y accesorios.

Una red de aire comprimido se puede dividir en cinco partes principales:

- **Acumulador**
- **Tubería principal o colector general.**
- **Tuberías secundarias.**
- **Tuberías de servicio.**
- **Accesorios de tubería**

El **acumulador** de aire comprimido es un depósito que conserva el aire que sale del compresor y lo almacena para ser usado posteriormente por los centros de consumo. Su importancia radica en mantener una presión relativamente estable, hecho que no asegura en todo momento el compresor, a su vez, disminuye los ciclos de funcionamiento del compresor. En una instalación, pueden incluirse uno o más receptores (acumuladores o tanques pulmón) de almacenamiento de aire. Su tamaño se calcula en función de la capacidad del compresor, el sistema de regulación y los requisitos del patrón de consumo de aire. El depósito de aire forma una zona de almacenamiento intermedio para el aire comprimido que absorbe las variaciones debidas al funcionamiento intermitente del compresor, enfría el aire y acumula la condensación. En consecuencia, el acumulador de aire debe estar equipado con un dispositivo de drenaje de condensados.

Para el dimensionamiento del volumen del acumulador el “Manual Técnico de Aire Comprimido” recomienda la siguiente relación:

$$V = \frac{0.25 \cdot q_c \cdot p_1}{f_{max} \cdot (p_V - p_L)} \quad [3.2]$$

Dónde:

- V = Volumen del aire del receptor [l]
- q_c = Capacidad del compresor [l/s]
- p_1 = Presión de aspiración de compresor [bar_{abs}]
- $(P_V - P_L)$ = Diferencia de presión entre carga y descarga [bar]
- f_{max} = Máxima frecuencia de carga [ciclos/s]

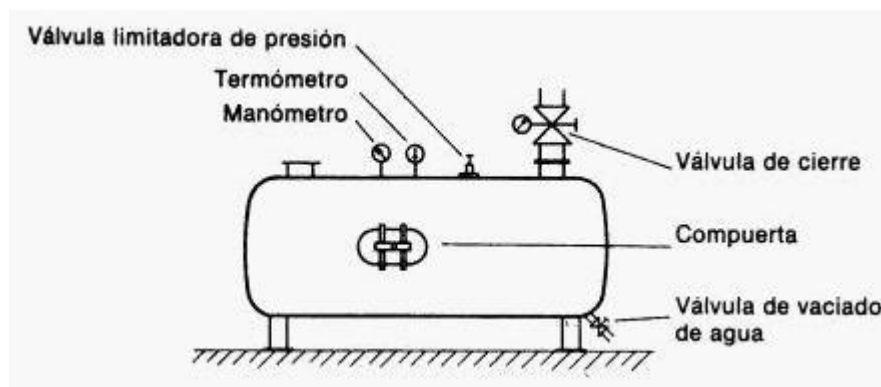


Figura 3.3 Acumulador de aire y componentes.

La **tubería principal** es la que sale del acumulador, y canaliza la totalidad del caudal de aire. Debe tener el mayor diámetro de las tuberías de la red. La velocidad máxima del aire que pasa por ella, no debe sobrepasar los 8 (m/s).

Las **tuberías secundarias** toman el aire de la tubería principal, ramificándose por las zonas de trabajo, de las cuales salen las tuberías de servicio el caudal que pasa por ellas, es igual a la suma del caudal de todos los puntos de consumo. La velocidad que pasa por ella, debe encontrarse entre 10 a 15 (m/s).

Las **tuberías de servicio** son las que alimentan los equipos neumáticos. Llevan acoplamientos de cierre rápido, e incluyen las mangueras de aire y los grupos filtro-regulador-lubricador (FRL). La velocidad máxima recomendada está comprendida entre 15 a 20 (m/s). Se deben evitar tuberías de diámetro inferior a ½", ya que corre el riesgo de obstruirse.

Los **accesorios de tubería** son todos los componentes de la red que se utilizan para unir las tuberías, en este grupo están: los codos, válvulas, tees, cuellos de cisne, etc. Cada uno de estos accesorios incluye una pérdida de presión, llamada pérdidas singulares.

3.3.1) CLASIFICACIÓN DE REDES DE AIRE COMPRIMIDO

Las redes de aire comprimido se pueden clasificar principalmente en dos tipos, dependiendo de su forma de distribución, están son: red de aire abierta y red de aire cerrada.

- **Red de aire abierta**

Se constituye por una sola línea principal de la cual se desprenden las secundarias y las de servicio tal como se muestra en la figura. La poca inversión inicial necesaria de esta configuración constituye su principal ventaja, además de que este tipo de distribución favorece el drenaje. La principal desventaja de este tipo de redes es su mantenimiento. Ante una reparación es posible que se detenga el suministro de aire "aguas abajo" del punto de corte lo que implica una detención de la producción. Otra desventaja a tener en cuenta es que este tipo de distribución provoca grandes pérdidas de carga.

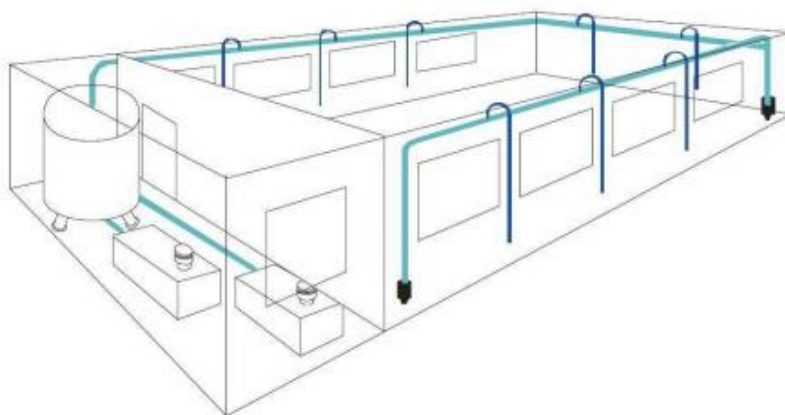


Figura 3.3 Esquema de una red de aire comprimido abierta.

- **Red de aire cerrada**

En esta configuración la línea principal constituye un anillo o varios tal como se muestra en la figura. La inversión inicial de este tipo de red es mayor que si fuera abierta. Sin embargo con ella se facilitan las labores de mantenimiento de manera importante puesto que ciertas partes de ella pueden ser aisladas sin afectar la producción.

Este tipo de diseño facilita la disponibilidad de aire comprimido uniforme en todos los puntos de consumo. Ello es debido a que el aire se conduce siempre hasta el punto real de trabajo desde dos direcciones, o dicho de otra manera, dispone del doble de sección para fluir, lo que se traduce también en menores caídas de presión.

Este sistema de diseño es el ideal para utilizar en todas las instalaciones, salvo para algunos puntos de gran consumo situados a gran distancia del compresor de la instalación. A estos puntos se accede por separado mediante una tubería principal independiente.

Cabe anotar que un defecto de la red cerrada es la dificultad de eliminar los condensados debido a la ausencia de inclinaciones. Esto hace necesario implementar un sistema de secado más estricto en el sistema.

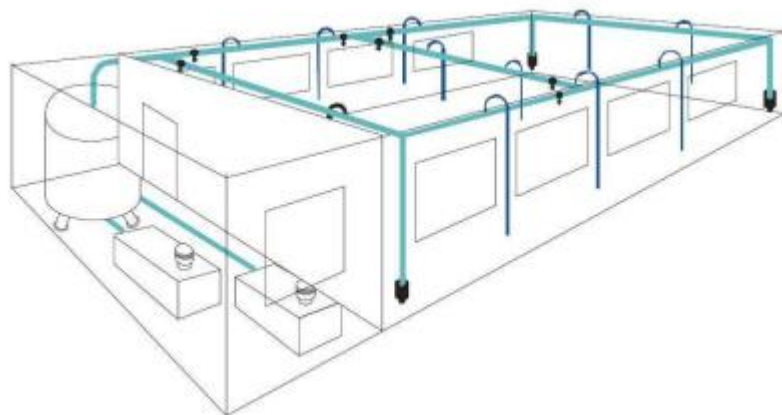


Figura 3.4. Esquema de una red de aire comprimido cerrada.

3.3.2) DIMENSIONAMIENTO DE LA RED

Aunque se haya puesto el mayor cuidado en dimensionar el compresor, un inadecuado sistema de distribución de aire comprimido dará lugar a:

- Altos costos en Energía
- Bajos rendimientos de las máquinas neumáticas

Hay tres puntos críticos en un sistema de distribución de aire comprimido que hay que tener muy presentes a la hora de diseñarlo:

- Una baja caída de presión entre el compresor y el punto de consumo.
- Un mínimo de fugas en la tubería de distribución.
- Una eficiente separación de condensado en el caso de que se disponga de un secador/deshumectador de aire comprimido.

Cuando se diseña una red de distribución de tuberías, hay que hacerlo no solo pensando en las tuberías precisas para las actuales necesidades de consumo de aire comprimido, sino también en las previstas para el futuro.

Hay que tener en cuenta que el coste de la instalación de tuberías, así como sus accesorios sobredimensionados frente a los inicialmente requeridos, es bajo si se compara con el coste de la reconstrucción del sistema de distribución en una fecha posterior.

3.3.3) PÉRDIDA DE CARGA

La presión obtenida a la salida del compresor nunca puede ser plenamente utilizada en los puntos de consumo, pues la red de distribución de aire comprimido genera unas pérdidas de presión. Estas son las pérdidas por fricción en las tuberías, conocidas como pérdidas regulares. Además, los accesorios de tuberías llevan también asociadas unas pérdidas de carga específicas, comúnmente llamadas pérdidas singulares.

Las redes fijas de distribución de aire comprimido deben ser dimensionadas de manera que la pérdida de carga total en las tuberías no exceda de 0,1 [bar] entre el compresor y el punto más remoto de consumo.

Los valores típicos para la pérdida de carga máxima admisible en el cálculo de las diferentes partes de la red de aire comprimido, se pueden ver en la siguiente tabla, recomendada por el “Manual Técnico de Aire Comprimido”

Tabla 3.1 Valores admisibles de pérdida de carga en líneas de aire comprimido.

Tipo de tramo	Δp admisible
Tubería principal	0,03
Tubería secundaria	0,05
Tubería de servicio	0,02
	0,1

Para realizar el cálculo de pérdida de carga se utilizara la siguiente ecuación, que es una aproximación de la ecuación de Darcy-Weisbach muy utilizada para el caso del flujo de aire comprimido.

$$P_i^2 - P_f^2 = 76.35 \cdot \frac{L_t \cdot Qn^{1.875}}{d^5} \quad [3.3]$$

Dónde:

P_i = Presión inicial [bar_{abs}].

P_f = Presión final [bar_{abs}].

d = Diámetro interior tubería [mm]












Qn = Caudal volumétrico normal [Nm^3/h]

L_t = Longitud total (Longitud tubería + Longitud equivalente accesorios) [m]

La longitud equivalente corresponde a las pérdidas de carga debido a los accesorios de tubería a lo largo de la red, éstas dependen del tipo, cantidad y tamaño de los accesorios (codos, válvulas, filtros, tees, etc.) y se determinaran por la siguiente tabla:

Tabla 3.2 Longitud equivalente de accesorios

(Manual Aire Comprimido Atlas Copco 2011)

Longitud equivalente de tubería en metros											
Componentes	Diámetro interior de tubería en mm (d)										
	25	40	50	80	100	125	200	250	300	400	
Válvula de bola abierta 100% 	0.3 6	0.5 8	0.6 10	1.0 16	1.3 20	1.8 25	1.9 30	2.6 40	3.2 50	3.9 60	5.2 80
Válv. diafragma abierta 100% 	1.5	2.5	3.0	4.5	6	8	10	-	-	-	-
Válv. angular abierta 100% 	4	6	7	12	15	18	22	30	36	-	-
Válvula de globo 	7.5	12	15	24	30	36	45	60	-	-	-
Válvula antirretorno de clapeta 	2.0	3.2	4.0	6.4	8.0	10	12	16	20	24	32
Codo R=2d 	0.3	0.5	0.6	1.0	1.2	1.5	1.8	2.4	3.0	3.6	4.8
Codo R=d 	0.4	0.6	0.8	1.3	1.6	2.0	2.4	3.2	4.0	4.8	6.4
Ángulo 90° 	1.5	2.4	3.0	4.5	6.0	7.5	9	12	15	18	24
T, salida en línea 	0.3	0.4	1.0	1.6	2.0	2.5	3	4	5	6	8
T, salida angular 	1.5	2.4	3.0	4.8	6.0	7.5	9	12	15	18	24
Reductor 	0.5	0.7	1.0	2.0	2.6	3.1	3.6	4.8	6.0	7.2	9.6

3.4) TRATAMIENTO DEL AIRE COMPRIMIDO

EL aire tal y como sale del compresor es imposible usarlo, porque contiene agua condensada, partículas de aceite e impurezas sólidas que dañarían tempranamente la línea y los equipos de puntos de consumo. Por este motivo se hace vital un tratamiento previo que permita que el aire que llegue a los puntos de consumo esté relativamente libre de impurezas y agua.

En este contexto toma importancia la Humedad del Aire, conociendo sus propiedades se puede saber con cierta claridad la cantidad de agua que puede condensarse, por lo tanto, cuánta agua debe separarse de la línea, que permite definir los parámetros para el primer tratamiento del aire en el secador inmediatamente después que el aire salga del compresor.

Aun después de quitarle la mayor parte de agua al aire, aun contiene impurezas que dañarán y bajaran la eficiencia de los equipos, por este motivo en los puntos de consumos sucede el segundo tratamiento de aire que corresponde a los filtros, reguladores de presión, etc.

A continuación se detallan los métodos de tratamiento aplicables a la Línea de Aire comprimido de la Planta.

3.4.1) TRATAMIENTO A LA SALIDA DEL COMPRESOR (SECADO)

El tratamiento a la salida del compresor es el primer paso en camino a conseguir un aire libre de agua e impurezas. El método que se utiliza para separar el agua en primera instancia es el secado, hay distintos tipos de secado que se especifican más adelante, para esto es primordial conocer la cantidad de agua que se debe separar, apoyado en las bases teóricas de la Humedad de Aire.

- **Humedad del aire**

El aire Atmosférico tiene cierta proporción de humedad en su contenido, que depende de las condiciones climatológicas de cada lugar.

La capacidad de retener agua vaporizada se relaciona con la presión y principalmente con la temperatura, A mayor temperatura es capaz de admitir más vapor de agua y por el contrario, a menor temperatura, desprende parte de su contenido de humedad. Existen varios tipos de Humedad con un significado e importancia que se definen a continuación:

Humedad Absoluta: es el peso de vapor de agua expresado en Kg que existe en cada Kilogramo de Aire seco, se designa por la letra W

$$W = \frac{kg_{\text{vapor de agua}}}{kg_{\text{Aire seco}}}$$

Humedad de Saturación: Es el máximo peso de vapor de agua que admite un Kg de aire seco a una presión y temperatura determinada. Se designa por W_s y se calcula con la presión parcial del vapor de agua considerada a su presión y temperatura que arroja la tabla termodinámica correspondiente.

Humedad Relativa: Es la relación entre la humedad absoluta (W) y la máxima humedad que podría contener, es decir, la humedad de saturación (W_s). Se designa como W_r y se da en tanto por ciento:

$$W_r = \frac{W}{W_s} \quad [3.4]$$

Una Humedad relativa de 100% ($W=W_s$) se trata de un ambiente saturado, por el contrario, una Humedad relativa de 0% nos indica un aire seco libre en su totalidad de humedad.

En el proceso de compresión, el aire entra con las condiciones de presión, temperatura y humedad absoluta atmosférica, al aumentar la presión, provoca también un aumento en su temperatura en el aire, pero luego de pasar por el enfriador, disminuye su temperatura. Lo que sucede con la humedad en este proceso, es que la humedad absoluta permanece constante en todo momento, vale decir, la cantidad de vapor de agua contenida en cada kilogramo de aire seco no cambia, pero sí cambia la humedad de saturación por las nuevas condiciones de presión y temperatura, por lo que la humedad relativa sube hasta alcanzar el 100%. Es en este punto es donde se forma el “condensado” que es fundamental para la elección de las purgas y definir la calidad del aire según el uso.

Finalmente, la importancia de conocer la Humedad del aire en este estudio radica en conocer la cantidad de agua que circula por cierto caudal. Este cálculo resulta del producto de la humedad de aire por el caudal másico de aire seco a analizar.

$$\text{Cant. Agua} = W * Q \quad [3.5]$$

SECADO

Una vez conocidas las bases teóricas de la cantidad de agua presente en el aire es importante conocer los distintos tipos de secado que se pueden presentar a la salida del compresor para mejorar la calidad del aire y hacerlo utilizable en una red de aire comprimido.

A continuación se presenta un ejemplo psicrométrico típico del proceso de secado:

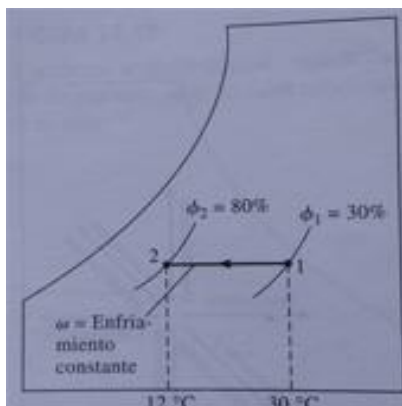


Figura 3.5. Durante el enfriamiento simple, la humedad específica permanece constante mientras la humedad relativa aumenta

- **Secado por frío**

Los secadores de aire comprimido por frío se basan en el principio de una reducción de la temperatura del punto de rocío. Se entiende por temperatura del punto de rocío aquella en la cual el aire alcanza su temperatura de saturación, en la cual ya no puede captar más agua, por lo cual está se condensa formando neblina y gotas de agua.

En muchos casos es suficiente recurrir al método de secado por frío. En ese caso, la temperatura del aire disminuye por efecto de un agente refrigerante. Así se forma condensado y disminuye el contenido de agua en el aire. Tal como se puede apreciar en la figura 3.5., el aire se refrigera al fluir en el sentido contrario de un agente refrigerante. Este proceso de refrigeración suele realizarse en varias fases (refrigeración previa aire-aire y refrigeración principal aire-agente refrigerante) para disminuir el trabajo del compresor del gas refrigerante.

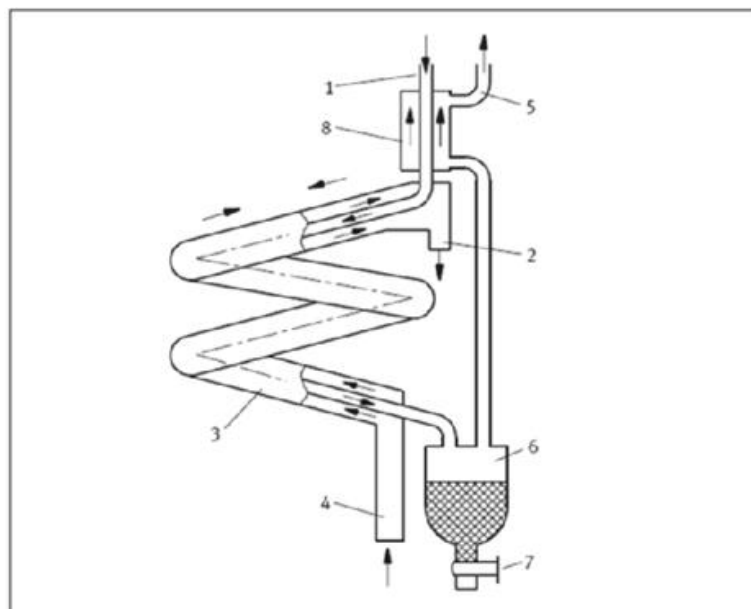


Figura 3.6 (1) Toma de aire comprimido; (2) Salida del agente refrigerante; (3) Intercambiador de calor; (4) Entrada del agente refrigerante; (5) Salida del aire comprimido; (6) Separador de condensado; (7) Salida de agua; (8) Secador de aire.

- **Secado por absorción**

En el caso del secado por absorción, un sistema químico atrae la humedad que termina disolviéndose en ella. La sustancia química atrae a la humedad que termina disolviéndose en ella. La sustancia química es una solución salina a base de NaCl (Cloruro de Sodio). Se trata de un secador de construcción sencilla, tal como se puede observar en la figura 3.6. Cabe observar, sin embargo, que la sustancia química se consume. 1 [kg] de sal es capaz de retener aproximadamente 13 [kg] de condensado. Ello significa que es necesario rellenar constantemente la sustancia salina. Con este sistema, el punto de condensación puede ser máximo -15 [°C]. También es posible utilizar otros agentes de secado, tales como glicerina, ácido sulfúrico, tiza deshidratada y sal de magnesio hiperácidificado.

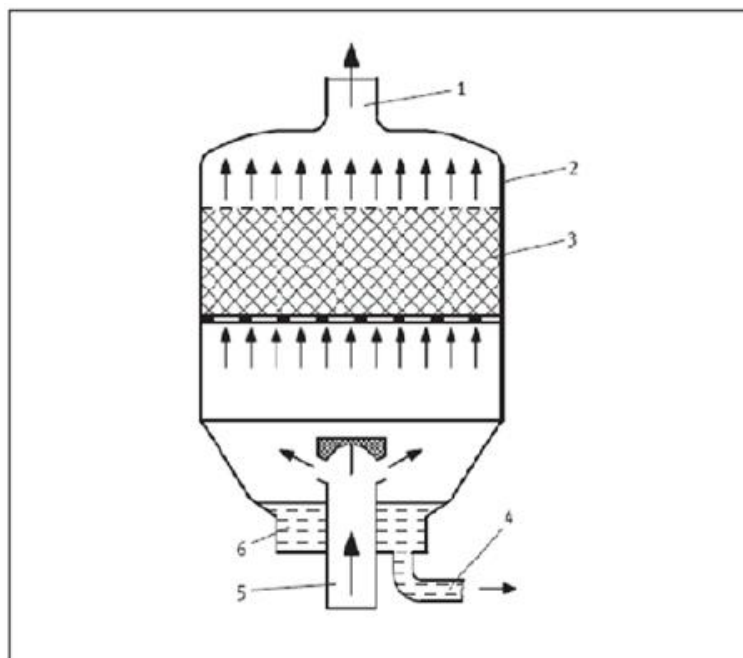


Figura 3.7 (1) Aire comprimido; (2) Contador; (3) Sustancia salina; (4) Salida del condensado; (5) Aire húmedo; (6) Deposito de condensado.

- **Secado por adsorción**

En el proceso de secado por adsorción, las moléculas del gas o del vapor se enlazan debido a las fuerzas moleculares. El agente secante es un gel (por ejemplo, gel sílico) que también se consume, aunque es regenerable. Por ello se necesitan dos depósitos de secado (depósitos en dos cámaras) para que los procesos de secado (A) y de regeneración (B) se lleven a cabo simultáneamente. La regeneración puede conseguirse en frío o en caliente. Los secadores con regeneración del agente frío cuestan menos, pero su funcionamiento es menos rentable. En la figura 3.7. Se aprecia un secador con regeneración de calor. Los dos secadores se activan alternamente y según el tipo de agente secador que se utilice, se alcanzaran puntos de condensación de hasta -70 [°C]. También hay secadores por adsorción que utilizan filtros moleculares (silicatos de metal y

aluminio o zeolitas) en calidad de agentes de secado. Al igual que todas las sustancias absorbentes, estos filtros tienen una gran superficie interior (capilaridad). También en este caso es posible regenerar los filtros cargados de moléculas de agua (desorción).

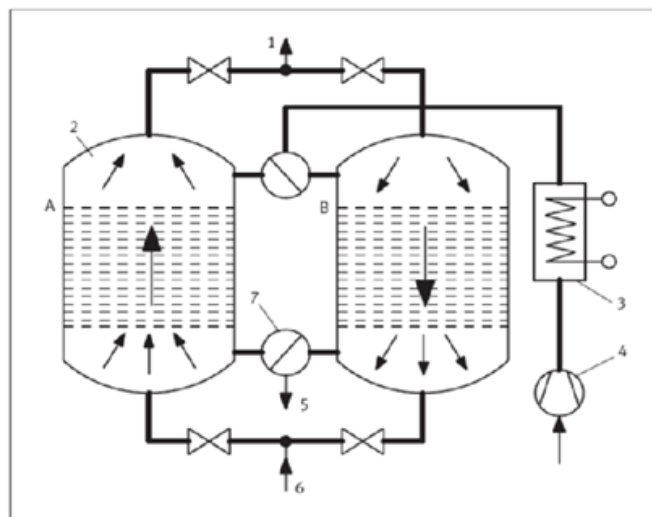


Figura 3.8 (1) Aire seco; (2) Torre de secado; (3) Calentador; (4) Ventilador; (5) Aire caliente; (6) Aire húmedo; (7) Válvula.

3.4.2. TRATAMIENTO EN EL PUNTO DE APLICACIÓN (UNIDAD FRL)

El tratamiento final del aire está ubicado en el punto de consumo justo antes de ser usado el aire, lo que más se usa para estos casos es una Unidad FRL, que consiste en un Filtro, Regulador y Lubricador en un mismo equipo. Su función es eliminar las últimas partículas sólidas que contenga aún el aire, regular la presión que necesita específicamente el equipo que se pretende alimentar y lubricar en caso de ser necesario. Es muy importante mantener el orden, motivo principal por lo que estos tres accesorios de tratamiento vienen unidos en un solo equipo.

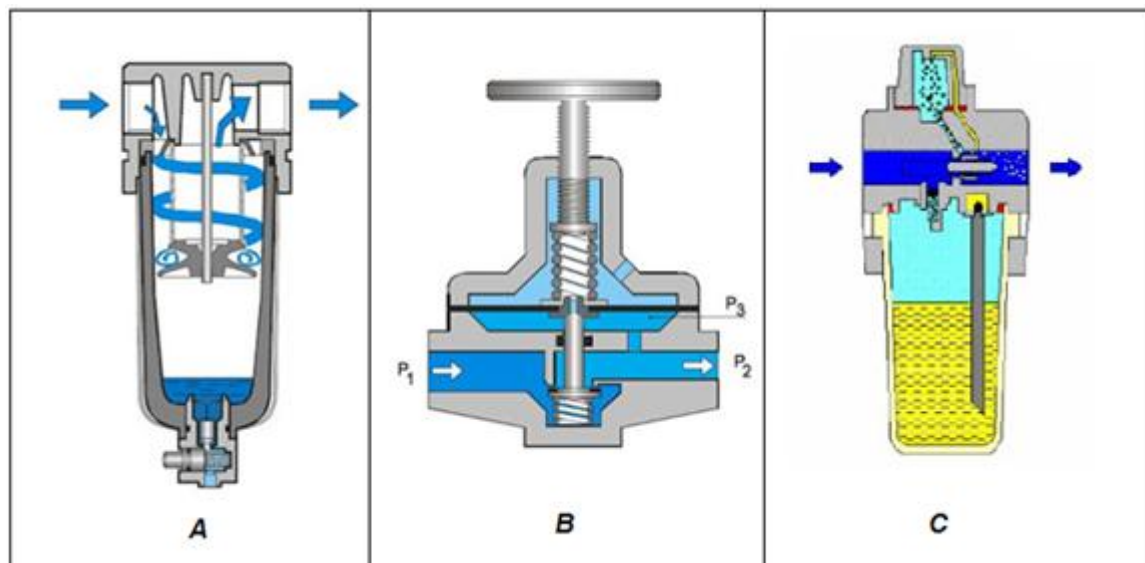


Figura 3.9 (A) Filtro; (B) Regulador de presión; (C) Lubricador.

- **Filtro**

Tiene como objetivo eliminar las partículas en suspensión del aire. Las partículas sólidas, procedentes del exterior de la red y tomadas durante la fase de aspiración o por desprendimiento de partículas metálicas de la propia red. Las partículas líquidas, agua y aceite, que aún queden en la instalación.

El filtro estándar consta de un recipiente en el que entra el aire y pasa a través de una placa deflectora, con ranuras oblicuas. Esta placa desvía el aire y provoca su centrifugado. Las partículas sólidas se desprenden al chocar contra las paredes del vaso y caen al fondo. A continuación, el aire pasa a través de un filtro con una porosidad entre 5 y 45 micras, según el grado de filtrado que se precise.

- **Regulador de presión**

El regulador reduce la presión en la red a una presión de trabajo adecuada a la máquina, equipo o herramienta utilizada. Además minimiza las oscilaciones de presión que surgen en la red.

En un regulador estándar, la presión de salida se obtiene regulando el tornillo del resorte para mantener abierta la válvula principal, permitiendo que fluya desde la vía de entrada el aire a presión P1, a la salida a presión P2, equilibrando la presión de salida mediante un émbolo o diafragma contra la fuerza regulable del resorte.

Cuando el circuito conectado a la salida se encuentra a la presión preestablecida, actúa sobre el diafragma creando una fuerza elevadora contra la carga del resorte.

Si la presión de salida sube por encima del valor regulado (la presión de salida se regula a un valor inferior o se produce un pico de presión –P3- desde el actuador neumático), el diafragma se eleva para abrir el asiento de alivio de forma que la presión en exceso pueda ser evacuada por el orificio de escape.

- **Lubricador**

En la actualidad la lubricación no es estrictamente necesaria. Los componentes neumáticos modernos vienen pre-lubricados para toda la vida. Esto implica mayor limpieza (industria alimentaria, farmacéutica) y menos contaminación del ambiente de trabajo.

Pero en equipos neumáticos que trabajen en condiciones exigentes, las piezas móviles necesitan lubricación. Para que estén suficientemente lubricadas de forma continua, se añade al aire comprimido una cierta cantidad de aceite mediante un lubricador.

Con la lubricación, se reduce el desgaste, se disminuyen las pérdidas por rozamiento y se consigue protección contra la corrosión.

CAPÍTULO 4) SITUACIÓN ACTUAL

4.1) INTRODUCCIÓN

Para hacer el estudio de la red de Aire comprimido de la Planta de Harina de Pescado en Camanchaca S.A. es primordial conocer la instalación y sus puntos de consumo, estos datos son fundamentales para el análisis de la línea, lamentablemente la empresa no cuenta con esta documentación ni planos relacionados a la red de aire, por lo tanto, lo primero que se hizo fue el levantamiento.

Este capítulo parte detallando los equipos en planta, brindando información importante de los equipos consumidores de aire, cuál es su uso y en qué medida ocupan aire de la red son las interrogantes que se pretenden despejar.

Por otro lado, se hacen los cálculos de consumos reales en la planta, para esto se usan distintas metodologías como ensayos programados o cálculos teóricos que se detallan más adelante. Las pérdidas de carga, el condensado que se genera y la capacidad del acumulador son los otros estudios que se hacen, todo esto forma parte del análisis de la situación actual.

4.2) EQUIPOS COMPRESORES EN PLANTA

En la red de aire comprimido en estudio existen dos equipos compresores del tipo tornillo con inyección de aceite y cada uno con secador incorporado, marca "ATLAS COPCO" con regulador automático "ELEKTRONIKON II" que mantiene la presión de la red entre los límites programables cargando y descargando el compresor automáticamente. A continuación se muestran las características técnicas de ambos compresores.

Tabla 4.1 Especificaciones técnicas de equipos compresores en planta.

COMPRESOR 1	
Marca / Modelo	Atlas Copco / GA 45+ff
Año	2006
Presión máxima	7,4 bar
Caudal aire libre / Caudal normal	143 (l/seg) = 131 (NI/seg)
Potencia motor	45 kW
Peso	1150 kg

COMPRESOR 2	
Marca / Modelo	Atlas Copco / GA 37+ff
Año	2006
Presión máxima	7,4 bar
Caudal aire libre / Caudal normal	117 (l/seg) = 107 (NI/seg)
Potencia motor	37 kW
Peso	1150 kg

4.3) CONSUMIDORES DE AIRE COMPRIMIDO EN PLANTA

Ensacadora: Esta máquina neumática está constituida únicamente por cilindros neumáticos de doble efecto, es la encargada de depositar y sellar el producto final (harina de pescado) para ser comercializado, es operada totalmente de forma manual y su presión de trabajo es de 6 bar_{man} . Se dispone de 5 ensacadoras, ubicadas en el sector de ensaque.

Filtro de mangas: El filtro de mangas es un mecanismo que captura las partículas más finas de la harina de pescado a la salida del molino, reduciendo los costos de mantenimiento de los equipos y controlando la contaminación del aire. El aire comprimido es utilizado para la limpieza constante de las mangas, el cual es inyectado por toberas y controladas mediante electroválvulas que abren el paso del aire cada cierto tiempo. Se disponen de tres filtros de mangas ubicados en el sector de ensaque.

Actuadores lineales (guillotinas): Están formadas por un cilindro de doble efecto y una guillotina de acero inoxidable, estas válvulas son las encargadas de abrir y cerrar al paso de la materia prima y así controlar su avance a lo largo del proceso, existen 29 guillotinas en la planta con cilindros de diferente dimensión que se distribuyen por el sector de pozos, cocedores y secadores, su presión de trabajo es de 6 bar_{man} .

Actuadores giratorios (válvulas mariposas): Estas válvulas consisten en actuadores giratorios, que realizan un giro de 90° para permitir el paso de distintos fluidos a través de tuberías, entre ellos el aceite de pescado. En su totalidad son accionados automáticamente, ya sea por sensores electrónicos o por sistema de control PLC. Su presión de trabajo varía entre 5,5 y 6 bar_{man} .

Quemadores de caldera: En los quemadores de las calderas, se utiliza el aire comprimido para pulverizar el petróleo y hacer la mezcla aire/combustible, así realizar una combustión uniforme, este aire viene directo de la red de distribución.

Bomba de diafragma: Al concentrado saliente de la planta evaporadora se le suministran aditivos adicionales, para así hacer el concentrado más rico en proteínas y minerales. Esto se lleva a cabo mediante una bomba de diafragma, la cual es accionada con aire comprimido a una presión entre 6 y 7 bar_{man} .

Pistolas sopladoras: Las pistolas sopladoras se usan para inyectar desinfectante líquido a los sacos de harina, el aire comprimido es utilizado para pulverizar el desinfectante. Este proceso es realiza previo a la distribución final del producto. Su presión de trabajo es de 6 bar_{man} .

Mezclador antioxidante: El mezclador antioxidante es el encargado de suministrar el antioxidante líquido a la harina de pescado para evitar su combustión instantánea debido al alto porcentaje de materia grasa. Este es pulverizado con aire comprimido a 3 bar_{man} . Se disponen de tres mezcladores ubicados en el sector de ensaque.

4.4) DEMANDA DE AIRE

La demanda de aire de los equipos instalados en planta se llevó a cabo de tres métodos distintos.

- Datos por catálogo

Se buscó en el manual de la máquina el requerimiento de aire que según el fabricante es el necesario para el normal funcionamiento de ésta.

En aquellas cuyo manual no especifica el consumo o simplemente en la empresa no disponían de él se llevó a cabo uno de estos dos procedimientos detallados a continuación.

1. Maquinas con cilindros neumáticos

A través del cálculo del volumen desplazado por los pistones de las maquinas, lo que se determina a partir de la siguiente ecuación que nos proporciona el consumo de aire.

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot c \cdot n \cdot p \cdot N \cdot 10^{-6} \quad [4.1]$$

Dónde:

Q = Consumo de aire [NI/min]

d = Diámetro del cilindro [mm]

c = Carrera del cilindro [mm]

n = Número de ciclos completos por minuto

p = Presión de trabajo Absoluta [bar]

N = Número de efectos del cilindro

2. Máquinas sin cilindro neumáticos

Teniendo el acumulador lleno, se cierra la válvula de paso a la entrada del acumulador y se registran los valores de presión y temperatura, posteriormente se enciende la máquina neumática a evaluar por un tiempo de 1 min y se toman los nuevos valores de presión y temperatura en el acumulador. De esta forma, aplicando la ley de los gases ideales:

$$P \cdot V = m \cdot R_{\text{Aire}} \cdot T \quad [4.2]$$

Se obtienen los valores correspondientes a la masa de aire, tanto en el primer como en el segundo caso, las cuales por diferencia darán como resultado los kilogramos de aire por minuto que fueron ocupados por la máquina, este valor dividido por la densidad del aire a P_2 y T_2 , dará como resultado el caudal volumétrico de aire consumido por dicha máquina. Éste caudal sin embargo estará a la presión promedio que está operando la red, por lo cual habrá que transformarlo a condiciones normales mediante la siguiente fórmula.

$$Q_{CN} = \frac{Q_{AC} \cdot (P+1,013)}{1,013} \quad [4.3]$$

Donde:

Q_{CN} : Caudal de aire en condiciones normales (NI/min)

Q_{AC} : Caudal de aire comprimido (l/min)

Tabla 4.2 Consumo de aire comprimido actual en la planta de harina.

CONSUMO TOTAL DE AIRE COMPRIMIDO PLANTA DE HARINA				
Sector	Equipo	Caudal [NI/min]	Factor utilizacion	Consumo real [NI/min]
Ensaque	Ensacadoras	448,21	0,7	313,75
	M. Antioxidante	371,60	0,8	297,28
	Filtro de mangas	239,19	0,75	179,39
Centrifugas	Act. Giratorios	15,92	1	15,92
Cocedores	Act. Lineal	692,72	1	692,72
Planta evaporadora	Act. Rotatorios	252,00	0,9	226,80
	Bomba Diafragma	115,00	0,5	57,50
Secadores	Act. Lineal	432,05	0,9	388,85
Pozos de recepcion	Act. Lineal	657,13	0,8	525,70
Sala Calderas	Quemadores	2869,96	0,5	1434,98
Bodega	Pistolas de soplado	140,00	0,5	70,00
Decanter	Act. Rotatorios	15,00	0,9	13,50
		6248,77		4216,38

Teniendo el caudal real que las máquinas consumen se puede obtener la cantidad de aire comprimido necesario que debe generar el compresor o los compresores. Como ya se mencionó en el Capítulo 2, se debe sumar a este consumo un 10% relativo a pérdidas por fuga y un 20% para futuras ampliaciones, para el cálculo se consideraron todas las máquinas, incluso aquellas que funcionan esporádicamente ya que existe la posibilidad de que se encuentren todas funcionando simultáneamente, debiendo la red ser capaz de suministrar aire comprimido a cada una de ellas sin tener problemas. La planilla de cálculo Excel se adjunta en el Anexo B.

Caudal de aire real	4216 [NI/min]
10% debido a fugas	421,6 [NI/min]
20% futuras ampliaciones	843,2 [NI/min]
Caudal de aire requerido	5480,8 [NI/min]

Tabla 4.3 Caudal requerido en la planta de harina.

4.4.1) Ejemplos de Cálculo

3. Máquinas con Cilindro Neumáticos (Ensaque, actuador lineal 1)

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot c \cdot n \cdot p \cdot N \cdot 10^{-6}$$

Dónde:

Q = Consumo de aire [NI/min]

d = 50 [mm]

c = 125 [mm]

n = 8 Ciclos completos por minuto

p = 7 [bar_{abs}]

N = 2

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot [50]^2 \cdot [50] \cdot [8] \cdot [7] \cdot [2] \cdot 10^{-6}$$

$$Q = 27,5 \text{ [NI/min]}$$

4. Ensayos (Mezclador Antioxidante 1)

$$P \cdot V = m \cdot R_{\text{Aire}} \cdot T$$

Datos

P1: 655002 (Pa)

P2: 56977 (Pa)

T1: 297 (K)

T2: 297 (K)

V (cte): 0,2 (m³) ρ : 6,68 (Según software EES) R_{aire} : 287 (J/Kg K)

t= 1 (min)

 m_1 = 1,54 (kg) m_2 = 1,34 (kg)

$\Delta m = 0,2$ (kg) por lo tanto, el flujo másico en el ensayo es de 0,2 (kg/min). Por ende el flujo volumétrico es de 30(L/min)

Para transformarlo a Caudal Nominal se recurre a:

$$Q_{CN} = \frac{Q_{AC} \cdot (P+1,013)}{1,013}$$

Por lo tanto, el consumo nominal finalmente es de 198 (NI/min)

4.5) CAÍDAS DE PRESIÓN

Los fundamentos teóricos del cálculo de pérdida de carga de la línea de aire comprimido están descritos en el capítulo 3, ecuación 3.3.

Los valores de la pérdida de carga van desde el acumulador hasta cada punto de consumo y se presentan en la tabla 4.4

Tabla 4.1 Cálculo de pérdidas de carga desde estanque principal a centros de consumo.

PERDIDA DE CARGA TOTAL	
E1-CC1	0,002
E1-CC2	0,002
E1-CC3	0,008
E1-CC4	0,007
E1-CC5	0,014
E1-CC6	0,014
E1-CC7	0,014
E1-CC8	0,014
E1-CC9	0,012
E1-CC10	0,012
E1-CC11	0,008
E1-CC12	0,000
E1-CC13	0,035
E1-CC14	0,035
E1-CC15	0,001
E1-CC16	0,013
E1-CC17	0,002
E1-CC18	0,003
E1-CC19	0,003
E1-CC20	0,002
E1-CC21	0,002
E1-CC22	0,002
E1-CC23	0,155
E1-CC24	0,048
E1-CC25	0,029
E1-CC26	0,014
E1-CC27	0,013

4.5.1 Ejemplo de cálculo

- Pérdida de carga desde sala de compresores hasta el acumulador principal

$$P_i^2 - P_f^2 = 76,35 \cdot \frac{L_t \cdot Qn^{1.875}}{d^5}$$

$$P_i = 8 \text{ (Bar)}$$

$$L_t = 123,7 \text{ (m)}$$

$$Qn = 374,928$$

$$d = 77,92 \text{ (mm)}$$

$$8^2 - P_f^2 = 76,35 \cdot \frac{123,7 \cdot 374,928^{1.875}}{77,92^5}$$

$$\Delta P = 0,013 \text{ bar}$$

Se adjunta la plantilla completa de cálculo Excel en el Anexo B

4.6) CÁLCULO DE CONDESADO

Una de las observaciones importantes es la cantidad de agua que existe en el circuito de aire comprimido, que se purga intermitentemente y de forma manual a lo largo de éste. Para tener más claridad de cuánta es el agua que se condensa y definir si el sistema de separación actual es suficiente o necesita ser complementado se procede a calcular la cantidad de condensado.

La determinación del condensado se fundamenta en lo visto en el capítulo 3 Humedad del aire de las ecuaciones 3.4 y 3.5. Para éste cálculo se toman parámetros un poco más desfavorables que los reales.

Datos a la entrada del compresor (1)

Temperatura bulbo seco: 20 °C
 Humedad Relativa: 66 %
 Caudal Nominal: 510 (m³/h)
 Presión: 1 (bar)
 Densidad del aire: 1,204(kg / m³)

Datos a la salida del enfriador (2)

Temperatura bulbo seco: 9 °C
 Humedad Relativa: 100 %
 Caudal Nominal: 72.86 (m³/h)
 Presión: 7 (bar)
 Densidad del aire: 8,685 (kg / m³)

Tanto como para la entrada al compresor y la salida del enfriador se usa el software EES para obtener la Humedad debido a la falta de carta sicométrica para 7 bar. Los diagramas de ambos estados se adjuntan en el Anexo C. Los resultados se presentan en la tabla 4.5

Tabla 4.5 Resumen de resultados Software EES.

Punto	Presión (bar)	T.B.S (° C)	Densidad $\frac{kg}{m^3}$	Wr	W $(\frac{kg v. a.}{kg a. s.})$	W $(\frac{g v. a.}{m^3 a. s.})$
(1)	1	20	1,204	0,66	0,01278	15,39
(2)	7	9	8,685	1	0,001019	8,85

Cantidad de agua a la entrada del compresor

$$15,39 \left(\frac{g \text{ vapor de agua}}{m^3 \text{ aire seco}} \right) * 510 \left(\frac{m^3}{h} \right) = 7848,9 \left(\frac{g}{h} \right) = 7,85 \left(\frac{L}{h} \right)$$

Cantidad de agua a la salida del enfriador

Considerando que el enfriador desciende la temperatura hasta los 9 ° C

$$Q_C = \left(\frac{1 \text{ (bar)} * 510 \left(\frac{m^3}{h} \right)}{7 \text{ (bar)}} \right) = 72,86 \left(\frac{m^3}{h} \right)$$

Luego, la cantidad de agua que puede retener bajo las condiciones descritas a la salida del enfriador está dada por:

$$8,85 \left(\frac{g \text{ vapor de agua}}{m^3 \text{ aire seco}} \right) * 72,86 \left(\frac{m^3}{h} \right) = 644,81 \left(\frac{g}{h} \right) = 0,64 \left(\frac{L}{h} \right)$$

Cantidad de agua Condensada

Por lo tanto, si el aire comprimido que sale del enfriador tiene una capacidad de retener $0,64 \left(\frac{L}{h} \right)$ y en el circuito recorren $7,85 \left(\frac{L}{h} \right)$ la diferencia, igual $7,21 \left(\frac{L}{h} \right)$ es lo que se condensa.

4.7 ACUMULADOR

El acumulador o depósito de aire es parte importante dentro de una red de aire comprimido ya que evita fluctuaciones de presiones, permite que el compresor no esté funcionando cada vez que un equipo neumático demande aire al almacenar gran cantidad de aire y ayuda a la separación del agua. Por lo tanto, es importante

saber si el actual acumulador cuenta con el tamaño correcto. Para este cálculo, se basó en lo visto en el capítulo 3, ecuación 3.2.

$$V_{C1} = \frac{0,25 \cdot 131 \cdot 1}{0,033 \cdot (0,9)}$$

$$V_{C1} = 1102 \text{ l} = 1,1 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$V_{C2} = \frac{0,25 \cdot 107 \cdot 1}{0,033 \cdot (0,9)}$$

$$V_{C2} = 900 \text{ l} = 0,9 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$V_T = V_{C1} + V_{C2} = [2 \text{ m}^3]$$

CAPÍTULO 5) DIAGNÓSTICO Y PROPUESTAS

5.1) INTRODUCCIÓN

Después de hacer el análisis de la Línea de Aire Comprimido de la Planta de Harina en la empresa Camanchaca S.A. se procede a diagnosticar punto por punto las áreas en las que se trabajó y se presentan las mejoras propuestas.

5.2) LEVANTAMIENTO

La primera falencia que se encontró en la red, fue la falta de información en general, al no contar con planos de la línea de aire ni los consumos de los equipos, se hizo urgente la necesidad de hacer un levantamiento general de la red de aire comprimido. Cabe destacar que en este punto se invirtió gran parte del tiempo dedicado en este trabajo, ya que para hacer los planos con las medidas reales hubo que salir a terreno y seguir manualmente las cañerías de aire, que no están normalizadas bajo la norma NCh 19 (Ver Anexo A) , que diferencia las cañerías por colores, esto, agregado a la falta de accesos y esperar a que los equipos estuvieran detenidos para poder medir, dificultaron la tarea.

En este punto, una de las mejoras que se propone es pintar las cañerías de acuerdo a la Norma NCh 19. Los colores correspondientes a cada servicio están descritos en la tabla 5.1

Tabla 5.1 Clasificación de materiales y designación de colores según NCh 19

Clasificación	Color de Fondo	Color de Letra
Materiales de alto peligro inherente		
Líquidos o gases	Amarillo	Negro
Radioactivos	Púrpura	Amarillo
Materiales de bajo peligro inherente		
Líquidos	Verde	Blanco
Gases	Azul	Blanco
Materiales de protección y combate de incendios		
Agua, espuma, CO ₂ , etc	Rojo	Blanco

Por otro lado, la mejora más importante es el levantamiento que se hizo en la red, que ayudará significativamente a la empresa al poder saber con precisión cuántos equipos y accesorios tienen, dónde están y cuáles son sus consumos reales, ya que con estos datos, cualquier trabajador nuevo podrá conocer la red de forma teórica, además, este levantamiento resultará primordial ante una eventual ampliación.

En la tabla 5.2 se resumen los equipos y accesorios que hay en la red de aire.

Tabla 5.1 Componentes de la actual red de aire comprimido en planta.

COMPONENTES DE LA RED DE AIRE COMPRIMIDO		
Equipos y accesorios	Cantidad	Marca
Actuadores lineales	48	Pneumax
Actuadores giratorios	82	KAESER
Válvulas de bolas	51	FESTO
Válvulas direccionales	77	FESTO
Unidad FRL	17	SMC / PNEUMAX
Estanques	4	-

En el anexo D se adjuntan los planos isométricos y Neumáticos de la red de aire comprimido

5.3) CONSUMOS

En el capítulo 4.3 se hicieron ensayos y cálculos para determinar la demanda total de todos los equipos consumidores de aire. Este estudio arrojó como resultado que en la Planta de Harina, si todos los puntos de consumo funcionan simultáneamente consumirían 4216 (NL / min) si a esto se le agrega un 10 % debido a fugas y un 20% a futuras ampliaciones el caudal necesario para abastecer satisfactoriamente la red es de 5480,8 (NL / min).

Como es sabido, la planta de Harina de pescado cuenta con dos compresores en su instalación de Aire Comprimido. El compresor 1 suministra un caudal de 7860 (NL / min), mientras que el segundo compresor entrega un caudal de 6420 (NL/min).

Notoriamente, un solo compresor es capaz de abastecer sin problemas la red, sin embargo, el uso de dos compresores se explica al hecho que cuando se diseñó la planta existían equipos consumidores de aire que ya no están. Por lo tanto en la actualidad, ya no se justifica el uso de dos compresores en la Planta de Harina de Pescado.

5.4) CAÍDAS DE PRESIÓN

En el capítulo 4.4 se encuentra el resumen de las caídas de presión que sufre hasta cada punto de consumo desde el acumulador. Se aprecia que los valores están dentro del margen admisible, menor a 0,1 bar, excepto el CC23, que corresponde al tramo que suministra la sala de calderas, cuya caída de presión alcanza el valor de 0,15 (bar). Esto se explica a que este tramo lleva el aire que consumen los tres quemadores de la caldera. A pesar de que excede el límite permisible, no es significativo, ya que corregir esta ligera alza en la pérdida de carga significaría rediseñar este tramo para que cada quemador se alimente independientemente, lo que no resulta rentable ante tan poca pérdida.

5.5) CONDENSADO

Una de las observaciones importantes en la red de aire comprimido es el condensado que genera y la deficiente separación de la red. En el punto 4.5 se calculó la cantidad de agua que se condensa por hora, el resultado de este estudio arrojó que por la línea circulan aproximadamente 7,2 (L / h). Hasta ahora en la instalación de Aire Comprimido de la Harina de Pescado sólo existen purgas manuales, que se activan cada cierto tiempo, pero que la práctica, muy pocas veces se utilizan, por lo que a la línea está entrando agua condensada que finalmente disminuyen la eficiencia de los equipos neumáticos.

Se propone instalar una purga automática a la salida del enfriador, que sea capaz de retener la mayoría del condensado generado en el proceso de compresión de aire. La purga que se propone es una ECO – DRAIN 32 de la marca Kaeser.

Este dispositivo electrónico de fácil uso y mantención, acompañado de las purgas manuales distribuidos a lo largo de la red ayudarán a aumentar la vida útil de los equipos neumáticos y mejorar su rendimiento.

5.6) ACUMULADOR

En el capítulo 4.6 se calculó el tamaño del acumulador. El resultado de este análisis dio como resultado que el depósito de aire comprimido para la actual demanda debería ser de 2 m³. El actual acumulador tiene capacidad de 3,84 m³, como se dijo anteriormente, hoy existe una demanda menor a lo que se pensó al momento de diseñar por la red, razón que explica este sobre dimensionamiento. De igual manera, un mayor depósito de aire ayuda a mantener un abastecimiento mayor de aire que implica menos arranques del compresor

5.7) MANTENCIÓN

Para asegurar un correcto funcionamiento de la red de Aire comprimido, estable y sostenido en el tiempo, es de suma importancia que todos los equipos, la línea y accesorios estén en buenas condiciones. Hasta ahora en la empresa Camanchaca S.A. Planta Coronel, esto se trabaja de forma correctiva, vale decir, cuando ocurre alguna falla importante se para la línea aguas abajo y se repara. Este método es efectivo, pero en busca de una mejora continua se proponen tomar algunas medidas que hagan de la mantención una tarea cotidiana que permita tener mayor confiabilidad en los procesos de producción que están relacionados y que dependen de esta red, teniendo así una línea productiva más eficiente.

Con el objetivo de prevenir fallas, haciendo inspecciones periódicas para encontrar posibles averías que en un futuro puedan presentar problemas mayores, se propone una serie de medidas presentadas a continuación:

- Comprobar el nivel del aceite del compresor diariamente
- Comprobar las indicaciones en el display del compresor diariamente
- Comprobar el indicador de servicio del filtro de aire del compresor diariamente
- Comprobar los refrigeradores del compresor y limpiar de ser preciso cada tres meses
- Desmontar y examinar el cartucho del filtro de aire del compresor. Limpiar con aire comprimido de ser necesario y cambiar los cartuchos dañados o contaminados. Se recomienda hacer esta tarea cada tres meses
- Cambiar aceite y sustituir filtro del compresor anualmente
- Cambiar elemento separador de aceite del compresor cada dos años
- Verificar las purgas manualmente todos los días
- Verificar visualmente las líneas de aire, prestar atención también a sonidos extraños. Esta actividad se recomienda hacerla diariamente al comenzar el turno.

- Verificar juntas en la línea mensualmente
- Limpiar suciedad de los vástagos en los cilindros neumáticos semanalmente
- Comprobar apriete en conectores neumáticos dos veces al año
- Comprobar holgura y alineación en soportes de los cilindros neumáticos anualmente

CAPÍTULO 6) CONCLUSIÓN

Después de analizar la red de aire comprimido en la planta de harina de la empresa Camanchaca S.A. no se encontraron grandes fallas en su funcionamiento, el principal problema tiene que ver con la falta de información existente. El no contar con planos de la red, no saber los consumos reales de los equipos ni las pérdidas de carga que se generan hace imposible pensar en alguna futura ampliación, por lo tanto, el trabajo más importante que le quedará a la empresa es el levantamiento que se realizó, ya que ahora se sabe con precisión la distribución de las líneas de aire comprimido.

Otra de las fallencias encontradas es la falta de normalización de las tuberías de la planta, ni las líneas de aire comprimido ni ninguna otra cañería está pintada, lo que sugiere una situación de riesgo para los trabajadores ante una intervención, además del incumplimiento de la Norma NCh 19 Of 79. Por lo tanto, se sugiere pintar las tuberías con los colores de acuerdo a la normativa vigente.

Por otro lado, el análisis de las pérdidas de cargas arrojó valores aceptables, excepto un tramo del CC23, pero la caída de presión que representa este centro de consumo, a pesar de estar fuera de los parámetros permitidos, está lejos de representar un problema para la estabilidad de la red.

En lo que respecta al funcionamiento de la línea de aire comprimido, la fallencia más significativa se encuentra en la separación del condensado. La falta de mantenimiento en las purgas manuales existentes en la red implica que está llegando agua a los puntos de consumo, lo que aparentemente resulta poco relevante porque los equipos siguen funcionando relativamente bien, pero que en un futuro puede generar fallas importantes. Se propone incorporar una purga automática ECO – DRAIN 32 con el objetivo de mejorar la separación de agua en la red.

Un punto importante a destacar de la línea de aire comprimido es el notorio sobredimensionamiento, tanto en los compresores como el acumulador de aire,

este fenómeno se explica por la ausencia de equipos neumáticos, que ya no están la planta, pero que fueron considerados al momento de diseñarla.

Finalmente, se observa una notoria falta de mantención en la red de aire comprimido, por lo que se proponen una serie de medidas a tomar que hagan de la mantención una actividad diaria.

CAPÍTULO 7) REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- GATICA, Jorge A., CORNEJO, Hernando A., PITA, Vicente A. Neumática Aplicada. Concepción, Chile. Universidad del Bío-Bío, 1991, 97 p.
- W. Deppert y K. Stoll. Dispositivos neumáticos. Barcelona, España, 1982, 191 p.
- Antonio Guillén Salvador. Introducción a la Neumática, Barcelona, España, 1999, 156 p.
- Yunes A Cengel y Michael A Boles, Termodinámica, 7° ed. 2011, 1009 p.
- Atlas Copco, Manual de aire comprimido, 7° ed. 2011.
- Ente Regional de la Energía de Castilla y León (EREN), Manual técnico aire comprimido, 2012, 121 p.



Camanchaca Pesca Sur S.A.

Unit Name - Coronel

Camanchaca Pesca Sur S.A, Av. General Carlos Prats No.80, Lo Rojas, Coronel, VIII Region, Chile

Has been evaluated by Global Trust Certification Ltd, in accordance with the requirements of ISO/Guide 65, and the process was found to meet the requirements of

IFFO **GLOBAL STANDARD** **FOR RESPONSIBLE SUPPLY** **ISSUE 1.1**

Fishery Scope: Chilean Anchovy and Chilean Sardine (Sub-areas V-X)
Registration No: IFFO 126B
Date of Certification: 27th October 2011
Certificate Expiry Date: 27th October 2013

Signed on behalf of Global Trust Certification Ltd:

Mr Peter Marshall
Global Trust CEO





Certificado CL10/2010099

El sistema de gestión de

CAMANCHACA PESCA SUR S.A.

Avda. General Carlos Prats N° 80,
Coronel, Chile

ha sido evaluado y certificado en cuanto al cumplimiento de los requisitos de

ISO 9001:2008

Exclusiones: 7.3

Para las siguientes actividades

Elaboración de Aceite y Conservas de Pescado para Consumo Humano y Harina de Pescado.

Cualquier aclaración adicional relativa tanto al alcance de este certificado como a la aplicabilidad de los requisitos de la norma ISO 9001:2008 puede obtenerse consultando a la organización

Este certificado es válido desde
01 de Septiembre de 2011 hasta 11 de Octubre de 2013
y permanece válido sujeto a las auditorías de seguimiento satisfactorias.
Auditoría de Recertificación antes del 27 de Agosto de 2013
Edición 2. Certificado desde 12 de Octubre de 2010



Reg. No SC 002
Registro Nacional Nro. 5813

Autorizado por

Victor Rodriguez Jofre
Certification Manager

SGS Chile Ltda. Systems & Services Certification
Ignacio Valdivieso 2409, P.O.7041409 San Joaquín, Santiago, Chile
t 56 (0)2 8989500 f 56(0)2 8989633 www.sgs.com

Página 1 de 1



Este documento se emite por SGS bajo sus condiciones generales de servicio, a las que se puede acceder en http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm. La responsabilidad de SGS queda limitada en los términos establecidos en las citadas condiciones generales que resultan de aplicación a la prestación de sus servicios. La autenticidad de este documento puede ser comprobada en http://www.sgs.com/clients/certified_clients.htm. El presente documento no podrá ser alterado ni modificado, ni en su contenido ni en su apariencia. En caso de modificación del mismo, SGS se reserva las acciones legales que estime oportunas para la defensa de sus legítimos intereses.

ANEXO B

Tabla de valores RMS obtenidos en laboratorio

Tipo de desalineamiento	Velocidad de rotación (Hz)	Puntos de medición	Desalineamientos	Canal	Nombre del archivo	Valor RMS	Valor RMS 1X	Valor RMS 2X	Valor RMS 3X
Base	15	3	0 - 0	0	DA0.00-0.00um VR15.05Hz Pto3 CH0	0,420649	0,270882	0,071143	0,0962008
Base	15	3	0 - 0	1	DA0.00-0.00um VR15.05Hz Pto3 CH1	2,46188	0,38032	0,246449	0,269633
Base	15	2	0 - 0	0	DA0.00-0.00um VR15.06Hz Pto2 CH0	0,484213	0,264009	0,0987112	0,0756145
Base	15	2	0 - 0	1	DA0.00-0.00um VR15.06Hz Pto2 CH1	0,725049	0,227925	0,245332	0,124473
Base	15	1	0 - 0	0	DA0.00-0.00um VR15.07Hz Pto1 CH0	0,534524	0,302522	0,0529634	0,0680557
Base	15	1	0 - 0	1	DA0.00-0.00um VR15.07Hz Pto1 CH1	0,65851	0,282438	0,233937	0,102455
Base	15	4	0 - 0	0	DA0.00-0.00um VR15.08Hz Pto4 CH0	0,382898	0,180482	0,0845693	0,142473
Base	15	4	0 - 0	1	DA0.00-0.00um VR15.08Hz Pto4 CH1	2,19643	0,437265	0,252907	0,256047
Base	25	1	0 - 0	0	DA0.00-0.00um VR25.05Hz Pto1 CH0	1,01271	0,520939	0,84571	0,0417152
Base	25	1	0 - 0	1	DA0.00-0.00um VR25.05Hz Pto1 CH1	0,689211	0,268239	0,607029	0,177336
Base	25	2	0 - 0	0	DA0.00-0.00um VR25.05Hz Pto2 CH0	1,12943	0,846812	0,670248	0,0592221
Base	25	2	0 - 0	1	DA0.00-0.00um VR25.05Hz Pto2 CH1	0,833139	0,376675	0,661495	0,199285
Base	25	3	0 - 0	0	DA0.00-0.00um VR25.06Hz Pto3 CH0	0,832951	0,640522	0,510054	0,0491329
Base	25	3	0 - 0	1	DA0.00-0.00um VR25.06Hz Pto3 CH1	3,86183	0,647524	0,474089	0,188533
Base	25	4	0 - 0	0	DA0.00-0.00um VR25.07Hz Pto4 CH0	1,30488	0,663853	1,15964	0,0917288
Base	25	4	0 - 0	1	DA0.00-0.00um VR25.07Hz Pto4 CH1	3,30613	0,728173	0,547073	0,271899
Base	35	1	0 - 0	0	DA0.00-0.00um VR35.02Hz Pto1 CH0	1,10977	1,04979	0,247874	0,0393507
Base	35	1	0 - 0	1	DA0.00-0.00um VR35.02Hz Pto1 CH1	2,3327	2,13015	0,828673	0,0483372
Base	35	3	0 - 0	0	DA0.00-0.00um VR35.03Hz Pto3 CH0	0,657738	0,646862	0,0527041	0,0755558
Base	35	3	0 - 0	1	DA0.00-0.00um VR35.03Hz Pto3 CH1	2,68921	0,508494	0,122462	0,21524
Base	35	2	0 - 0	0	DA0.00-0.00um VR35.04Hz Pto2 CH0	1,08344	0,983125	0,30728	0,259453
Base	35	2	0 - 0	1	DA0.00-0.00um VR35.04Hz Pto2 CH1	2,57866	2,49883	0,779967	0,0498517
Base	35	4	0 - 0	0	DA0.00-0.00um VR35.04Hz Pto4 CH0	0,507262	0,462541	0,179223	0,00674005
Base	35	4	0 - 0	1	DA0.00-0.00um VR35.04Hz Pto4 CH1	2,72643	1,01911	0,441222	0,175632
Angular	15	3	0 - 0,15	0	DA0.00-15.00um VR15.04Hz Pto3 CH0	0,439505	0,309882	0,0688415	0,0983007
Angular	15	3	0 - 0,15	1	DA0.00-15.00um VR15.04Hz Pto3 CH1	2,17556	0,28215	0,13483	0,235194
Angular	15	2	0 - 0,15	0	DA0.00-15.00um VR15.07Hz Pto2 CH0	0,438075	0,309949	0,0992116	0,0522942
Angular	15	2	0 - 0,15	1	DA0.00-15.00um VR15.07Hz Pto2 CH1	1,1708	0,198697	0,168263	0,0687069
Angular	15	4	0 - 0,15	0	DA0.00-15.00um VR15.07Hz Pto4 CH0	0,493132	0,238412	0,078363	0,141341
Angular	15	4	0 - 0,15	1	DA0.00-15.00um VR15.07Hz Pto4 CH1	2,20733	0,499954	0,137235	0,297012
Angular	15	1	0 - 0,15	1	DA0.00-15.00um VR15.08Hz Pto1 CH1	1,11261	0,207025	0,165685	0,544183
Angular	25	3	0 - 0,15	0	DA0.00-15.00um VR25.04Hz Pto3 CH0	0,906372	0,690093	0,609337	0,0464606
Angular	25	3	0 - 0,15	1	DA0.00-15.00um VR25.04Hz Pto3 CH1	3,47202	0,524841	0,488967	0,170509
Angular	25	4	0 - 0,15	0	DA0.00-15.00um VR25.04Hz Pto4 CH0	1,55439	1,06306	1,11755	0,0708336
Angular	25	4	0 - 0,15	1	DA0.00-15.00um VR25.04Hz Pto4 CH1	3,61108	0,539932	0,92146	0,182005
Angular	25	1	0 - 0,15	0	DA0.00-15.00um VR25.07Hz Pto1 CH0	0,84852	0,498058	0,61581	0,0283553
Angular	25	1	0 - 0,15	1	DA0.00-15.00um VR25.07Hz Pto1 CH1	1,09153	0,507894	1,00307	0,0302148
Angular	25	2	0 - 0,15	0	DA0.00-15.00um VR25.07Hz Pto2 CH0	1,12857	0,498058	0,61581	0,0283553
Angular	25	2	0 - 0,15	1	DA0.00-15.00um VR25.07Hz Pto2 CH1	1,33355	0,507894	1,00307	0,0302148
Angular	35	1	0 - 0,15	0	DA0.00-15.00um VR35.04Hz Pto1 CH0	1,28792	1,25417	0,214284	0,0499284
Angular	35	1	0 - 0,15	1	DA0.00-15.00um VR35.04Hz Pto1 CH1	1,09505	0,927631	0,533367	0,0693765
Angular	35	2	0 - 0,15	0	DA0.00-15.00um VR35.04Hz Pto2 CH0	1,08546	1,00772	0,298162	0,155561

ANEXO B

Tabla de valores RMS obtenidos en laboratorio

Tipo de desalineamiento	Velocidad de rotación (Hz)	Puntos de medición	Desalineamientos	Canal	Nombre del archivo	Valor RMS	Valor RMS 1X	Valor RMS 2X	Valor RMS 3X
Angular	35	2	0 - 0,15	1	DA0.00-15.00um VR35.04Hz Pto2 CH1	1,21049	1,03499	0,574587	0,054209
Angular	35	3	0 - 0,15	0	DA0.00-15.00um VR35.04Hz Pto3 CH0	0,813591	0,781096	0,0676541	0,123179
Angular	35	3	0 - 0,15	1	DA0.00-15.00um VR35.04Hz Pto3 CH1	2,95555	1,10539	0,410759	0,41746
Angular	35	4	0 - 0,15	0	DA0.00-15.00um VR35.04Hz Pto4 CH0	0,898633	0,879902	0,187235	0,043875
Angular	35	4	0 - 0,15	1	DA0.00-15.00um VR35.04Hz Pto4 CH1	2,10192	0,647041	0,952754	0,224327
Angular	15	2	0 - 0,25	0	DA0.00-25.00um VR15.05Hz Pto2 CH0	0,335233	0,258918	0,0954981	0,0658082
Angular	15	2	0 - 0,25	1	DA0.00-25.00um VR15.05Hz Pto2 CH1	0,678063	0,274854	0,171545	0,10701
Angular	15	4	0 - 0,25	0	DA0.00-25.00um VR15.05Hz Pto4 CH0	0,487126	0,169536	0,0723956	0,183007
Angular	15	4	0 - 0,25	1	DA0.00-25.00um VR15.05Hz Pto4 CH1	1,01481	0,531159	0,136373	0,16843
Angular	15	3	0 - 0,25	0	DA0.00-25.00um VR15.06Hz Pto3 CH0	0,410392	0,246989	0,0671293	0,0899478
Angular	15	3	0 - 0,25	1	DA0.00-25.00um VR15.06Hz Pto3 CH1	1,0127	0,260049	0,0933813	0,147807
Angular	15	1	0 - 0,15	0	DA0.00-15.00um VR15.08Hz Pto1 CH0	0,486084	0,272785	0,0803961	0,135018
Angular	15	1	0 - 0,25	1	DA0.00-25.00um VR15.07Hz Pto1 CH1	0,70532	0,356004	0,163392	0,0624404
Angular	25	3	0 - 0,25	0	DA0.00-25.00um VR25.04Hz Pto3 CH0	0,790055	0,626311	0,441638	0,0429337
Angular	25	3	0 - 0,25	1	DA0.00-25.00um VR25.04Hz Pto3 CH1	1,56278	0,304822	0,238511	0,0982777
Angular	25	4	0 - 0,25	0	DA0.00-25.00um VR25.04Hz Pto4 CH0	1,0001	0,748367	0,634291	0,0562095
Angular	25	4	0 - 0,25	1	DA0.00-25.00um VR25.04Hz Pto4 CH1	1,56147	0,436201	0,314745	0,076949
Angular	25	1	0 - 0,25	0	DA0.00-25.00um VR25.06Hz Pto1 CH0	0,924698	0,551063	0,681062	0,0387146
Angular	25	1	0 - 0,25	1	DA0.00-25.00um VR25.06Hz Pto1 CH1	1,20337	0,313797	1,117	0,0700527
Angular	25	2	0 - 0,25	0	DA0.00-25.00um VR25.06Hz Pto2 CH0	1,10056	0,969305	0,567402	0,0427381
Angular	25	2	0 - 0,25	1	DA0.00-25.00um VR25.06Hz Pto2 CH1	1,39442	0,429096	1,27736	0,0622899
Angular	35	1	0 - 0,25	0	DA0.00-25.00um VR35.03Hz Pto1 CH0	1,06573	1,04073	0,178231	0,0350845
Angular	35	1	0 - 0,25	1	DA0.00-25.00um VR35.03Hz Pto1 CH1	0,918492	0,80337	0,424411	0,0269693
Angular	35	3	0 - 0,25	0	DA0.00-25.00um VR35.04Hz Pto3 CH0	0,706884	0,682971	0,0424032	0,0676436
Angular	35	3	0 - 0,25	1	DA0.00-25.00um VR35.04Hz Pto3 CH1	1,55028	0,358886	0,143224	0,0796814
Angular	35	4	0 - 0,25	0	DA0.00-25.00um VR35.04Hz Pto4 CH0	0,586339	0,536136	0,201546	0,0299959
Angular	35	4	0 - 0,25	1	DA0.00-25.00um VR35.04Hz Pto4 CH1	1,63379	0,55655	0,817798	0,0889036
Angular	35	2	0 - 0,25	0	DA0.00-25.00um VR35.06Hz Pto2 CH0	1,13837	1,1332	0,258185	0,110941
Angular	35	2	0 - 0,25	1	DA0.00-25.00um VR35.06Hz Pto2 CH1	1,05531	0,953696	0,35789	0,0924512
Angular	15	1	0 - 0,25	0	DA0.00-25.00um VR15.07Hz Pto1 CH0	0,582153	0,279095	0,0627139	0,0672754
Angular	15	1	0 - 0,35	1	DA0.00-35.00um VR15.07Hz Pto1 CH1	0,794418	0,214663	0,156841	0,0520508
Angular	15	2	0 - 0,35	0	DA0.00-35.00um VR15.08Hz Pto2 CH0	0,387688	0,307563	0,0937694	0,049745
Angular	15	2	0 - 0,35	1	DA0.00-35.00um VR15.08Hz Pto2 CH1	0,836476	0,199102	0,174845	0,0796383
Angular	15	3	0 - 0,35	0	DA0.00-35.00um VR15.08Hz Pto3 CH0	0,548763	0,33383	0,0674224	0,0548857
Angular	15	3	0 - 0,35	1	DA0.00-35.00um VR15.08Hz Pto3 CH1	2,58672	0,316448	0,13347	0,334374
Angular	15	4	0 - 0,35	0	DA0.00-35.00um VR15.08Hz Pto4 CH0	0,48301	0,242724	0,0926662	0,159642
Angular	15	4	0 - 0,35	1	DA0.00-35.00um VR15.08Hz Pto4 CH1	2,76621	0,43636	0,20749	0,275266
Angular	25	1	0 - 0,35	0	DA0.00-35.00um VR25.06Hz Pto1 CH0	0,921962	0,464383	0,765033	0,0372157
Angular	25	1	0 - 0,35	1	DA0.00-35.00um VR25.06Hz Pto1 CH1	1,55024	0,512307	1,43539	0,0230777
Angular	25	2	0 - 0,35	0	DA0.00-35.00um VR25.06Hz Pto2 CH0	1,07508	0,813759	0,647301	0,0330121
Angular	25	2	0 - 0,35	1	DA0.00-35.00um VR25.06Hz Pto2 CH1	1,54122	0,601947	1,32485	0,0282879
Angular	25	3	0 - 0,35	0	DA0.00-35.00um VR25.06Hz Pto3 CH0	1,08853	0,615517	0,980194	0,058802

ANEXO B

Tabla de valores RMS obtenidos en laboratorio

Tipo de desalineamiento	Velocidad de rotación (Hz)	Puntos de medición	Desalineamientos	Canal	Nombre del archivo	Valor RMS	Valor RMS 1X	Valor RMS 2X	Valor RMS 3X
Angular	25	3	0 - 0,35	1	DA0.00-35.00um VR25.06Hz Pto3 CH1	4,66251	0,641012	0,44713	0,361832
Angular	25	4	0 - 0,35	0	DA0.00-35.00um VR25.07Hz Pto4 CH0	1,5065	1,04692	1,16508	0,0816862
Angular	25	4	0 - 0,35	1	DA0.00-35.00um VR25.07Hz Pto4 CH1	4,21185	0,873947	0,534867	0,28337
Angular	35	1	0 - 0,35	0	DA0.00-35.00um VR35.04Hz Pto1 CH0	1,21065	1,16652	0,231351	0,0525443
Angular	35	1	0 - 0,35	1	DA0.00-35.00um VR35.04Hz Pto1 CH1	0,811149	0,722478	0,270665	0,0510292
Angular	35	2	0 - 0,35	0	DA0.00-35.00um VR35.04Hz Pto2 CH0	1,05558	1,04774	0,281268	0,0779505
Angular	35	2	0 - 0,35	1	DA0.00-35.00um VR35.04Hz Pto2 CH1	0,918185	0,858253	0,239045	0,0420777
Angular	35	3	0 - 0,35	0	DA0.00-35.00um VR35.04Hz Pto3 CH0	0,698759	0,676821	0,0987913	0,095583
Angular	35	3	0 - 0,35	1	DA0.00-35.00um VR35.04Hz Pto3 CH1	2,86092	1,17308	0,675798	0,390834
Angular	35	4	0 - 0,35	0	DA0.00-35.00um VR35.04Hz Pto4 CH0	0,872371	0,832788	0,177253	0,0413056
Angular	35	4	0 - 0,35	1	DA0.00-35.00um VR35.04Hz Pto4 CH1	2,93713	0,515501	0,868146	0,268678
Angular	15	2	0 - 0,45	0	DA0.00-45.00um VR15.07Hz Pto2 CH0	0,410128	0,321521	0,0953035	0,0706892
Angular	15	2	0 - 0,45	1	DA0.00-45.00um VR15.07Hz Pto2 CH1	0,730832	0,184723	0,180197	0,070203
Angular	15	3	0 - 0,45	0	DA0.00-45.00um VR15.07Hz Pto3 CH0	0,442005	0,323758	0,0701595	0,0727619
Angular	15	3	0 - 0,45	1	DA0.00-45.00um VR15.07Hz Pto3 CH1	2,68655	0,452159	0,244985	0,320213
Angular	15	4	0 - 0,45	0	DA0.00-45.00um VR15.07Hz Pto4 CH0	0,336197	0,239201	0,0892604	0,150923
Angular	15	4	0 - 0,45	1	DA0.00-45.00um VR15.07Hz Pto4 CH1	2,18569	0,62614	0,109901	0,264857
Angular	15	1	0 - 0,35	0	DA0.00-35.00um VR15.07Hz Pto1 CH0	0,616737	0,254012	0,0640331	0,109239
Angular	15	1	0 - 0,45	1	DA0.00-45.00um VR15.09Hz Pto1 CH1	0,686297	0,195334	0,16429	0,0588995
Angular	25	4	0 - 0,45	0	DA0.00-45.00um VR25.05Hz Pto4 CH0	1,34678	0,943314	0,791255	0,0664604
Angular	25	4	0 - 0,45	1	DA0.00-45.00um VR25.05Hz Pto4 CH1	4,62473	0,787607	0,554872	0,253759
Angular	25	1	0 - 0,45	0	DA0.00-45.00um VR25.07Hz Pto1 CH0	0,950098	0,473063	0,787854	0,0347394
Angular	25	1	0 - 0,45	1	DA0.00-45.00um VR25.07Hz Pto1 CH1	1,55794	0,588682	1,48268	0,0663698
Angular	25	2	0 - 0,45	0	DA0.00-45.00um VR25.07Hz Pto2 CH0	1,28295	0,802936	1,10035	0,0490922
Angular	25	2	0 - 0,45	1	DA0.00-45.00um VR25.07Hz Pto2 CH1	1,82641	0,786276	0,570377	0,212467
Angular	25	3	0 - 0,45	0	DA0.00-45.00um VR25.07Hz Pto3 CH0	0,890631	0,459445	0,787854	0,0404707
Angular	25	3	0 - 0,45	1	DA0.00-45.00um VR25.07Hz Pto3 CH1	4,5554	0,583049	1,47825	0,0618046
Angular	35	1	0 - 0,45	0	DA0.00-45.00um VR35.04Hz Pto1 CH0	1,04858	1,16751	0,216535	0,0540865
Angular	35	1	0 - 0,45	1	DA0.00-45.00um VR35.04Hz Pto1 CH1	0,848665	0,720343	0,263743	0,0489281
Angular	35	2	0 - 0,45	0	DA0.00-45.00um VR35.04Hz Pto2 CH0	0,968902	1,04943	0,279681	0,0914888
Angular	35	2	0 - 0,45	1	DA0.00-45.00um VR35.04Hz Pto2 CH1	0,9409	0,857774	0,232554	0,058965
Angular	35	3	0 - 0,45	0	DA0.00-45.00um VR35.05Hz Pto3 CH0	0,769175	0,770827	0,0567362	0,0548441
Angular	35	3	0 - 0,45	1	DA0.00-45.00um VR35.05Hz Pto3 CH1	2,63128	0,348324	0,33275	0,255575
Angular	35	4	0 - 0,45	0	DA0.00-45.00um VR35.05Hz Pto4 CH0	1,01772	1,03152	0,156918	0,0507216
Angular	35	4	0 - 0,45	1	DA0.00-45.00um VR35.05Hz Pto4 CH1	2,65757	0,706196	0,352084	0,294949
Angular	15	1	0 - 0,45	0	DA0.00-45.00um VR15.09Hz Pto1 CH0	0,580503	0,340101	0,0572527	0,100078
Angular	15	1	0 - 0,5	0	DA0.00-50.00um VR15.07Hz Pto1 CH0	0,593725	0,346065	0,0633685	0,117929
Angular	15	1	0 - 0,5	1	DA0.00-50.00um VR15.07Hz Pto1 CH1	0,752502	0,179914	0,165321	0,0539226
Angular	15	2	0 - 0,5	0	DA0.00-50.00um VR15.07Hz Pto2 CH0	0,404108	0,357065	0,100261	0,0554678
Angular	15	2	0 - 0,5	1	DA0.00-50.00um VR15.07Hz Pto2 CH1	0,823468	0,181368	0,172431	0,0702687
Angular	15	3	0 - 0,5	0	DA0.00-50.00um VR15.09Hz Pto3 CH0	0,427631	0,331178	0,0645021	0,094041
Angular	15	3	0 - 0,5	1	DA0.00-50.00um VR15.09Hz Pto3 CH1	2,62901	0,575975	0,224564	0,324037

ANEXO B

Tabla de valores RMS obtenidos en laboratorio

Tipo de desalineamiento	Velocidad de rotación (Hz)	Puntos de medición	Desalineamientos	Canal	Nombre del archivo	Valor RMS	Valor RMS 1X	Valor RMS 2X	Valor RMS 3X
Angular	15	4	0 - 0,5	0	DA0.00-50.00um VR15.09Hz Pto4 CH0	0,423995	0,250142	0,079641	0,14819
Angular	15	4	0 - 0,5	1	DA0.00-50.00um VR15.09Hz Pto4 CH1	2,21454	0,614872	0,168764	0,182455
Angular	25	1	0 - 0,5	0	DA0.00-50.00um VR25.04Hz Pto1 CH0	0,959419	0,456296	0,797099	0,0393382
Angular	25	1	0 - 0,5	1	DA0.00-50.00um VR25.04Hz Pto1 CH1	1,64434	0,829527	0,70211	0,047591
Angular	25	2	0 - 0,5	0	DA0.00-50.00um VR25.05Hz Pto2 CH0	1,09206	0,833339	0,486845	0,0442753
Angular	25	2	0 - 0,5	1	DA0.00-50.00um VR25.05Hz Pto2 CH1	1,78523	0,657617	1,45774	0,0282718
Angular	25	3	0 - 0,5	0	DA0.00-50.00um VR25.07Hz Pto3 CH0	1,02771	0,658706	0,753988	0,0700083
Angular	25	3	0 - 0,5	1	DA0.00-50.00um VR25.07Hz Pto3 CH1	5,40348	0,596784	0,429669	0,278175
Angular	25	4	0 - 0,5	0	DA0.00-50.00um VR25.07Hz Pto4 CH0	1,56268	0,916503	1,31115	0,0873942
Angular	25	4	0 - 0,5	1	DA0.00-50.00um VR25.07Hz Pto4 CH1	3,98175	0,747002	0,751221	0,233144
Angular	35	1	0 - 0,5	0	DA0.00-50.00um VR35.04Hz Pto1 CH0	1,13559	1,12219	0,202964	0,052642
Angular	35	1	0 - 0,5	1	DA0.00-50.00um VR35.04Hz Pto1 CH1	0,833913	0,724137	0,30955	0,0415359
Angular	35	2	0 - 0,5	0	DA0.00-50.00um VR35.04Hz Pto2 CH0	0,9982	0,957489	0,245184	0,116949
Angular	35	2	0 - 0,5	1	DA0.00-50.00um VR35.04Hz Pto2 CH1	0,949219	0,879651	0,278512	0,0221839
Angular	35	3	0 - 0,5	0	DA0.00-50.00um VR35.04Hz Pto3 CH0	0,71952	0,685469	0,0883085	0,061745
Angular	35	3	0 - 0,5	1	DA0.00-50.00um VR35.04Hz Pto3 CH1	3,20152	0,30631	0,476595	0,26996
Angular	35	4	0 - 0,5	0	DA0.00-50.00um VR35.04Hz Pto4 CH0	0,996205	0,994788	0,164972	0,0404392
Angular	35	4	0 - 0,5	1	DA0.00-50.00um VR35.04Hz Pto4 CH1	2,62666	0,615869	0,553	0,226462
Paralelo	15	3	0,15 - 0,15	0	DA15.00-15.00um VR15.06Hz Pto3 CH0	0,452555	0,291726	0,063256	0,111906
Paralelo	15	3	0,15 - 0,15	1	DA15.00-15.00um VR15.06Hz Pto3 CH1	2,2975	0,323173	0,151902	0,320861
Paralelo	15	4	0,15 - 0,15	0	DA15.00-15.00um VR15.06Hz Pto4 CH0	0,307543	0,219566	0,0732993	0,107761
Paralelo	15	4	0,15 - 0,15	1	DA15.00-15.00um VR15.06Hz Pto4 CH1	1,83326	0,27321	0,119026	0,225214
Paralelo	15	2	0,15 - 0,15	0	DA15.00-15.00um VR15.07Hz Pto2 CH0	0,561048	0,360062	0,0989272	0,0673817
Paralelo	15	2	0,15 - 0,15	1	DA15.00-15.00um VR15.07Hz Pto2 CH1	0,689884	0,239436	0,258028	0,117444
Paralelo	15	1	0,15 - 0,15	0	DA15.00-15.00um VR15.08Hz Pto1 CH0	0,539007	0,321524	0,0466186	0,0616699
Paralelo	15	1	0,15 - 0,15	1	DA15.00-15.00um VR15.08Hz Pto1 CH1	0,645467	0,313987	0,231073	0,0809108
Paralelo	25	1	0,15 - 0,15	0	DA15.00-15.00um VR25.06Hz Pto1 CH0	1,06205	0,516137	0,88398	0,0523035
Paralelo	25	1	0,15 - 0,15	1	DA15.00-15.00um VR25.06Hz Pto1 CH1	0,765758	0,387894	0,578855	0,206002
Paralelo	25	2	0,15 - 0,15	0	DA15.00-15.00um VR25.06Hz Pto2 CH0	1,00096	0,718105	0,69676	0,0410076
Paralelo	25	2	0,15 - 0,15	1	DA15.00-15.00um VR25.06Hz Pto2 CH1	0,893397	0,459931	0,725665	0,197871
Paralelo	25	3	0,15 - 0,15	0	DA15.00-15.00um VR25.06Hz Pto3 CH0	0,824956	0,673646	0,453737	0,0379985
Paralelo	25	3	0,15 - 0,15	1	DA15.00-15.00um VR25.06Hz Pto3 CH1	3,24212	0,584413	0,378895	0,211571
Paralelo	25	4	0,15 - 0,15	0	DA15.00-15.00um VR25.06Hz Pto4 CH0	1,39529	0,902819	1,05732	0,0773388
Paralelo	25	4	0,15 - 0,15	1	DA15.00-15.00um VR25.06Hz Pto4 CH1	2,59515	0,526973	0,540778	0,191701
Paralelo	35	1	0,15 - 0,15	0	DA15.00-15.00um VR35.03Hz Pto1 CH0	1,13443	1,0944	0,216109	0,033114
Paralelo	35	1	0,15 - 0,15	1	DA15.00-15.00um VR35.03Hz Pto1 CH1	2,91232	2,81515	0,738968	0,0246302
Paralelo	35	2	0,15 - 0,15	0	DA15.00-15.00um VR35.03Hz Pto2 CH0	0,952288	0,868833	0,31061	0,15904
Paralelo	35	2	0,15 - 0,15	1	DA15.00-15.00um VR35.03Hz Pto2 CH1	3,155	3,06657	0,727498	0,0199634
Paralelo	35	3	0,15 - 0,15	0	DA15.00-15.00um VR35.03Hz Pto3 CH0	0,767206	0,75876	0,0412871	0,04122
Paralelo	35	3	0,15 - 0,15	1	DA15.00-15.00um VR35.03Hz Pto3 CH1	2,76907	0,440866	0,157287	0,117464
Paralelo	35	4	0,15 - 0,15	0	DA15.00-15.00um VR35.03Hz Pto4 CH0	1,08227	1,07442	0,123581	0,0242511
Paralelo	35	4	0,15 - 0,15	1	DA15.00-15.00um VR35.03Hz Pto4 CH1	1,7789	0,694105	0,262918	0,0996839

ANEXO B

Tabla de valores RMS obtenidos en laboratorio

Tipo de desalineamiento	Velocidad de rotación (Hz)	Puntos de medición	Desalineamientos	Canal	Nombre del archivo	Valor RMS	Valor RMS 1X	Valor RMS 2X	Valor RMS 3X
Paralelo	15	1	0,25 - 0,25	0	DA25.00-25.00um VR15.07Hz Pto1 CH0	0,580248	0,308597	0,0722759	0,0653603
Paralelo	15	1	0,25 - 0,25	1	DA25.00-25.00um VR15.07Hz Pto1 CH1	0,701051	0,341039	0,173907	0,0771925
Paralelo	15	3	0,25 - 0,25	0	DA25.00-25.00um VR15.07Hz Pto3 CH0	0,50122	0,267975	0,0763071	0,0627834
Paralelo	15	3	0,25 - 0,25	1	DA25.00-25.00um VR15.07Hz Pto3 CH1	1,56042	0,368654	0,157624	0,263964
Paralelo	15	2	0,25 - 0,25	0	DA25.00-25.00um VR15.08Hz Pto2 CH0	0,329346	0,273059	0,103467	0,0652188
Paralelo	15	2	0,25 - 0,25	1	DA25.00-25.00um VR15.08Hz Pto2 CH1	0,706274	0,287849	0,199198	0,073082
Paralelo	15	4	0,25 - 0,25	0	DA25.00-25.00um VR15.08Hz Pto4 CH0	0,348522	0,160823	0,101485	0,110676
Paralelo	15	4	0,25 - 0,25	1	DA25.00-25.00um VR15.08Hz Pto4 CH1	1,76029	0,607888	0,113349	0,25403
Paralelo	25	1	0,25 - 0,25	0	DA25.00-25.00um VR25.05Hz Pto1 CH0	0,981903	0,542711	0,749968	0,0440839
Paralelo	25	1	0,25 - 0,25	1	DA25.00-25.00um VR25.05Hz Pto1 CH1	1,40481	0,329422	1,31541	0,0750934
Paralelo	25	2	0,25 - 0,25	0	DA25.00-25.00um VR25.05Hz Pto2 CH0	1,07213	0,937519	0,508774	0,0376324
Paralelo	25	2	0,25 - 0,25	1	DA25.00-25.00um VR25.05Hz Pto2 CH1	1,52793	0,454732	1,4567	0,0499436
Paralelo	25	3	0,25 - 0,25	0	DA25.00-25.00um VR25.05Hz Pto3 CH0	0,96186	0,573086	0,798243	0,0521119
Paralelo	25	3	0,25 - 0,25	1	DA25.00-25.00um VR25.05Hz Pto3 CH1	2,64798	0,691968	0,494312	0,338088
Paralelo	25	4	0,25 - 0,25	0	DA25.00-25.00um VR25.06Hz Pto4 CH0	1,07811	0,589163	0,894453	0,0832958
Paralelo	25	4	0,25 - 0,25	1	DA25.00-25.00um VR25.06Hz Pto4 CH1	2,24106	0,883649	0,434192	0,255664
Paralelo	35	3	0,25 - 0,25	0	DA25.00-25.00um VR35.03Hz Pto3 CH0	0,606114	0,56034	0,110079	0,110255
Paralelo	35	3	0,25 - 0,25	1	DA25.00-25.00um VR35.03Hz Pto3 CH1	2,96449	0,951961	0,860743	0,174216
Paralelo	35	4	0,25 - 0,25	0	DA25.00-25.00um VR35.03Hz Pto4 CH0	0,520473	0,460572	0,189642	0,0317504
Paralelo	35	4	0,25 - 0,25	1	DA25.00-25.00um VR35.03Hz Pto4 CH1	2,33299	0,911202	0,349821	0,143643
Paralelo	35	1	0,25 - 0,25	0	DA25.00-25.00um VR35.04Hz Pto1 CH0	1,05633	1,00814	0,198119	0,0349275
Paralelo	35	1	0,25 - 0,25	1	DA25.00-25.00um VR35.04Hz Pto1 CH1	0,916854	0,769907	0,44201	0,023121
Paralelo	35	2	0,25 - 0,25	0	DA25.00-25.00um VR35.04Hz Pto2 CH0	1,13921	1,10578	0,247798	0,116515
Paralelo	35	2	0,25 - 0,25	1	DA25.00-25.00um VR35.04Hz Pto2 CH1	1,05791	0,946248	0,421738	0,0363789
Paralelo	15	1	0,35 - 0,35	0	DA35.00-35.00um VR15.08Hz Pto1 CH0	0,588944	0,276402	0,0756983	0,121297
Paralelo	15	1	0,35 - 0,35	1	DA35.00-35.00um VR15.08Hz Pto1 CH1	0,752946	0,304897	0,184587	0,0596619
Paralelo	15	3	0,35 - 0,35	0	DA35.00-35.00um VR15.08Hz Pto3 CH0	0,508182	0,29466	0,069728	0,0491848
Paralelo	15	3	0,35 - 0,35	1	DA35.00-35.00um VR15.08Hz Pto3 CH1	0,650463	0,16968	0,120067	0,10373
Paralelo	15	4	0,35 - 0,35	0	DA35.00-35.00um VR15.08Hz Pto4 CH0	0,442361	0,186031	0,100839	0,185752
Paralelo	15	4	0,35 - 0,35	1	DA35.00-35.00um VR15.08Hz Pto4 CH1	0,783105	0,433451	0,122449	0,104563
Paralelo	15	2	0,35 - 0,35	0	DA35.00-35.00um VR15.09Hz Pto2 CH0	0,505854	0,260801	0,105921	0,0599459
Paralelo	15	2	0,35 - 0,35	1	DA35.00-35.00um VR15.09Hz Pto2 CH1	0,689202	0,254111	0,246587	0,104538
Paralelo	25	1	0,35 - 0,35	0	DA35.00-35.00um VR25.05Hz Pto1 CH0	0,956108	0,53135	0,789047	0,0545264
Paralelo	25	1	0,35 - 0,35	1	DA35.00-35.00um VR25.05Hz Pto1 CH1	1,60249	0,405141	1,61524	0,0542908
Paralelo	25	3	0,35 - 0,35	0	DA35.00-35.00um VR25.05Hz Pto3 CH0	1,09615	0,529772	0,974115	0,0775765
Paralelo	25	3	0,35 - 0,35	1	DA35.00-35.00um VR25.05Hz Pto3 CH1	0,995465	0,367415	0,389963	0,273468
Paralelo	25	2	0,35 - 0,35	0	DA35.00-35.00um VR25.07Hz Pto2 CH0	1,14139	0,79079	0,652116	0,0448671
Paralelo	25	2	0,35 - 0,35	1	DA35.00-35.00um VR25.07Hz Pto2 CH1	0,765568	0,395898	0,575671	0,174275
Paralelo	25	4	0,35 - 0,35	0	DA35.00-35.00um VR25.08Hz Pto4 CH0	1,35012	0,638391	1,16232	0,0746748
Paralelo	25	4	0,35 - 0,35	1	DA35.00-35.00um VR25.08Hz Pto4 CH1	1,10809	0,473272	0,766639	0,0726091
Paralelo	35	3	0,35 - 0,35	0	DA35.00-35.00um VR35.04Hz Pto3 CH0	0,579074	0,53918	0,111714	0,11315
Paralelo	35	3	0,35 - 0,35	1	DA35.00-35.00um VR35.04Hz Pto3 CH1	1,29936	0,701745	0,703539	0,119202

ANEXO B

Tabla de valores RMS obtenidos en laboratorio

Tipo de desalineamiento	Velocidad de rotación (Hz)	Puntos de medición	Desalineamientos	Canal	Nombre del archivo	Valor RMS	Valor RMS 1X	Valor RMS 2X	Valor RMS 3X
Paralelo	35	4	0,35 - 0,35	0	DA35.00-35.00um VR35.04Hz Pto4 CH0	0,661137	0,606823	0,212135	0,0557571
Paralelo	35	4	0,35 - 0,35	1	DA35.00-35.00um VR35.04Hz Pto4 CH1	1,42308	0,554193	1,103	0,128755
Paralelo	35	1	0,35 - 0,35	0	DA35.00-35.00um VR35.05Hz Pto1 CH0	1,2177	1,16071	0,247238	0,0680983
Paralelo	35	1	0,35 - 0,35	1	DA35.00-35.00um VR35.05Hz Pto1 CH1	0,85713	0,764227	0,342425	0,0307295
Paralelo	35	2	0,35 - 0,35	0	DA35.00-35.00um VR35.05Hz Pto2 CH0	1,04144	0,943833	0,294831	0,295278
Paralelo	35	2	0,35 - 0,35	1	DA35.00-35.00um VR35.05Hz Pto2 CH1	2,80465	2,64045	0,871102	0,033282
Paralelo	15	1	0,45 - 0,45	0	DA45.00-45.00um VR15.06Hz Pto1 CH0	0,552265	0,314005	0,050432	0,0685658
Paralelo	15	1	0,45 - 0,45	1	DA45.00-45.00um VR15.06Hz Pto1 CH1	0,64025	0,282886	0,164259	0,100835
Paralelo	15	2	0,45 - 0,45	0	DA45.00-45.00um VR15.07Hz Pto2 CH0	0,369869	0,2992	0,104774	0,0608876
Paralelo	15	2	0,45 - 0,45	1	DA45.00-45.00um VR15.07Hz Pto2 CH1	0,652401	0,253203	0,17568	0,0862569
Paralelo	15	3	0,45 - 0,45	0	DA45.00-45.00um VR15.07Hz Pto3 CH0	0,422196	0,320097	0,0629765	0,0848996
Paralelo	15	3	0,45 - 0,45	1	DA45.00-45.00um VR15.07Hz Pto3 CH1	2,68343	0,306233	0,163464	0,318523
Paralelo	15	4	0,45 - 0,45	0	DA45.00-45.00um VR15.07Hz Pto4 CH0	0,396452	0,230419	0,0804473	0,135986
Paralelo	15	4	0,45 - 0,45	1	DA45.00-45.00um VR15.07Hz Pto4 CH1	1,86031	0,355405	0,140194	0,228104
Paralelo	25	1	0,45 - 0,45	0	DA45.00-45.00um VR25.04Hz Pto1 CH0	1,04399	0,512639	0,865066	0,0363723
Paralelo	25	1	0,45 - 0,45	1	DA45.00-45.00um VR25.04Hz Pto1 CH1	1,16138	0,480927	0,990165	0,0701106
Paralelo	25	4	0,45 - 0,45	0	DA45.00-45.00um VR25.05Hz Pto4 CH0	1,23345	0,97097	0,622547	0,0590987
Paralelo	25	4	0,45 - 0,45	1	DA45.00-45.00um VR25.05Hz Pto4 CH1	2,79057	0,539785	0,41379	0,16646
Paralelo	25	2	0,45 - 0,45	0	DA45.00-45.00um VR25.06Hz Pto2 CH0	0,904054	0,745091	0,506215	0,0368244
Paralelo	25	2	0,45 - 0,45	1	DA45.00-45.00um VR25.06Hz Pto2 CH1	1,44941	0,553646	1,29857	0,0970544
Paralelo	25	3	0,45 - 0,45	0	DA45.00-45.00um VR25.07Hz Pto3 CH0	0,827474	0,642124	0,497529	0,0409543
Paralelo	25	3	0,45 - 0,45	1	DA45.00-45.00um VR25.07Hz Pto3 CH1	3,10791	0,669775	0,473509	0,281328
Paralelo	35	4	0,45 - 0,45	0	DA45.00-45.00um VR35.03Hz Pto4 CH0	0,958172	0,966473	0,153782	0,0342861
Paralelo	35	4	0,45 - 0,45	1	DA45.00-45.00um VR35.03Hz Pto4 CH1	2,23903	0,548935	0,691604	0,143227
Paralelo	35	1	0,45 - 0,45	0	DA45.00-45.00um VR35.04Hz Pto1 CH0	0,94296	0,92884	0,187634	0,0496109
Paralelo	35	1	0,45 - 0,45	1	DA45.00-45.00um VR35.04Hz Pto1 CH1	1,08643	0,971302	0,493818	0,0492002
Paralelo	35	2	0,45 - 0,45	0	DA45.00-45.00um VR35.04Hz Pto2 CH0	0,974747	0,906529	0,249899	0,154829
Paralelo	35	2	0,45 - 0,45	1	DA45.00-45.00um VR35.04Hz Pto2 CH1	1,02158	0,892824	0,48103	0,0271529
Paralelo	35	3	0,45 - 0,45	0	DA45.00-45.00um VR35.04Hz Pto3 CH0	0,735737	0,71463	0,0761012	0,0640362
Paralelo	35	3	0,45 - 0,45	1	DA45.00-45.00um VR35.04Hz Pto3 CH1	2,89371	0,264967	0,467212	0,331031
Paralelo	15	1	0,5 - 0,5	0	DA50.00-50.00um VR15.06Hz Pto1 CH0	0,546493	0,320792	0,0715709	0,0784715
Paralelo	15	1	0,5 - 0,5	1	DA50.00-50.00um VR15.06Hz Pto1 CH1	0,628508	0,299861	0,186313	0,127495
Paralelo	15	2	0,5 - 0,5	0	DA50.00-50.00um VR15.07Hz Pto2 CH0	0,337639	0,261931	0,103427	0,0768254
Paralelo	15	2	0,5 - 0,5	1	DA50.00-50.00um VR15.07Hz Pto2 CH1	0,628909	0,253887	0,20597	0,117688
Paralelo	15	3	0,5 - 0,5	0	DA50.00-50.00um VR15.07Hz Pto3 CH0	0,438093	0,266174	0,0779105	0,138614
Paralelo	15	3	0,5 - 0,5	1	DA50.00-50.00um VR15.07Hz Pto3 CH1	0,285736	0,170349	0,087505	0,0231048
Paralelo	15	4	0,5 - 0,5	0	DA50.00-50.00um VR15.08Hz Pto4 CH0	0,31586	0,179786	0,116566	0,152087
Paralelo	15	4	0,5 - 0,5	1	DA50.00-50.00um VR15.08Hz Pto4 CH1	0,516953	0,461286	0,120201	0,0400637
Paralelo	25	1	0,5 - 0,5	0	DA50.00-50.00um VR25.05Hz Pto1 CH0	1,06894	0,51522	0,905861	0,0604976
Paralelo	25	1	0,5 - 0,5	1	DA50.00-50.00um VR25.05Hz Pto1 CH1	1,10724	0,384475	0,984018	0,056746
Paralelo	25	3	0,5 - 0,5	0	DA50.00-50.00um VR25.05Hz Pto3 CH0	0,89702	0,600875	0,621366	0,075901
Paralelo	25	3	0,5 - 0,5	1	DA50.00-50.00um VR25.05Hz Pto3 CH1	0,416984	0,150436	0,321752	0,0234306

ANEXO B

Tabla de valores RMS obtenidos en laboratorio

Tipo de desalineamiento	Velocidad de rotación (Hz)	Puntos de medición	Desalineamientos	Canal	Nombre del archivo	Valor RMS	Valor RMS 1X	Valor RMS 2X	Valor RMS 3X
Paralelo	25	4	0,5 - 0,5	0	DA50.00-50.00um_VR25.05Hz_Pto4_CH0	1,29687	0,55404	1,10632	0,0811543
Paralelo	25	4	0,5 - 0,5	1	DA50.00-50.00um_VR25.05Hz_Pto4_CH1	0,803964	0,417844	0,584882	0,109219
Paralelo	25	2	0,5 - 0,5	0	DA50.00-50.00um_VR25.07Hz_Pto2_CH0	1,12586	0,924469	0,6016	0,0489872
Paralelo	25	2	0,5 - 0,5	1	DA50.00-50.00um_VR25.07Hz_Pto2_CH1	1,3038	0,510165	1,22342	0,0415863
Paralelo	35	1	0,5 - 0,5	0	DA50.00-50.00um_VR35.04Hz_Pto1_CH0	1,07561	1,06209	0,232253	0,0737641
Paralelo	35	1	0,5 - 0,5	1	DA50.00-50.00um_VR35.04Hz_Pto1_CH1	1,39297	1,23545	0,609779	0,0573488
Paralelo	35	2	0,5 - 0,5	0	DA50.00-50.00um_VR35.04Hz_Pto2_CH0	1,11342	1,02161	0,269068	0,333133
Paralelo	35	2	0,5 - 0,5	1	DA50.00-50.00um_VR35.04Hz_Pto2_CH1	1,47737	1,36018	0,604373	0,053186
Paralelo	35	3	0,5 - 0,5	0	DA50.00-50.00um_VR35.04Hz_Pto3_CH0	0,613052	0,589352	0,0729684	0,0616869
Paralelo	35	3	0,5 - 0,5	1	DA50.00-50.00um_VR35.04Hz_Pto3_CH1	0,607109	0,325194	0,243409	0,040551
Paralelo	35	4	0,5 - 0,5	0	DA50.00-50.00um_VR35.04Hz_Pto4_CH0	0,812922	0,765627	0,235432	0,0364395
Paralelo	35	4	0,5 - 0,5	1	DA50.00-50.00um_VR35.04Hz_Pto4_CH1	1,28271	0,464995	1,16153	0,0368677

ENSACADORA 1

Actuador lineal	Diametro [mm]	Carrera [mm]	Ciclos/min	Presion [bar abs.]	Efecto
1	50	125	8	7	2
2	50	200	2	7	2
3	50	200	2	7	2

ENSACADORA 2

Actuador lineal	Diametro [mm]	Carrera [mm]	Ciclos/min	Presion [bar abs.]	Efecto
1	50	200	2	7	2
2	50	200	2	7	2
3	100	450	1	7	2
4	100	450	1	7	2
5	63	300	2	7	2

ENSACADORA 3

Actuador lineal	Diametro [mm]	Carrera [mm]	Ciclos/min	Presion [bar abs.]	Efecto
1	50	200	2	7	2
2	50	200	2	7	2
3	100	450	1	7	2
4	100	450	1	7	2
5	63	300	2	7	2

ENSACADORA 4

Actuador lineal	Diametro [mm]	Carrera [mm]	Ciclos/min	Presion [bar abs.]	Efecto
1	50	200	2	7	2
2	50	200	2	7	2
3	100	450	1	7	2
4	100	450	1	7	2

ENSACADORA 5

Actuador lineal	Diámetro [mm]	Carrera [mm]	Ciclos/min	Presion [bar abs.]	Efecto
1	50	200	3	7	2
2	50	200	3	7	2

MEZCLADOR ANTIOXIDANTE

Equipo	P1 (Pa)	P2(Pa)	T1(K)	T2(K)	m1(kg)
Mezclador Antioxidante 1	655002	569773	297	297	1,54
Mezclador Antioxidante 2	655002	566783	298	297	1,53

FILTRO DE MANGA					
Equipo	P1 (Pa)	P2(Pa)	T1(K)	T2(K)	m1(Kg)
Filtro de Mangas 1	703265	665704	298	297	1,64
Filtro de Mangas 2	703265	667173	297	297	1,65
Filtro de Mangas 3	703265	666570	297	296	1,648

Caudal [NI/min]
27,48893572
10,99557429
10,99557429
49,48008429

Caudal [NI/min]
10,99557429
10,99557429
49,48008429
49,48008429
26,18486061
147,1361778

343,75244

Caudal [NI/min]
10,99557429
10,99557429
49,48008429
49,48008429
26,18486061
147,1361778

Caudal [NI/min]
10,99557429
10,99557429
49,48008429
49,48008429
120,9513172

Caudal [NI/min]
16,49
16,49
32,99

DANTE					
m2 (kg)	m1 - m2 (kg)	d (kg/m3)	Q (m3/min)	Q (L/min)	Q (NL/min)
1,34	0,20	6,68	0,03	30	198
1,33	0,20	7,68	0,03	26	173
					372

AS					
m2 (kg)	m1 - m2 (kg)	d (kg/m3)	Q (m3/min)	Q (L/min)	Q (NL/min)
1,56	0,08	7,81	0,01	11	80
1,56	0,08	7,83	0,01	11	81
1,568	0,08	7,85	0,01	10	77
					239

CONSUMO TOTAL ENSAQUE 1108

Tramo	D. Nominal (pulg)	D. interior (mm)	Largo (m)
Compresores-Estanque	3	77,92	114,6
Estanque1 - CC1	2	52,98	28,7
	2	52,98	13,3
	2	52,98	6,5
Estanque1 - CC2	2	52,98	28,7
	2	52,98	13,3
Estanque1 - CC3	2	52,98	28,7
	1,5	40,94	47
	1,5	40,94	12,3
	1,5	40,94	1
	1,25	35,08	11,5
Estanque1 - CC4	2	52,98	28,7
	1,5	40,94	47
	1,5	40,94	4,3
	1,5	40,94	4,8
Estanque1 - Estanque2	2	52,98	28,7
	1,5	40,94	47
	1,5	40,94	12,3
	1,5	40,94	4,3
	1,5	40,94	29,2
Estanque2 - CC6	1,25	35,08	6,6
	1,25	35,08	5
	1,25	35,08	2
Estanque2 - CC7	1,25	35,08	6,6
	1,25	35,08	5
	1,25	35,08	2
	1,25	35,08	1,5
Estanque2 - CC5	1,25	35,08	6,6
	1,25	35,08	5
	1,25	35,08	19,8
Estanque2 - CC27	1,25	35,08	6,6
	1,25	35,08	5
	1,25	35,08	19,8
	1,25	35,08	3,5
Estanque2 - CC26	1,25	35,08	6,6
	1,25	35,08	10,2
Estanque2 - CC8	1,25	35,08	6,6
	1,25	35,08	10,2
	1,25	35,08	2
Estanque2 - CC9	1,5	40,94	20,8
	1,25	35,08	1,95
Estanque2 - CC10	1,25	35,08	29
Estanque1 - CC11	2	52,98	28,7
	1,5	40,94	47

	1,5	40,94	14
	1	26,64	54
Estanque1 - CC12	1,5	40,94	24,7
	1,25	35,08	78,95
Estanque1 - CC13	1,5	40,94	14,5
	1,5	40,94	22
	1,5	40,94	42
Estanque1 - CC14	1,5	40,94	14,5
	1,5	40,94	22
	1,5	40,94	19,25
	1	26,64	3,2
Estanque1 - CC16	1,5	40,94	14,5
	1	26,64	21,6
Estanque1 - CC15	1,5	40,94	11
Estanque1 - CC17	1,5	40,94	53,21
Estanque1 - CC18	1,5	40,94	53,21
	1,5	40,94	12,4
	1,5	40,94	4,8
	0,5	15,76	13,3
Estanque1 - CC19	1,5	40,94	53,21
	1,5	40,94	12,4
	0,5	15,76	3,85
	1,25	35,08	9,65
	0,5	15,76	4,35
Estanque1 - CC20	1,5	40,94	53,21
	1,5	40,94	12,4
	1,5	40,94	4,8
	1,25	35,08	13,8
	0,5	15,76	2,6
Estanque1 - CC21	1,5	40,94	53,21
	1,5	40,94	12,4
	1,5	40,94	4,8
	1,25	35,08	13,8
Estanque1 - CC22	1,5	40,94	53,21
	1,5	40,94	12,4
	1,5	40,94	4,8
	1,25	35,08	13,8
Estanque1 - CC23	1,5	40,94	14,5
	1,5	40,94	22
	1,25	35,08	7,7
	1,25	15,76	15,9
Estanque1 - CC24	1,5	40,94	14,5
	1,5	40,94	22
	1,25	35,08	7,7
	1,25	35,08	8
	1,25	35,08	15,3
Estanque1 - CC25	1,5	40,94	14,5

	1,5	40,94	22
	1,25	35,08	7,7
	1,25	35,08	8
	1,25	35,08	13,35

PERDIDA DE CARGA TOTAL

E1-CC1	0,002
E1-CC2	0,002
E1-CC3	0,008
E1-CC4	0,007
E1-CC5	0,014
E1-CC6	0,014
E1-CC7	0,014
E1-CC8	0,014
E1-CC9	0,012
E1-CC10	0,012
E1-CC11	0,008
E1-CC12	0,000
E1-CC13	0,035
E1-CC14	0,035
E1-CC15	0,001
E1-CC16	0,013
E1-CC17	0,002
E1-CC18	0,003
E1-CC19	0,003
E1-CC20	0,002
E1-CC21	0,002
E1-CC22	0,002
E1-CC23	0,155
E1-CC24	0,048
E1-CC25	0,029
E1-CC26	0,014
E1-CC27	0,013

PÉRDIDA DE CARGA						
Accesorios (m)	L equivalente (m)	Q(NL/min)	Q(Nm3/h)	P inicial	P Final	
9,1	123,7	6248,8	374,928	8	7,9862	
2,4	31,1	1466,4	87,984	8	7,9984	
8,8	22,1	367,2	22,032	8	7,9999	
5	11,5	252	15,12	8	8,0000	
2,4	31,1	1466,4	87,984	8	7,9984	
2,4	13,3	367,2	22,032	8	7,9999	
2,4	31,1	1466,4	87,984	8	7,9984	
3,1	50,1	1099,2	65,952	8	7,9946	
4,2	16,5	959,2	57,552	8	7,9986	
2,4	3,4	6,7	0,402	8	8,0000	
2,4	13,9	6,7	0,402	8	8,0000	
2,4	31,1	1466,4	87,984	8	7,9984	
3,1	50,1	1099,2	65,952	8	7,9946	
1	5,3	952,5	57,15	8	7,9996	
7,8	12,6	6,7	0,402	8	8,0000	
2,4	31,1	1466,4	87,984	8	7,9984	
3,1	50,1	1099,2	65,952	8	7,9946	
5,4	17,7	959,2	57,552	8	7,9985	
2	6,3	952,5	57,15	8	7,9995	
5,6	34,8	945,8	56,748	8	7,9972	
1,8	8,4	945,8	56,748	8	7,9985	
0,4	5,4	404	24,24	8	7,9998	
2,9	4,9	354	21,24	8	7,9999	
1,8	8,4	945,8	56,748	8	7,9985	
1,8	6,8	404	24,24	8	7,9998	
2,9	4,9	354	21,24	8	7,9999	
3,3	4,8	121	7,26	8	8,0000	
1,8	8,4	945,8	56,748	8	7,9985	
2,4	7,4	404	24,24	8	7,9997	
2,2	22	250	15	8	7,9997	
1,8	8,4	945,8	56,748	8	7,9985	
2,4	7,4	404	24,24	8	7,9997	
2,2	22	250	15	8	7,9997	
2,9	6,4	173	10,38	8	8,0000	
1,8	8,4	945,8	56,748	8	7,9985	
7,7	17,9	541,8	32,508	8	7,9989	
1,8	8,4	945,8	56,748	8	7,9985	
5,3	15,5	541,8	32,508	8	7,9990	
2,9	4,9	343,8	20,628	8	7,9999	
6	26,8	81	4,86	8	8,0000	
2,4	4,35	81	4,86	8	8,0000	
6,6	35,6	81	4,86	8	7,9999	
2,4	31,1	1466,4	87,984	8	7,9984	
3,1	50,1	1099,2	65,952	8	7,9946	

1,2	15,2	140	8,4	8	8,0000
2,4	56,4	140	8,4	8	7,9989
7,8	32,5	13,1	0,786	8	8,0000
5,8	84,75	13,1	0,786	8	8,0000
0,8	15,3	3292,7	197,562	8	7,9872
4,4	26,4	3277,7	196,662	8	7,9781
4,8	46,8	392,8	23,568	8	7,9993
0,8	15,3	3292,7	197,562	8	7,9872
4,4	26,4	3277,7	196,662	8	7,9781
0,8	20,05	408,7	24,522	8	7,9997
2,6	5,8	15,9	0,954	8	8,0000
0,8	15,3	3292,7	197,562	8	7,9872
3,2	24,8	15	0,9	8	8,0000
5,4	16,4	692,7	41,562	8	7,9993
10,2	63,41	631,7	37,902	8	7,9976
10,2	63,41	631,7	37,902	8	7,9976
1	13,4	111,7	6,702	8	8,0000
1	5,8	75,9	4,554	8	8,0000
2,3	15,6	24,8	1,488	8	7,9998
10,2	63,41	631,7	37,902	8	7,9976
2,6	15	111,7	6,702	8	8,0000
1,4	5,25	35,8	2,148	8	7,9999
1,6	3,85	35,8	2,148	8	8,0000
2	6,35	35,8	2,148	8	7,9999
10,2	63,41	631,7	37,902	8	7,9976
2,6	15	111,7	6,702	8	8,0000
1	5,8	75,9	4,554	8	8,0000
1,8	15,6	51	3,06	8	8,0000
2	4,6	24,8	1,488	8	8,0000
10,2	63,41	631,7	37,902	8	7,9976
2,6	15	111,7	6,702	8	8,0000
1	5,8	75,9	4,554	8	8,0000
4,6	18,4	51	3,06	8	8,0000
10,2	63,41	631,7	37,902	8	7,9976
2,6	15	111,7	6,702	8	8,0000
1	5,8	75,9	4,554	8	8,0000
4,6	18,4	51	3,06	8	8,0000
3,2	17,7	3292,7	197,562	8	7,9852
4,4	26,4	3277,7	196,662	8	7,9781
2,4	10,1	2869	172,14	8	7,9859
7,9	23,8	621	37,26	8	7,8962
0,8	15,3	3292,7	197,562	8	7,9872
4,4	26,4	3277,7	196,662	8	7,9781
2,4	10,1	24,8	1,488	8	8,0000
0,4	8,4	2248	134,88	8	7,9926
7,1	22,4	1124	67,44	8	7,9946
0,8	15,3	3277,7	196,662	8	7,9873

4,4	26,4	24,8	1,488	8	8,0000
2,4	10,1	2248	134,88	8	7,9911
0,4	8,4	1124	67,44	8	7,9980
7,1	20,45	1124	67,44	8	7,9951

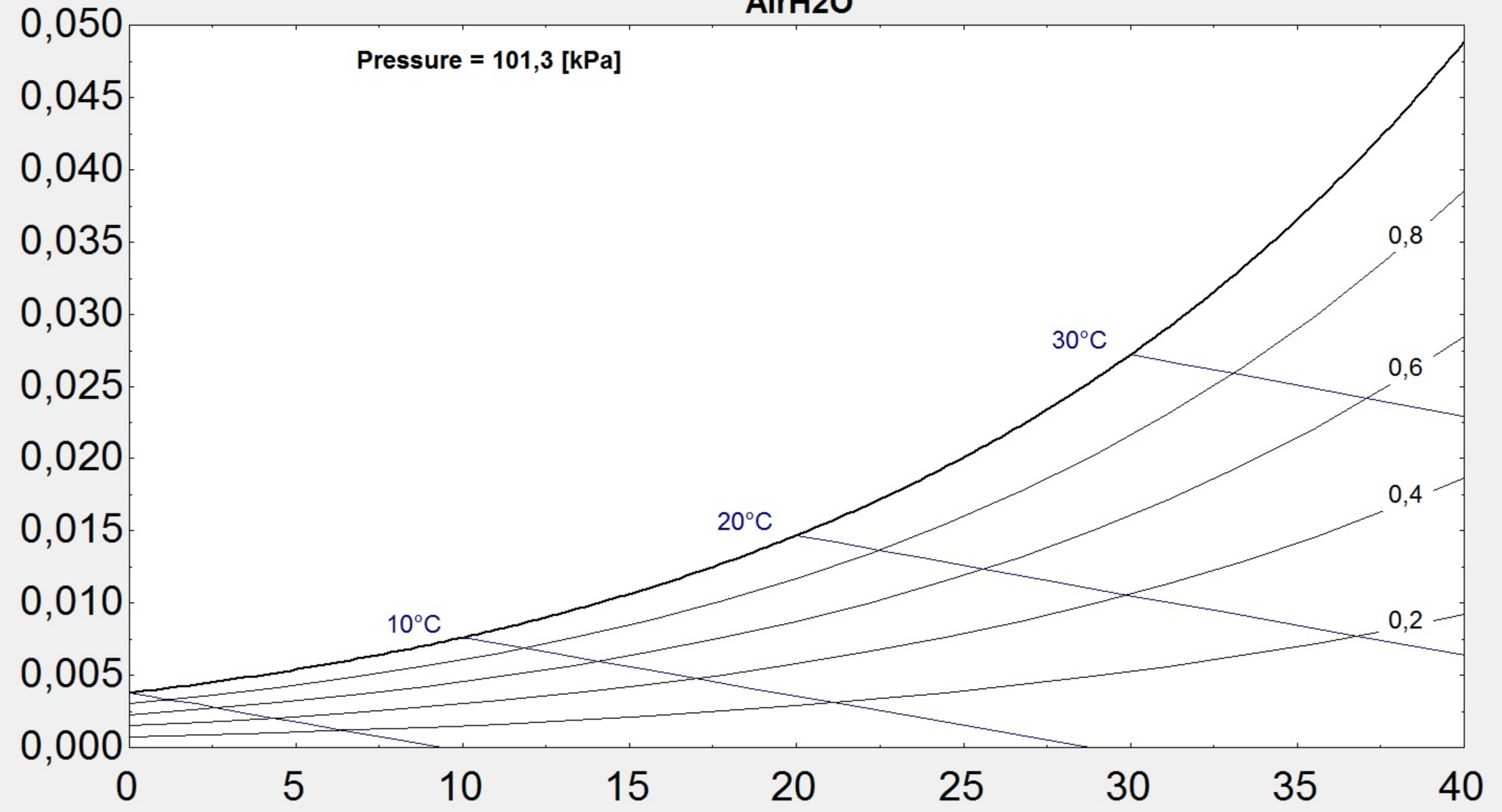
Caída Presión	
0,0138	
0,0016	
0,0001	
0,0000	
0,0016	
0,0001	
0,0016	
0,0054	
0,0014	
0,0000	
0,0000	
0,0016	
0,0054	
0,0004	
0,0000	
0,0016	
0,0054	
0,0015	
0,0005	
0,0028	
0,0015	
0,0002	
0,0001	
0,0015	
0,0002	
0,0001	
0,0000	
0,0015	
0,0003	
0,0003	
0,0015	
0,0003	
0,0003	
0,0000	
0,0015	
0,0011	
0,0015	
0,0010	
0,0001	
0,0000	
0,0000	
0,0001	
0,0016	
0,0054	

0,0000
0,0011
0,0000
0,0000
0,0128
0,0219
0,0007
0,0128
0,0219
0,0003
0,0000
0,0128
0,0000
0,0007
0,0024
0,0024
0,0000
0,0000
0,0002
0,0024
0,0000
0,0001
0,0000
0,0001
0,0024
0,0000
0,0000
0,0000
0,0000
0,0000
0,0024
0,0000
0,0000
0,0000
0,0000
0,0000
0,0000
0,0000
0,0000
0,0000
0,0000
0,0000
0,0148
0,0219
0,0141
0,1038
0,0128
0,0219
0,0000
0,0074
0,0054
0,0127

0,0000
0,0089
0,0020
0,0049

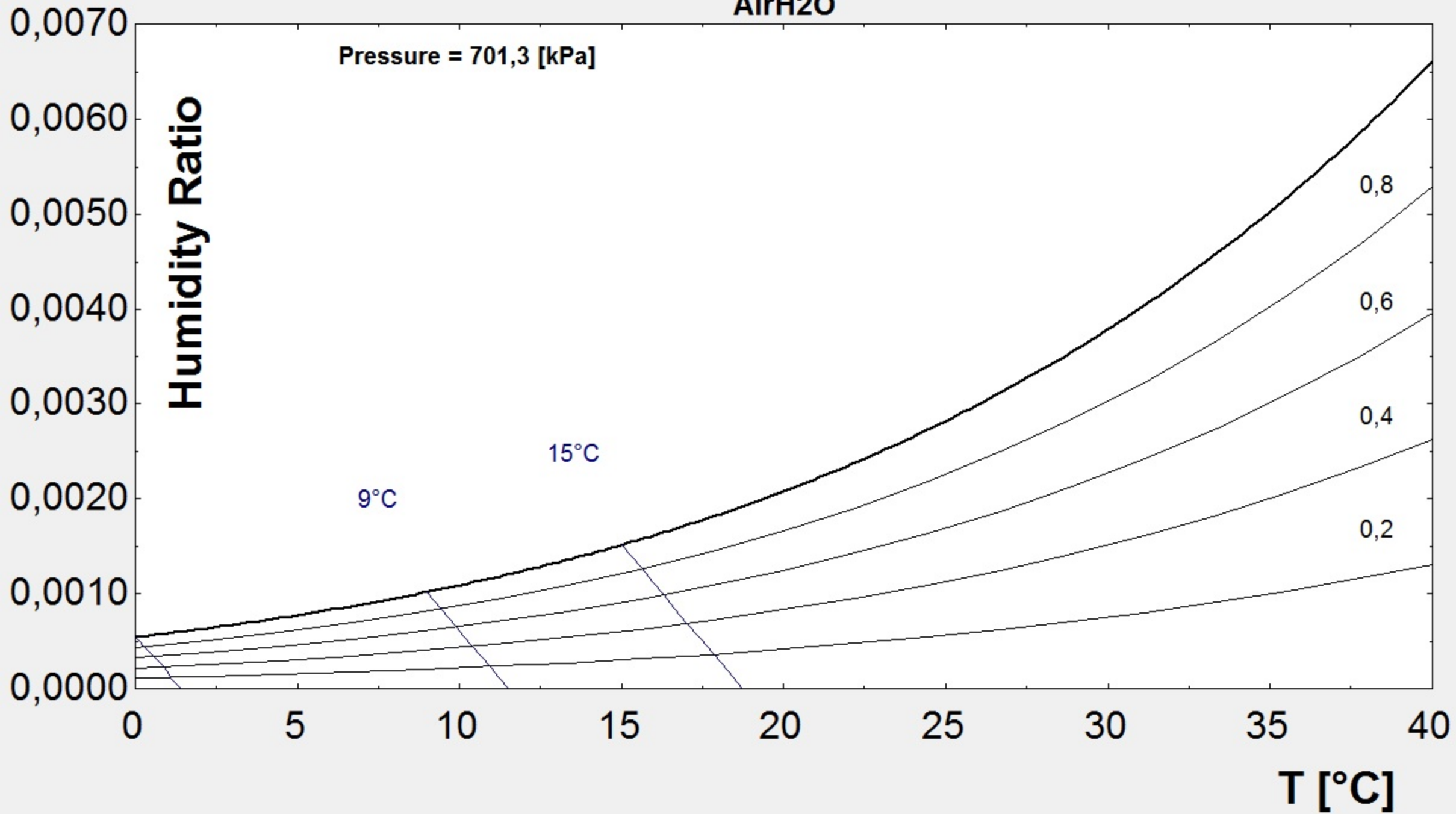
AirH2O

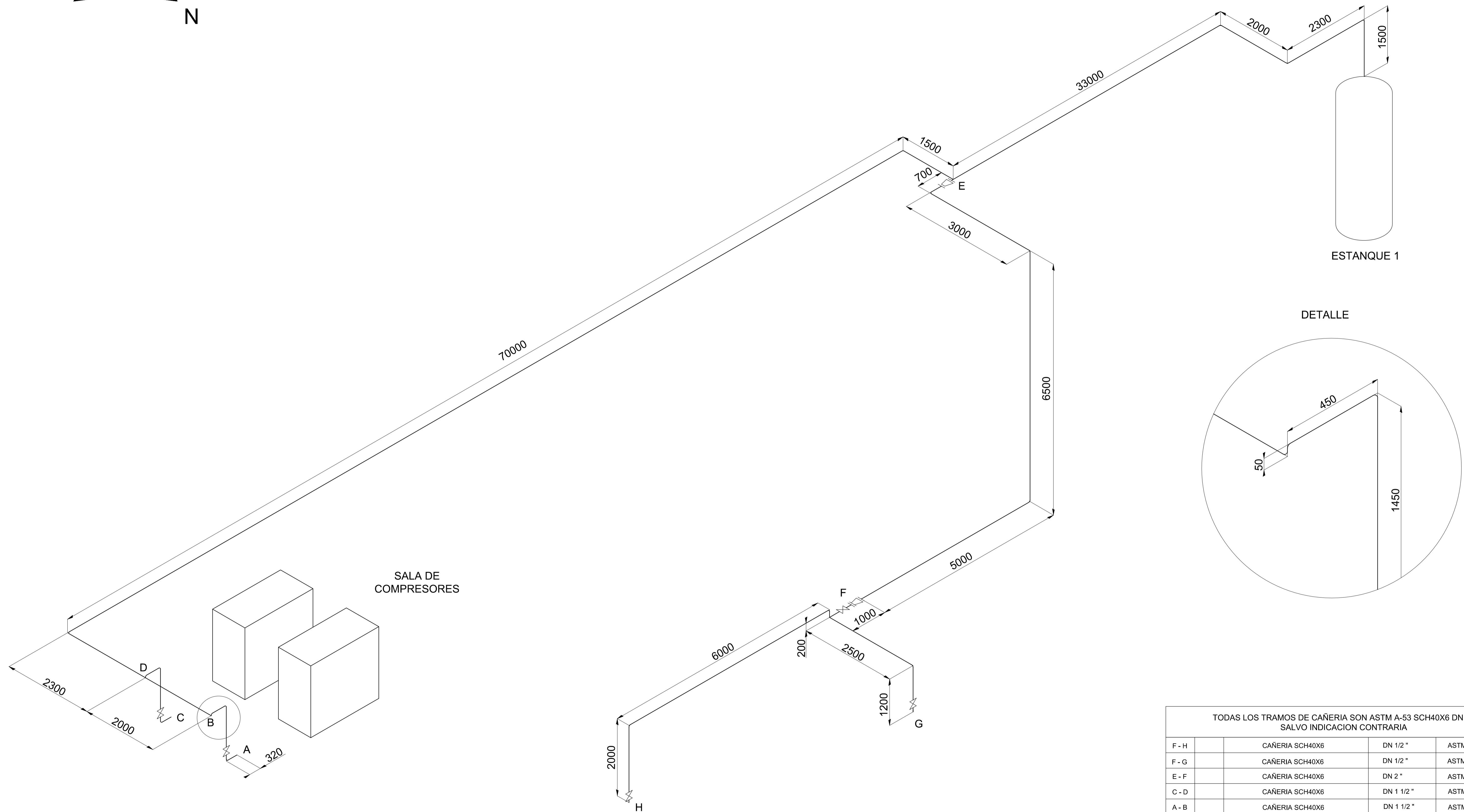
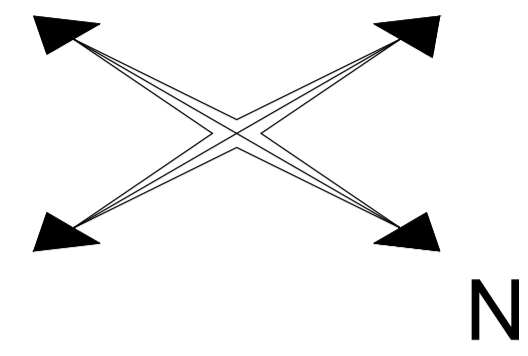
Humidity Ratio



T [°C]

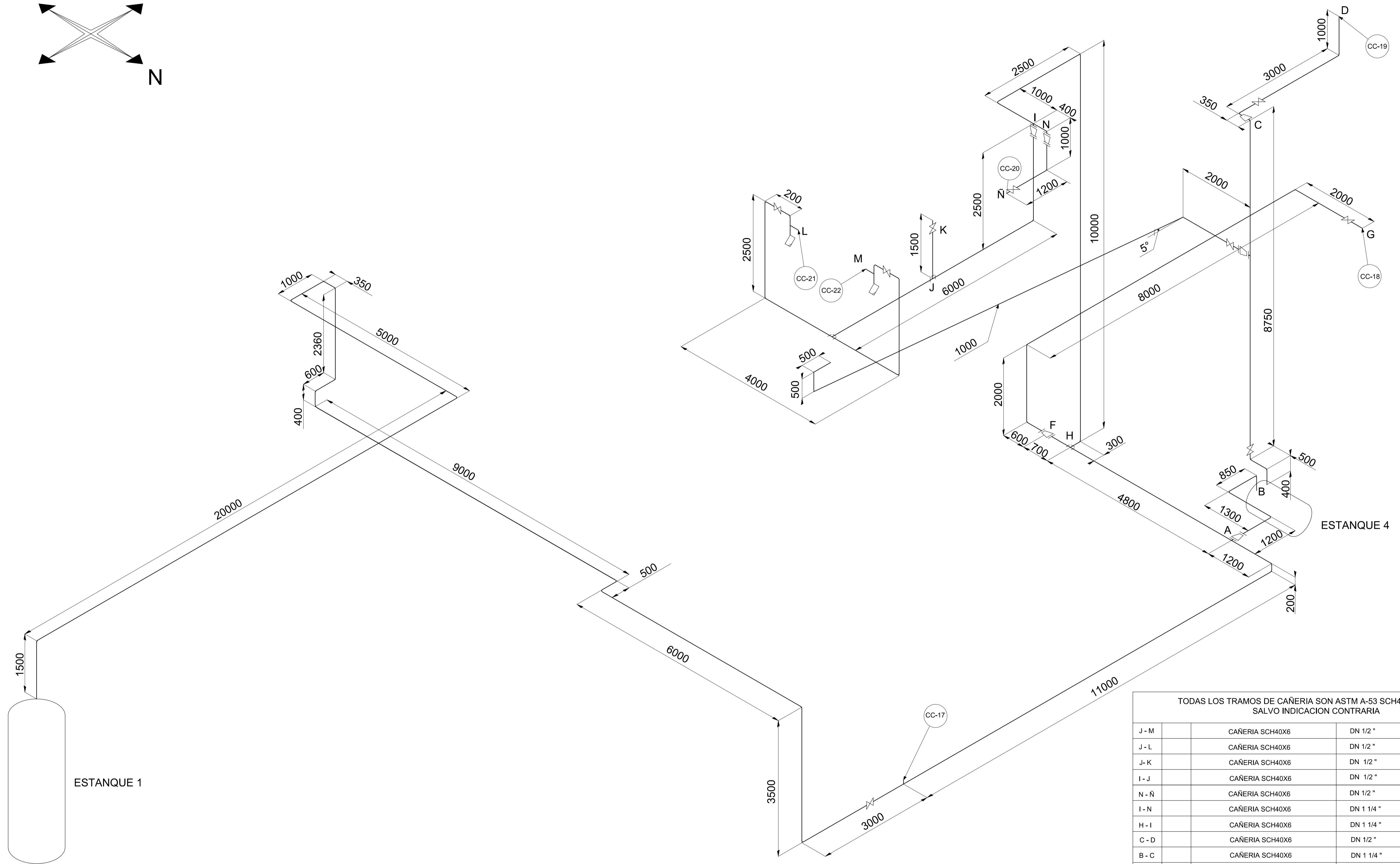
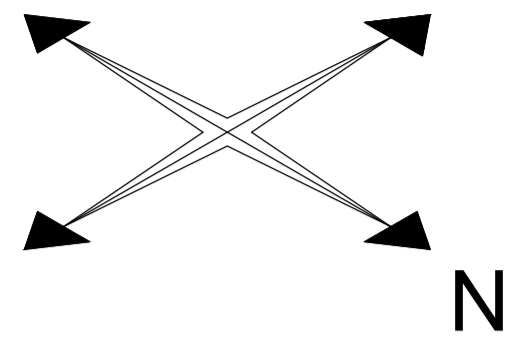
AirH2O





TODAS LOS TRAMOS DE CAÑERIA SON ASTM A-53 SCH40X6 DN 3 " SALVO INDICACION CONTRARIA					
TRAMO	CANT.	NOMBRE ACCESORIO	DIMENSION	MATERIAL	OBS.
F - H		CAÑERIA SCH40X6	DN 1/2 "	ASTM A-53	
F - G		CAÑERIA SCH40X6	DN 1/2 "	ASTM A-53	
E - F		CAÑERIA SCH40X6	DN 2 "	ASTM A-53	
C - D		CAÑERIA SCH40X6	DN 1 1/2 "	ASTM A-53	
A - B		CAÑERIA SCH40X6	DN 1 1/2 "	ASTM A-53	

UNIVERSIDAD DEL BIO - BIO		
FACULTAD DE INGENIERIA	AREA DE DISEÑO	DEPTO. INGENIERIA MECANICA
ASIGNATURA: SEMINARIO DE TITULO	CODIGO: 440059	SECCION: 1
NOMBRES: DIEGO JIMENEZ ; CRISTIAN SOTO		PROFESOR: JUAN CARLOS MARTIN
ESCALA: 1:50	N° PLANO: 1/8	PIPING RED DE AIRE COMPRIMIDO PLANTA HARINA CAMANCHACA PESCA SUR S.A.
FECHA: 11 OCTUBRE 2014		
FORMATO: A-1		

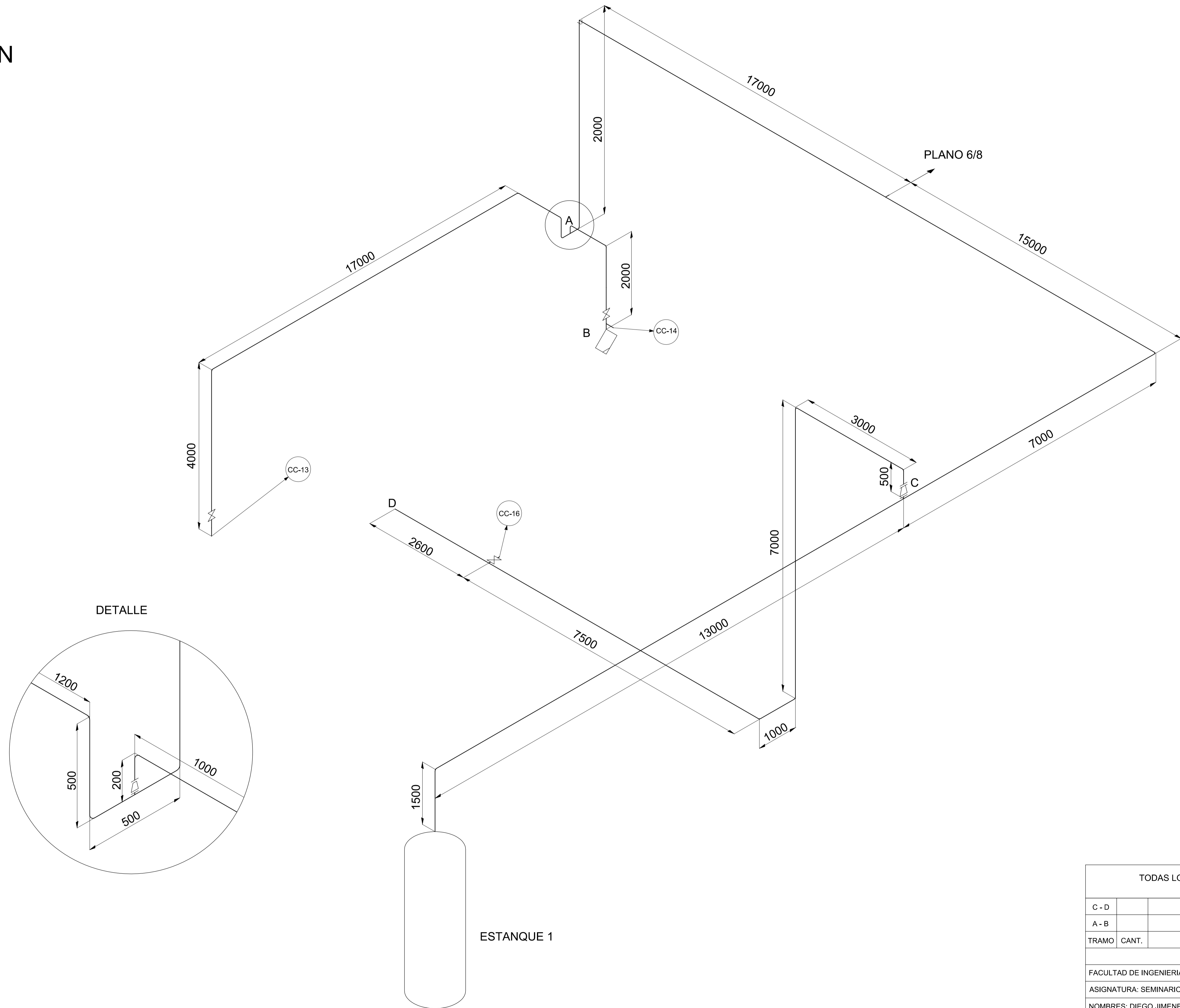
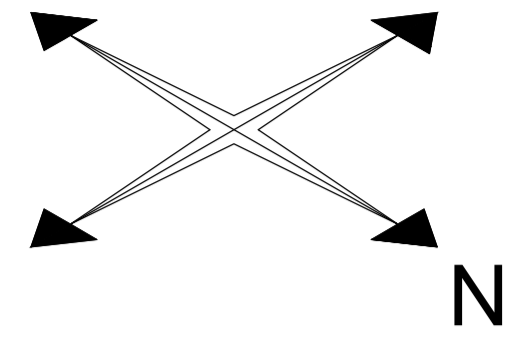


TODAS LOS TRAMOS DE CAÑERÍA SON ASTM A-53 SCH40X6 DN 1 1/2 " SALVO INDICACION CONTRARIA

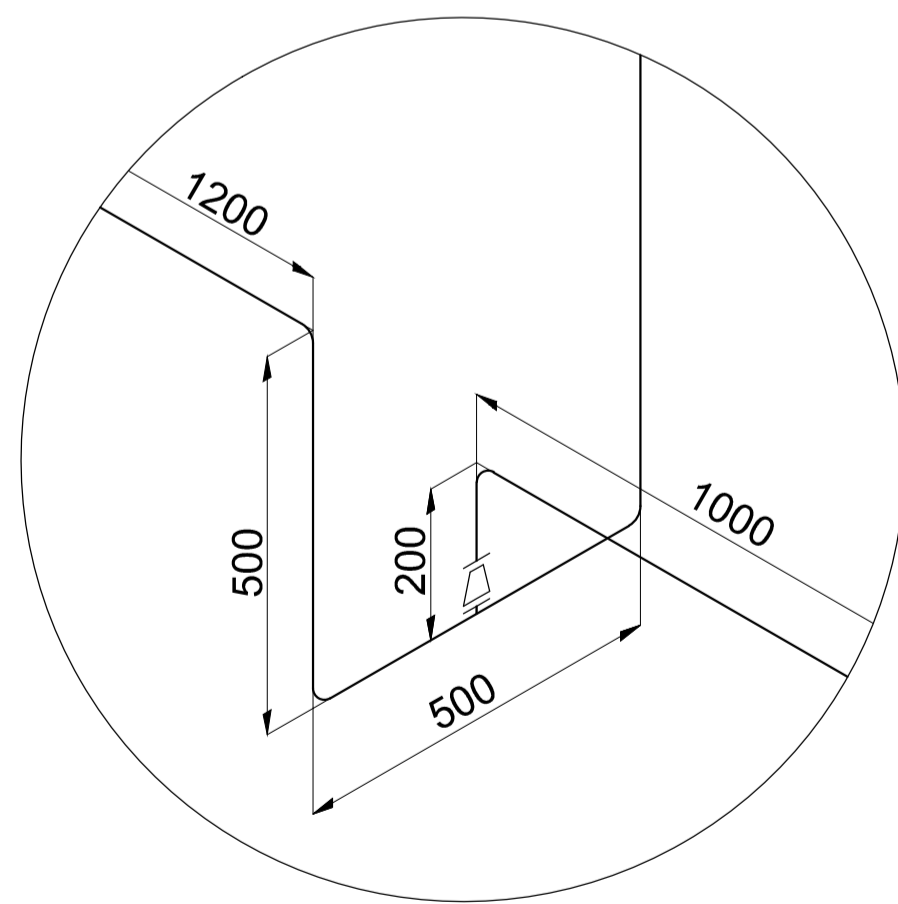
J - M		CAÑERÍA SCH40X6	DN 1/2 "	ASTM A-53	
J - L		CAÑERÍA SCH40X6	DN 1/2 "	ASTM A-53	
J - K		CAÑERÍA SCH40X6	DN 1/2 "	ASTM A-53	
I - J		CAÑERÍA SCH40X6	DN 1/2 "	ASTM A-53	
N - Ñ		CAÑERÍA SCH40X6	DN 1/2 "	ASTM A-53	
I - N		CAÑERÍA SCH40X6	DN 1 1/4 "	ASTM A-53	
H - I		CAÑERÍA SCH40X6	DN 1 1/4 "	ASTM A-53	
C - D		CAÑERÍA SCH40X6	DN 1/2 "	ASTM A-53	
B - C		CAÑERÍA SCH40X6	DN 1 1/4 "	ASTM A-53	
A - B		CAÑERÍA SCH40X6	DN 1/2 "	ASTM A-53	
TRAMO	CANT.	NOMBRE ACCESORIO	DIMENSION	MATERIAL	OBS.

UNIVERSIDAD DEL BIO - BIO

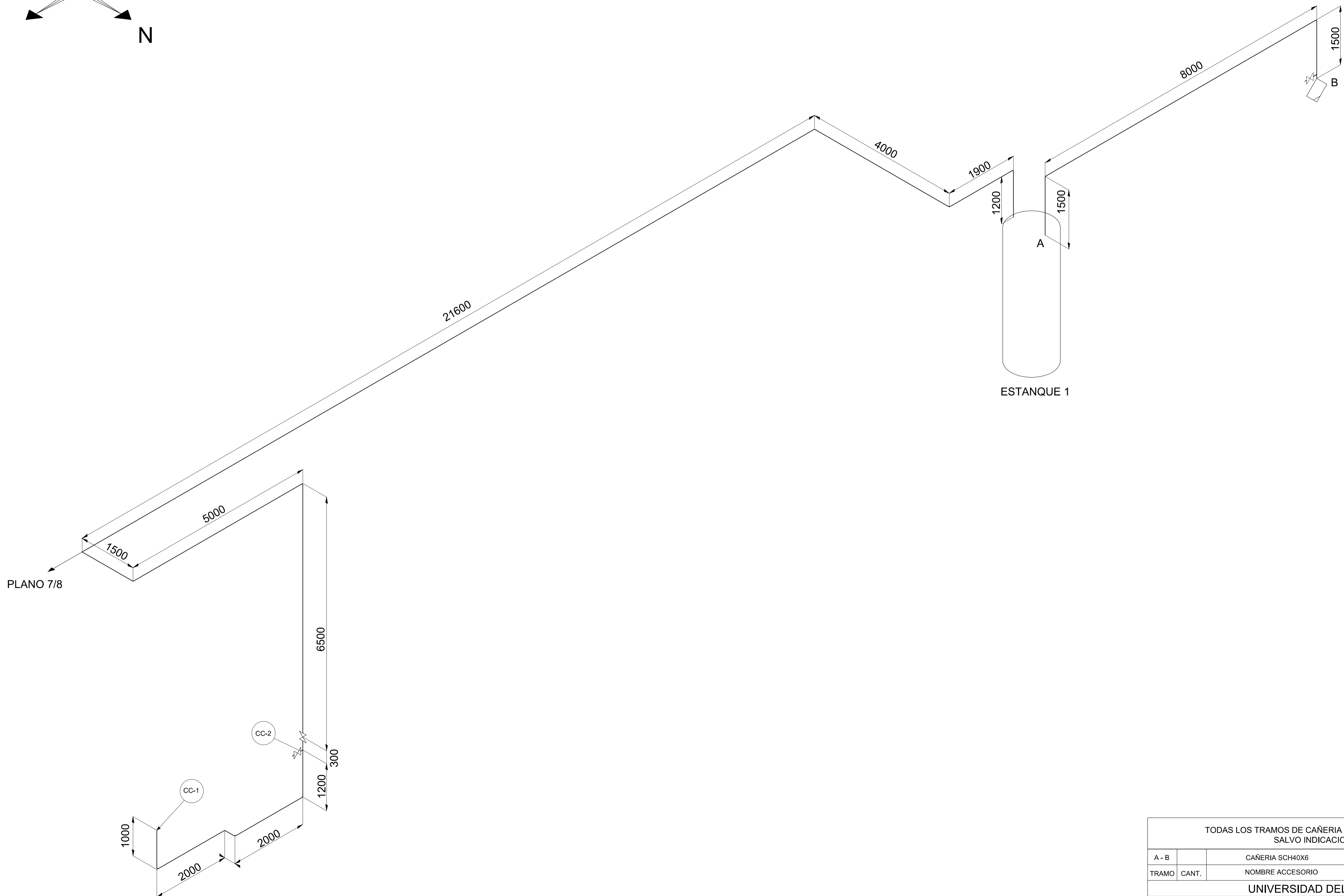
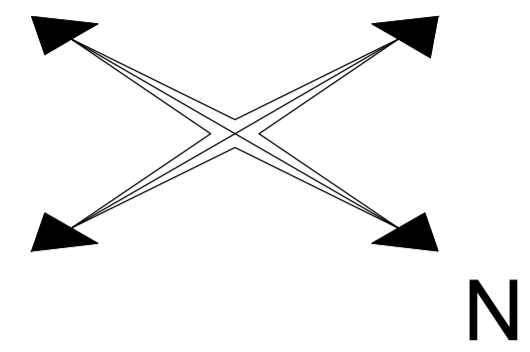
FACULTAD DE INGENIERIA		AREA DE DISEÑO	DEPTO. INGENIERIA MECANICA
ASIGNATURA: SEMINARIO DE TITULO		CODIGO: 440059	SECCION: 1
NOMBRES: DIEGO JIMENEZ ; CRISTIAN SOTO		PROFESOR: JUAN CARLOS MARTIN	
ESCALA: 1:50	N° PLANO: 2/8	PIPING RED DE AIRE COMPRIMIDO PLANTA HARINA CAMANCHACA PESCA SUR S.A.	
FECHA: 11 OCTUBRE 2014			
FORMATO: A-1			



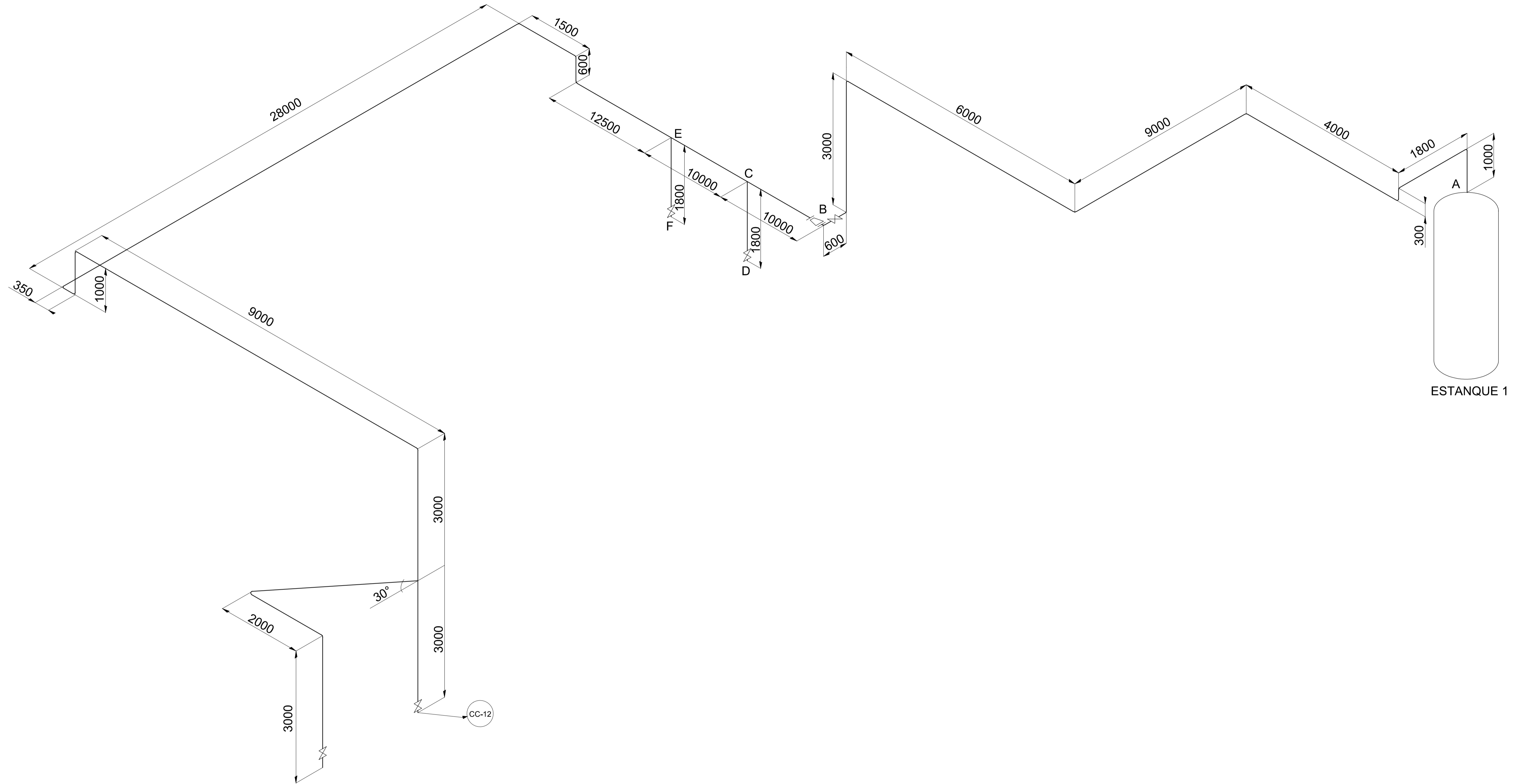
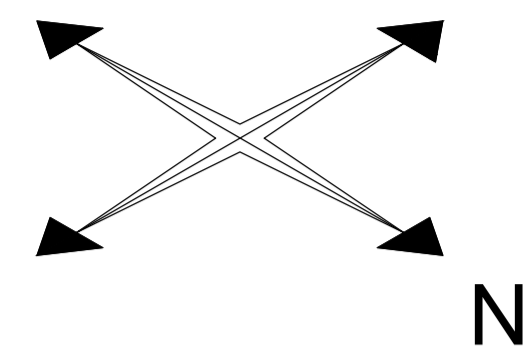
DETALLE



TODAS LOS TRAMOS DE CAÑERÍA SON ASTM A-53 SCH40X6 DN 1 1/2 "				
SALVO INDICACION CONTRARIA				
TRAMO	CANT.	NOMBRE ACCESORIO	DIMENSION	MATERIAL
C - D		CAÑERÍA SCH40X6	DN 1 "	ASTM A-53
A - B		CAÑERÍA SCH40X6	DN 1 "	ASTM A-53
UNIVERSIDAD DEL BIO - BIO				
FACULTAD DE INGENIERIA		AREA DE DISEÑO	DEPTO. INGENIERIA MECANICA	
ASIGNATURA: SEMINARIO DE TITULO		CODIGO: 440059	SECCION: 1	
NOMBRES: DIEGO JIMENEZ ; CRISTIAN SOTO			PROFESOR: JUAN CARLOS MARTIN	
ESCALA: 1:50	N° PLANO: 3/8		PIPING RED DE AIRE COMPRIMIDO PLANTA HARINA CAMANCHACA PESCA SUR S.A.	
FECHA: 11 OCTUBRE 2014				
FORMATO: A-1				

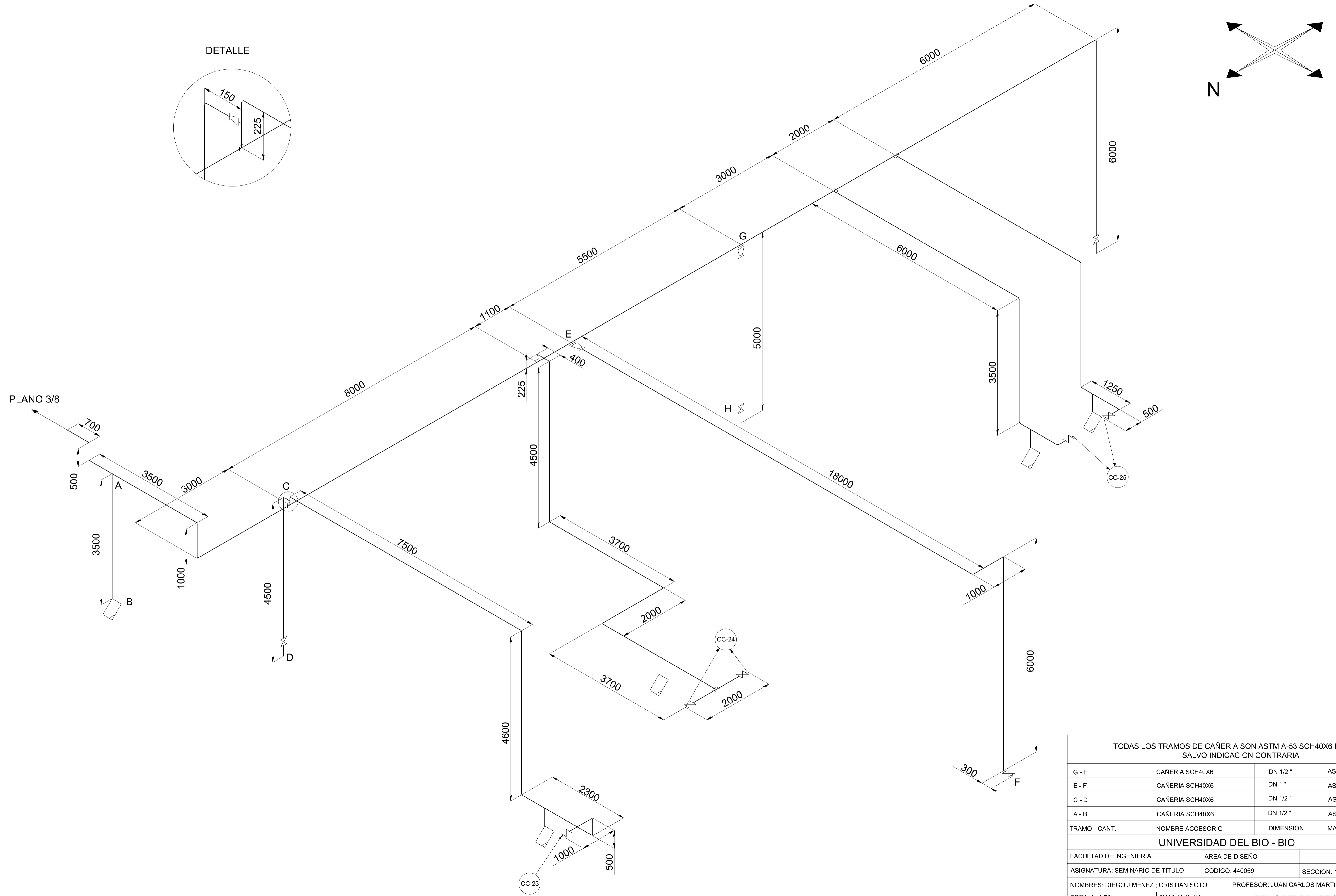


TODAS LOS TRAMOS DE CAÑERÍA SON ASTM A-53 SCH40X6 DN 2 " SALVO INDICACION CONTRARIA				
A - B		CAÑERÍA SCH40X6	DN 1 1/2 "	ASTM A-53
TRAMO	CANT.	NOMBRE ACCESORIO	DIMENSION	MATERIAL
UNIVERSIDAD DEL BIO - BIO				
FACULTAD DE INGENIERIA		AREA DE DISEÑO	DEPTO. INGENIERIA MECANICA	
ASIGNATURA: SEMINARIO DE TITULO		CODIGO: 440059	SECCION: 1	
NOMBRES: DIEGO JIMENEZ ; CRISTIAN SOTO			PROFESOR: JUAN CARLOS MARTIN	
ESCALA: 1:50	N° PLANO: 4/8		PIPING RED DE AIRE COMPRIMIDO PLANTA HARINA CAMANCHACA PESCA SUR S.A.	
FECHA: 11 OCTUBRE 2014				
FORMATO: A-1				



TODAS LOS TRAMOS DE CAÑERIA SON ASTM A-53 SCH40X6 DN 1 1/4 " SALVO INDICACION CONTRARIA					
TRAMO	CANT.	NOMBRE ACCESORIO	DIMENSION	MATERIAL	OBS.
E - F		CAÑERIA SCH40X6	DN 1 "	ASTM A-53	
C - D		CAÑERIA SCH40X6	DN 1 "	ASTM A-53	
A - B		CAÑERIA SCH40X6	DN 1 1/2 "	ASTM A-53	

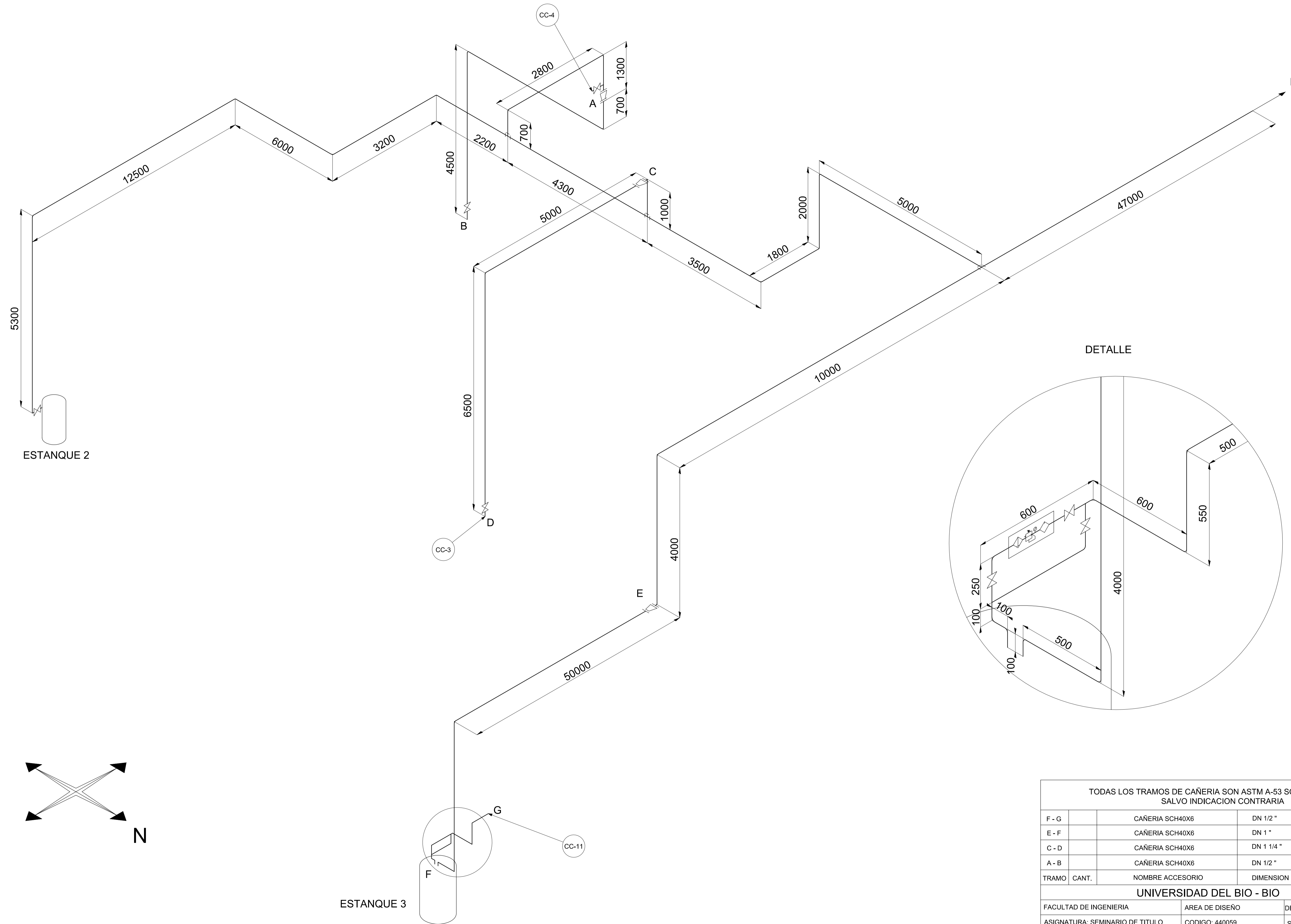
UNIVERSIDAD DEL BIO - BIO		
FACULTAD DE INGENIERIA	AREA DE DISEÑO	DEPTO. INGENIERIA MECANICA
ASIGNATURA: SEMINARIO DE TITULO	CODIGO: 440059	SECCION: 1
NOMBRES: DIEGO JIMENEZ ; CRISTIAN SOTO		PROFESOR: JUAN CARLOS MARTIN
ESCALA: 1:50	N° PLANO: 5/8	PIPING RED DE AIRE COMPRIMIDO PLANTA HARINA CAMANCHACA PESCA SUR S.A.
FECHA: 11 OCTUBRE 2014		
FORMATO: A-1		



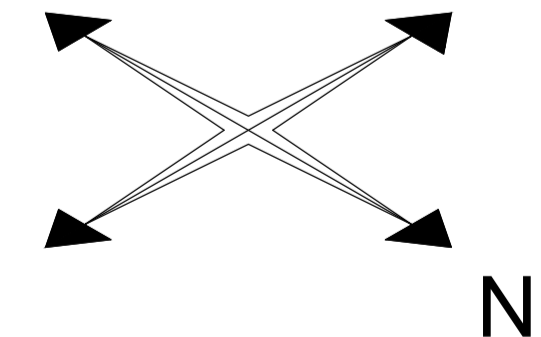
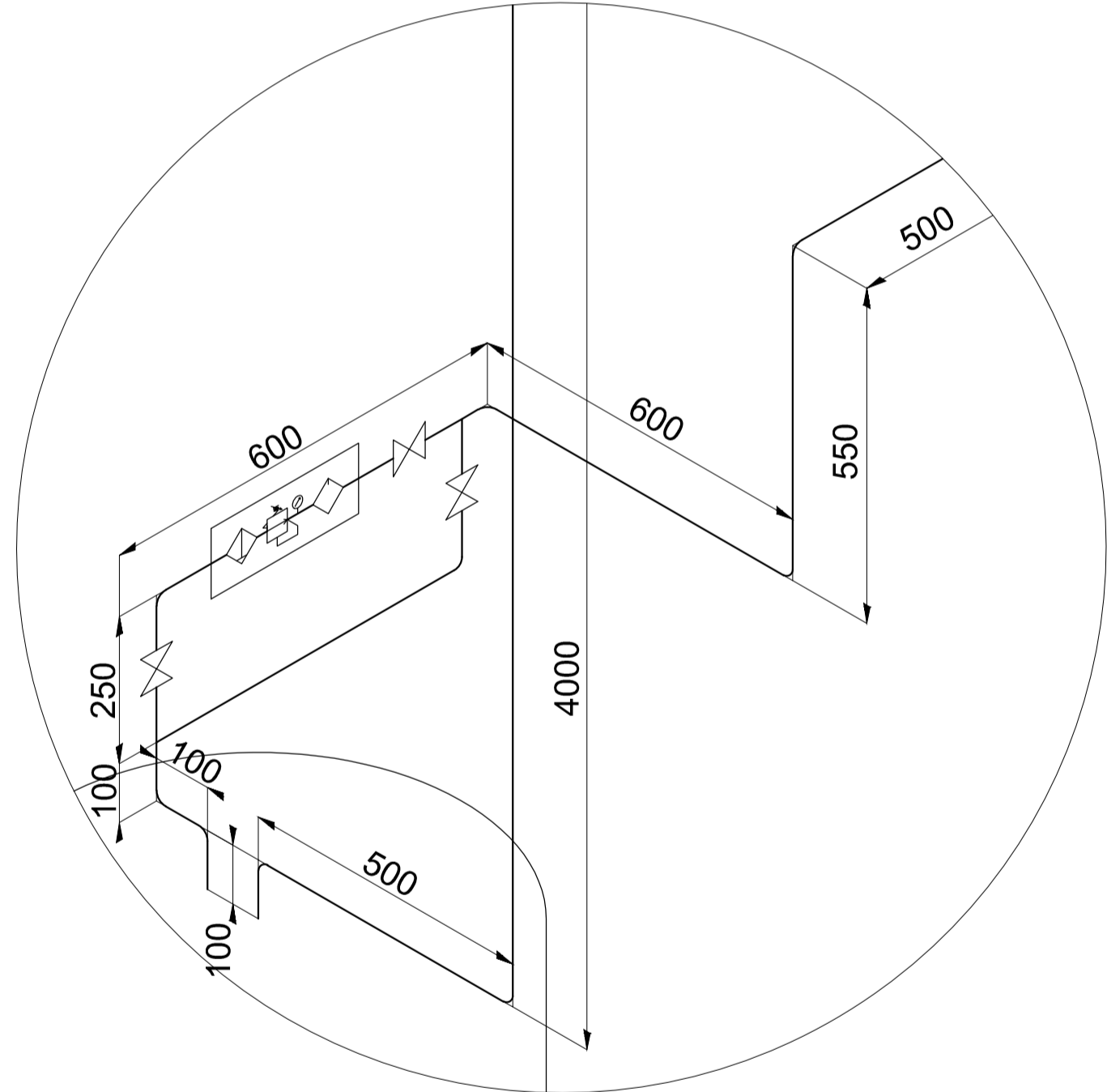
TODAS LOS TRAMOS DE CAÑERÍA SON ASTM A-53 SCH40X6 DN 1 1/4 " SALVO INDICACION CONTRARIA

G - H	CAÑERÍA SCH40X6	DN 1/2 "	ASTM A-53		
E - F	CAÑERÍA SCH40X6	DN 1 "	ASTM A-53		
C - D	CAÑERÍA SCH40X6	DN 1/2 "	ASTM A-53		
A - B	CAÑERÍA SCH40X6	DN 1/2 "	ASTM A-53		
TRAMO	CANT.	NOMBRE ACCESORIO	DIMENSION	MATERIAL	OBS.

UNIVERSIDAD DEL BIO - BIO		
FACULTAD DE INGENIERIA	AREA DE DISEÑO	
ASIGNATURA: SEMINARIO DE TITULO	CODIGO: 440059	SECCION: 1
NOMBRES: DIEGO JIMENEZ ; CRISTIAN SOTO		PROFESOR: JUAN CARLOS MARTIN
ESCALA: 1:50	N° PLANO: 6/8	PIPING RED DE AIRE COMPRIMIDO PLANTA HARINA CAMANCHACA PESCA SUR S.A.
FECHA: 11 OCTUBRE 2014		
FORMATO: A-1		



DETALLE



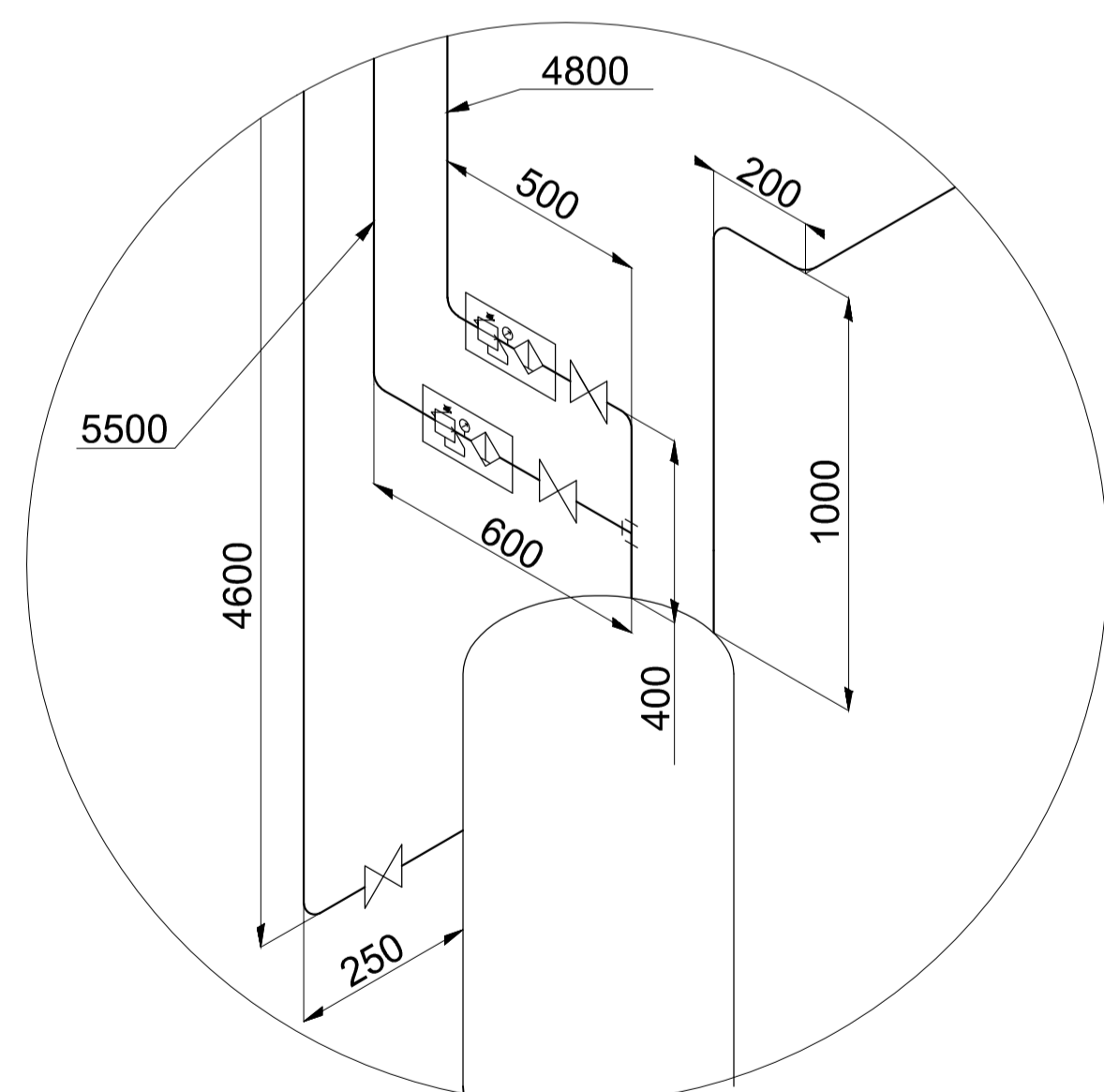
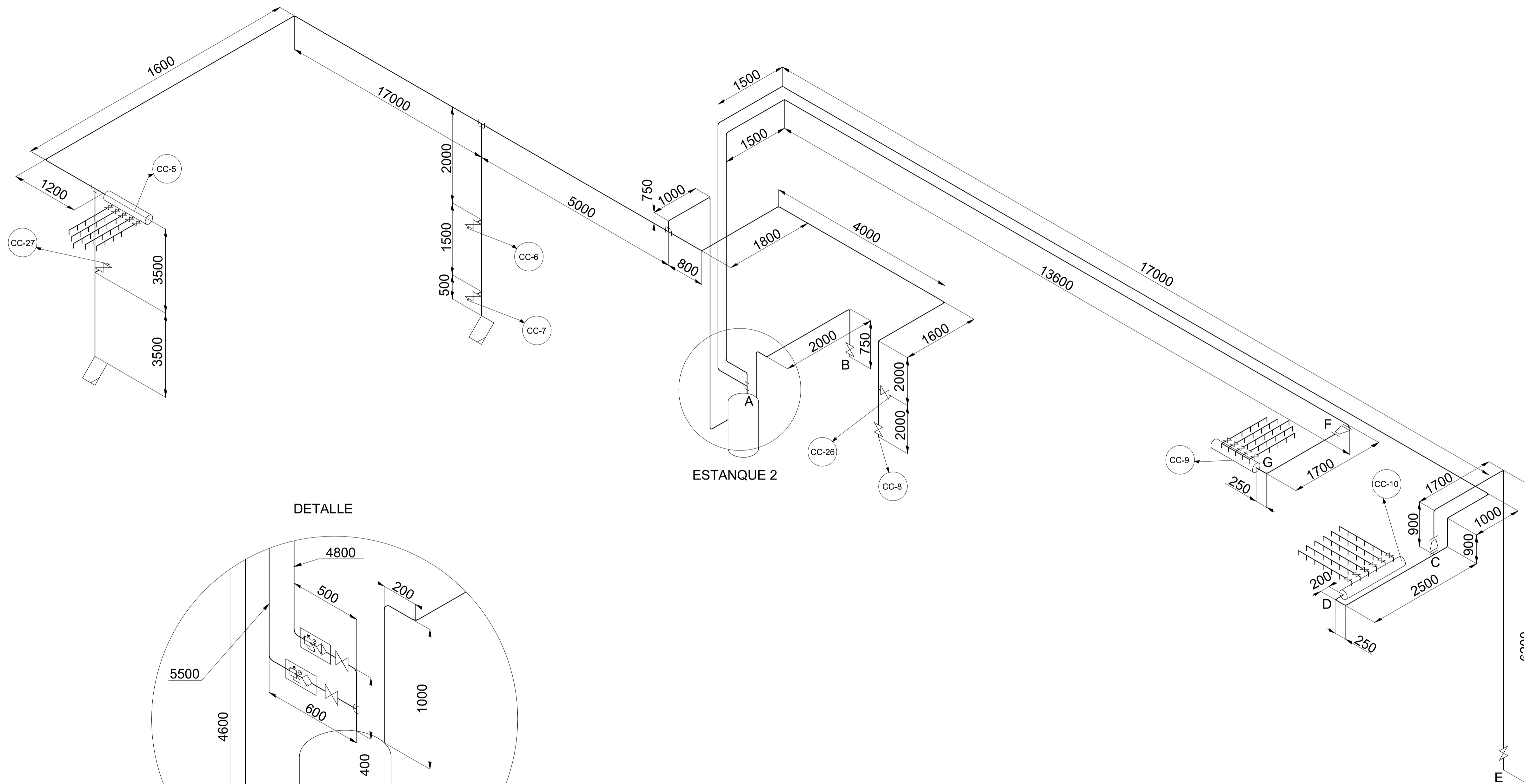
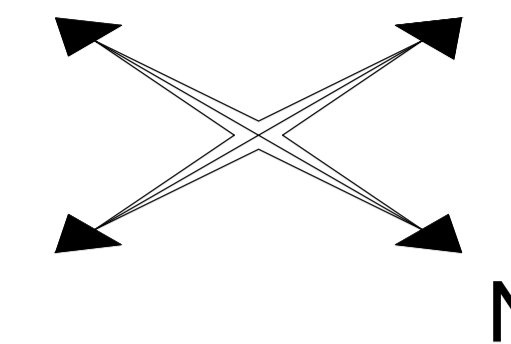
ESTANQUE 3

TODAS LOS TRAMOS DE CAÑERIA SON ASTM A-53 SCH40X6 DN 1 1/4 " SALVO INDICACION CONTRARIA

TRAMO	CANT.	NOMBRE ACCESORIO	DIMENSION	MATERIAL	OBS.
F - G			CAÑERIA SCH40X6	DN 1/2 "	ASTM A-53
E - F			CAÑERIA SCH40X6	DN 1 "	ASTM A-53
C - D			CAÑERIA SCH40X6	DN 1 1/4 "	ASTM A-53
A - B			CAÑERIA SCH40X6	DN 1/2 "	ASTM A-53

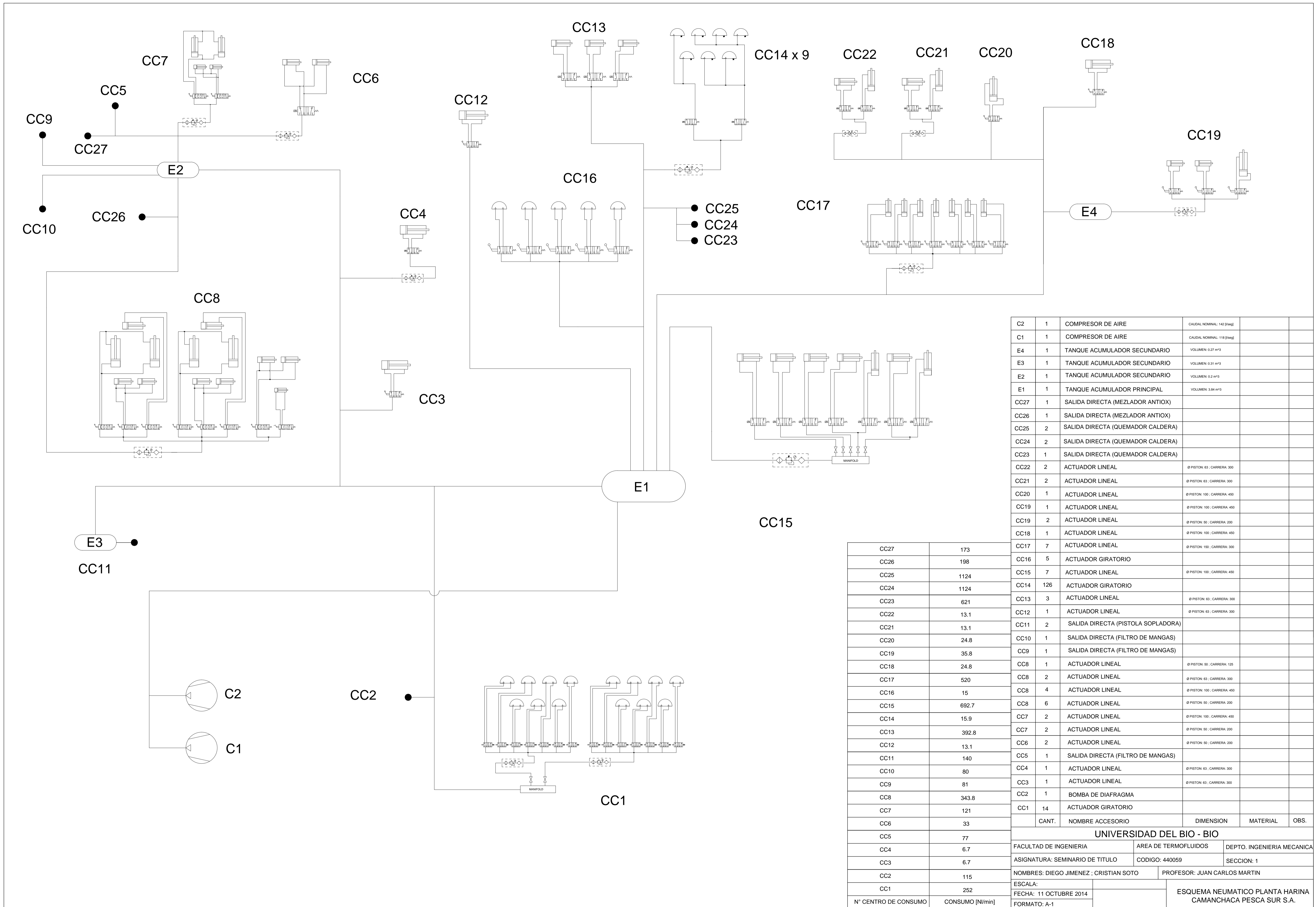
UNIVERSIDAD DEL BIO - BIO

FACULTAD DE INGENIERIA	AREA DE DISEÑO	DEPTO. INGENIERIA MECANICA
ASIGNATURA: SEMINARIO DE TITULO	CODIGO: 440059	SECCION: 1
NOMBRES: DIEGO JIMENEZ ; CRISTIAN SOTO		PROFESOR: JUAN CARLOS MARTIN
ESCALA: 1:50	N° PLANO: 7/8	PIPING RED DE AIRE COMPRIMIDO PLANTA HARINA CAMANCHACA PESCA SUR S.A.
FECHA: 11 OCTUBRE 2014		
FORMATO: A-1		



TODAS LOS TRAMOS DE CAÑERIA SON ASTM A-53 SCH40X6 DN 1 1/4 " SALVO INDICACION CONTRARIA					
TRAMO	CANT.	NOMBRE ACCESORIO	DIMENSION	MATERIAL	OBS.
F - G		CAÑERIA SCH40X6	DN 1 1/4 "	ASTM A-53	
A - F		CAÑERIA SCH40X6	DN 1 1/2 "	ASTM A-53	
C - E		CAÑERIA SCH40X6	DN 1/2 "	ASTM A-53	
C - D		CAÑERIA SCH40X6	DN 1 1/2 "	ASTM A-53	
A - C		CAÑERIA SCH40X6	DN 1 1/2 "	ASTM A-53	
A - B		CAÑERIA SCH40X6	DN 1/2 "	ASTM A-53	

UNIVERSIDAD DEL BIO - BIO		
FACULTAD DE INGENIERIA	AREA DE DISEÑO	DEPTO. INGENIERIA MECANICA
ASIGNATURA: SEMINARIO DE TITULO	CODIGO: 440059	SECCION: 1
NOMBRES: DIEGO JIMENEZ ; CRISTIAN SOTO		PROFESOR: JUAN CARLOS MARTIN
ESCALA: 1:50	N° PLANO: 8/8	PIPING RED DE AIRE COMPRIMIDO PLANTA HARINA CAMANCHACA PESCA SUR S.A.
FECHA: 11 OCTUBRE 2014		
FORMATO: A-1		



CANT.	NOMBRE ACCESORIO	DIMENSION	MATERIAL	OBS.
1	COMPRESOR DE AIRE	CAUDAL NOMINAL: 142 [l/mg]		
1	COMPRESOR DE AIRE	CAUDAL NOMINAL: 118 [l/mg]		
1	TANQUE ACUMULADOR SECUNDARIO	VOLUMEN: 0.27 m³		
1	TANQUE ACUMULADOR SECUNDARIO	VOLUMEN: 0.31 m³		
1	TANQUE ACUMULADOR SECUNDARIO	VOLUMEN: 0.2 m³		
1	TANQUE ACUMULADOR PRINCIPAL	VOLUMEN: 3.84 m³		
1	SALIDA DIRECTA (MEZLADOR ANTIOX)			
1	SALIDA DIRECTA (MEZLADOR ANTIOX)			
2	SALIDA DIRECTA (QUEMADOR CALDERA)			
2	SALIDA DIRECTA (QUEMADOR CALDERA)			
1	SALIDA DIRECTA (QUEMADOR CALDERA)			
2	ACTUADOR LINEAL	Ø PISTON: 63 ; CARRERA: 300		
2	ACTUADOR LINEAL	Ø PISTON: 63 ; CARRERA: 300		
1	ACTUADOR LINEAL	Ø PISTON: 100 ; CARRERA: 450		
1	ACTUADOR LINEAL	Ø PISTON: 100 ; CARRERA: 450		
2	ACTUADOR LINEAL	Ø PISTON: 50 ; CARRERA: 200		
1	ACTUADOR LINEAL	Ø PISTON: 100 ; CARRERA: 450		
7	ACTUADOR LINEAL	Ø PISTON: 150 ; CARRERA: 300		
5	ACTUADOR GIRATORIO			
7	ACTUADOR LINEAL	Ø PISTON: 100 ; CARRERA: 450		
126	ACTUADOR GIRATORIO			
3	ACTUADOR LINEAL	Ø PISTON: 63 ; CARRERA: 300		
1	ACTUADOR LINEAL	Ø PISTON: 63 ; CARRERA: 300		
2	SALIDA DIRECTA (PISTOLA SOPLADORA)			
1	SALIDA DIRECTA (FILTRO DE MANGAS)			
1	SALIDA DIRECTA (FILTRO DE MANGAS)			
1	ACTUADOR LINEAL	Ø PISTON: 50 ; CARRERA: 125		
2	ACTUADOR LINEAL	Ø PISTON: 63 ; CARRERA: 300		
4	ACTUADOR LINEAL	Ø PISTON: 100 ; CARRERA: 450		
6	ACTUADOR LINEAL	Ø PISTON: 50 ; CARRERA: 200		
2	ACTUADOR LINEAL	Ø PISTON: 100 ; CARRERA: 450		
2	ACTUADOR LINEAL	Ø PISTON: 50 ; CARRERA: 200		
2	ACTUADOR LINEAL	Ø PISTON: 50 ; CARRERA: 200		
1	SALIDA DIRECTA (FILTRO DE MANGAS)			
1	ACTUADOR LINEAL	Ø PISTON: 63 ; CARRERA: 300		
1	ACTUADOR LINEAL	Ø PISTON: 63 ; CARRERA: 300		
1	BOMBA DE DIAFRAGMA			
14	ACTUADOR GIRATORIO			

CC27	173
CC26	198
CC25	1124
CC24	1124
CC23	621
CC22	13.1
CC21	13.1
CC20	24.8
CC19	35.8
CC18	24.8
CC17	520
CC16	15
CC15	692.7
CC14	15.9
CC13	392.8
CC12	13.1
CC11	140
CC10	80
CC9	81
CC8	343.8
CC7	121
CC6	33
CC5	77
CC4	6.7
CC3	6.7
CC2	115
CC1	252
N° CENTRO DE CONSUMO	CONSUMO [NI/min]

UNIVERSIDAD DEL BIO - BIO		
FACULTAD DE INGENIERIA	AREA DE TERMOFLUIDOS	DEPTO. INGENIERIA MECANICA
ASIGNATURA: SEMINARIO DE TITULO	CODIGO: 440059	SECCION: 1
NOMBRES: DIEGO JIMENEZ ; CRISTIAN SOTO		PROFESOR: JUAN CARLOS MARTIN
ESCALA:		
FECHA: 11 OCTUBRE 2014		ESQUEMA NEUMATICO PLANTA HARINA CAMANCHACA PESCA SUR S.A.
FORMATO: A-1		



Certificado CL10/2010099

El sistema de gestión de

CAMANCHACA PESCA SUR S.A.

Avda. General Carlos Prats N° 80,
Coronel, Chile

ha sido evaluado y certificado en cuanto al cumplimiento de los requisitos de

ISO 9001:2008

Exclusiones: 7.3

Para las siguientes actividades

Elaboración de Aceite y Conservas de Pescado para Consumo Humano y Harina de Pescado.

Cualquier aclaración adicional relativa tanto al alcance de este certificado como a la aplicabilidad de los requisitos de la norma ISO 9001:2008 puede obtenerse consultando a la organización

Este certificado es válido desde
01 de Septiembre de 2011 hasta 11 de Octubre de 2013
y permanece válido sujeto a las auditorías de seguimiento satisfactorias.
Auditoría de Recertificación antes del 27 de Agosto de 2013
Edición 2. Certificado desde 12 de Octubre de 2010



Reg. No SC 002
Registro Nacional Nro. 5813

Autorizado por

Victor Rodriguez Jofre
Certification Manager

SGS Chile Ltda. Systems & Services Certification
Ignacio Valdivieso 2409, P.O.7041409 San Joaquín, Santiago, Chile
t 56 (0)2 8989500 f 56(0)2 8989633 www.sgs.com

Página 1 de 1



Este documento se emite por SGS bajo sus condiciones generales de servicio, a las que se puede acceder en http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm. La responsabilidad de SGS queda limitada en los términos establecidos en las citadas condiciones generales que resultan de aplicación a la prestación de sus servicios. La autenticidad de este documento puede ser comprobada en http://www.sgs.com/clients/certified_clients.htm. El presente documento no podrá ser alterado ni modificado, ni en su contenido ni en su apariencia. En caso de modificación del mismo, SGS se reserva las acciones legales que estime oportunas para la defensa de sus legítimos intereses.