



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

TRABAJO FINAL DEL

REALIZADO POR

TUTORIZADO POR

CURSO ACADÉMICO: 2019/2020

ÍNDICE

RESUMEN	7
PALABRAS CLAVE.....	7
MEMORIA.....	8
1. OBJETIVO DEL PROYECTO	9
2. LOCALIZACIÓN	10
3. INTRODUCCIÓN AL PROCESO INDUSTRIAL.....	11
4. ANTECEDENTES	12
5. ELECCIÓN DEL TIPO DE TRANSPORTE NEUMÁTICO	13
5.1. FASE DILUIDA.....	14
5.2. FASE DENSA.....	14
6. BASE TEÓRICA PARA EL DISEÑO EN FASE DILUIDA	16
6.1. TRANSPORTE VERTICAL DE SÓLIDOS	16
6.2. TRANSPORTE HORIZONTAL DE SÓLIDOS	18
6.3. PÉRDIDA DE CARGA EN TRANSPORTE NEUMÁTICO	19
6.3.1. Velocidades del gas y de las partículas	19
6.3.2. Flujos máscicos.....	19
6.3.3. Caída de presión.....	19
7. PAUTAS DE DISEÑO DE UN TRANSPORTE NEUMÁTICO.....	21
7.1. VELOCIDAD DEL GAS	21
7.2. CAÍDA DE PRESIÓN	21
7.3. CODOS	22
7.4. CICLÓN SEPARADOR DE SOLIDOS	23
7.5. COMPRESIBILIDAD DEL GAS.....	25
8. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INSTALACIÓN	26
8.1. DESCRIPCIÓN DEL TRANSPORTE NEUMÁTICO	26
8.2. MATERIALES SELECCIONADOS.....	33
8.3. ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN NO COMERCIALES	33
8.3.1. Dosificación y mezcla.....	33
8.3.2. Conducción de transporte	34
8.3.3. Ciclón separador de sólidos	35

8.3.4. Colector de aspiración.....	35
8.4. EQUIPOS COMERCIALES.....	36
8.4.1. Válvulas rotativas.....	36
8.4.2. Ventilador.....	38
8.4.3. Filtro de mangas.....	38
8.5. DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA.....	39
8.5.1. Fase 1.....	39
8.5.2. Fase 2.....	41
9. BIBLIOGRAFÍA.....	47
9.1. LIBROS.....	47
9.2. REVISTAS.....	47
9.3. CATÁLOGOS.....	47
9.4. REGLAMENTOS.....	47
9.5. OTROS.....	47
CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.....	48
1. DATOS DE PARTIDA.....	49
2. VELOCIDAD DE GAS DE TRANSPORTE Y FLUJO MÁSSICO.....	50
3. PÉRDIDA DE CARGA EN LA TUBERÍA DE TRANSPORTE.....	54
3.1. PERDIDA DE CARGA EN TRAMOS HORIZONTALES.....	54
3.2. PERDIDA DE CARGA EN TRAMOS VERTICALES.....	56
3.3. PERDIDA DE CARGA POR ENERGÍA CINÉTICA.....	56
4. DISEÑO DEL CICLÓN SEPARADOR DE SÓLIDOS.....	57
4.1. DISEÑO DEL CICLÓN.....	57
4.2. PÉRDIDA DE CARGA EN EL CICLÓN.....	58
5. RESUMEN DE RESULTADOS.....	59
6. PÉRDIDA DE CARGA DEL FILTRO DE MANGAS.....	62
7. CÁLCULO DEL COLECTOR.....	64
8. DIMENSIONADO DEL VENTILADOR.....	68
9. PUESTA EN MARCHA Y AJUSTE DEL SISTEMA.....	69
PLIEGO DE CONDICIONES.....	70
1. INTRODUCCIÓN.....	71
2. NORMATIVA GENERAL.....	72
2.1. NORMATIVA DE ELEMENTOS MOTRICES.....	72

2.2. NORMATIVA DE MATERIALES DE LA INSTALACIÓN.....	73
2.3. NORMATIVA DE RIESGO DE EXPLOSIÓN	74
3. AMBIENTE DE TRABAJO	75
4. MATERIALES.....	76
5. SOLDADURAS Y CONEXIONES	77
PLANOS.....	78
1. PLANOS DE BANCADA DOBLE	79
2. PLANOS DE BANCADA SIMPLE	83
3. PLANOS DE CICLONES	89
4. PLANOS DE MIRILLAS DE CICLONES	92
5. PLANOS DE TUBERÍAS DE TRANSPORTE NEUMÁTICO	101
6. PLANOS DE COLECTOR DE ASPIRACIÓN.....	108
PRESUPUESTO	129
1. MEDICIONES.....	130
2. VALORACIÓN.....	131

IMÁGENES

Imagen 1. Esquema de una instalación de transporte neumático por aspiración

Imagen 2. Gráfica de fases en un transporte vertical. (Rhodes 2008)

Imagen 3. Diagrama de fases en transporte neumático horizontal (Rhodes 2008)

Imagen 4. "T" ciega para curva con materiales abrasivos.

Imagen 5. Ejemplo de curvas para una línea de transporte neumático.

Imagen 6. Relaciones geométricas de ciclones.

Imagen 7. Distribución de molinos en planta.

Imagen 8. Ejemplo de zócalo de mezcla.

Imagen 9. Ejemplo de tubería de transporte.

Imagen 10. Ejemplo de mirilla de transporte.

Imagen 11. Ejemplo de ciclón.

Imagen 12. Ejemplo de mirilla para rotativa.

Imagen 13. Clasificación de zonas ATEX.

Imagen 14. Ejemplo de válvula rotativa Durafix.

Imagen 15. Ejemplo de ventilador centrífugo Euroventilatori.

Imagen 16. Ejemplo de un filtro de mangas.

Imagen 17. Estado de fábrica tras fase 1 de montaje.

Imagen 18. Estado de fábrica tras fase 1 de montaje.

Imagen 19. Estado de fábrica tras fase 1 de montaje.

Imagen 20. Estado de fábrica tras fase 1 de montaje.

Imagen 21. Estado de fábrica tras fase 2.1 de montaje.

Imagen 22. Estado de fábrica tras fase 2.1 de montaje.

Imagen 23. Estado de fábrica tras fase 2.1 de montaje.

Imagen 24. Estado de fábrica tras fase 2.2 de montaje.

Imagen 25. Estado de fábrica tras fase 2.2 de montaje.

Imagen 26. Estado de fábrica tras fase 2.2 de montaje.

Imagen 27. Estado de fábrica tras fase 2.3 de montaje.

Imagen 28. Estado de fábrica tras fase 2.3 de montaje.

Imagen 29. Estado de fábrica tras fase 2 de montaje.

Imagen 30. Estado de fábrica tras fase 2 de montaje.

Imagen 31. Estado de fábrica tras fase 2 de montaje.

Imagen 32. Diseño del colector de aspiración.

Imagen 33. Curva característica del ventilador.

Imagen 34. Plano general de alzado del edificio.

Imagen 35. Plano general de planta del edificio.

TABLAS

Tabla 1. Diferencias entre fase diluida y fase densa.

Tabla 2. Eficiencias de separación de los ciclones.

Tabla 3. Relaciones geométricas de los ciclones de alta eficiencia.

Tabla 4. Cálculos de dimensionamiento de la válvula rotativa.

Tabla 5. Dimensiones ciclón "Stairmand" seleccionado.

Tabla 6. Resumen de resultados.

Tabla 7. Resumen de cálculos 1.

Tabla 8. Resumen de cálculos 2.

Tabla 9. Transportes línea 1.

Tabla 10. Transportes línea 2.

Tabla 11. Resultados de cálculos en colector.

Tabla 12. Resultados de cálculos generales de pérdida de carga.

TERMINOLOGÍA

ΔP Incremento de presión

L Longitud del conducto

f Factor de fricción de gas

f_p Factor de fricción de partículas

u Velocidad

D Diámetro del conducto

Re Número de Reynolds

Re_p Número de Reynolds para partículas

μ Viscosidad del gas

u_t Velocidad terminal

ε_{CH} Porosidad del medio en condiciones de ahogo

U_{CH} Velocidad de ahogo

U_{salt} es la velocidad de saltación

ρ_p Densidad de la partícula sólida

ρ_g Densidad del gas

G Flujo másico de sólidos por unidad de área
 m_p Flujo másico de sólidos
 m_p Flujo másico de sólidos
 A Área de la tubería
 x Tamaño de la partícula
 g Aceleración de la gravedad
 u_g Velocidad del gas
 u_p Velocidad del producto sólido
 u_{gi} Velocidad intersticial del gas
 u_{pi} Velocidad intersticial del producto sólido
 u_{rel} Velocidad relativa
 u_e Velocidad de entrada al ciclón
 u_s Velocidad de salida del ciclón
 u_f Velocidad de filtración
 Q_p Caudal de partículas sólidas
 Q_g Caudal de gas
 N_H Número de cabezas de velocidad
 ε Porosidad del medio
 m_g Flujo másico de gas
 C_D Coeficiente de arrastre
 ΔP_{CL} Caída de presión en el ciclón
 F_{gw} Pérdidas por fricción del gas por metro
 F_{pw} Pérdidas por fricción del sólido por metro
 ΔP_H Incremento de presión en tramos horizontales
 ΔP_V Incremento de presión en tramos verticales
 ΔP_{Ec} Incremento de presión por energía cinética
 ΔP_C Incremento de presión en las curvas del conducto
 ΔP_L Incremento de presión en la línea de transporte
 ΔP_{CL} Incremento de presión en el ciclón
 ΔP_F Incremento de presión en filtro de mangas
 P_V Presión del ventilador de aspiración

RESUMEN

El proyecto tratará sobre el diseño y dimensionamiento de una instalación de transporte neumático de sólidos, en la que operan de forma simultánea varios separadores ciclónicos conectados a un único ventilador mediante un colector de aspiración. La alimentación de semillas de algarrobo a la línea de producción será de 2.000 Kg/h, con una granulometría variable a lo largo del proceso de molienda. Para ello, se deberán realizar los cálculos justificativos referentes a todos los puntos de interés, tales como caudales de aire y sólidos, pérdidas de carga de la instalación, selección de ventilador de aspiración, pérdidas de carga y capacidad del filtro, selección de equipos de dosificación (válvulas rotativas) y selección de zócalos de entrada a la línea de transporte neumático. Además, se realizarán los diseños constructivos de los equipos no comerciales necesarios para la funcionalidad del sistema (ciclones, tuberías, bancadas de suportación...).

Así mismo, se realizará la distribución de los equipos en la planta de producción a modo de Layout. Para ello se utilizará un software de diseño 3D, en el que se incluirán todos los elementos del proceso de producción (silo de alimentación, sistema de humectación, molinos, equipos de cernido, transporte neumático y silo de producto final).

Como requerimiento imprescindible del sistema, se ha de asegurar una eficiencia de recolección por encima del 98% para partículas superiores a 50 μ m. Por tanto, se deberán realizar cálculos estimativos para valorar el cumplimiento de este requisito.

En lo que a control del sistema se refiere, se definirán diferentes puntos de monitorización para mantener el sistema en un punto óptimo de funcionamiento. Asegurando que el operario de producción mantenga en todo momento un control de la línea.

PALABRAS CLAVE

Ciclón, transporte neumático, colector, fase diluida, aspiración, sólidos, gas, ventilador.

MEMORIA.

1. OBJETIVO DEL PROYECTO

El presente trabajo fin de grado tiene como objetivo el cálculo y dimensionamiento de una instalación de transporte neumático en fase diluida. Dicha instalación se empleará para realizar los trasiegos de producto en un proceso de molienda de semillas de algarrobo. Para realizar los pasos de producto entre cada una de las pasadas de molino, se instalará una línea de transporte neumático con un separador ciclónico, mediante la cual se elevará la harina hasta la altura necesaria para continuar con el proceso.

Todas las líneas de transporte neumático utilizadas se conectarán, mediante un colector común, a un único ventilador de aspiración con el que se consiguen los requisitos mínimos de caudal y presión para realizar el transporte del producto. Para evitar la emisión de partículas a la atmosfera, se instalará un filtro de mangas entre ventilador y el colector de aspiración que se encargará de recolectar las posibles fugas de producto de cada ciclón del proceso.

Con la instalación de transporte neumático, se pretende conseguir una producción total de 2.000Kg/h asegurando una eficiencia mínima de recolección del 98% para partículas superiores a 50 μ m. La densidad de la harina de garrofin es de 850Kg/m³ con una humedad del 15%, alcanzando durante el proceso de molienda temperaturas de hasta 65°C.

2. LOCALIZACIÓN

El proyecto que se aborda en el presente trabajo se ha llevado a cabo para la empresa DuPont Nutrition And Biosciences Ibérica S.L., ubicada en la población de Silla en Valencia, la cual es una de las principales productoras de "Goma de garrofin" a nivel mundial. El sistema de transporte se instalará en la línea de producción de su producto estándar, el cual es destinado al consumo humano, en la fase final del proceso, la molienda de semillas previa al envasado. No obstante, este mismo sistema es aplicable a la mayor parte de las fases de producción para el movimiento fluido del producto.

Por otro lado, este tipo de sistemas es aplicable para un gran ámbito industrial; producción de harinas, evacuación y recuperación de serrines, preparación de semillas, producción de comprimidos farmacéuticos..., cada una de ellas con los materiales y requerimientos higiénicos que se exijan.

3. INTRODUCCIÓN AL PROCESO INDUSTRIAL

La harina de semillas de algarrobo es un producto muy utilizado en la industria alimentaria como espesante natural. Conocida como “Goma de garrofn” (aditivo E410), se emplea para aumentar la viscosidad y facilitar la homogeneización de alimentos como salsas, helados y papillas infantiles. Por su utilización, se ha de considerar toda la instalación como parte de un proceso de industria alimentaria, por lo que se tendrán en cuenta todas las restricciones en cuanto a materiales, puntos de contaminación, y limpiezas. Además, al tratarse de polvos en suspensión, se valorará si es necesario aplicar normativas de atmosferas explosivas (ATEX).

Durante el proceso productivo, las semillas de algarrobo se introducen en un equipo de humectación para aportarles la cantidad de agua necesaria. A continuación, se hacen pasar por varios molinos de rodillos en serie. Disminuyendo en cada una de las pasadas la separación entre rodillos, se consigue que en la parte final de la línea de producción la totalidad de las partículas tengan un tamaño mínimo entre $100\mu\text{m}$ y $150\mu\text{m}$, con el que se proporcionan las mejores condiciones de viscosidad. A lo largo de la línea de producción, se intercalan equipos de cernido en los que se separa la fracción fina ($x < 150\mu\text{m}$) de la parte más gruesa, esta última se deja caer por gravedad en la siguiente pasada de molino para continuar extrayendo partículas del tamaño requerido. El producto final, se almacena en silos para, posteriormente, ser enviado a la zona de envasado.

4. ANTECEDENTES

El proceso de molienda de la empresa disponía anteriormente de un sistema de transporte neumático con una capacidad de unos 800 Kg/h de harina trabajando al máximo. Contaba con 10 líneas de transporte neumático, las cuales daban servicio a la demanda de producto que el cliente tenía. No obstante, la demanda de este producto ha sufrido un crecimiento exponencial en los últimos años, lo que ha supuesto una necesidad de ampliar la producción en las instalaciones de DuPont Nutrition And Biosciences Ibérica S.L. y, por tanto, una modificación drástica del sistema de transporte neumático.

Además, se trata de una empresa antigua, por lo que la instalación con la que contaba cumplía con los requerimientos de producto alimentario de la época, pero algunas zonas no estaban acordes con los requerimientos actuales.

Mediante el presente proyecto, se pretende alcanzar la producción deseada por el cliente y, a su vez, renovar la instalación para cumplir todas las exigencias de la normativa para la fabricación de productos alimentarios.

5. ELECCIÓN DEL TIPO DE TRANSPORTE NEUMÁTICO

Un sistema de transporte neumático se compone de 4 elementos principales. En la figura 1 se muestra un esquema de los equipos necesarios para el funcionamiento de una instalación de transporte neumático por aspiración. En primer lugar, encontramos la zona de dosificación, mezcla y aceleración; en la que los sólidos son introducidos en la corriente de gas que circula a lo largo de toda la conducción de transporte. A continuación, se encuentra el ciclón, que es el principal elemento responsable de la separación entre sólidos y aire. Las partículas sólidas caerán por la salida inferior del ciclón, mientras que la corriente de aire continuará por la salida superior del ciclón hasta llegar al filtro. Este se encarga de retener las partículas más finas para evitar que salgan a la atmosfera. Por último, encontramos el equipo responsable de proporcionar la energía necesaria al gas de transporte para que las partículas sólidas queden suspendidas en él, en función del tipo de transporte se tratará de un ventilador o una bomba de vacío. Existe una variante en la que el ventilador o bomba de vacío se instala al inicio del sistema, en este caso se denomina transporte neumático por impulsión.

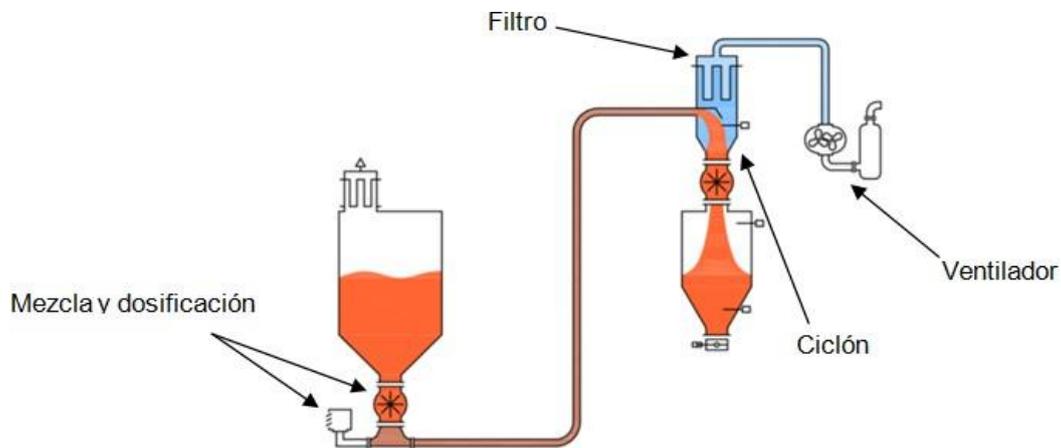


Imagen 1. Esquema de una instalación de transporte neumático por aspiración

Existen diferentes tipos de transporte neumático. Aunque la base teórica es común para todos, es importante seleccionar cuál de ellos es el más acorde a las condiciones de trabajo en cada situación. En función del patrón de flujo que se establezca en la tubería de transporte, se pueden diferenciar dos tipos de transporte neumático; fase diluida o fase densa. Las diferencias principales entre los dos tipos de transporte se exponen en la siguiente tabla.

Características	Fase diluida	Fase densa
Velocidad del gas (m/s)	Mayor de 15	Menor de 10
Concentración de sólidos (% en Volumen)	Menor de 1	Mayor de 30
Pérdidas de carga por unidad de longitud (mmH ₂ O/m)	Menor de 50	Mayor de 200
Presión de transporte (bar)	Menor de 2	Mayor de 2
Carga de sólidos (kg sólidos/s: kg aire/s)	Menos de 15:1	Más de 20:1
Velocidad de los sólidos (m/s)	Mayor de 10	Menor de 2

Tabla 1. Diferencias entre fase diluida y fase densa.

5.1. FASE DILUIDA

Se denomina transporte en fase diluida cuando las partículas a transportar se encuentran dispersas y suspendidas en la corriente de gas de transporte, a modo de elementos aislados discretos. Por este motivo, es necesario que el gas opere en unas condiciones de velocidad altas, asegurando la suspensión las partículas sólidas a transportar. Este tipo de transporte neumático se caracteriza por tener bajas concentraciones de producto (no superando el 1%) y bajas pérdidas de carga por unidad de longitud de tubería. Existen dos variantes dentro de esta tipología:

- Transporte por aspiración: En este tipo de instalaciones la salida de aire del ciclón recolector se conecta a la boca de aspiración del ventilador, y la impulsión del ventilador se conduce hacia el exterior de la nave de producción, generando de esta forma una corriente de aire con presión negativa en el interior de las conducciones y el ciclón.
- Transporte por impulsión: A diferencia de la anterior, el transporte neumático por impulsión se realiza conectando la boca de impulsión del ventilador con la entrada a la tubería de transporte neumático, generando una corriente de aire con presión positiva en el interior de las conducciones y el ciclón.

Es importante tener en cuenta que este tipo de transportes solo se deben utilizar con productos no abrasivos, ya que el rozamiento y choque de las partículas con las paredes y curvas de la instalación puede ocasionar grandes daños a corto plazo.

5.2. FASE DENSA

En el transporte en fase densa la concentración de sólidos puede llegar a superar el 30%. Los sólidos se compactan a modo de pequeños paquetes que son impulsados o aspirados por corrientes de aire a altas presiones, ya sean negativas o positivas. Se caracterizan, al contrario que en el caso de fase diluida, por trabajar a bajas velocidades con altas pérdidas de carga por unidad de longitud de tubería. Igual que en caso de fase diluida, existen dos tipos de variantes.

- Transporte por vacío: Este tipo de transportes utilizan un equipo de vacío (bomba de vacío) para generar una corriente de aire con gran presión negativa. De esta forma, se pueden vencer las pérdidas de carga ocasionadas por las pequeñas acumulaciones de producto. Existen también instalaciones de transporte neumático por vacío que funcionan con compresores de aire, instalando en cada uno de los ciclones un sistema que genera, por efecto "Venturi", el vacío necesario para el transporte.
- Transporte por propulsión: en este caso, el transporte se realiza con altas presiones positivas generadas por un compresor de aire. Se instalan pequeñas tolvas cerradas que almacenan una cantidad determinada de producto a enviar, una vez se alcanza la cantidad necesaria se cierra la entrada de producto y se abre la boca de salida a la vez que se presuriza en recipiente, de esta forma el producto es arrastrado por el aire que tiende a escapar para igualar la presión en el interior y el exterior de la tolva.

Para seleccionar el tipo de transporte óptimo para nuestra instalación se han tenido en cuenta los siguientes factores.

- Caudal de sólidos a transportar.
- Eficiencia energética.
- Costes de fabricación.
- Costes de mantenimiento.
- Integridad del producto a tratar.
- Facilidad de instalación en planta.

Si realizamos una comparativa de los tipos de transporte expuesto anteriormente para cada uno de estos puntos, podemos observar que la opción con mejores resultados es el transporte por aspiración en fase diluida. A continuación, explicamos con algo más de detalle el porqué de esta elección.

Los transportes en fase densa requieren de equipos más complejos y con mayores costes tanto de compra como de mantenimiento, además se ha de tener en cuenta que para una instalación con varios ciclones se necesitarían caudales de aire elevado y los consumos eléctricos serían excesivos. Este tipo de transporte se emplea para producciones elevadas (hasta 150Tn/h), para productos frágiles que necesiten conservar su integridad (capsulas de medicamentos, frutos secos...) o en el caso de producto abrasivos, ya que las velocidades de transporte son inferiores a las necesarias en el transporte en fase diluida.

Teniendo en cuenta que la mejor opción en cuanto a mantenimiento, costes de fabricación y costes de mantenimiento, es el transporte en fase diluida, se analiza la integridad del producto y la distribución en planta de todos los equipos. Se ha de tener en cuenta que el proceso de producción de la harina requiere de un alto grado de higiene en todo lo que está en contacto con ella, por lo que no es aconsejable que el aire de transporte neumático entre en contacto con las hélices del ventilador antes de realizar la mezcla con la harina. Partiendo de esta premisa, podemos descartar la opción de transporte neumático por impulsión.

6. BASE TEÓRICA PARA EL DISEÑO EN FASE DILUIDA

6.1. TRANSPORTE VERTICAL DE SÓLIDOS

Es posible relacionar la pérdida de carga producida en el transporte vertical de sólidos directamente con la velocidad superficial del gas en la tubería, tal y como se muestra en la siguiente gráfica. No obstante, la pérdida de carga total viene dado por varios factores:

- Energía cinética de las partículas y el gas.
- Energía potencial de las partículas y el gas.
- Fricción de las partículas y el gas con las paredes del conducto.

En la Figura 2 se observa una gráfica que muestra la pérdida de carga para distintos flujos máscicos de sólidos por unidad de área de la línea de transporte.

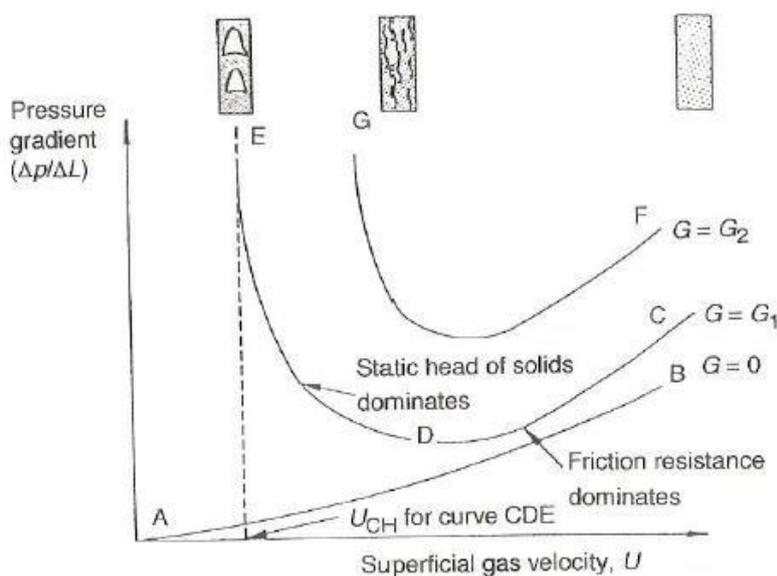


Imagen 2. Gráfica de fases en un transporte vertical. (Rhodes 2008)

Para un flujo máscico por unidad de área igual a cero ($G=0$), es decir, que la cantidad de sólidos en la mezcla es despreciable o nula, podríamos decir que se trata de un transporte en el que únicamente se está moviendo el gas, por lo que la expresión de la pérdida de carga sería la utilizada convencionalmente para flujos monofásicos:

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{2 \cdot f \cdot \rho_g \cdot u^2}{D}$$

Donde f es el factor de fricción y D el diámetro de la conducción de transporte. Para el cálculo del factor de fricción, se utilizarán las siguientes expresiones en función del número de Reynolds (Re):

- Para $Re \leq 2 \cdot 10^3$ $f = 16/Re$
- Para $2 \cdot 10^3 \leq Re \leq 2 \cdot 10^4$ $f = 0.079 \cdot Re^{-0.25}$
- Para $Re > 2 \cdot 10^4$ $f = 0.046 \cdot Re^{-0.2}$

Siendo el número de Reynolds:

$$Re = \frac{\rho_g \cdot u \cdot D}{\mu}$$

Tal y como se observa en la Figura 2, el aumento en el flujo de sólidos es directamente proporcional al aumento en la pérdida de carga por unidad de longitud. En la curva C, encontramos velocidades de gas altas con concentraciones de sólidos bajas, lo que lleva a que la pérdida de carga del conjunto sea muy próxima a la generada por la fricción del gas de transporte con las paredes de las conducciones. A medida que aumentamos el flujo de sólidos para un mismo caudal de gas, la pérdida de carga que se genera comienza a aumentar, ya que la fricción del conjunto con las paredes de la tubería es mucho mayor.

Con la disminución de la velocidad del gas, las pérdidas en las tuberías comienzan a disminuir hasta un punto en el que la presión estática comienza a aumentar debido al incremento en la concentración de sólidos. En este punto se producen tapones de sólidos debido a que el gas no consigue fluidificar la cantidad de sólidos suspendidos. A este valor de la velocidad, se le denomina “velocidad de ahogo” (“choking velocity” U_{CH}), y es el punto de transición entre el transporte en fase diluida y en fase densa.

No existe la posibilidad de determinar de forma teórica la velocidad de ahogo para los diferentes materiales y tamaños de partículas. Sin embargo, existen varias correlaciones empíricas que permiten estimar esta velocidad de forma muy aproximada. Rhodes (2008), sugiere las siguientes expresiones para la determinación de la velocidad de ahogo:

$$\frac{U_{CH}}{\varepsilon_{CH}} - u_t = \frac{G}{\rho_p \cdot (1 - \varepsilon_{CH})}$$

$$\rho_g^{0.77} = \frac{2250 \cdot D \cdot (\varepsilon_{CH}^{-4.7} - 1)}{\left(\frac{U_{CH}}{\varepsilon_{CH}} - u_t\right)^2}$$

Siendo,

$$G = \frac{m_p}{A}$$

Donde:

- ε_{CH} es la porosidad del medio en condiciones de velocidad de ahogo
- U_{CH} es la velocidad de ahogo
- u_t es la velocidad terminal
- ρ_p es la densidad de la partícula sólida
- ρ_g es la densidad del gas
- G es el flujo másico de sólidos por unidad de área
- m_p es el flujo másico de sólidos
- A es el área de la tubería

Se deberán utilizar unidades en el sistema internacional. Se han de resolver ambas ecuaciones simultáneamente para obtener los valores de ε_{CH} y U_{CH} .

6.2. TRANSPORTE HORIZONTAL DE SÓLIDOS

En la Figura 3, se muestran el diagrama de fases para un transporte neumático en horizontal. De la misma forma que en el diagrama de transporte en vertical, la línea AB muestra una conducción en la que únicamente circula gas. Cuando se introduce la mezcla de gas y sólidos, en función de la concentración nos encontramos varias posibilidades. Si la velocidad del gas es alta y la concentración de sólidos baja, el sólido se encuentra suspendido en la corriente de gas, por lo que no sedimenta. Por otro lado, y de la misma forma que pasa en el transporte vertical, si la velocidad disminuye la pérdida de carga comienza a bajar hasta un punto en el que los sólidos comienzan a sedimentar en la tubería de transporte (punto D). A este valor de velocidad se le denomina “velocidad de saltación” (“saltation velocity” U_{salt}). En este punto, la tubería se empieza a obturar, por lo que disminuciones de velocidad comienzan a provocar un aumento en la pérdida de carga.

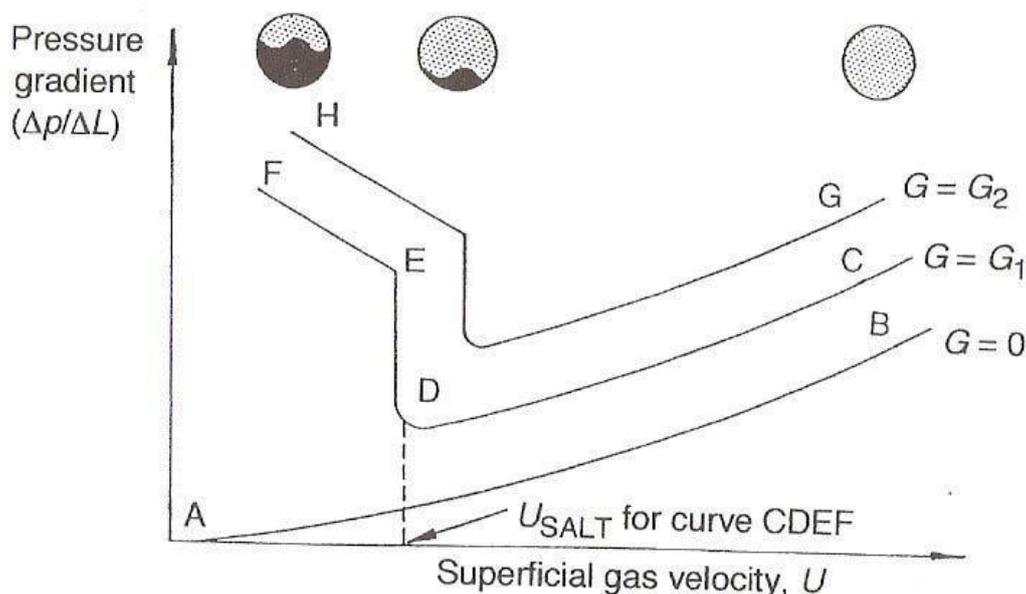


Imagen 3. Diagrama de fases en transporte neumático horizontal (Rhodes 2008)

Tal y como sucede para el cálculo de la velocidad de ahogo, el valor de velocidad de saltación tampoco puede obtenerse de forma teórica. No obstante, Rhodes (2008) sugiere la siguiente ecuación.

$$\frac{m_p}{\rho_g \cdot U_{salt} \cdot A} = \left(\frac{1}{10^{(1440 \cdot x + 1.96)}} \right) \cdot \left(\frac{U_{salt}}{\sqrt{g \cdot D}} \right)^{(1100 \cdot x + 2.5)}$$

Donde:

- m_p es el flujo másico de sólidos
- U_{salt} es la velocidad de saltación
- x es el tamaño de la partícula
- A es el área transversal de la tubería de transporte
- g es la aceleración de la gravedad

En esta expresión se deberán utilizar unidades en el sistema internacional.

6.3. PÉRDIDA DE CARGA EN TRANSPORTE NEUMÁTICO

6.3.1. Velocidades del gas y de las partículas

Para el cálculo de las velocidades superficiales de gas y partículas se utilizarán las siguientes expresiones.

$$u_g = \frac{Q_g}{A} \quad u_p = \frac{Q_p}{A}$$

Donde Q_g y Q_p son los caudales volumétricos del gas y las partículas respectivamente.

En este medio bifásico, ambas fases son dinámicas. Por lo que es posible calcular la velocidad intersticial para ambas. Se utilizarán las siguientes expresiones para el cálculo del gas y las partículas respectivamente.

$$u_{gi} = \frac{Q_g}{A \cdot \varepsilon} = \frac{u_g}{\varepsilon} \quad u_{pi} = \frac{Q_p}{A \cdot (1 - \varepsilon)} = \frac{u_p}{1 - \varepsilon}$$

Donde ε es la porosidad en la tubería.

La velocidad relativa es la diferencia entre las velocidades intersticiales del gas y las partículas. Se obtiene con la siguiente expresión.

$$u_{rel} = u_{gi} - u_{pi}$$

En el transporte vertical en fase diluida, se asume que la velocidad relativa se aproxima a la velocidad terminal.

6.3.2. Flujos máscicos

Para el cálculo de los flujos máscicos de partículas y gas se utilizan las siguientes expresiones respectivamente.

$$m_p = A \cdot u_{pi} \cdot (1 - \varepsilon) \cdot \rho_p = A \cdot u_p \cdot \rho_p$$

$$m_g = A \cdot u_{gi} \cdot \varepsilon \cdot \rho_g = A \cdot u_g \cdot \rho_g$$

Con la relación de las dos ecuaciones anteriores, es posible conseguir la proporción de sólidos en el gas, la expresión es la siguiente.

$$\frac{m_p}{m_g} = \frac{u_{pi} \cdot (1 - \varepsilon) \cdot \rho_p}{u_{gi} \cdot \varepsilon \cdot \rho_g} = \frac{u_p \cdot \rho_p}{u_g \cdot \rho_g}$$

6.3.3. Caída de presión

Para la obtención de la caída de presión en toda la tubería de transporte neumático, es necesario realizar el balance de energía mecánica. Si integramos el balance de energía mecánica en estado estacionario, asumiendo densidad y porosidad constantes, obtenemos la siguiente expresión.

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2} \cdot \varepsilon \cdot \rho_g \cdot u_{gi}^2 + \frac{1}{2} \cdot (1 - \varepsilon) \cdot \rho_p \cdot u_{pi}^2 + F_{gw} \cdot L + F_{pw} \cdot L + \varepsilon \cdot L \cdot \rho_g \cdot g \cdot \text{sen}(\theta) + (1 - \varepsilon) \cdot L \cdot \rho_p \cdot g \cdot \text{sen}(\theta) = 0$$

En esta expresión generalizada de la pérdida de carga en un tramo recto de una tubería de transporte neumático, cada uno de los sumandos es un término determinado de caída de presión. Teniendo estos la siguiente justificación.

1^{er} Sumando: Pérdida de carga por aceleración del gas.

2^o Sumando: Pérdida de carga por aceleración de los sólidos.

3^{er} Sumando: Pérdida de carga por la fricción del gas con la pared del tubo.

4^o Sumando: Pérdida de carga por la fricción de sólidos con la pared del tubo.

5^o Sumando: Pérdida de carga por energía potencial del gas.

6^o Sumando: Pérdida de carga por la energía potencia de los sólidos.

En el caso de las tuberías de transporte neumático horizontal, se desprecian los términos de energía potencial dado que se pueden considerar despreciables. Por lo que los términos 5^o y 6^o se omiten en tal caso.

7. PAUTAS DE DISEÑO DE UN TRANSPORTE NEUMÁTICO

Para el diseño de una instalación de transporte neumático en fase diluida se han de tratar diversos puntos o características:

- selección de las tuberías de transporte y de la velocidad del gas necesaria para realizar el arrastre de las partículas sólidas.
- Cálculo de la caída de presión en la línea.
- Selección de los equipos necesarios para mover las partículas sólidas.
- Selección de los equipos de separación de partículas sólidas.

7.1. VELOCIDAD DEL GAS

Es importante seleccionar una velocidad de gas óptima para el arrastre de partículas, teniendo en cuenta que sea lo más baja posible para evitar aumentos en la pérdida de carga. De esta forma se optimizará mejor el coste de operación, ya que el ventilador no estará excesivamente sobredimensionado.

En caso de que la instalación este formada por tramos verticales y horizontales, se ha de tener en cuenta que la velocidad de saltación (U_{salt}) es mayor que la velocidad de ahogo (U_{CH}). Por lo tanto, es indispensable que la velocidad de transporte sea mayor que la velocidad de saltación. Teniendo en cuenta que las ecuaciones de correlación de las velocidades críticas tienen un error alto, es recomendable dimensionar la velocidad del gas en la instalación con un factor de seguridad del 50%.

7.2. CAÍDA DE PRESIÓN

Anteriormente hemos descrito la ecuación general para la pérdida de carga en una tubería para cualquier mezcla de gas y sólido. No obstante, para aplicarla de manera específica a un transporte neumático, es necesario expresar los términos de fricción con las paredes de la tubería. Se ha de tener en cuenta tanto la fricción de los sólidos como la del gas de transporte.

Para un transporte neumático en fase diluida, podemos considerar que la fricción entre el gas y la pared de la tubería no está influenciada por los sólidos de la mezcla. De esta manera puede utilizarse la expresión de pérdida de carga por fricción para un gas descrita en el apartado 2.1. Teniendo en cuenta la variación del factor de fricción en función del número de Reynolds obtenido. Por lo tanto, el término F_{gw} de la ecuación general de la pérdida de carga en el sistema quedaría de la siguiente manera:

$$F_{gw} = \frac{2 \cdot f \cdot \rho_g \cdot u^2}{D}$$

Siendo f el factor de fricción tal y como se describe en el apartado 2.1.

Para el cálculo de la fricción entre los sólidos y la pared del conducto, se pueden utilizar las siguientes expresiones.

- Transporte neumático vertical:

$$F_{pw} \cdot L = 0.057 \cdot G \cdot L \cdot \sqrt{\frac{g}{G}}$$

- Transporte neumático horizontal:

$$F_{pw} \cdot L = \frac{2 \cdot f_p \cdot G \cdot u_{pi} \cdot L}{D}$$

Donde f_p y u_{pi} se obtiene de las siguientes ecuaciones.

$$f_p = \frac{3 \cdot \rho_g \cdot D \cdot C_D}{8 \cdot \rho_p \cdot x} \cdot \left(\frac{u_{gi} - u_{pi}}{u_{pi}} \right)^2$$

$$u_{pi} = u_g \cdot (1 - 0.0638 \cdot x^{0.3} \cdot \rho_p^{0.5})$$

Siendo C_D el coeficiente de arrastre sugerido por Rhodes, que se calcula de la siguiente forma.

- Para $Re_p < 1$ $C_D = 24/Re_p$
- Para $1 < Re_p < 500$ $C_D = 18.5 \cdot Re_p^{-0.6}$
- Para $500 < Re_p < 2 \cdot 10^5$ $C_D = 0.44$

Calculando Re_p con la siguiente expresión.

$$Re_p = \frac{\rho_g \cdot (u_{gi} - u_{pi}) \cdot x}{\mu}$$

7.3. CODOS

Para el diseño de una línea de transporte neumático es muy importante la consideración de los codos que existan en la línea. Este cambio de dirección provoca una caída de presión considerable frente a la pérdida de carga generada por unidad de longitud en tramos rectos. Por ello, es importante minimizar la cantidad de codos utilizados en el transporte, así como utilizar diseños con radios de curvatura de alrededor de 1.000mm.

Se ha de conocer que, para los materiales sólidos abrasivos, existe la alternativa de utilizar codos en "T" (ver figura 4). Estos codos permiten la acumulación de las partículas en el lado frontal de la "T", formando un colchón de partículas que evita los choques contra las conducciones. De esta forma se consigue eliminar la erosión de la parte de la curva. No obstante, las condiciones de higiene no nos permiten utilizar este tipo de codos para el transporte de producto alimentarios.

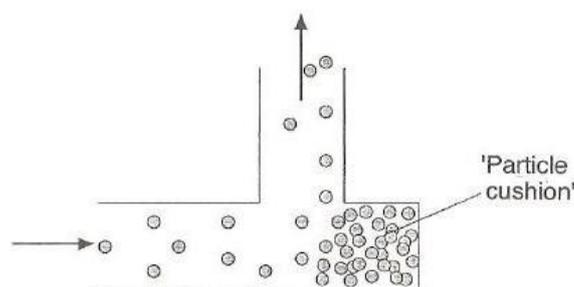


Imagen 4. "T" ciega para curva con materiales abrasivos.

En cuanto a la caída de presión en los codos de las instalaciones de transporte neumático, se han realizado muchos estudios. No obstante, no existen correlaciones de confianza para el cálculo de la misma. Rhodes (2008), sugiere asignar una caída de presión para cada codo equivalente a 7.5m de tubería lineal en vertical.



Imagen 5. Ejemplo de curvas para una línea de transporte neumático.

7.4. CICLÓN SEPARADOR DE SÓLIDOS

Es muy importante mantener las relaciones geométricas a la hora de diseñar un ciclón. Por ello, la geometría del ciclón se extraerá de las tablas de los ciclones de alta eficiencia, ya que estos ciclones son capaces de separar partículas de hasta $5\mu\text{m}$ con una eficiencia del 90%. A continuación, se muestra una tabla de eficiencias en función de la tipología de los ciclones.

Familia de ciclones	Eficiencia (%)		
	PST	PM10	PM2,5
Convencionales	70-90	30-90	0-40
Alta eficiencia	80-99	60-95	20-70
Alta capacidad	80-99	10-40	0-10

Tabla 2. Eficiencias de separación de los ciclones.

Tal y como se ha comentado antes, seleccionaremos la familia de ciclones de alta eficiencia. En la siguiente tabla e imagen se detallan las relaciones geométricas de cada uno de los tipos de ciclones de alta eficiencia.

Dimensión	Nomenclatura	Tipo de ciclón		
		Stairmand	Swift	Echeverri
Diámetro del ciclón	Dc/Dc	1	1	1
Altura de entrada	a/Dc	0,5	0,44	0,5
Ancho de entrada	b/Dc	0,2	0,21	0,2
Altura de salida	S/Dc	0,5	0,5	0,625
Diámetro de salida	Ds/Dc	0,5	0,4	0,5
Altura parte cilíndrica	h/Dc	1,5	1,4	1,5
Altura parte cónica	z/Dc	2,5	2,5	2,5
Altura total del ciclón	H/Dc	4	3,9	4
Diámetro de salida de partículas	B/Dc	0,375	0,4	0,375
Factor de configuración	G	551,22	698,65	585,71
Número de cabezas de velocidad	NH	6,4	9,24	6,4
Numero de vórtices	N	5,5	6	5,5

Tabla 3. Relaciones geométricas de los ciclones de alta eficiencia.

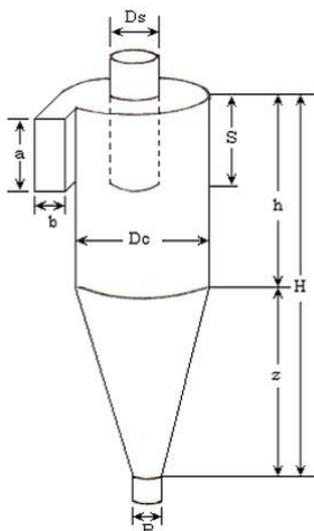


Imagen 6. Relaciones geométricas de ciclones.

Según ensayos experimentales, se determina una velocidad de entrada al ciclón que se comprenda en el intervalo de 15.2m/s – 27.4m/s, aunque se ha demostrado que la mayor eficiencia de recolección se obtiene con una velocidad de entrada de 22m/s. Teniendo en cuenta esta velocidad de entrada y el caudal de aire que circula por la tubería de transporte, podemos obtener el diámetro de ciclón necesario. A continuación, con las relaciones geométricas de los ciclones se obtienen el resto de las dimensiones del ciclón. La ecuación necesaria para el cálculo es la siguiente.

$$Q_g = u_e \cdot A_e$$

Donde u_e y A_e son la velocidad de entrada y el área de entrada al ciclón respectivamente. Dado que la entrada del ciclón tiene una sección rectangular (véase tabla 3), podríamos escribir la ecuación de la siguiente forma tomando como ejemplo las relaciones de los ciclones “Stairmand”.

$$Q_g = u_e \cdot a \cdot b = u_e \cdot (D_c \cdot 0.5) \cdot (D_c \cdot 0.2)$$

Lo que nos quedaría de la siguiente forma.

$$D_c = \sqrt{\frac{Q_g}{22 \cdot 0.1}}$$

Una vez obtenido el resultado en función del caudal de diseño de nuestra línea de transporte, podemos obtener la pérdida de carga generada en el paso por el ciclón con las siguientes ecuaciones.

$$\Delta P_{CL} = \frac{1}{2} \cdot \rho_g \cdot u_e^2 \cdot N_H$$

En el caso de no utilizar relaciones exactas de la tabla 3, podríamos calcular N_H con la siguiente expresión.

$$N_H = K \cdot \frac{a \cdot b}{D_s^2}$$

Donde $K = \text{cte}$, tomando 16 para ciclones de entrada tangencial.

7.5. COMPRESIBILIDAD DEL GAS

La compresibilidad del gas únicamente se deberá tener en cuenta para instalaciones a altas presiones y con longitudes de transporte mayores a unos 100m. En el caso de instalaciones con distancias inferiores y presiones de trabajo bajas, se considera una densidad del gas constante en toda la tubería.

8. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INSTALACIÓN

Como se ha mencionado anteriormente, la instalación de transporte neumático que se plantea será la encargada de realizar los trasiegos de un producto que se utiliza como aditivo alimentario, lo que supone unas condiciones especiales en toda la instalación. Además, teniendo en cuenta que se trata de un producto polvoriento, se ha de considerar la aplicación de la normativa ATEX (atmosferas explosivas). Dicho esto, se procede a dar una visión más detallada de la instalación. A continuación, se detallan todas las partes de la instalación y sus características.

8.1. DESCRIPCIÓN DEL TRANSPORTE NEUMÁTICO

A fin de comprender mejor el proceso productivo y la misión del sistema de transporte neumático que se pretende instalar, se explica detalladamente el funcionamiento a continuación. El proceso de producción de harina de garrofín es relativamente complejo, se trata de un material de una alta dureza un elevado coste de producción.

El proceso se inicia con la recepción y clasificación de las semillas de algarrobo. Una vez se han separado las semillas del resto de residuos procedentes de la cosecha, se procede al pelado, en el cual se elimina la piel que envuelve la semilla. Este proceso se realiza de dos formas diferentes, dependiendo de la calidad final del producto que se desee. Una de las formas, y con la que mayor calidad se consigue, es el pelado con ácido sulfúrico, una vez eliminada la piel se lavan con abundante agua las semillas para eliminar cualquier resto de ácido que pueda quedar. El otro modo mediante el que se puede realizar el pelado, si no se requiere una calidad tan elevada, es el pelado térmico, en este se someten las semillas a altas temperaturas y seguidamente se hacen pasar por molinos de martillo, los cuales golpean las semillas para separar las pieles.

Una vez la semilla está pelada, se pasa por una línea de clasificadoras ópticas, mediante las cuales se diferencian y almacenan en silos en función del color. De esta forma, se seleccionan las semillas con tonalidades mas claras, las cuales se utilizan para los estándares de calidad más altos.

Una vez tenemos las semillas almacenadas según la calidad para las que serán utilizadas, es momento de realizar los envíos de lotes a los procesos de molienda que corresponda. En algunos de estos procesos de molienda las semillas se tratan de una forma especial previamente al molido. No obstante, en el caso de la molienda para la que se instala el sistema de transporte neumático de este trabajo, la semilla es enviada directamente a la línea de molinos.

Una vez el lote llega a la línea de producción en la que vamos a realizar los trabajos, se almacena el lote completo en un depósito ubicado en la planta 4ª del edificio, posteriormente se vacía este depósito con el lote de 2000kg en una máquina encargada de humedecer las semillas, ubicada en la planta 3ª, a fin de ablandarlas y facilitar la molienda. A continuación, se almacena el lote de semillas humectadas en un depósito ubicada en la planta 2ª, desde donde se dosifica la entrada a la línea con un caudal de 2000kg/h. A la salida de este último depósito nos encontramos el inicio de la primera línea de transporte neumático, quien será la encargada de elevar el producto de nuevo hasta la planta 4ª para dejarlo caer de nuevo hacia el equipo de separación de metales, y finalmente entrar a las primeras pasadas de molino (pasada 1-2). A la salida de esta primera pasada nos encontramos la segunda línea de transporte neumático, mediante la cual volveremos a llevar el producto hasta la planta 4ª para dejarlo caer hasta las siguientes pasadas de molino (pasada 3-4). De esta misma forma se va moviendo el producto de pasada en pasada de molino, hasta llegar a la pasada 7-8, en la que nos encontramos una línea de transporte encargada de

refrigerar el producto para evitar condensaciones en el interior de la tubería. En esta línea únicamente se eleva el producto hasta la planta 4ª para dejarlo caer de nuevo hasta la planta baja del edificio y enlazarlo con una nueva línea de transporte neumático (P.7-8 REF) para elevarlo de nuevo y, por último, dejarlo caer hacia el primer cernido de la línea, donde se realiza la clasificación granulométrica. En este punto del proceso es donde el caudal de producto comienza a disminuir, ya que las partículas más finas que se han producido son separadas de la producción y llevadas hasta un transporte vibrante, encargado de conducir las hasta una de las líneas de transporte neumático final. A su vez, la fracción más gruesa cae hasta el siguiente molino, continuando así hasta la siguiente línea de transporte (P9-10) para llegar hasta el siguiente cernido. De esta forma llegamos hasta el final de la línea, pasando por otra línea de transporte de refrigeración después de las pasadas de molino 15-16.

Una vez se han realizado todas las pasadas de los molinos, se considera que la producción está dentro de la granulometría especificada, por lo que la línea de transporte que recoge de las últimas pasadas de molino (pasadas 23-24) descargará directamente en el transportador vibrante para unir toda la producción molida.

En total, la línea cuenta con 6 molinos dobles, en cada uno de ellos encontramos 4 pasadas, dos consecutivas a cada lado de la máquina. Estas máquinas están dispuestas en la sala en dos filas paralelas con 3 molinos en cada una de ellas, tal y como se observa en la siguiente imagen.

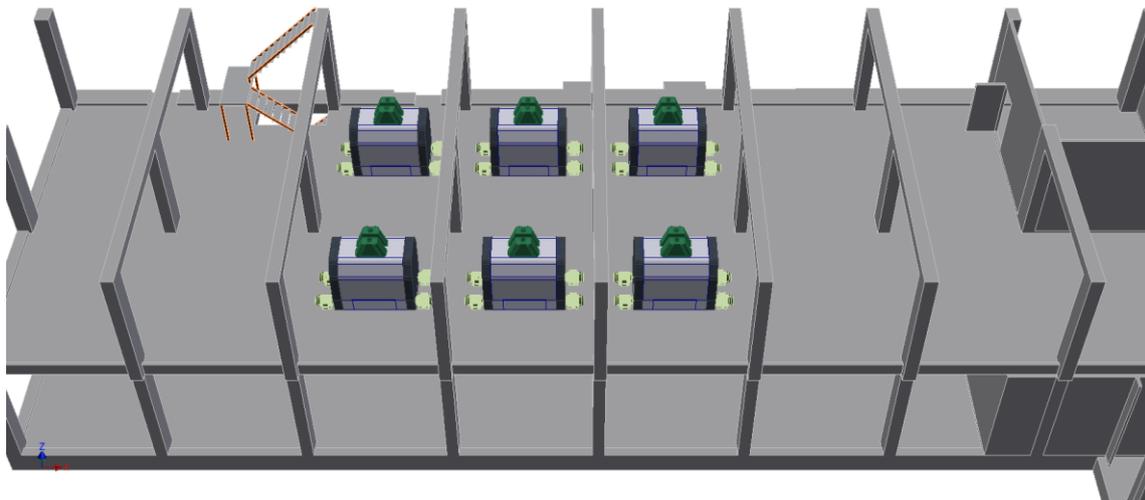
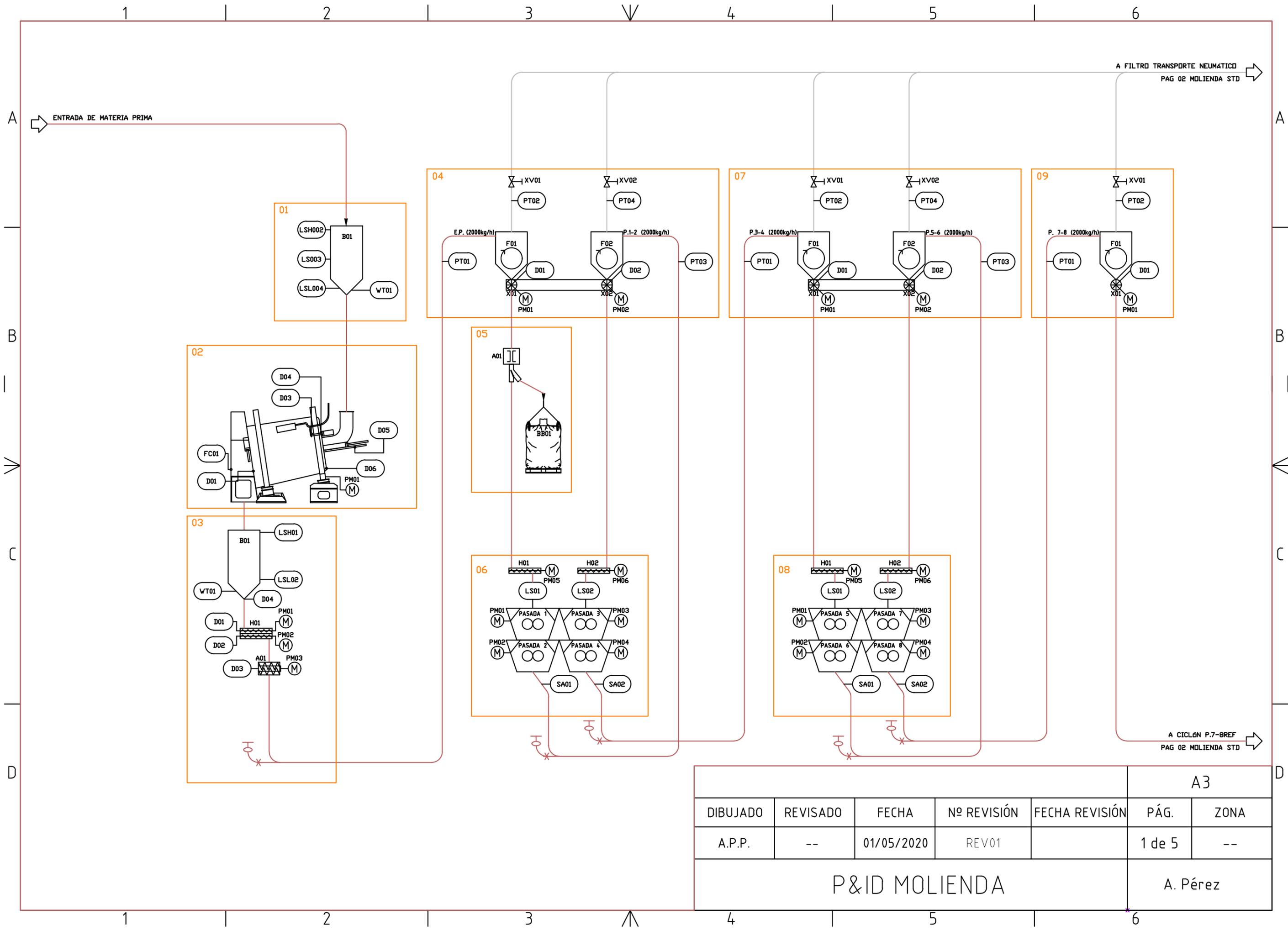


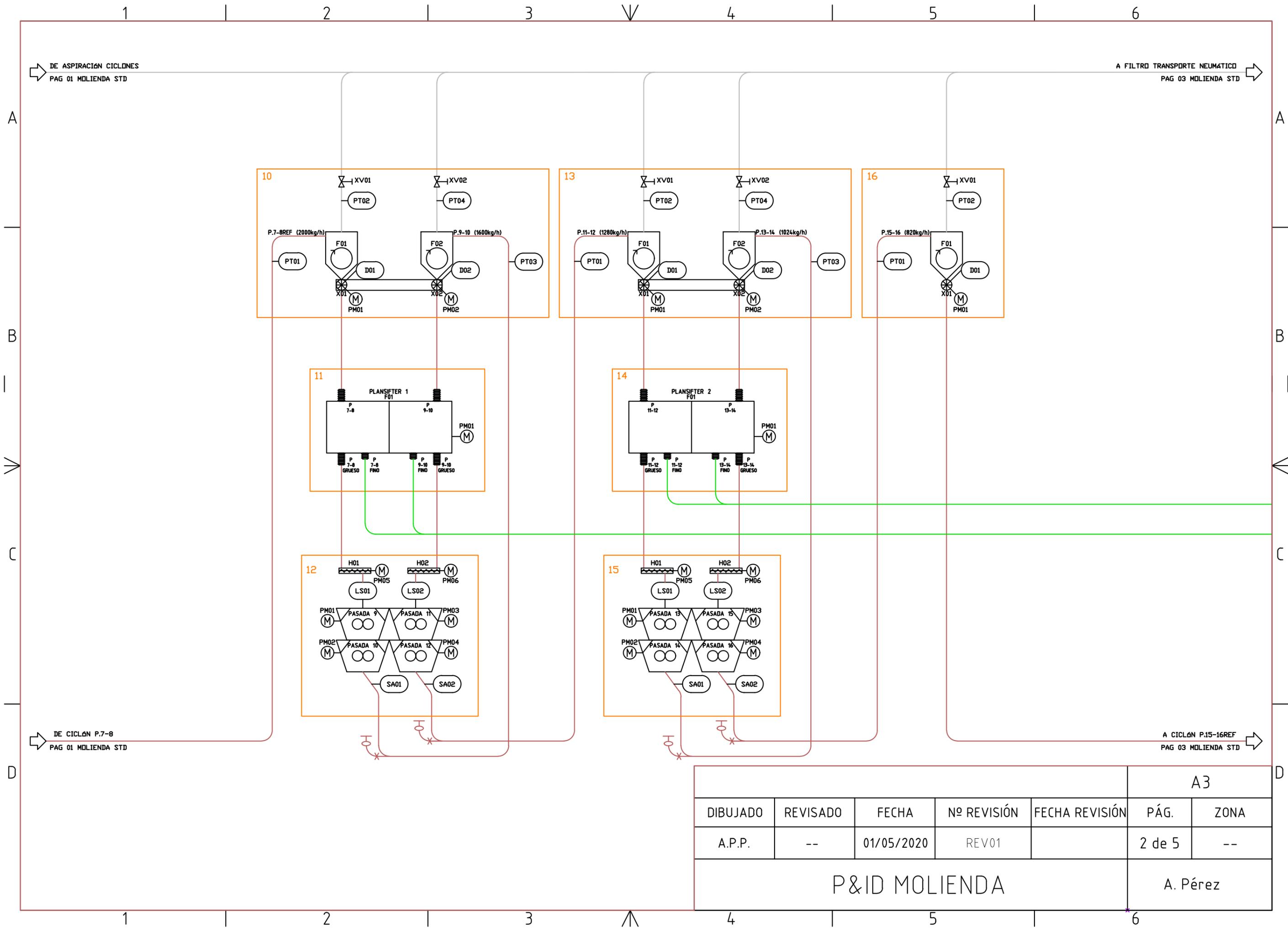
Imagen 7. Distribución de molinos en planta.

La pareja de molinos que vemos a la derecha de la imagen anterior no tiene cernido previo, ya que se trata de las primeras pasadas de la línea. No obstante, en los 4 molinos restantes, sí que encontramos cernidos previos, por lo que es necesario instalar dos transportes vibrantes diferentes, uno debajo de cada línea de cernedores. Por esto último, es necesario utilizar dos líneas de transporte neumático diferentes para recoger la producción total, una para la producción de cada transportador vibrante.

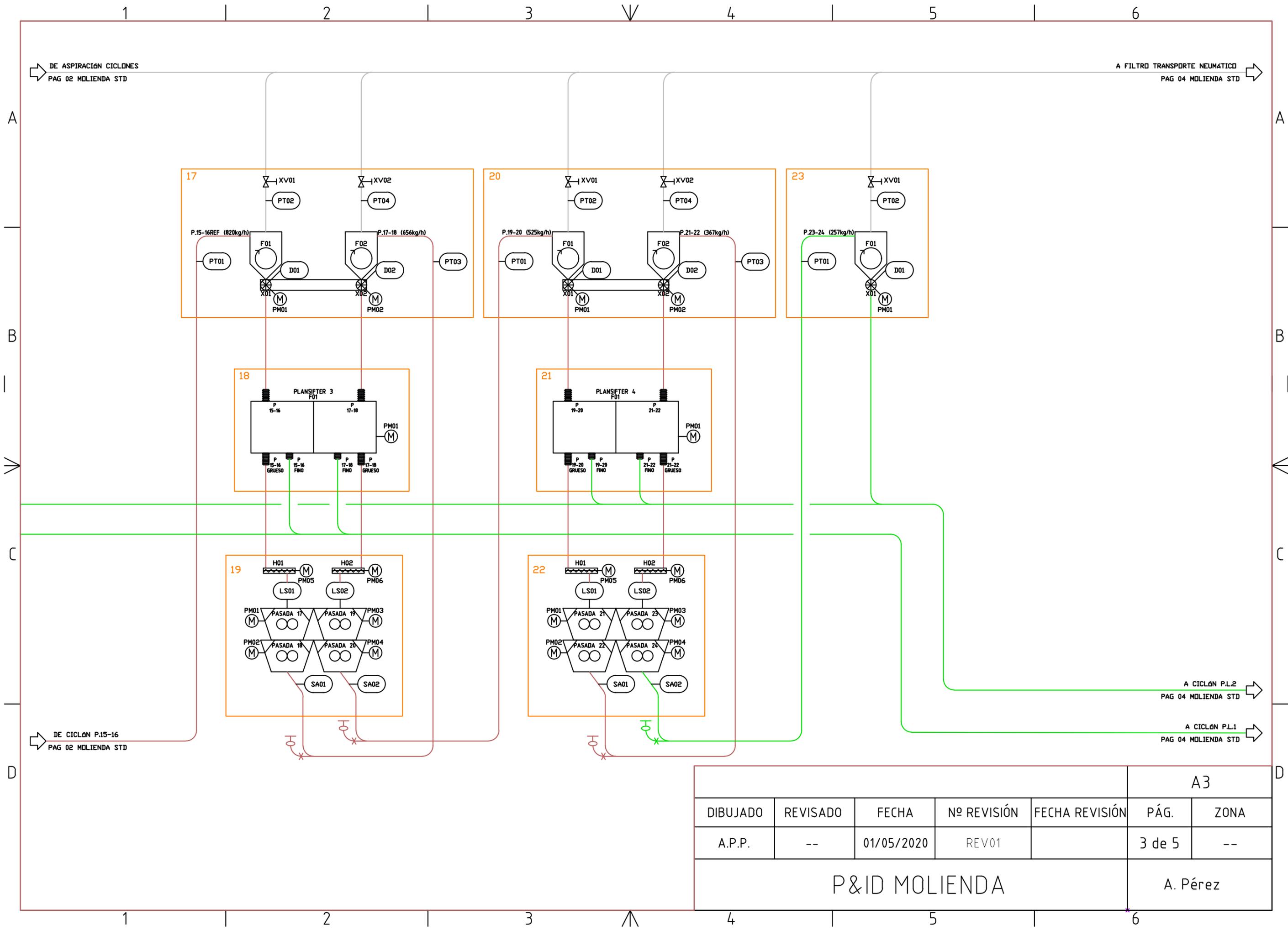
así pues, el sistema de transporte neumático estará compuesto por 17 líneas de transporte neumático. 1 para la entrada de producto humectado, 12 para las pasadas de los diferentes molinos, 2 para las refrigeraciones de producto y 2 para la salida de producto molido de los vibrantes. A continuación, se muestra el esquema del proceso de molienda completo.



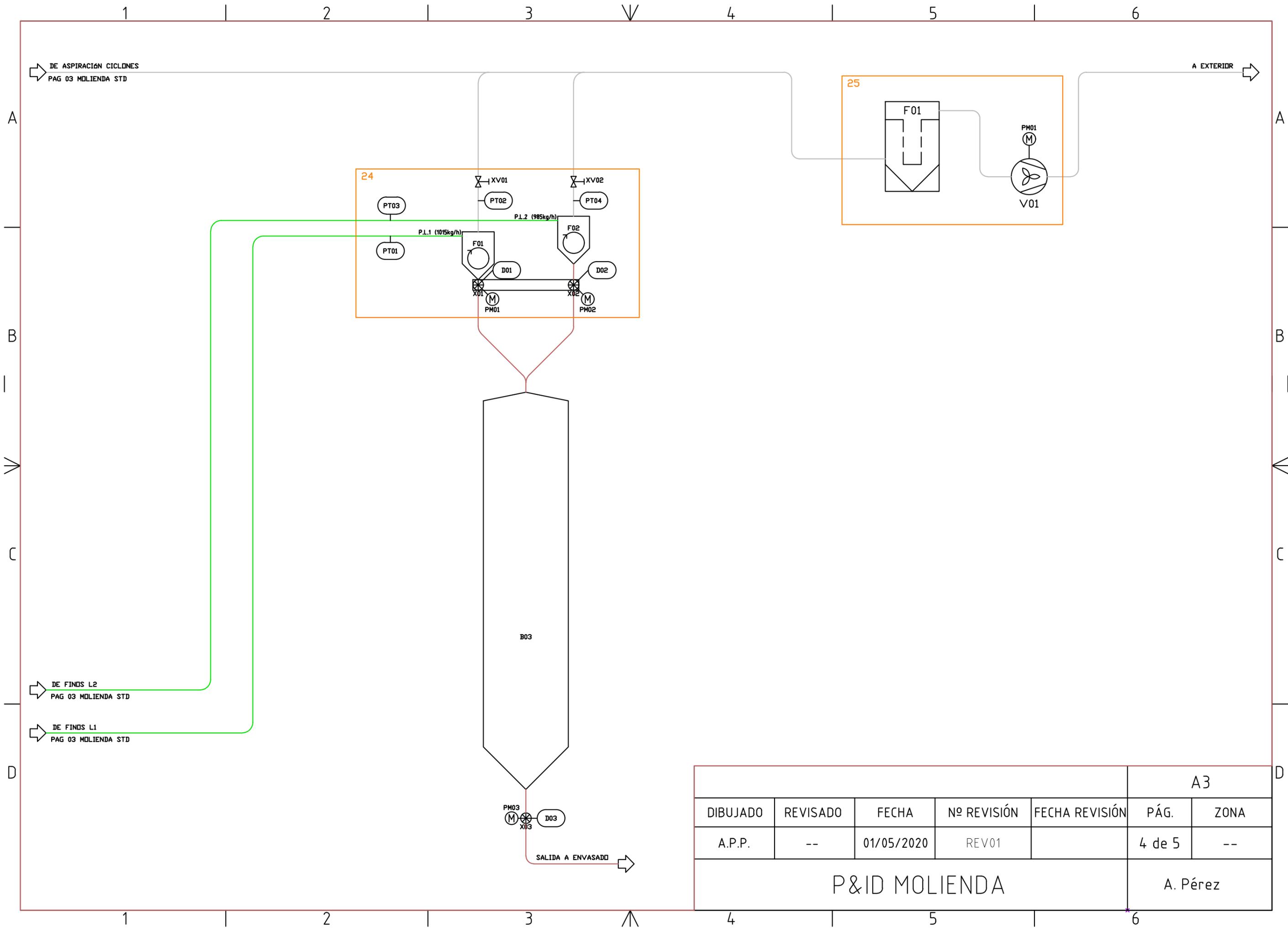
					A3	
DIBUJADO	REVISADO	FECHA	Nº REVISIÓN	FECHA REVISIÓN	PÁG.	ZONA
A.P.P.	--	01/05/2020	REV01		1 de 5	--
P&ID MOLIENDA					A. Pérez	



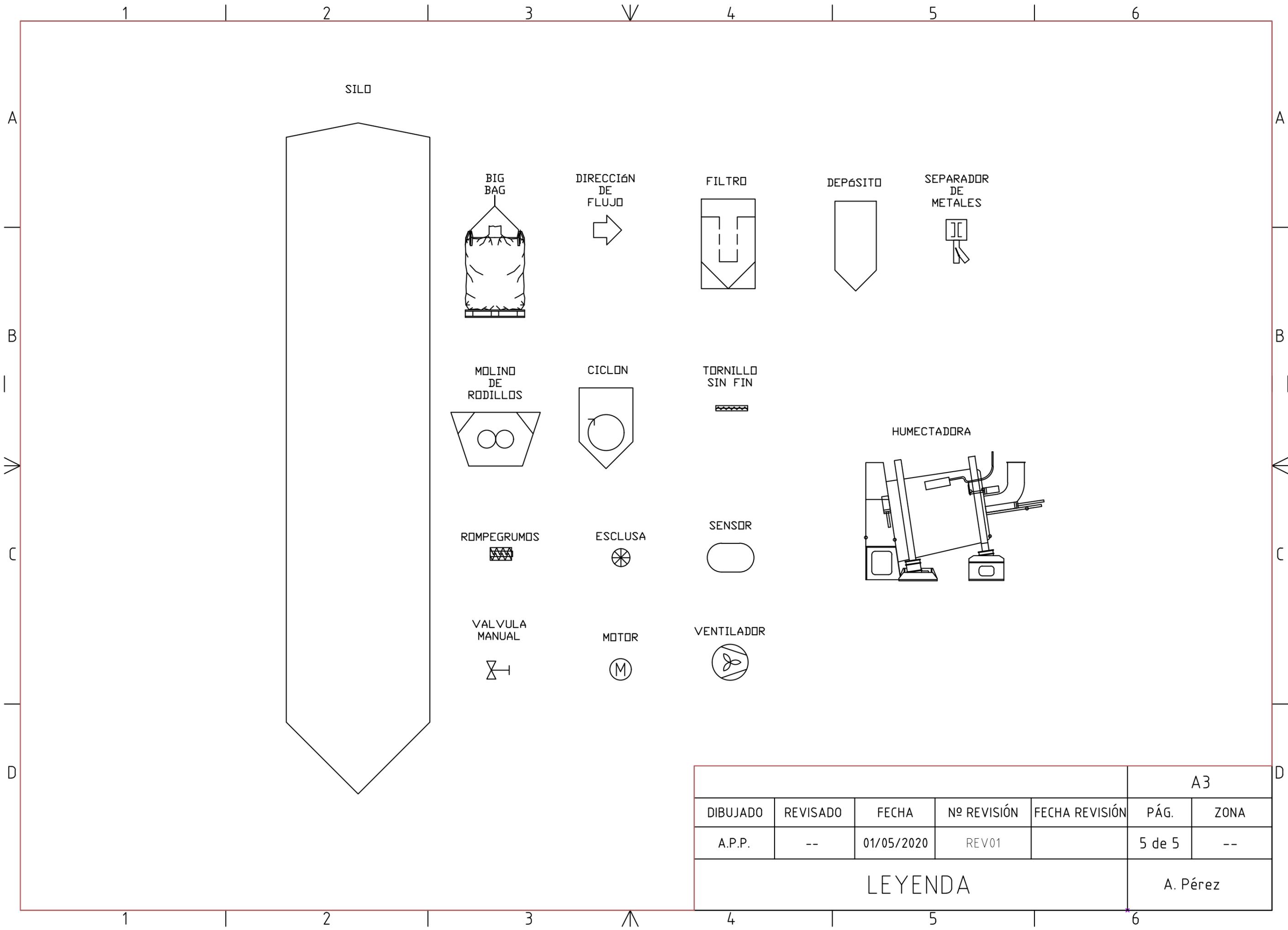
					A3	
DIBUJADO	REVISADO	FECHA	Nº REVISIÓN	FECHA REVISIÓN	PÁG.	ZONA
A.P.P.	--	01/05/2020	REV01		2 de 5	--
P&ID MOLIENDA					A. Pérez	



					A3	
DIBUJADO	REVISADO	FECHA	Nº REVISIÓN	FECHA REVISIÓN	PÁG.	ZONA
A.P.P.	--	01/05/2020	REV01		3 de 5	--
P&ID MOLIENDA					A. Pérez	



					A3	
DIBUJADO	REVISADO	FECHA	Nº REVISIÓN	FECHA REVISIÓN	PÁG.	ZONA
A.P.P.	--	01/05/2020	REV01		4 de 5	--
P&ID MOLIENDA					A. Pérez	



					A3	
DIBUJADO	REVISADO	FECHA	Nº REVISIÓN	FECHA REVISIÓN	PÁG.	ZONA
A.P.P.	--	01/05/2020	REV01		5 de 5	--
LEYENDA					A. Pérez	

8.2. MATERIALES SELECCIONADOS

En cuanto a los materiales de los que se compone la instalación, se ha de tener en cuenta que cualquier parte que pueda entrar en contacto con el producto se deberá construir en acero inoxidable AISI316L, mientras que las partes que no estén en contacto directo con el producto se realizarán en acero inoxidable AISI304.

El acero inoxidable AISI316L nos asegura unas condiciones de higiene óptimas para evitar contaminaciones del producto por corrosión del material. Así pues, todas las tuberías utilizadas para la instalación cumplirán con la norma alimentaria NW. Por otro lado, los ciclones se realizarán con el mismo material y se les dará un tratamiento superficial interior pulido espejo, de esta forma se consigue una rugosidad superficial $Ra < 0.8 \mu\text{m}$. Se pulirán todas las soldaduras evitando posibles puntos de acumulación de producto que puedan ocasionar contaminaciones microbiológicas.

Los elementos que no están en contacto con el producto se deben tratar con menor criticidad, ya que se considera que no pueden ocasionarle contaminaciones directas. No obstante, se debe tener en cuenta que es imprescindible conservar unas condiciones de higiene óptimas en toda la zona de producción, por lo que elementos tales como colector, aislamientos de tuberías o bancadas de soportación de ciclones, se realizarán en acero inoxidable AISI304. Este material asegura una durabilidad en cuanto a corrosión suficiente para conservar las condiciones necesarias en la zona de producción.

En cuanto a los equipos comerciales, se solicitarán los certificados de cumplimiento con la normativa FDA (Food and Drug Administration). Dicho certificado asegura que son aptos para su utilización con productos alimentarios.

8.3. ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN NO COMERCIALES

A pesar de que las instalaciones de este tipo de transporte neumático no son nada complejas, es imprescindible prestar atención a determinados puntos clave.

8.3.1. Dosificación y mezcla

El elemento responsable de la dosificación en nuestra instalación será el propio molino, por lo que nos centraremos en el punto donde se realiza la mezcla. Es muy importante asegurar que la entrada de aire a la tubería de transporte nos proporcione una velocidad suficiente para que la suspensión de producto sea inmediata, de lo contrario el producto sedimentaría obstruyendo la entrada de aire. Además, se ha de asegurar que el aire entra con el grado de higiene necesario. Por ello, se diseñará un zócalo que dispondrá de una entrada horizontal de aire con un filtro de calidad G4 y una entrada vertical guiada de producto, saliendo la mezcla por una conducción que unirá directamente con la tubería de transporte. Este elemento se construirá en acero inoxidable AISI316L.

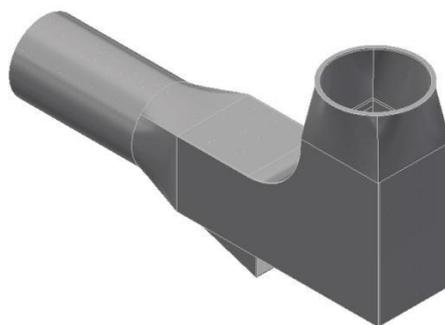


Imagen 8. Ejemplo de zócalo de mezcla.

8.3.2. Conducción de transporte

La construcción de la tubería de transporte neumático se realizará en acero inoxidable AISI316L. Para el diseño de las conducciones de transporte se han de tener en cuenta varios puntos. Además de mantener la premisa de usar un diseño higiénico para toda la instalación, eliminando los máximos puntos de acumulación de suciedad.

Por un lado, se realizarán cálculos estimativos de transferencia de calor para determinar si es necesario aislar térmicamente las tuberías, ya que se ha de evitar en todo momento que aparezcan condensaciones en la superficie interior de las conducciones. En caso de que sea necesario el aislamiento, se utilizará Armaflex del espesor necesario según los cálculos justificativos, y se cubrirá con una segunda tubería de mayor diámetro en Acero inoxidable AISI304 para evitar los recovecos que aparecen en los forros de aluminio convencionales.

Por otro lado, se ha de considerar que el producto debe elevarse hasta la tercera planta del edificio de producción, por lo que las conducciones deberán fabricarse en varios tramos. Para realizar las uniones de las mismas, se utilizarán conexiones tipo clamp, las cuales proporcionan una unión higiénica entre tuberías y evitan la acumulación de producto.

Además de todo lo anterior, se instalará en cada uno de los transportes una mirilla de Plexiglás para realizar inspecciones visuales del funcionamiento de la instalación.



Imagen 9. Ejemplo de tubería de transporte.



Imagen 10. Ejemplo de mirilla de transporte.

8.3.3. Ciclón separador de sólidos

Aunque cada una de las líneas de transporte neumático requerirá un caudal de aire diferente, y por lo tanto el tamaño del ciclón variara entre ellas, todo lo ciclones seguirán las relaciones geométricas de los ciclones “Stairmand” de la tabla 3.

Tal y como se ha comentado anteriormente, todo lo ciclones se fabricarán en acero inoxidable AISI316L, aplicándoles un tratamiento interior pulido espejo y eliminando los cordones de soldadura. Tanto para la unión con el colector de aspiración como la unión de los ciclones con la válvula rotativa de descarga, se utilizarán conexiones higiénicas tipo clamp, las cuales aseguran total estanqueidad y una unión continua que no permite la acumulación de producto. De esta forma se permite la rotación del ciclón sobre su propio eje para asegurar en ajuste con la tubería de transporte. Se intercalarán visores de plexiglás entre la salida de sólidos del ciclón y la válvula rotativa para realizar inspecciones visuales del funcionamiento del ciclón.



Imagen 11. Ejemplo de ciclón.

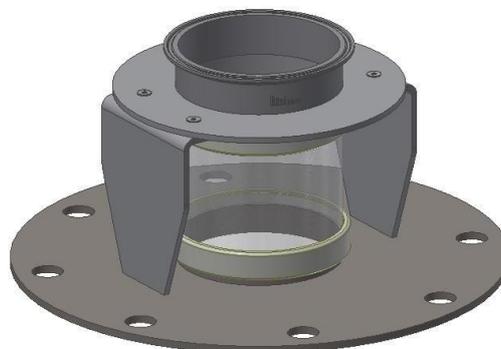


Imagen 12. Ejemplo de mirilla para rotativa.

8.3.4. Colector de aspiración

El producto que llegue al colector de aspiración no se considera producto útil, ya

que al pasar por el filtro de mangas se considera contaminado por las posibles microbiologías que puedan aparecer en la tela de las mangas. Así pues, todo el colector de aspiración se fabricará en acero inoxidable AISI304.

Se realizarán los cálculos justificativos para estimar la sección de tubería necesaria en cada tramo del colector en función del caudal de aire que esté circulando por cada uno de ellos.

8.4. EQUIPOS COMERCIALES

Todos los equipos comerciales que formarán parte de la instalación deberán estar certificados según la normativa ATEX (Atmosferas Explosivas). Dependiendo de las condiciones de trabajo a las que se expongan, se deberá certificar de una u otra magnitud.

La normativa ATEX nos facilita unos criterios de evaluación en función de las concentraciones de producto con las que vayan a trabajar los equipos. En la figura 7 vemos los criterios de evaluación y la categorización que utiliza.

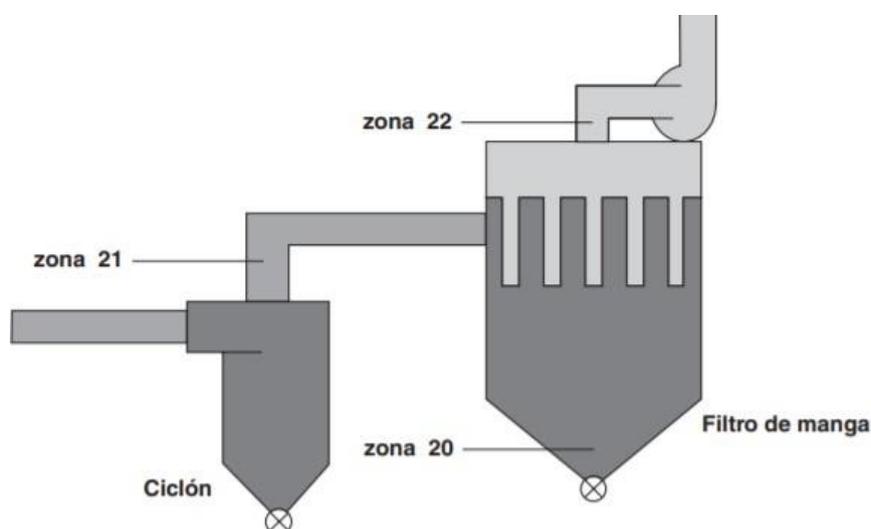


Imagen 13. Clasificación de zonas ATEX.

Como podemos observar en la imagen, las zonas con concentraciones de producto altas en condiciones de trabajo normales se clasifican como Zona 20, siendo esta la más restrictiva en cuanto a las protecciones contra chipas que puedan ocasionar una explosión. Conforme se disminuye la concentración de producto en condiciones de trabajo normales, se disminuye la restricción clasificando como Zona 21 y Zona 22, siendo esta última la menos restrictiva.

8.4.1. Válvulas rotativas

Las válvulas rotativas son equipos utilizados para la dosificación de productos sólidos a granel. Existen diferentes tipos en el mercado en función de las necesidades de cada proceso. En el caso del transporte neumático, este elemento es el encargado de evitar que se genere un flujo de aire ascendente desde la salida de sólidos del ciclón hacia la salida de aire limpio.

En la instalación que se pretende dimensionar, será necesario que todas las partes del equipo que puedan entrar en contacto con el producto se fabriquen en acero inoxidable AISI316L. Para una correcta selección, se ha de tener en cuenta la cantidad de producto que es necesario que la válvula rotativa sea capaz de descargar. La instalación se diseñará para 2.000kg/h, por lo que la válvula rotativa que se seleccione debe ser capaz de evacuar, al menos, esta cantidad de producto. Cuando se utilizan

este tipo de válvulas de descarga para los ciclones, lo más recomendable es instalar equipos sobredimensionados en un 100%, asegurando de esta forma que la salida de producto del ciclón pueda considerarse libre.

Para estandarizar al máximo los repuestos necesarios para el mantenimiento de la instalación, se utilizará el mismo modelo en todo el sistema de transporte neumático. Para ello, se seleccionará una válvula rotativa que pueda trabajar en el caso más desfavorable (la línea de transporte con mayor producción). Los requisitos del equipo serán los siguientes:

Capacidad mínima rotor		
Velocidad de motorreductor	25	rpm
	1500	rph
Densidad producto	750	Kg/m ³
	0,75	Kg/l
Caudal de producto	2000	Kg/h
Factor de seguridad	2	
Caudal salida rotativa	4000	Kg/h
Capacidad rotativa	2,67	Kg/vuelta
Volumen Rotor	3.56	l/vuelta

Tabla 4. Cálculos de dimensionamiento de la válvula rotativa.

Como se observa en los resultados, el requisito de caudal de sólidos que debe ser capaz de evacuar la válvula rotativa es de 3.56 l/vuelta. Esto sumado a los requisitos de materiales de construcción del equipo, nos lleva a seleccionar la opción que ofrece el fabricante "Durafix". Por lo que se seleccionará el modelo Tipo R con brida redonda y transmisión directa. Según los datos que proporciona el fabricante, el tamaño ideal para nuestra instalación sería el de Ø200, ya que nos asegura un régimen de descarga de 5.1 l/vuelta, mientras que la inmediatamente menor tiene una capacidad de 1.8 l/vuelta.

Tipo de bocas Inlet type	Tamaño Size	Rotor [l/vuelta] Rotor [l/rev]	Potencia [kW] Power [kW]	Cadena Chain	Directa Direct
REDONDA ROUND	150	1,8	0,37	95	80
	200	5,1	0,55	135	120
	240	8,3	0,75	170	140
	280	13	0,75	190	165
	320	20	1,1	245	210
	400	38,4	1,5	370	300
	440	46	1,5	385	350
	480	63,2	3	600	565
	500	69,2	3	700	645
	540	92,8	4	745	650
600	128	5,5	1100	985	



Imagen 14. Ejemplo de válvula rotativa Durafix.

Este equipo dispone además de un sistema de detección de giro, lo que nos permite monitorizar el estado y evitar que un ciclón de la instalación se quede obstruido en su salida por un fallo en la válvula rotativa.

Para este equipo, se necesitarán certificaciones ATEX Zona 20 para la parte interior del equipo (paso de producto constante en alta concentración) y Zona 21 para la parte exterior del equipo (elementos eléctricos con posible nube de producto en

suspensión). Por lo que el motorreductor, deberá estar certificado para trabajar en Zona 21 ATEX.

8.4.2. Ventilador

El ventilador es el principal encargado de que el sistema funcione, un fallo en este equipo supone la inutilización del todo el sistema. Por este motivo, se ha de prestar atención a la hora de seleccionar un fabricante de confianza con experiencia y garantías. Para esta aplicación se seleccionará un ventilador centrífugo de la reconocida marca Euroventilatori, quienes además de proporcionar asesoramiento según los requisitos de cada cliente, facilitan un programa de cálculo en su página web para facilitar la selección de sus equipos. Por otro lado, Euroventilatori tiene la posibilidad de fabricar en acero inoxidable AISI304, lo que nos permitirá mantener el equipo dentro de la sala de producción para facilitar las tareas de mantenimiento que se requieran. Una vez realizados los cálculos de toda la instalación y conocidos los requisitos del sistema, seleccionaremos el equipo que mejor se adapte a nuestras necesidades.



Imagen 15. Ejemplo de ventilador centrífugo Euroventilatori.

8.4.3. Filtro de mangas

Para el dimensionamiento del filtro de mangas se facilitarán los requisitos de caudal y capacidad de filtración a un fabricante reconocido en el mercado de los filtros mangas. De igual forma que en los equipos anteriores, el fabricante deberá certificar que su equipo es apto para trabajar en ambientes con riesgo de explosión. Por ello, se le solicitará que toda la zona interior del filtro este certificada como ATEX Zona 20, mientras que los equipos que se encuentren dentro de un perímetro de 1.5m alrededor del filtro, se deberá certificar que son aptos para trabajar en ATEX Zona 21.

Por otro lado, este equipo deberá estar dispuesto de puntos de explosión controlado. Esto significa que, en caso de explosión en el interior, la deflagración sea expulsada a una zona sin riesgo de daños humanos y materiales. Para ello se instalan, en varios puntos de la geometría del filtro, paneles de explosión. Estos paneles están contruidos de forma que soportan la depresión generada en el interior del filtro cuando se alcanza el punto de funcionamiento óptimo del sistema de transporte neumático, pero con unas características de resistencia muy por debajo de las del resto del equipo. De esta forma, ante una posible explosión, los paneles romperían conduciendo la deflagración hacia una zona segura y parando el ventilador, gracias a los detectores de ruptura de que dispone, para evitar daños mayores en el sistema.

La fabricación del filtro será responsabilidad del fabricante Camfil. El cual tiene gran experiencia en el sector. Este será quien deba dimensionar el equipo y

facilitarnos la pérdida de carga que produce el equipo con el caudal de aire de nuestro sistema.



Imagen 16. Ejemplo de un filtro de mangas.

8.5. DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA

El montaje de la nueva línea de producción completa se realizará en dos fases, una por parte del cliente, y otra en la que se realizará la instalación del sistema de transporte neumático.

8.5.1. Fase 1

Por un lado, el cliente se encargará de desmontar los elementos de la línea de producción antigua y dejar el edificio completamente diáfano para poder comenzar con el montaje de la nueva instalación. Posteriormente, el mismo cliente se ocupará de disponer toda la maquinaria necesaria para el proceso de producción (excepto los elementos del sistema de transporte neumático). De esta forma, la primera fase de montaje habrá finalizado y la línea dispondrá de todos los equipos, tales como depósito de materia prima, sistema de humectación, depósito de materia prima humectada, detector de metales, molinos, cernedores y transportes vibrantes. así como de todos los huecos en los forjados para el paso de tuberías. En la siguiente imagen vemos cómo quedará la instalación una vez finalizada la primera fase.

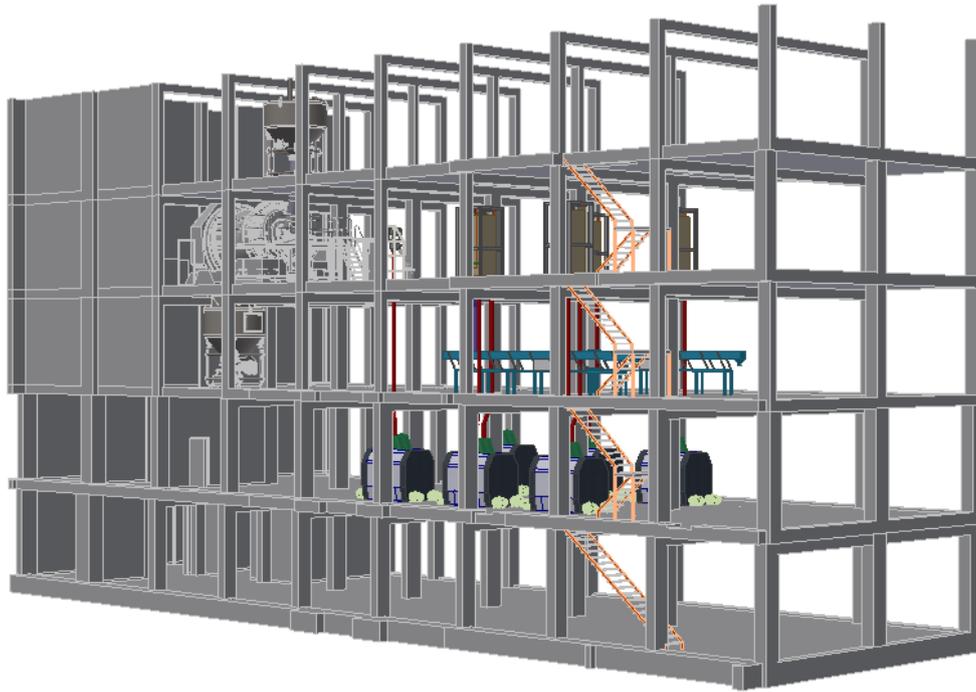


Imagen 17. Estado de fábrica tras fase 1 de montaje.



Imagen 18. Estado de fábrica tras fase 1 de montaje.

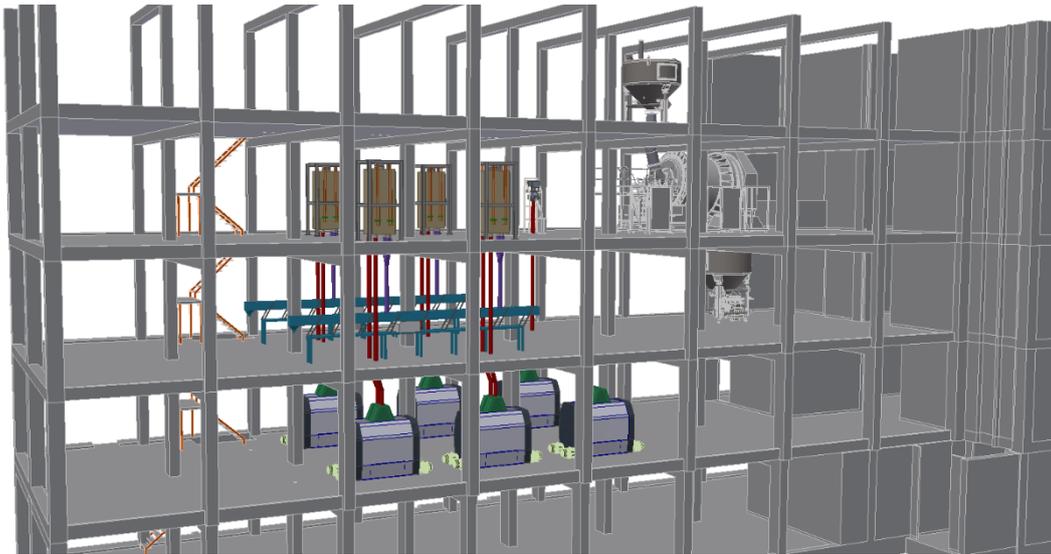


Imagen 19. Estado de fábrica tras fase 1 de montaje.

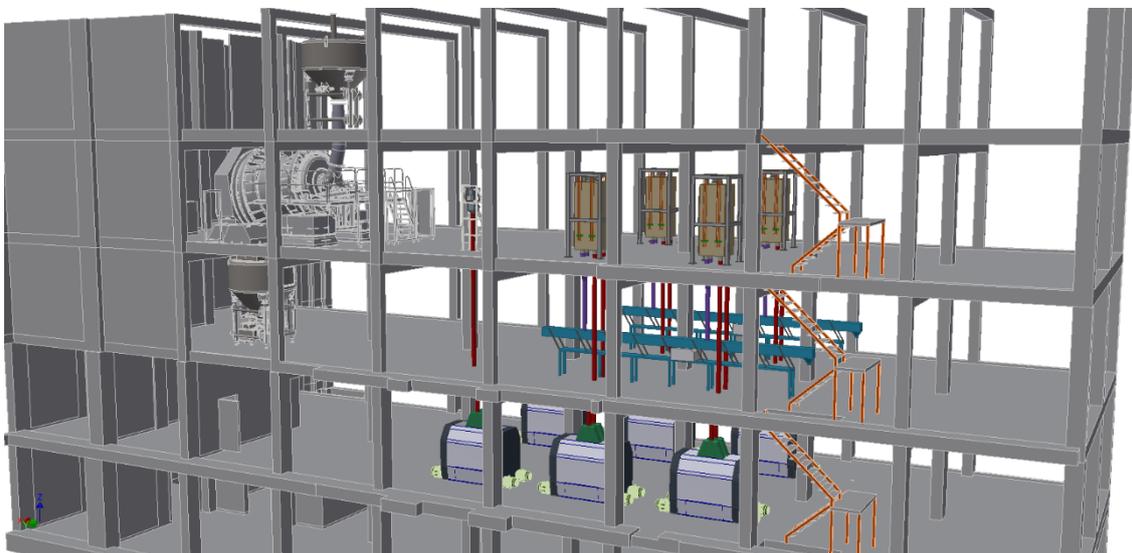


Imagen 20. Estado de fábrica tras fase 1 de montaje.

8.5.2. Fase 2

Por otro lado, en una segunda fase se realizará el montaje de todo el sistema de transporte neumático, el cual será el motor del proceso productivo. Este transporte neumático será el encargado de mover el producto para llevarlo a lo largo de todos los equipos de producción de harina, estos equipos serán los que se instalaron en la primera fase por parte del cliente.

El montaje de toda la instalación de transporte neumático se hará siguiendo un determinado orden. En primer lugar, se dispondrán todos los equipos necesarios en planta, estos son bancadas con ciclones, ventilador y filtro. Todos ellos están dispuestos en la planta 4ª del edificio. En la siguiente imagen se puede ver esta primera parte de montaje.

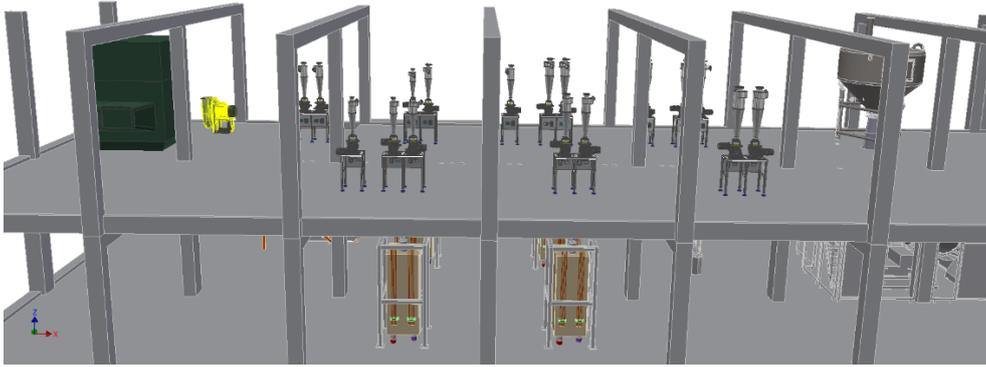


Imagen 21. Estado de fábrica tras fase 2.1 de montaje.

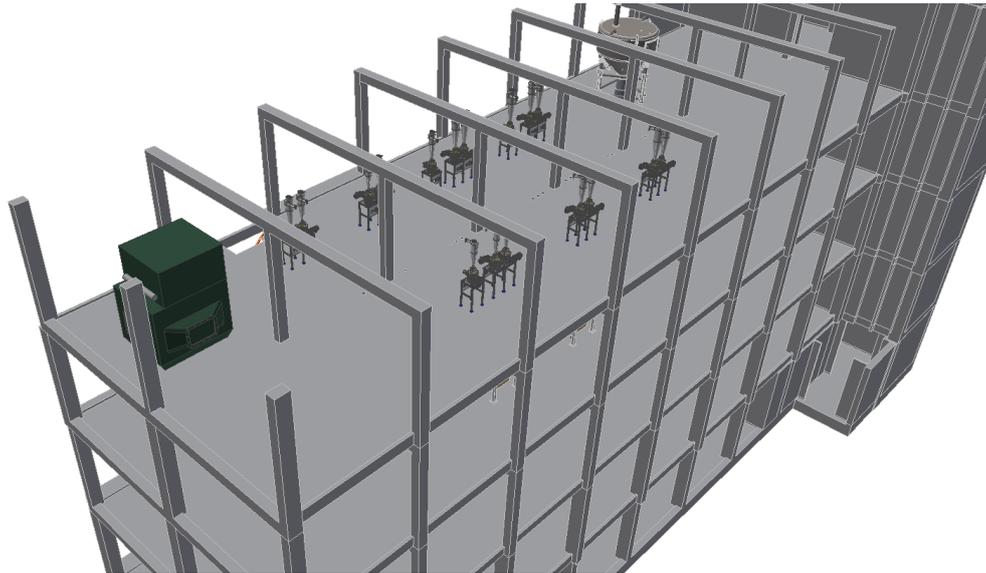


Imagen 22. Estado de fábrica tras fase 2.1 de montaje.

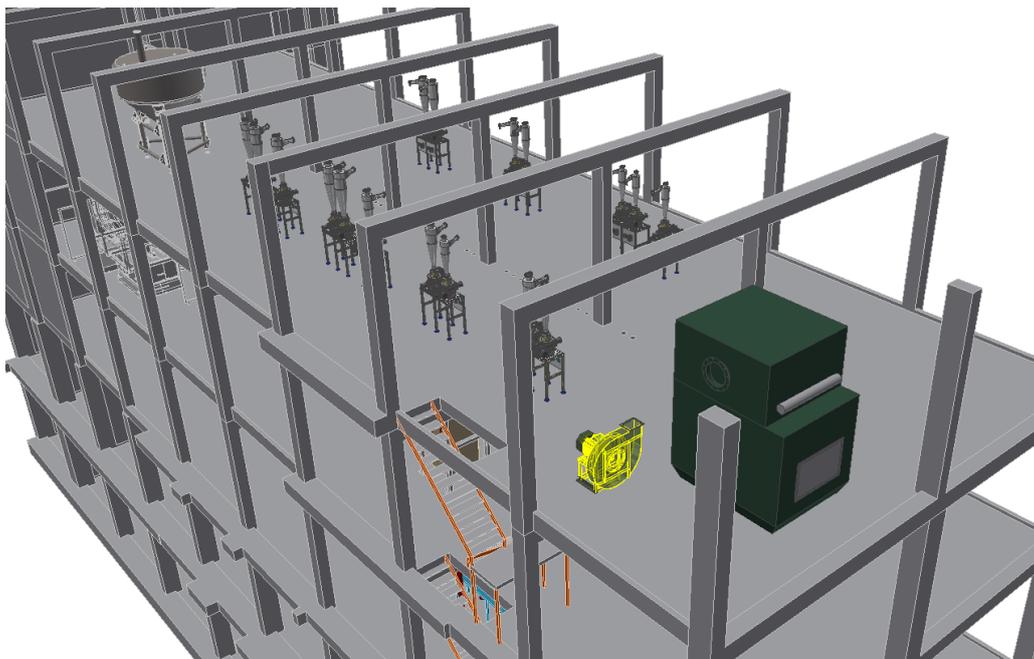


Imagen 23. Estado de fábrica tras fase 2.1 de montaje.

Una vez dispuestos todos los elementos, se realizará la instalación del colector para unirlos entre sí. De este modo, el sistema tendrá la forma de la siguiente imagen.

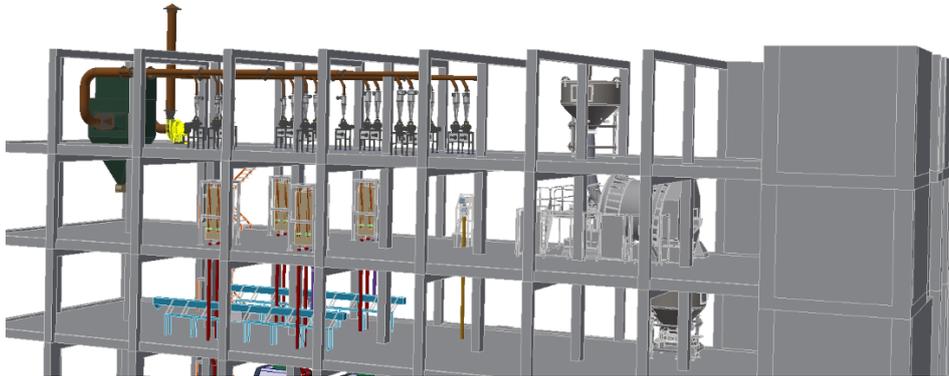


Imagen 24. Estado de fábrica tras fase 2.2 de montaje.

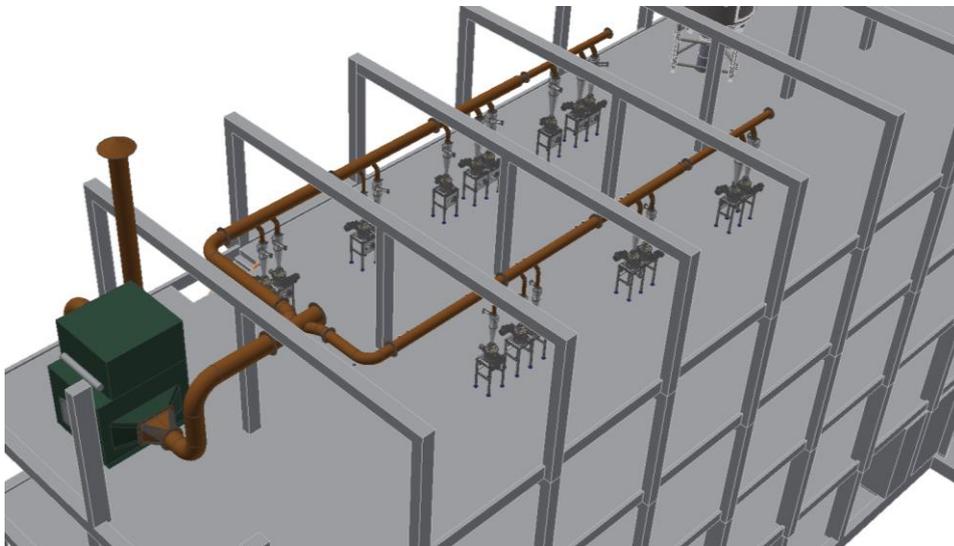


Imagen 25. Estado de fábrica tras fase 2.2 de montaje.

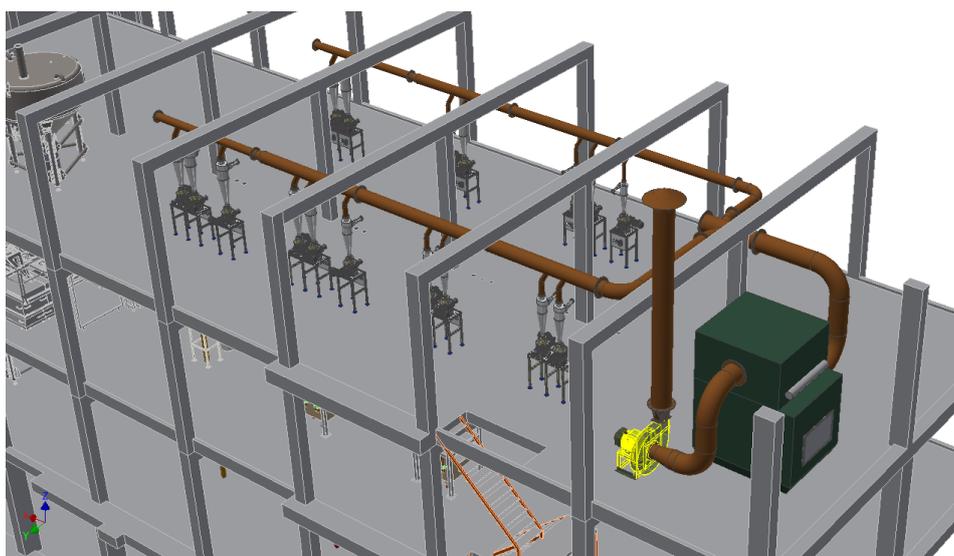


Imagen 26. Estado de fábrica tras fase 2.2 de montaje.

A continuación, se montarán todas las tuberías de transporte que unen el inicio de cada una de las líneas con el ciclón correspondiente, tomando el sistema la forma que vemos en la imagen.

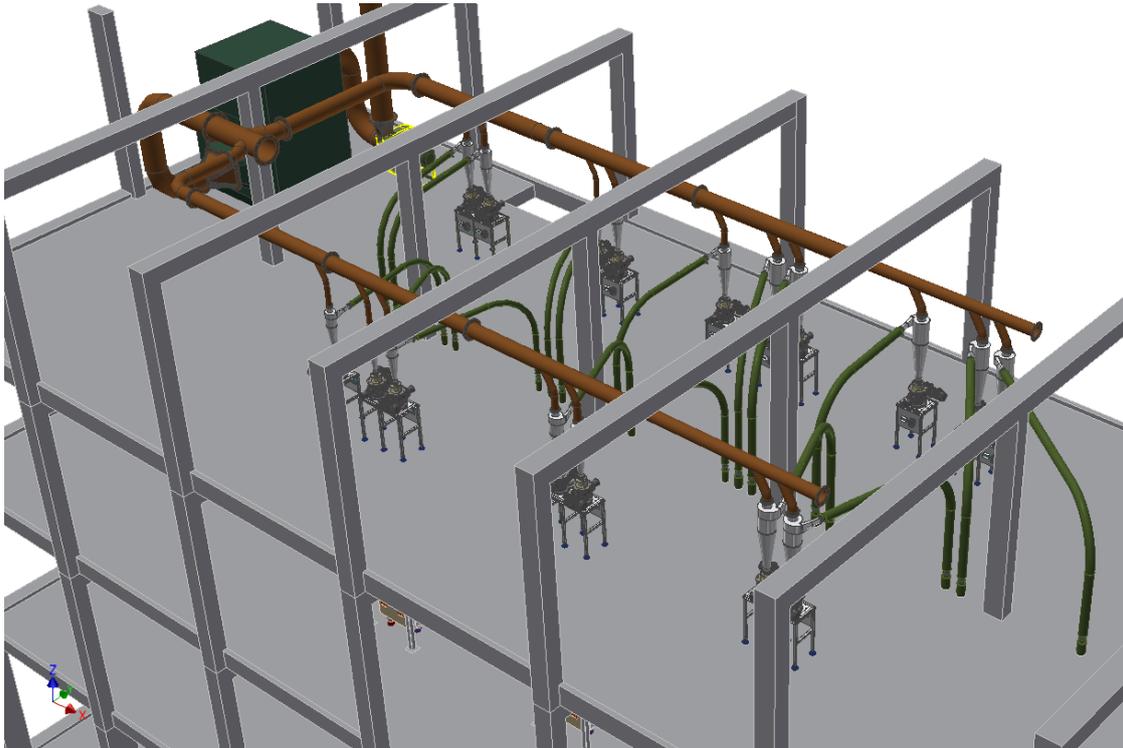


Imagen 27. Estado de fábrica tras fase 2.3 de montaje.

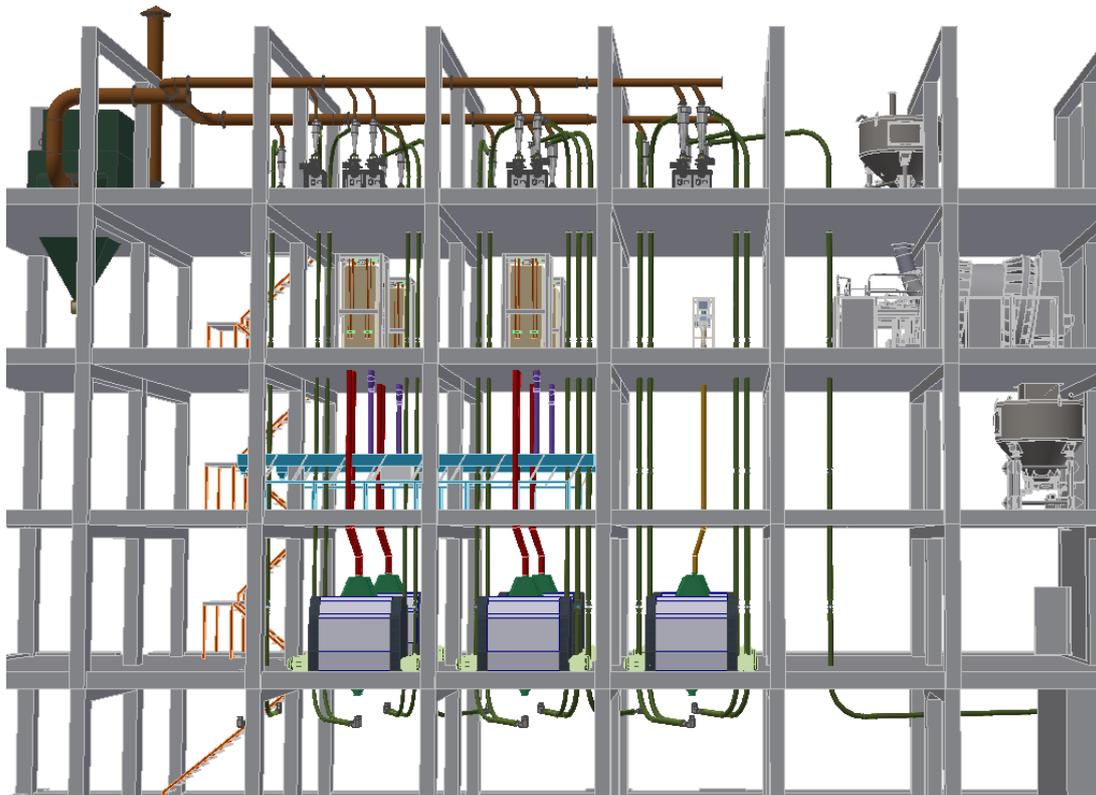


Imagen 28. Estado de fábrica tras fase 2.3 de montaje.

Por último, se instalarán todas las tuberías necesarias para unir la salida de producto de cada ciclón con la entrada del equipo de producción correspondiente al siguiente paso del proceso, así como todas las tuberías necesarias para el paso de producto en sentido descendente, es decir, movido por el efecto de la gravedad. De esta forma, la instalación quedará completamente montada, tal y como se muestra en la imagen.

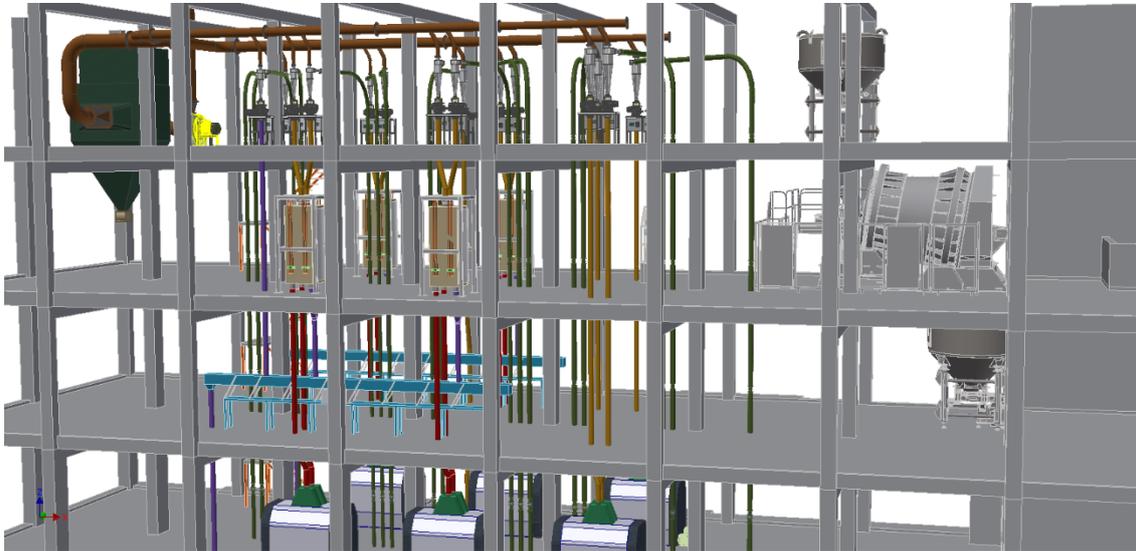


Imagen 29. Estado de fábrica tras fase 2 de montaje.

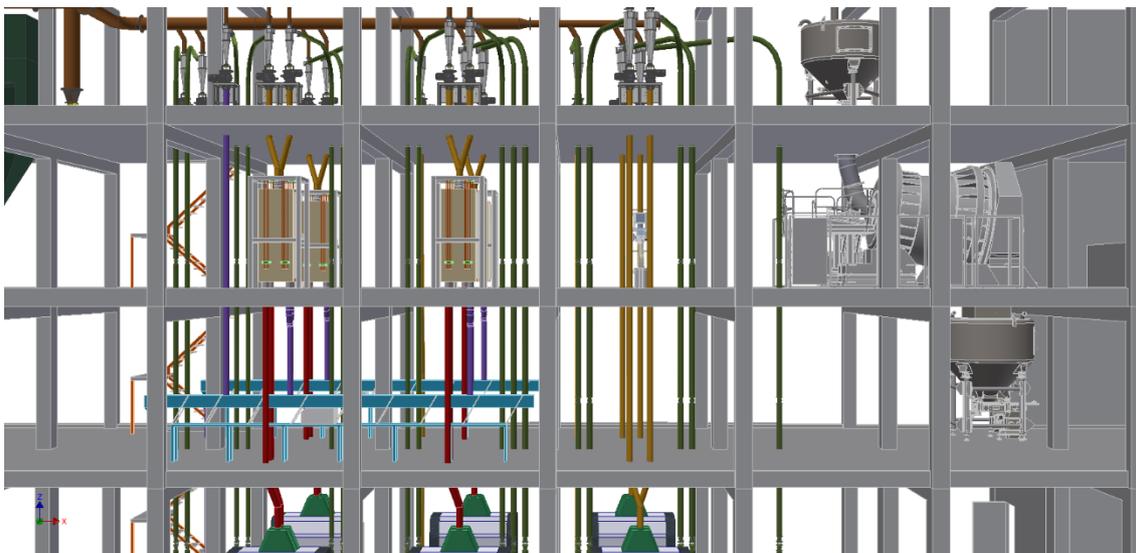


Imagen 30. Estado de fábrica tras fase 2 de montaje.

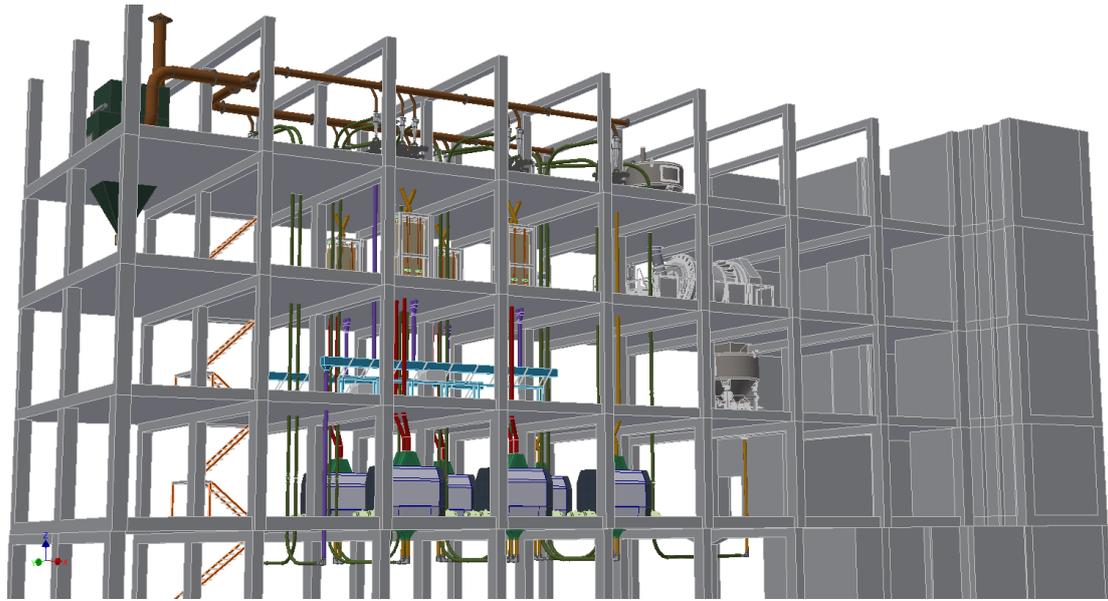


Imagen 31. Estado de fábrica tras fase 2 de montaje.

Descripción de la instalación con imágenes del 3D, revisar lo de los puntos anteriores para explicar todo lo que no he dicho (cuantas subidas, pasos de un molino a otro, las refrigeraciones...). Incluir los nombres de las líneas para que sean visibles en imágenes si es posible.

9. BIBLIOGRAFÍA

9.1. LIBROS

- Rhodes M. (2008). Introduction to Particle Technology, 2nd Ed. Australia: John Wiley & Sons Ltd

9.2. REVISTAS

- Echeverri Londoño C.A. (2006). “Diseño óptimo de ciclones” en *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*. 2006, Vol.5, Nº.9, Páginas 123-139. <https://revistas.udem.edu.co/index.php/ingenierias/article/view/239/226>
- Echeverri Londoño C.A. (2008). “Diseño de filtros de talegas” en *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*. 2008, Vol.7, Nº.12, Páginas 43-60. <https://revistas.udem.edu.co/index.php/ingenierias/article/view/199/186>

9.3. CATÁLOGOS

- HASTINIK. *Catálogo General 02-15*. http://www.grupohastinik.com/wp-content/uploads/2018/06/Catalogo_Hastinik_General-02-15.pdf

9.4. REGLAMENTOS

- España. Reglamento (UE) N.º 10/2011, de 14 de enero, sobre materiales y objetos plásticos destinados a entrar en contacto con alimentos. *BOE*, 14 de enero de 2011.

9.5. OTROS

- EUROVENTILATORI. *Herramienta de selección*. <http://www.euroventilatori-int.com/es/busqueda/>
- UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR. Procesamiento de sólidos. <http://www.criba.edu.ar/cinetica/solidos/Capitulo6.htm>

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

1. DATOS DE PARTIDA

Por las condiciones del proceso de molienda, cada una de las líneas de transporte neumático que componen la instalación tiene unas características diferentes en cuanto a condiciones del material sólido. Con el avance del proceso, el tamaño de partícula disminuye para la elaboración de la harina, hasta llegar a alcanzar el tamaño de partícula final de $150\mu\text{m}$. Además, existe una variación en el caudal de producto, dado que durante el proceso se realizan cernidos para la separación de las partículas más finas.

Dado que la realización del cálculo independiente de todas las líneas se haría demasiado extensa, se preparará una hoja de cálculo Excel en la se realizará el cálculo de cada una de las líneas. En la misma hoja, se realizarán los cálculos para el dimensionamiento del colector y el ventilador. No obstante, a continuación, se detallarán los cálculos justificativos de la primera línea de transporte, correspondiente a la entrada de materia prima a la línea. Seguidamente se mostrará una tabla con el resumen de los resultados obtenidos para toda la instalación.

Los datos de partida para esta primera línea son los siguientes.

- Flujo másico de sólidos (m_p): 2.000 Kg/h (0,56 Kg/s)
- Densidad de sólidos (ρ_p): 850 Kg/m³
- Tamaño medio de partícula (x): 4 mm (0,004m)
- Distancia de transporte:
- Horizontal: 9.147 mm
- Vertical: 14.528 mm
- Numero de codos 90°: 2
- Temperatura de trabajo: 40°C
- Aceleración de la gravedad (g): 9,81 m/s²

2. VELOCIDAD DE GAS DE TRANSPORTE Y FLUJO MÁSSICO

Para el cálculo de la velocidad del gas, se ha de tener en cuenta que la línea de transporte neumático está formada por tramos verticales y horizontales. En los apartados 2.1 y 2.2 se ha mencionado que la velocidad de saltación es mayor que la velocidad de ahogo, por lo tanto, únicamente será necesario el cálculo de esta velocidad. Por otro lado, y como se ha comentado en los apartados mencionados, las ecuaciones de correlación tienen errores considerables. Por tanto, se recomienda aplicar un factor de seguridad de 1.5 para asegurar el correcto funcionamiento de la instalación.

El valor de la velocidad de saltación aproximado se obtiene mediante la siguiente ecuación.

$$\frac{m_p}{\rho_g \cdot U_{salt} \cdot A} = \left(\frac{1}{10^{(1440 \cdot x + 1.96)}} \right) \cdot \left(\frac{U_{salt}}{\sqrt{g \cdot D}} \right)^{(1100 \cdot x + 2.5)}$$

Para obtener la densidad del gas (ρ_g), es necesario conocer la presión a la que trabaja. Tratándose de un transporte neumático por aspiración, podemos considerar que el gas opera a una presión de 0.9 bar, ya que se genera un pequeño vacío en el conducto de transporte. Conociendo la constante $R=287\text{Nm/kg}^\circ\text{K}$, obtenemos la densidad del gas mediante la fórmula de la ley de gases ideales:

$$\rho_g = \frac{P}{T \cdot R} = \frac{0.9 \cdot 10^5}{(40 + 273) \cdot 287} = 1.0019 \text{ Kg/m}^3$$

Se ha de tener en cuenta que la concentración de sólidos en el gas no sea mayor de 1%, por lo que se deberá dimensionar la tubería para que el volumen de aire sea el necesario para garantizar un transporte en fase diluida. Por ello, se realizará el cálculo con 3 tamaños de tubería comercial diferentes (DN65, DN80 y DN100). Más adelante se realizará el cálculo de la concentración para determinar cuál de ellas es la más idónea para la línea de transporte.

- Tubería DN65: $\varnothing_{\text{ext}} = 70\text{mm}$, espesor = 2mm
- Tubería DN80: $\varnothing_{\text{ext}} = 84\text{mm}$, espesor = 2mm
- Tubería DN100: $\varnothing_{\text{ext}} = 104\text{mm}$, espesor = 2mm

Sustituyendo los datos de nuestra línea de transporte obtenemos lo siguiente:

- Tubería DN65:

$$\frac{0.56}{1.0019 \cdot U_{salt} \cdot \left(\frac{\pi \cdot (66 \cdot 10^{-3})^2}{4} \right)} = \left(\frac{1}{10^{(1440 \cdot 0.004 + 1.96)}} \right) \cdot \left(\frac{U_{salt}}{\sqrt{9.81 \cdot 66 \cdot 10^{-3}}} \right)^{(1100 \cdot 0.004 + 2.5)}$$

Resolviendo y reduciendo la ecuación de la velocidad de saltación se obtiene lo siguiente:

$$\frac{162.08}{U_{salt}} = \frac{U_{salt}^{6.9}}{0.805^{6.9} \cdot 10^{7.72}}$$

$$U_{salt} = \sqrt[7.9]{162.08 \cdot 0.805^{6.9} \cdot 10^{7.72}} = 14.945 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- Tubería DN80:

$$\frac{0.56}{1.0019 \cdot U_{salt} \cdot \left(\frac{\pi \cdot (80 \cdot 10^{-3})^2}{4} \right)} = \left(\frac{1}{10^{(1440 \cdot 0.004 + 1.96)}} \right) \cdot \left(\frac{U_{salt}}{\sqrt{9.81 \cdot 80 \cdot 10^{-3}}} \right)^{(1100 \cdot 0.004 + 2.5)}$$

Resolviendo y reduciendo la ecuación de la velocidad de saltación se obtiene lo siguiente:

$$\frac{110.32}{U_{salt}} = \frac{U_{salt}^{6.9}}{0.886^{6.9} \cdot 10^{7.72}}$$

$$U_{salt} = \sqrt[7.9]{110.32 \cdot 0.886^{6.9} \cdot 10^{7.72}} = 15.482 \text{ m/s}$$

- Tubería DN100:

$$\frac{0.56}{1.0019 \cdot U_{salt} \cdot \left(\frac{\pi \cdot (100 \cdot 10^{-3})^2}{4} \right)} = \left(\frac{1}{10^{(1440 \cdot 0.004 + 1.96)}} \right) \cdot \left(\frac{U_{salt}}{\sqrt{9.81 \cdot 100 \cdot 10^{-3}}} \right)^{(1100 \cdot 0.004 + 2.5)}$$

Resolviendo y reduciendo la ecuación de la velocidad de saltación se obtiene lo siguiente:

$$\frac{70.60}{U_{salt}} = \frac{U_{salt}^{6.9}}{0.990^{6.9} \cdot 10^{7.72}}$$

$$U_{salt} = \sqrt[7.9]{70.60 \cdot 0.990^{6.9} \cdot 10^{7.72}} = 16.129 \text{ m/s}$$

Tal y como se ha mencionado anteriormente, las ecuaciones utilizadas anteriormente arrastran grandes errores. Por este motivo, es recomendable utilizar márgenes de seguridad de, al menos, el 50%. Para obtener la velocidad a la que deberá circular el gas por las tuberías de transporte, se ha de multiplicar el resultado obtenido para cada uno de los diámetros de tubería por 1,5 como mínimo. En el caso de la instalación que se pretende calcular, se ha determinado un margen de seguridad del 60%, ya que un mal funcionamiento del sistema puede llegar a ocasionar daños graves en los equipos de proceso (molinos, cernedores, detectores de metales...) a causa de la acumulación de harina en las tuberías. De esta forma, se determinan las siguientes velocidades y la relación másica que se obtiene.

- Tubería DN65:

$$u_g = U_{salt} \cdot 1.6 = 14.945 \cdot 1.6 = 23.911 \text{ m/s}$$

Con este valor de velocidad se obtiene el caudal de aire necesario y con este el flujo másico de aire que requiere el transporte.

$$Q_g = u_g \cdot A = 23.911 \cdot \left(\frac{\pi \cdot (66 \cdot 10^{-3})^2}{4} \right) = 0.0818 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$m_g = A \cdot u_{gi} \cdot \varepsilon \cdot \rho_g = A \cdot u_g \cdot \rho_g = Q_g \cdot \rho_g = 0.0818 \cdot 1.0019 = 0.082 \text{ kg/s}$$

La relación másica y la concentración en volumen de sólidos se obtienen de la siguiente forma respectivamente.

$$\frac{m_p}{m_g} = \frac{0.56 \text{ kg/s}}{0.082 \text{ kg/s}} = 6.78 \text{ kg}_p/\text{kg}_g$$

$$\frac{Q_p}{Q_g} = \frac{\frac{0.56}{850} \text{ m}^3/\text{s}}{0.0818 \text{ m}^3/\text{s}} \cdot 100 = 0.80\%$$

- Tubería DN80:

$$u_g = U_{salt} \cdot 1.6 = 15.482 \cdot 1.6 = 24.771 \text{ m/s}$$

Con este valor de velocidad se obtiene el caudal de aire necesario y con este el flujo másico de aire que requiere el transporte.

$$Q_g = u_g \cdot A = 24.771 \cdot \left(\frac{\pi \cdot (80 \cdot 10^{-3})^2}{4} \right) = 0.1245 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$m_g = A \cdot u_{gi} \cdot \varepsilon \cdot \rho_g = A \cdot u_g \cdot \rho_g = Q_g \cdot \rho_g = 0.1245 \cdot 1.0019 = 0.125 \text{ kg/s}$$

La relación másica y la concentración en volumen de sólidos se obtienen de la siguiente forma respectivamente.

$$\frac{m_p}{m_g} = \frac{0.56 \text{ kg/s}}{0.125 \text{ kg/s}} = 4.45 \text{ kg}_p/\text{kg}_g$$

$$\frac{Q_p}{Q_g} = \frac{\frac{0.56}{850} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0.1245 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}} \cdot 100 = 0.525\%$$

- Tubería DN100:

$$u_g = U_{salt} \cdot 1.6 = 16.129 \cdot 1.6 = 25.806 \text{ m/s}$$

Con este valor de velocidad se obtiene el caudal de aire necesario y con este el flujo másico de aire que requiere el transporte.

$$Q_g = u_g \cdot A = 25.806 \cdot \left(\frac{\pi \cdot (100 \cdot 10^{-3})^2}{4} \right) = 0.2027 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$m_g = A \cdot u_{gi} \cdot \varepsilon \cdot \rho_g = A \cdot u_g \cdot \rho_g = Q_g \cdot \rho_g = 0.2027 \cdot 1.0019 = 0.203 \text{ kg/s}$$

La relación másica y la concentración en volumen de sólidos se obtienen de la siguiente forma respectivamente.

$$\frac{m_p}{m_g} = \frac{0.56 \text{ kg/s}}{0.203 \text{ kg/s}} = 2.74 \text{ kg}_p/\text{kg}_g$$

$$\frac{Q_p}{Q_g} = \frac{\frac{0.56}{850} \text{ m}^3/\text{s}}{0.2027 \text{ m}^3/\text{s}} \cdot 100 = 0.322\%$$

A la hora de seleccionar la tubería más óptima, no solo debemos centrarnos en las necesidades del producto, sino que también deberemos tener en cuenta la influencia de estos resultados sobre el ventilador de aspiración. Así pues, se ha de tener en cuenta que un aumento en la concentración de producto implica un gran aumento en la pérdida de carga generada en la tubería de transporte. Esto implica una mayor necesidad de presión y, por lo tanto, un aumento considerable en la potencia eléctrica necesaria para el ventilador.

Evaluando los resultados, vemos que para la tubería DN65 la concentración de producto está muy cercana al límite del 1% (cambio de fase), por lo que quedaría descartada automáticamente. No obstante, para seleccionar entre una de las otras alternativas, se debe tener en cuenta lo mencionado anteriormente con respecto a la concentración. Por este motivo, con los resultados obtenidos, se seleccionará una tubería de transporte DN100 para esta línea; ya que, aunque supone un aumento del caudal de aire necesario, la potencia necesaria para el ventilador no se ve tan afectada por esta variable.

Para facilitar la estabilidad y el ajuste del sistema, y dado que las características del producto son prácticamente idénticas en todas las líneas, se plantea establecer una velocidad fija para el gas, por lo que los cálculos de todas las líneas se realizarán con una velocidad de gas de 26m/s. Con esta, se determinarán tanto los diámetros necesarios para el resto de las líneas como la pérdida de carga generada en cada una de ellas.

3. PÉRDIDA DE CARGA EN LA TUBERÍA DE TRANSPORTE

Para el cálculo de la pérdida de carga de la línea se han de tener en cuenta todos los factores que puedan afectar a una posible caída de presión. En este apartado, se tratará únicamente la pérdida de carga generada por la tubería de transporte, en apartados siguientes, se realizarán los cálculos del resto de elementos generadores de pérdidas.

La expresión general para el cálculo de la pérdida de carga es, tal y como se ha visto en apartados anteriores, la siguiente:

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2} \cdot \varepsilon \cdot \rho_g \cdot u_{gi}^2 + \frac{1}{2} \cdot (1 - \varepsilon) \cdot \rho_p \cdot u_{pi}^2 + F_{gw} \cdot L + F_{pw} \cdot L + \varepsilon \cdot L \cdot \rho_g \cdot g \cdot \text{sen}(\theta) + (1 - \varepsilon) \cdot L \cdot \rho_p \cdot g \cdot \text{sen}(\theta) = 0$$

Mediante la expresión anterior, calculamos la caída de presión de los tramos horizontales y verticales de tubería. Se realiza el cálculo por separado, de esta forma, podemos diferenciar la caída de presión por metro lineal horizontal o vertical. A continuación, se realiza el cálculo de ambos casos.

3.1. PERDIDA DE CARGA EN TRAMOS HORIZONTALES

Dado que en los tramos horizontales tenemos un ángulo $\theta = 0$, podemos eliminar los términos que dependen de $\text{sen}(\theta)$. De esta forma, la ecuación que queda es la siguiente:

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2} \cdot \varepsilon \cdot \rho_g \cdot u_{gi}^2 + \frac{1}{2} \cdot (1 - \varepsilon) \cdot \rho_p \cdot u_{pi}^2 + F_{gw} \cdot L_H + F_{pw} \cdot L_H = 0$$

Por otro lado, los dos primeros términos de la ecuación corresponden a la pérdida de carga generada por la aceleración tanto de gas como de partículas. Estos términos no dependen de la longitud de tubería ni de su inclinación, por lo que se calcularán de forma independiente. Así pues, la ecuación que nos queda para la pérdida de carga únicamente en los tramos horizontales es la siguiente:

$$\Delta P_H = F_{gw} \cdot L_H + F_{pw} \cdot L_H$$

A continuación, se calculan los términos necesarios para la resolución de la expresión anterior. Para ello, recurrimos a las ecuaciones expuestas en el apartado 2.4.2.

- Velocidad intersticial de partícula:

$$u_{pi} = u_g \cdot (1 - 0.0638 \cdot x^{0.3} \cdot \rho_p^{0.5}) = 26 \cdot (1 - 0.0638 \cdot 0.004^{0.3} \cdot 850^{0.5})$$

$$u_{pi} = 16.77 \text{ m/s}$$

- Porosidad:

$$u_{pi} = \frac{Q_p}{A \cdot (1 - \varepsilon)}$$

$$\varepsilon = 1 - \frac{Q_p}{A \cdot u_{pi}} = 1 - \frac{\frac{0.56}{850}}{\left(\frac{\pi \cdot (100 \cdot 10^{-3})^2}{4}\right) \cdot 16.77} = 0.995$$

- Velocidad intersticial de gas:

$$u_{gi} = \frac{Q_g}{A \cdot \varepsilon} = \frac{u_g}{\varepsilon} = \frac{26}{0.995} = 26.13 \text{ m/s}$$

- Flujo másico de sólidos por unidad de área:

$$G = \frac{m_p}{A} = \frac{0.56}{\frac{\pi \cdot (100 \cdot 10^{-3})^2}{4}} = 70.74 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$$

- Factor f_p :

$$f_p = \frac{3 \cdot \rho_g \cdot D \cdot C_D}{8 \cdot \rho_p \cdot x} \cdot \left(\frac{u_{gi} - u_{pi}}{u_{pi}} \right)^2$$

Para el cálculo de dicho factor, necesitaremos conocer el coeficiente de arrastre C_D . Siendo este dependiente de Re_p :

$$Re_p = \frac{\rho_g \cdot (u_{gi} - u_{pi}) \cdot x}{\mu} = \frac{1.0019 \cdot (26.13 - 16.77) \cdot 0.004}{1.87 \cdot 10^{-5}} = 2.01 \cdot 10^3$$

NOTA: μ es la viscosidad dinámica del gas, siendo igual a $1.87 \cdot 10^{-5}$ Pa·s a una temperatura de 40°C.

Siendo $Re_p = 2.01 \cdot 10^3$, se considera $C_D = 0.44$. Por tanto, la ecuación nos queda de la siguiente forma:

$$f_p = \frac{3 \cdot \rho_g \cdot D \cdot C_D}{8 \cdot \rho_p \cdot x} \cdot \left(\frac{u_{gi} - u_{pi}}{u_{pi}} \right)^2 = \frac{3 \cdot 1.0019 \cdot 0.1 \cdot 0.44}{8 \cdot 850 \cdot 0.4} \cdot \left(\frac{26.13 - 16.77}{16.77} \right)^2$$

$$f_p = 1.51 \cdot 10^{-3}$$

- Factor de fricción entre sólidos y pared:

$$F_{pw} = \frac{2 \cdot f_p \cdot G \cdot u_{pi}}{D} = \frac{2 \cdot 1.51 \cdot 10^{-3} \cdot 70.74 \cdot 16.77}{0.1} = 35.91 \text{ Pa/m}$$

- Factor de fricción entre gas y pared:

$$F_{gw} = \frac{2 \cdot f \cdot \rho_g \cdot u^2}{D}$$

$$Re = \frac{\rho_g \cdot u \cdot D}{\mu} = \frac{1.0019 \cdot 26 \cdot 0.1}{1.87 \cdot 10^{-5}} = 1.40 \cdot 10^5$$

Siendo $Re = 1.40 \cdot 10^5$, se considera $f = 0.046 \cdot Re^{-0.2}$. Por tanto, la ecuación nos queda de la siguiente forma:

$$F_{gw} = \frac{2 \cdot 0.046 \cdot Re^{-0.2} \cdot \rho_g \cdot u^2}{D} = \frac{2 \cdot 0.046 \cdot (1.40 \cdot 10^5)^{-0.2} \cdot 1.0019 \cdot 26^2}{0.1}$$

$$F_{gw} = 58.29 \text{ Pa/m}$$

Sustituyendo los resultados anteriores, podemos resolver la pérdida de carga generada por los tramos horizontales.

$$\Delta P_H = F_{gw} \cdot L_H + F_{pw} \cdot L_H = 58.29 \cdot 9,147 + 35.91 \cdot 9,147 = 861,73 \text{ Pa}$$

3.2. PERDIDA DE CARGA EN TRAMOS VERTICALES

Para el cálculo de las pérdidas de carga que se generan únicamente en los tramos verticales, se ha de tener en cuenta que la tubería tiene un ángulo de inclinación de 90° . Por lo tanto, se han de tener en cuenta los termino de energía potencial. Además, como se ha mencionado en el apartado anterior, los términos referentes a la energía cinética se calcularán en otro apartado. La ecuación nos queda de la siguiente manera:

$$\Delta P_V = F_{gw} \cdot L_V + F_{pw} \cdot L_V + \varepsilon \cdot L_V \cdot \rho_g \cdot g \cdot \text{sen}(\theta) + (1 - \varepsilon) \cdot L_V \cdot \rho_p \cdot g \cdot \text{sen}(\theta)$$

Sustituyendo los términos y resolviendo, obtenemos lo siguiente:

$$\Delta P_V = 58.29 \cdot 14,528 + 35.91 \cdot 14,528 + 0.995 \cdot 14,528 \cdot 1.0523 \cdot 9.81 \cdot \text{sen}(90^\circ) + (1 - 0.995) \cdot 14,528 \cdot 850 \cdot 9.81 \cdot \text{sen}(90^\circ)$$

$$\Delta P_V = 1569.55 \text{ Pa}$$

3.3. PERDIDA DE CARGA POR ENERGÍA CINÉTICA

La expresión para la pérdida de carga por energía cinética quedaría de la siguiente manera:

$$\Delta P_{Ec} = \frac{1}{2} \cdot \varepsilon \cdot \rho_g \cdot u_{gi}^2 + \frac{1}{2} \cdot (1 - \varepsilon) \cdot \rho_p \cdot u_{pi}^2$$

$$\Delta P_{Ec} = \frac{1}{2} \cdot 0.995 \cdot 1.0019 \cdot 26.13^2 + \frac{1}{2} \cdot (1 - 0.995) \cdot 850 \cdot 16.77^2 = 933.5 \text{ Pa}$$

Una vez realizados los cálculos para la pérdida de carga en la tubería, se realiza el sumatorio tal y como muestra la ecuación general. Además, se ha de tener en cuenta la existencia de los codos para los cambios de dirección de la tubería. En el apartado 2.4.3 se menciona que la equivalencia en cuanto a caída de presión es de 7.5m de tramo vertical. De esta forma, la caída de presión para un codo es la siguiente:

$$\Delta P_C = \frac{1569.55 \text{ Pa}}{14,528 \text{ m}} \cdot 7.5 \text{ m} = 810.27 \text{ Pa}$$

Con todo lo anterior, el resultado de la pérdida de carga generada en la línea de transporte es el siguiente:

$$\Delta P_L = \Delta P_{Ec} + \Delta P_H + \Delta P_V + \Delta P_C = 933.5 + 861,73 + 1569.55 + 810.27$$

$$\Delta P_L = 4985.33 \text{ Pa}$$

4. DISEÑO DEL CICLÓN SEPARADOR DE SÓLIDOS

En este apartado se tratará de diseñar, según las relaciones geométricas aconsejadas por las tablas, el ciclón que mejor se adapte a las necesidades de nuestro sistema de transporte neumático. Para ello se ha de tener en cuenta que, en este caso, la instalación precisa de un ciclón de alta eficiencia para garantizar que las pérdidas de material por encima de 50µm son captadas y dirigidas hacia el siguiente paso de la producción. No obstante, como se ha visto en apartados anteriores, existen tres variantes para los ciclones de alta eficiencia (ver tabla 3). En nuestro caso, se seleccionará el ciclón tipo “Stairmand”, ya que tiene unas relaciones más exactas y una menor pérdida de carga.

Por otro lado, una vez diseñado el ciclón, se realizará el cálculo de la pérdida de carga producida por el paso de gas y producto dentro del mismo. Para ello nos apoyaremos en las ecuaciones expresadas en el apartado 2.4.4. A continuación, se realizan los cálculos necesarios.

4.1. DISEÑO DEL CICLÓN

En nuestro caso, la velocidad de transporte en la tubería seleccionada es de 26m/s, con una tubería DN100 para el caso de esta línea. Por tanto, los cálculos quedarían de la siguiente forma.

$$Q_g = u_g \cdot A = 26 \cdot \frac{\pi \cdot (100 \cdot 10^{-3})^2}{4} = 0.204 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D_c = \sqrt{\frac{Q_g}{22 \cdot 0.1}} = \sqrt{\frac{0.204}{2.2}} = 0.305 \text{ m}$$

Así pues, el diámetro del ciclón necesario será de 305mm, pero para facilitar la construcción de este, se tomará como diámetro 300mm, teniendo como velocidad de entrada 22.69m/s. Con esta cota podemos obtener el resto de las dimensiones para el diseño completo del ciclón.

Dimensión	Nomenclatura	Stairmand	Ciclón teórico	Ciclón final
Diámetro del ciclón	Dc/Dc	1	300mm	300mm
Altura de entrada	a/Dc	0,5	150mm	150mm
Ancho de entrada	b/Dc	0,2	60mm	60mm
Altura de salida	S/Dc	0,5	150mm	150mm
Diámetro de salida	Ds/Dc	0,5	150mm	150mm
Altura parte cilíndrica	h/Dc	1,5	450mm	450mm
Altura parte cónica	z/Dc	2,5	750mm	750mm
Altura total del ciclón	H/Dc	4	1200mm	1200mm
Diámetro de salida de partículas	B/Dc	0,375	112.5mm	110.1mm
Factor de configuración	G	551,22	551,22	551,22
Número de cabezas de velocidad	NH	6,4	6,4	6,4
Numero de vórtices	N	5,5	5,5	5,5

Tabla 5. Dimensiones ciclón “Stairmand” seleccionado.

Dado que nuestra Unión entre ciclón y línea de producción se realizará con conexiones comerciales higiénicas, es necesario que las dimensiones de salida de aire y salida de producto sean medidas comerciales. En el caso del ciclón de la línea para la que se están realizando los cálculos, la dimensión de la salida de aire D_s es de 150mm (tubería DN150→154x2mm), pero la dimensión de salida de producto B no se corresponde con ninguna medida comercial, por lo que debemos adaptarla al diámetro comercial más cercano. así pues, la tubería de salida de producto será de 4"→114.3x2.1mm, quedando una relación B/D_c de 0,367.

4.2. PÉRDIDA DE CARGA EN EL CICLÓN

Dado que todos los datos son conocidos, la pérdida de carga del ciclón puede obtenerse de la siguiente ecuación.

$$\Delta P_{CL} = \frac{1}{2} \cdot \rho_g \cdot u_e^2 \cdot N_H = \frac{1}{2} \cdot 1.0019 \cdot 22.69^2 \cdot 6.4 = 1650.47 \text{ Pa}$$

Además, debemos añadir la pérdida de carga que se genera en la unión entre el ciclón y el colector de aspiración. Para ello aplicaremos de nuevo el término F_{gw} aplicando las nuevas condiciones de aire.

$$F_{gw} = \frac{2 \cdot f \cdot \rho_g \cdot u^2}{D}$$

De la misma forma que en la tubería de transporte, calculamos el valor de Reynolds teniendo en cuenta las condiciones a la salida del ciclón.

$$u_s = \frac{Q_g}{A_s} = \frac{0.204}{\frac{\pi \cdot (150 \cdot 10^{-3})^2}{4}} = 11.56 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{\rho_g \cdot u \cdot D}{\mu} = \frac{1.0019 \cdot 11.56 \cdot 0.15}{1.87 \cdot 10^{-5}} = 93.014 \cdot 10^3$$

Siendo $Re = 93.014 \cdot 10^3$, se considera $f = 0.046 \cdot Re^{-0.2}$. Por tanto, la ecuación nos queda de la siguiente forma:

$$F_{gw} = \frac{2 \cdot 0.046 \cdot Re^{-0.2} \cdot \rho_g \cdot u^2}{D} = \frac{2 \cdot 0.046 \cdot (93.014 \cdot 10^3)^{-0.2} \cdot 1.0019 \cdot 11.56^2}{0.15}$$

$$F_{gw} = 8.33 \text{ Pa/m}$$

La unión a nuestro colector tiene 0.6m, por lo que la caída de presión del conjunto del ciclón quedaría de la siguiente forma.

$$\Delta P_{CL} = 1650.47 + 8.33 \cdot 0.6 = 1655.47 \text{ Pa}$$

5. RESUMEN DE RESULTADOS

En los apartados anteriores se han realizado los cálculos justificativos para una de las líneas que componen el sistema completo. En esta línea, los resultados han sido los siguientes.

Término	Resultado	Unidades
Velocidad de saltación	16.13	m/s
Caudal de gas	12.30	m ³ /min
Velocidad del gas	26.00	m/s
Velocidad de entrada al ciclón	22.69	m/s
Caudal de producto	2.00	Tn/h
Concentración de producto	0.32	%
Diámetro interior de tubería	100	mm
Tamaño de ciclón	Stairmand Ø300	
ΔP de la línea completa	6640.79	Pa

Tabla 6. Resumen de resultados.

Dado que la realización de los cálculos para las 17 líneas de transporte que componen el sistema se haría demasiado extensa, se ha realizado una hoja de cálculo Excel para agilizar el diseño completo de la instalación. A continuación, vamos a ver una hoja resumen en la que recogen todos los resultados para cada una de las líneas, incluyendo los resultados de la que se ha calculado en los apartados anteriores (línea E.P.).

Línea		E.P.	P 1-2	P 3-4	P 5-6	P 7-8	P 7-8 REF	P 9-10	P 11-12	P 13-14
Caudal másico (Kg/h)	Kg/h	2000	2000	2000	2000	2000	2000	1600	1280	1024
Relación másica	Kg-p/kg-g	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,2	2,7	2,2
Concentración	%	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,26	0,32	0,26
Tamaño de partícula	µm	4000	2000	1000	600	600	450	450	400	350
Caudal de gas	m3/min	12,25	12,25	12,25	12,25	12,25	12,25	12,25	7,84	7,84
Tubería		DN100	DN80	DN80						
Velocidad del gas	m/s	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00
Velocidad de saltación	m/s	16,13	14,79	13,72	13,18	13,18	12,79	12,09	11,82	11,05
Ciclón		Stairmand AE Ø300	Stairmand AE Ø240	Stairmand AE Ø240						
Diámetro ciclón	m	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,240	0,240
Velocidad ciclónado	m/s	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69
Velocidad de salida	m/s	11,56	11,56	11,56	11,56	11,56	11,56	11,56	11,56	11,56
Pérdida de carga	Pa	6640,79	5680,98	5721,86	5908,03	5971,35	6172,94	5724,34	6690,43	6315,51

Tabla 7. Resumen de cálculos 1.

Línea		P 15-16	P 15-16 REF	P 17-18	P 19-20	P 21-22	P 23-24	P L1	P L2
Caudal másico (Kg/h)	Kg/h	819,2	819,2	655,36	524,288	367,0016	256,90112	1014,912	985,088
Relación másica	Kg-p/kg-g	1,7	1,7	2,0	1,6	1,1	0,8	2,2	2,1
Concentración	%	0,20	0,20	0,24	0,19	0,13	0,09	0,25	0,25
Tamaño de partícula	µm	300	250	250	200	150	100	100	100
Caudal de gas	m ³ /min	7,84	7,84	5,34	5,34	5,34	5,34	7,84	7,84
Tubería		DN80	DN80	DN65	DN65	DN65	DN65	DN80	DN80
Velocidad del gas	m/s	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00
Velocidad de saltación	m/s	10,39	10,23	9,34	9,34	8,45	7,44	10,58	10,50
Ciclón		Stairmand AE Ø240	Stairmand AE Ø240	Stairmand AE Ø200	Stairmand AE Ø200	Stairmand AE Ø200	Stairmand AE Ø200	Stairmand AE Ø240	Stairmand AE Ø240
Diámetro ciclón	m	0,240	0,240	0,200	0,200	0,200	0,200	0,240	0,240
Velocidad ciclonado	m/s	22,69	22,69	22,24	22,24	22,24	22,24	22,69	22,69
Velocidad de salida	m/s	11,56	11,56	11,33	11,33	11,33	11,33	11,56	11,56
Pérdida de carga	Pa	6097,69	6243,91	7162,65	6644,45	6373,97	6314,39	7891,11	7806,80

Tabla 8. Resumen de cálculos 2.

6. PÉRDIDA DE CARGA DEL FILTRO DE MANGAS

La caída de presión en un filtro de mangas puede dividirse en dos apartados. Por un lado, se debe conocer la caída de presión generada por el medio filtrante, en nuestro caso se trata de mangas de tela porosas. Por otro, se ha de tener en cuenta la caída de presión generada por la circulación del propio gas a través de todo el cuerpo constructivo del filtro. De esta manera, se puede expresar la pérdida de carga del filtro de la siguiente manera.

$$\Delta P_F = \Delta P_m + \Delta P_{CF}$$

Donde,

- ΔP_m es la pérdida de carga en el medio filtrante
- ΔP_{CF} es la pérdida de carga en el cuerpo del filtro

Dado que el filtro tiene una construcción cúbica y amplia, y el gas no tendrá un flujo complejo, podemos decir que la pérdida de carga en el cuerpo del filtro es despreciable. Por lo que tendremos la expresión de la siguiente manera.

$$\Delta P_F = \Delta P_m$$

Por tanto, se realizará el cálculo de componente ΔP_m de la expresión. Este valor depende a su vez de dos fenómenos, por un lado, la permeabilidad de la propia tela filtrante (ΔP_t), y por otro, de la permeabilidad de la capa de partículas formada sobre la tela denominada torta de polvo (ΔP_{tp}). Este último fenómeno está relacionado con los tiempos de limpieza automática del equipo. Las expresiones que utilizaremos para el cálculo son las siguientes.

$$\Delta P_m = \Delta P_t + \Delta P_{tp}$$

Siendo ΔP_t y ΔP_{tp} lo siguiente.

$$\Delta P_t = K_t \cdot u_f$$

$$\Delta P_{tp} = K_{tp} \cdot C_{tp} \cdot u_f^2 \cdot t$$

Donde,

- u_f es la velocidad de filtración en m/s
- K_t y K_{tp} son la permeabilidad de la tela y la torta de polvo respectivamente en Pa·s/m y Pa·m·s/g
- C_{tp} es la concentración de partículas en el gas en g/m³
- t es el tiempo entre ciclos de limpieza en s

Si volvemos a la ecuación inicial y sustituimos todos estos términos, nos queda que la pérdida de carga en las mangas del filtro es la siguiente.

$$\Delta P_m = K_t \cdot u_f + K_{tp} \cdot C_{tp} \cdot u_f^2 \cdot t$$

Para poder resolver la ecuación, debemos conocer los valores de u_f y C_{tp} . Mientras que los datos de K_t y K_{tp} son facilitados por el proveedor de mangas y el propio cliente tras estudios en su laboratorio, siendo estos:

- $K_t = 1500 \text{ Pa} \cdot \text{s}/\text{m}$
- $K_{tp} = 194 \text{ Pa} \cdot \text{m} \cdot \text{s}/\text{g}$

Por otro lado, el fabricante nos confirma que el tiempo de limpieza por defecto del controlador del filtro es de 5 minutos (300 segundos). Por lo tanto, se realizarán los cálculos

con este valor y, si fuera necesario, se ajustará el tiempo hasta disminuir la pérdida de carga a un valor recomendado (entre 1270Pa y 2540Pa).

Para los filtros de mangas con limpieza automática a presión como el de nuestra instalación, se recomiendan velocidades de filtración entre 0.035 y 0.042 m/s. En nuestro caso, el filtro tiene las siguientes características.

- Diámetro de las mangas: 150mm
- Longitud de las mangas: 3m
- Número de mangas: 49 mangas

La velocidad de filtración del equipo se obtiene de la relación entre caudal de aire y área filtrante. El caudal de aire que tendremos en el filtro será el sumatorio de caudales de todas las líneas de transporte de la instalación, mientras que el área filtrante la podemos calcular de la siguiente manera.

$$A_f = P_m \cdot L_m \cdot N = \pi \cdot 0.15 \cdot 3 \cdot 49 = 69.27 \text{ m}^2$$

Del apartado anterior, se obtiene que el caudal de aire que circulará por el filtro es de 154.2 m³/min, ya que será la suma de caudales de todas las líneas de transporte. Por lo tanto, la velocidad de filtración será:

$$u_f = \frac{Q_T}{A_f} = \frac{154.2}{69.27} = 2.23 \text{ m/min}$$

$$u_f = \frac{2.23}{60} = 0.037 \text{ m/s}$$

Para conocer la concentración de partículas de polvo en el gas que llega al filtro se debe conocer la cantidad de producto que se pierde en cada una de las líneas. Para ello, se considera una media de un 0.5% del caudal de producto de cada una de las líneas. Con esta cantidad total de producto y, conocido el caudal total de aire, podemos obtener la concentración que nos llegará a las mangas de nuestro filtro.

$$m_{pT} = \sum m_p \cdot \frac{0.5}{100} = 21.35 \cdot 10^3 \cdot \frac{0.5}{100} = 107 \text{ kg/h}$$

$$Q_T = 154.2 \cdot 60 = 9.25 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{h}$$

Por lo tanto, la concentración será.

$$C_{tp} = \frac{m_{pT}}{Q_T} = \frac{107}{9.25 \cdot 10^3} = 11.54 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$$

O lo que es lo mismo,

$$C_{tp} = 11.54 \cdot 10^{-3} \cdot 1000 = 11.54 \text{ g/m}^3$$

Sustituyendo en la ecuación principal, obtenemos el siguiente resultado.

$$\Delta P_F = \Delta P_m = 1500 \cdot 0.037 + 194 \cdot 11.54 \cdot 0.037^2 \cdot 300 = 979.5 \text{ Pa}$$

Para intentar mantener el filtro dentro de los rangos teóricos de caída de presión, aumentaremos el tiempo de limpieza a 8 minutos (480 segundos), obteniendo el siguiente resultado.

$$\Delta P_F = \Delta P_m = 1500 \cdot 0.037 + 194 \cdot 11.54 \cdot 0.037^2 \cdot 480 = 1533.8 \text{ Pa}$$

Este valor afecta de forma global a la instalación, ya que el equipo se encuentra entre el total de las líneas y el ventilador de aspiración. por tanto, se ha de tomar como un valor independiente a la hora de dimensionar el ventilador de aspiración.

7. CÁLCULO DEL COLECTOR

Para el cálculo de la pérdida de carga en el colector, se ha de tener en cuenta que los parámetros de diseño cambian a lo largo del recorrido de la tubería, ya que el caudal de aire va disminuyendo a medida que nos alejamos del ventilador de aspiración debido a que aparecen puntos de consumo en cada una de las conexiones a las líneas de transporte. Por tanto, es necesario realizar el cálculo por nodos o puntos de consumo.

En primer lugar, se ha de tener en cuenta que el flujo de sólidos en el colector es despreciable, por lo que se realizará el cálculo de la pérdida de carga para un flujo de aire limpio. En segundo lugar, y con intención de disminuir la caída de presión a lo largo del colector, se fija una velocidad del gas no superior a 18m/s. Con este último dato, se dimensionará el tamaño del colector en función del caudal de cada uno de los tramos. De este modo, el colector quedaría tal y como se observa en la siguiente imagen.

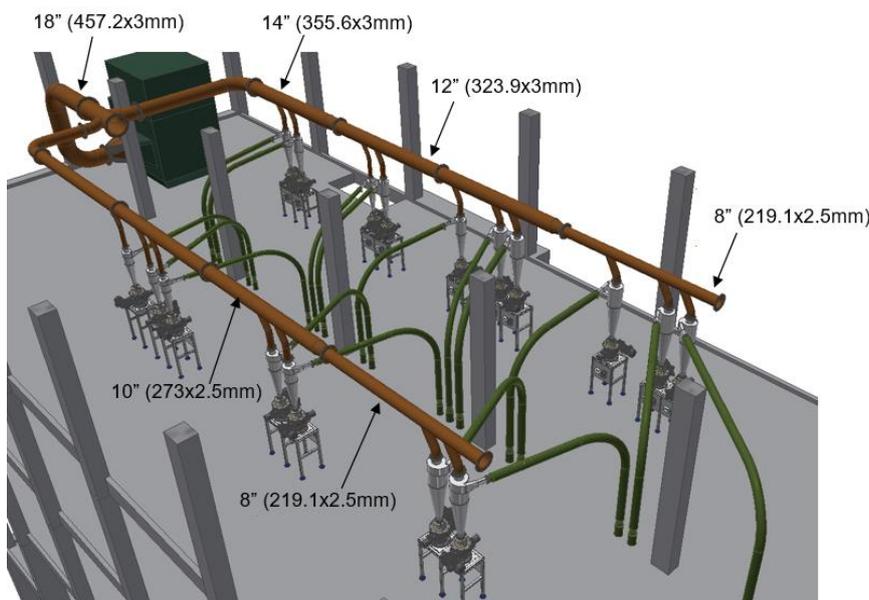


Imagen 32. Diseño del colector de aspiración.

Tal y como se observa en la imagen, el colector principal se divide en dos ramales que proporcionan el flujo de aire a las líneas de transporte neumático. El ramal que se ve en la diagonal superior de la imagen suministra aire a lo que llamaremos línea 1 de la producción, y asume la carga de las siguientes líneas de transporte en orden de derecha a izquierda.

Línea de transporte	Nomenclatura	Caudal	Unidades
Entrada de producto a proceso	E.P.	12,25	m ³ /min
Pasadas 1-2 de molino	P 1-2	12,25	m ³ /min
Pasadas 7-8 de molino	P 7-8	12,25	m ³ /min
Refrigeración de pasadas 7-8	P 7-8 REF	12,25	m ³ /min
Pasadas 9-10 de molino	P 9-10	12,25	m ³ /min
Pasadas 15-16 de molino	P 15-16	7,84	m ³ /min
Refrigeración de pasadas 15-16	P 15-16 REF	7,84	m ³ /min
Pasadas 17-18 de molino	P 17-18	5,34	m ³ /min
Producción de línea 1	P L1	7,84	m ³ /min
Producción de línea 2	P L2	7,84	m ³ /min

Tabla 9. Transportes línea 1.

Del mismo modo, el ramal que se ve en la diagonal inferior de la imagen dará servicio a lo que denominamos línea 2 de producción, y que está compuesta por las siguientes líneas de transporte en orden de derecha a izquierda.

Línea de transporte	Nomenclatura	Caudal	Unidades
Pasadas 3-4 de molino	P 3-4	12,25	m ³ /min
Pasadas 5-6 de molino	P 5-6	12,25	m ³ /min
Pasadas 11-12 de molino	P 11-12	7,84	m ³ /min
Pasadas 13-14 de molino	P 13-14	7,84	m ³ /min
Pasadas 19-20 de molino	P 19-20	5,34	m ³ /min
Pasadas 21-22 de molino	P 21-22	5,34	m ³ /min
Pasadas 23-24 de molino	P 23-24	5,34	m ³ /min

Tabla 10. Transportes línea 2.

De esta forma, podemos obtener el caudal de aire que tenemos en cada uno de los puntos del colector, y realizar los cálculos de la pérdida de carga que nos ofrece en paso del gas hasta cada uno de ellos, obteniendo el valor de presión que tendremos en cada una de las conexiones de las líneas de transporte al colector tal y como veremos una vez dimensionado el ventilador.

De igual forma que en los cálculos de la pérdida de carga y condiciones de trabajos de las líneas de transporte se realizarán los cálculos, en este caso de dos líneas, y a continuación se mostrarán los resultados de todos los puntos extraídos de una hoja de cálculo Excel. A continuación, vamos a realizar los cálculos para las líneas "P L1" y "P L2", comenzando por la más cercana al ventilador, siendo esta "P L2".

Comenzaremos los cálculos obteniendo la pérdida de carga que supone el tramo principal del colector, es decir, la parte de 18" que es la unión entre el ventilador y las dos ramas que abastecen a las líneas de transporte. Este tramo, tiene intercalado el filtro de mangas, no obstante, la pérdida de carga de este equipo se ha calculado previamente, por lo que se deberá tener en cuenta en los resultados finales.

Tal y como hemos comentado anteriormente, la pérdida de carga en el colector corresponde a la generada por el flujo de aire únicamente, por lo que este valor vendrá dado por el término F_{gw} . El caudal de aire que circula por este tramo del colector, igual que en el filtro, es la suma de los caudales de todas las líneas de transporte, por lo que tendremos 154.2 m³/min.

$$F_{gw} = \frac{2 \cdot f \cdot \rho_g \cdot u^2}{D}$$

Obtenemos el valor de f mediante el número de Reynolds,

$$u_s = \frac{Q_g}{A_s} = \frac{\frac{154.2}{60}}{\frac{\pi \cdot ((457.2 - 2 \cdot 3) \cdot 10^{-3})^2}{4}} = 16.07 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{\rho_g \cdot u \cdot D}{\mu} = \frac{1.0019 \cdot 16.07 \cdot 0.4512}{1.87 \cdot 10^{-5}} = 3.89 \cdot 10^5$$

Siendo $Re = 3.89 \cdot 10^5$, se considera $f = 0.046 \cdot Re^{-0.2}$. Por tanto, la ecuación queda:

$$F_{gw} = \frac{2 \cdot 0.046 \cdot Re^{-0.2} \cdot \rho_g \cdot u^2}{D} = \frac{2 \cdot 0.046 \cdot (3.89 \cdot 10^5)^{-0.2} \cdot 1.0019 \cdot 16.07^2}{0.4512}$$

$$F_{gw} = 4.02 \text{ Pa/m}$$

Con el valor de F_{gw} y conociendo el recorrido de la tubería, podemos obtener la pérdida de carga en este tramo. Se ha de tener en cuenta que los codos generan inestabilidades en el flujo y, por lo tanto, un aumento de la pérdida de carga cuando el aire pasa a través de ellos. Estimamos que para un codo a 90° se genera 5 veces la pérdida equivalente a 1 metro de tubería recta, mientras que para los codos a 45° diremos que es 3 veces la pérdida equivalente a 1 metro de tubería.

Este primer tramo del colector tiene 4 codos a 90° y 6.3 metros de tubería recta, por lo que la pérdida de carga quedaría de la siguiente manera.

$$\Delta P_{C1} = 4.02 \cdot 6.3 + 4.02 \cdot 4 \cdot 5 = 105.73 \text{ Pa}$$

El siguiente tramo que se debe calcular sería el correspondiente a la unión entre el tramo calculado anteriormente y la línea de transporte neumático "P L2". En este segundo tramo, el caudal de aire será igual a la suma de los caudales de la línea 1 de producción, siendo un total de $97.96 \text{ m}^3/\text{min}$. Por lo que, teniendo en cuenta que se trata de una tubería de 14", nos quedaría de la siguiente manera.

Obtenemos el valor de f mediante el número de Reynolds,

$$u_s = \frac{Q_g}{A_s} = \frac{\frac{97.96}{60}}{\frac{\pi \cdot ((355.6 - 2 \cdot 3) \cdot 10^{-3})^2}{4}} = 17.01 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{\rho_g \cdot u \cdot D}{\mu} = \frac{1.0019 \cdot 17.01 \cdot 0.3496}{1.87 \cdot 10^{-5}} = 3.19 \cdot 10^5$$

Siendo $Re = 3.19 \cdot 10^5$, se considera $f = 0.046 \cdot Re^{-0.2}$. Por tanto, la ecuación nos queda de la siguiente forma:

$$F_{gw} = \frac{2 \cdot 0.046 \cdot Re^{-0.2} \cdot \rho_g \cdot u^2}{D} = \frac{2 \cdot 0.046 \cdot (3.19 \cdot 10^5)^{-0.2} \cdot 1.0019 \cdot 17.01^2}{0.3496}$$

$$F_{gw} = 6.05 \text{ Pa/m}$$

En este segundo tramo nos encontramos con 1 codo a 90° , 1 codo a 45° y un total de 4.10 metro de tubería recta, por lo que la ecuación nos queda de la siguiente manera.

$$\Delta P_{C2} = 6.05 \cdot 4.1 + 6.05 \cdot 1 \cdot 5 + 6.05 \cdot 1 \cdot 3 = 73.18 \text{ Pa}$$

Así pues, la pérdida de carga entre el ventilador y la conexión a la línea de transporte "P L2" será la suma de las dos anteriores, quedando de la siguiente forma.

$$\Delta P_{CP L2} = 105.73 + 73.18 = 178.91 \text{ Pa}$$

De igual forma, la pérdida de carga entre el ventilador y la conexión a la línea de transporte "P L1" será la suma entre la anterior y el tramo de colector que hay entre la conexión de la línea "P L2" y la conexión de la línea "P L1". Este tercer tramo sería de 0.5 metro de tubería recta de 14", y el caudal que circula por él es el total de la línea de producción 1 menos el caudal de la línea "P L2", quedando el cálculo de la siguiente manera.

$$Q_{CP L1} = Q_{CP L2} - Q_{P L1} = 97.96 - 7.84 = 90.12 \text{ m}^3/\text{min}$$

Obtenemos el valor de f mediante el número de Reynolds,

$$u_s = \frac{Q_g}{A_s} = \frac{\frac{90.12}{60}}{\frac{\pi \cdot ((355.6 - 2 \cdot 3) \cdot 10^{-3})^2}{4}} = 15.65 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{\rho_g \cdot u \cdot D}{\mu} = \frac{1.0019 \cdot 15.65 \cdot 0.3496}{1.87 \cdot 10^{-5}} = 2.94 \cdot 10^5$$

Siendo $Re = 2.94 \cdot 10^5$, se considera $f = 0.046 \cdot Re^{-0.2}$. Por tanto, la ecuación nos queda de la siguiente forma:

$$F_{gw} = \frac{2 \cdot 0.046 \cdot Re^{-0.2} \cdot \rho_g \cdot u^2}{D} = \frac{2 \cdot 0.046 \cdot (2.94 \cdot 10^5)^{-0.2} \cdot 1.0019 \cdot 15.65^2}{0.3496}$$

$$F_{gw} = 5.20 \text{ Pa/m}$$

$$\Delta P_{C3} = 5.20 \cdot 0.5 = 2.6 \text{ Pa}$$

Quedando la pérdida de carga entre el ventilador y la conexión del colector a la línea "P L1" la suma de la resultante para la conexión de la línea "P L2" y la de este tercer tramo.

$$\Delta P_{CP L1} = 178.91 + 2.6 = 181.51 \text{ Pa}$$

De esta forma, para el cálculo de todos los puntos de conexión del colector, basta con incrementar el valor de la pérdida de carga del punto de conexión anterior con el valor de la pérdida del tramo de tubería que hay hasta la conexión que se está calculando. A continuación, se muestra el valor de la pérdida de carga en cada punto de conexión del colector extraído de la hoja de cálculo Excel.

línea	ΔP hasta conexión a colector (Pa)		línea	ΔP hasta conexión a colector (Pa)
E.P.	262,43		P 15-16	219,27
P 1-2	261,67		P 15-16 REF	205,52
P 3-4	257,63		P 17-18	202,43
P 5-6	256,87		P 19-20	216,96
P 7-8	255,16		P 21-22	214,23
P 7-8 REF	225,72		P 23-24	206,91
P 9-10	224,35		P L1	181,51
P 11-12	235,86		P L2	178,91
P 13-14	234,38			

Tabla 11. Resultados de cálculos en colector.

Conocidos los valores anteriores, podemos obtener la presión, en valor absoluto, necesaria para cada una de las líneas de transporte que compone la instalación. En la siguiente tabla se muestran los resultados totales en cuanto a pérdida de carga.

línea	ΔP hasta conexión a colector (Pa)	ΔP línea completa (Pa)	Total (Pa)	línea	ΔP hasta conexión a colector (Pa)	ΔP línea completa (Pa)	Total (Pa)
E.P.	262,43	6640,79	6903,22	P 15-16	219,27	6097,69	6316,95
P 1-2	261,67	5680,98	5942,65	P 15-16 REF	205,52	6243,91	6449,43
P 3-4	257,63	5721,86	5979,49	P 17-18	202,43	7162,65	7365,08
P 5-6	256,87	5908,03	6164,91	P 19-20	216,96	6644,45	6861,41
P 7-8	255,16	5971,35	6226,51	P 21-22	214,23	6373,97	6588,20
P 7-8 REF	225,72	6172,94	6398,66	P 23-24	206,91	6314,39	6521,30
P 9-10	224,35	5724,34	5948,69	P L1	181,51	7891,11	8072,62
P 11-12	235,86	6690,43	6926,29	P L2	178,91	7806,80	7985,71
P 13-14	234,38	6315,51	6549,89				

Tabla 12. Resultados de cálculos generales de pérdida de carga.

8. DIMENSIONADO DEL VENTILADOR

Para poder dimensionar el colector de una forma correcta se han de tener en cuenta dos factores de la instalación, caudal y presión de aspiración. El caudal total que necesita nuestra instalación se ha utilizado en apartados anteriores para los cálculos. No obstante, la presión de aspiración que necesita nuestro sistema viene dada de los últimos cálculos realizados en el apartado anterior y el cálculo de la pérdida de carga en el filtro. Para el cálculo se deberá tener en cuenta la pérdida del filtro y el valor más alto de pérdida de carga total de la tabla 9. Por otro lado, se tendrá en cuenta un margen de seguridad del 5%, por lo que nuestra presión de diseño para el ventilador será la siguiente.

$$P_V = (1533.8 + 8072.62) \cdot 1.05 = 10086.78 \text{ Pa}$$

Con esto, los valores de diseño que se deben utilizar para dimensionar el ventilador son.

Depresión del ventilador	Pa	10087
Caudal de aire necesario	m³/min	154

Si introducimos estos valores en el programa de selección de nuestro proveedor, encontramos que el ventilador de su gama de alta presión que mejor se adapta a nuestras necesidades es el siguiente.

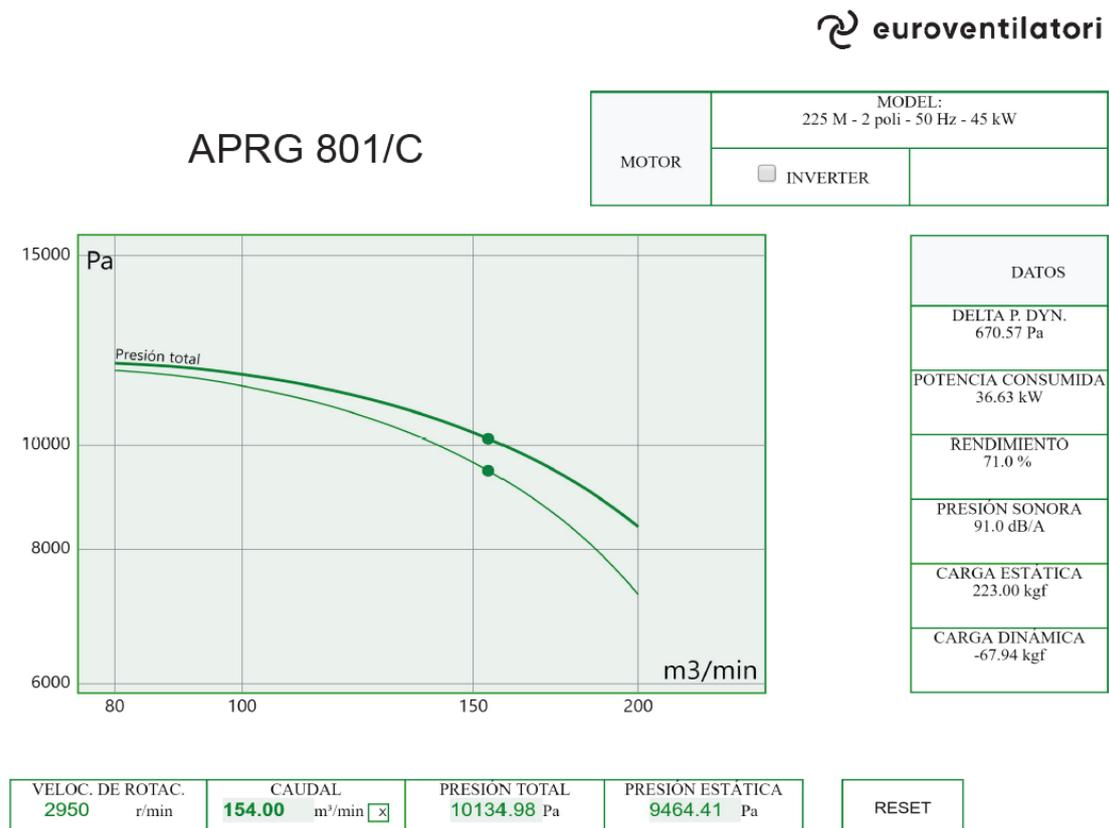


Imagen 33. Curva característica del ventilador.

Para compensar la presión de aspiración en las líneas y poder realizar un ajuste del caudal que circule por ellas, se instalarán válvulas manuales que permitan estrangular el paso de aire según las necesidades de cada línea de transporte.

9. PUESTA EN MARCHA Y AJUSTE DEL SISTEMA

Para asegurar un correcto funcionamiento de la instalación, el sistema estará monitorizado mediante dos sensores de presión en cada uno de los ciclones, los cuales se dispondrán a la entrada y a la salida para medir de esta forma la caída de presión de cada ciclón. Puesto que la caída de presión está relacionada directamente con el caudal de aire que circula por ellos, podremos definir un intervalo de trabajo óptimo de los ciclones y asegurar la eficiencia de estos.

Tal y como se ha mencionado anteriormente, la velocidad de entrada al ciclón debe estar comprendida entre 15,2 m/s y 27,4 m/s para obtener resultados óptimos. Así pues, para asegurar estas condiciones, el programa de control de la instalación mostrará una alarma siempre que los sensores detecten diferencias de presión que demuestren que esta velocidad está fuera del intervalo de trabajo. Dada la precisión que requiere la instalación que se ha diseñado, se reducirá el intervalo de trabajo a velocidades de entrada comprendidas entre 18 m/s y 25 m/s.

En nuestra instalación se tienen tres tamaños diferentes de ciclón. No obstante, todos ellos siguen una misma relación dimensional, por lo que el número de cabezas de velocidad es constante en todos. Esto implica que el intervalo de trabajo será el mismo para todos los ciclones de la instalación, ya que la caída de presión únicamente depende este valor y de las condiciones del aire. A continuación, se realizan los cálculos para obtener el intervalo de trabajo.

- Valor mínimo de ΔP_{CL} admisible (18m/s):

$$\Delta P_{CL(18m/s)} = \frac{1}{2} \cdot \rho_g \cdot u_e^2 \cdot N_H = \frac{1}{2} \cdot 1.0019 \cdot 18^2 \cdot 6.4 = 1038.77 \text{ Pa}$$

$$\Delta P_{CL} \geq 1038.77 \text{ Pa}$$

- Valor máximo de ΔP_{CL} admisible (25m/s):

$$\Delta P_{CL(25m/s)} = \frac{1}{2} \cdot \rho_g \cdot u_e^2 \cdot N_H = \frac{1}{2} \cdot 1.0019 \cdot 25^2 \cdot 6.4 = 2003.8 \text{ Pa}$$

$$\Delta P_{CL} \leq 2003.8 \text{ Pa}$$

De esta forma, la caída de presión en los ciclones debe de mantenerse siempre bajo la siguiente condición, mostrando una alarma en pantalla en caso contrario.

$$1038.77 \text{ Pa} \leq \Delta P_{CL} \leq 2003.8 \text{ Pa}$$

Finalmente, para realizar el ajuste de puesta en marcha se deberá seguir el siguiente protocolo.

- Abrir al 100% las válvulas de ajuste de todos los ciclones.
- Arrancar el ventilador de forma progresiva hasta alcanzar el punto de trabajo.
- Ajustar las válvulas de los ciclones para obtener valores de caída de presión en torno a 1650,5 Pa (22 m/s a la entrada). Se recomienda realizar el ajuste desde el ciclón más alejado del ventilador hacia el más cercano a él.
- Comprobar, una vez ajustados todos los ciclones, que ningún ciclón a sufrido variaciones.

PLIEGO DE CONDICIONES

1. INTRODUCCIÓN

En este apartado se pretende especificar todo lo referente, tanto a la parte mecánica como a la parte del proceso productivo, para el diseño del sistema de transporte neumático. Esto se debe a que el diseño y dimensionamiento se ha regido tanto a especificaciones del cliente como a normativa en cuanto a seguridad alimentaria.

Características generales del sistema de transporte:

- Capacidad total de transporte: 2000 Kg/h
- Número de líneas de transporte: 17
- Longitud de transporte máxima: 24 m

2. NORMATIVA GENERAL

2.1. NORMATIVA DE ELEMENTOS MOTRICES

- Ley 31/1995: Ley de Prevención de Riesgos Laborales. Esta ley contempla la necesidad de desarrollar una política que lleve a la prevención de los riesgos laborales que se encuentran en el trabajo. Se establece un buen nivel de protección de la salud para los trabajadores mediante un marco básico de garantías y responsabilidades. Se pretende la eliminación o disminución de riesgos laborales, informar de los derechos y obligaciones a todas las partes, participación equilibrada y formación. Las condiciones de trabajo podrán ser mejoradas y desarrolladas en los convenios colectivos. Esta ley no será de obligado cumplimiento para algunos ámbitos del sector público, que por sus funciones no permita la aplicación de la misma.
- Ley de Industria: 21/1992 – Seguridad y calidad industrial. Referente a la actividad industrial y sus establecimientos. Productos, equipos, procesos y actividades de la industria también se encuentran bajo el cumplimiento de la ley. Esta ley establece normas básicas de ordenación de las actividades industriales, fija medios y procedimientos para coordinar competencias, y regula la actuación del Estado con la industria.
- Real Decreto 1215/1997 – por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. Este Real Decreto se establece en el marco de la Ley 31/1995, de prevención de Riesgos Laborales, nombrada anteriormente. Este decreto entiende como equipo de trabajo cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo.
- Directiva 2006/42/CE – de Parlamento Europeo y del Consejo, el 17 de mayo de 2006, relativa a las máquinas y por la que se modifica la Directiva 95/16/CE (refundición). Regula todo lo relativo a las máquinas a nivel europeo. Esta directiva entra en vigor en España con el Real Decreto 1644/2008, expuesta a continuación.
- Real Decreto 1644/2008 - por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas. Establece las prescripciones relativas a la comercialización y puesta en servicio de las máquinas, con el fin de garantizar la seguridad de las mismas y su libre circulación cumpliendo con la directiva europea.
- Real Decreto 842/2002 de Baja tensión – Reglamento que tiene por objeto el establecimiento de las condiciones técnicas y garantías que conectadas a una fuente de suministro en los límites de baja tensión, para preservar la seguridad y el buen funcionamiento de las instalaciones frente a las personas y bienes. A su vez, contribuir a la fiabilidad técnica y a la eficiencia económica de las instalaciones.
- Real Decreto 485/1997 – sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Este decreto no afecta a la señalización de la normativa sobre comercialización de productos y equipos y sobre sustancias peligrosas. No se aplicará a la señalización del tráfico por carretera, ferroviario, fluvial, marítimo y aéreo, a no ser que se realicen en los lugares de trabajo.
- NTP 235 (Nota Técnica de Prevención) – no es de obligatorio cumplimiento a no ser que estén recogidas en una disposición normativa vigente. Esta nota técnica asegura las medidas de prevención de seguridad según el estudio de cada máquina. Advierte de los puntos que hay que tener en cuenta a la hora de que una máquina sea segura en todo su proceso (fabricación, transporte,

uso...).

- NTP 365 – si no está recogida en la normativa vigente, no es de obligatorio cumplimiento. Principales disposiciones españolas vigentes sobre seguridad y salud de los trabajadores, excepto las relativas a la minería y al sector marítimo. Se recoge una serie de leyes de la legislación española que se deben tener en cuenta cuando se trata de elementos que van a entrar en relación con la presencia de trabajadores.
- UNE-EN ISO 13857:2008: Norma internacional que especifica las distancias de seguridad respecto a las máquinas para evitar que se alcancen distancias de peligro, poniendo en riesgo la salud e higiene de las personas. También informa de las distancias a las cuales se debe impedir el acceso de los miembros inferiores. Cuando solo con las distancias de seguridad se puede alcanzar un nivel adecuado de seguridad, serán estas las medidas destinadas a proteger a las personas.

2.2. NORMATIVA DE MATERIALES DE LA INSTALACIÓN

- El Reglamento (CE) n.º 1831/2003 establece los principios generales para eliminar las diferencias entre las legislaciones de los Estados miembros en lo relativo a los materiales destinados a entrar en contacto con alimentos. El artículo 5, apartado 1, de este Reglamento dispone la adopción de medidas específicas respecto de los grupos de materiales y objetos y describe al detalle el procedimiento de autorización de las sustancias a nivel de la UE cuando una medida específica establezca una lista de sustancias autorizadas.
- El artículo 17, apartado 1, del Reglamento (CE) n.º 1831/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 28 de octubre de 2003, por el que se establecen los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria, se crea la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria y se fijan procedimientos relativos a la seguridad alimentaria, exige que los explotadores de empresas alimentarias se aseguren de que los alimentos cumplen los requisitos pertinentes. A tal fin y sin perjuicio de la exigencia de confidencialidad, los explotadores de empresas alimentarias deben tener acceso a la información pertinente para que puedan garantizar que la migración desde los materiales y objetos hacia los alimentos cumple las especificaciones y restricciones de la legislación alimentaria.
- El artículo 16, apartado 1, del Reglamento (CE) n.º 1831/2003 dispone que los materiales y objetos a los que se refieran las medidas específicas deben ir acompañados de una declaración por escrito que certifique su conformidad con las normas que les sean aplicables. Para reforzar la coordinación y responsabilidad de los proveedores en todas las fases de fabricación, incluida la de las sustancias de partida, los responsables deben documentar el cumplimiento de las normas pertinentes en una declaración de conformidad que ha de quedar a disposición de sus clientes.
- Recomendación (UE) 2017/84 de la Comisión, de 16 de enero de 2017, sobre la vigilancia de hidrocarburos de aceites minerales en alimentos y en materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos.
- Recomendación (UE) 2019/794 de la Comisión, de 15 de mayo de 2019, relativa a un plan coordinado de control para establecer la presencia de determinadas sustancias que migran desde los materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos.
- Reglamento (CE) N.º 450/2009 de la Comisión, de 29 de mayo de 2009, sobre materiales y objetos activos e inteligentes destinados a entrar en contacto con alimentos.

- Reglamento (CE) 2023/2006, de 22 de Diciembre de 2006, de la Comisión, sobre buenas prácticas de fabricación de materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos.
- Reglamento (CE) 1935/2004, de 27 de Octubre de 2004, del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre los materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos y por el que se derogan las Directivas 80/590/CEE y 89/109/CEE.

2.3. NORMATIVA DE RIESGO DE EXPLOSIÓN

- Real Decreto 400/1996 relativo a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas [Trasposición de la Directiva 94/9/CE (ATEX-100).
- Real Decreto 681/2003 sobre protección de la salud y seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de la presencia de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo [Trasposición de la Directiva 99/92/CE (ATEX-137)]

3. AMBIENTE DE TRABAJO

El sistema de transporte neumático se instalará en una zona de producción, lo que implica un ambiente óptimo de trabajo para los componentes mecánicos. Por otro lado, se ha de tener en cuenta que el polvo generado en el proceso de producción puede ser explosivo, por lo que todos los equipos deben estar certificados para trabajar en zona ATEX.

Estas certificaciones deberán ser las siguientes:

- 1D T100°C para los elementos en contacto directo con el producto.
- 2D T100°C para los elementos en contacto ocasional con el producto.
- 3D T100°C para los elementos en contacto fortuito con el producto.

Las condiciones ambientales en la zona de trabajo serán:

- Temperatura: 20-30°C.
- Humedad relativa: 0-80%.
- Presión: atmosférica.

4. MATERIALES

Dado que se trata de una instalación destinada al trasiego de producto alimentario para consumo humano, la normativa exige que toda la instalación se realice en acero inoxidable AISI316L. Así pues, toda aquella pieza de la instalación que pueda entrar en contacto con el producto deberá fabricarse en este material.

Por otro lado, toda parte de la instalación que no entre en contacto con el producto podrá fabricarse en acero inoxidable AISI304. De esta forma, la zona de producción se mantendrá libre de óxidos que puedan alterar las condiciones higiénicas de la factoría.

Datos técnicos de los materiales:

INOX AISI316L:

- Densidad: 8.0 g/cm³
- Punto de fusión: 1398°C
- Coeficiente de expansión: 17.5 µm/m °C (20 – 100°C)
- Módulo de rigidez: 70.3 kN/mm²
- Módulo de elasticidad: 187.5 kN/mm²

INOX AISI304:

- Densidad: 8.0 g/cm³
- Punto de fusión: 1454°C
- Coeficiente de expansión: 18.2 µm/m °C (20 – 100°C)
- Módulo de rigidez: 70.3 kN/mm²
- Módulo de elasticidad: 187.5 kN/mm²

Para las uniones no soldadas se usarán juntas de materiales certificados para uso alimentario. Puesto que no tenemos presencia de ningún producto que pueda suponer una incompatibilidad para los materiales plásticos de las juntas, se optará por juntas de NBR detectable, las cuales podrán ser detectadas por los equipos de detección de la línea de envasado en caso de que se desprenda y pase a la línea. Este tipo de material es económico y existen una amplia variedad de juntas de diferentes formas y tamaños, además de poder fabricarse juntas a medida para requerimientos especiales.

5. SOLDADURAS Y CONEXIONES

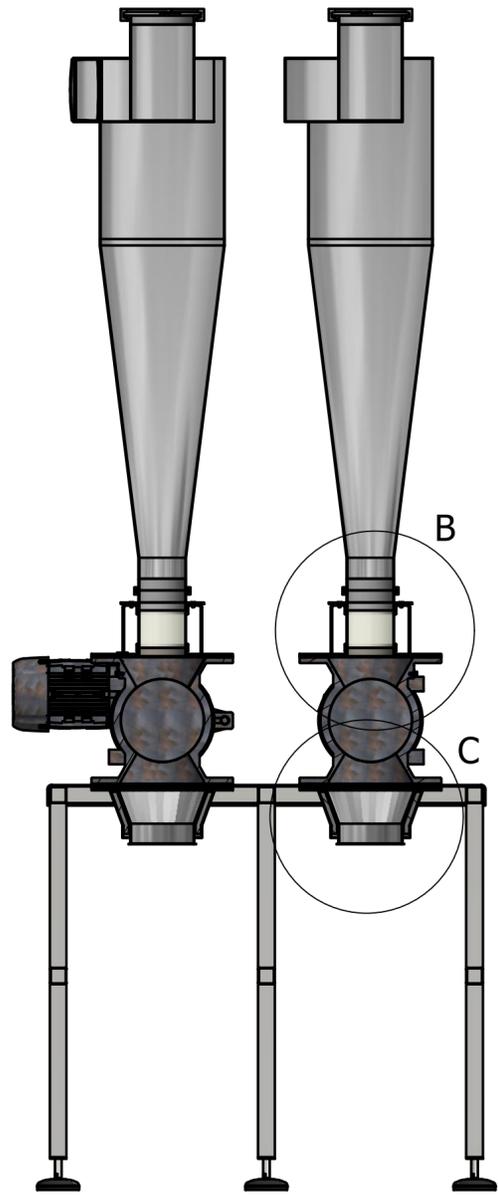
Para la fabricación de las conducciones se deberá minimizar el número de soldaduras, utilizando siempre que sea posible tramos de tubería únicos y cortados a la longitud necesaria. No obstante, todas las soldaduras que sea necesario realizar deberán hacerse mediante soldadura tipo TIG purgadas, utilizando argón como gas inerte para evitar la aparición de corrosiones y contaminaciones en las soldaduras. Además, todas las soldaduras deberán limpiarse con ácido para eliminar quemaduras restos de la soldadura.

- Normativa de las soldaduras: EN ISO 4063
- Proceso de soldeo: 143, soldeo TIG con aporte de varilla tubular.

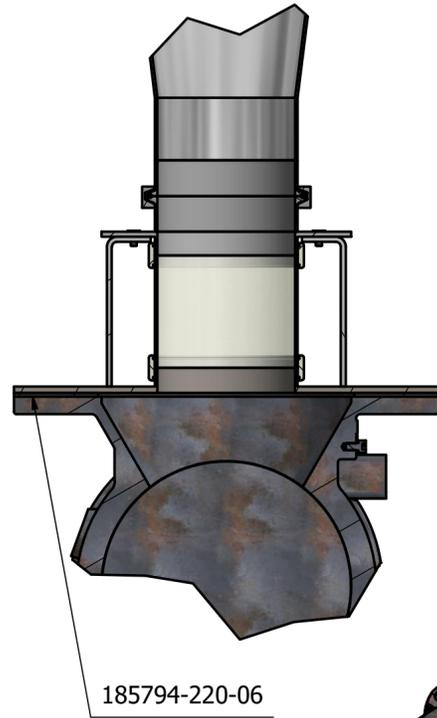
En cuanto a las conexiones no soldadas, se usarán dos tipos en toda la instalación. Por un lado, todas las partes de la instalación por donde circulara el producto se unirán con conexiones tipo clamp con junta de labio exterior. Po otro lado, se realizarán uniones con brida en el colector de aspiración, de esta forma podremos asegurar la rigidez del conjunto.

PLANOS

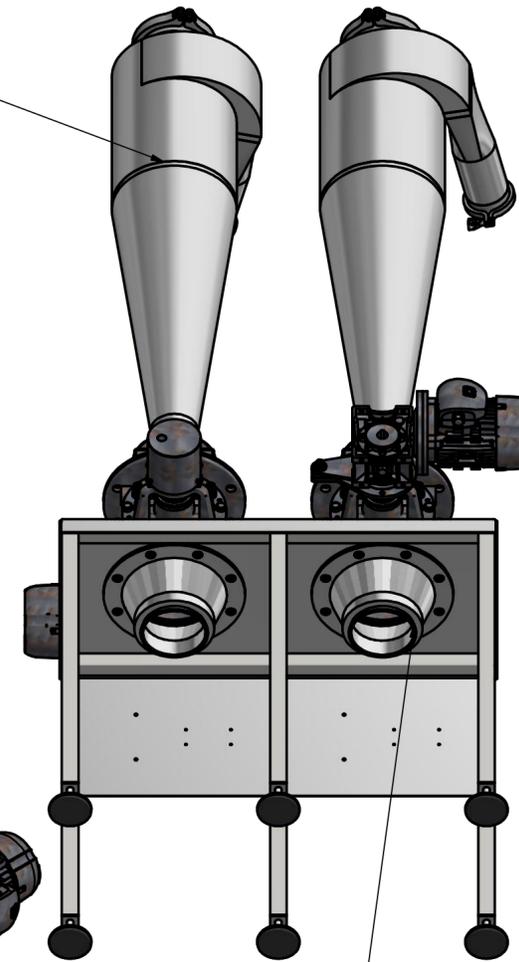
CORTE A-A



DETALLE B

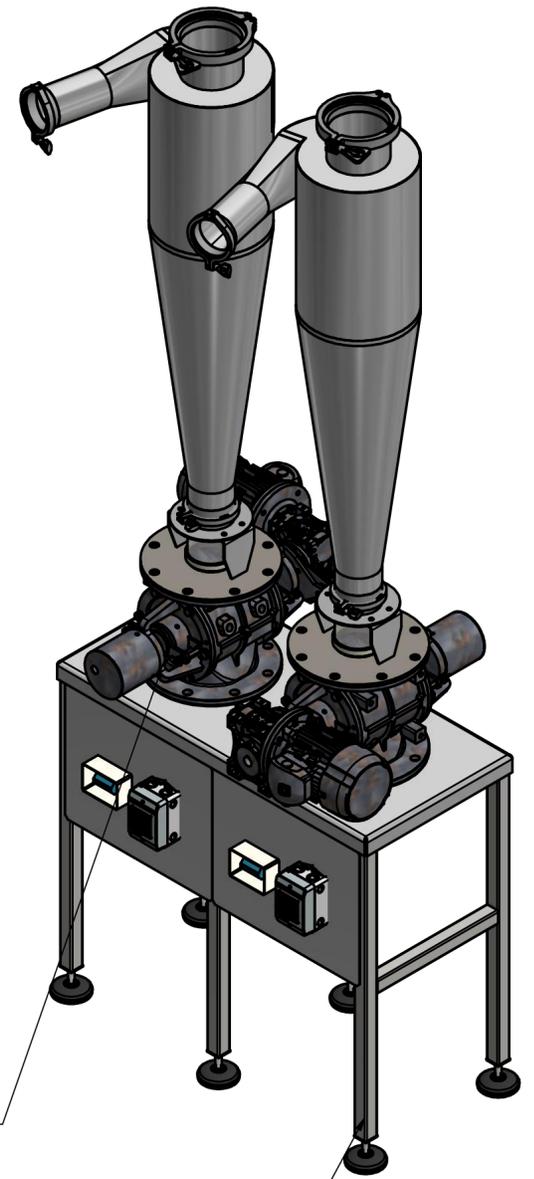


190809-200-01



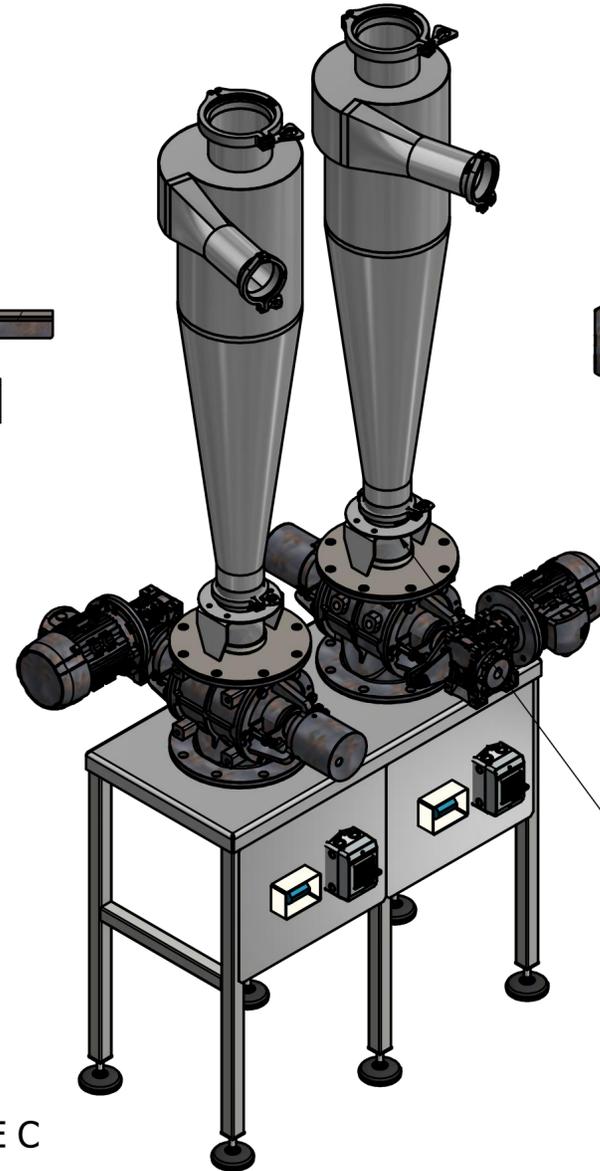
190809-211-00

BOX063-80-90

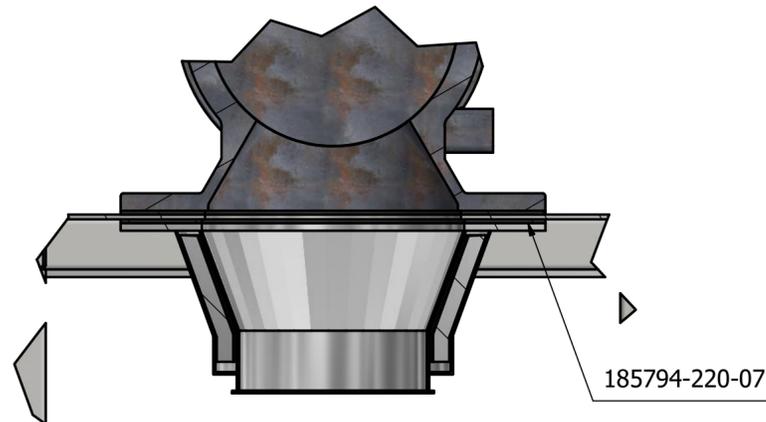


190809-222-00

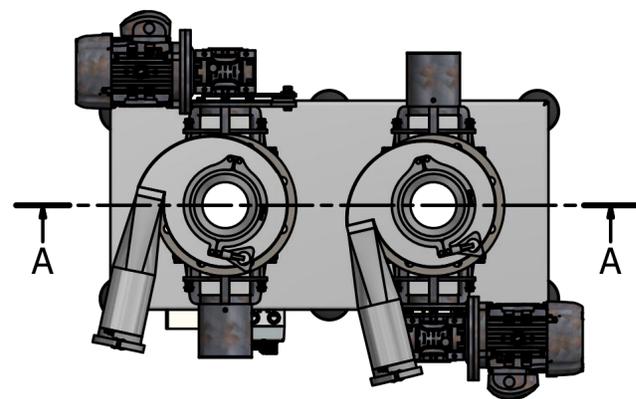
190809-230-00



DETALLE C



185794-220-07



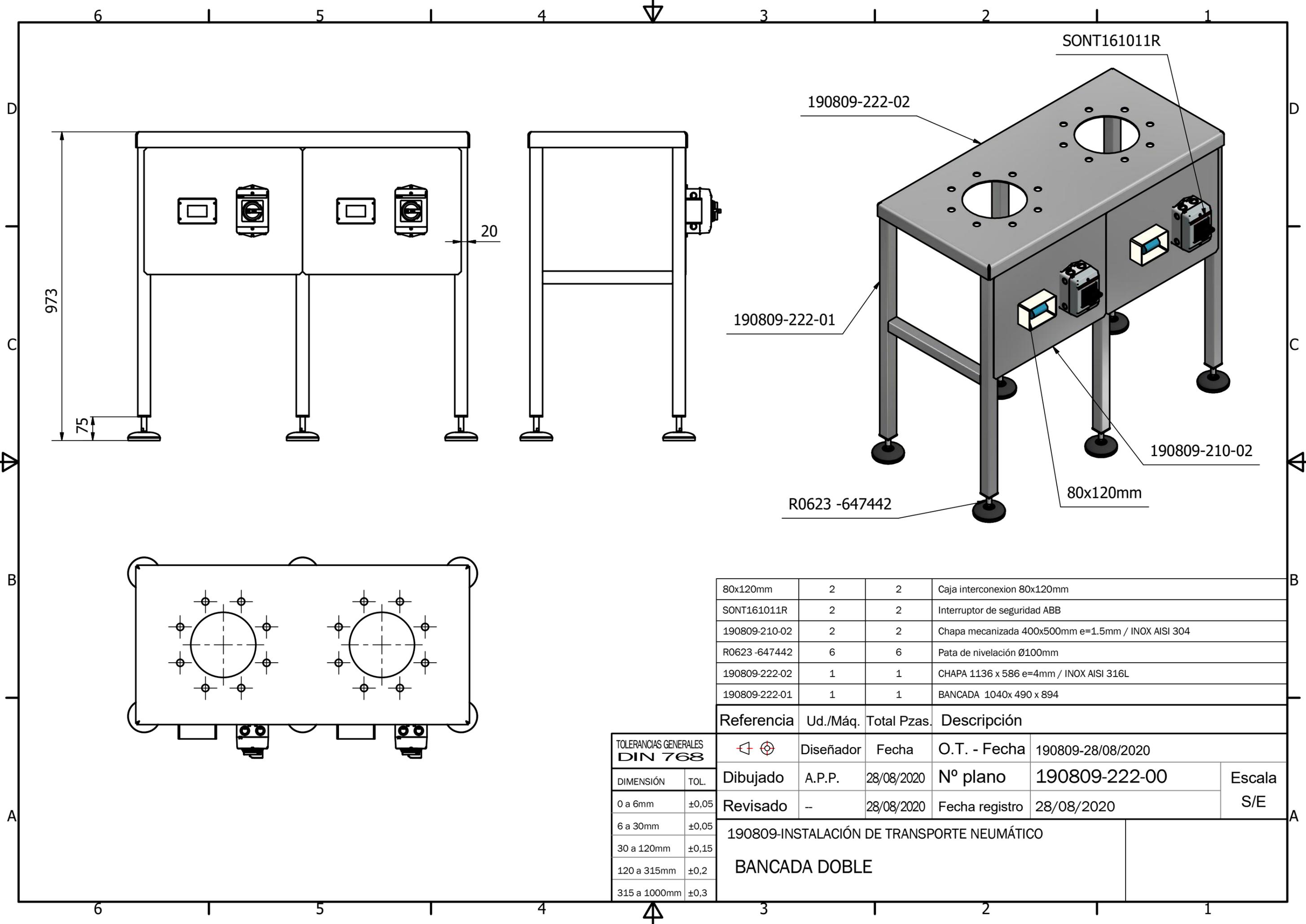
190809-222-00	1	1	BANCADA DOBLE
190809-230-00	2	2	MIRILLA CILÓN Ø300
190809-200-01	2	2	CICLÓN Ø300
190809-211-00	2	2	TOLVA Ø210
BOX063-80-90	2	2	Rotativa DN200 0.75kw INOX AISI316L
185794-220-07	2	2	JUNTA 340x3mm / NBR
185794-220-06	4	4	JUNTA 340x3mm / NBR

Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción
190809-28/08/2020	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha
190809-220-00	A.P.P.	28/08/2020	Nº plano
28/08/2020	--	28/08/2020	Fecha registro

TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO			
CONJUNTO BANCADA 2 CICLONES			

Escala
S/E



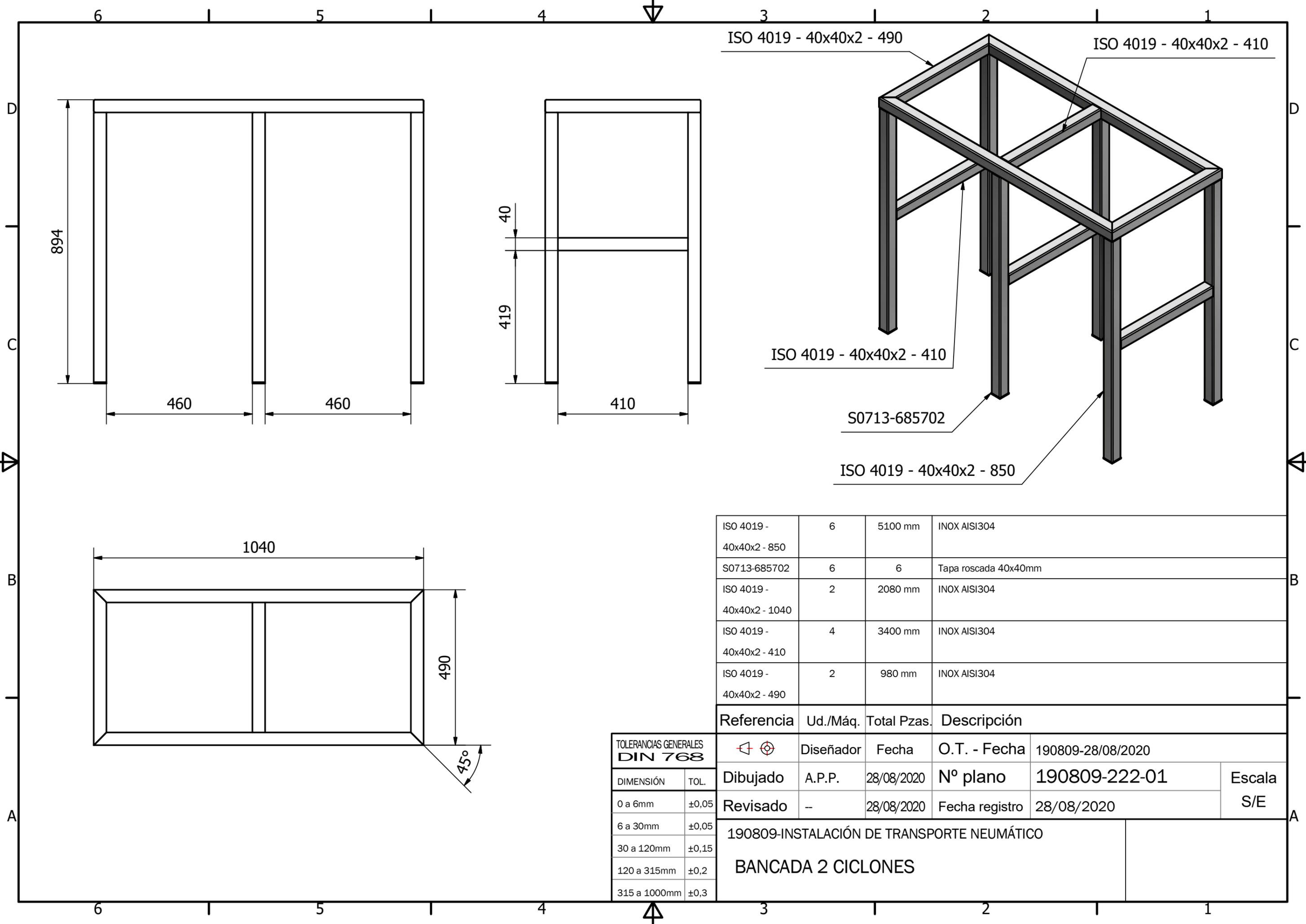
80x120mm	2	2	Caja interconexion 80x120mm
SONT161011R	2	2	Interrupor de seguridad ABB
190809-210-02	2	2	Chapa mecanizada 400x500mm e=1.5mm / INOX AISI 304
R0623 -647442	6	6	Pata de nivelación Ø100mm
190809-222-02	1	1	CHAPA 1136 x 586 e=4mm / INOX AISI 316L
190809-222-01	1	1	BANCADA 1040x 490 x 894

Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción		
	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-28/08/2020	
Dibujado	A.P.P.	28/08/2020	Nº plano	190809-222-00	Escala S/E
Revisado	--	28/08/2020	Fecha registro	28/08/2020	

TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO

BANCADA DOBLE



ISO 4019 - 40x40x2 - 850	6	5100 mm	INOX AISI304
S0713-685702	6	6	Tapa roscada 40x40mm
ISO 4019 - 40x40x2 - 1040	2	2080 mm	INOX AISI304
ISO 4019 - 40x40x2 - 410	4	3400 mm	INOX AISI304
ISO 4019 - 40x40x2 - 490	2	980 mm	INOX AISI304

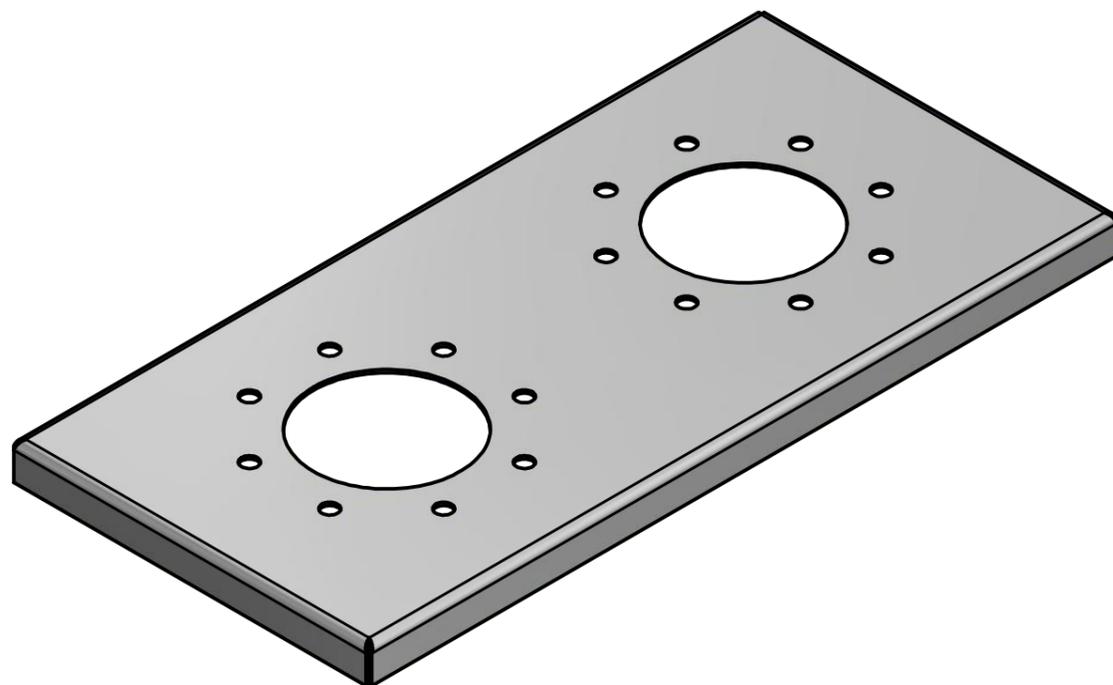
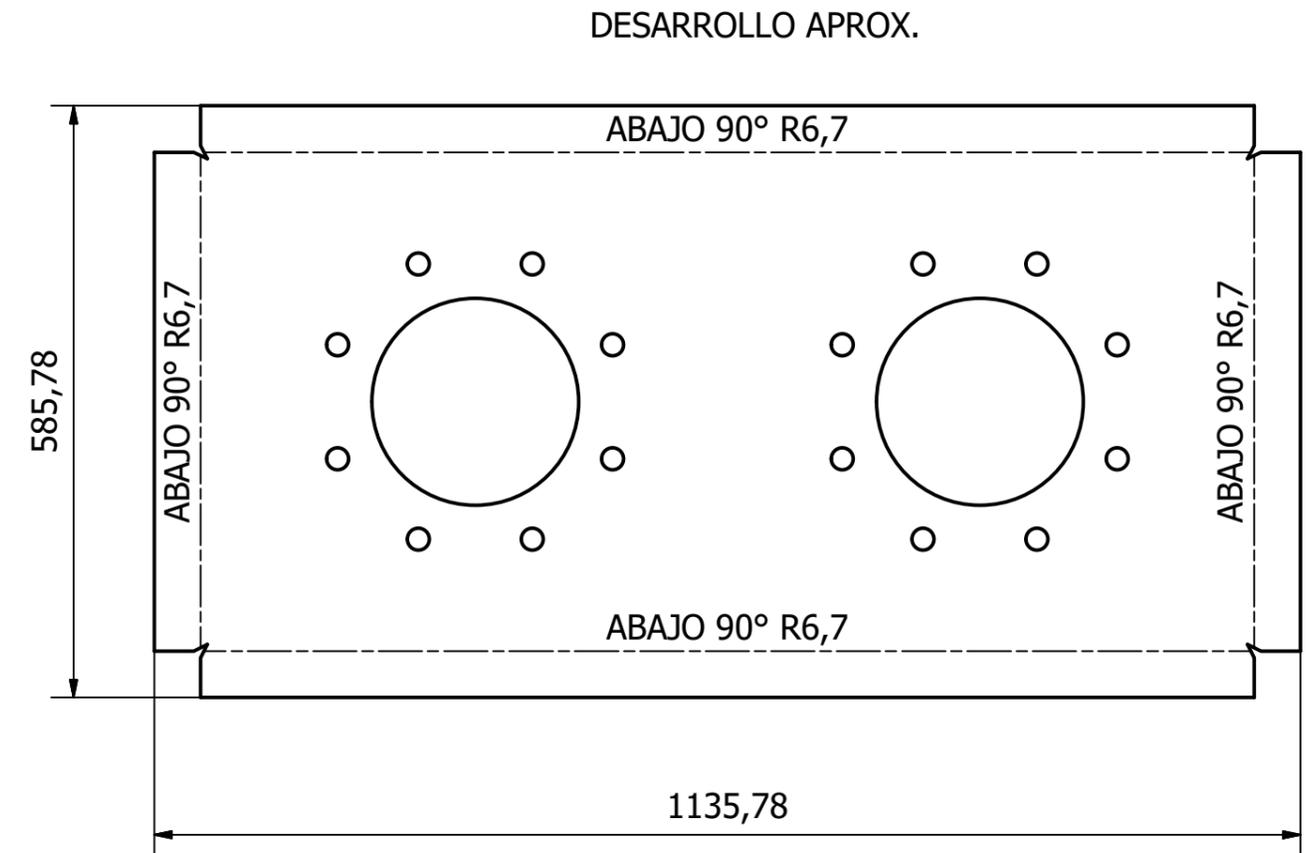
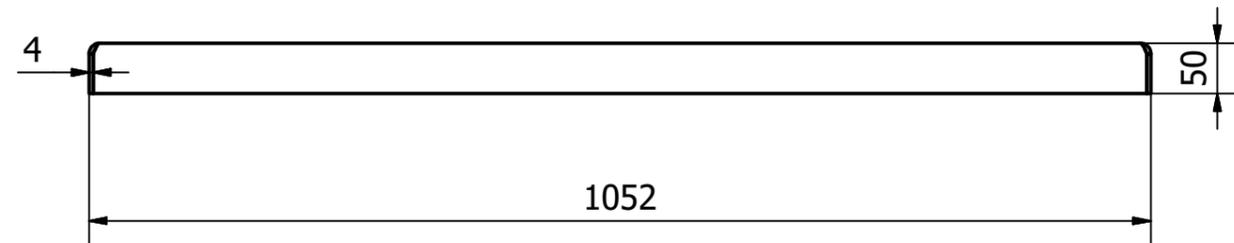
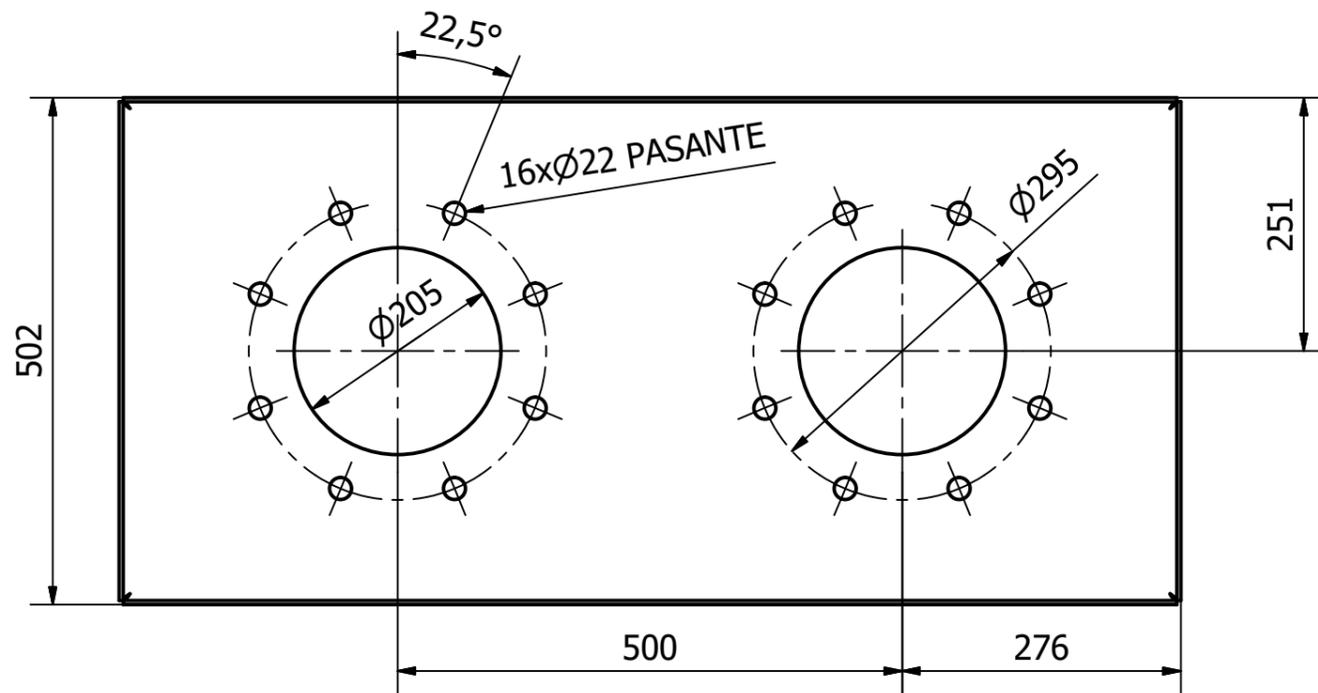
Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción	
	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-28/08/2020
Dibujado	A.P.P.	28/08/2020	Nº plano	190809-222-01
Revisado	--	28/08/2020	Fecha registro	28/08/2020

TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO

BANCADA 2 CICLONES

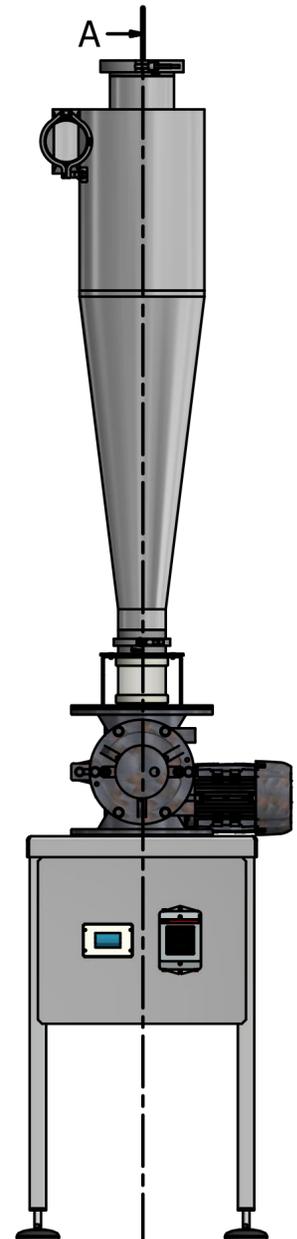
Escala
S/E



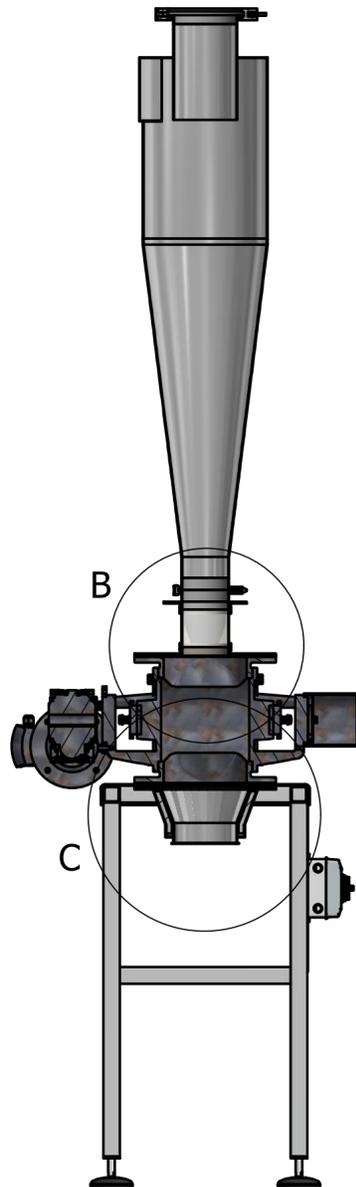
TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

190809-222-02	1	1	CHAPA 1136 x 586 e=4mm / INOX AISI 316L		
Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción		
	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-13/07/2020	
Dibujado	A.P.P.	13/07/2020	Nº plano	190809-222-02	Escala S/E
Revisado	--	13/07/2020	Fecha registro	13/07/2020	

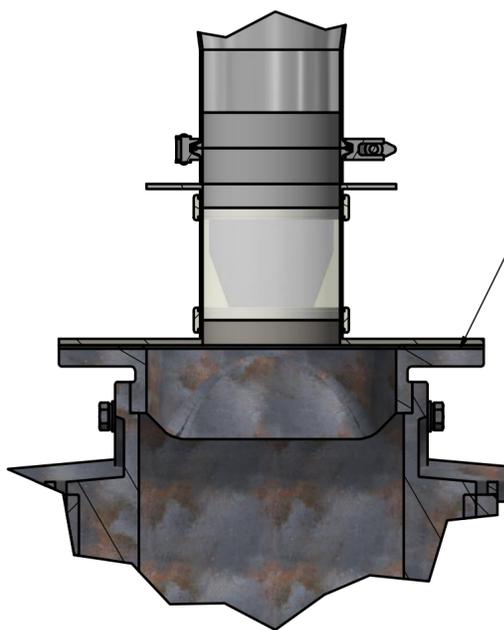
190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO
CHAPA SUPERIOR BANCADA 2 CICLONES



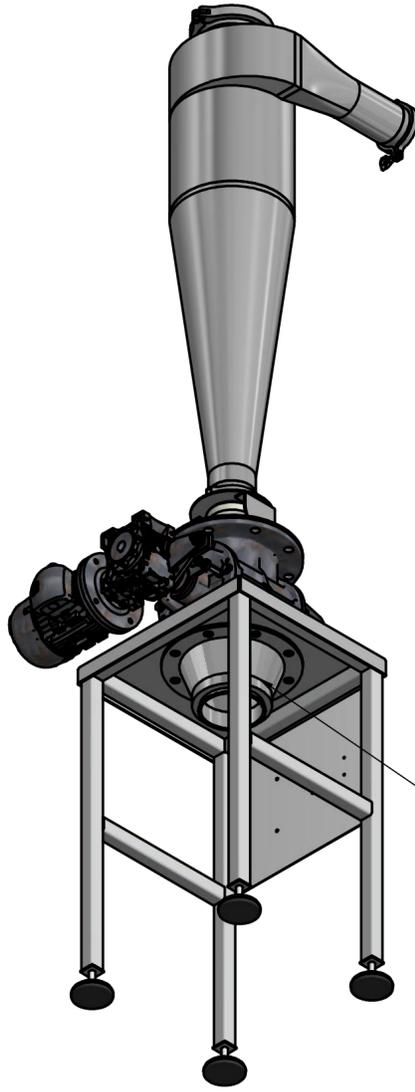
CORTE A-A



DETALLE B



185794-220-06



190809-200-01

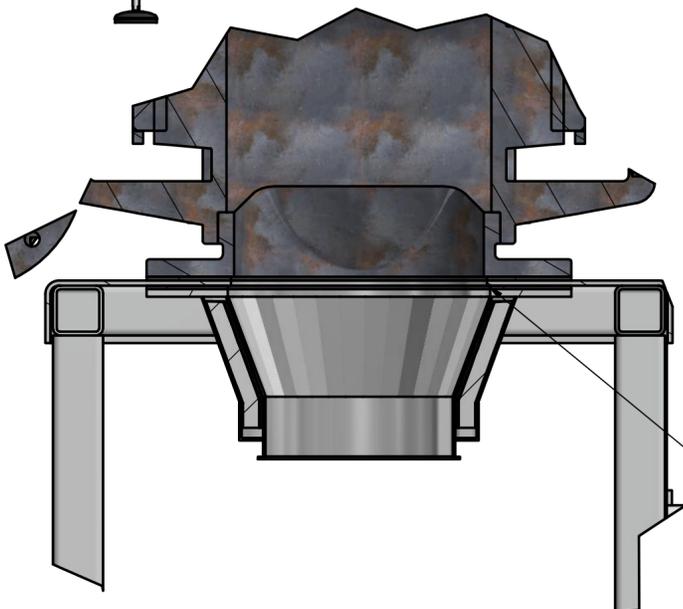
190809-211-00

BOX063-80-90

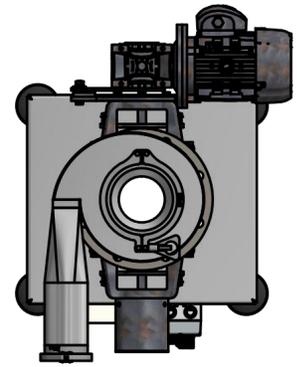
190809-212-00

190809-230-00

DETALLE C



185794-220-07



190809-212-00	1	1	BANCADA SIMPLE
190809-230-00	1	1	MIRILLA CILÓN Ø300
190809-200-01	1	1	CICLÓN Ø300
BOX063-80-90	1	1	Rotativa DN200 0.75kw INOX AISI316L
190809-211-00	1	1	TOLVA Ø210
185794-220-06	2	2	JUNTA 340x3mm / NBR
185794-220-07	1	1	JUNTA 340x3mm / NBR

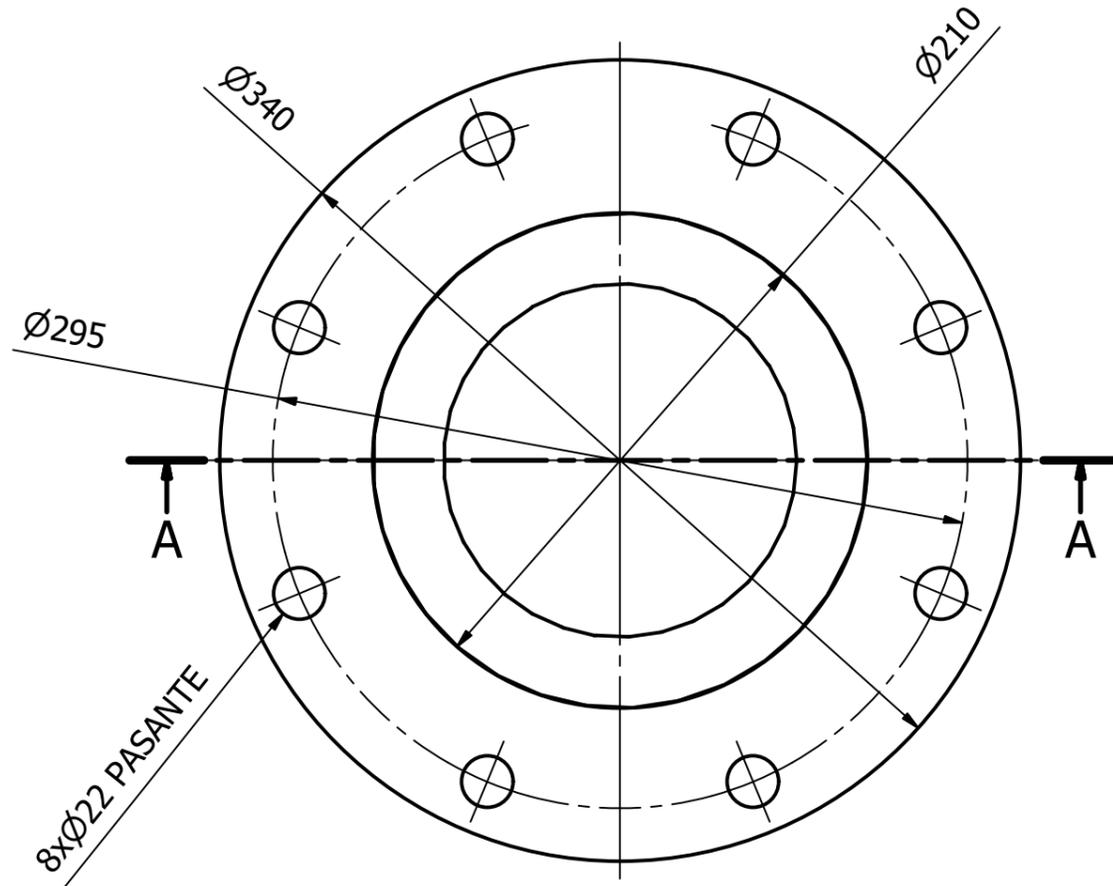
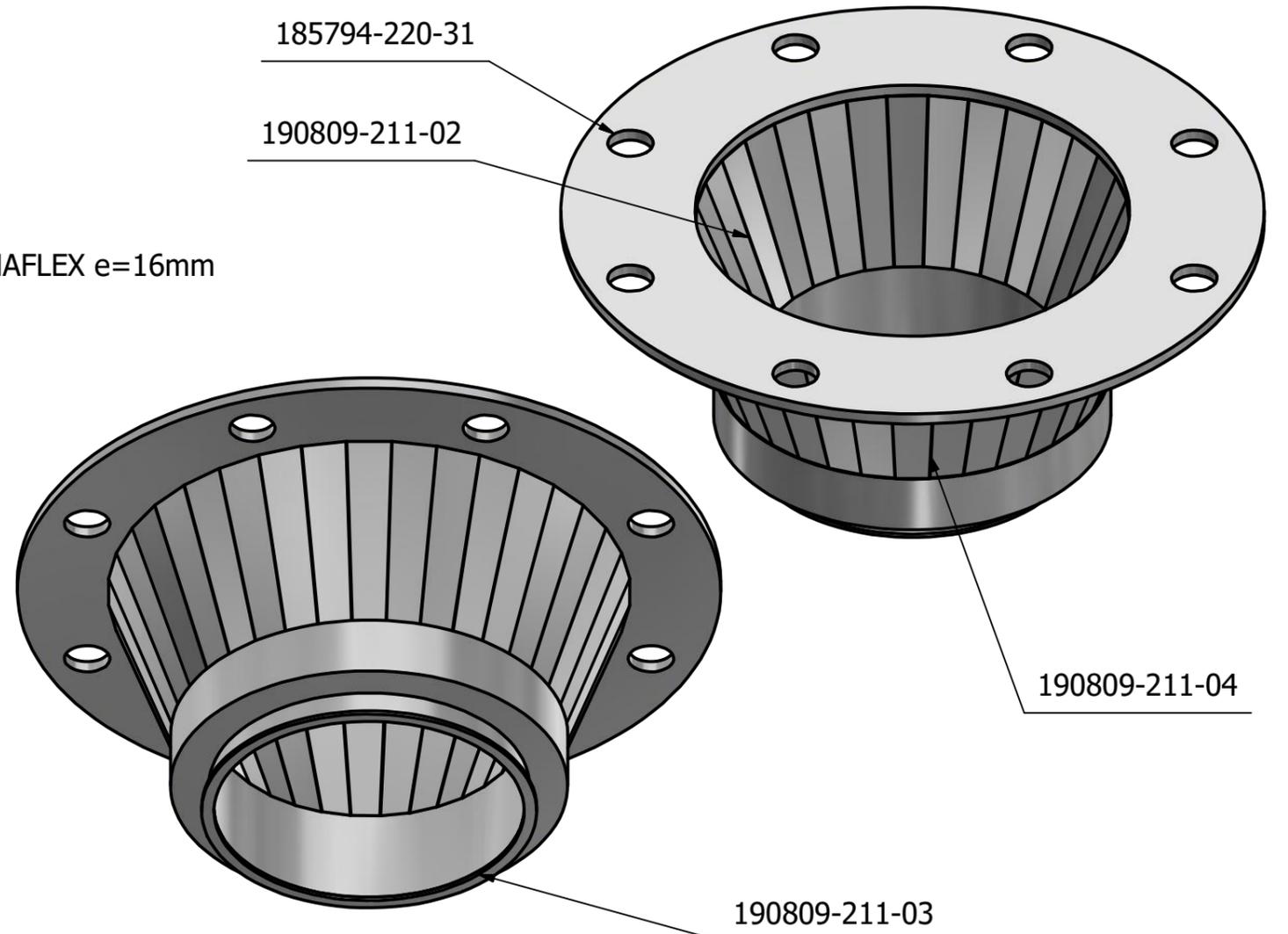
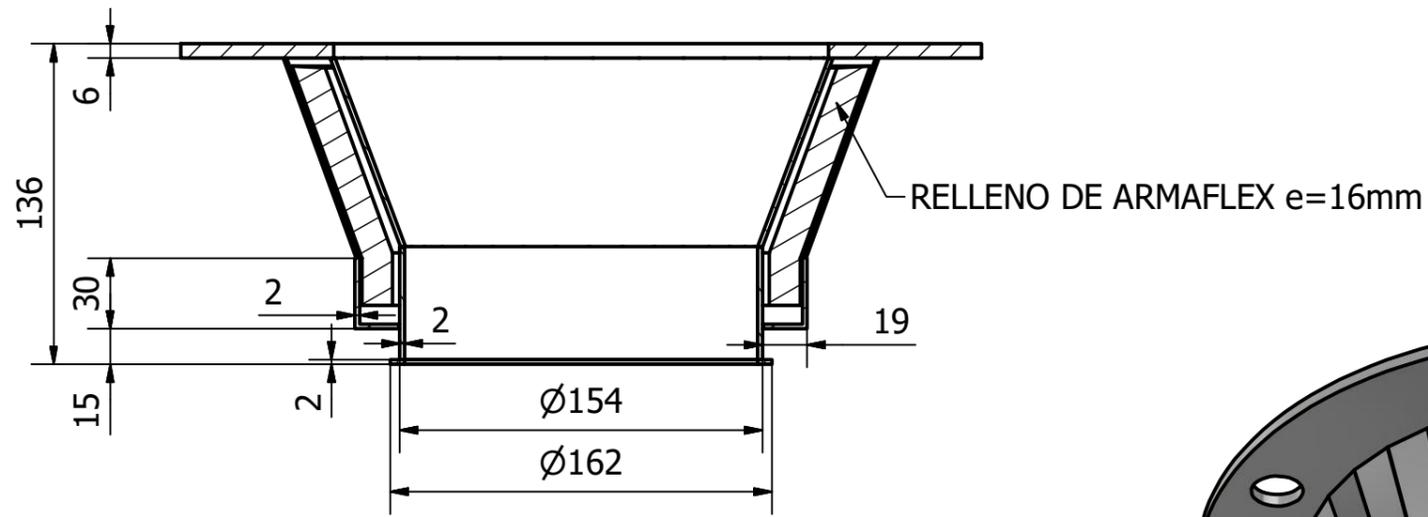
Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción
190809-28/08/2020	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha
190809-210-00	A.P.P.	28/08/2020	Nº plano
190809-210-00	--	28/08/2020	Fecha registro

TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO	
CONJUNTO BANCADA 1 CICLÓN	

Escala
S/E

CORTE A-A

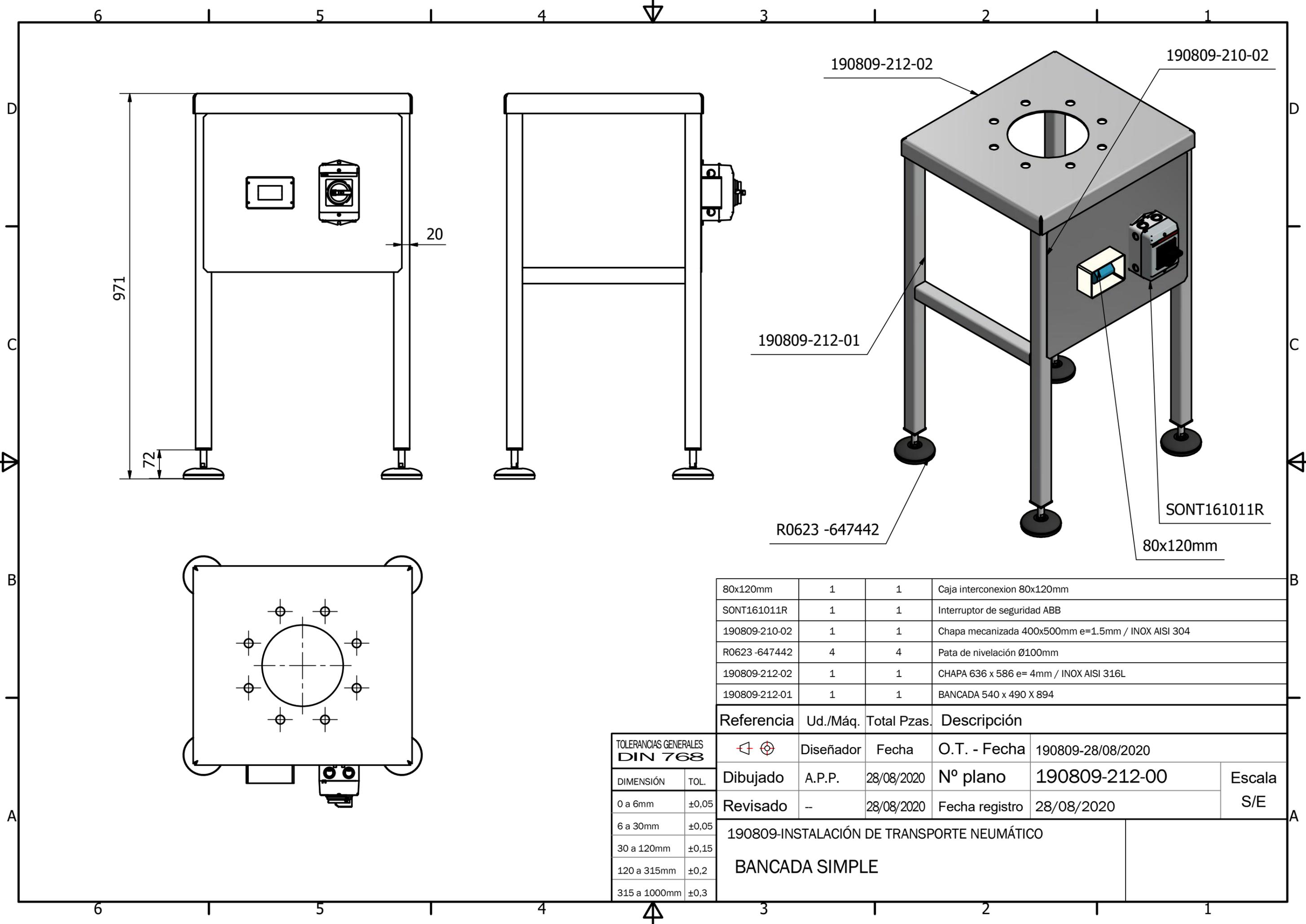


190809-211-04	1	1	Transición encamisado Ø250-Ø138 e=2mm / INOX AISI 304
190809-211-03	1	1	Cuello recto Ø104 con valona e=2mm / INOX AISI 304
190809-211-02	1	1	Transición Ø210-Ø104 e=2mm / INOX AISI 304
185794-220-31	1	1	Brida superior Ø340mm e=6mm / INOX AISI 304

Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción		
	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-28/08/2020	
	A.P.P.	28/08/2020	Nº plano	190809-211-00	Escala S/E
	--	28/08/2020	Fecha registro	28/08/2020	

TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO					
TOLVA Ø210					



80x120mm	1	1	Caja interconexion 80x120mm
SONT161011R	1	1	Interrupor de seguridad ABB
190809-210-02	1	1	Chapa mecanizada 400x500mm e=1.5mm / INOX AISI 304
R0623 -647442	4	4	Pata de nivelación Ø100mm
190809-212-02	1	1	CHAPA 636 x 586 e= 4mm / INOX AISI 316L
190809-212-01	1	1	BANCADA 540 x 490 X 894

Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción		
	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-28/08/2020	
Dibujado	A.P.P.	28/08/2020	Nº plano	190809-212-00	Escala S/E
Revisado	--	28/08/2020	Fecha registro	28/08/2020	

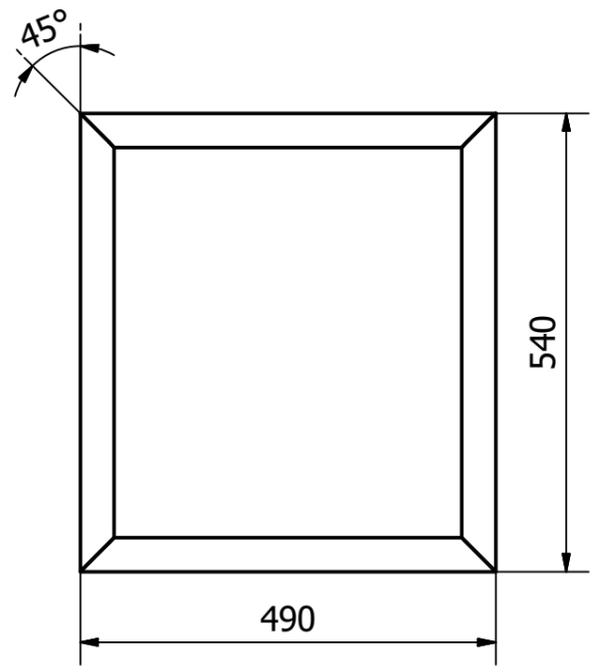
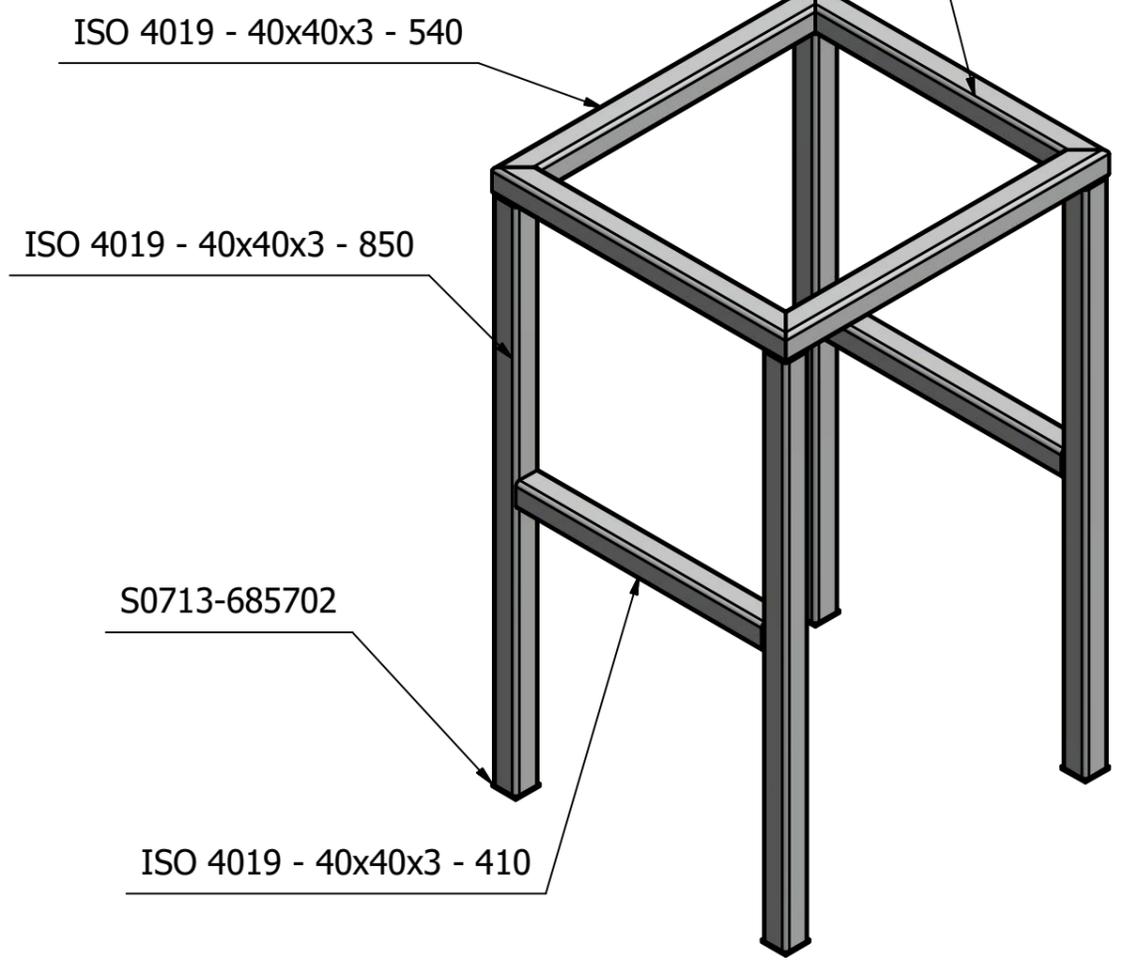
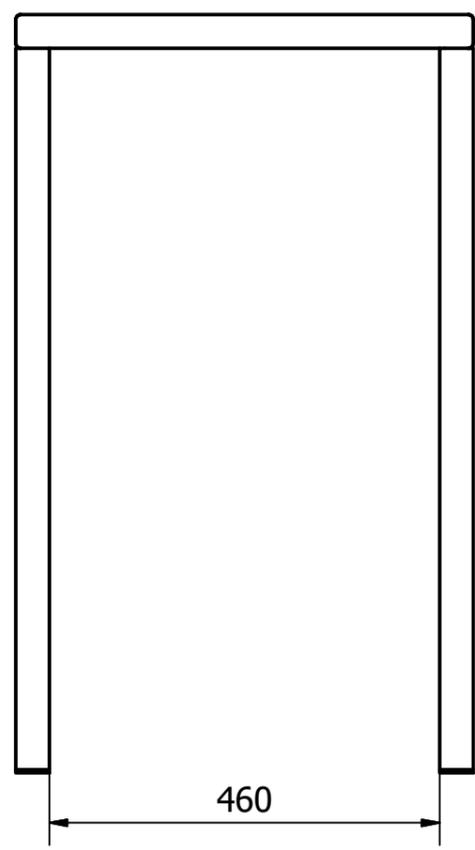
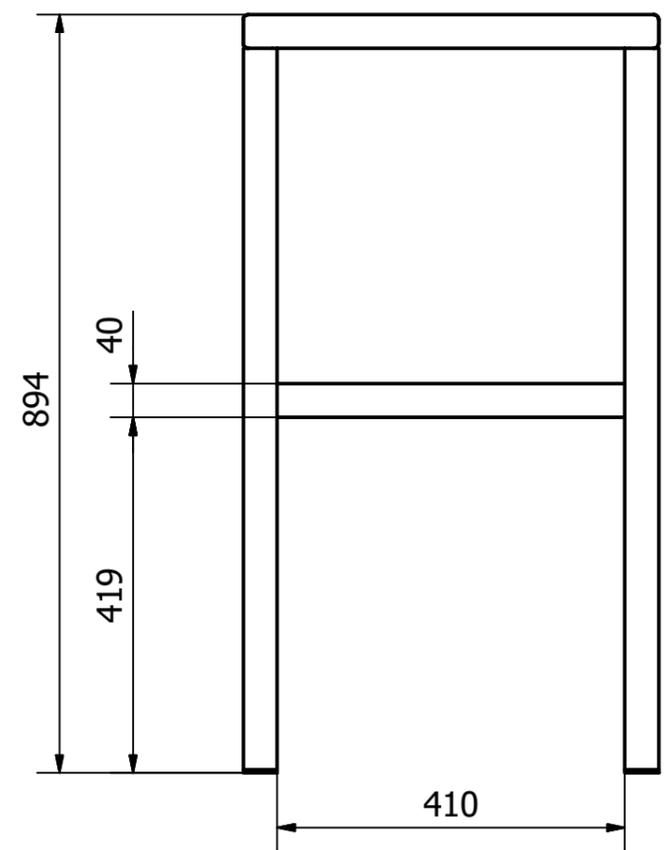
TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO

BANCADA SIMPLE

6 5 4 3 2 1

D
C
B
A



S0713-685702	4	4	Tapa roscada 40x40mm
ISO 4019 - 40x40x3 - 410	2	820 mm	INOX AISI304
ISO 4019 - 40x40x3 - 850	4	3400 mm	INOX AISI304
ISO 4019 - 40x40x3 - 540	2	1080 mm	INOX AISI304
ISO 4019 - 40x40x3 - 490	2	980 mm	INOX AISI304

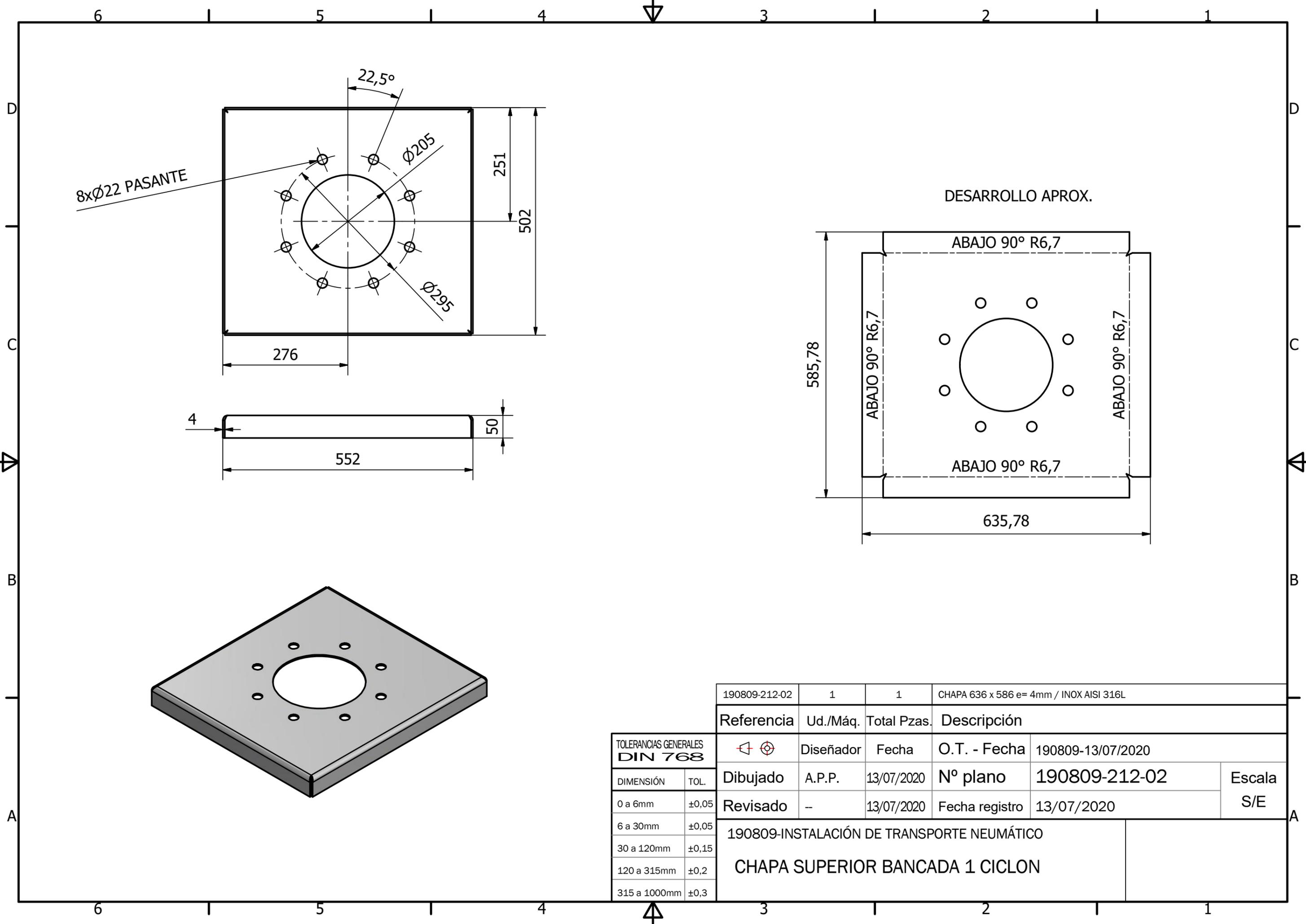
Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción	
	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-28/08/2020
Dibujado	A.P.P.	28/08/2020	Nº plano	190809-212-01
Revisado	--	28/08/2020	Fecha registro	28/08/2020

TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO

BANCADA 1 CICLÓN

6 5 4 3 2 1



8xØ22 PASANTE

22,5°

Ø205

Ø295

251

502

276

4

50

552

DESARROLLO APROX.

ABAJO 90° R6,7

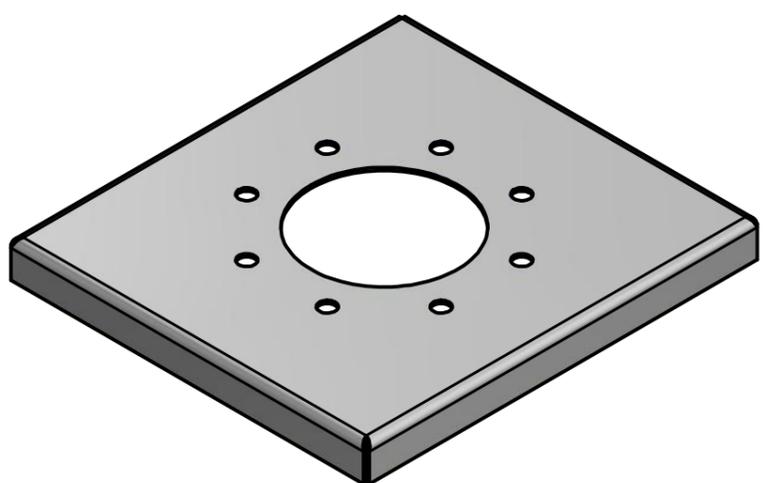
ABAJO 90° R6,7

ABAJO 90° R6,7

ABAJO 90° R6,7

585,78

635,78



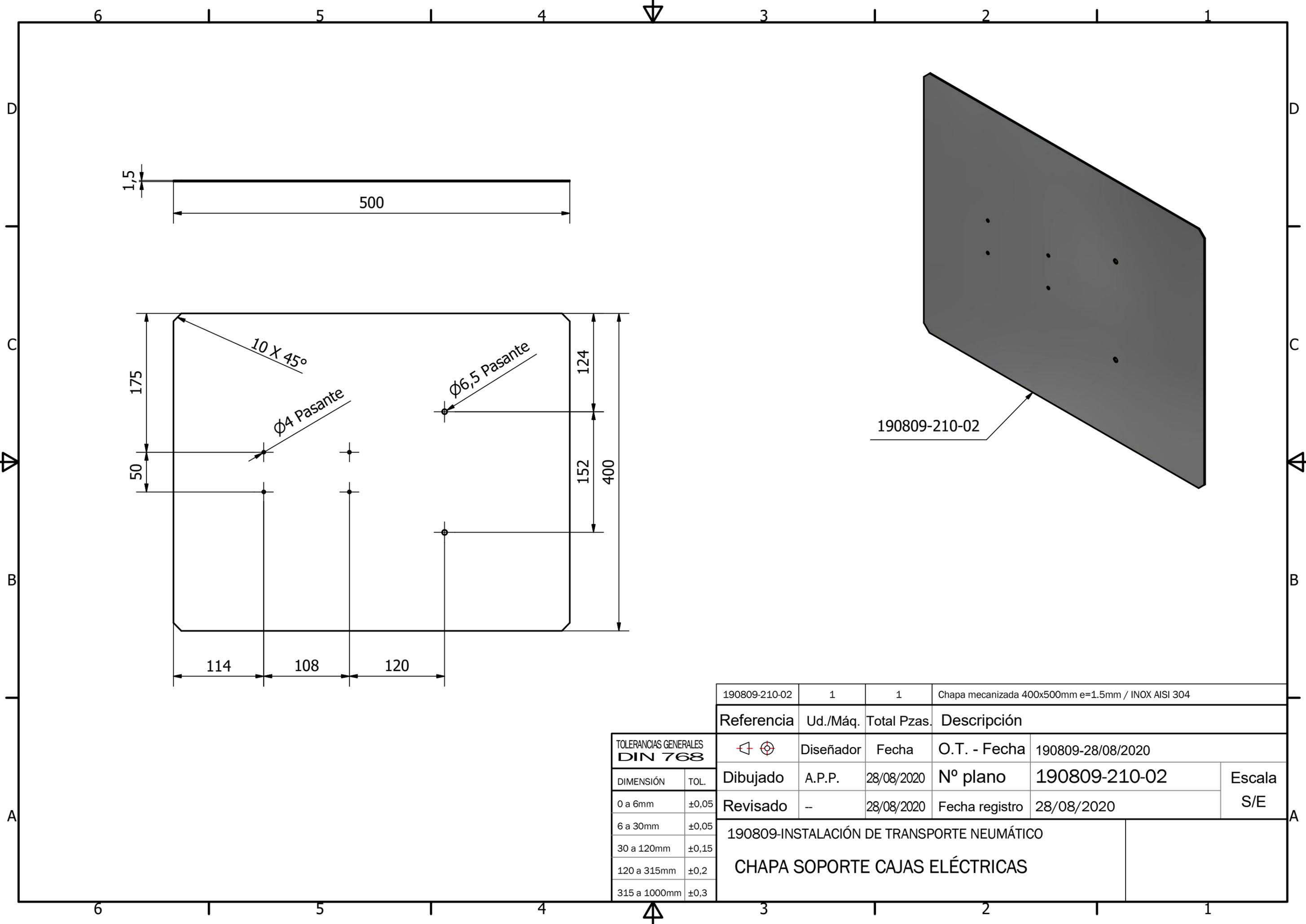
TOLERANCIAS GENERALES
DIN 768

DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

190809-212-02	1	1	CHAPA 636 x 586 e= 4mm / INOX AISI 316L		
Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción		
	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-13/07/2020	
Dibujado	A.P.P.	13/07/2020	Nº plano	190809-212-02	Escala S/E
Revisado	--	13/07/2020	Fecha registro	13/07/2020	

190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO

CHAPA SUPERIOR BANCADA 1 CICLON

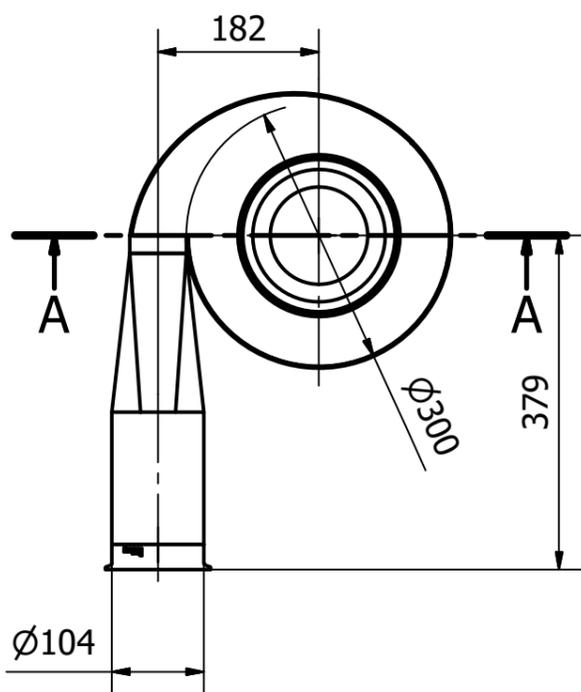
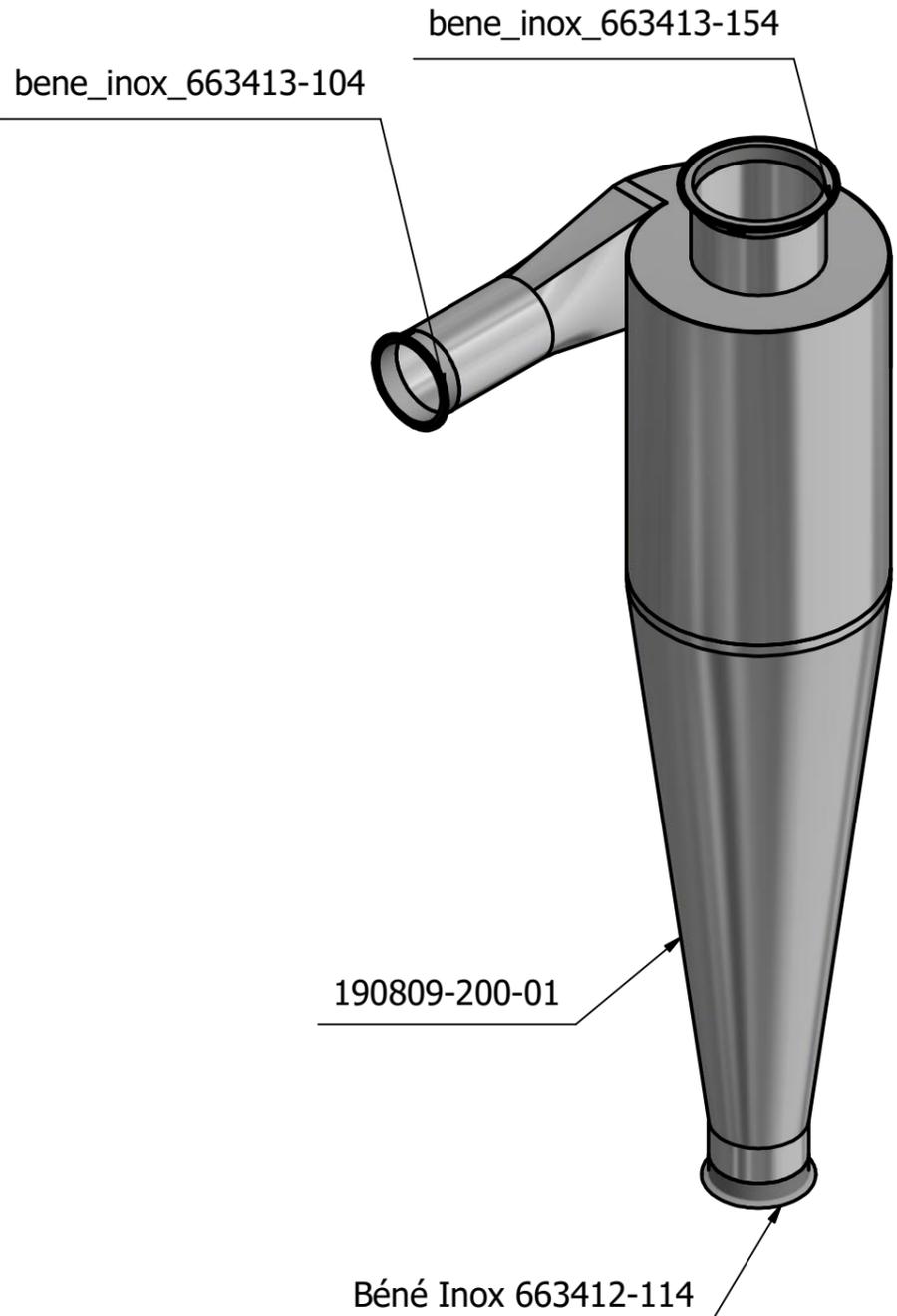
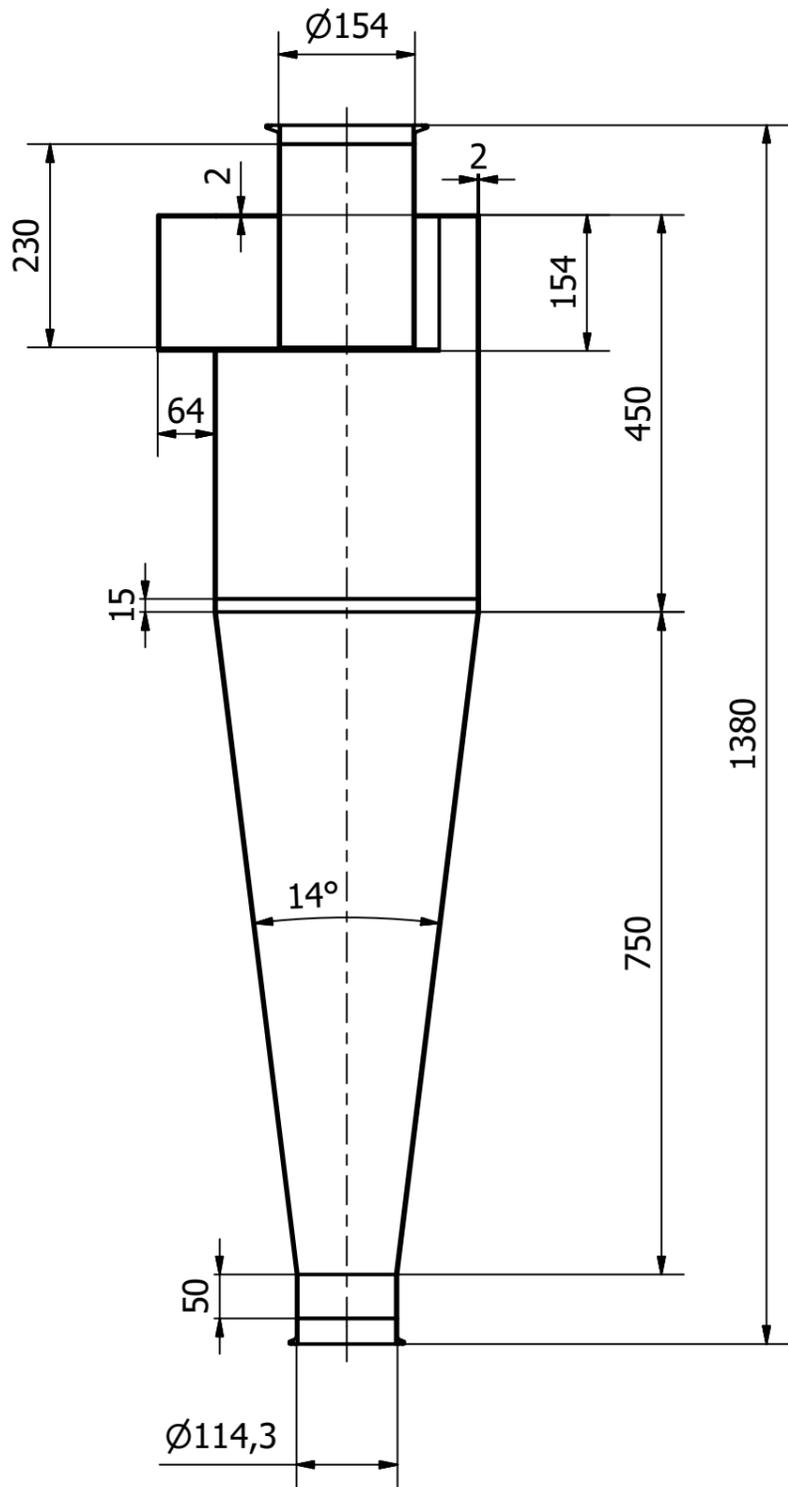


**TOLERANCIAS GENERALES
DIN 768**

DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

190809-210-02	1	1	Chapa mecanizada 400x500mm e=1.5mm / INOX AISI 304		
Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción		
	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-28/08/2020	
Dibujado	A.P.P.	28/08/2020	Nº plano	190809-210-02	Escala S/E
Revisado	--	28/08/2020	Fecha registro	28/08/2020	
190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO					
CHAPA SOPORTE CAJAS ELÉCTRICAS					

CORTE A-A



Béné Inox 663412-114	1	1	Model 63412-Welding ISO clamp ferrule - Stainless steel 316L
bene_inox_663 413-154	1	1	Model 63413-Welding DIN / metric clamp ferrule - Stainless steel 316L
bene_inox_663 413-104	1	1	Model 63413-Welding DIN / metric clamp ferrule - Stainless steel 316L
190809-200-01	1	1	Ciclon Ø300mm e=2mm / INOX AISI 316L

Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción					
			Disenador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-02/07/2020		
			Dibujado	A.P.P.	02/07/2020	Nº plano	190809-200-01	Escala S/E
			Revisado	--	02/07/2020	Fecha registro	02/07/2020	

TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO					
CICLÓN Ø300					

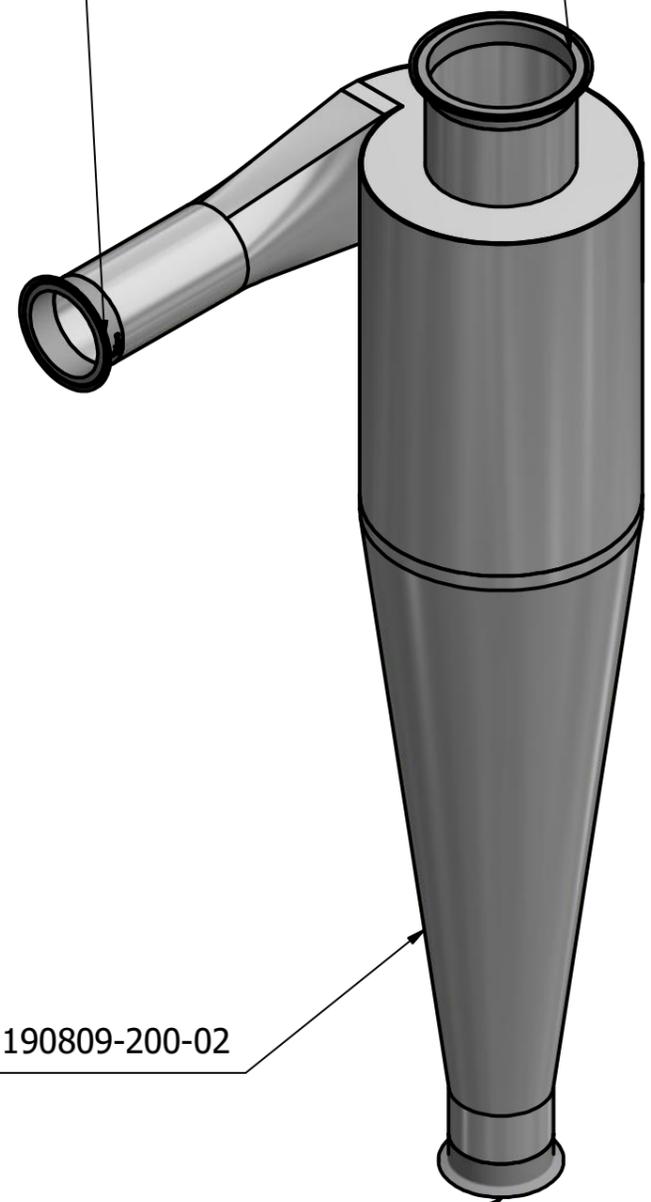
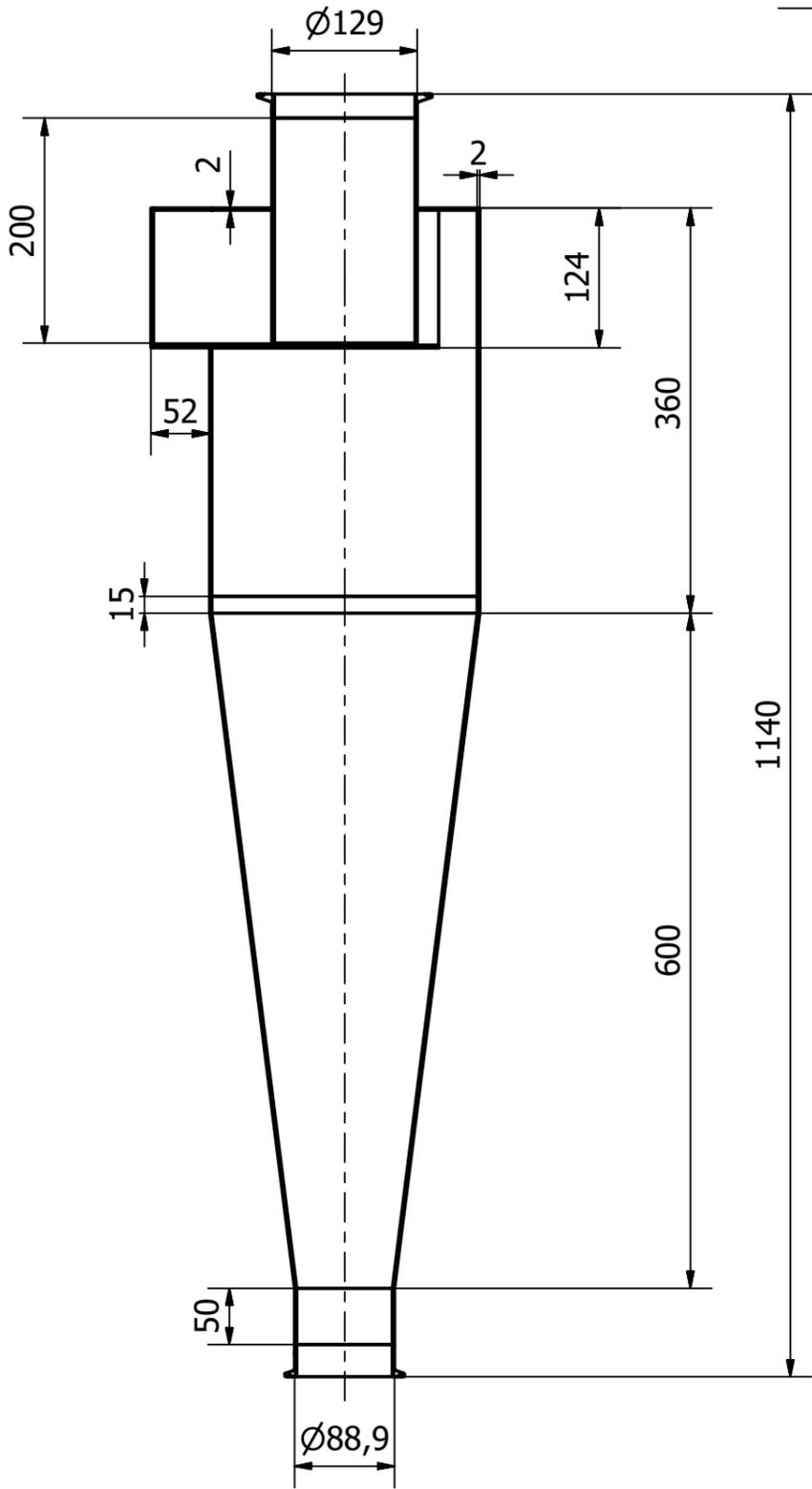
CORTE A-A

bene_inox_663413-85

bene_inox_663413-129

D

D



190809-200-02

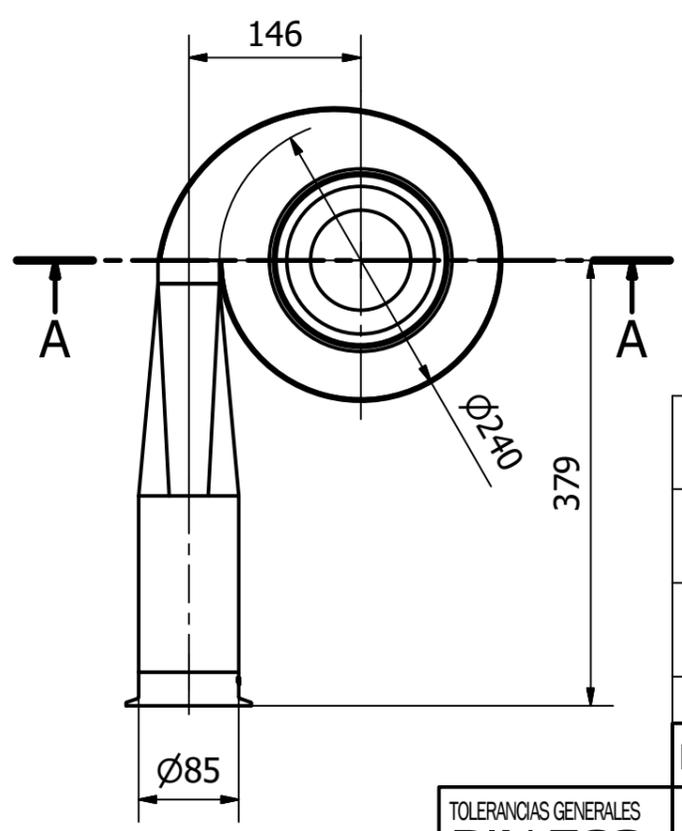
Béné Inox 663412-88

C

C

B

B



bene_inox_663 413-129	1	1	Model 63413-Welding DIN / metric clamp ferrule - Stainless steel 316L
Béné Inox 663412-88	1	1	Model 63412-Welding ISO clamp ferrule - Stainless steel 316L
bene_inox_663 413-85	1	1	Model 63413-Welding DIN / metric clamp ferrule - Stainless steel 316L
190809-200-02	1	1	Ciclon Ø240mm e=2mm / INOX AISI 316L

Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción	
	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-02/07/2020
Dibujado	A.P.P.	02/07/2020	Nº plano	190809-200-02
Revisado	--	02/07/2020	Fecha registro	02/07/2020

TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO	
CICLÓN Ø240	

A

A

6

1

5

1

4

4

3

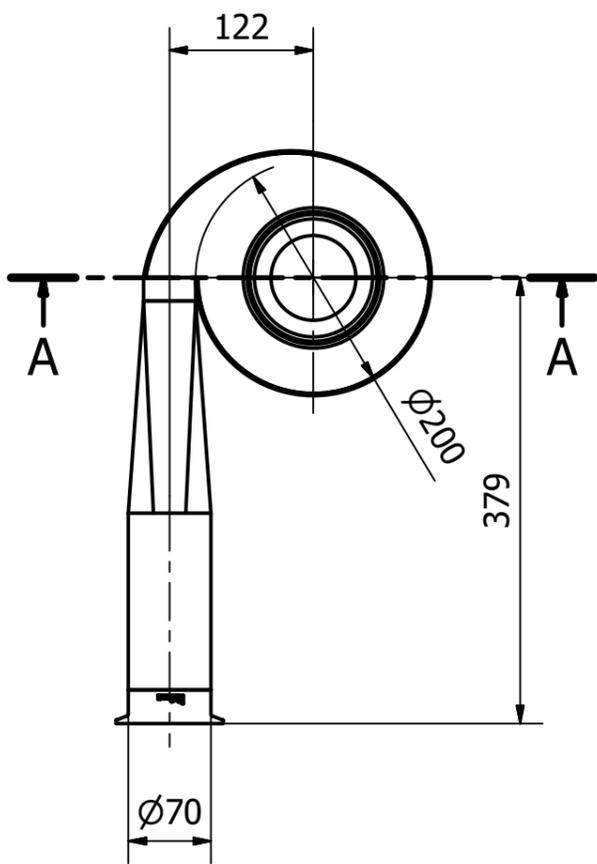
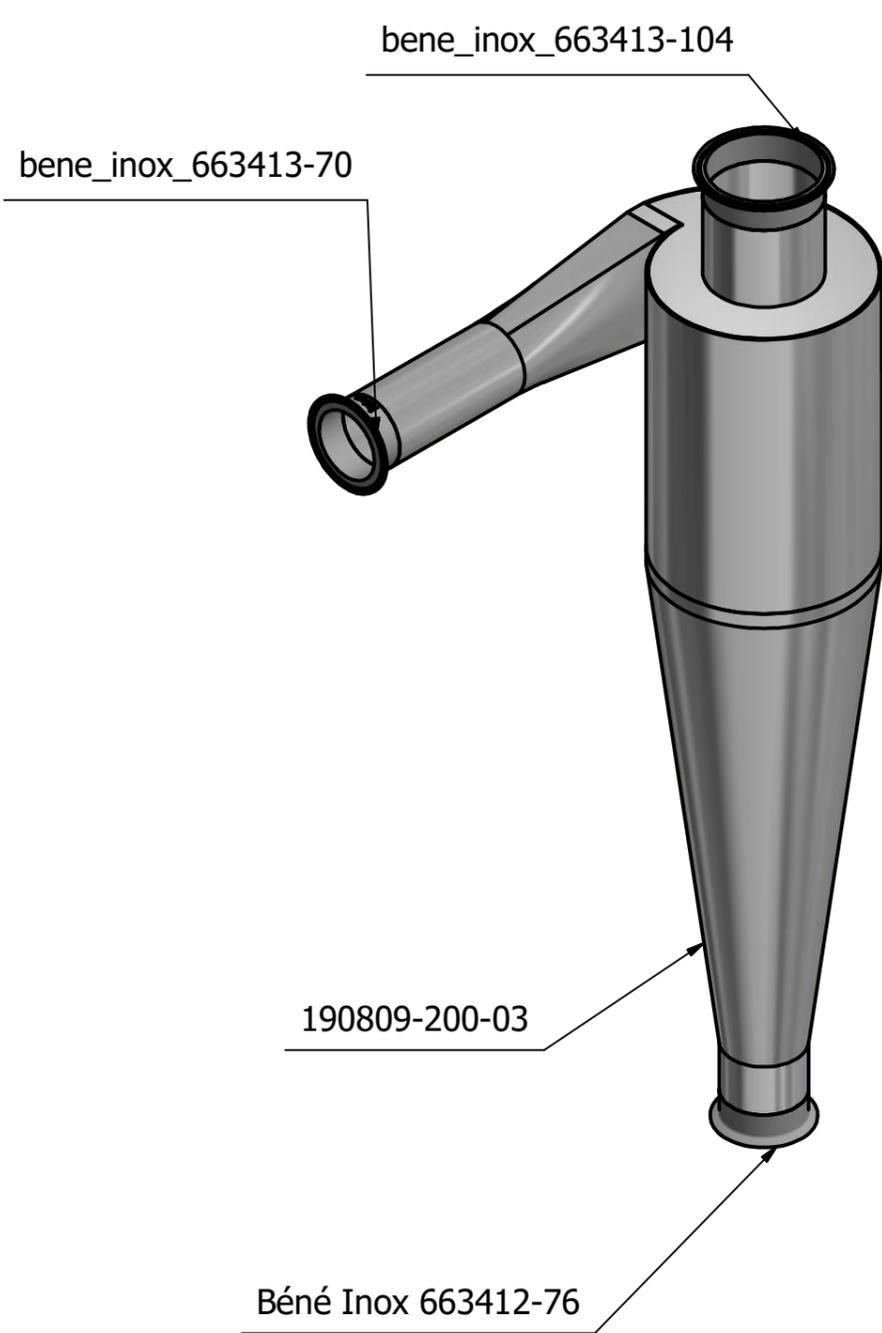
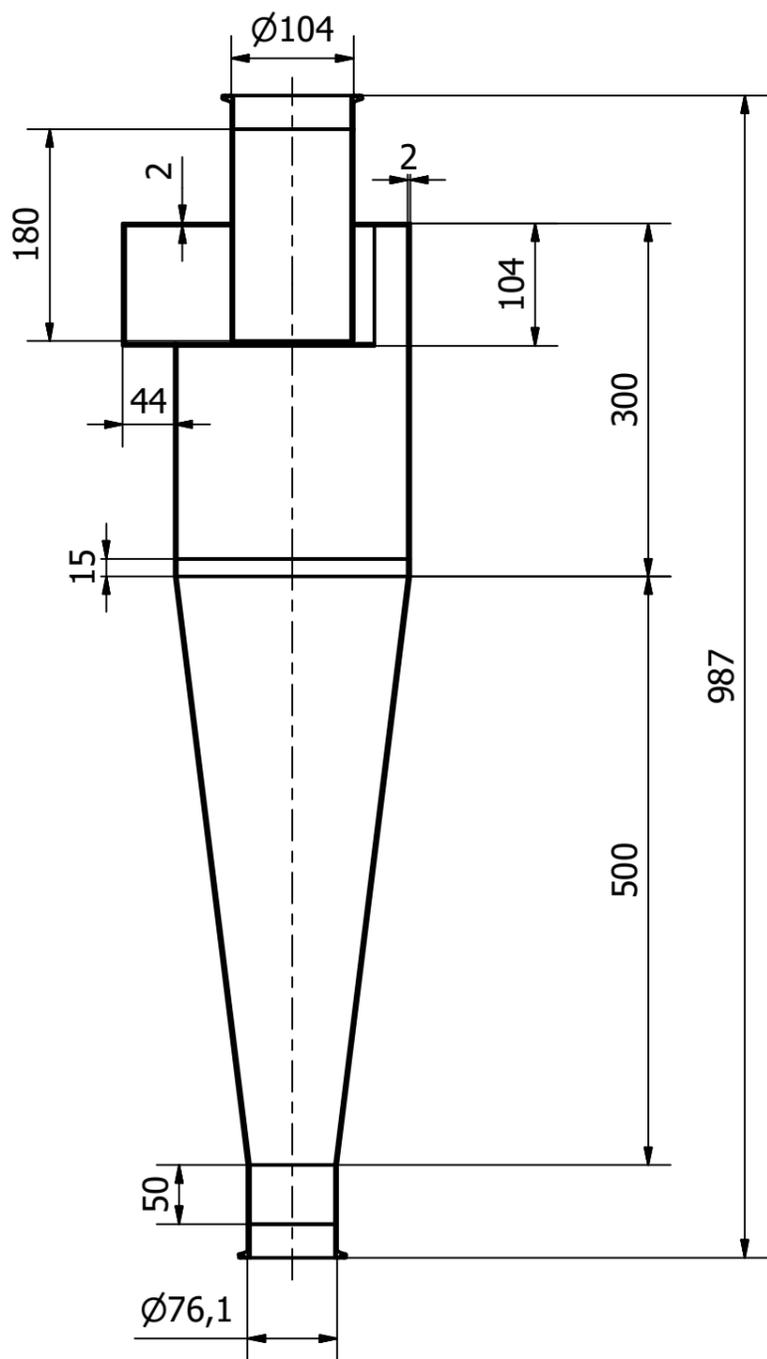
1

2

1

1

CORTE A-A



bene_inox_663 413-104	1	1	Model 63413-Welding DIN / metric clamp ferrule - Stainless steel 316L
bene_inox_663 413-70	1	1	Model 63413-Welding DIN / metric clamp ferrule - Stainless steel 316L
Béné Inox 663412-76	1	1	Model 63412-Welding ISO clamp ferrule - Stainless steel 316L
190809-200-03	1	1	Ciclon Ø200mm e=2mm / INOX AISI 316L

Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción				
			Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-02/07/2020	
			Dibujado	A.P.P.	02/07/2020	Nº plano	190809-200-03
			Revisado	--	02/07/2020	Fecha registro	02/07/2020

TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO					
CICLÓN Ø200					

D

C

B

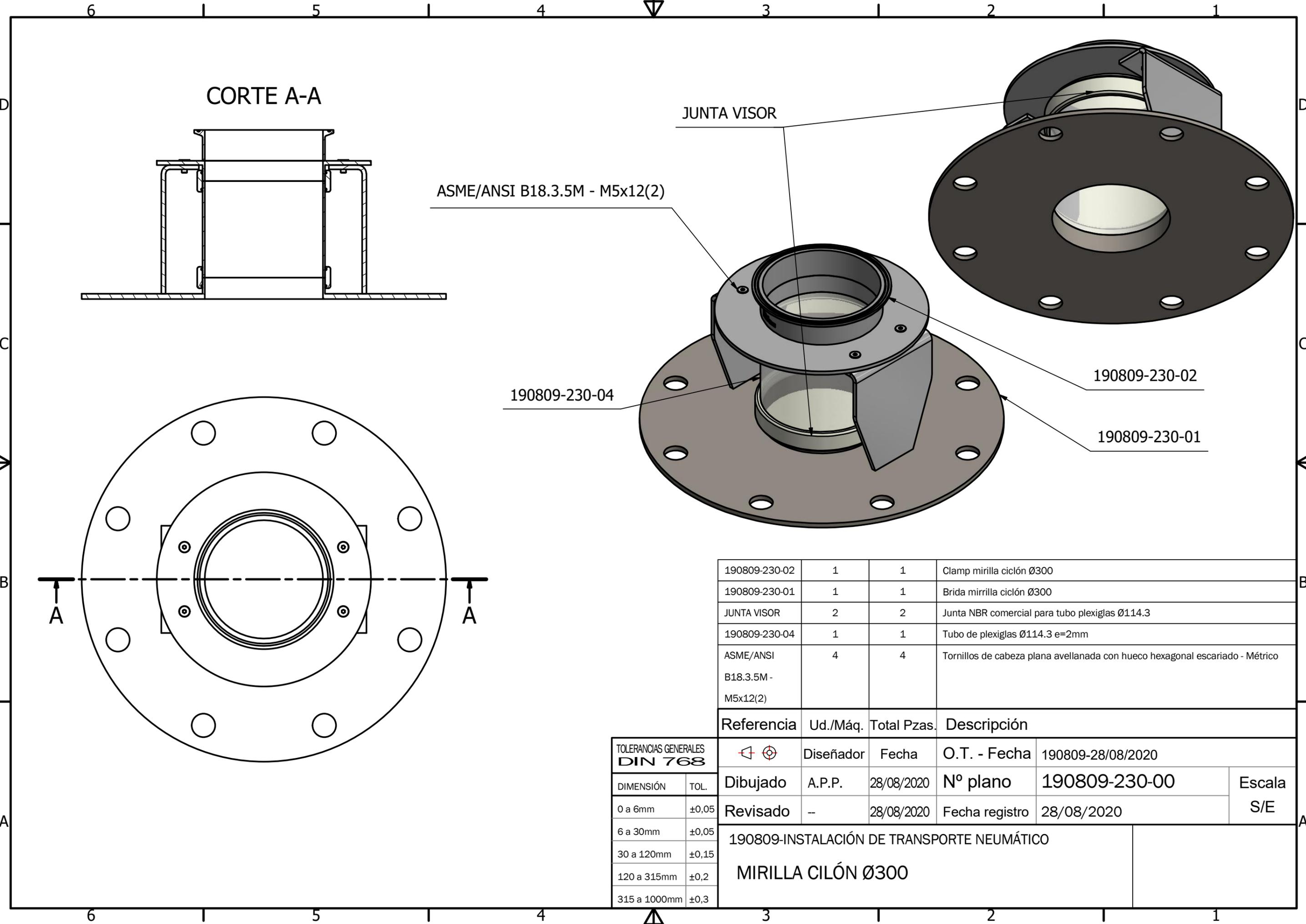
A

D

C

B

A



CORTE A-A

JUNTA VISOR

ASME/ANSI B18.3.5M - M5x12(2)

190809-230-04

190809-230-02

190809-230-01

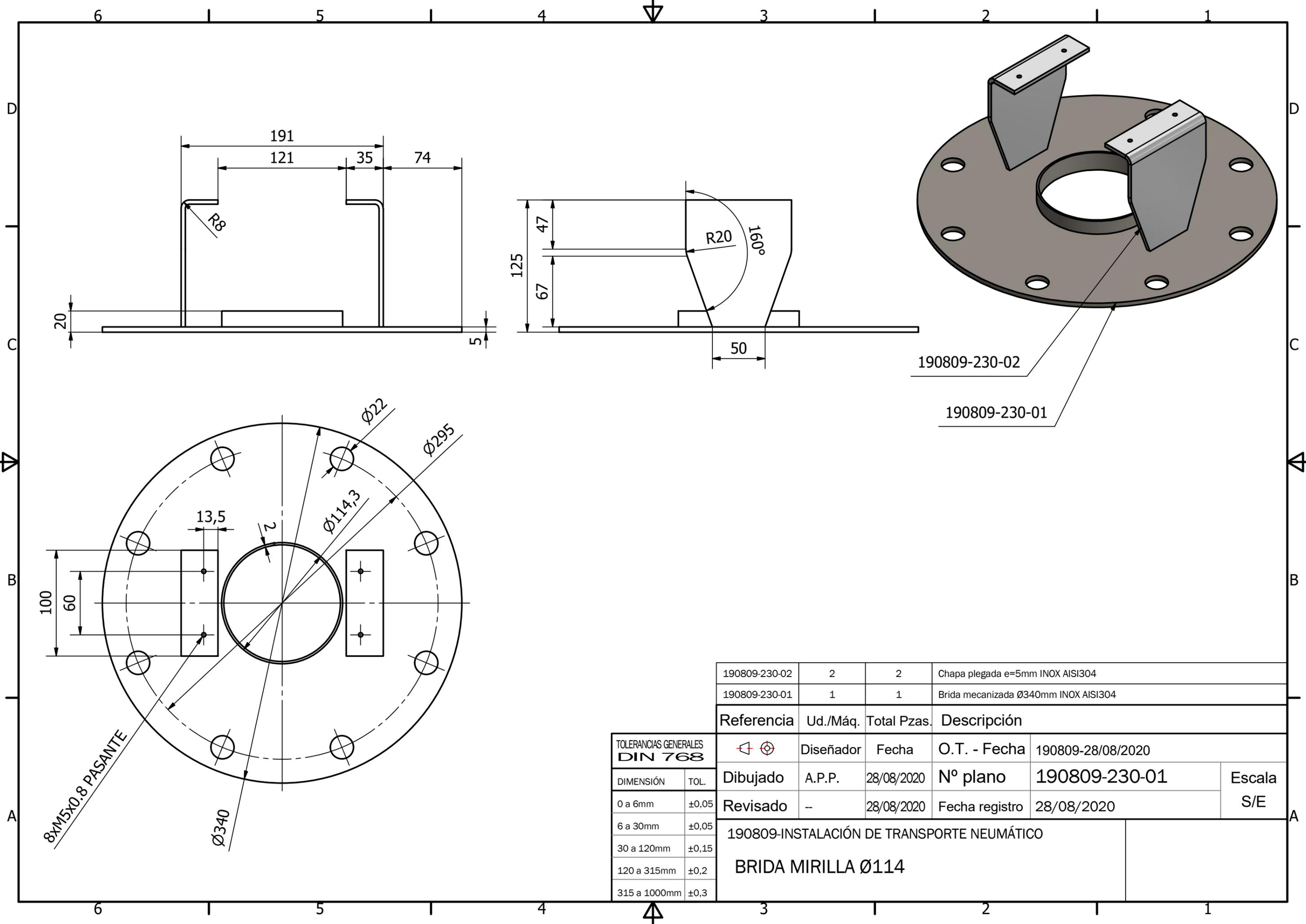
190809-230-02	1	1	Clamp mirilla ciclón Ø300
190809-230-01	1	1	Brida mirilla ciclón Ø300
JUNTA VISOR	2	2	Junta NBR comercial para tubo plexiglas Ø114.3
190809-230-04	1	1	Tubo de plexiglas Ø114.3 e=2mm
ASME/ANSI B18.3.5M - M5x12(2)	4	4	Tornillos de cabeza plana avellanada con hueco hexagonal escariado - Métrico

Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción	
	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-28/08/2020
Dibujado	A.P.P.	28/08/2020	Nº plano	190809-230-00
Revisado	--	28/08/2020	Fecha registro	28/08/2020

TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO

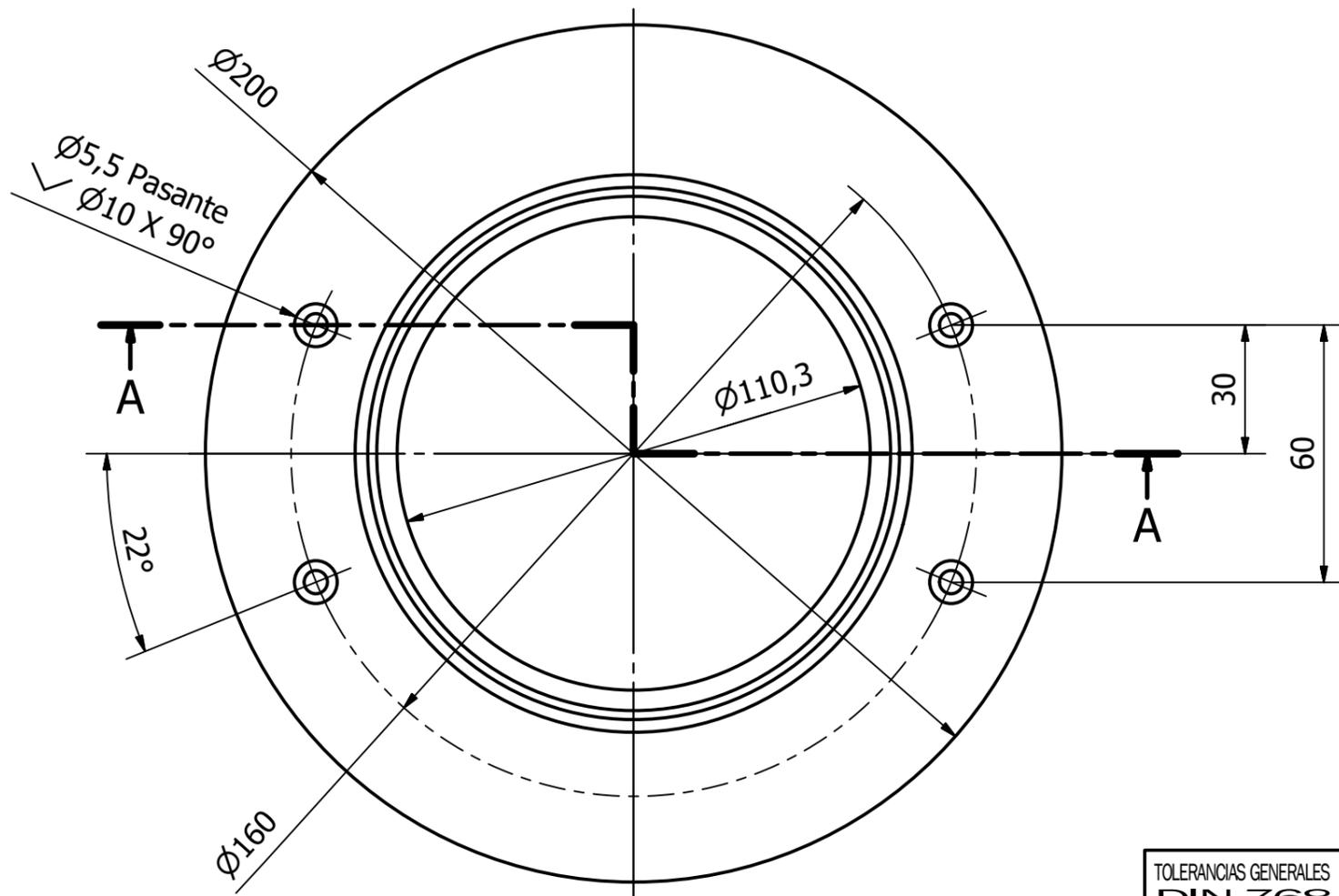
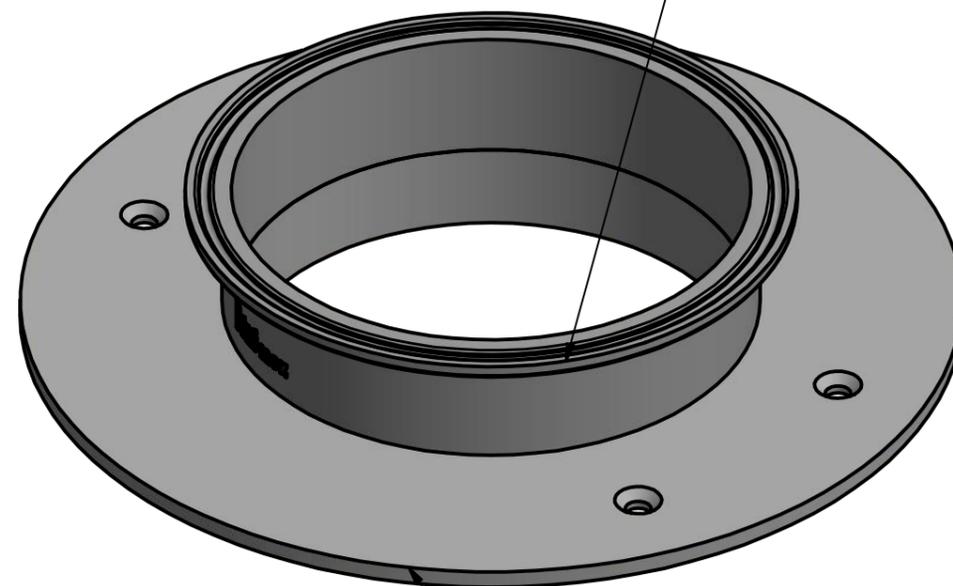
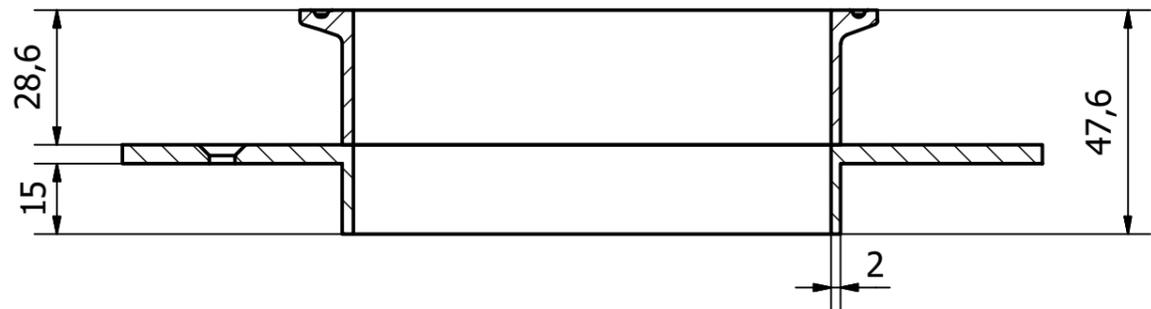
MIRILLA CILÓN Ø300



TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

190809-230-02	2	2	Chapa plegada e=5mm INOX AISI304		
190809-230-01	1	1	Brida mecanizada Ø340mm INOX AISI304		
Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción		
	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-28/08/2020	
	A.P.P.	28/08/2020	Nº plano	190809-230-01	Escala S/E
	--	28/08/2020	Fecha registro	28/08/2020	
190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO					
BRIDA MIRILLA Ø114					

CORTE A-A



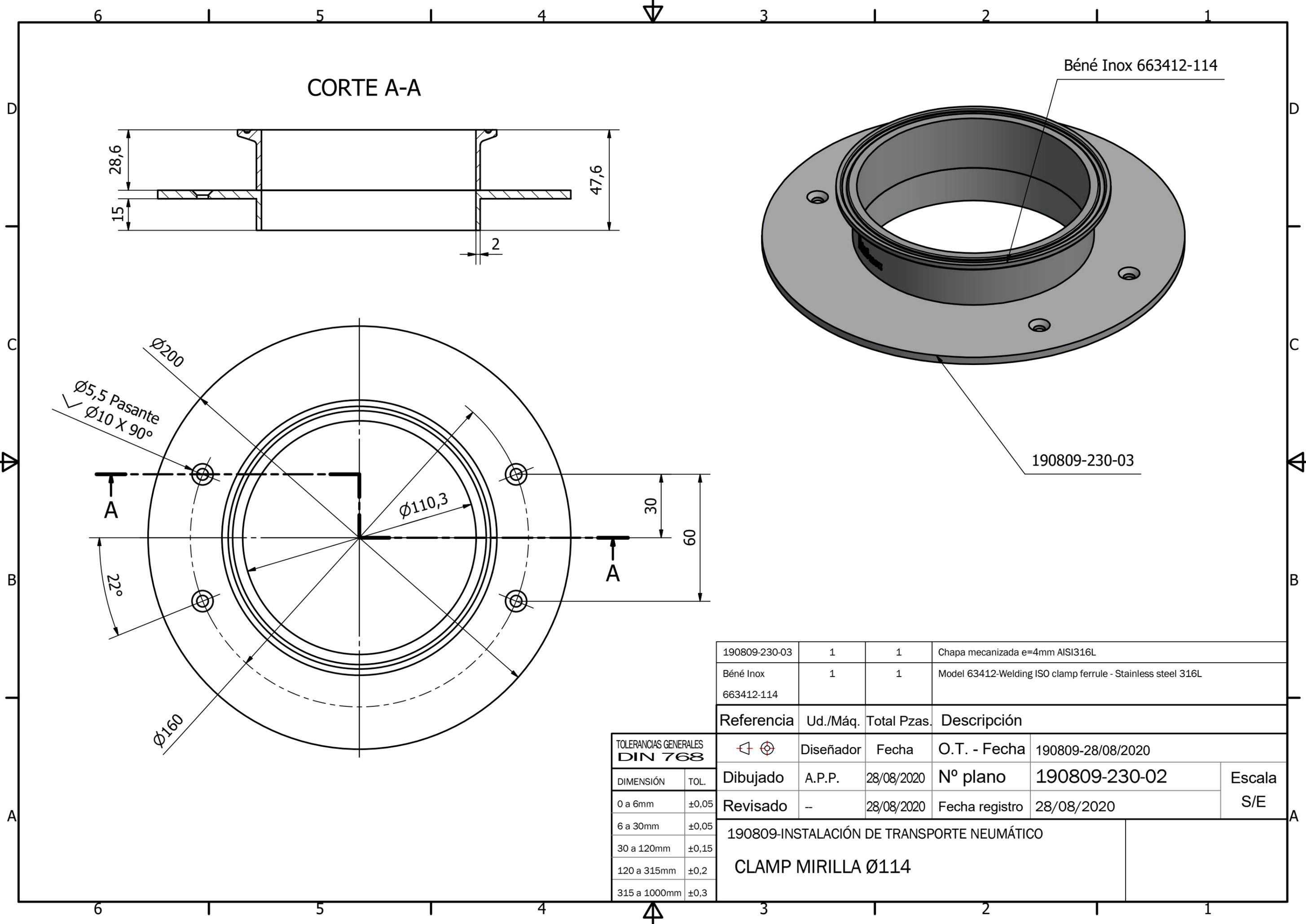
190809-230-03	1	1	Chapa mecanizada e=4mm AISI316L
Béné Inox 663412-114	1	1	Model 63412-Welding ISO clamp ferrule - Stainless steel 316L

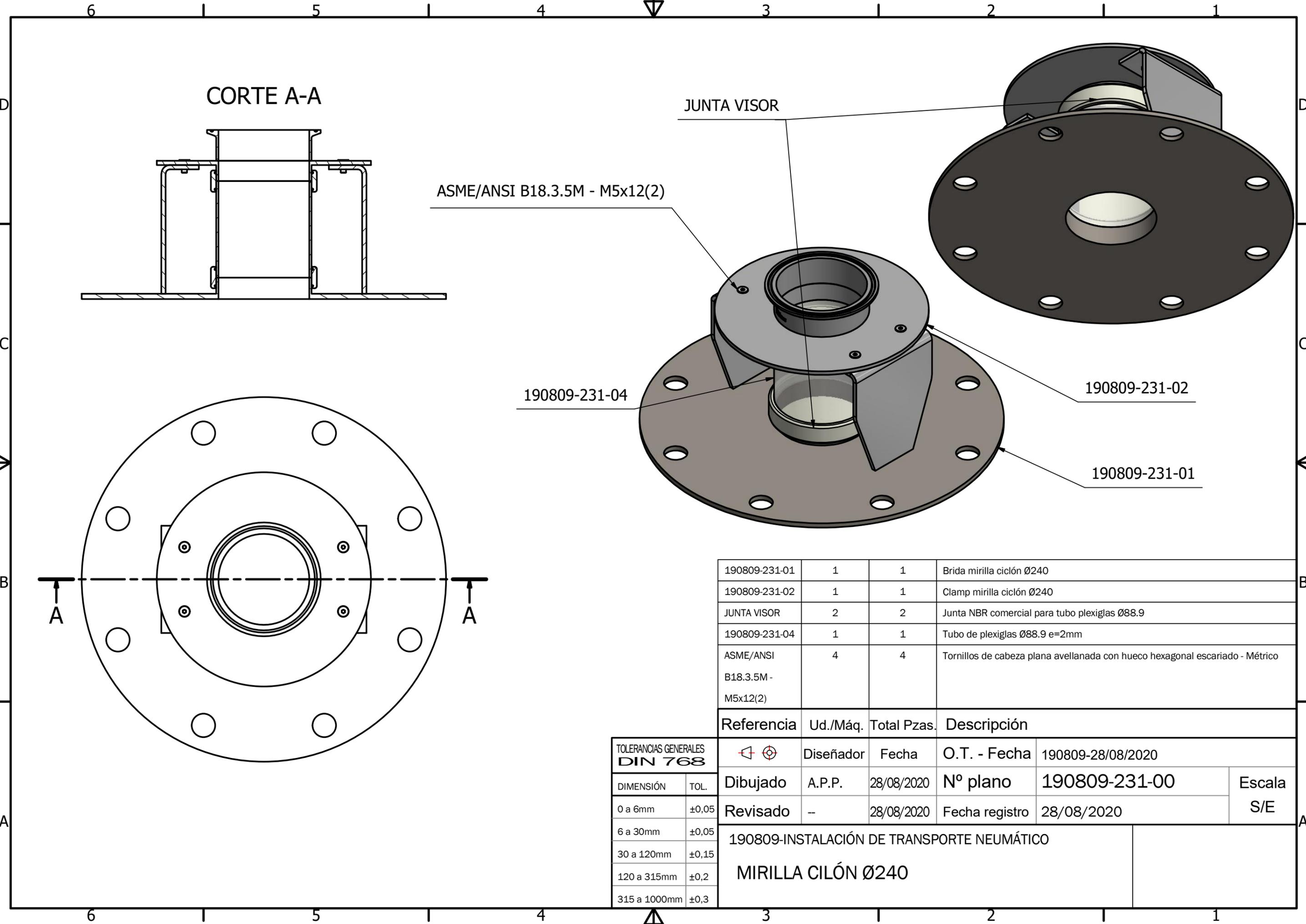
Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción	
	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-28/08/2020
Dibujado	A.P.P.	28/08/2020	Nº plano	190809-230-02
Revisado	--	28/08/2020	Fecha registro	28/08/2020

TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO

CLAMP MIRILLA Ø114





ASME/ANSI B18.3.5M - M5x12(2)

JUNTA VISOR

190809-231-04

190809-231-02

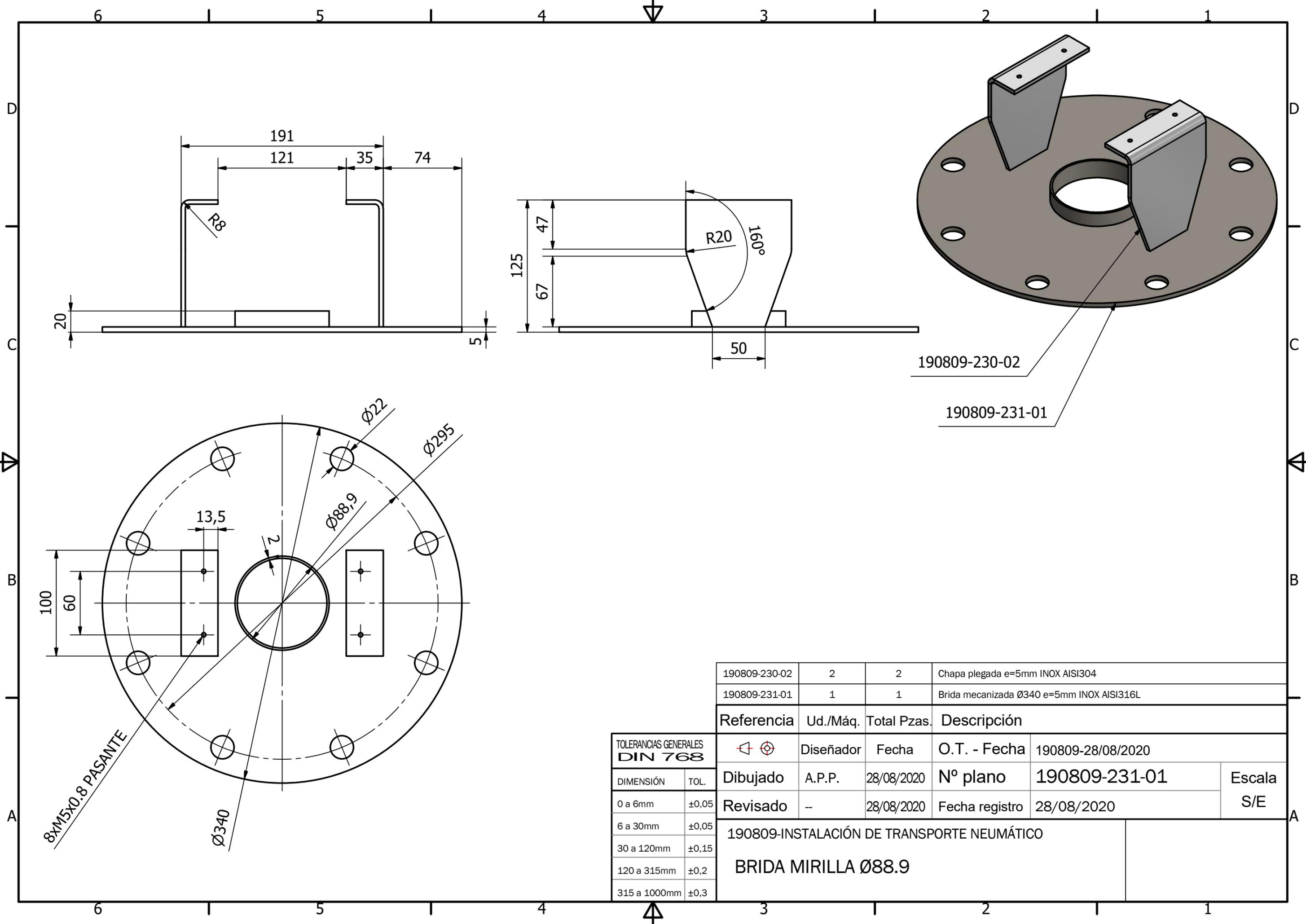
190809-231-01

190809-231-01	1	1	Brida mirilla ciclón Ø240
190809-231-02	1	1	Clamp mirilla ciclón Ø240
JUNTA VISOR	2	2	Junta NBR comercial para tubo plexiglas Ø88.9
190809-231-04	1	1	Tubo de plexiglas Ø88.9 e=2mm
ASME/ANSI B18.3.5M - M5x12(2)	4	4	Tornillos de cabeza plana avellanada con hueco hexagonal escariado - Métrico

Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción	
	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-28/08/2020
	A.P.P.	28/08/2020	Nº plano	190809-231-00
	--	28/08/2020	Fecha registro	28/08/2020

TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO	
MIRILLA CILÓN Ø240	



190809-230-02

190809-231-01

190809-230-02	2	2	Chapa plegada e=5mm INOX AISI304
190809-231-01	1	1	Brida mecanizada Ø340 e=5mm INOX AISI316L

Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción	
	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-28/08/2020
	A.P.P.	28/08/2020	Nº plano	190809-231-01
	--	28/08/2020	Fecha registro	28/08/2020

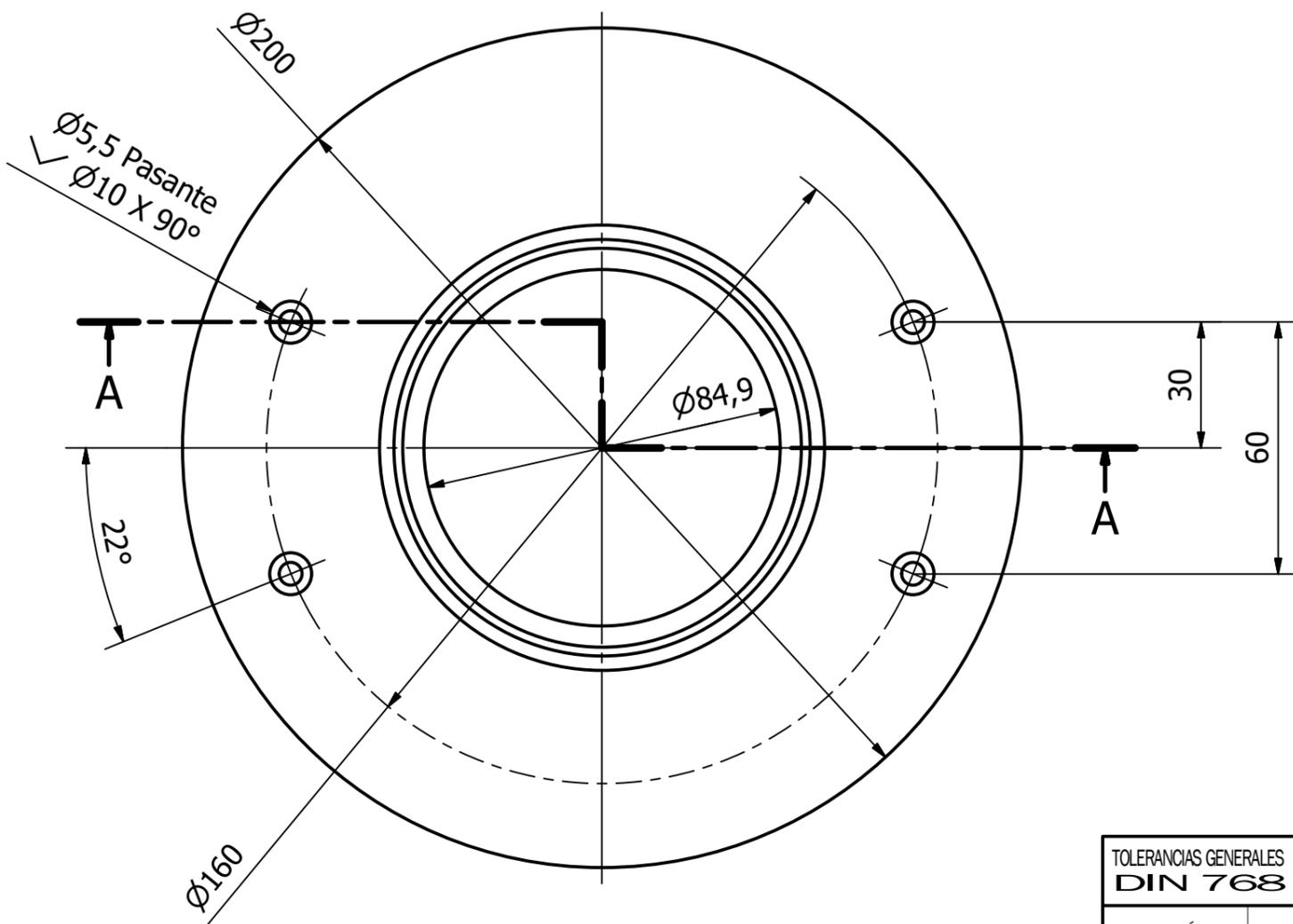
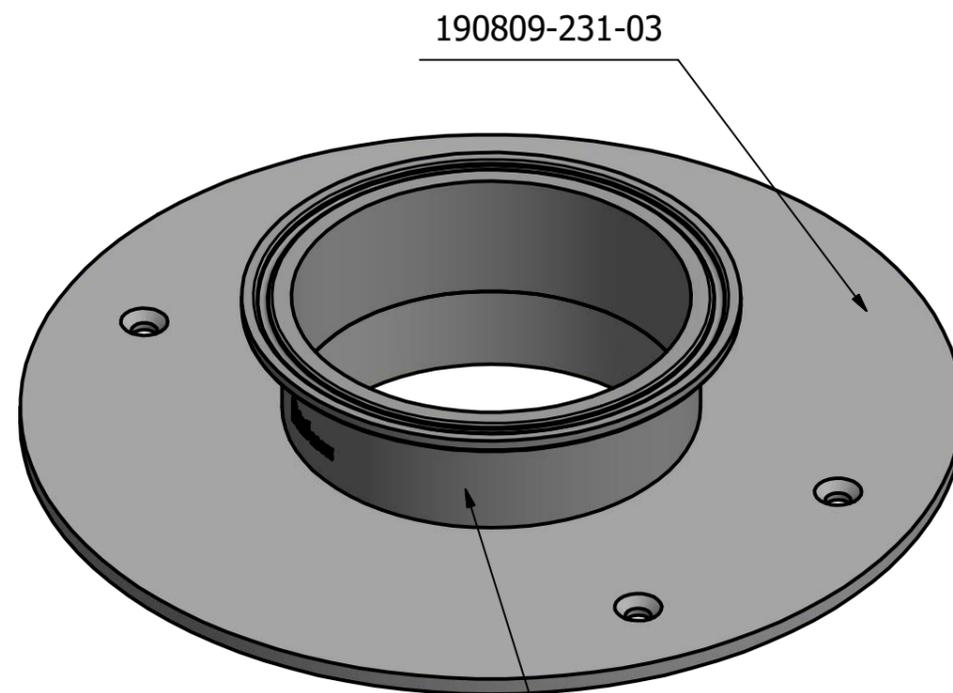
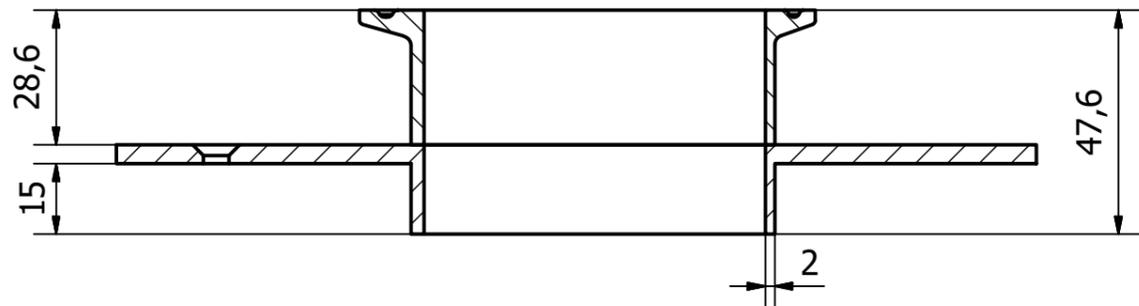
TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO

BRIDA MIRILLA Ø88.9

Escala
S/E

CORTE A-A



Béné Inox 663412-88	1	1	Model 63412-Welding ISO clamp ferrule - Stainless steel 316L
190809-231-03	1	1	Chapa mecanizada e=4mm INOX AISI316L

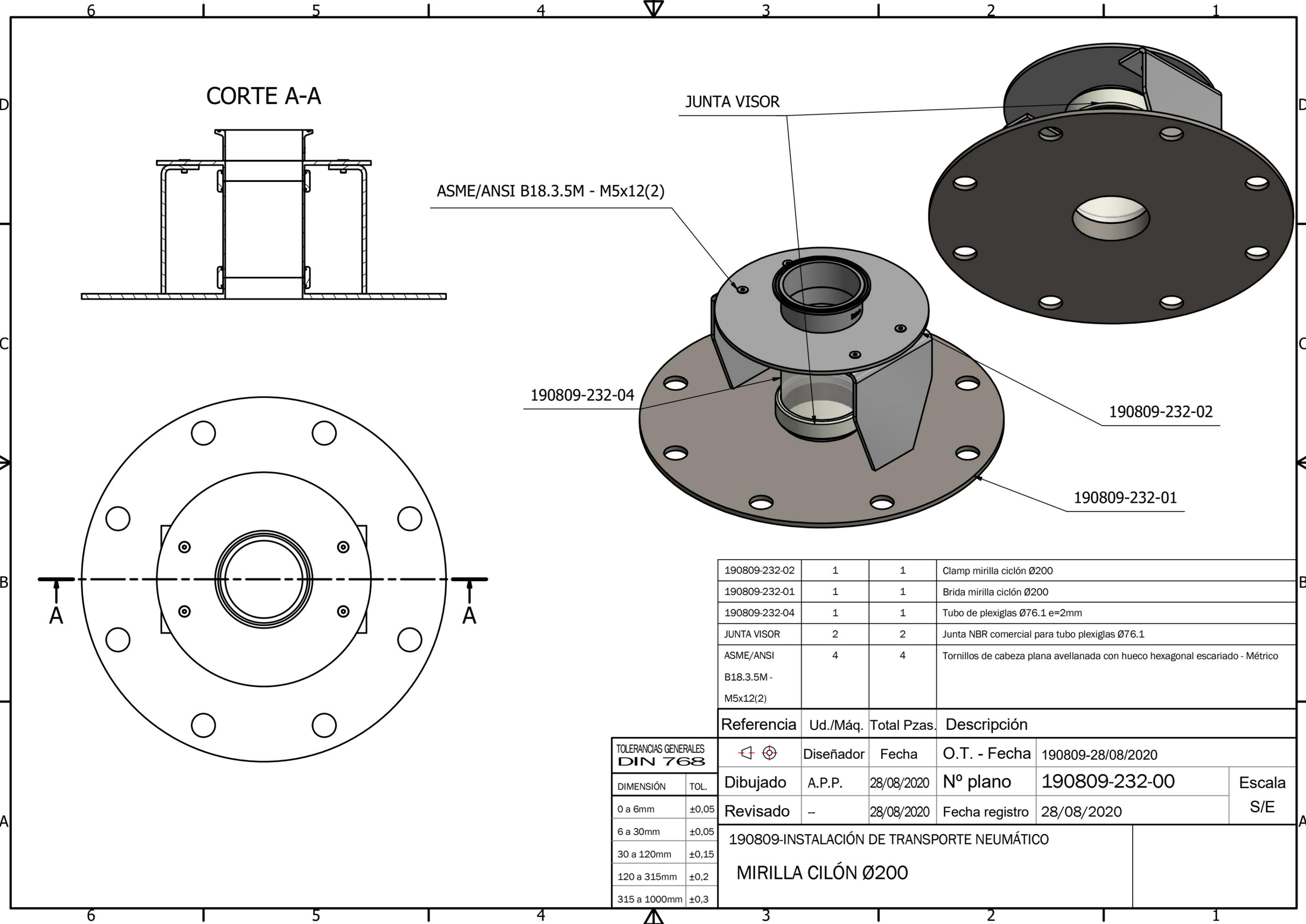
Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción	
	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-28/08/2020
Dibujado	A.P.P.	28/08/2020	Nº plano	190809-231-02
Revisado	--	28/08/2020	Fecha registro	28/08/2020

TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO	
CLAMP MIRILLA Ø88.9	

Béné Inox 663412-88

190809-231-03



ASME/ANSI B18.3.5M - M5x12(2)

190809-232-04

190809-232-02

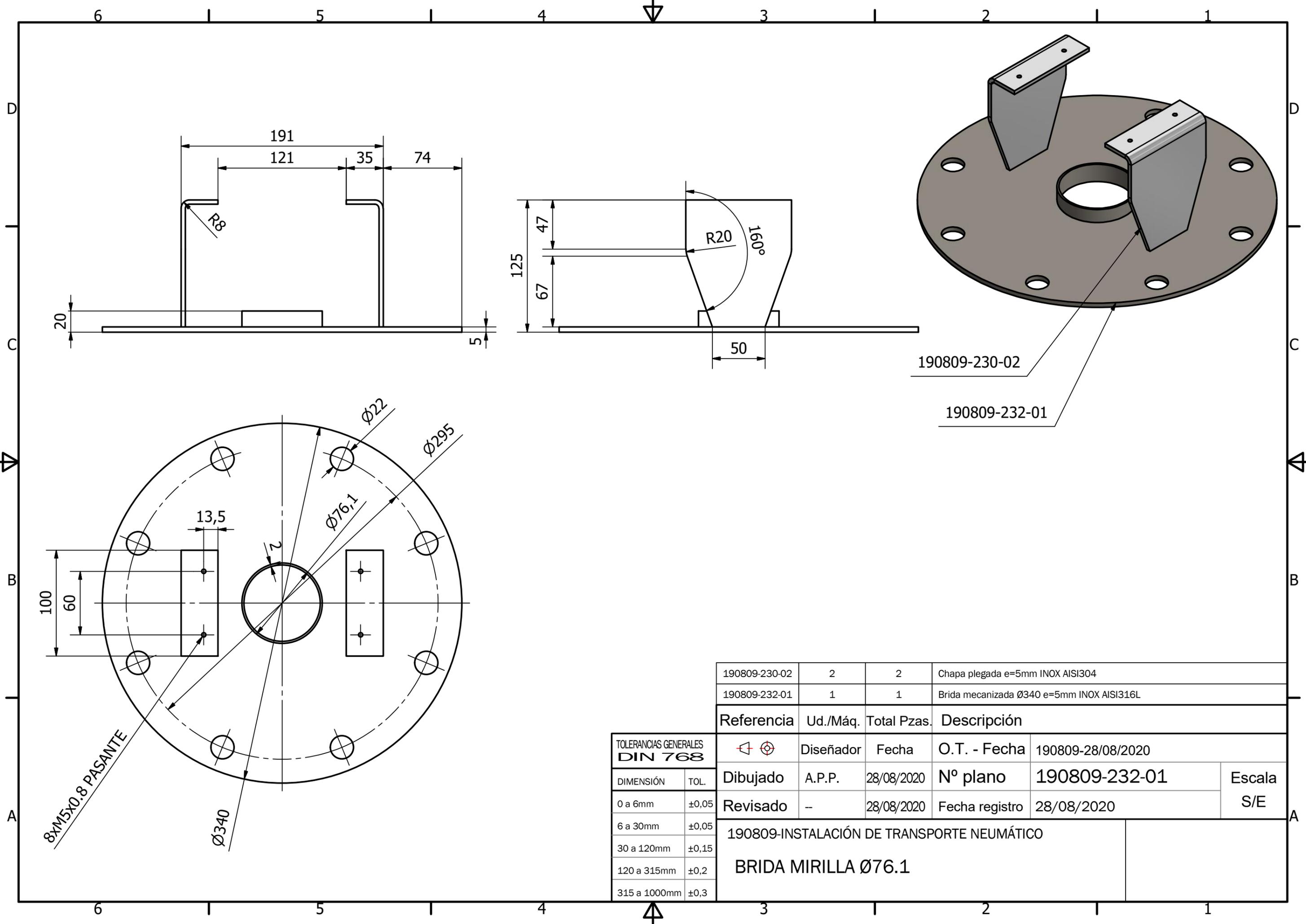
190809-232-01

190809-232-02	1	1	Clamp mirilla ciclón Ø200
190809-232-01	1	1	Brida mirilla ciclón Ø200
190809-232-04	1	1	Tubo de plexiglas Ø76.1 e=2mm
JUNTA VISOR	2	2	Junta NBR comercial para tubo plexiglas Ø76.1
ASME/ANSI B18.3.5M - M5x12(2)	4	4	Tornillos de cabeza plana avellanada con hueco hexagonal escariado - Métrico

Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción	
	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-28/08/2020
	A.P.P.	28/08/2020	Nº plano	190809-232-00
	--	28/08/2020	Fecha registro	28/08/2020

TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO	
MIRILLA CILÓN Ø200	



190809-230-02

190809-232-01

190809-230-02	2	2	Chapa plegada e=5mm INOX AISI304
190809-232-01	1	1	Brida mecanizada Ø340 e=5mm INOX AISI316L

Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción	
	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-28/08/2020
	A.P.P.	28/08/2020	Nº plano	190809-232-01
	--	28/08/2020	Fecha registro	28/08/2020

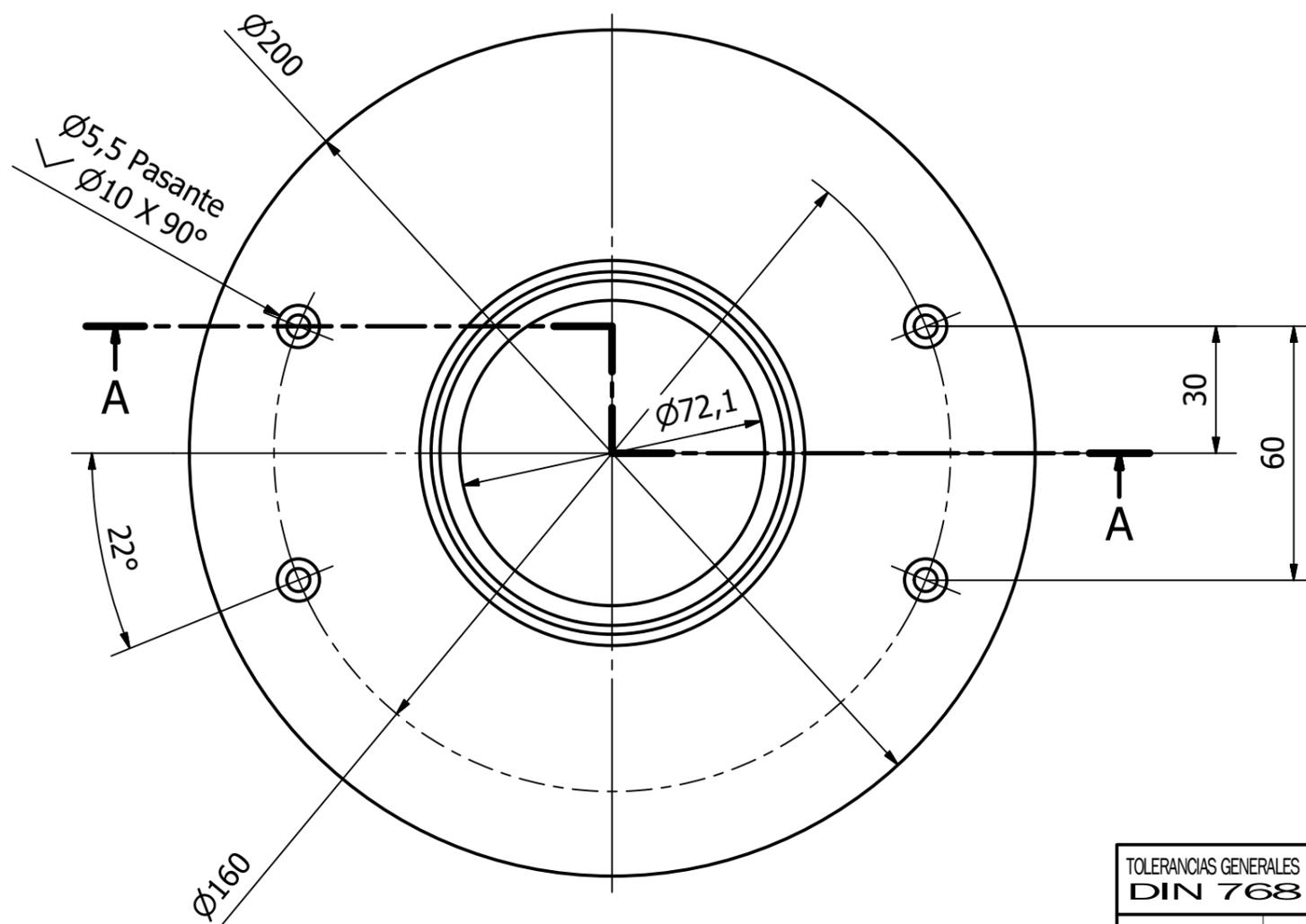
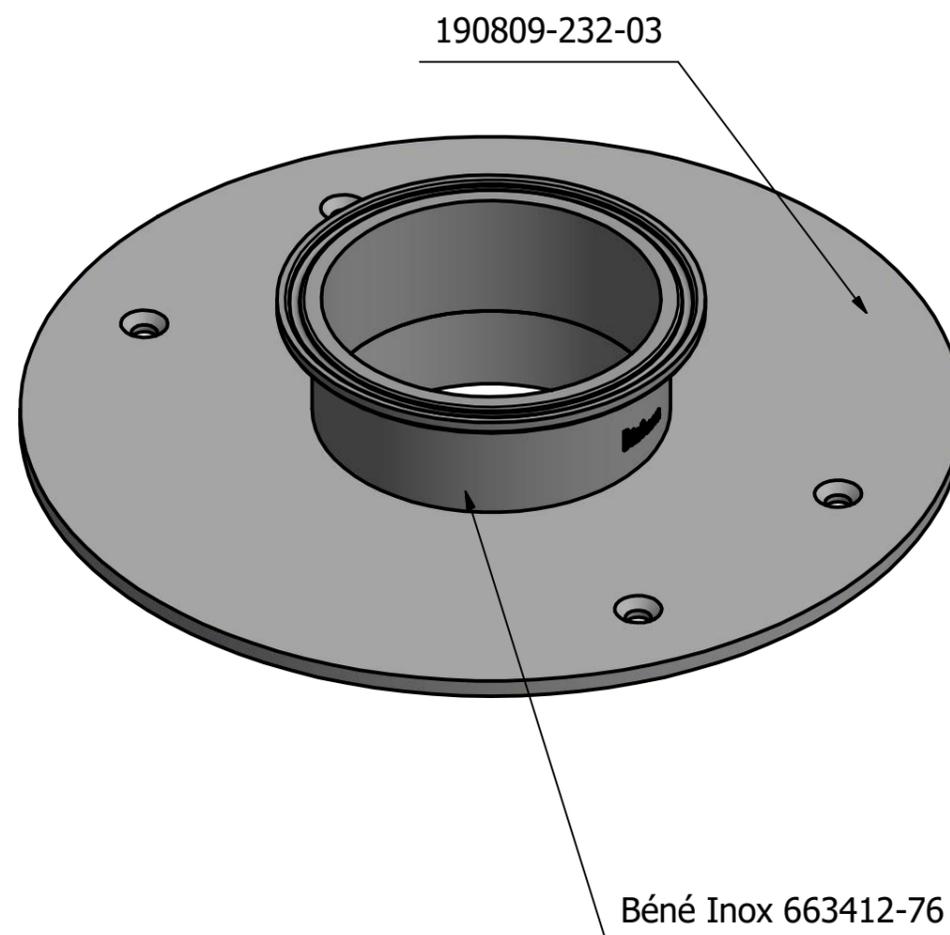
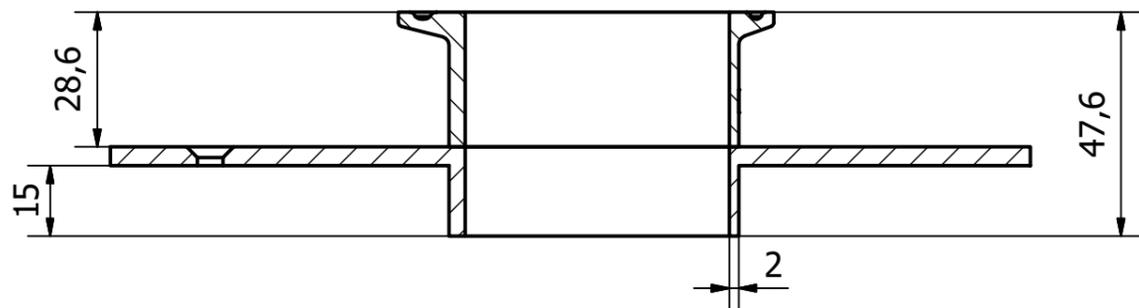
TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO

BRIDA MIRILLA Ø76.1

Escala
S/E

CORTE A-A



Béné Inox 663412-76	1	1	Model 63412-Welding ISO clamp ferrule - Stainless steel 316L
190809-232-03	1	1	Chapa mecanizada e=4mm INOX AISI316L

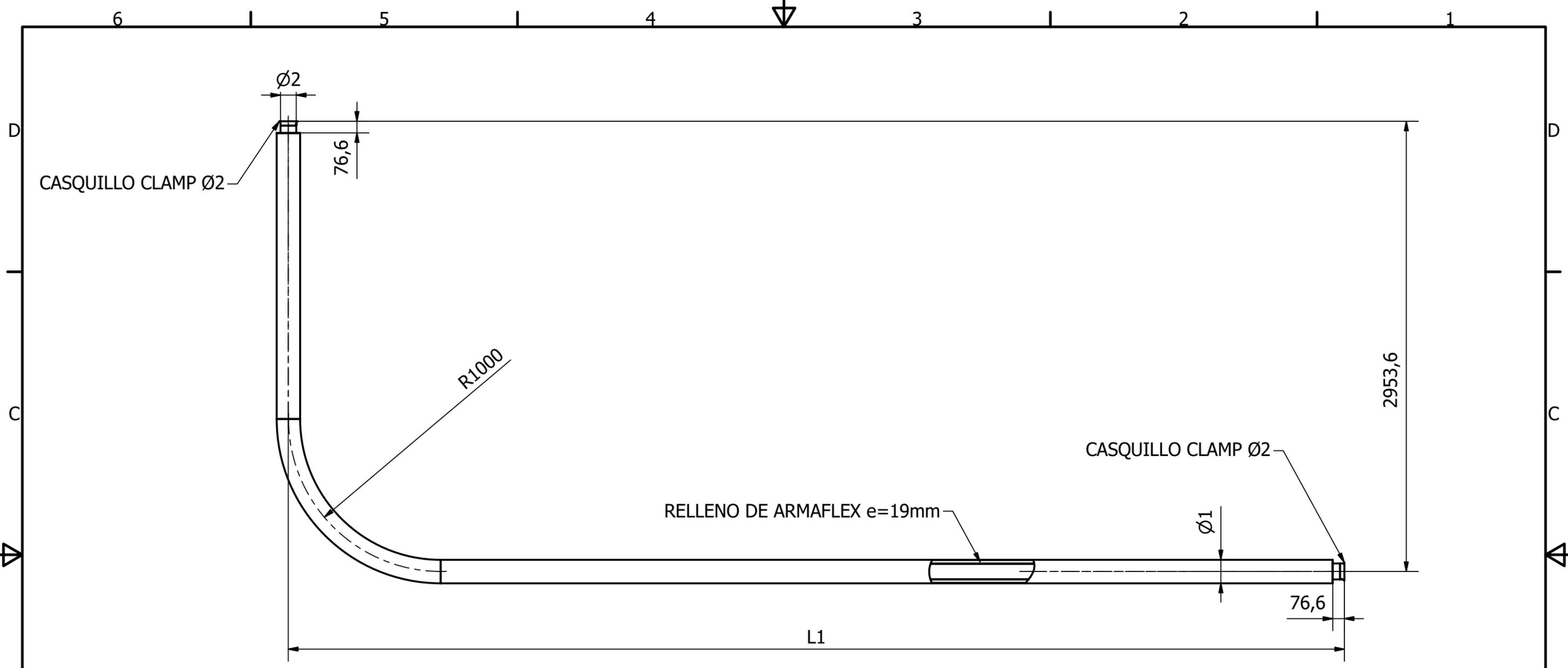
Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción	
	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-28/08/2020
Dibujado	A.P.P.	28/08/2020	Nº plano	190809-232-02
Revisado	--	28/08/2020	Fecha registro	28/08/2020

TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO	
CLAMP MIRILLA Ø76.1	

Béné Inox 663412-76

190809-232-03

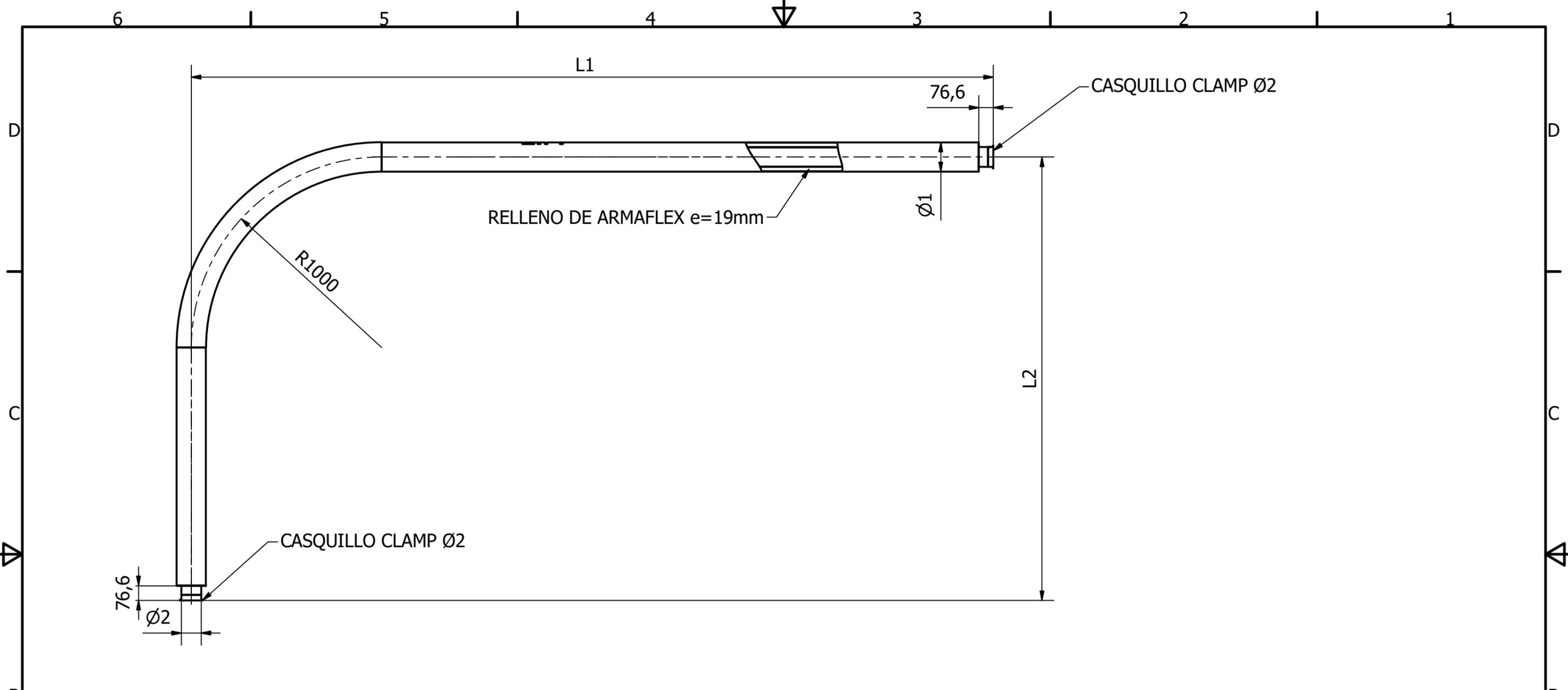


TABLA

Identificador	Cant.	L1 (mm)	Ø1 (mm)	Ø2 (mm)
E.P.	1	6933,6	154	104
P 1-2	1	2926,6	154	104
P 3-4	1	2455,6	154	104
P 5-6	1	2441,6	154	104
P 7-8	1	2912,6	154	104
P 7-8 REF	1	2716,6	154	104
P 9-10	1	2815,6	154	104
P 11-12	1	2356,6	129	85
P 13-14	1	2474,6	129	85
P 15-16	1	2947,6	129	85
P 15-16 REF	1	2752,6	129	85
P 17-18	1	2788,6	104	70
P 19-20	1	2332,6	104	70
P 21-22	1	2508,6	104	70
P 23-24	1	2983,6	104	70
P L1	1	2399,6	129	85
P L2	1	2399,6	129	85

TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción		
	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-28/08/2020	
	A.P.P.	28/08/2020	Nº plano	400_500_CURVA.INF.	Escala S/E
	--	28/08/2020	Fecha registro	28/08/2020	
190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO					
CURVA INFERIOR TUBERÍA					



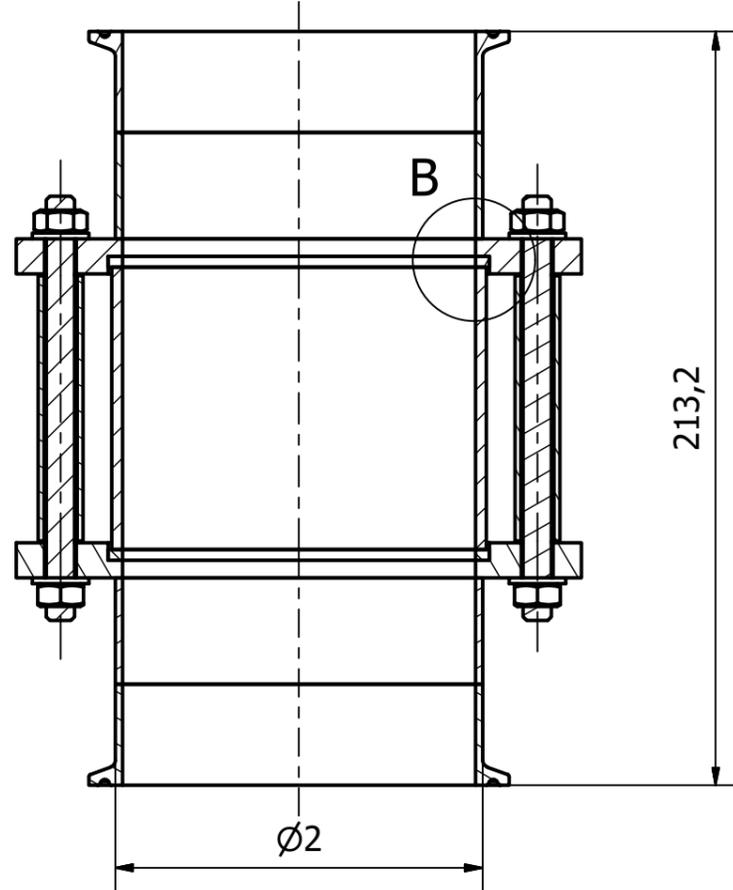
TABLA

Identificador	Cant.	L1 (mm)	L2 (mm)	Ø1 (mm)	Ø2 (mm)
E.P.	1	4213,6	2328,6	154	104
P 1-2	1	3224,6	2328,6	154	104
P 3-4	1	2668,6	2328,6	154	104
P 5-6	1	2673,6	2328,6	154	104
P 7-8	1	2543,6	2328,6	154	104
P 7-8 REF	1	2804,6	2328,6	154	104
P 9-10	1	2889,6	2328,6	154	104
P 11-12	1	2596,6	2103,6	129	85
P 13-14	1	2700,6	2103,6	129	85
P 15-16	1	2543,6	2103,6	129	85
P 15-16 REF	1	2775,6	2103,6	129	85
P 17-18	1	2857,6	1953,6	104	70
P 19-20	1	2583,6	1953,6	104	70
P 21-22	1	2728,6	1953,6	104	70
P 23-24	1	2547,6	1953,6	104	70
P L1	1	2557,6	2103,6	129	85
P L2	1	2583,6	2103,6	129	85

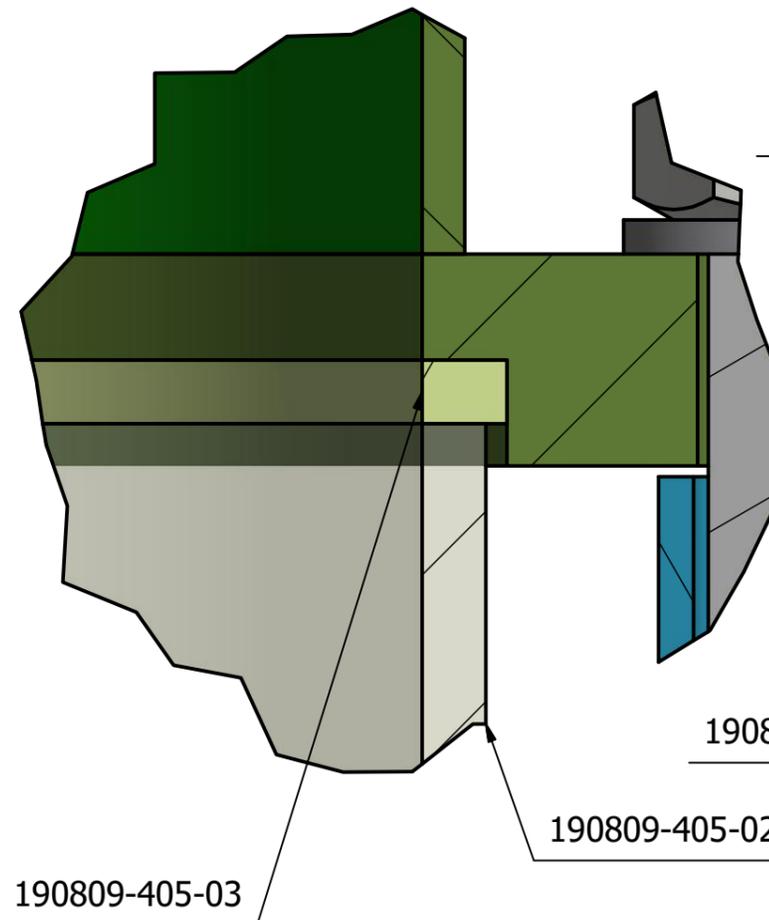
TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción		
	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-28/08/2020	
Dibujado	A.P.P.	28/08/2020	Nº plano	400_500_CURVA.SUP.	Escala S/E
Revisado	--	28/08/2020	Fecha registro	28/08/2020	
190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO					
CURVA SUPERIOR TUBERÍA					

CORTE A-A



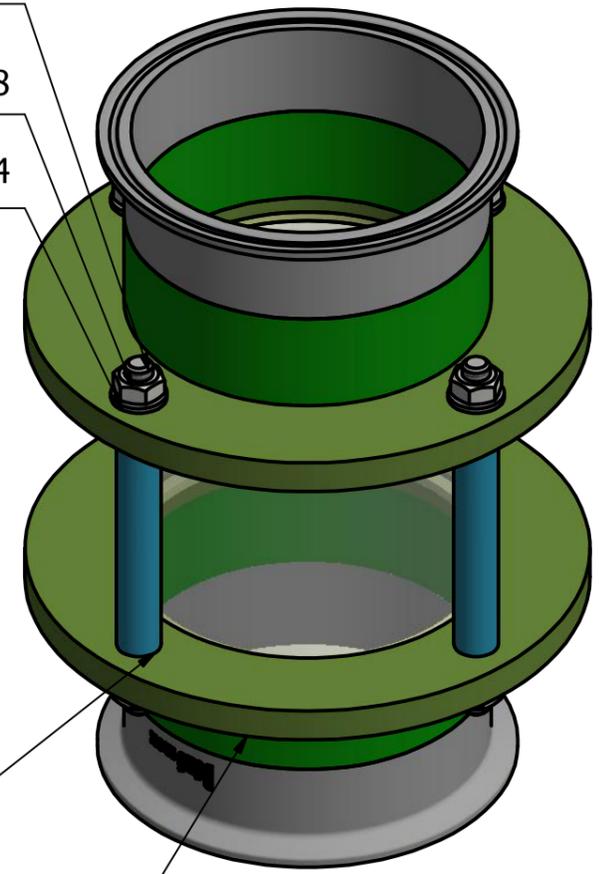
DETALLE B



190809-405-04

DIN 934 - M8

DIN 125 - A 8,4

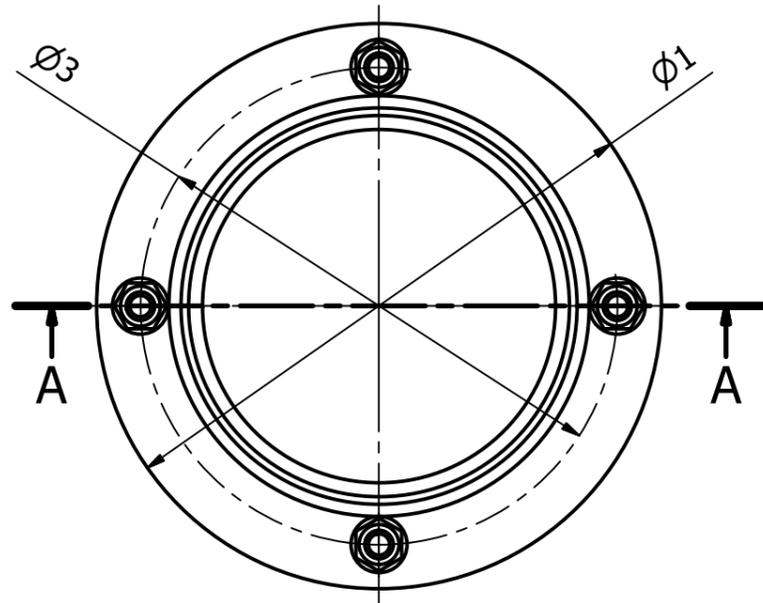


190809-405-05

190809-405-02

190809-405-01

190809-405-03



Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción
190809-405-01	2	2	Brida visor tubería AISI316L
DIN 934 - M8	8	8	Tuerca hexagonal AISI304
DIN 125 - A 8,4	8	8	Arandela AISI304
190809-405-05	4	4	ASME BPE - TUBO 1/2" (DN15)_Ø12,7x1,65 - AISI 304
190809-405-04	4	4	Varilla roscada M8x194 - AISI 304
190809-405-03	2	2	JUNTA - NBR
190809-405-02	1	1	Tubo Plexiglas e=2mm

TOLERANCIAS GENERALES DIN 768

DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción
190809-405-01	2	2	Brida visor tubería AISI316L
DIN 934 - M8	8	8	Tuerca hexagonal AISI304
DIN 125 - A 8,4	8	8	Arandela AISI304
190809-405-05	4	4	ASME BPE - TUBO 1/2" (DN15)_Ø12,7x1,65 - AISI 304
190809-405-04	4	4	Varilla roscada M8x194 - AISI 304
190809-405-03	2	2	JUNTA - NBR
190809-405-02	1	1	Tubo Plexiglas e=2mm
190809-405-01	2	2	Brida visor tubería AISI316L
DIN 934 - M8	8	8	Tuerca hexagonal AISI304
DIN 125 - A 8,4	8	8	Arandela AISI304
190809-405-05	4	4	ASME BPE - TUBO 1/2" (DN15)_Ø12,7x1,65 - AISI 304
190809-405-04	4	4	Varilla roscada M8x194 - AISI 304
190809-405-03	2	2	JUNTA - NBR
190809-405-02	1	1	Tubo Plexiglas e=2mm

TABLA

Ø1 (mm)	Ø2 (mm)	Ø3 (mm)	Cant.
160	104	135	7
140	85	115	6
125	70	100	4

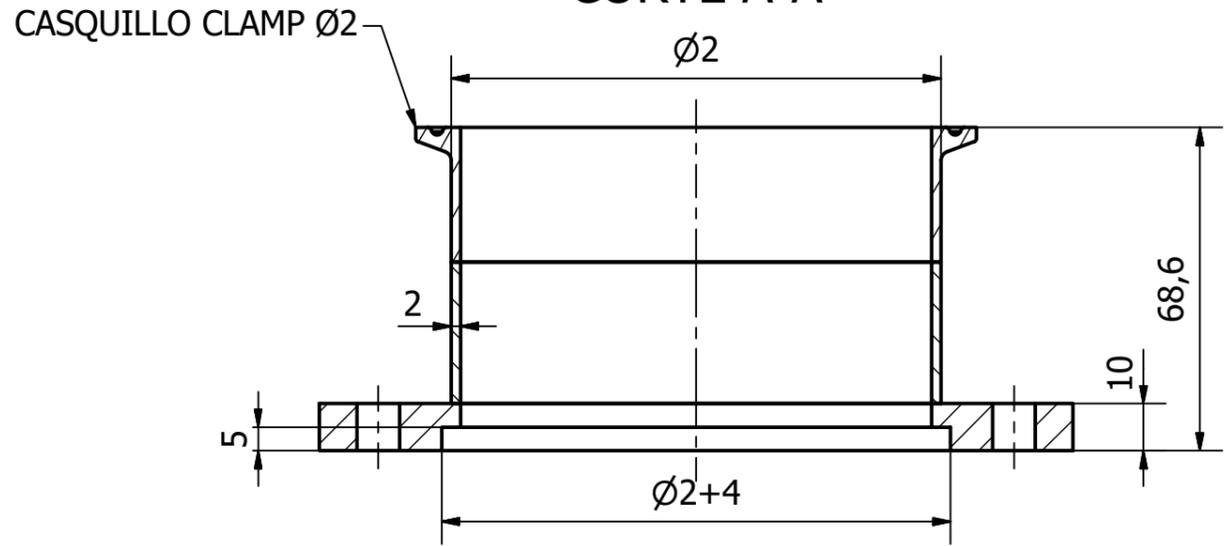
190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO

VISOR TUBERÍA

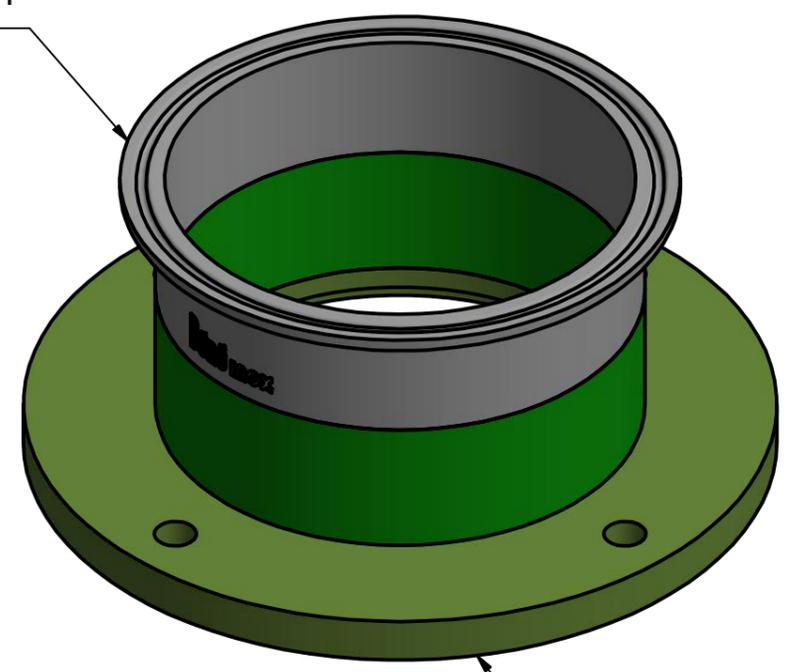
Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-29/08/2020	
Dibujado	A.P.P.	29/08/2020	Nº plano	190809-405-00
Revisado	--	29/08/2020	Fecha registro	29/08/2020
			Escala	S/E

6 5 4 3 2 1

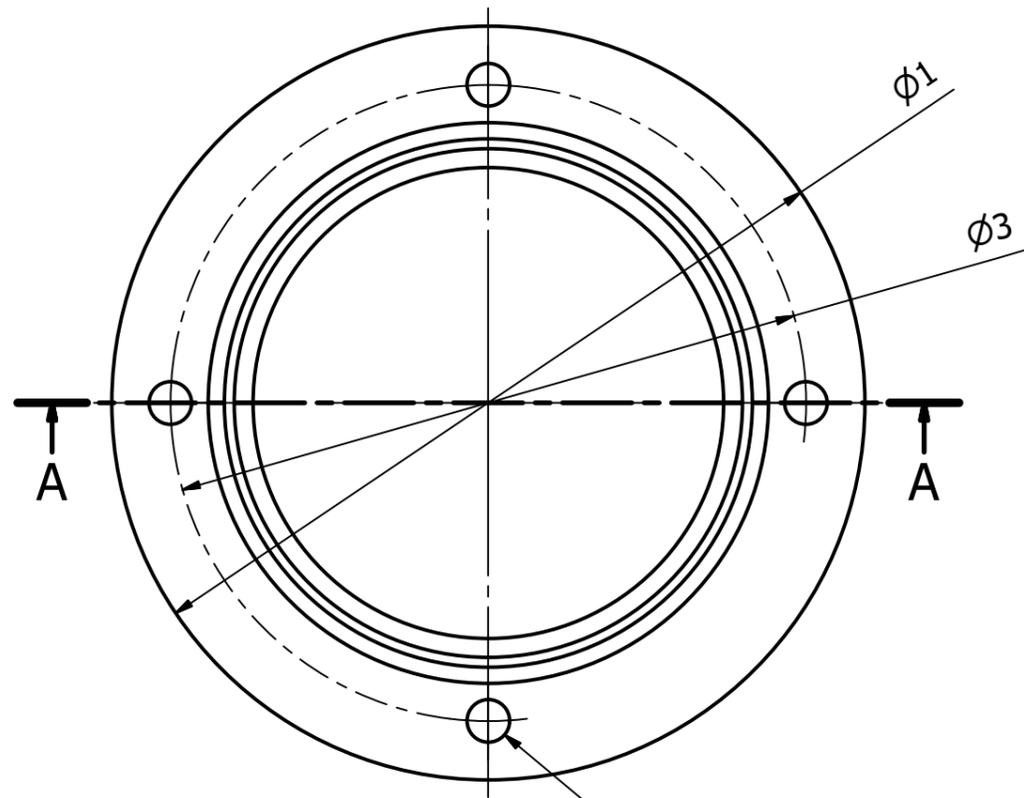
CORTE A-A



bene_inox_663413-104



190809-405-01.1



4xØ9 Pasante

D C B A

bene_inox_663 413-104	1	1	Model 63413-Welding DIN / metric clamp ferrule - Stainless steel 316L
190809-405-01 .1	1	1	Brida mecanizada / INOX AISI 316L

Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción	
☞ ☉	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-29/08/2020
Dibujado	A.P.P.	29/08/2020	Nº plano	190809-405-01
Revisado	--	29/08/2020	Fecha registro	29/08/2020

TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

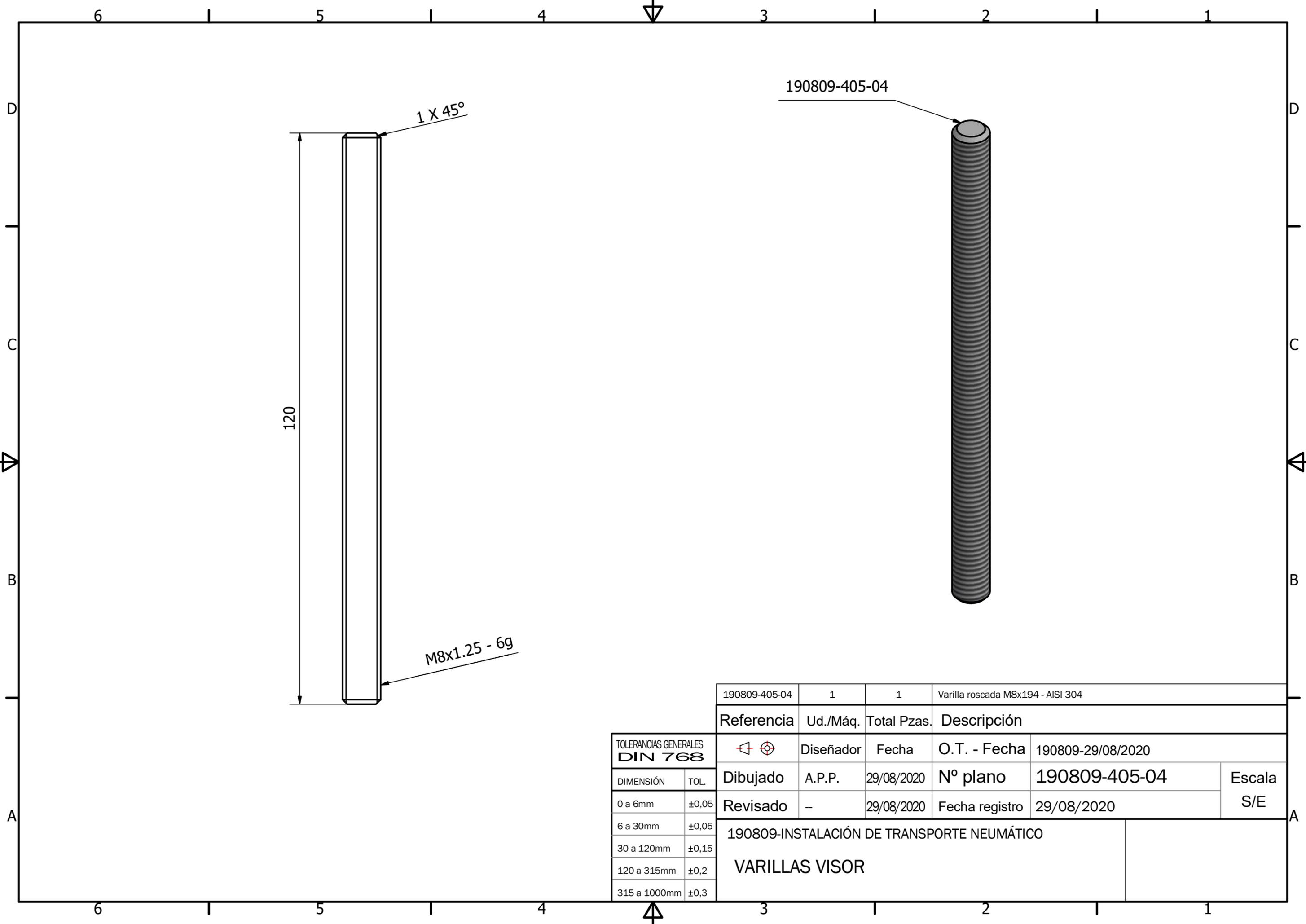
TABLA

Ø1 (mm)	Ø2 (mm)	Ø3 (mm)	Cant.
160	104	135	14
140	85	115	12
125	70	100	8

190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO

BRIDA VISOR TUBERÍA

6 5 4 3 2 1

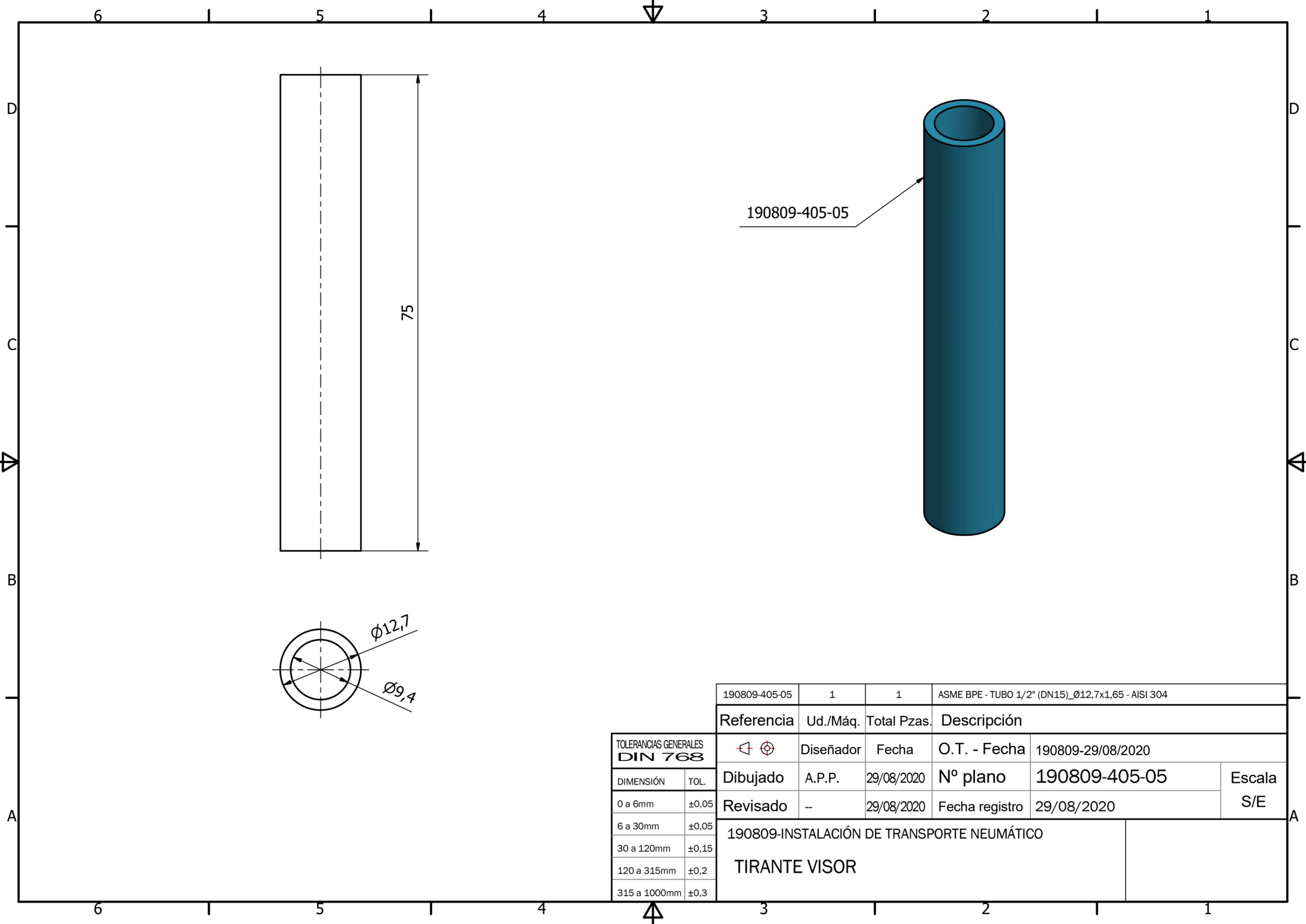


190809-405-04	1	1	Varilla roscada M8x194 - AISI 304		
Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción		
	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-29/08/2020	
Dibujado	A.P.P.	29/08/2020	Nº plano	190809-405-04	Escala S/E
Revisado	--	29/08/2020	Fecha registro	29/08/2020	

TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO

VARILLAS VISOR



190809-405-05

TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

190809-405-05	1	1	ASME BPE - TUBO 1/2" (DN15)_Ø12,7x1,65 - AISI 304		
Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción		
	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-29/08/2020	
Dibujado	A.P.P.	29/08/2020	Nº plano	190809-405-05	Escala S/E
Revisado	--	29/08/2020	Fecha registro	29/08/2020	

190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO
TIRANTE VISOR

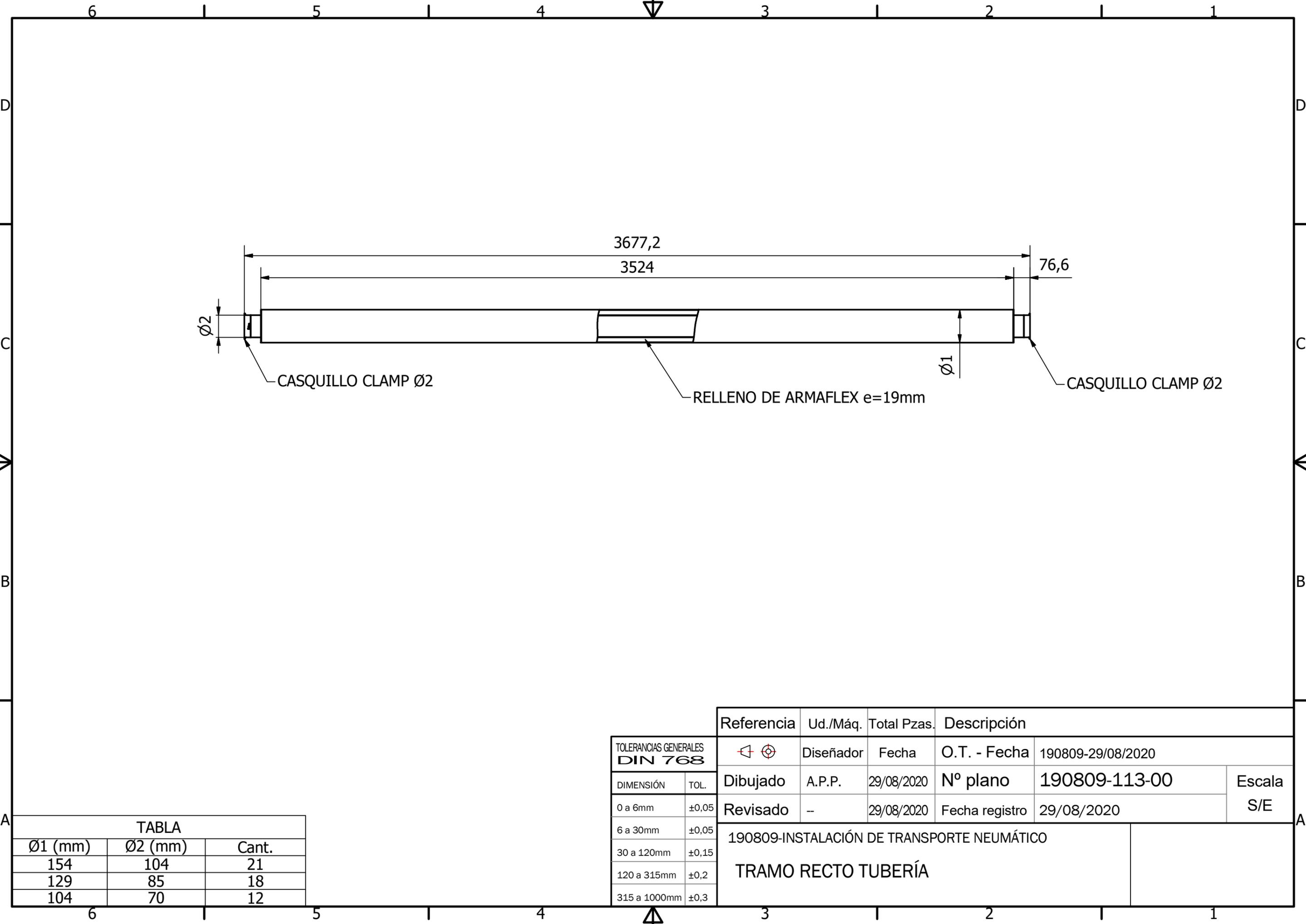
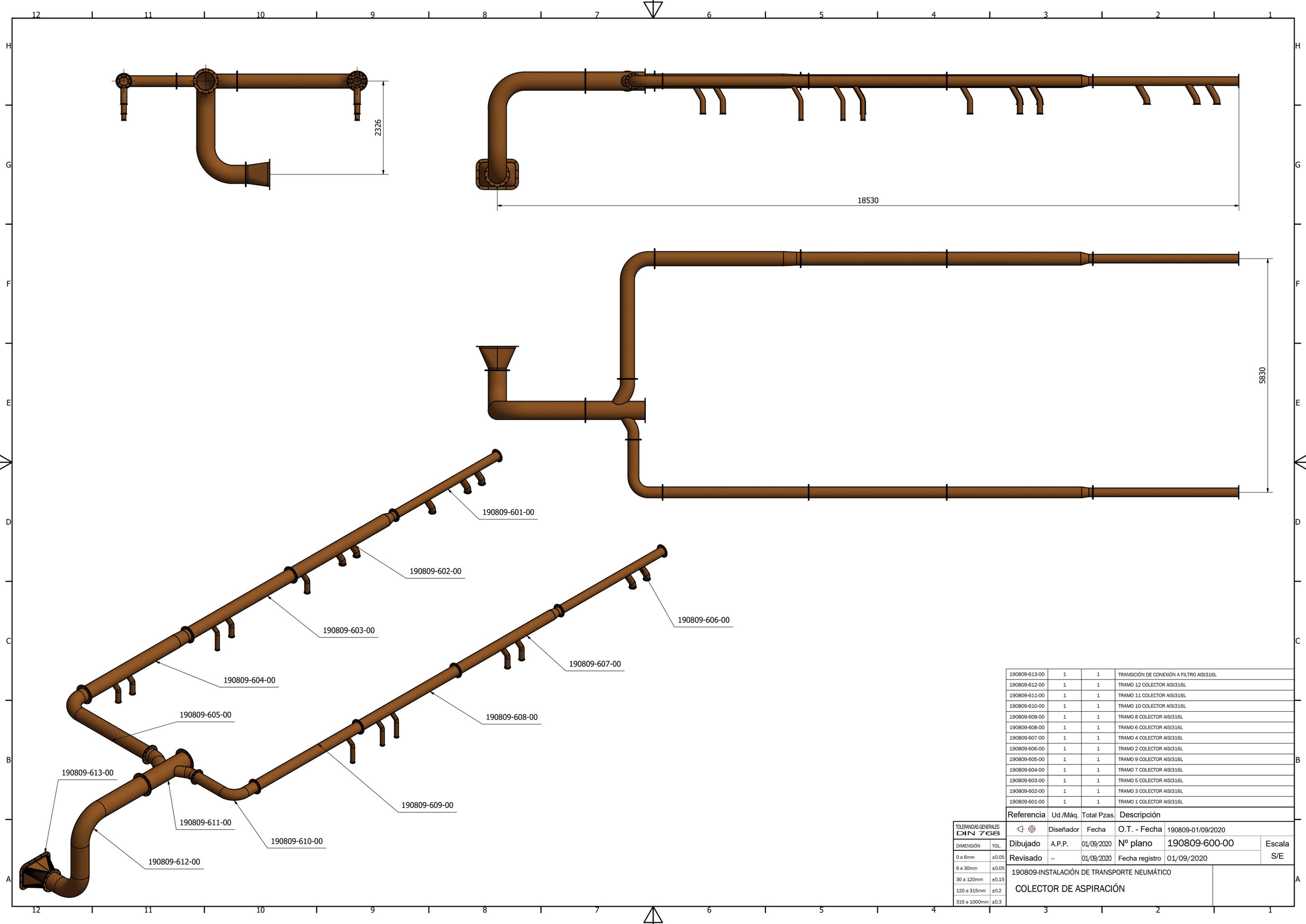


TABLA		
Ø1 (mm)	Ø2 (mm)	Cant.
154	104	21
129	85	18
104	70	12

TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

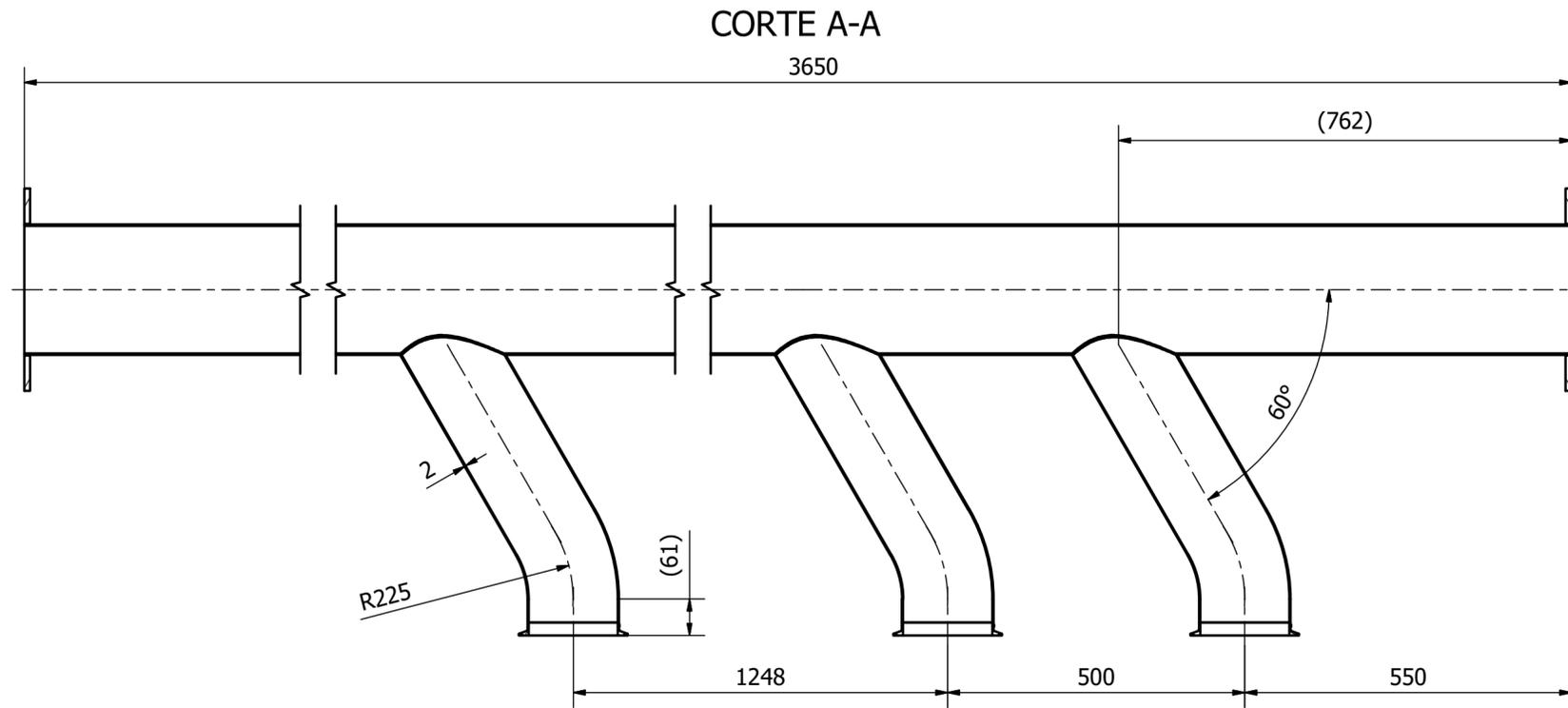
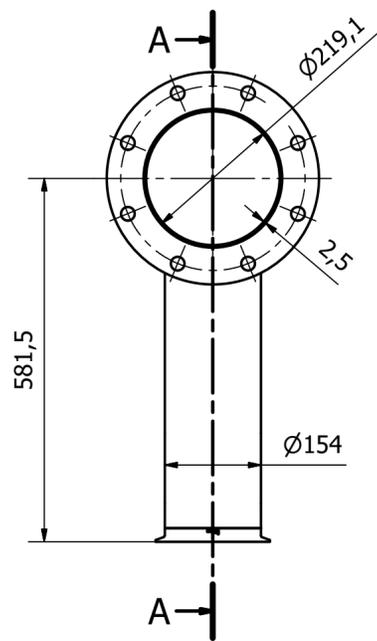
Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción		
	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-29/08/2020	
Dibujado	A.P.P.	29/08/2020	Nº plano	190809-113-00	Escala S/E
Revisado	--	29/08/2020	Fecha registro	29/08/2020	
190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO					
TRAMO RECTO TUBERÍA					



190809-613-00	1	1	TRANSICIÓN DE CONEXIÓN A FILTRO AISI316L
190809-612-00	1	1	TRAMO 12 COLECTOR AISI316L
190809-611-00	1	1	TRAMO 11 COLECTOR AISI316L
190809-610-00	1	1	TRAMO 10 COLECTOR AISI316L
190809-609-00	1	1	TRAMO 8 COLECTOR AISI316L
190809-608-00	1	1	TRAMO 6 COLECTOR AISI316L
190809-607-00	1	1	TRAMO 4 COLECTOR AISI316L
190809-606-00	1	1	TRAMO 2 COLECTOR AISI316L
190809-605-00	1	1	TRAMO 9 COLECTOR AISI316L
190809-604-00	1	1	TRAMO 7 COLECTOR AISI316L
190809-603-00	1	1	TRAMO 5 COLECTOR AISI316L
190809-602-00	1	1	TRAMO 3 COLECTOR AISI316L
190809-601-00	1	1	TRAMO 1 COLECTOR AISI316L

Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">TOLERANCIAS GENERALES DIN 768</th> <th>Diseñador</th> <th>Fecha</th> <th>O.T. - Fecha</th> <th>190809-01/09/2020</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIMENSIÓN</td> <td>TOL.</td> <td>Dibujado</td> <td>A.P.P.</td> <td>01/09/2020</td> <td>Nº plano 190809-600-00</td> </tr> <tr> <td>0 a 6mm</td> <td>±0.05</td> <td>Revisado</td> <td>-</td> <td>01/09/2020</td> <td>Fecha registro 01/09/2020</td> </tr> <tr> <td>6 a 30mm</td> <td>±0.05</td> <td colspan="4" rowspan="3">190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO</td> </tr> <tr> <td>30 a 120mm</td> <td>±0.15</td> </tr> <tr> <td>120 a 315mm</td> <td>±0.2</td> </tr> <tr> <td>315 a 1000mm</td> <td>±0.3</td> <td colspan="4">COLECTOR DE ASPIRACIÓN</td> </tr> </tbody> </table>				TOLERANCIAS GENERALES DIN 768		Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-01/09/2020	DIMENSIÓN	TOL.	Dibujado	A.P.P.	01/09/2020	Nº plano 190809-600-00	0 a 6mm	±0.05	Revisado	-	01/09/2020	Fecha registro 01/09/2020	6 a 30mm	±0.05	190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO				30 a 120mm	±0.15	120 a 315mm	±0.2	315 a 1000mm	±0.3	COLECTOR DE ASPIRACIÓN			
TOLERANCIAS GENERALES DIN 768		Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-01/09/2020																																
DIMENSIÓN	TOL.	Dibujado	A.P.P.	01/09/2020	Nº plano 190809-600-00																																
0 a 6mm	±0.05	Revisado	-	01/09/2020	Fecha registro 01/09/2020																																
6 a 30mm	±0.05	190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO																																			
30 a 120mm	±0.15																																				
120 a 315mm	±0.2																																				
315 a 1000mm	±0.3	COLECTOR DE ASPIRACIÓN																																			

DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0.05
6 a 30mm	±0.05
30 a 120mm	±0.15
120 a 315mm	±0.2
315 a 1000mm	±0.3



NOTA: LAS COTAS ENTRE PARENTESIS SON COTAS DE REFERENCIA.
SE DEBE MANTENER SIEMPRE LA COTA A EJES

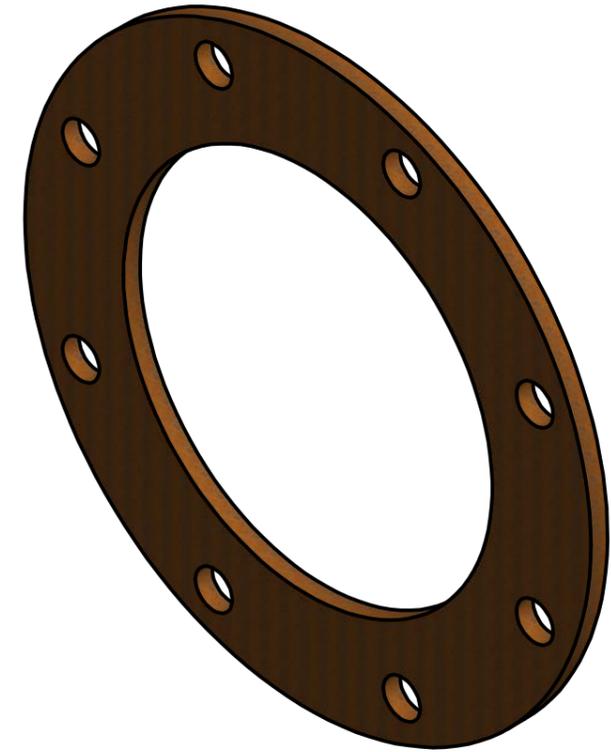
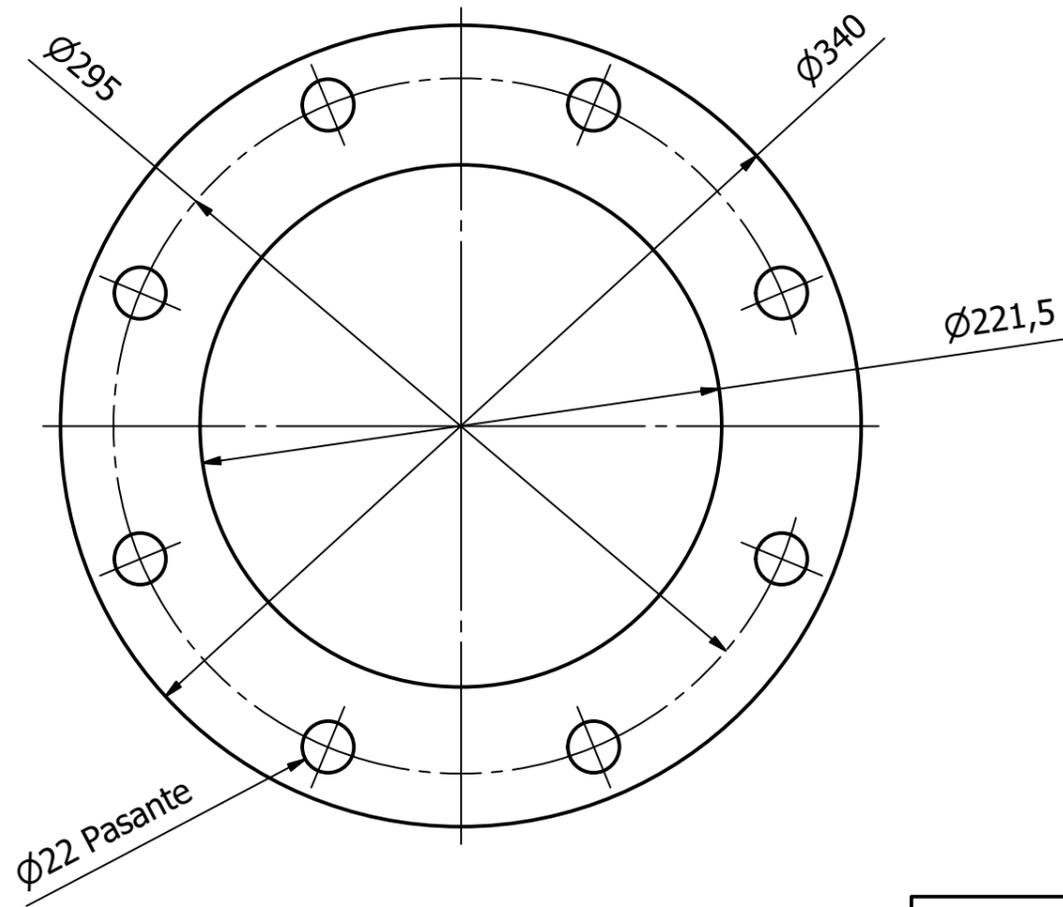
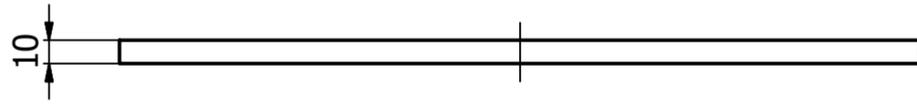


bene_inox_663 413-154	3	3	Model 63413-Welding DIN / metric clamp ferrule - Stainless steel 316L
190809-601-02	2	2	Brida cortada a laser 8" e=10mm AISI 316L
190809-601-01	1	1	Tubería 8" con injertos para colector AISI 316L

Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción	
190809-29/08/2020	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-29/08/2020
190809-601-00	Dibujado	A.P.P.	29/08/2020	Nº plano
190809-601-00	Revisado	--	29/08/2020	Fecha registro
190809-601-00			29/08/2020	Escala S/E

TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

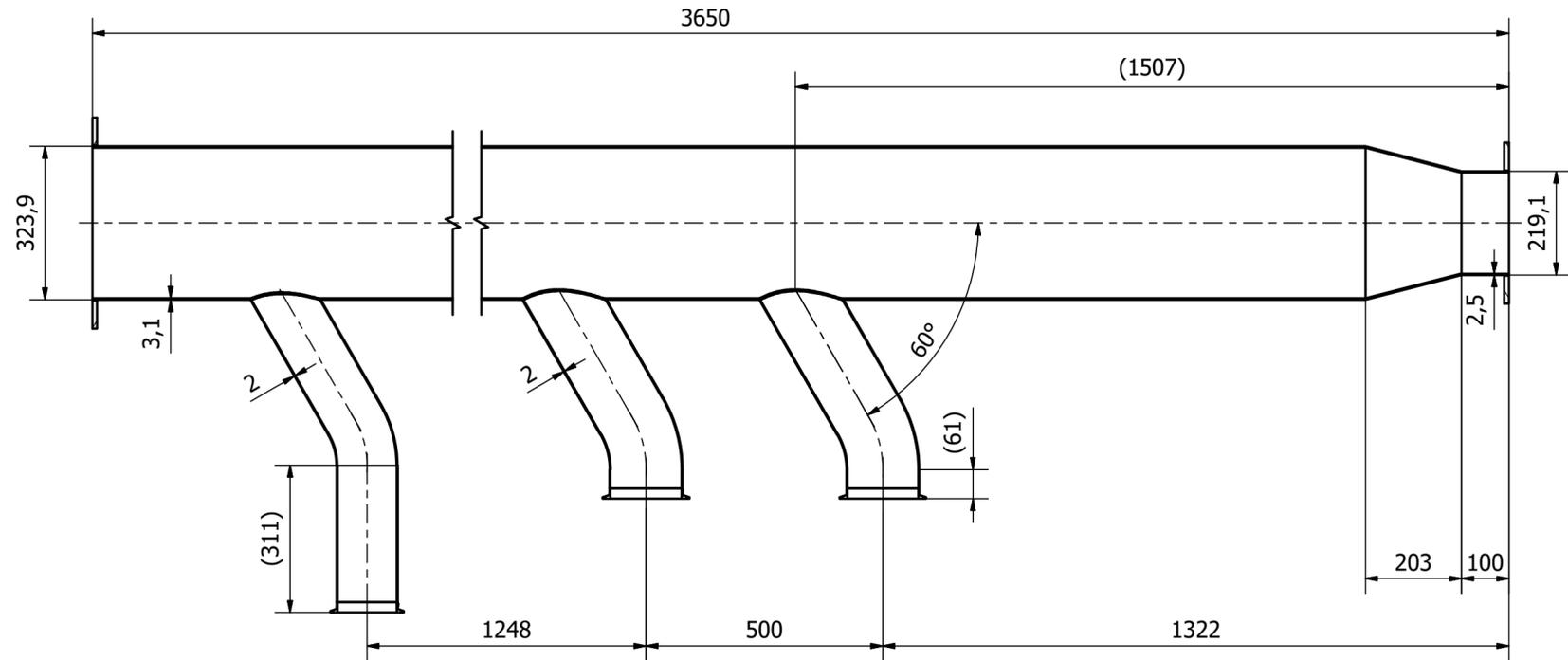
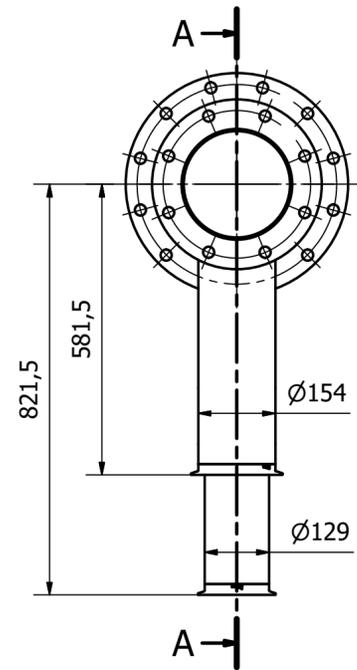
190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO	
TRAMO 1 COLECTOR	



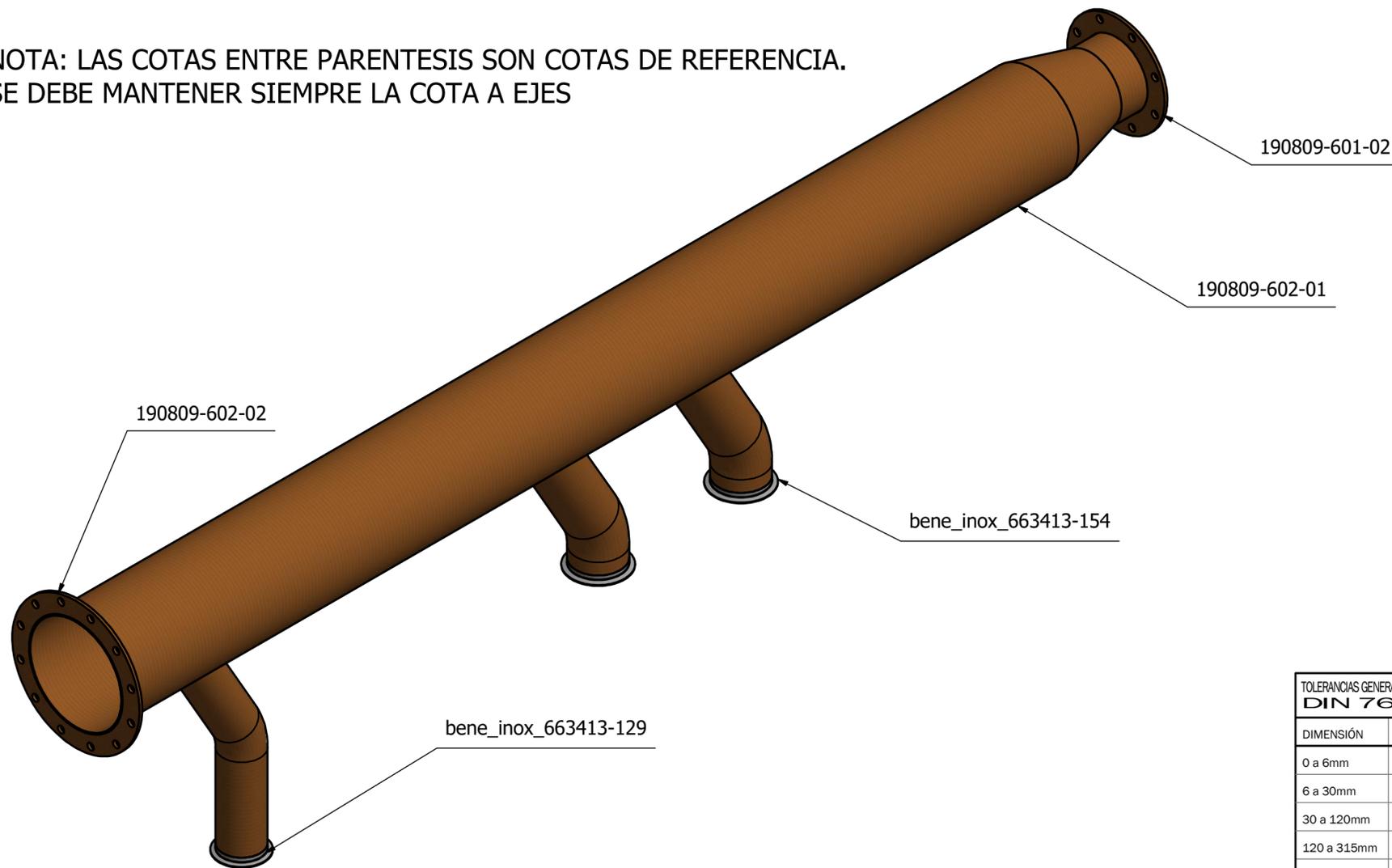
TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

190809-601-02	1	1	Brida cortada a laser 8" e=10mm AISI 316L		
Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción		
	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-30/08/2020	
Dibujado	A.P.P.	30/08/2020	Nº plano	190809-601-02	Escala S/E
Revisado	--	30/08/2020	Fecha registro	30/08/2020	
190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO					
BRIDA 8"					

CORTE A-A



NOTA: LAS COTAS ENTRE PARENTESIS SON COTAS DE REFERENCIA. SE DEBE MANTENER SIEMPRE LA COTA A EJES



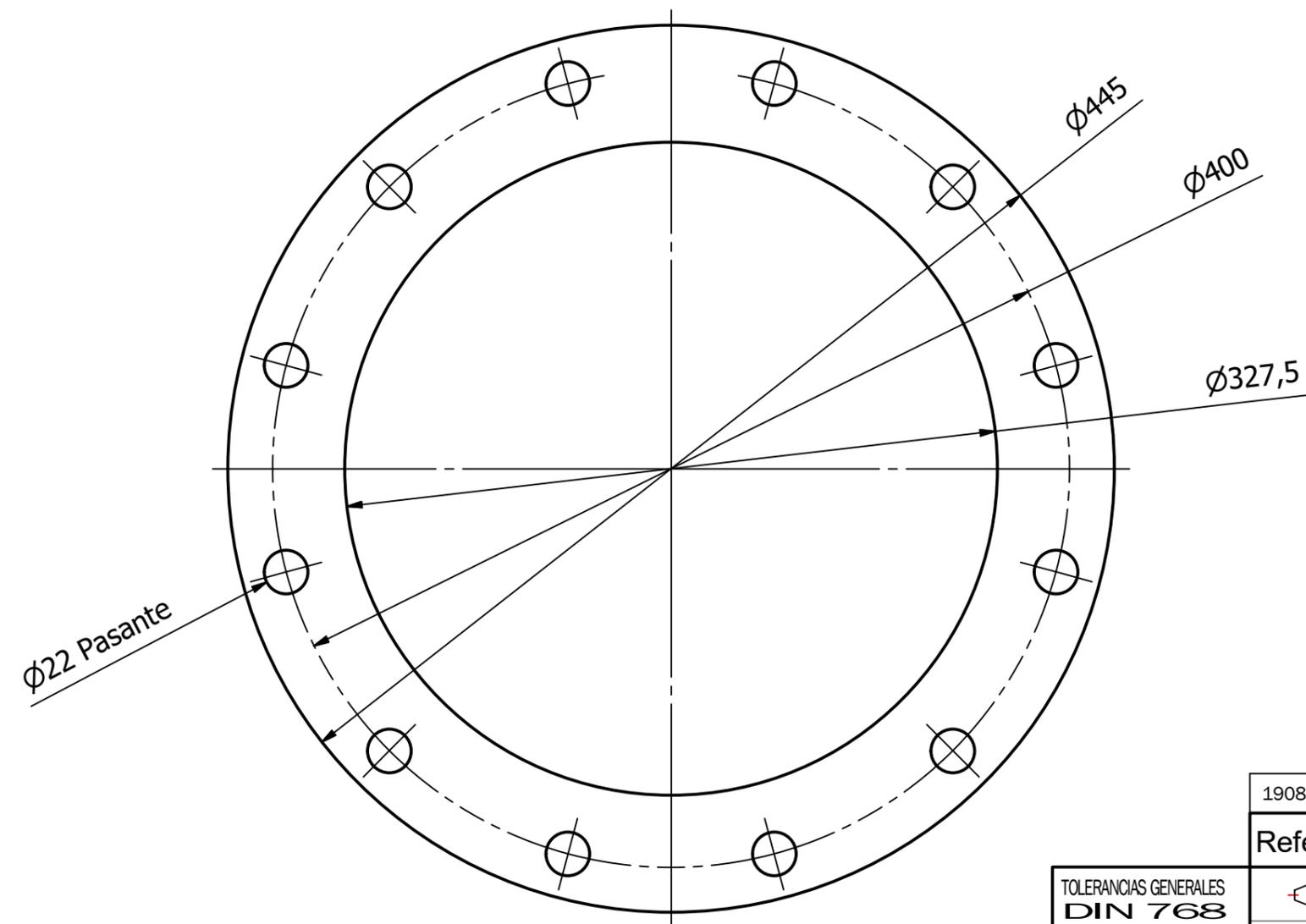
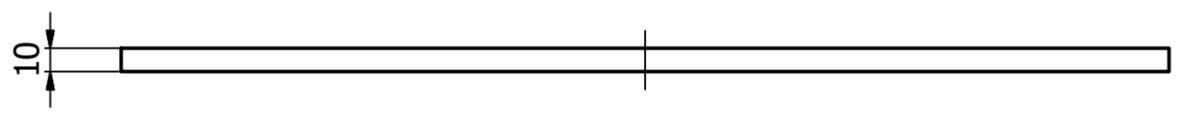
bene_inox_663 413-129	1	1	Model 63413-Welding DIN / metric clamp ferrule - Stainless steel 316L
190809-602-02	1	1	Brida cortada a laser 12" e=10mm AISI 316L
190809-602-01	1	1	Tubería 12" con injertos para colector AISI 316L
bene_inox_663 413-154	2	2	Model 63413-Welding DIN / metric clamp ferrule - Stainless steel 316L
190809-601-02	1	1	Brida cortada a laser 8" e=10mm AISI 316L

Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción	
190809-29/08/2020	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-29/08/2020
190809-602-00	Dibujado	A.P.P.	29/08/2020	Nº plano
190809-602-00	Revisado	--	29/08/2020	Fecha registro
190809-602-00				29/08/2020

TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

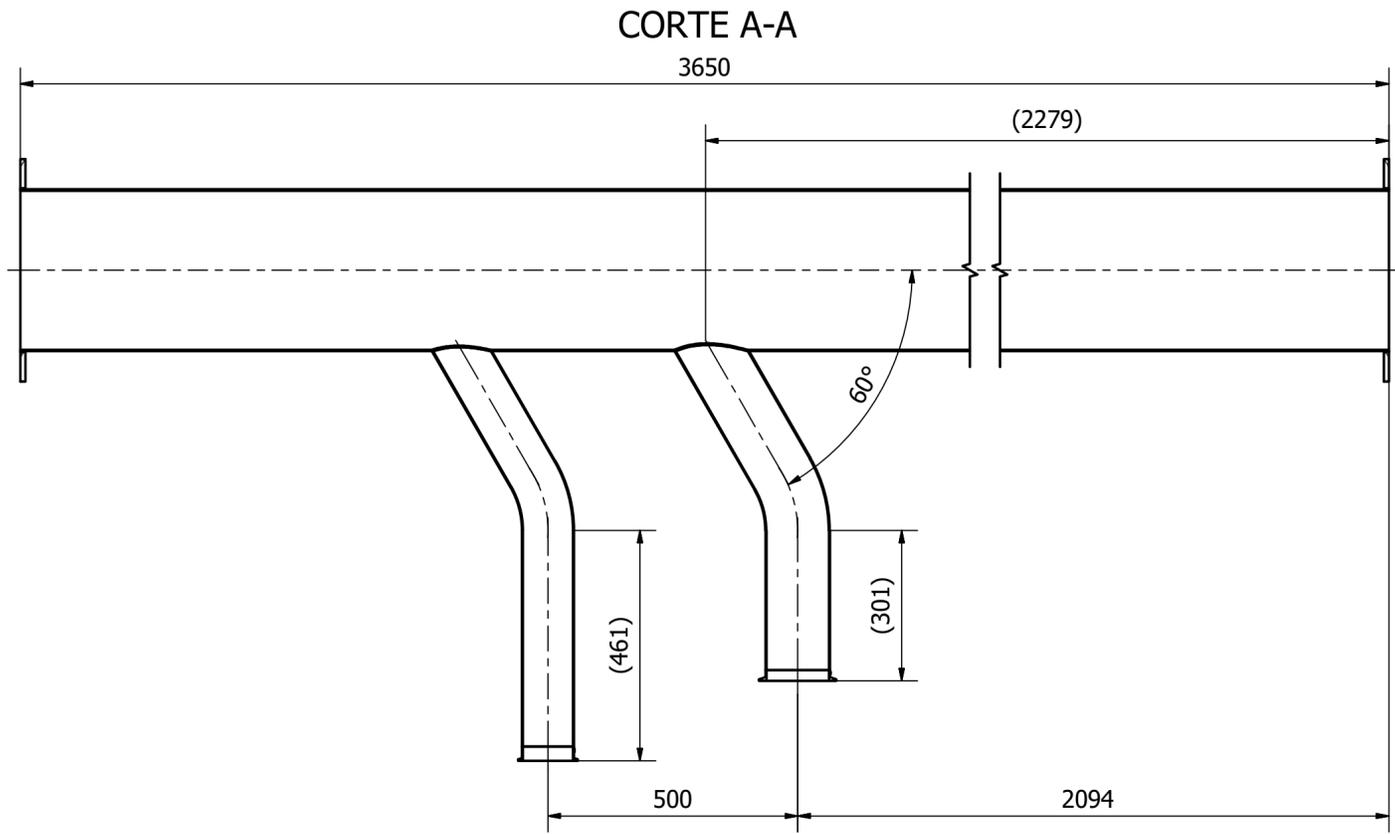
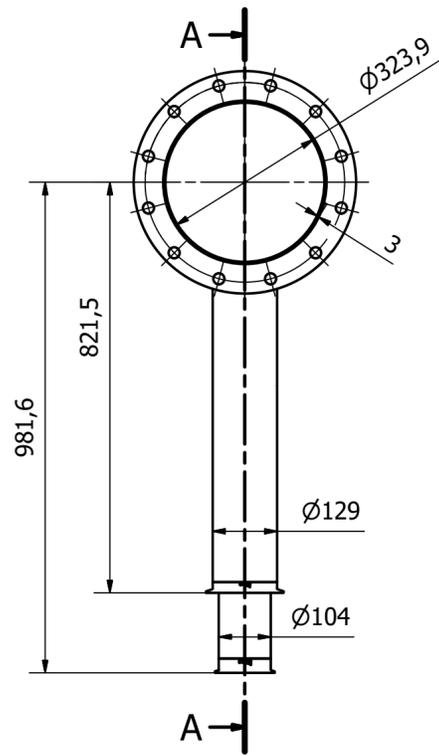
190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO	
TRAMO 3 COLECTOR	

Escala
S/E

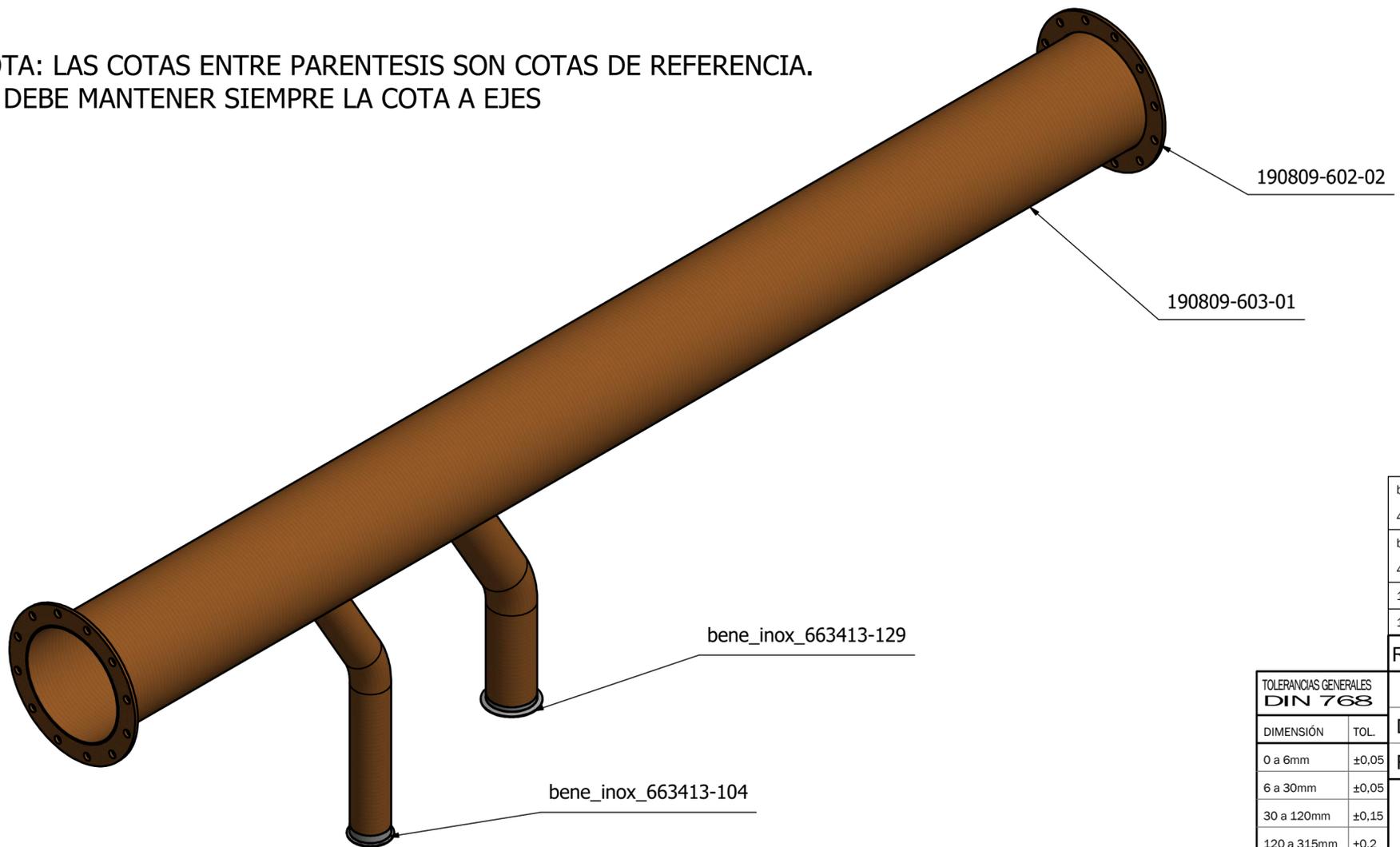


TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

190809-602-02	1	1	Brida cortada a laser 12" e=10mm AISI 316L		
Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción		
	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-30/08/2020	
Dibujado	A.P.P.	30/08/2020	Nº plano	190809-602-02	Escala S/E
Revisado	--	30/08/2020	Fecha registro	30/08/2020	
190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO					
BRIDA 12"					



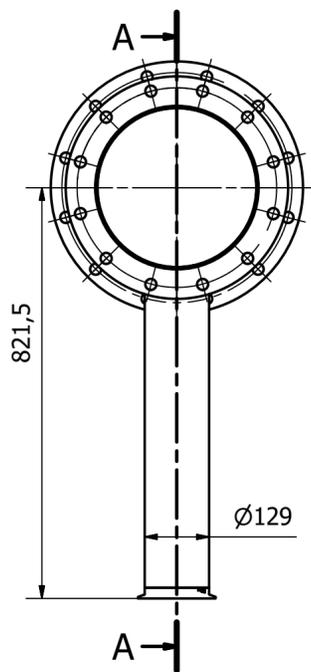
NOTA: LAS COTAS ENTRE PARENTESIS SON COTAS DE REFERENCIA.
SE DEBE MANTENER SIEMPRE LA COTA A EJES



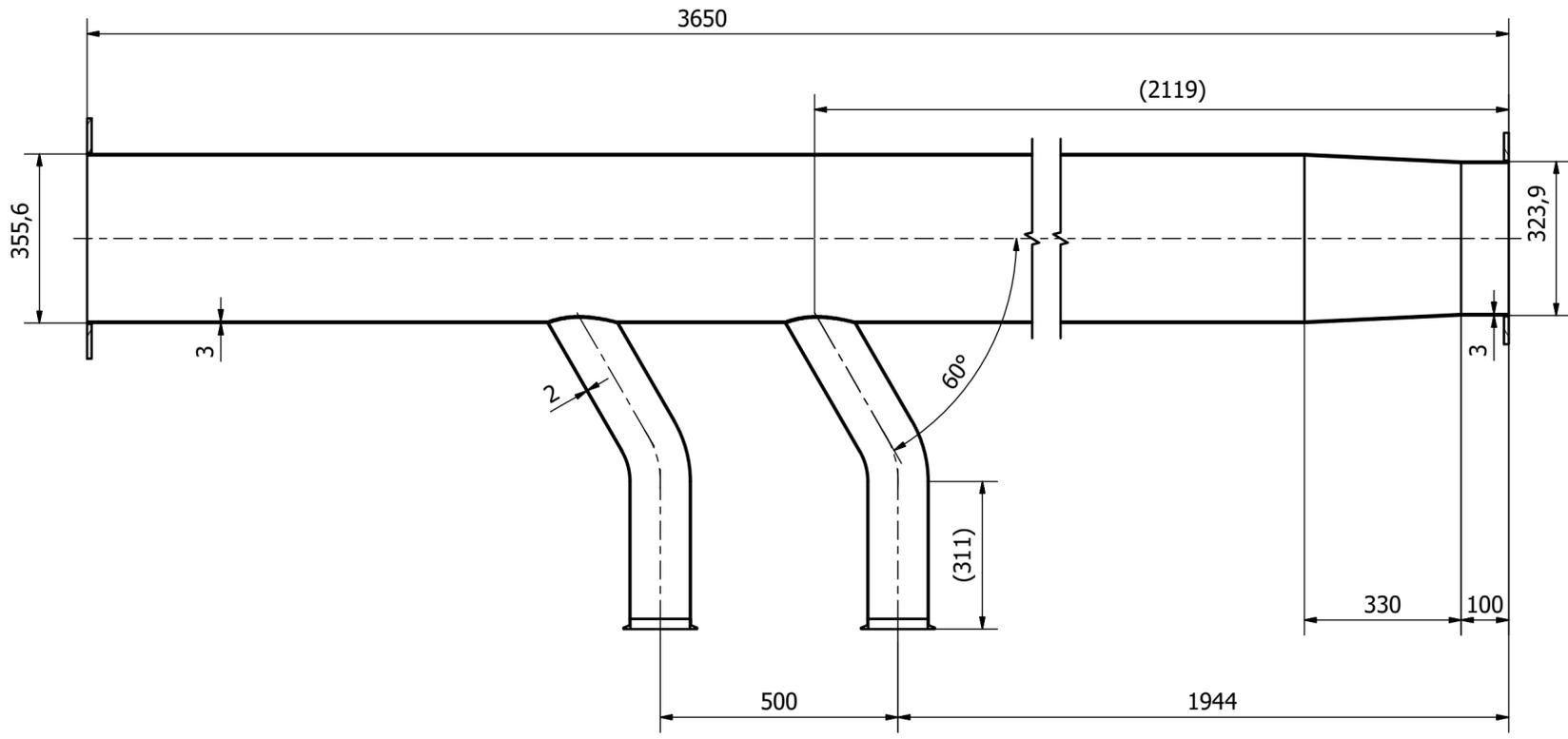
bene_inox_663413-129	1	1	Model 63413-Welding DIN / metric clamp ferrule - Stainless steel 316L		
bene_inox_663413-104	1	1	Model 63413-Welding DIN / metric clamp ferrule - Stainless steel 316L		
190809-602-02	2	2	Brida cortada a laser 12" e=10mm AISI 316L		
190809-603-01	1	1	Tubería 12" con injertos para colector AISI 316L		
Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción		
	⊕ ⊗	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-29/08/2020
Dibujado	A.P.P.	29/08/2020	Nº plano	190809-603-00	
Revisado	--	29/08/2020	Fecha registro	29/08/2020	
					Escala
					S/E

TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

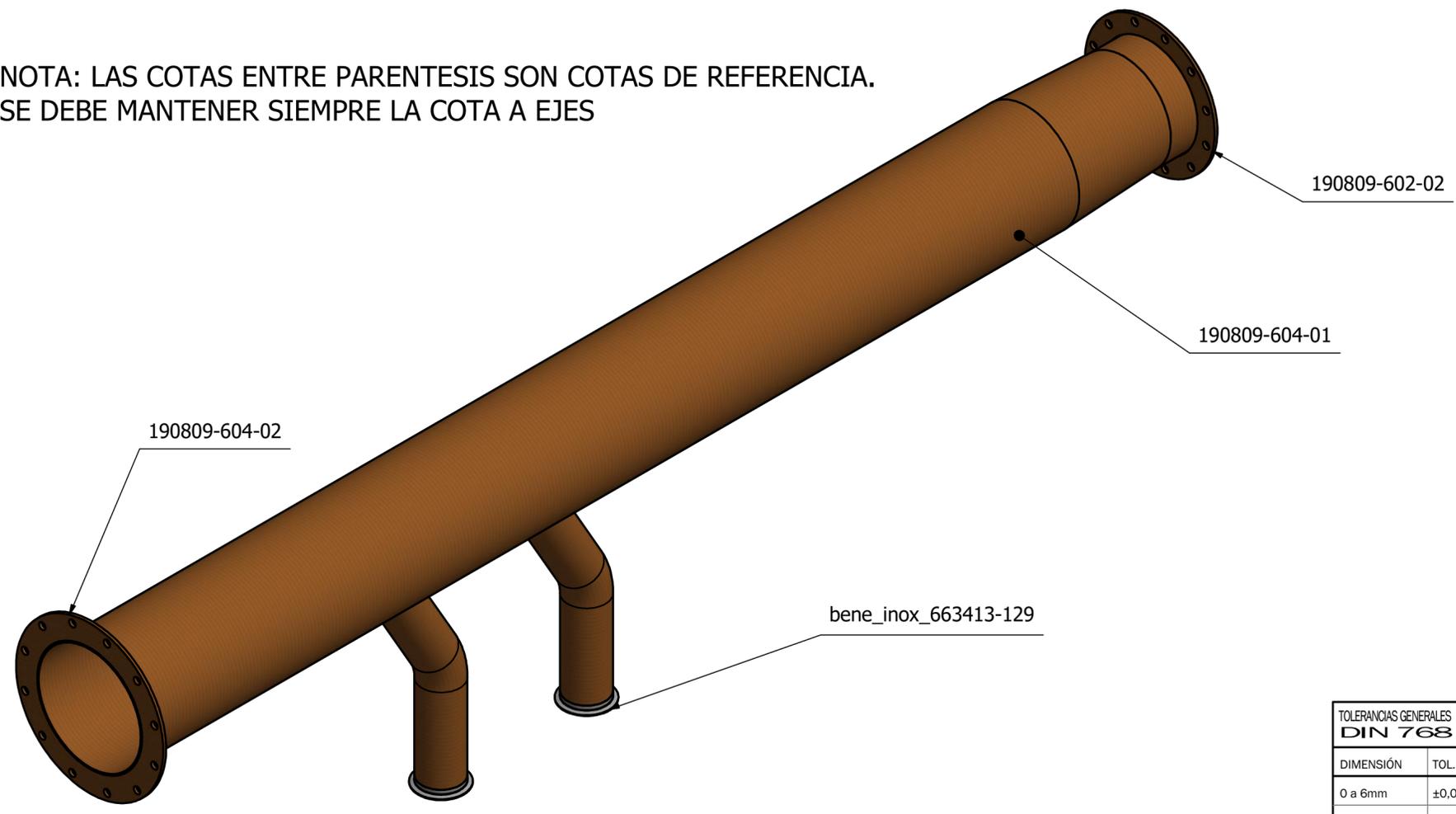
190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO	
TRAMO 5 COLECTOR	



CORTE A-A



NOTA: LAS COTAS ENTRE PARENTESIS SON COTAS DE REFERENCIA.
SE DEBE MANTENER SIEMPRE LA COTA A EJES

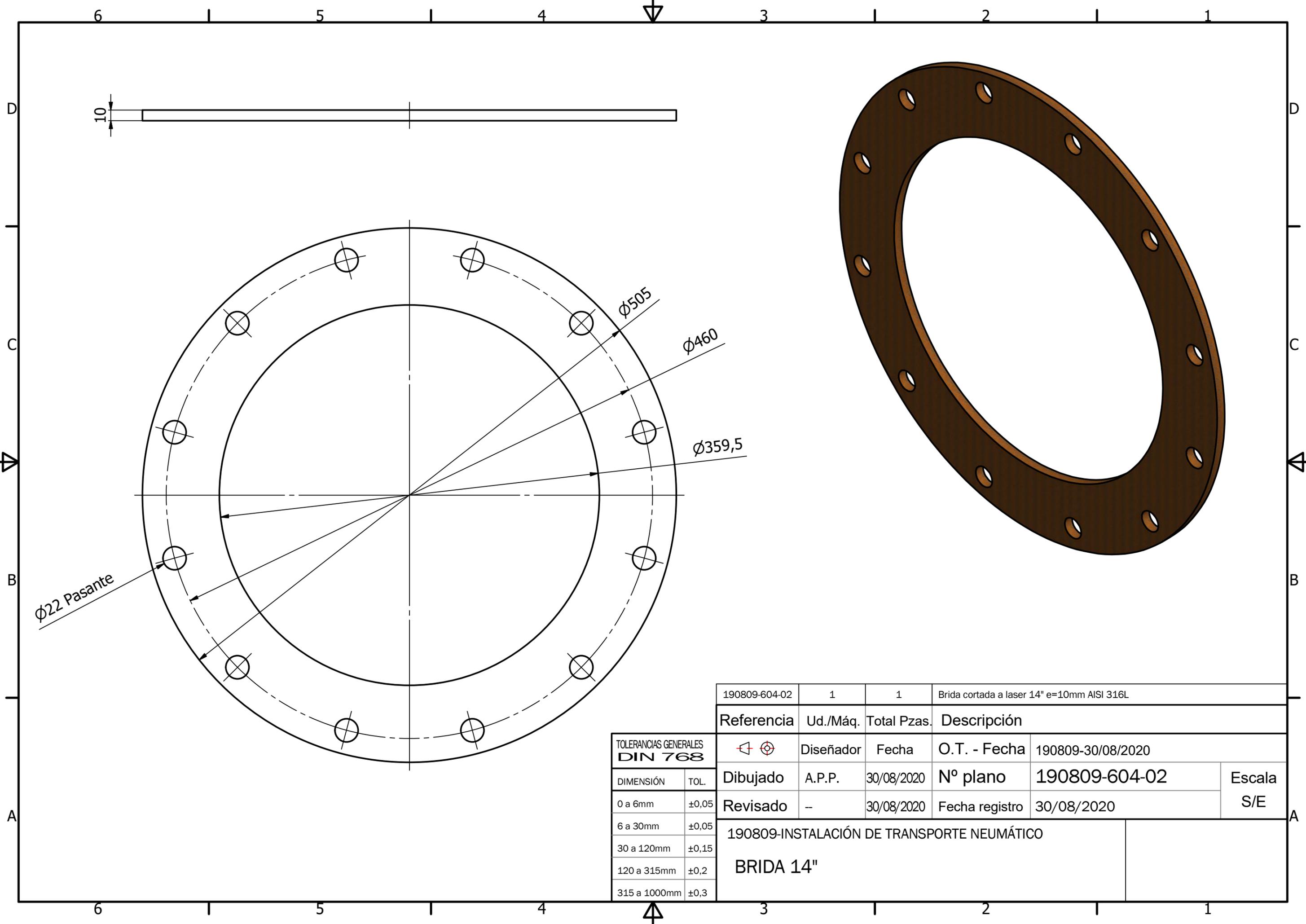


bene_inox_663 413-129	2	2	Model 63413-Welding DIN / metric clamp ferrule - Stainless steel 316L
190809-604-02	1	1	Brida cortada a laser 14" e=10mm AISI 316L
190809-604-01	1	1	Tubería 14" con insertos para colector AISI 316L
190809-602-02	1	1	Brida cortada a laser 12" e=10mm AISI 316L

Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción
190809-29/08/2020	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha
190809-604-00	Dibujado	A.P.P.	29/08/2020
190809-604-00	Revisado	--	29/08/2020
Nº plano		190809-604-00	
Fecha registro		29/08/2020	
Escala		S/E	

TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

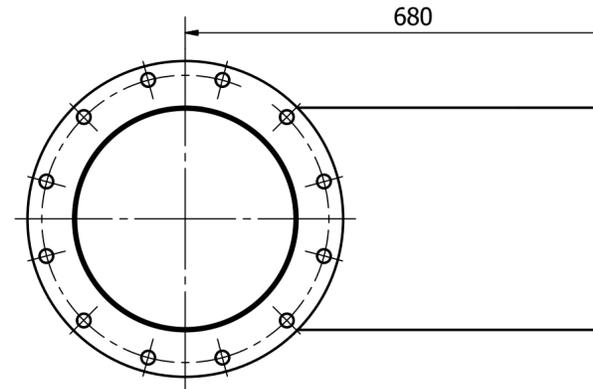
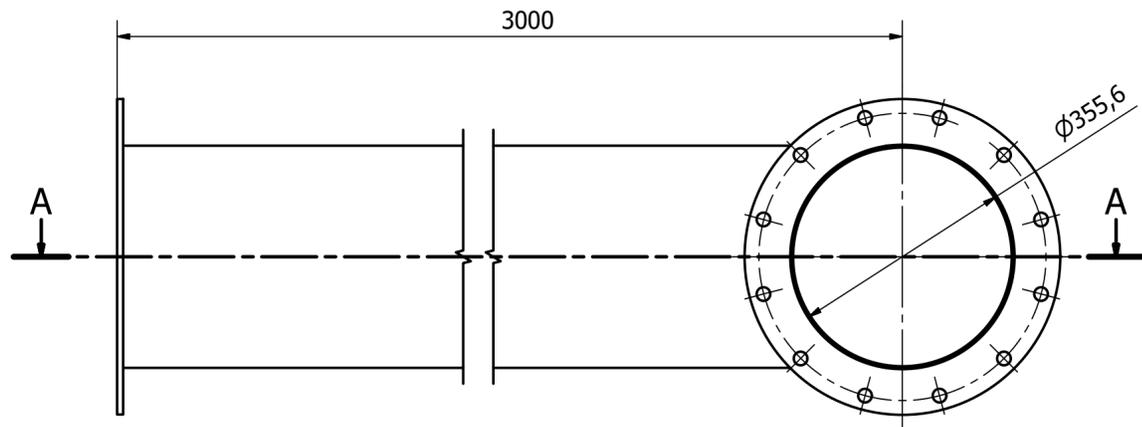
190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO	
TRAMO 7 COLECTOR	



Ø22 Pasante

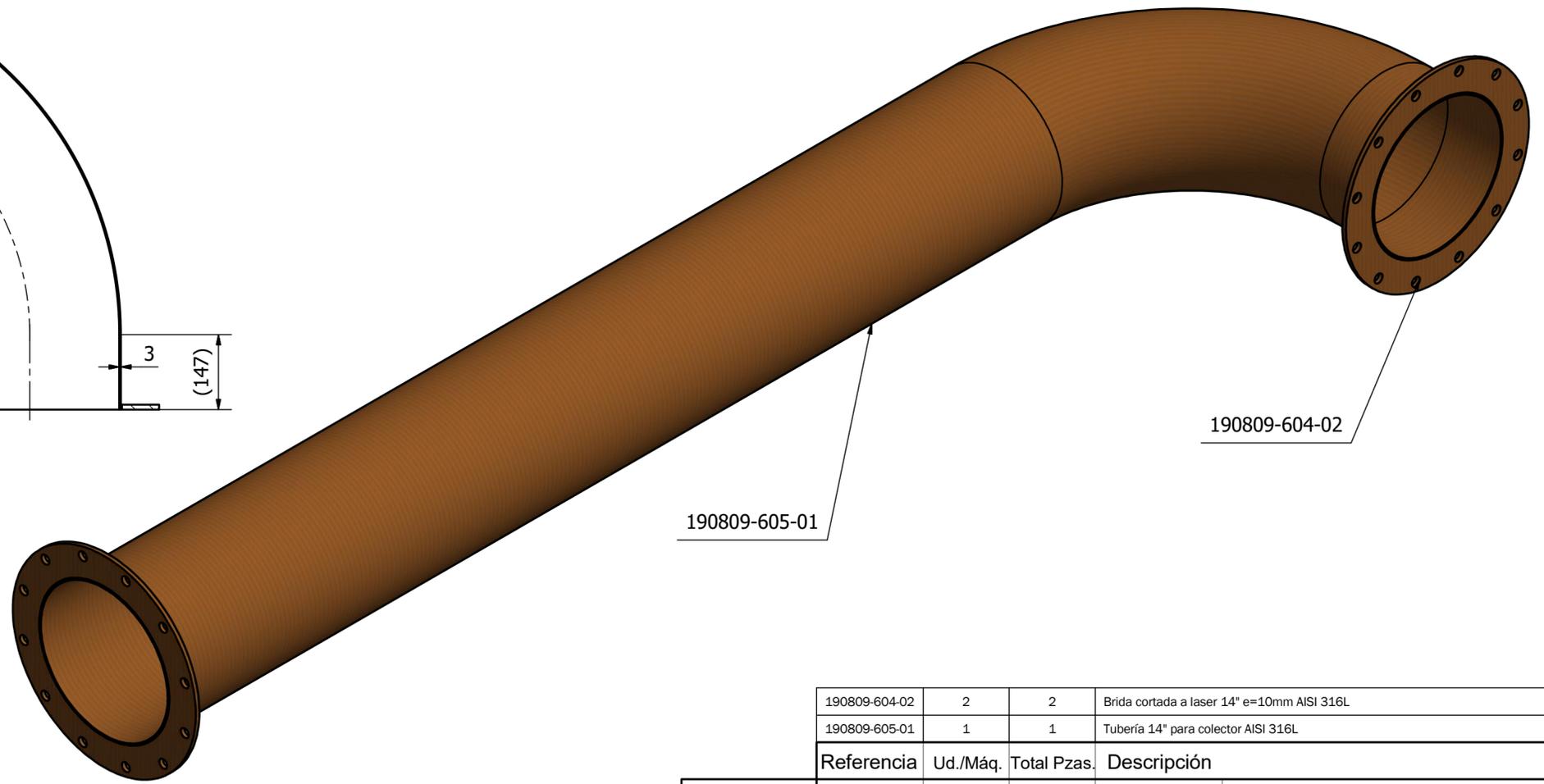
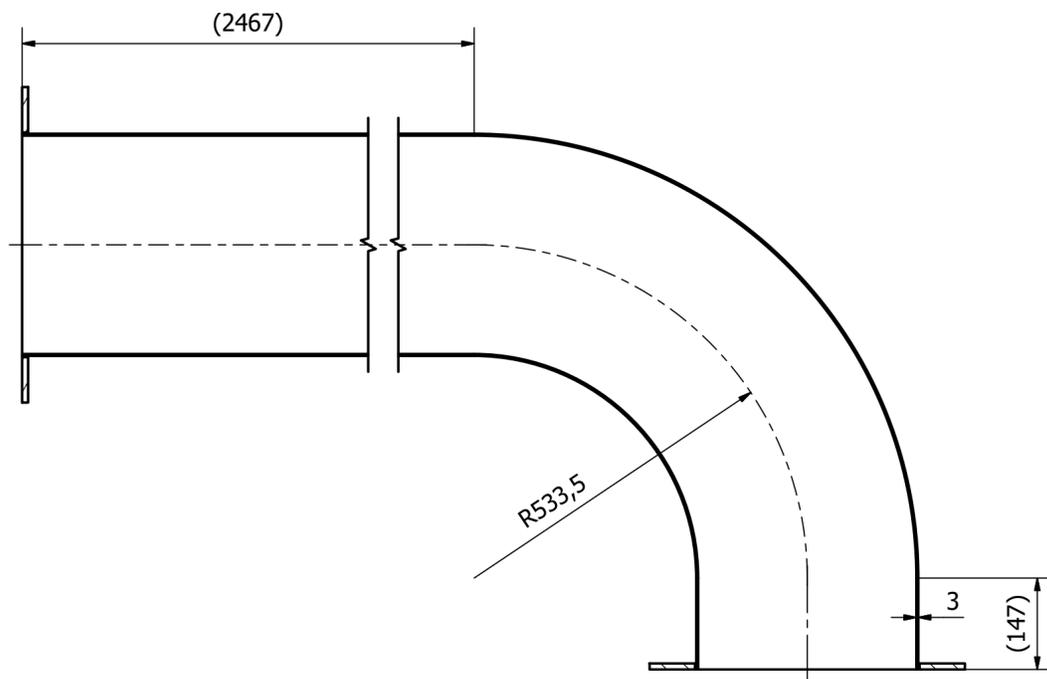
TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

190809-604-02	1	1	Brida cortada a laser 14" e=10mm AISI 316L		
Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción		
	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-30/08/2020	
Dibujado	A.P.P.	30/08/2020	Nº plano	190809-604-02	Escala S/E
Revisado	--	30/08/2020	Fecha registro	30/08/2020	
190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO					
BRIDA 14"					



CORTE A-A

NOTA: LAS COTAS ENTRE PARENTESIS SON COTAS DE REFERENCIA.
SE DEBE MANTENER SIEMPRE LA COTA A EJES



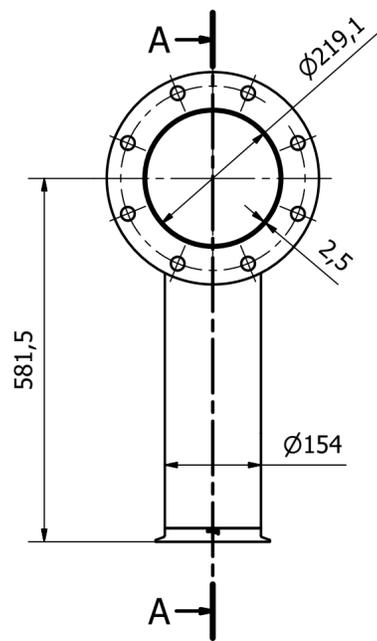
190809-604-02	2	2	Brida cortada a laser 14" e=10mm AISI 316L
190809-605-01	1	1	Tubería 14" para colector AISI 316L

Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción	
190809-31/08/2020	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-31/08/2020
190809-605-00	Dibujado	A.P.P.	31/08/2020	Nº plano
190809-605-00	Revisado	--	31/08/2020	Fecha registro
190809-605-00				31/08/2020

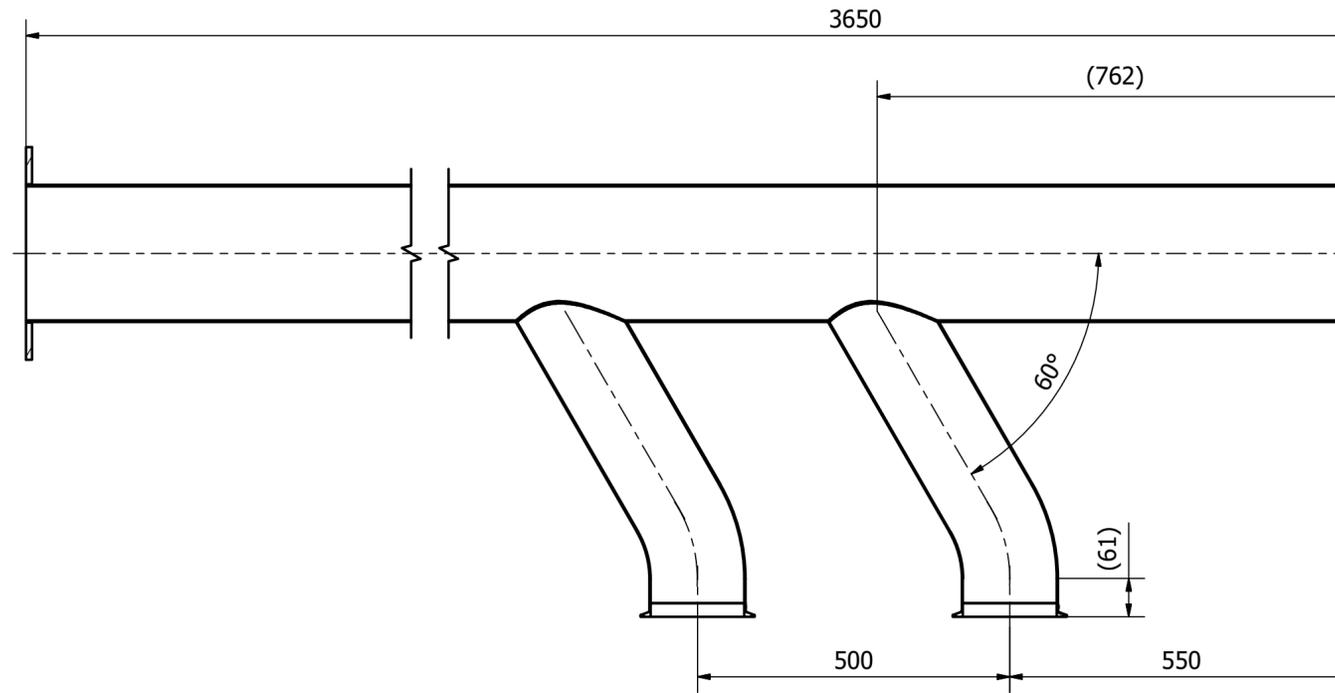
TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO		
TRAMO 9 COLECTOR		

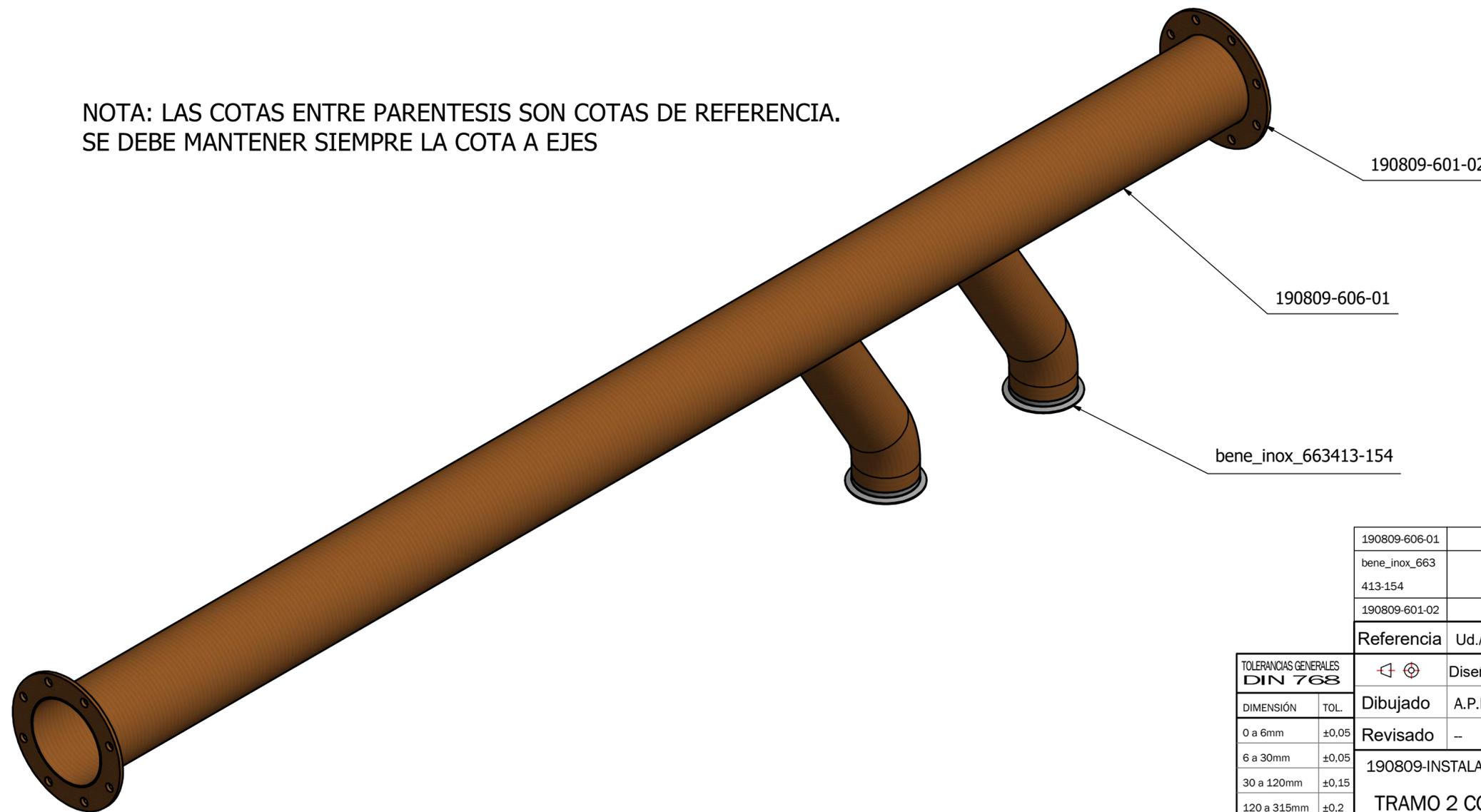
Escala
S/E



CORTE A-A



NOTA: LAS COTAS ENTRE PARENTESIS SON COTAS DE REFERENCIA.
SE DEBE MANTENER SIEMPRE LA COTA A EJES

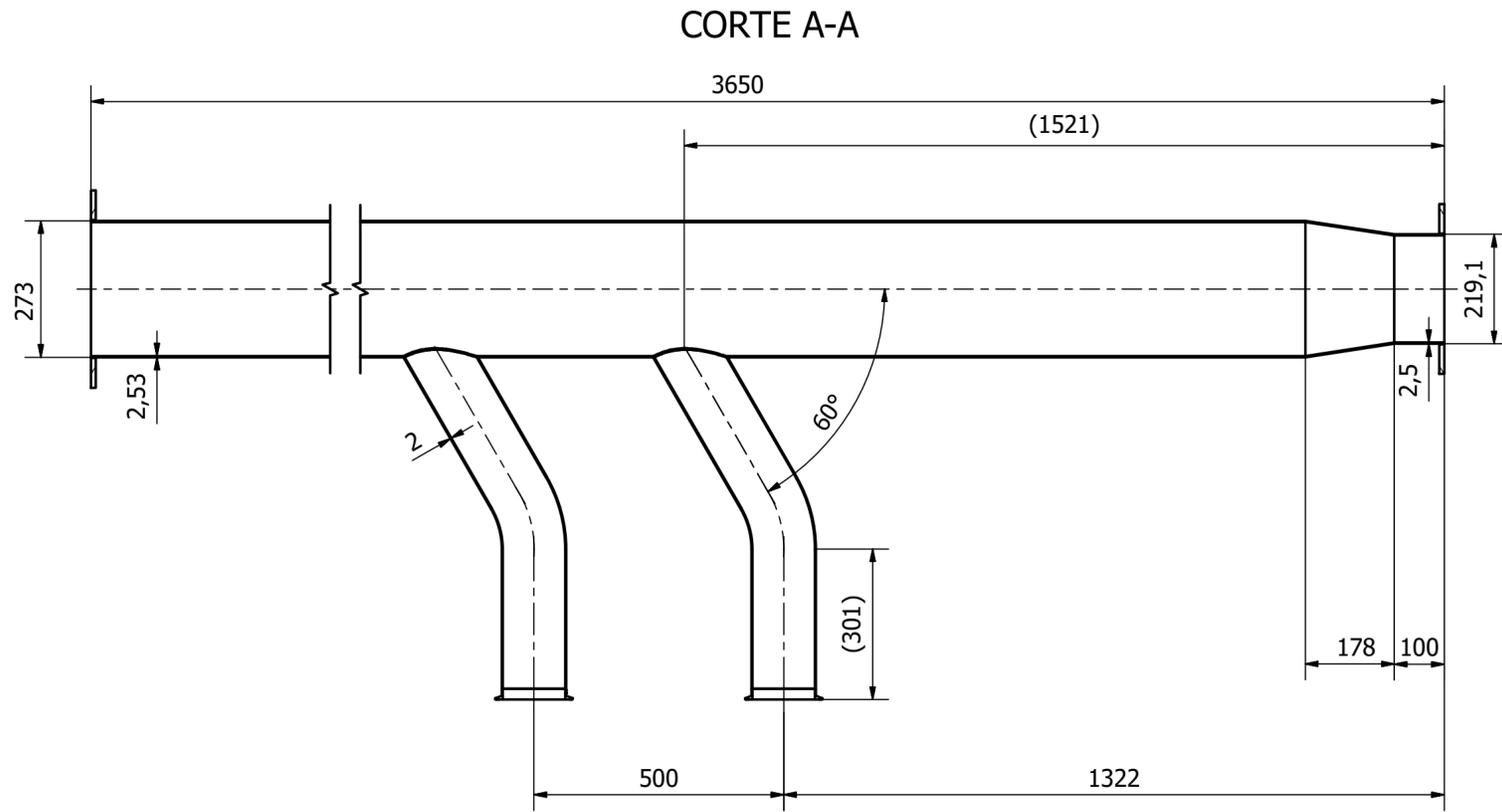
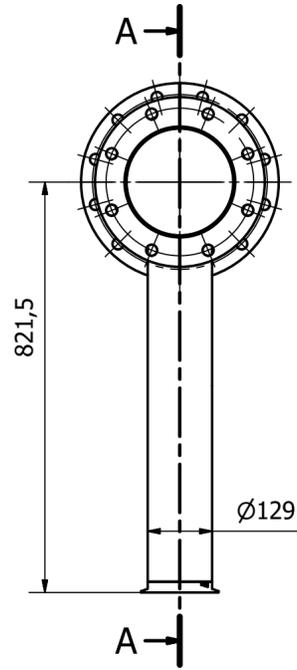


190809-606-01	1	1	Tubería 8" con injertos para colector AISI 316L
bene_inox_663 413-154	2	2	Model 63413-Welding DIN / metric clamp ferrule - Stainless steel 316L
190809-601-02	2	2	Brida cortada a laser 8" e=10mm AISI 316L

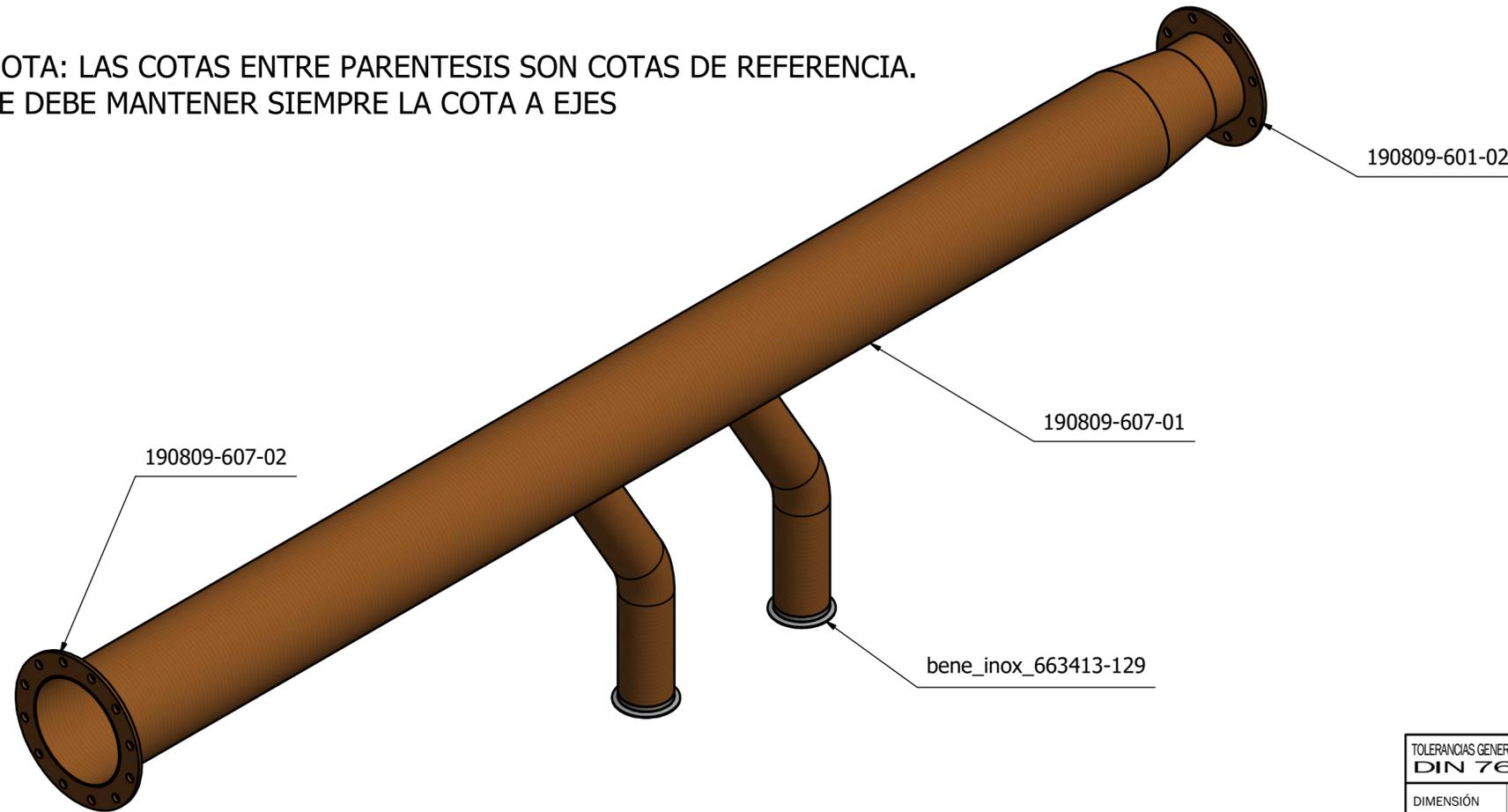
Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción
190809-29/08/2020	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha
190809-606-00	Dibujado	A.P.P.	29/08/2020
190809-606-00	Revisado	--	29/08/2020
190809-606-00	Nº plano		190809-606-00
190809-606-00	Fecha registro		29/08/2020
190809-606-00	Escala		S/E

TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO	
TRAMO 2 COLECTOR	



NOTA: LAS COTAS ENTRE PARENTESIS SON COTAS DE REFERENCIA.
SE DEBE MANTENER SIEMPRE LA COTA A EJES

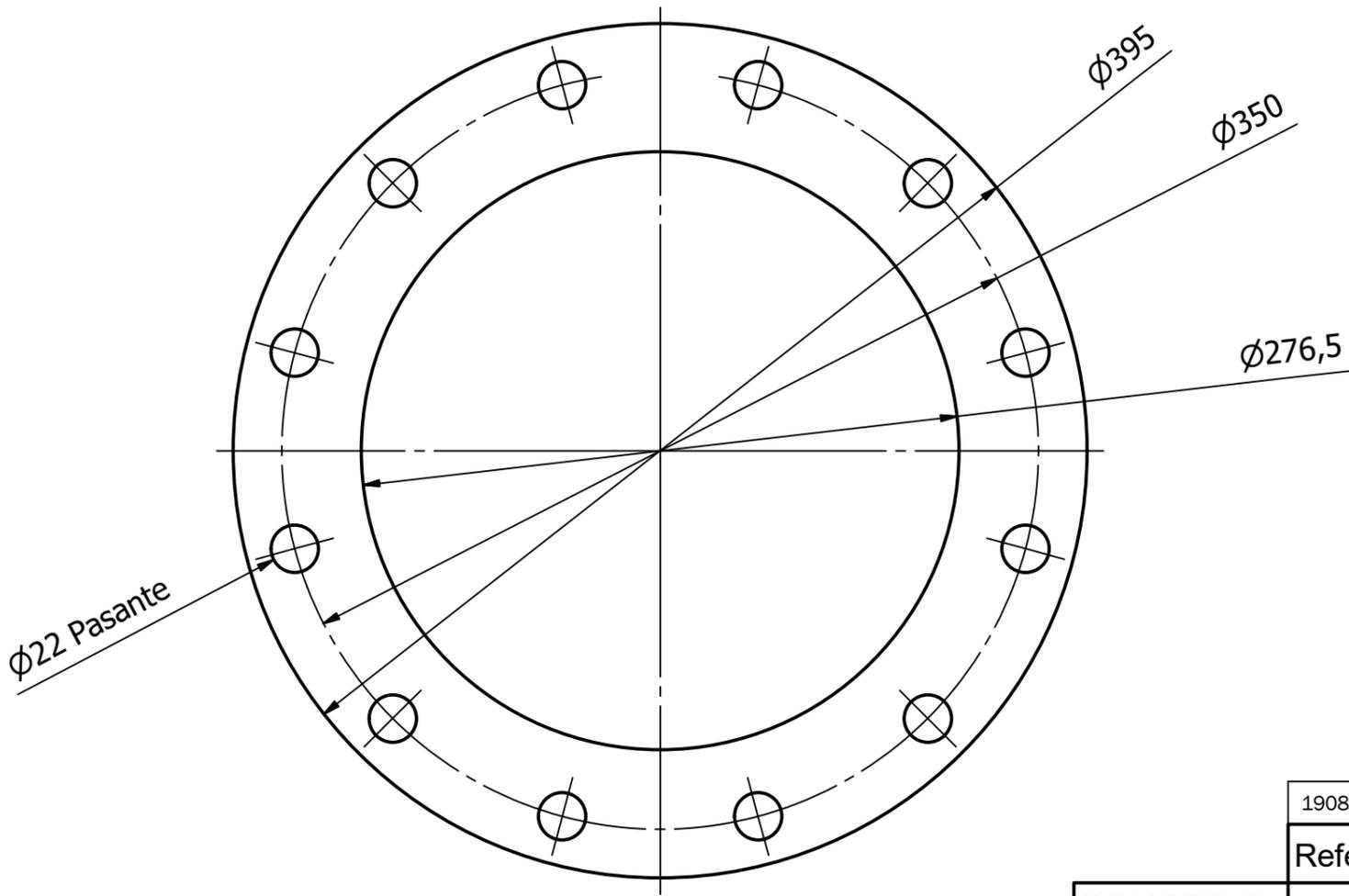
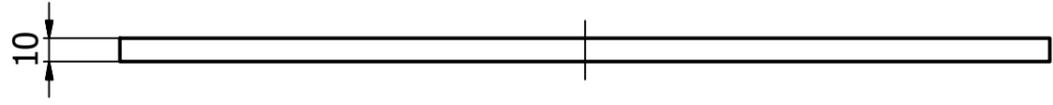


bene_inox_663	2	2	Model 63413-Welding DIN / metric clamp ferrule - Stainless steel 316L
413-129			
190809-607-02	1	1	Brida cortada a laser 10" e=10mm AISI 316L
190809-607-01	1	1	Tubería 10" con insertos para colector AISI 316L
190809-601-02	1	1	Brida cortada a laser 8" e=10mm AISI 316L

Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción
190809-29/08/2020			
Dibujado	A.P.P.	29/08/2020	Nº plano 190809-607-00
Revisado	--	29/08/2020	Fecha registro 29/08/2020

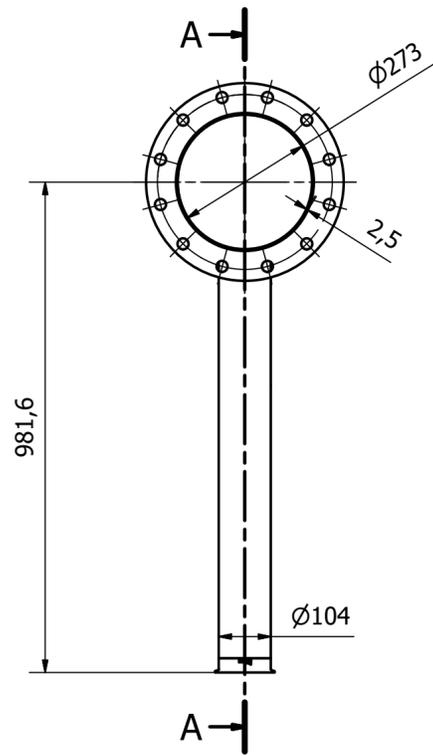
TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO	
TRAMO 4 COLECTOR	

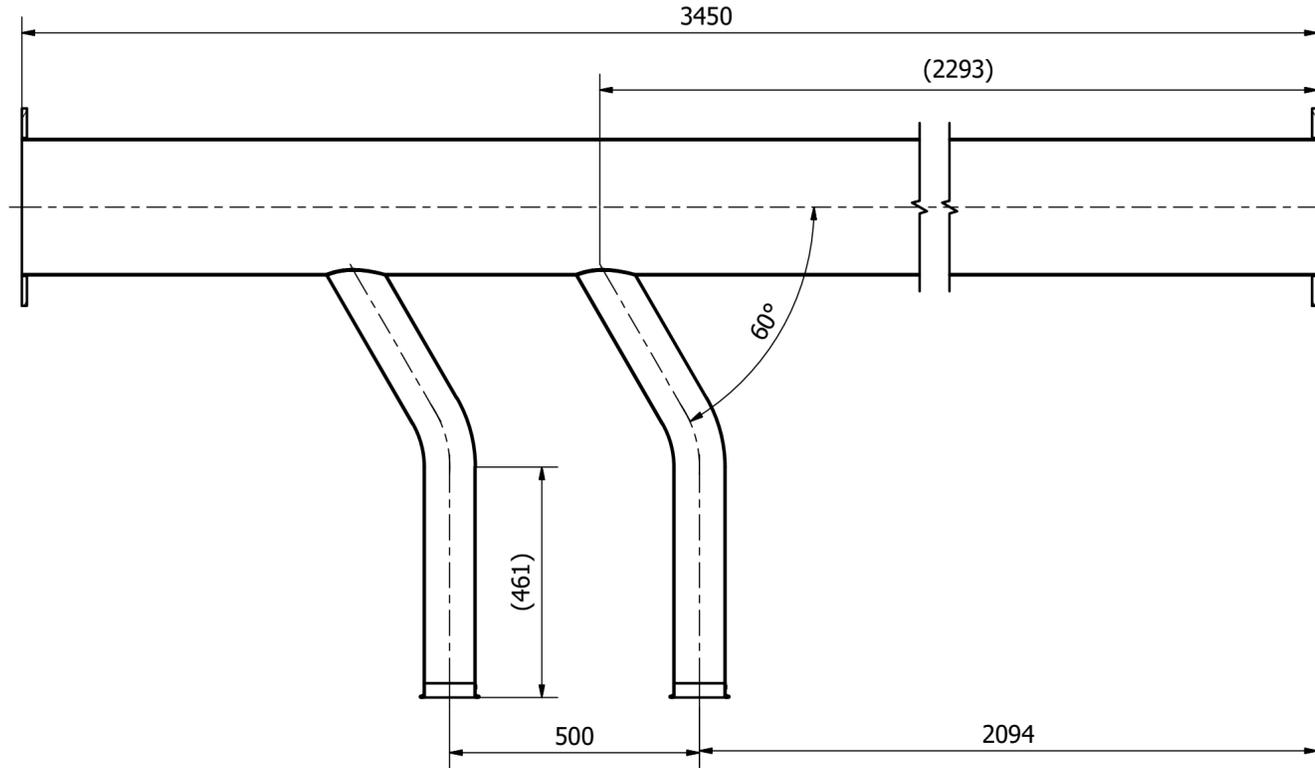


TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

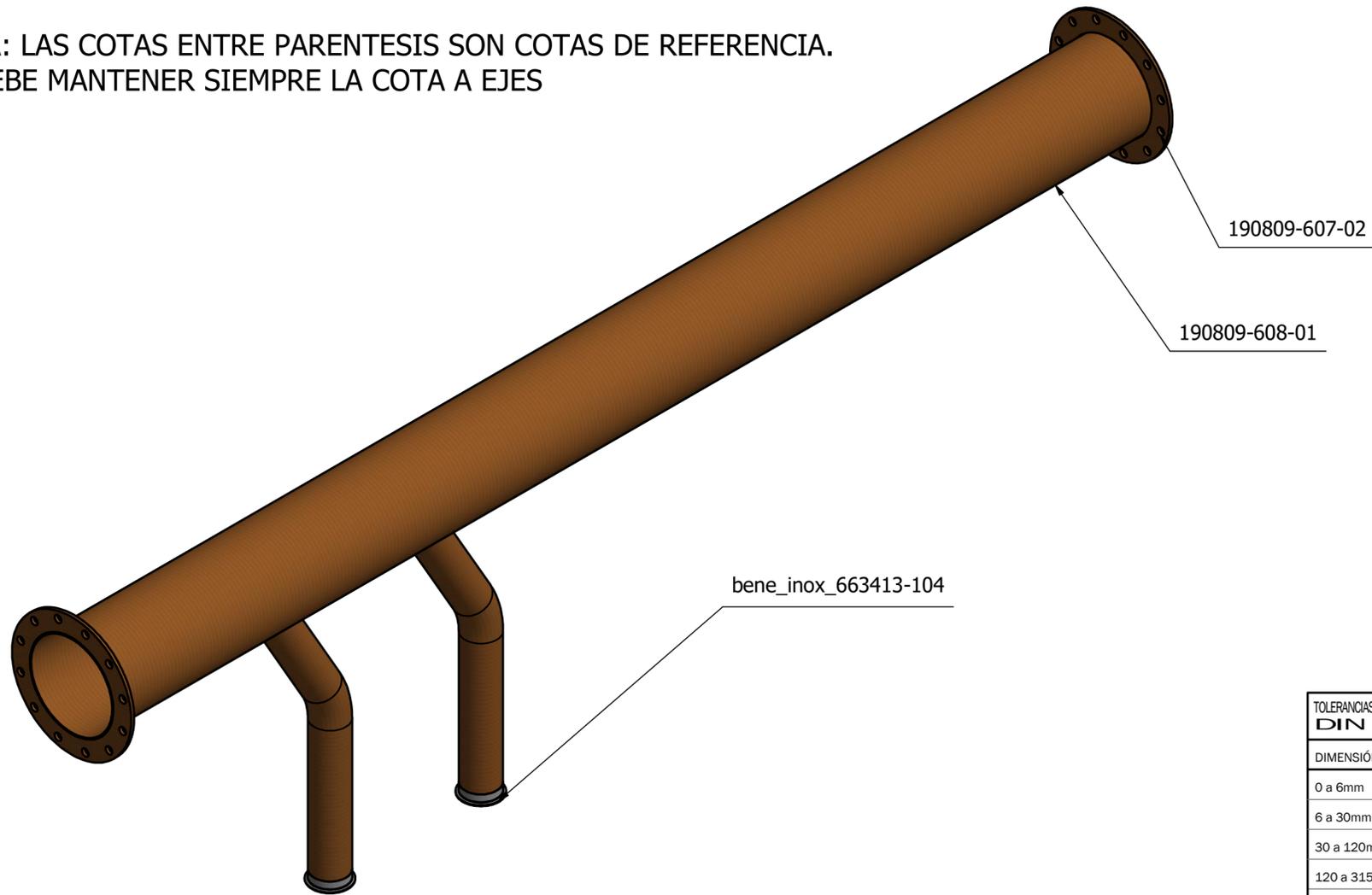
190809-607-02	1	1	Brida cortada a laser 10" e=10mm AISI 316L		
Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción		
	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-30/08/2020	
Dibujado	A.P.P.	30/08/2020	Nº plano	190809-607-02	Escala S/E
Revisado	--	30/08/2020	Fecha registro	30/08/2020	
190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO					
BRIDA 10"					



CORTE A-A



NOTA: LAS COTAS ENTRE PARENTESIS SON COTAS DE REFERENCIA.
SE DEBE MANTENER SIEMPRE LA COTA A EJES

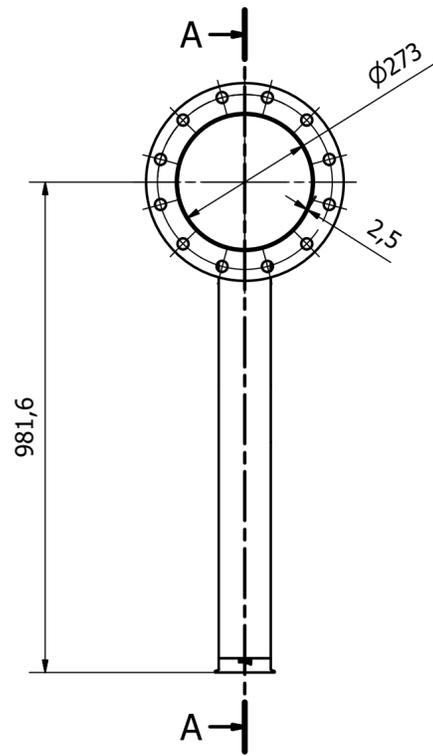


190809-607-02	2	2	Brida cortada a laser 10° e=10mm AISI 316L
190809-608-01	1	1	Tubería 10" con injertos para colector AISI 316L
bene_inox_663 413-104	2	2	Model 63413-Welding DIN / metric clamp ferrule - Stainless steel 316L

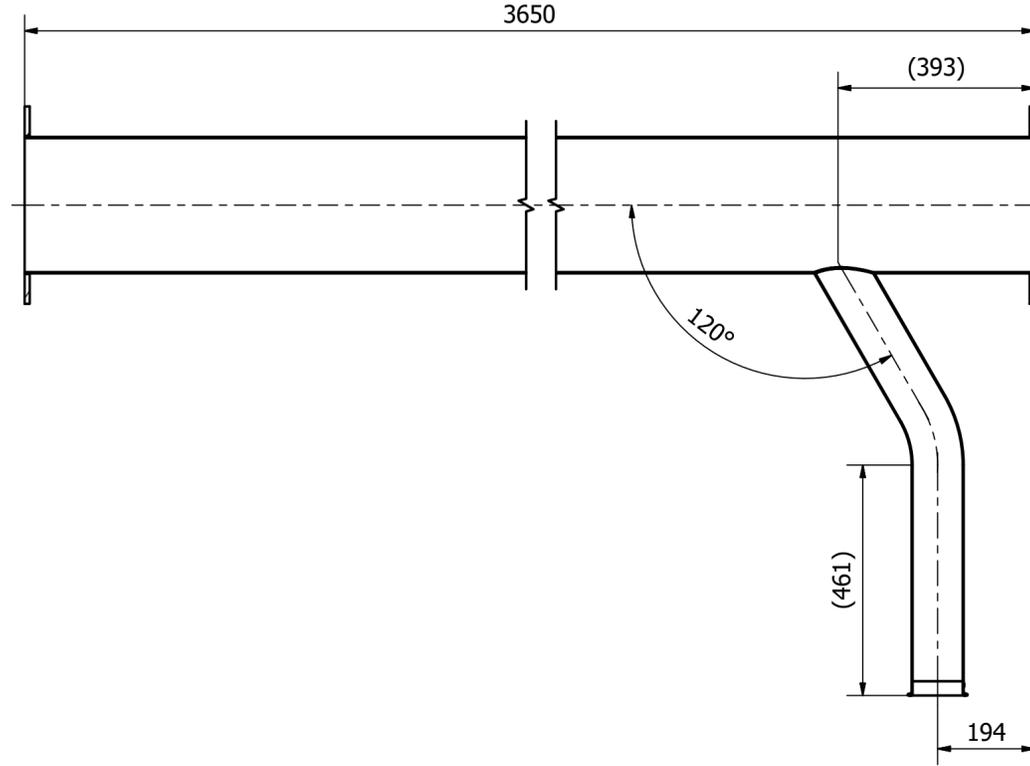
Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción
190809-29/08/2020	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha
190809-608-00	A.P.P.	29/08/2020	Nº plano
29/08/2020	--	29/08/2020	Fecha registro

TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

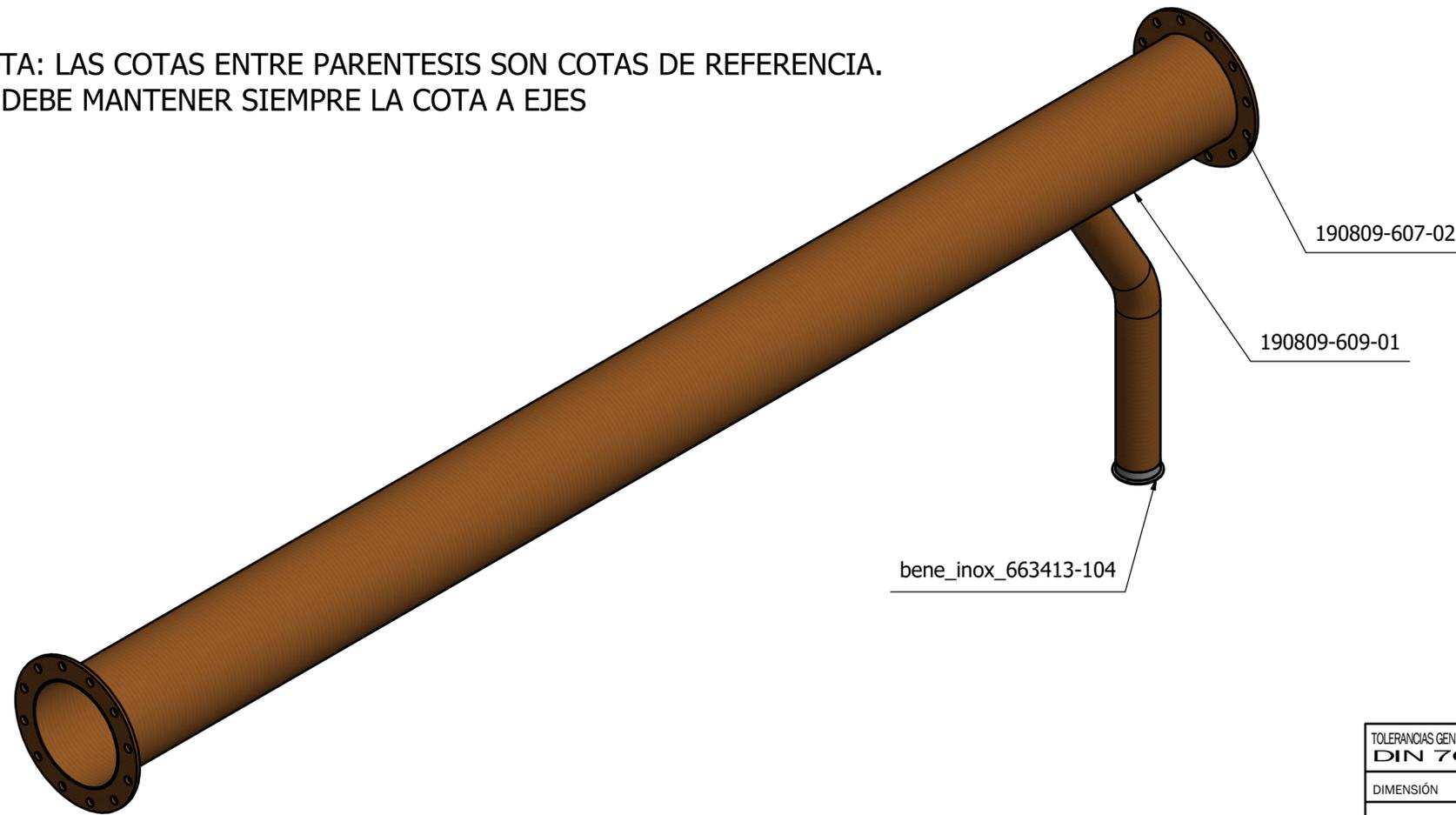
190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO			
TRAMO 6 COLECTOR			
			Escala S/E



CORTE A-A



NOTA: LAS COTAS ENTRE PARENTESIS SON COTAS DE REFERENCIA.
SE DEBE MANTENER SIEMPRE LA COTA A EJES



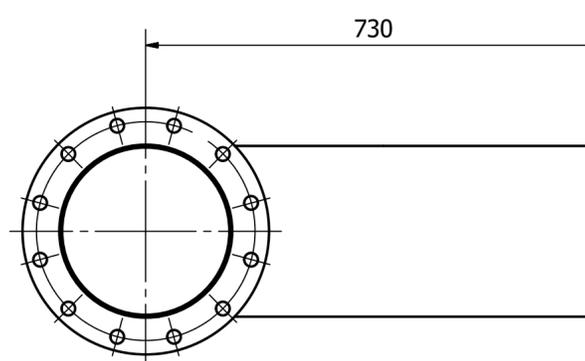
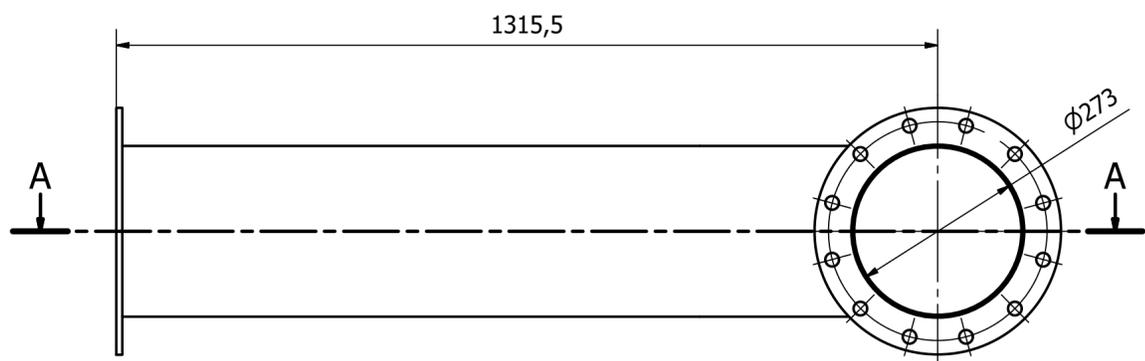
190809-609-01	1	1	Tubería 10" con injertos para colector AISI 316L
190809-607-02	2	2	Brida cortada a laser 10" e=10mm AISI 316L
bene_inox_663 413-104	1	1	Model 63413-Welding DIN / metric clamp ferrule - Stainless steel 316L

Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción
190809-29/08/2020	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha
190809-609-00	A.P.P.	29/08/2020	Nº plano
29/08/2020	--	29/08/2020	Fecha registro

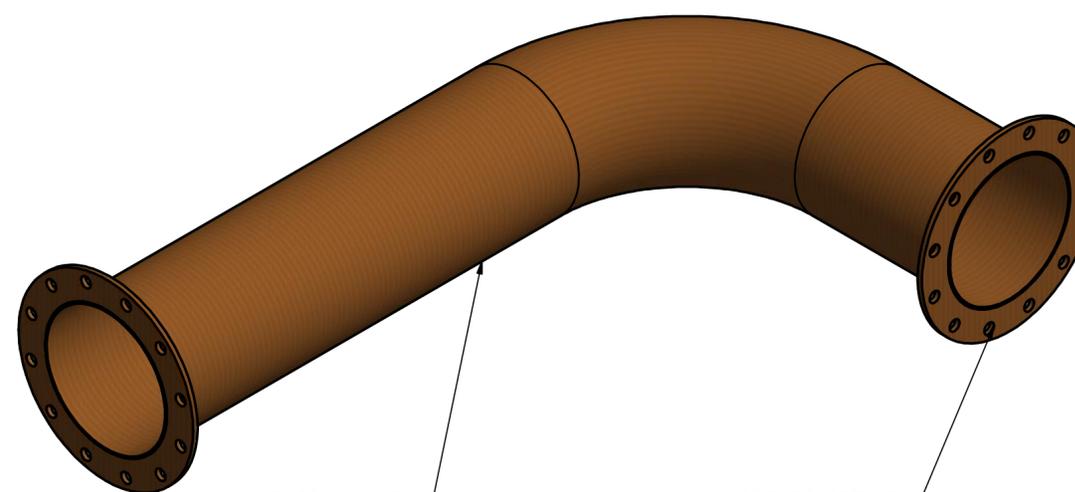
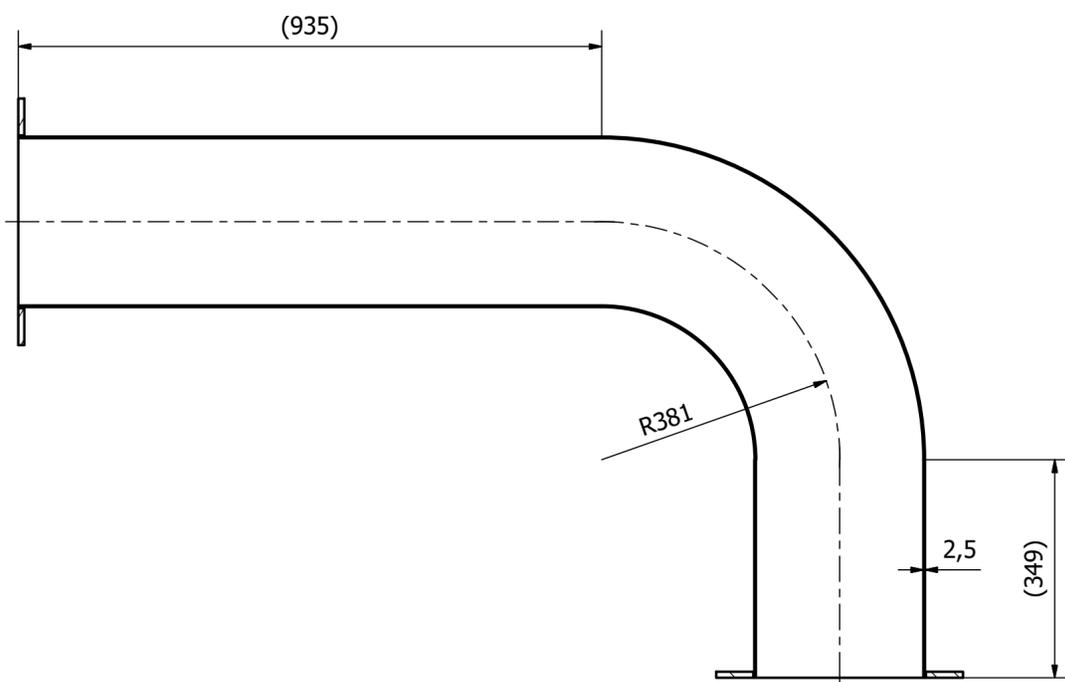
TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO			
TRAMO 8 COLECTOR			

Escala
S/E



CORTE A-A



190809-610-01

190809-607-02

NOTA: LAS COTAS ENTRE PARENTESIS SON COTAS DE REFERENCIA.
SE DEBE MANTENER SIEMPRE LA COTA A EJES

190809-607-02	2	2	Brida cortada a laser 10" e=10mm AISI 316L		
190809-610-01	1	1	Tubería 10" con injertos para colector AISI 316L		
Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción		

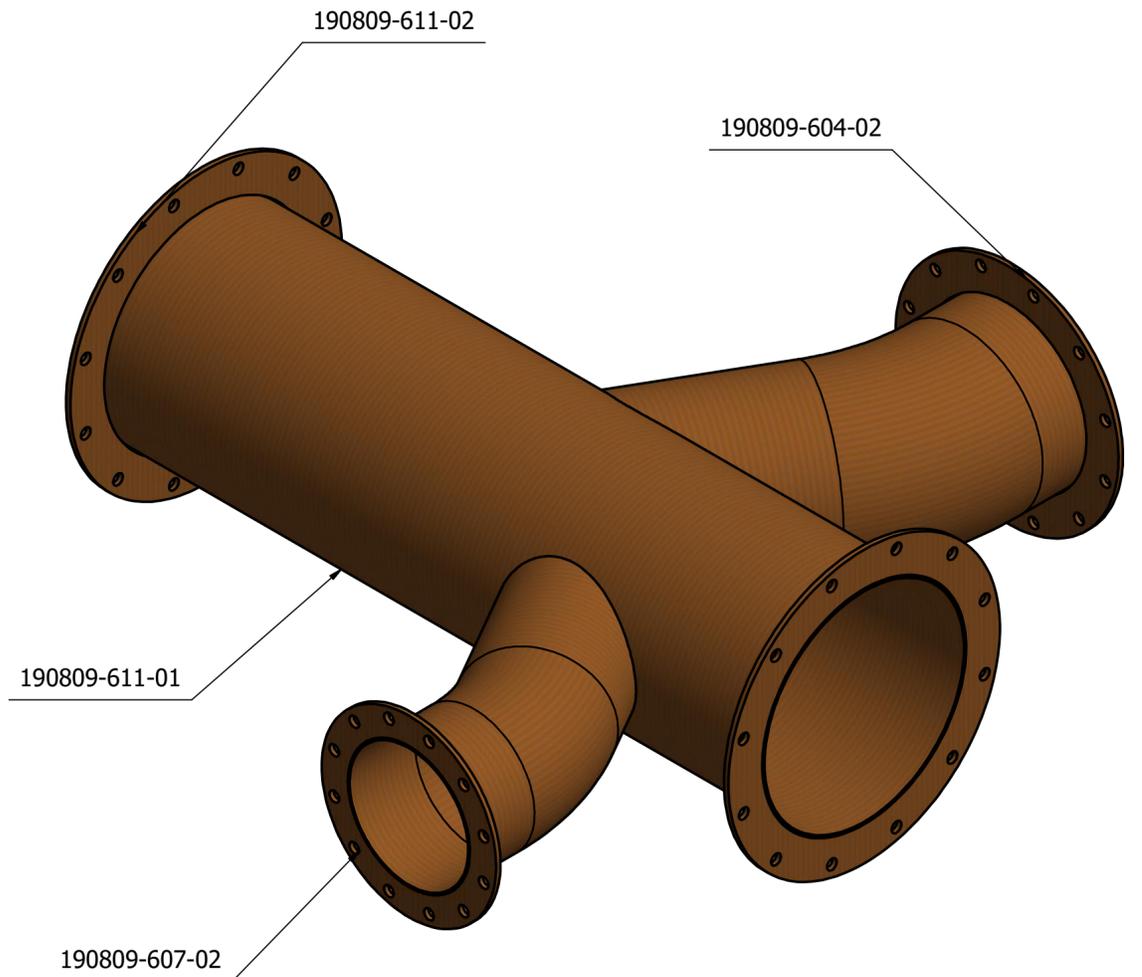
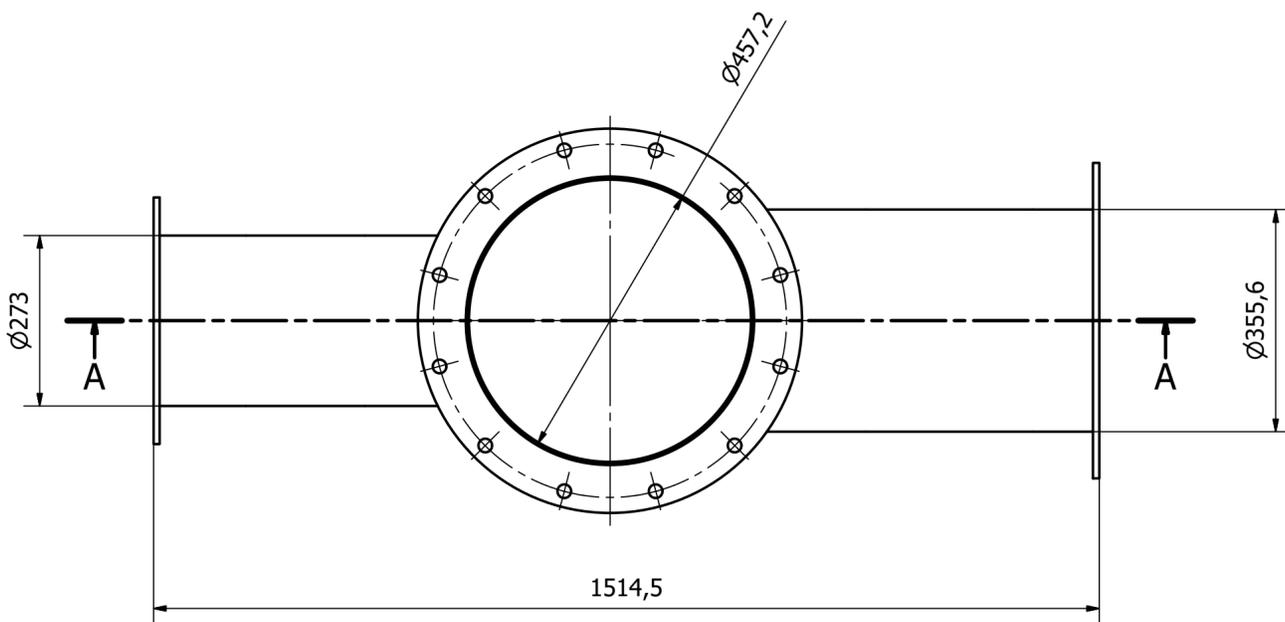
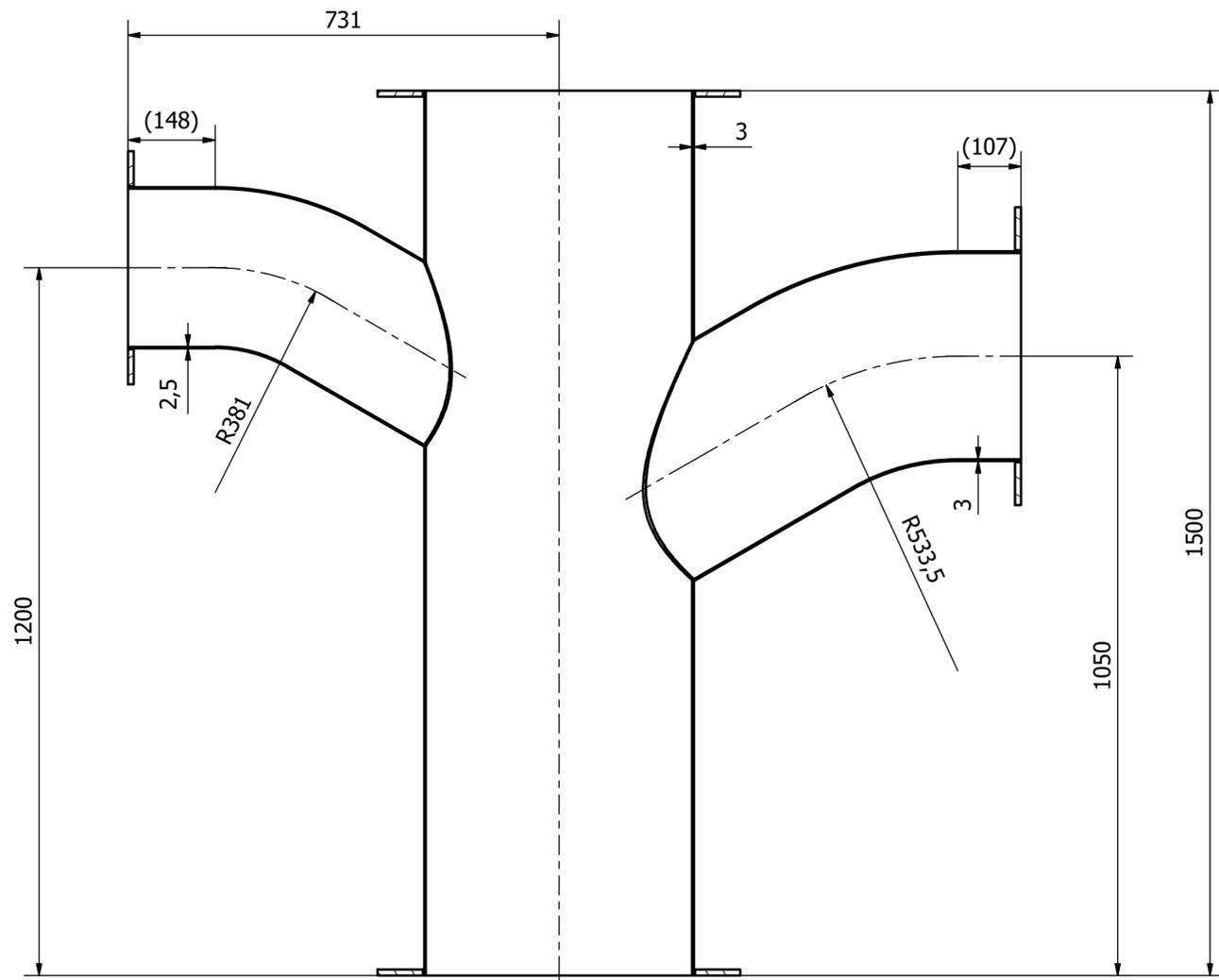
TOLERANCIAS GENERALES
DIN 768

DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-31/08/2020	
Dibujado	A.P.P.	31/08/2020	Nº plano	190809-610-00	Escala S/E
Revisado	--	31/08/2020	Fecha registro	31/08/2020	

190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO					
TRAMO 10 COLECTOR					

CORTE A-A



NOTA: LAS COTAS ENTRE PARENTESIS SON COTAS DE REFERENCIA.
SE DEBE MANTENER SIEMPRE LA COTA A EJES

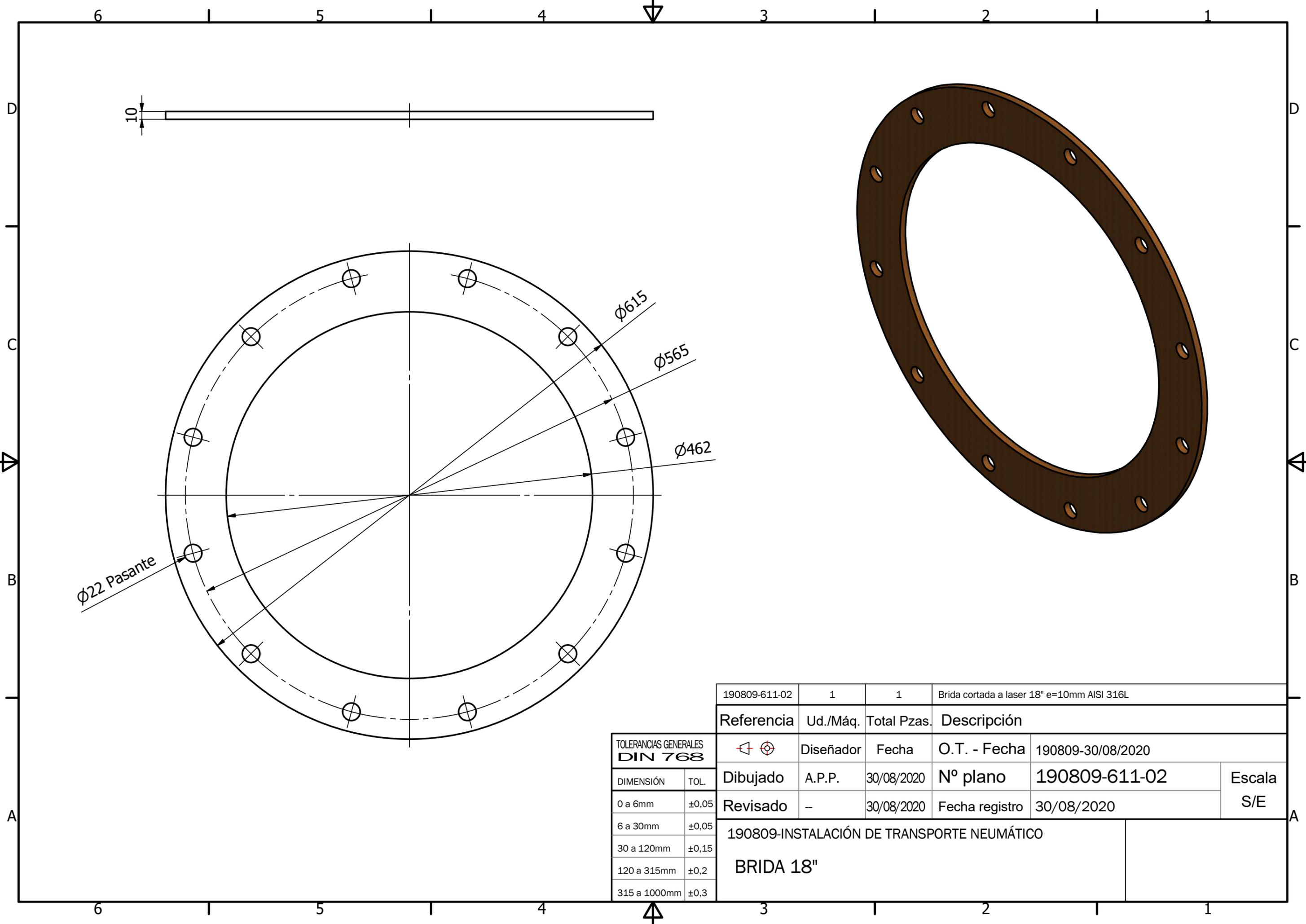
190809-604-02	1	1	Brida cortada a laser 14" e=10mm AISI 316L
190809-607-02	1	1	Brida cortada a laser 10" e=10mm AISI 316L
190809-611-02	2	2	Brida cortada a laser 18" e=10mm AISI 316L
190809-611-01	1	1	Tubería 18" con injertos para colector AISI 316L

Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción
190809-31/08/2020	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha
190809-611-00	A.P.P.	31/08/2020	Nº plano
31/08/2020	--	31/08/2020	Fecha registro

TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO	
TRAMO 11 COLECTOR	

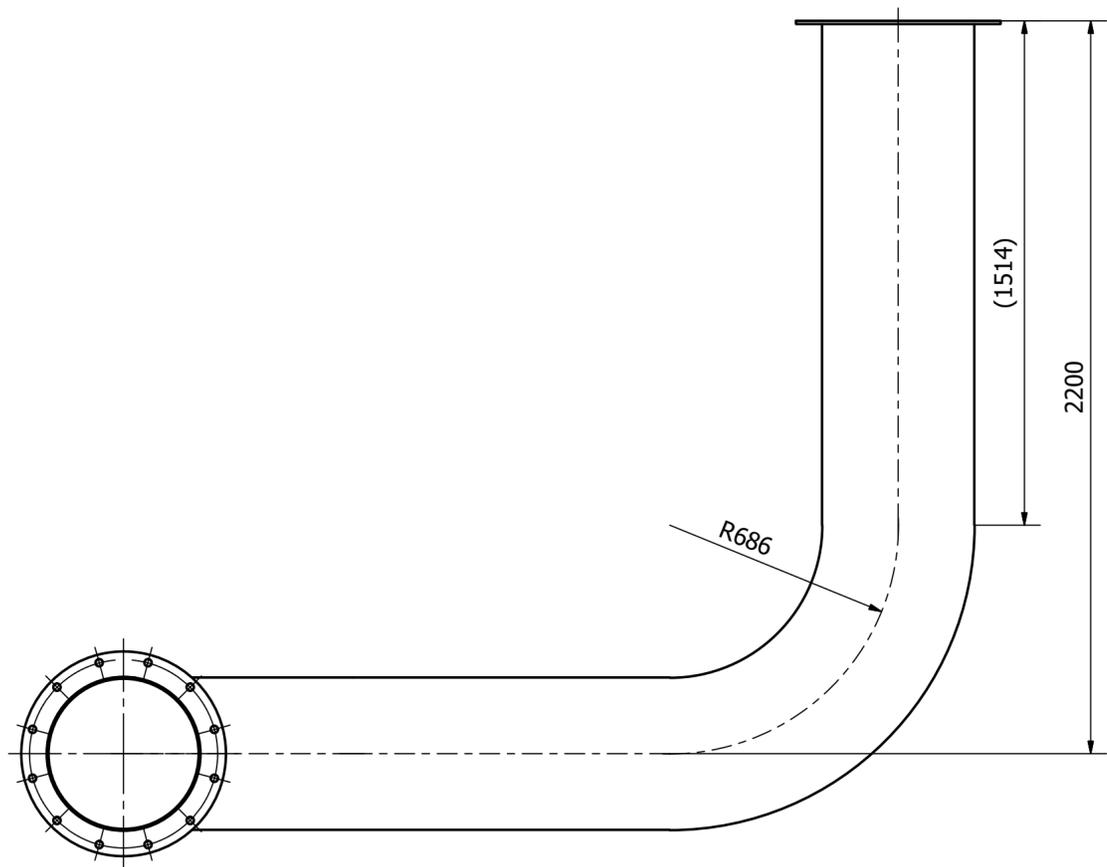
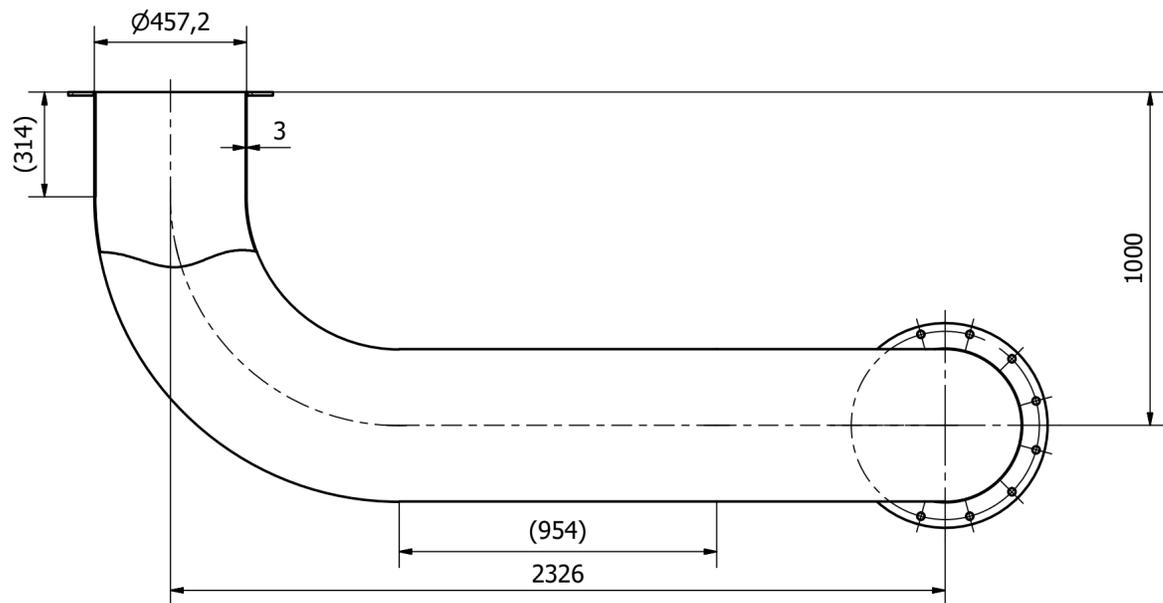
Escala
S/E



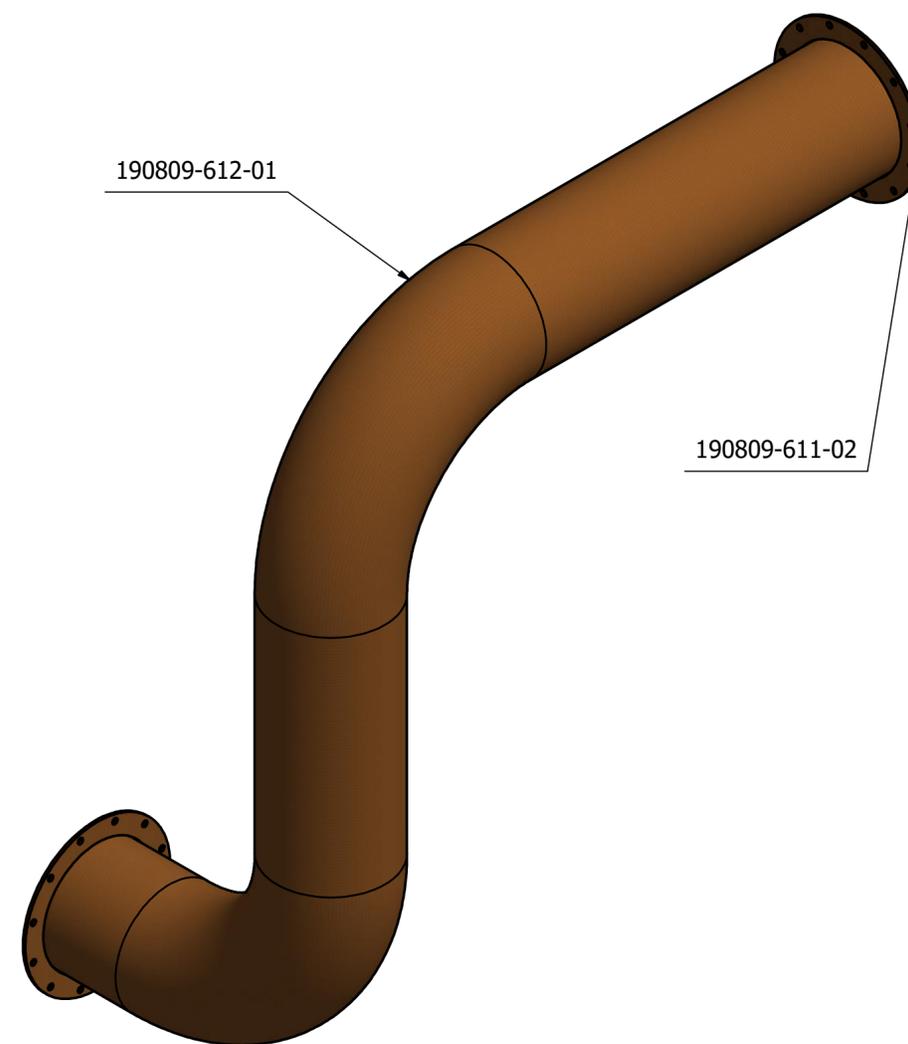
Ø22 Pasante

TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

190809-611-02	1	1	Brida cortada a laser 18" e=10mm AISI 316L		
Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción		
	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-30/08/2020	
Dibujado	A.P.P.	30/08/2020	Nº plano	190809-611-02	Escala S/E
Revisado	--	30/08/2020	Fecha registro	30/08/2020	
190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO					
BRIDA 18"					



NOTA: LAS COTAS ENTRE PARENTESIS SON COTAS DE REFERENCIA.
SE DEBE MANTENER SIEMPRE LA COTA A EJES



190809-611-02	2	2	Brida cortada a laser 18" e=10mm AISI 316L
190809-612-01	1	1	Tubería 18" para colector AISI 316L

Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción
------------	----------	-------------	-------------

⊕	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-31/08/2020
---	-----------	-------	--------------	-------------------

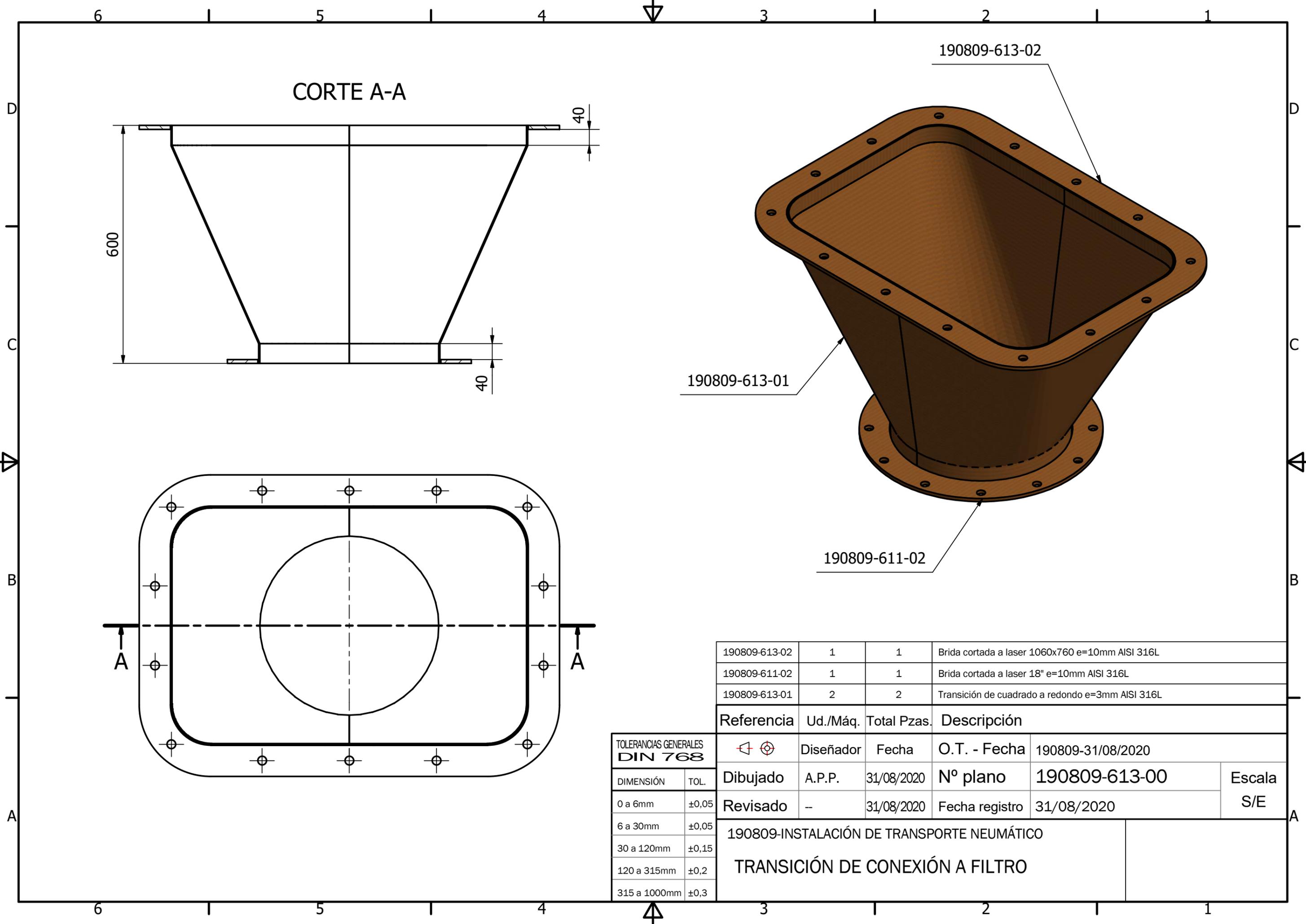
Dibujado	A.P.P.	31/08/2020	Nº plano	190809-612-00	Escala S/E
----------	--------	------------	----------	---------------	---------------

Revisado	--	31/08/2020	Fecha registro	31/08/2020
----------	----	------------	----------------	------------

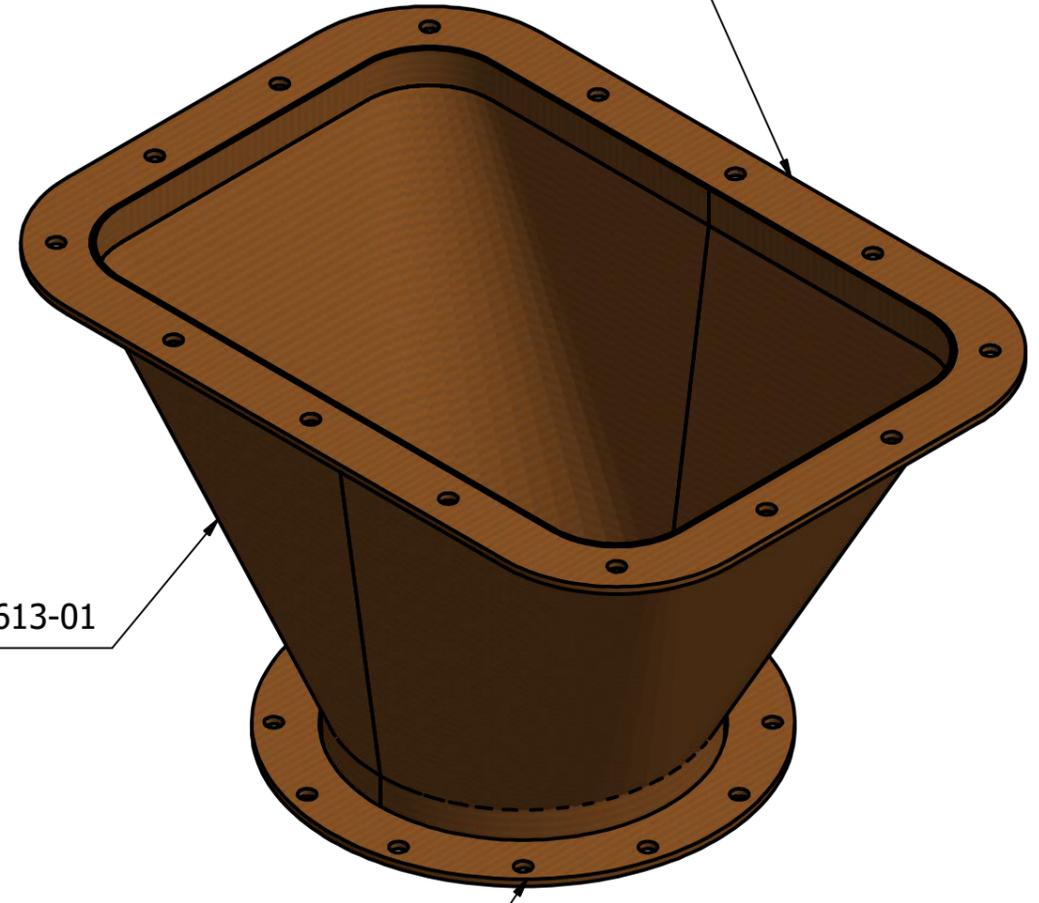
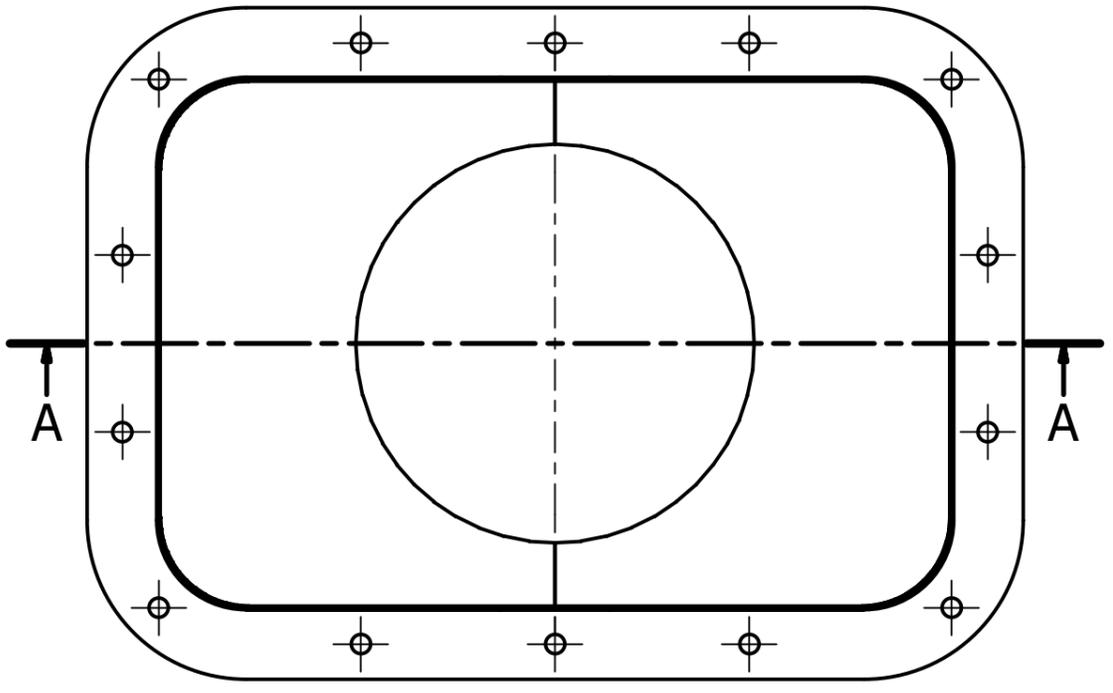
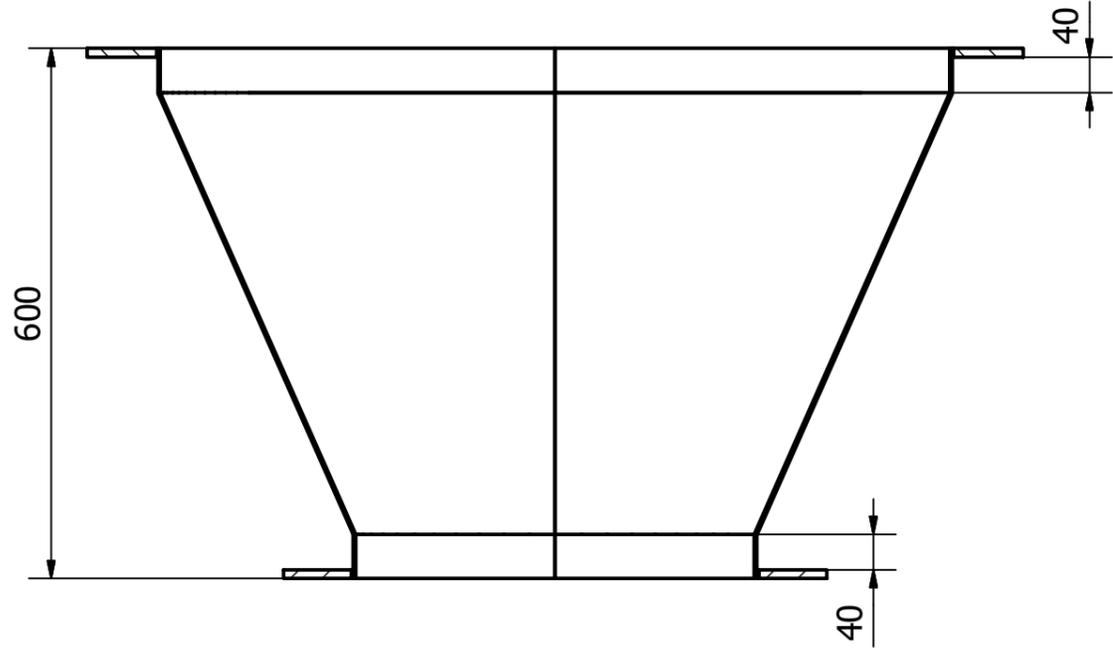
190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO				
--	--	--	--	--

TRAMO 12 COLECTOR				
-------------------	--	--	--	--

TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

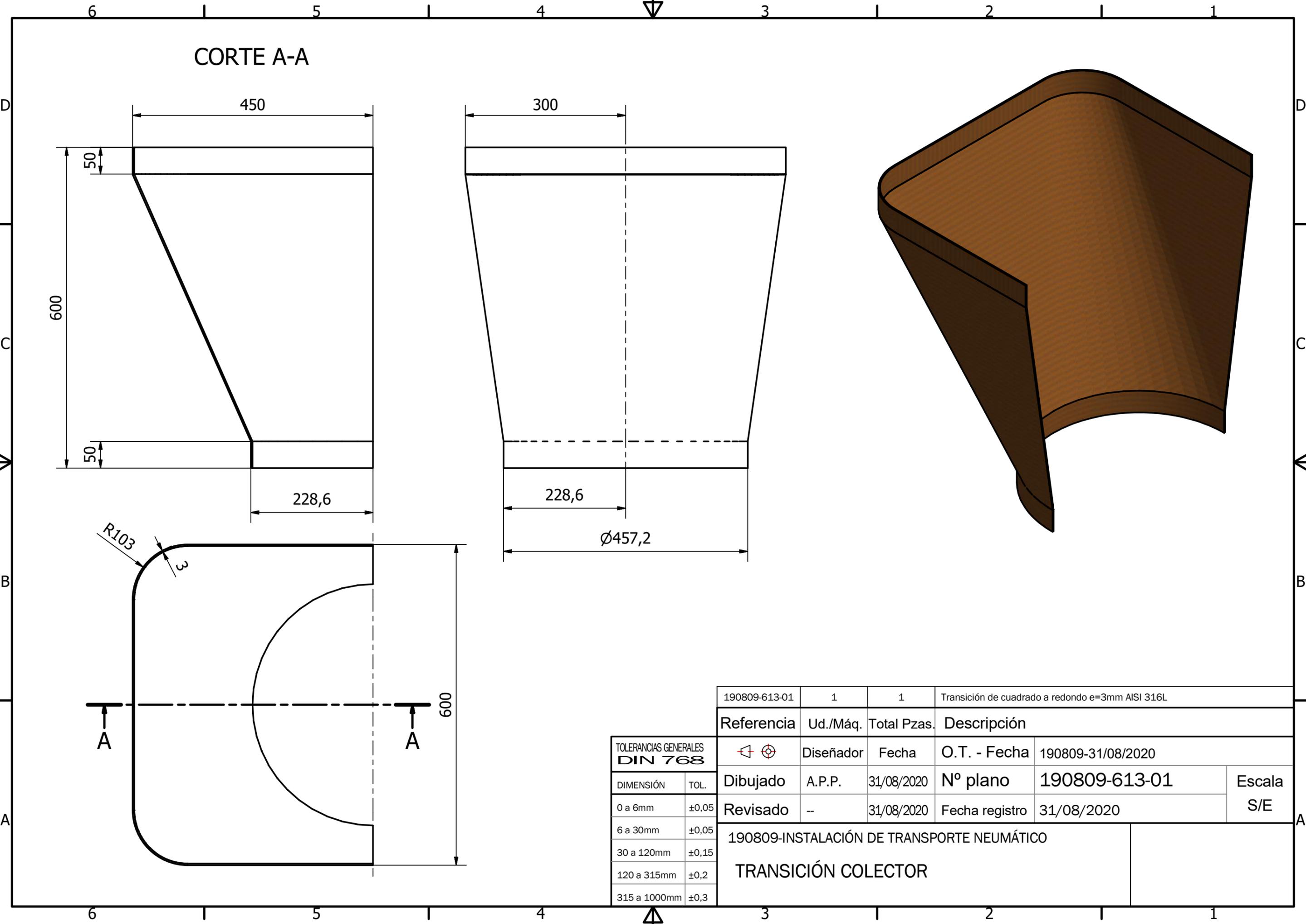


CORTE A-A



TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

190809-613-02	1	1	Brida cortada a laser 1060x760 e=10mm AISI 316L		
190809-611-02	1	1	Brida cortada a laser 18" e=10mm AISI 316L		
190809-613-01	2	2	Transición de cuadrado a redondo e=3mm AISI 316L		
Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción		
	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-31/08/2020	
Dibujado	A.P.P.	31/08/2020	Nº plano	190809-613-00	Escala S/E
Revisado	--	31/08/2020	Fecha registro	31/08/2020	
190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO					
TRANSICIÓN DE CONEXIÓN A FILTRO					

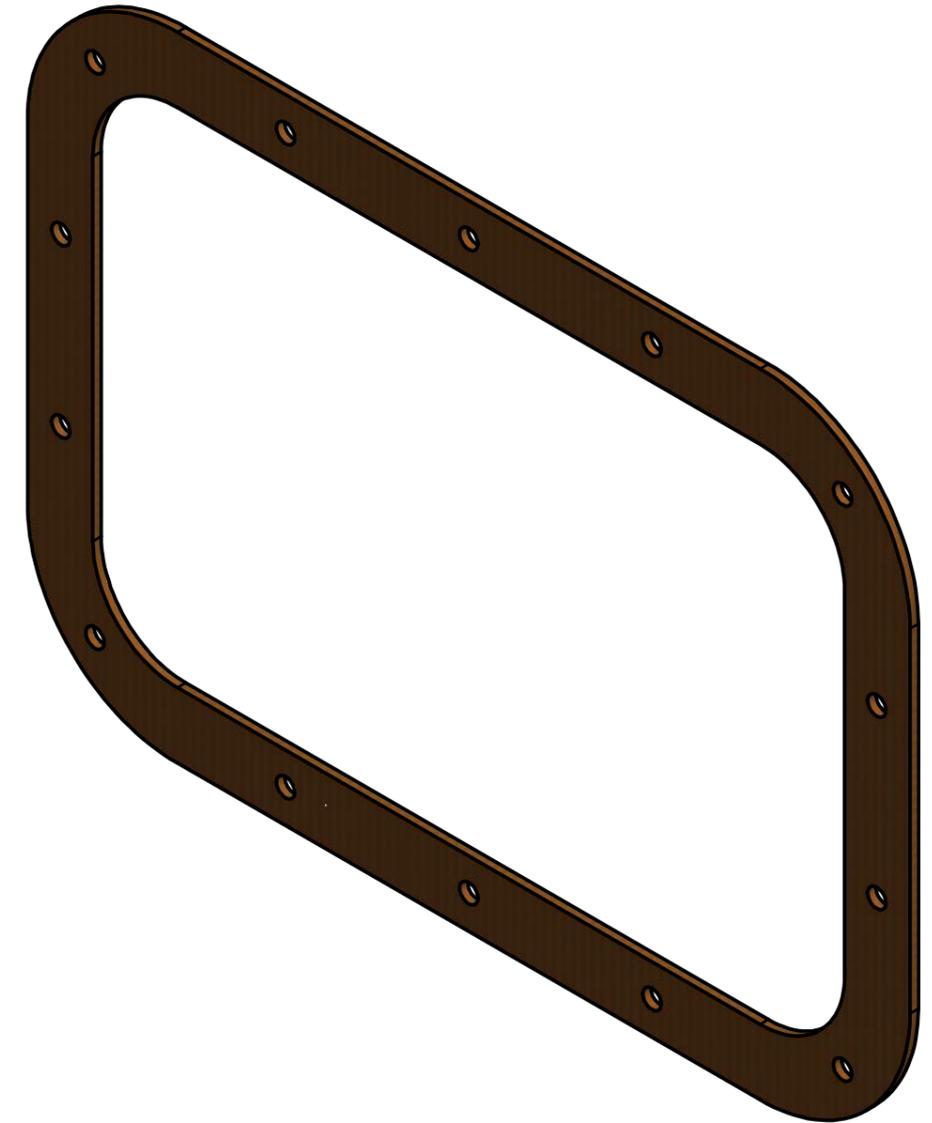
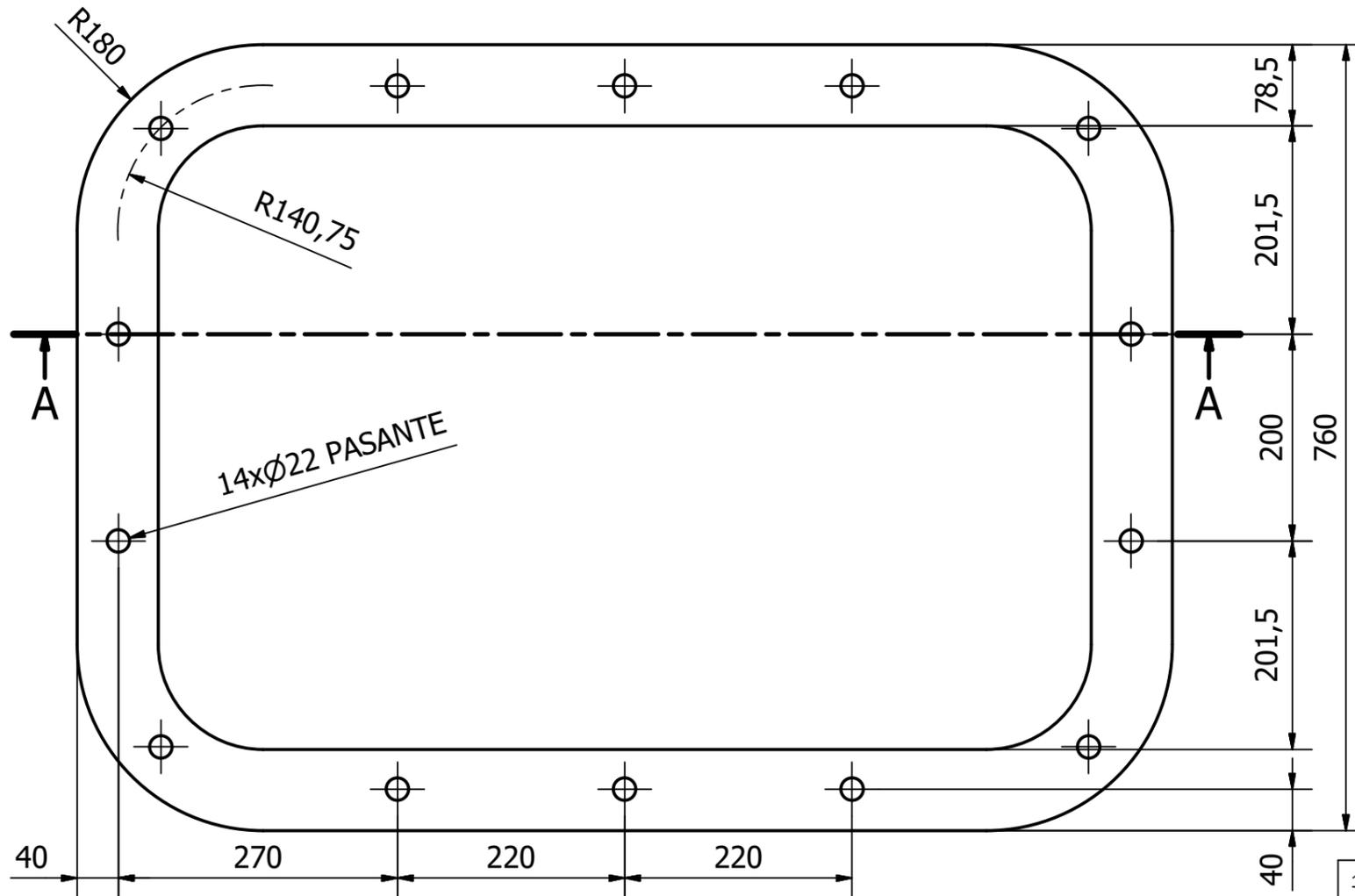
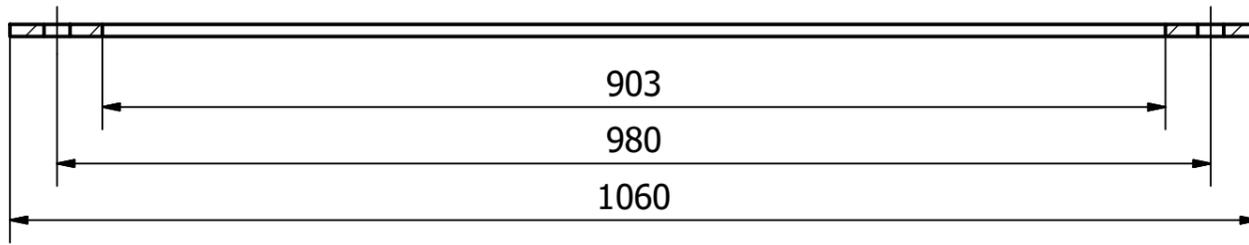


CORTE A-A

TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

190809-613-01	1	1	Transición de cuadrado a redondo e=3mm AISI 316L		
Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción		
	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-31/08/2020	
Dibujado	A.P.P.	31/08/2020	Nº plano	190809-613-01	Escala S/E
Revisado	--	31/08/2020	Fecha registro	31/08/2020	
190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO					
TRANSICIÓN COLECTOR					

CORTE A-A



190809-613-02	1	1	Brida cortada a laser 1060x760 e=10mm AISI 316L		
Referencia	Ud./Máq.	Total Pzas.	Descripción		
	Diseñador	Fecha	O.T. - Fecha	190809-31/08/2020	
Dibujado	A.P.P.	31/08/2020	Nº plano	190809-613-02	Escala S/E
Revisado	--	31/08/2020	Fecha registro	31/08/2020	

TOLERANCIAS GENERALES DIN 768	
DIMENSIÓN	TOL.
0 a 6mm	±0,05
6 a 30mm	±0,05
30 a 120mm	±0,15
120 a 315mm	±0,2
315 a 1000mm	±0,3

190809-INSTALACIÓN DE TRANSPORTE NEUMÁTICO					
BRIDA CUADRADA					

PRESUPUESTO

1. MEDICIONES

El edificio donde se realizará la instalación consta de planta baja más cuatro alturas. Los equipos estarán distribuidos en todas las plantas, las cuales tienen una altura aproximada de 3.85 metros, excepto la planta 4ª que cuenta con 4.3 metros de altura aproximadamente. Por otro lado, la superficie útil de cada una de las plantas es de 412m².

Todas las tuberías de transporte deberán circular desde el techo de la planta baja, donde se realiza la entrada de producto, hasta la entrada de los ciclones ubicados en la planta 4ª. Teniendo en cuenta las alturas anteriormente mencionadas, las tuberías tendrán una longitud de unos 17 metros cada una. Nos obstante, la primera línea de transporte tiene un tramo horizontal más largo que el resto, por lo que esta tubería contará de unos 23 metros.

Con todo lo anterior, se tomará como referencia el plano del edificio que aparece en las siguientes imágenes, donde se instalará todo el proceso.

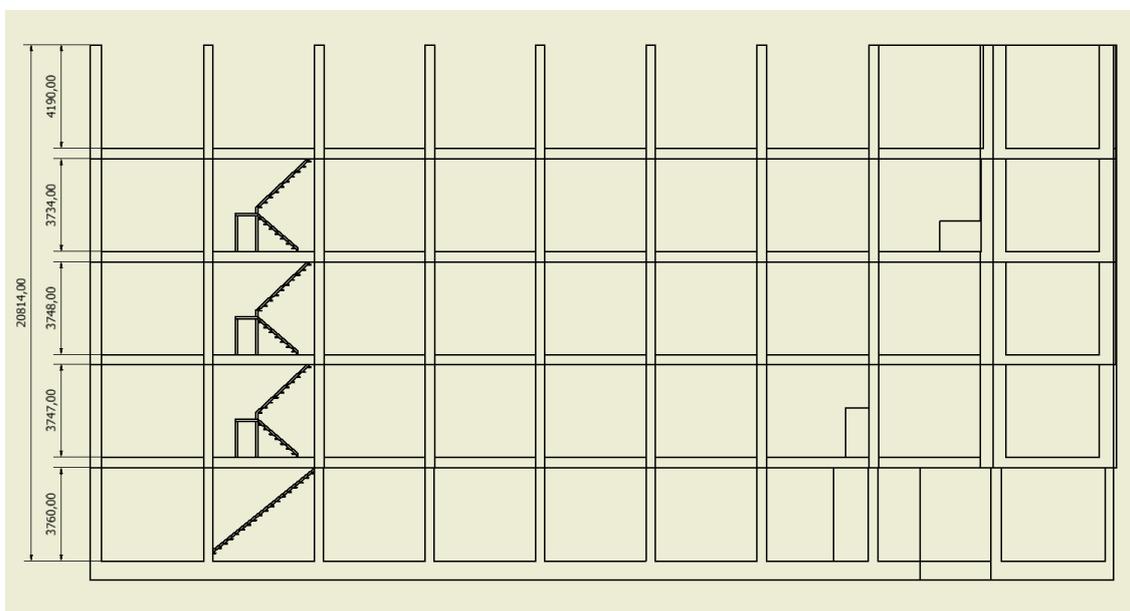


Imagen 34. Plano general de alzado del edificio.

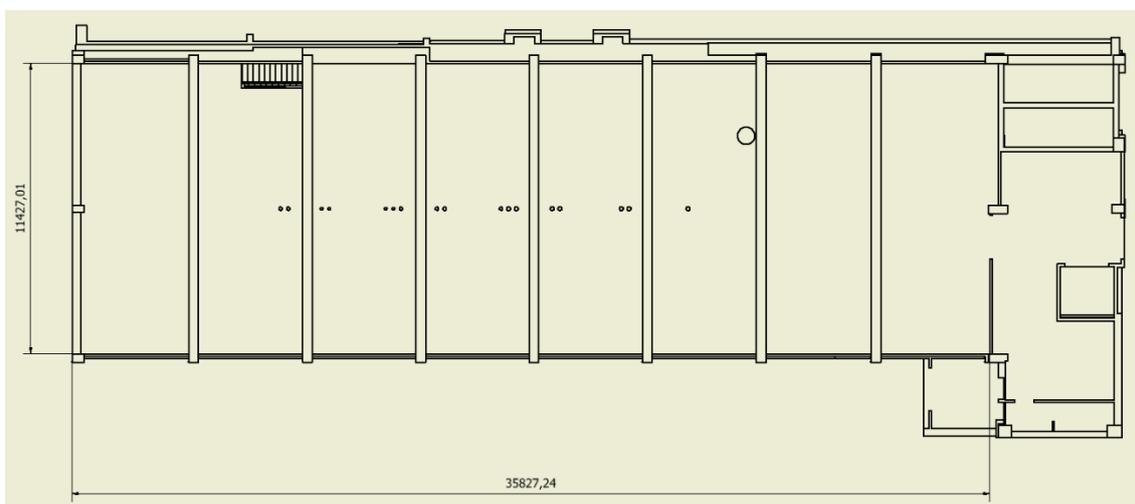


Imagen 35. Plano general de planta del edificio.

2. VALORACIÓN

A continuación, se detalla la valoración del proyecto con los costes de instalación incluidos.

Posición	Descripción	Precio unitario	Cantidad	P.V.P.
1	Ciclón de alta eficiencia INOX AISI316 Ø300mm con conexiones tipo clamp	3.288,69 €	7	23.020,83 €
2	Ciclón de alta eficiencia INOX AISI316 Ø240mm con conexiones tipo clamp	2.964,87 €	6	17.789,24 €
3	Ciclón de alta eficiencia Ø200mm INOX AISI316 con conexiones tipo clamp	2.493,60 €	4	9.974,41 €
4	Bancada para dos ciclones INOX AISI304 con patas de nivelación antivibraciones	1.211,73 €	7	8.482,12 €
5	Bancada para un ciclón INOX AISI304 con patas de nivelación antivibraciones	823,72 €	3	2.471,17 €
6	Tolva de recogida de producto a la salida del ciclón INOX AISI316	193,59 €	17	3.291,05 €
7	Tubería de transporte 20-25m completa DN100 INOX AISI316 con 2 curvas R=1m, conexiones tipo clamp	5.392,41 €	1	5.392,41 €
8	Tubería de transporte 15-20m completa DN100 INOX AISI316 con 2 curvas R=1m, conexiones tipo clamp y visor de plexiglas desmontable	3.985,69 €	7	27.899,85 €
9	Tubería de transporte 15-20m completa DN80 INOX AISI316 con 2 curvas R=1m, conexiones tipo clamp y visor de plexiglas desmontable	3.511,02 €	6	21.066,11 €
10	Tubería de transporte 15-20m completa DN65 INOX AISI316 con 2 curvas R=1m, conexiones tipo clamp y visor de plexiglas desmontable	3.229,13 €	4	12.916,52 €
11	Visor de plexiglas desmontable INOX AISI316 DN100 con conexión clamp	571,27 €	7	3.998,92 €
12	Visor de plexiglas desmontable INOX AISI316 DN80 con conexión clamp	466,05 €	6	2.796,29 €
13	Visor de plexiglas desmontable INOX AISI316 DN65 con conexión clamp	378,94 €	4	1.515,75 €
14	Zócalo de mezcla INOX AISI316 DN100	409,73 €	7	2.868,13 €
15	Zócalo de mezcla INOX AISI316 DN80	363,95 €	6	2.183,71 €
16	Zócalo de mezcla INOX AISI316 DN65	323,55 €	4	1.294,21 €
17	Elementos auxiliares (Juntas, tornillería, abrazaderas clamp...)	1.725,00 €	1	1.725,00 €
18	Sensor de presión IFM -1bar...1bar PI009A	329,46 €	34	11.201,76 €
19	Válvula rotativa Durafix Ø200 INOX AISI316 con sensor de detección de giro y visor de plexiglas	3.428,92 €	17	58.291,65 €

20	Filtro de mangas Camfil INOX AISI304 con limpieza automática y válvula rotativa de descarga	37.452,76 €	1	37.452,76 €
21	Ventilador centrífugo Euroventilatori 2900 r.p.m 45KW 12.500Pa 200m3/min INOX AISI304	18.742,19 €	1	18.742,19 €
22	Colector de aspiración INOX AISI304 fabricado por tramos de diferentes diámetros con conexión brida	26.642,35 €	1	26.642,35 €
Subtotal				301.016,43 €
IVA				21,00%
Total				364.229,88 €