



Tratamiento de Lactosuero

Druetto Emiliano

Hortis Ramiro José

Universidad Nacional de Rosario

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura

Escuela de Ingeniería Mecánica

Rosario, Argentina

2022

Tratamiento de Lactosuero

Druetto Emiliano

Hortis Ramiro José

Proyecto Final de Ingeniería Mecánica presentado como requisito parcial para optar al título
de:

Ingeniero Mecánico

Director:

Ingeniero Mecánico Juan Sismondi

Universidad Nacional de Rosario

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura

Escuela de Ingeniería Mecánica

Rosario, Argentina

2022

Dedicatoria

A nuestras familias por apoyarnos en todos los años en que transitamos esta carrera.

A aquellas empresas y particulares que se encuentran interesados en realizar una producción láctea más sostenible y amigable con el medio ambiente.

Agradecimientos

A la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura que nos acompañó y nos permitió realizar este trabajo.

Al Mg. Ing. Marcelo Valderrey, que nos apoyó y nos alentó a continuar con el desarrollo de este proyecto.

Al Ingeniero Juan Sismondi, nuestro tutor, cuyas recomendaciones y observaciones nos guiaron en estos meses.

A la Dra. Biotecnología Florencia Eberhardt del INTA, prima de Emiliano, que nos suministró material bibliográfico indispensable.

A la Mg. Lic Erica Schmidt del INTI, por ofrecer su experiencia en la valorización de subproductos y contactarnos con profesionales del tema.

Al Dr Leonardo Erijman del INGEBI, que nos asesoró sobre tratamiento de efluentes, lactosuero, respondió nuestras dudas sobre biología y nos facilitó bibliografía indispensable.

A la empresa láctea Don Enzo, Alfredo Milano y Enzo Milano amigos de Ramiro, por brindarnos asesoría en el proceso de fabricación de queso.

Resumen

En el presente proyecto se busca investigar, evaluar y desarrollar una alternativa tecnológica para el tratamiento del lactosuero. Tema propuesto por los autores como Proyecto Final de Ingeniería Mecánica.

La solución adoptada busca satisfacer algunos de los inconvenientes que presenta la implementación de sistemas de tratamiento por parte de pequeñas y medianas empresas, como ser, espacio disponible, simpleza de funcionamiento y mantenimiento o la inversión necesaria en sistemas no productivos.

Se desarrolla un tanque agitador acorde a las características y volúmenes de pequeñas y medianas empresas lácteas que tengan como principal propósito la elaboración de quesos de leche vacuna (volúmenes de procesamiento de leche diario máximo: 10.000 litros). Se evalúa la temperatura y tiempo de retención hidráulica para la proliferación de microorganismos y la necesidad de implementación de intercambiadores de calor.

Se diseña un tanque de 80.000 litros de capacidad que cuenta con un agitador (compuesto por dos impulsores y un motor), anclajes para sistemas de control, pasarela de mantenimiento y soportes para intercambiador.

Para el diseño se aplican conceptos desarrollados a lo largo de la carrera y se realizan simulaciones de estabilidad, resistencia y rigidez a elementos que los autores consideran críticos.

Palabras clave: Lactosuero, Leche, Tanque, Agitador, Impulsores.

Abstract

This project aims at researching, evaluating and developing a technological alternative for the treatment of whey, topic proposed by the authors as the final project for Mechanic Engineering.

The solution found aspires to satisfy some of the inconveniencies present in the implementation of whey treatment systems by small and medium-sized companies, such as available space, performance and maintenance simplicity or the necessary investment in non-productive systems.

An agitator tank is developed according to the characteristics and volume of small and medium-sized companies which produce mainly bovine milk cheese (maximum daily production volume: 10,000 liters). Temperature and hydraulic retention are assessed for the proliferation of microorganisms as well as the need of implementing heat exchangers.

An 80,000-liter tank is designed which has an agitator (with two propellers and an engine), anchors for control systems, maintenance walkway and supports for the exchanger.

For the design, concepts acquired during the career are applied and stability, resistance and rigidity drills are made on the elements the authors consider critic.

Keywords: Whey, Milk, Tank, Agitator, Impellers.

Contenido

Agradecimientos	4
Resumen	5
Abstract	6
Índice de Figuras	10
Índice de tablas	13
Capítulo 1 Introducción	14
Definiciones importantes.....	17
Demanda biológica de oxígeno:	17
Demanda química de oxígeno:	17
Tiempo de retención hidráulica:	17
Capítulo 2 Aprovechamiento y tratamiento	18
Quesos de suero.....	18
Ingredientes	19
Alimentación animal	19
Suero concentrado líquido.....	20
Bebidas a base de suero.....	20
Microorganismos eficientes	20
Tratamiento anaeróbico	21
Tipos de Biodigestores	23
Biodigestores de pequeña y mediana escala	23
Biodigestores de uso industrial.....	25
Resumen	28
Capítulo 3 Tratamiento mediante biodigestores	29
Almacenamiento	29
Mezcladores y Agitadores.....	30
Zonas muertas y digestión	30

Diferencia entre mezclado y agitado	30
Mecanismos de agitación	30
Deflectores.....	33
Patrones de flujo	34
Intercambiadores de calor	35
Actividad Biológica	35
Intercambiadores	36
Equipo a desarrollar.....	39
Capítulo 4 Diseño de soluciones adoptadas.....	45
Dimensiones generales del sistema.....	45
Almacenamiento	48
Impulsores	51
Velocidad de funcionamiento del agitador y potencia consumida.....	52
Tiempo de Mezcla.....	55
Potencia del motor eléctrico	55
Diseño del sistema agitador.....	55
Cálculo del diámetro mínimo del eje.....	56
Selección de las chavetas	57
Cálculo de los prisioneros	60
Cálculo del espesor de las palas	61
Determinación de las cargas axiales	63
Estructura y sistema de transmisión	65
Sistema de sujeción inferior	68
Capítulo 5 Validación de la solución.....	70
Análisis estáticos realizados sobre el eje del agitador	70
Situación de trabajo ideal	70
Situación considerada	76
Vibraciones en el eje del agitador	78

Análisis estáticos sobre la estructura	79
Vibraciones en la estructura	81
Capítulo 6 Conclusiones	82
Recomendaciones	83
Capítulo 7 Bibliografía	84
Anexos	86

Índice de Figuras

Figura 1-1: Curso de lactosuero en cercanía de industria láctea. Elaboración propia.....	15
Figura 1-2: Desembocadura del lactosuero sobre curso de agua. [].....	16
Figura 2-1: Modelo educativo de biodigestor de domo fijo en Camboya [Martí herrero]	23
Figura 2-2: Biodigestor tubular adaptado a condiciones de clima frío. [Martí]	25
Figura 2-3: Biodigestor UASB. [Zorg Biogas].....	26
Figura 2-4: Biodigestor CSTR. [Martí]	27
Figura 2-5: Biodigestor de membrana, en este caso usando residuos pecuarios. [Martí]	28
Figura 3-1: Tipos de tanque de almacenamiento, [estanques]	29
Figura 3-2: Hélice de tres palas. [Doran]	31
Figura 3-3: Diferentes configuraciones de agitadores de turbina, a) turbina de palas rectas; b) turbina de disco; c) turbina de palas inclinadas; d) turbina de palas curvas. [Coker]	32
Figura 3-4: Disposición de los deflectores, a) deflectores unidos a la pared para líquidos de baja viscosidad; b) deflectores separados de la pared para líquidos de viscosidad media; c) deflectores separados de la pared y en ángulo para viscosidades altas. [Doran]	33
Figura 3-5: Vórtice causado por un agitador vertical centrado en el tanque. [McCabe]	34
Figura 3-6: soluciones para prevenir la formación de vórtices. [McCabe].....	35
Figura 3-7: Concepto de intercambiadores internos [heat]	36
Figura 3-8: Intercambiadores internos. [Doran]	37
Figura 3-9: Intercambiador externo. [Doran].....	37
Figura 3-10: Concepto de intercambiador externo. [Heat]	38
Figura 3-11: viscosidad vs tipo de impulsor. [Doran]	39
Figura 3-12: viscosidad vs volumen de tanque, determinación del tipo de impulsor. [Coker]	40
Figura 3-13: Tipo de impulsores y sus aplicaciones. [Coker]	41
Figura 4-1: Ensayo de producción de biogas en digestores tipo BATCH [Huerga]	45
Figura 4-2: Semejanzas geométricas para un tanque agitado. [Coker]	46
Figura 4-3: Relaciones geométricas para sistemas de agitación. [Coker].....	46
Figura 4-4: Dimensiones generales del impulsor, autoría propia.	47
Figura 4-5: Tanque de almacenamiento con brida de ingreso, egreso, para colocación de intercambiador de calor y soporte de sensores, autoría propia.....	48
Figura 4-6: Corte del tanque de almacenamiento en el que se observan los deflectores internos, y el soporte inferior, autoría propia.....	49
Figura 4-7: Bridas para el conexionado de un intercambiador, autoría propia.	50

Figura 4-8:Sección superior del tanque en el que se observa la tapa, la válvula para la extracción de biogás y el prensa estopa para la retención de gases y líquidos.	50
Figura 4-9: Corte del prensaestopa, autoría propia.	51
Figura 4-10: Distancia entre impulslores, autoría propia.....	52
Figura 4-11: Número de potencia según tipo de impulsor [Doran]	54
Figura 4-12: Dimensiones estandarizadas de cuñas. [Mott]	58
Figura 4-13: Capacidad aproximada de fuerza de un prisionero [Mott].....	60
Figura 4-14: Agitador con 2 impulsores. Autoria propia	61
Figura 4-15: Dimensiones de las palas. [autoría propia]	62
Figura 4-16: Fuerzas de Lift y Drag en Impulsor, autoría propia.	63
Figura 4-17: Estructura, autoría propia.	65
Figura 4-18: Soporte de instalación y mantenimiento (abajo) y soporte para moto reductor y rodamiento (superior), autoría propia.	66
Figura 4-19: Caja de rodamiento integrada al soporte, autoría propia.	66
Figura 4-20: Escalera con protección, autoría propia.	67
Figura 4-21: Bandera para la sujeción de puerta hombre.	67
Figura 4-22: Sistema de sujeción inferior, autoría propia.....	68
Figura 4-23: Buje de sujeción, autoría propia.	69
Figura 4-24: Regulación con corredera en anclaje a deflectores, autoría propia.	69
Figura 5-1: Simulación estática, análisis de tensiones, situación de trabajo ideal. Autoría propia.	70
Figura 5-2: Simulación estática, análisis de tensiones, situación de trabajo ideal, verificación de puntos críticos. Autoría propia.	71
Figura 5-3: Simulación estática, análisis de tensiones, situación de trabajo ideal, verificación de puntos críticos. Autoría propia.	72
Figura 5-4: Simulación estática, análisis de deformaciones, situación de trabajo ideal. Autoría propia.	73
Figura 5-5:Simulación estática, análisis de tensiones, situación de trabajo real. Autoría propia.....	74
Figura 5-6:Simulación estática, análisis de tensiones, situación de trabajo real, verificación de puntos críticos. Autoría propia.	75
Figura 5-7:Simulación estática, análisis de deformaciones, situación de trabajo real. Autoría propia.	76
Figura 5-8:Simulación estática, análisis de deformaciones, situación de trabajo especial. Autoría propia.....	77

Figura 5-9: Simulación estática, análisis de deformaciones, situación de trabajo especial, con buje de sujeción. Autoría propia.	78
Figura 5-10: Análisis de vibraciones, situación de trabajo ideal. Autoría propia.	79
Figura 5-11: Análisis estructural, tensiones, autoría propia.	80
Figura 5-12: Análisis estructural, deformaciones, autoría propia.	80
Figura 5-13: Análisis de vibraciones de la estructura, autoría propia.	81
Figura 6-1: Layout de una planta de tratamiento, autoría propia.	82

Índice de tablas

Tabla 1: Producción de metano por unidad de suero y comparación con GLP [Hernandez].	22
Tabla 2: Tipo de fermentación y sus temperaturas de operación. [Huerga]	42
Tabla 3: Sensibilidad según el tipo de fermentación [Inta castelar].....	42
Tabla 4: Tabla comparativa de uso de intercambiadores externos e internos. Autoría propia	44

Capítulo 1 Introducción

El lactosuero o suero es un subproducto líquido que se obtiene durante la coagulación de la leche en el proceso de elaboración de queso.

Representa entre el 80 y 90% del volumen de la leche y contiene aproximadamente el 55% de sus nutrientes.

Trata de un líquido de color amarillento o verdoso.

En el año 2012, la producción de leche en la argentina fue de aproximadamente 11.338 millones de litros, de los cuales el 67% fue procesado por grandes empresas y el 33% restante por pymes. El 41% de la producción de leche se destinó a la elaboración de quesos, generando un total de 4.015 millones de litros de suero por año, de los cuales solamente el 45% fue procesado para la obtención de productos con valor agregado – fundamentalmente por grandes empresas – mientras que el resto se utilizó para alimentación animal o vertido como efluente líquido. (Juliano, Muset, & Castells, 2017)

Los valores de DBO y DQO requeridos por este efluente presentan un gran problema medioambiental y son las poblaciones más cercanas a estas industrias quienes son más afectadas por su funcionamiento.

Las empresas de mayor volumen suelen procesar el suero que generan, produciendo ingredientes de alto valor agregado. Para esto, se combinan los procesos de separación, desmineralización y secado.

En el caso de algunas industrias queseras pequeñas, el suero generado es utilizado para la producción de ricota o alimentación animal, el problema de esta última es que al tratarse de una sustancia con alto contenido orgánico el uso debe ser inmediato. Sin embargo, la mayor parte del suero obtenido en estas industrias es desechado como efluente líquido, provocando un incremento de los niveles de contaminación ambiental en las zonas cercanas a las fábricas.



Figura 1-1: Curso de lactosuero en cercanía de industria láctea, autoría propia.

En las Figuras 1-1 y 1-2 se puede observar el flujo de agua y lactosuero desde una empresa láctea hacia un curso de agua. El color rosa es provocado por las algas presentes debido a la gran cantidad de materia orgánica.

El lactosuero es una excelente fuente de nutrientes, pero una vez vertido es un producto fuertemente contaminante del medio ambiente.

Mil litros de lactosuero generan aproximadamente 35 kg de demanda biológica de oxígeno (DBO) y cerca de 68 kg de demanda química de oxígeno (DQO). Esta fuerza contaminante es equivalente a la de las aguas negras producidas en un día por 500 personas. (Juliano, Muset, & Castells, 2017)



Figura 1-2: Desembocadura del lactosuero sobre curso de agua, autoría propia

De esta manera, se desaprovecha una importante fuente de proteínas y de macro y micronutrientes que pueden emplearse para distintos fines.

Para las pequeñas y medianas queserías que transforman bajos volúmenes de leche en queso, generando a su vez, pequeñas cantidades de suero, no se justifica la búsqueda de grandes desarrollos o inversiones en equipos que procesen dicho suero en alimentos de alto valor agregado.

Definiciones importantes

Demanda biológica de oxígeno:

La demanda biológica de oxígeno (DBO) es un parámetro que mide la cantidad de dióxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias aeróbicas, hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas.

Estos microorganismos producen, del oxígeno consumido, la energía necesaria para su subsistencia y proliferación. Como resultado se reduce el nivel de oxígeno disuelto en el agua o medio asociado. Si existe una gran cantidad de materia orgánica, la demanda de oxígeno aumentará para que se lleve a cabo la descomposición.

Se utiliza para medir el grado de contaminación de efluentes o para la determinación del contenido de materia orgánica en aguas.

Demanda química de oxígeno:

La demanda química de oxígeno (DQO) es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica, que se encuentra en un determinado efluente o curso natural, por medios químicos tanto disuelta como en suspensión.

Se utiliza con frecuencia como una medida de la cantidad de materia orgánica presente en cursos naturales y otros efluentes.

Se utiliza para medir el grado de contaminación.

Tiempo de retención hidráulica:

Es el tiempo medio de permanencia del efluente dentro del biodigestor, que dependerá de las características del sustrato y de la tecnología empleada.

Capítulo 2 Aprovechamiento y tratamiento

Existen varias alternativas para el tratamiento y la valorización del suero de leche, la implementación del tipo de tratamiento o procesamiento dependerá de varios criterios que deben considerarse al momento de la selección.

Los criterios generales a partir de los cuales se guía hacia el tratamiento del lactosuero más conveniente para cada caso serán:

- El volumen diario de lactosuero generado por la industria quesera.
- El mercado en el que se encuentra enfocado la producción de la quesería.
- El tipo de productos que pretende producir y comercializar la industria.
- La calidad del lactosuero producido.
- El mercado potencial para la elaboración de ingredientes de alto valor agregado.
- La tecnología con la que cuenta la quesería en particular y la necesaria para el tratamiento.
- La inversión necesaria.
- La región geográfica en la que se encuentra la industria.
- La disponibilidad de espacio e infraestructura con la que cuenta la empresa.

Quesos de suero

Uno de las aplicaciones del suero de leche es la alimentación humana. La elaboración de quesos de suero es muy utilizada para la producción de ricota, el queso Brocciu y el Brown cheese.

Ricota

Se utiliza para su elaboración el suero dulce, obteniéndose de cada 100kg de este entre 4 y 5kg de ricota. Su proceso de fabricación se basa en la precipitación de proteínas mediante el uso de calor y ácidos orgánicos.

Una de las ventajas que presenta este procesamiento es que el mismo no requiere de grandes instalaciones o equipos ni gastos de elaboración.

Sin embargo, la producción de ricota genera un nuevo subproducto el cual debe ser tratado antes de su vertido debido a su todavía alto contenido de materia orgánica.

Queso Brocciu

Es una alternativa a la ricota ya que es libre de lactosa. Se produce a partir del suero dulce por lo cual para este caso también obtendremos subproductos similares a los obtenidos en la elaboración de ricota.

Queso Brown

Como en los quesos anteriores se utiliza como materia prima el suero dulce. Su elaboración se fundamenta en la evaporación del agua del suero logrando un producto bajo en grasas.

Trata de un queso poco comercializado fuera de su país de origen (Noruega).

Ingredientes

Para la elaboración de ingredientes se requiere de un gran volumen de suero como materia prima como así también de un equipamiento sofisticado.

En general, para empresas pequeñas y medianas la elaboración de ingredientes no es conveniente en comparación con la producción de ricota o bebidas lácteas.

Los productos obtenidos se basan en: suero en polvo no higroscópico, suero parcialmente desmineralizado al 40%, suero de alta desmineralización al 90% y concentrado de proteína de suero al 35%.

Dichos ingredientes pueden ser empleados como materias primas para la elaboración de distintos tipos de alimentos.

Alimentación animal

Trata de una de las principales alternativas para pequeños y medianos productores. El suero es utilizado sin procesamiento alguno para la alimentación de cerdos y terneros debido a su composición que le otorga excelentes características como prebiótico, inmuno modulador, estimulador de la microbiana benéfica y mejorador del bienestar animal. Sin embargo, se debe tener cuidado en los volúmenes de ingesta debido a que puede tener efectos contraproducentes en la salud del animal.

Esta aplicación no requiere de equipos ni inversiones para su puesta en marcha. Además, resulta atractivo en términos económicos por la disminución de los costos de alimentación.

Suero concentrado líquido

Trata de un suero con una gran concentración de sólidos totales, esto lo convierte en un líquido de mayor valor agregado.

Se obtiene mediante el uso de membranas de nanofiltración, osmosis inversa o por evaporación. En cualquiera de estos casos se requiere de una gran inversión lo cual limita al número de industrias que pueden afrontar estos costos.

Dicha inversión se justifica para el procesamiento de grandes volúmenes de suero 300.000 lts/día (Juliano, Muset, & Castells, 2017), por este motivo se necesitan de acopios que almacenen el suero de varias queserías cercanas entre sí.

El destino de este producto está enfocado en las industrias que producen ingredientes a base de suero.

Bebidas a base de suero

Alimentos de consistencia líquida que se obtienen a partir del suero de leche y otros ingredientes.

Suele utilizarse el suero ácido¹ en forma de acidificante para simular sabores de pulpas de frutas y cítricos.

En Argentina este tipo de bebidas aún no se encuentran incluidas en el código alimentario argentino (Juliano, Muset, & Castells, 2017), pero en otros países de Latinoamérica, su consumo se ha incrementado en las últimas décadas por lo que el desarrollo de estos subproductos resulta prometedor.

Microorganismos eficientes

Consiste en la utilización de bacterias ácido lácticas para el procesamiento del suero. Estos microorganismos eficientes se adicionan al 1% en el suero y posteriormente se realiza un calentamiento sin agitación durante un determinado tiempo para luego ser enfriado a temperatura ambiente. El resultado que se obtiene son 2 fases, una fase precipitada y una fase líquida, en esta última fase se pueden reducir los valores DQO hasta un 95% (Sánchez,

¹ Se denomina suero ácido al subproducto que se obtiene por una coagulación mixta láctica y posee un pH entre 4 y 5.2. Este tipo de suero es el característico en la producción de quesos tipo Cottage o crema.

y otros, 2009). A la fase precipitada se la suele utilizar tanto para alimentación animal como humana, esta última, como materia prima de alimentos procesados.

Tratamiento anaeróbico

Una amplia gama de productos se puede obtener a partir de la fermentación del lactosuero, usándolo preferiblemente desproteneizado y suplementado. Productos como ácidos grasos, ácidos orgánicos, alcoholes, bacteriocinas, bebidas, biomasa, biogases, biopolímeros, encimas, insecticidas, solventes, tensoactivos, vitaminas y otros. Como ventaja de este tratamiento, a medida que avanza tecnológicamente la ingeniería genética el abanico de productos aumenta.

Dependiendo del tipo de la/las bacterias que se fomente su actividad dentro de un fermentador, se obtendrán los productos antes mencionados.

En el sector lechero se desarrollaron diferentes prototipos de fermentadores que buscaron mitigar el impacto ambiental de la actividad como así también generar la totalidad o parte de la energía que consuma la industria.

Se deben conocer las cualidades como sustrato del suero de leche además de otros parámetros para poder realizar un correcto diseño de un biodigestor en caso de que dicha solución sea la más adecuada.

Lactosuero como sustrato de un biodigestor

- Adecuado porcentaje de sólidos totales: No se requieren de sistemas de separación de sólidos, facilitando la manipulación y el bombeo. Los sólidos totales varían entre 3 y 7% (Hernández, 2015), encontrándose dentro de los límites requeridos para un adecuado proceso de biodigestión.
- Alto porcentaje de sólidos volátiles: Son aquellos que poseen calor calorífico y al degradarse forman biogás. Representan entre el 80 y el 95% de los sólidos totales.
- Biodegradabilidad: La lactosa que es el azúcar del sustrato y las proteínas tienen excelente biodegradabilidad y luego se encuentran los lípidos en un orden de biodegradabilidad menor.
- Alta tasa de producción de biogás por unidad de sólido volátil: El lactosuero presenta una de las tasas más altas de producción de biogás por kilogramo de sólido volátil, estando entre 0.75 y 0.95 m^3 de biogás por kilogramo de sólidos volátiles.

- Reducido tiempo de retención hidráulica: Presenta un bajo tiempo de retención hidráulica, en general entre los 3 y 10 días.
- Buen porcentaje de metano en el biogás: Posee entre un 60 y 80% de metano en el biogás producido.

Por lo enunciado anteriormente se puede considerar al suero de leche como un buen insumo para la producción de biogás.

A modo de referencia y teniendo en consideración que en la producción de biogás se deben contemplar varios factores, se presentan datos de experiencias a diferentes escalas.

Fuente	m³ de metano por m³ de suero	Kg de GLP equivalente por m³ de suero (aprox.)
INTI 2014*	9,6	7,7
Chatzipaschali et al 2012	20	16
Valbio	18	11
Caterpillar	23	18
Proyecto Arla Holstebro Flødeost (Dinamarca)	21	17
Proyecto Blackburn Cheese Dairy (Canada)	20	16
Proyecto La Vache à Maillotte Cheese Dairy (Canada)	21	17
Erguder (2001) y Mawson (1994) en Viquez Arias (2012)	13-22	10,4-17,6

Tabla 1: Producción de metano por unidad de suero y comparación con GLP [11]

Tipos de Biodigestores

En la actualidad existen diversos tipos de biodigestores cuyas características dependen y están definidas por distintas necesidades, como ser, tipos de sustratos que se usarán en el proceso, energía que se desea obtener, o a factores geográficos, como ser, clima (donde la temperatura es un parámetro fundamental en el proceso), tipo de suelo, etc.

Biodigestores de pequeña y mediana escala

A partir de los años 70, comenzaron a implementarse en Latinoamérica diferentes tecnologías de biodigestores, entre los que se destacan los de domo fijo, de domo flotante, y tubulares.

Los biodigestores de domo fijo, conocidos como biodigestores chinos, están enterrados en el suelo y contruidos de cemento y ladrillos. Su diseño consiste en una bóveda con una entrada y salidas laterales (para ingreso de materia orgánica y salida de digestato), y una salida de biogás en la cota más alta de la cúpula de la bóveda.



Figura 2-1: Modelo educativo de biodigestor de domo fijo en Camboya [15].

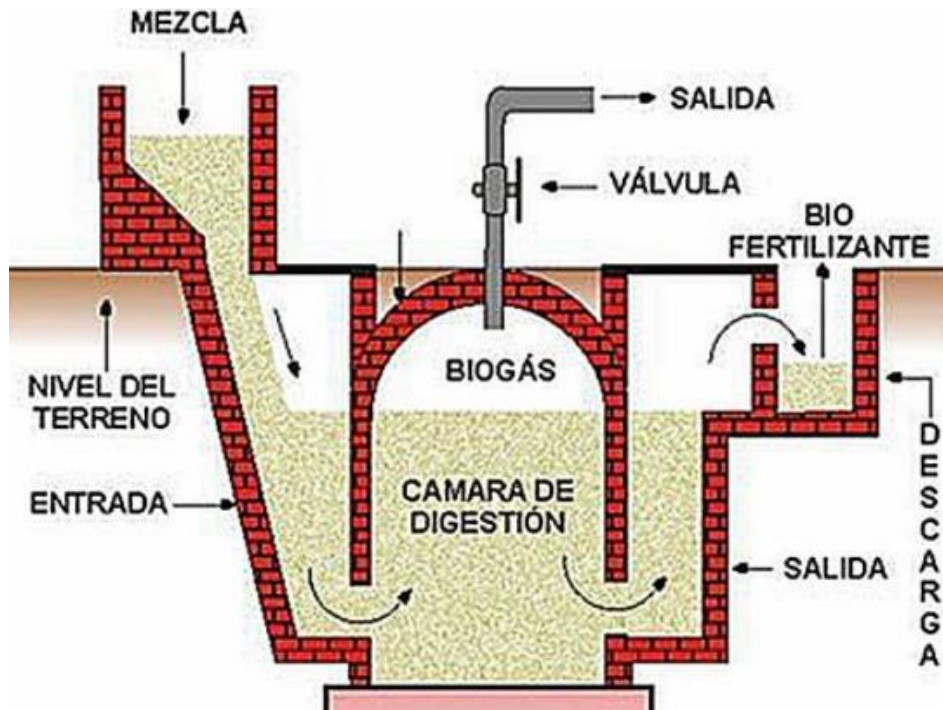


Figura 2-2: Vista transversal de un biodigestor Chino [15].

Otro modelo de biodigestor es el domo flotante, también conocido como biodigestor hindú, con un diseño similar al domo fijo, pero donde la cúpula es un tambor invertido de acero, flotando sobre el líquido del biodigestor. Ver figura 2-3.

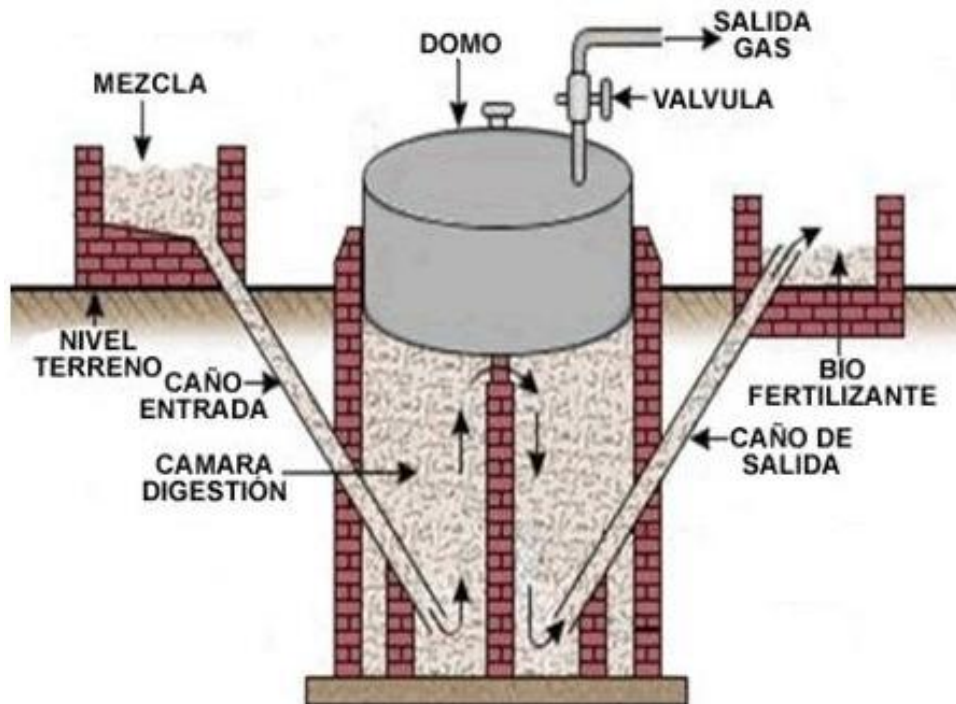


Figura 2-3: Vista transversal de un biodigestor Hindú [15].

Debido a sus mayores costos (principalmente por la cúpula), y a pesar de sus beneficios (aporta una presión constante al biogás), no tuvo mucho impacto ni replica en la región.

El tubular proviene de una adaptación de un modelo de biodigestor tubular ya implementado en Taiwán, estos biodigestores se asemejan a un intestino alargado, con una entrada de sustrato a un extremo, una salida de digestato en el opuesto y una cúpula que se infla, y queda por encima del nivel del suelo, con una salida de biogás.



Figura 2-2: Biodigestor tubular adaptado a condiciones de clima frío [15].

Biodigestores de uso industrial

En la actualidad se presentan cinco tecnologías de biodigestores utilizadas principalmente para la producción de biogás cuyo destino será la producción de energía eléctrica en generadores.

Una de estas tecnologías se trata de los reactores de flujo ascendente (UASB), estos presentan una forma cilíndrica y disposición vertical.

Su funcionamiento se basa en el ingreso del efluente por la parte inferior, atravesando en forma ascendente al contenedor y egresando por la parte superior. Como principal característica se puede resaltar la agrupación de bacterias formando gránulos, mejorando así la degradación de la materia orgánica. El gas generado se colecta en la parte superior del reactor.

Son adecuados para efluentes con altas cargas orgánicas y pocos sólidos como los de la industria alimenticia, de levaduras, cervecerías y destilerías.

Los reactores UASB son capaces de tratar altos volúmenes en poco tiempo (Hernández, 2015).



Figura 2-3: Biodigestor UASB [1].

Una variante al UASB es el reactor EGSB que se distingue por una mayor velocidad de flujo ascendente lo que permite una expansión parcial de los gránulos de microorganismos permitiendo un mayor contacto con los residuos del efluente. Constructivamente son reactores más altos y requieren mayor recirculación del efluente.

Otro de los biodigestores de los cuales se dispone hoy en día es el llamado Digestor de Mezcla Continua (CSTR) el cual consiste en un recinto cilíndrico vertical que contiene agitadores que mezclan el efluente permanentemente. Este tipo de sistemas son adecuados para el tratamiento de efluentes con alto contenidos de sólidos no disueltos.



Figura 2-4: Biodigestor CSTR [15].

Los biodigestores de filtros anaeróbicos poseen materiales en el interior que ofrecen una gran superficie de contacto para permitir que las bacterias se fijen. Poseen un alto rendimiento para efluentes sin sólidos en suspensión y requieren tanques de menor volumen, esto último debido a una reducción del tiempo de retención hidráulico.

Con un funcionamiento similar a los tubulares antes descritos, nos encontramos en la industria con los biodigestores de membrana, los cuales consiste en piletas que varían entre los 2 a 5 metros de profundidad. Estas piletas se encuentran cubiertas con una membrana que actúa de gasómetro. El efluente ingresa por un extremo y sale por el opuesto. Si bien requieren de una superficie considerable para su instalación, precisan de una menor tecnología y por ello menor costo de inversión.



Figura 2-5: Biodigestor de membrana, en este caso usando residuos pecuarios [15].

Por ultimo nos encontramos con los biodigestores de Contacto Anaeróbico, en estos el efluente ingresa para ser mezclado en un biodigestor convencional, como los antes nombrados, luego un decantador recibirá los sólidos sedimentables que posteriormente se recircularan al biodigestor. Este proceso permite que el tiempo de retención de solidos sea de 25 a 40 días y el tiempo de retención hidráulica sea considerablemente menor.

Como consideración final se debe tener presente que estas tecnologías pueden ser utilizadas en sistemas de dos etapas, donde en la primera se da la hidrólisis² y acidogénesis³ y en la segunda la metanogénesis⁴, para ello se necesitaran de dos reactores.

Resumen

Según la investigación del estado del arte, la región en la que nos encontramos y el tipo de industria en el que se plantea hacer foco, se decide analizar y desarrollar el tratamiento del lactosuero mediante la implementación de biodigestores anaeróbicos. Es por este motivo que se realizó una profundización del estado del arte de este tipo de tratamiento en este capítulo. Las características particulares del biodigestor a desarrollar se especifican en el Capítulo 3.

² Proceso realizado por bacterias hidrolíticas donde se produce la transformación de compuestos orgánicos complejos a solubles.

³ Las bacterias fermentativas procesan los compuestos orgánicos solubles dando como resultado AGVs.

⁴ Tanto las bacterias metanogénicas acetoclasticas como las metanogénicas hidrogenotróficas serán las encargadas de transformar los productos de la acidogénesis en biogás.

Capítulo 3 Tratamiento mediante biodigestores

Almacenamiento

El biodigestor debe contar con un tanque de almacenamiento, este elemento es indispensable para contener al sustrato en el tiempo de retención hidráulico necesario para el tratamiento.

Estos tanques pueden ser cilíndricos, rectangulares o esféricos. Se prefiere a los primeros de estos en post de evitar puntos con movimiento nulo o sedimentación y por su facilidad de construcción.

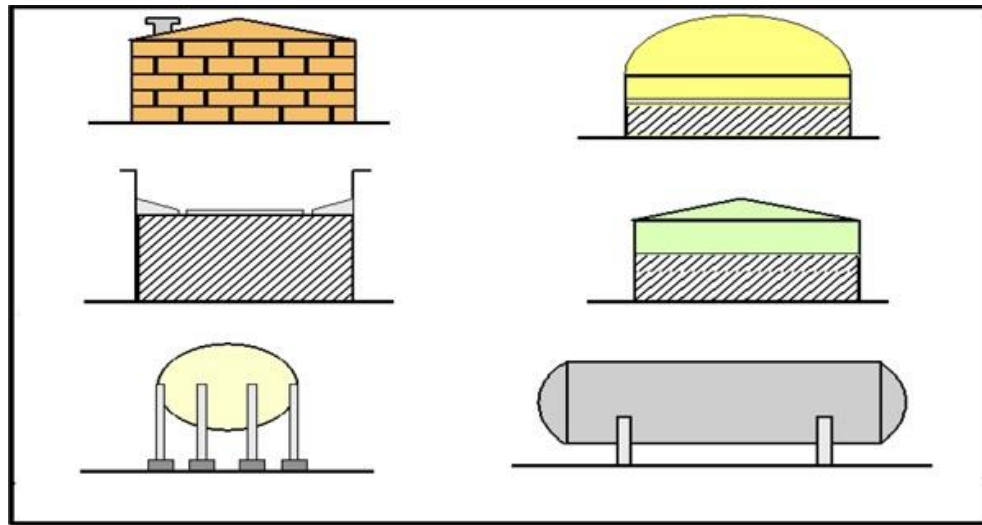


Figura 3-1: Tipos de tanque de almacenamiento [7].

Independientemente de su forma, los mismos pueden estar sobre vigas, en la superficie o enterrados. La disposición dependerá de varios factores, como ser: espacio disponible, clima o material de construcción. Para este último factor, dependiendo el sustrato con el que se pretende alimentar al biodigestor las posibilidades del diseño varían entre acero, acero inoxidable, hormigón o distintos tipos de polímeros.

Mezcladores y Agitadores

Zonas muertas y digestión

El fin de disponer de sistemas de agitación dentro de los biodigestores se basa en la necesidad de eliminar cualquier zona muerta o sin nutrientes que retarden el proceso de digestión. Otra función del agitado es la de lograr una homogeneización de la temperatura de todo el sustrato, eliminando o disminuyendo el gradiente de temperatura ocasionado por las condiciones externas o por el mismo proceso.

Diferencia entre mezclado y agitado

La agitación y el mezclado no son sinónimos, el primer término se refiere exclusivamente al movimiento del líquido y el segundo, a distribución azarosa de una o más fases que al inicio, estuvieron separadas.

Mecanismos de agitación

A través del tiempo se fueron desarrollando distintos tipos de agitadores mecánicos, de recirculación hidráulica o por recirculación de gas. La implementación de uno u otro tipo dependerá del grado de complejidad de los procesos y de la facilidad de aplicar una u otra solución.

Para los procesos anaeróbicos los mecanismos de recirculación de gas se vuelven demasiados complejos en su implementación y los de recirculación hidráulica resultan ser agresivos para los microorganismos pudiendo llegar a ser contraproducente la implementación de los mismos.

Dentro de los agitadores mecánicos se pueden diferenciar aquellos que producen un flujo axial, es decir, se generan corrientes paralelas al eje del agitador, y aquellos que generan corrientes en dirección radial o tangencial a dicho eje.

Agitadores de Hélice

Este tipo de agitadores son impulsores que generan un flujo axial, de alta velocidad, usados para líquidos de baja viscosidad. Dependiendo de la dirección de rotación del eje se puede impulsar el líquido de forma ascendente o descendente, buscando generalmente esta última situación. Las corrientes de flujo se dirigen en una dirección hasta ser interrumpidas por el

fondo del tanque, allí se genera una zona de alta turbulencia con remolinos que abandonan al agitador, arrastrando al líquido estancado en el fondo del digestor. Debido a estos fenómenos los agitadores de hélice presentan una buena respuesta en tanques de dimensiones considerables, en donde se pueden instalar dos o más hélices en un mismo eje (McCabe, Smith, & Harriott, 2007).

El tamaño de los agitadores debe considerar que cuanto mayor son las hélices, mayores serán las fuerzas de fricción que se verán reflejadas en el líquido y por consiguiente en los microorganismos.

La velocidad de giro de las hélices se encuentra también asociada al tamaño de las mismas, para hélices pequeñas el rango de velocidad varía entre 1150 a 1750 rpm, en cambio para hélices grandes estos valores decaen hasta un rango comprendido entre las 400 a 800 rpm. Cabe destacar que las hélices rara vez superan las 18" de diámetro (McCabe, Smith, & Harriott, 2007).

En la Figura 3-2 se puede observar un esquema de un agitador tipo hélice de 3 palas.

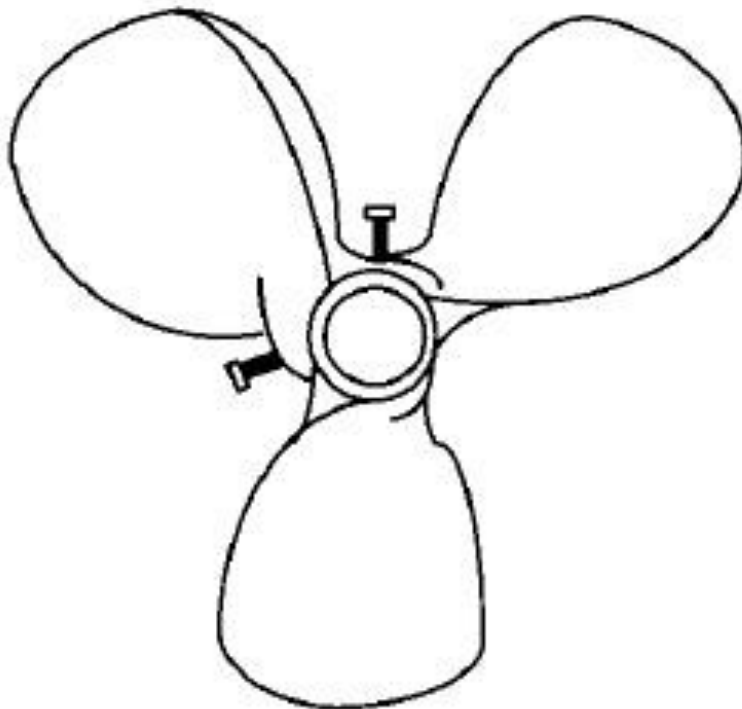


Figura 3-2: Hélice de tres palas [6]

Agitadores de Turbina o Paletas

Dependiendo del ángulo de las palas el líquido es impulsado en forma radial, axial o una combinación de ambas. En el primero de los casos, el flujo que se genera es orientado hacia las paredes del recipiente y luego toman una dirección ascendente o descendente.

La disposición de las palas, la cantidad y la velocidad a las que estas giran proporcionan distintos y específicos tipos de mezclados. Se pueden encontrar aspas planas paralelas al eje, formando un ángulo o curvadas. Distintos desarrollos hacen hincapié en optimizar parámetros específicos de los procesos como ser, alta o baja viscosidad, dispersión de gases, flujos uniformes, potencias requeridas y cizallamientos límites, entre otros. En la Figura 3-3 se muestran las distintas configuraciones que pueden tomar estos tipos de impulsores.

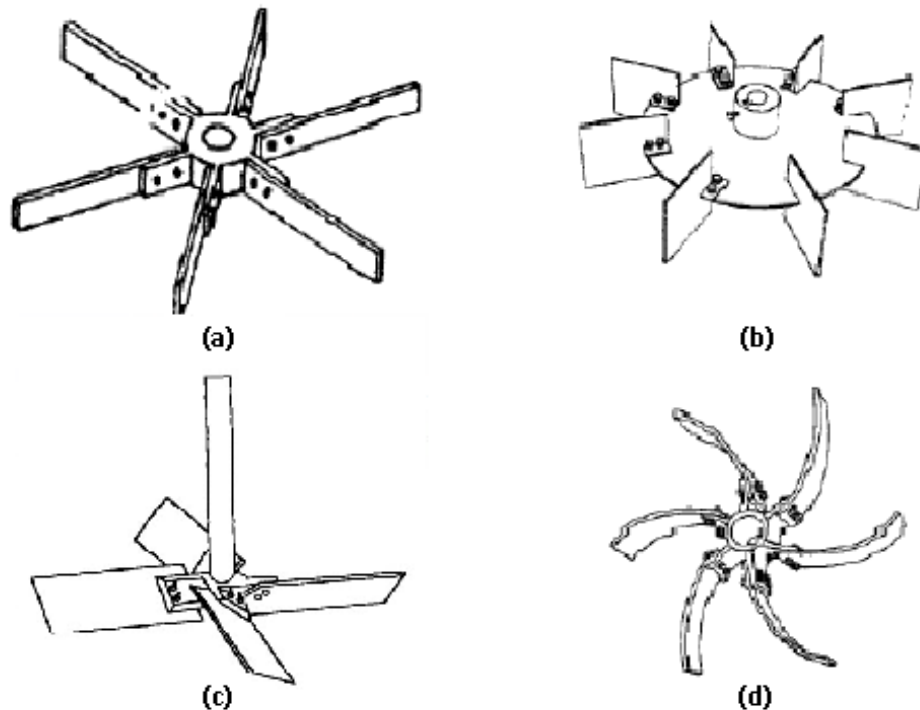


Figura 3-3: Diferentes configuraciones de agitadores de turbina, a) turbina de palas rectas; b) turbina de disco; c) turbina de palas inclinadas; d) turbina de palas curvas [3].

En los tanques de procesos, los agitadores típicos giran a velocidades comprendidas entre 20 y 150 rpm (McCabe, Smith, & Harriott, 2007).

Deflectores

Láminas verticales que se colocan para mejorar la mezcla del producto, pueden estar unidos a la pared o separados dependiendo de la viscosidad del fluido, rectos o en ángulo (Figura 3-4). Se utilizan para prevenir la formación de vórtices, y para evitar el flujo tangencial al eje dentro del biodigestor ya que este fenómeno ocasiona una mala mezcla de los productos.

Estos dispositivos no resultan necesarios cuando se utilizan configuraciones de agitadores con entrada lateral, inclinados o no centrados.

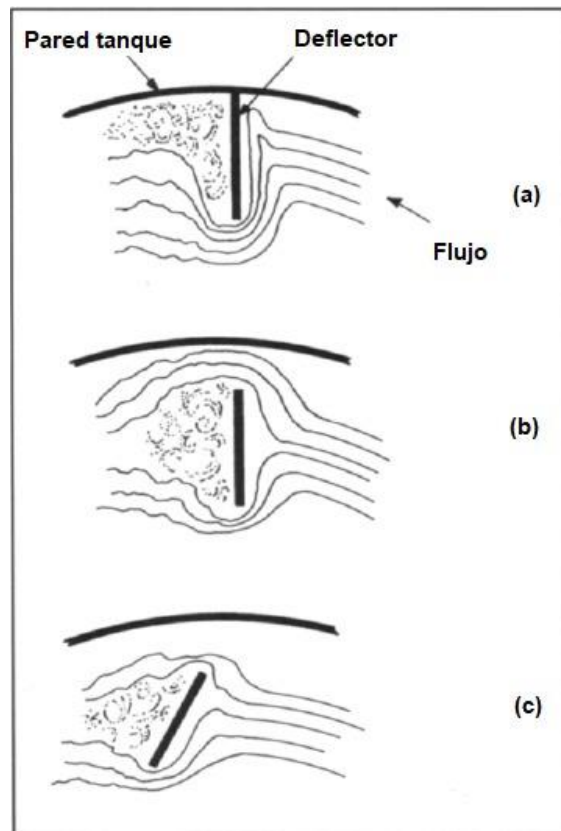


Figura 3-4: Disposición de los deflectores, a) deflectores unidos a la pared para líquidos de baja viscosidad; b) deflectores separados de la pared para líquidos de viscosidad media; c) deflectores separados de la pared y en ángulo para viscosidades altas [6].

Patrones de flujo

Son muchos los motivos por los cuales se determina la forma en que se mueve un líquido dentro de un tanque agitado. El tipo de impulsor y agitador, el tamaño y relaciones del tanque, el uso o no de deflectores o las características propias del líquido, como ser su viscosidad.

Cuando se habla de patrones de flujo se hace referencia a la velocidad que posee el líquido en cualquier punto del recipiente y como varía de un punto a otro. Esta velocidad se encuentra caracterizada por tres componentes, radial, longitudinal y tangencial. La primera se encuentra de manera perpendicular al eje del impulsor, la segunda es paralela al mismo y por último la tercera componente se ubica de manera tangencial o rotacional alrededor el eje. A los fines del mezclado, interesa determinar aquellas componentes radiales y longitudinales que resultan necesarias para esta acción, y controlar o limitar (cuando el eje se encuentra centrado y en disposición vertical) aquella componente tangencial. Esta última acción es imprescindible para evitar la formación de vórtices (Figura 3-5)

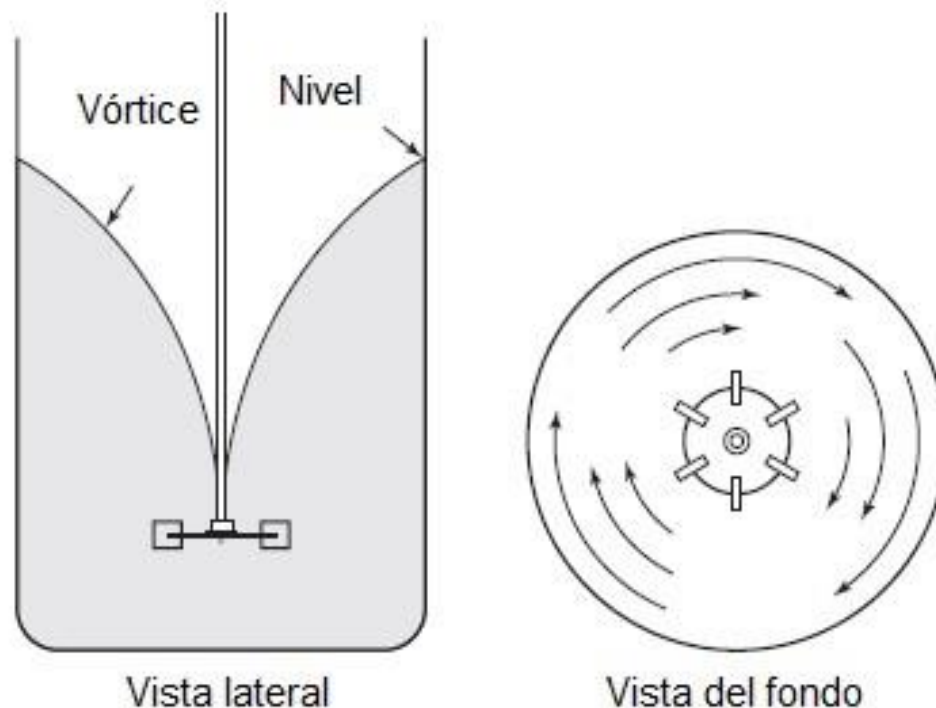


Figura 3-5: Vórtice causado por un agitador vertical centrado en el tanque [17].

La formación de vórtices es indeseable por cuestiones mecánicas, vibraciones o desalineaciones o aquellas que hacen a la mezcla en sí, como ser la introducción de gas a la altura del impulsor.

Estos vórtices o flujos circulatorios pueden evitarse, como se dijo anteriormente, con la incorporación de deflectores, aunque también existen otros métodos, la disposición del agitador descentrado o formando un ángulo con el depósito.

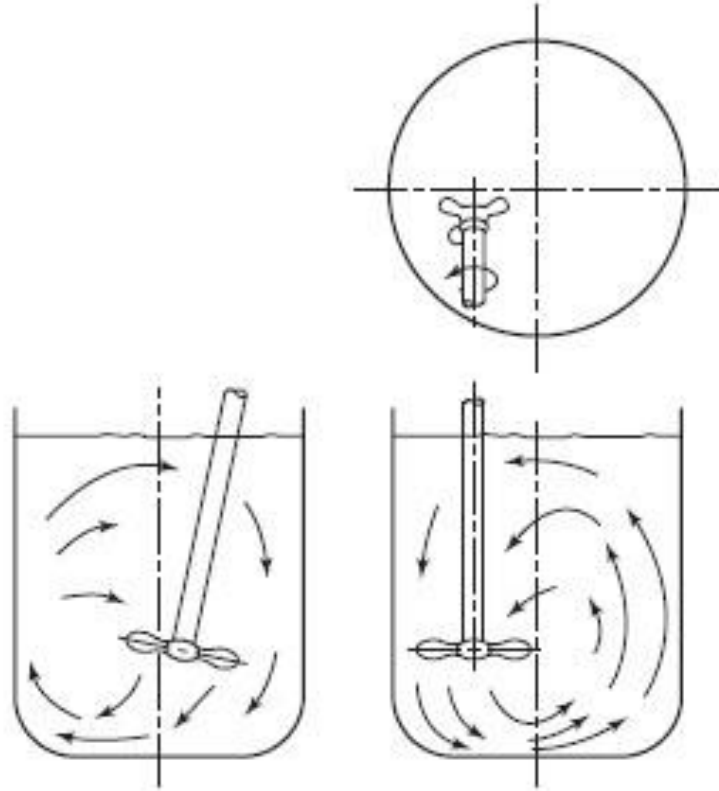


Figura 3-6: soluciones para prevenir la formación de vórtices [17].

Intercambiadores de calor

Actividad Biológica

Los procesos anaeróbicos son fuertemente dependientes de la temperatura. La velocidad de reacción de los mismos depende de la velocidad de crecimiento de los microorganismos involucrados, la cual está íntimamente relacionada con la temperatura. Esto es, a medida que aumenta la temperatura aumenta la velocidad de crecimiento de los microorganismos y por consecuencia se acelera el proceso de digestión.

Por todo lo anteriormente descrito, la temperatura de operación de un biodigestor es considerada uno de los principales parámetros de diseño⁵. Las variaciones bruscas de

⁵María Teresa Varnero Moreno; Manual del Biogas; FAO; 2011.

temperatura dentro de un biodigestor generan una desestabilización del proceso, aquí, surge la necesidad de disponer de sistemas de agitación e intercambiadores de calor.

Intercambiadores

En los bioprocesos la transmisión de calor suele darse entre líquidos que no se encuentran en contacto entre sí. La transferencia de calor se produce entonces mediante el contacto de los líquidos con las paredes del intercambiador, cuya superficie total será aquella que permita la transmisión de calor deseada.

En el caso de los biodigestores que poseen agitación, la transmisión de calor se ve favorecida por el flujo turbulento ocasionado.

Se puede clasificar a los tipos de intercambiadores teniendo en consideración el lugar donde se realiza la transferencia de calor. Es decir, si el intercambiador se encuentra posicionado sobre el tanque agitador se llamará interno y si el mismo se encuentra separado del mismo, externo.

Intercambiadores internos

El sistema puede encontrarse en contacto con el sustrato o con las paredes del tanque tal como se muestra en la Figura 3-7.



Figura 3-7: Concepto de intercambiadores internos [1]

El área disponible para la transmisión de calor es menor para los diseños de camisa ó serpentines externos (Figura 3-8, a,b) en comparación con los serpentines que se encuentran totalmente sumergidos en el reactor (Figura 3-8, c,d).

Las camisas suelen utilizarse en sistemas de laboratorio o pequeña escala, para grandes equipos la implementación de serpentines internos resulta mas adecuada. Esta ultima implementación trae consigo dos problemas evidentes, la interferencia con el sistema de mezclado y el difícil acceso para la limpieza de los serpentines.

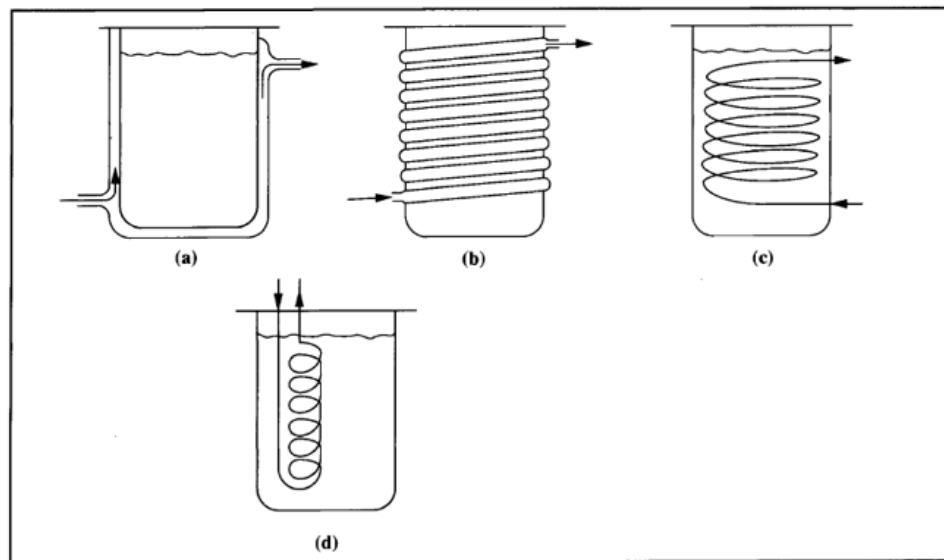


Figura 3-8: Intercambiadores internos [6].

Intercambiadores externos

Los intercambiadores externos cuyo esquema se puede observar en la figura 3-9, son fáciles de escalar y permiten un control del flujo de calor muy optimizado.

Requieren de un espacio para su aplicación y son comercializados de manera estandarizada.

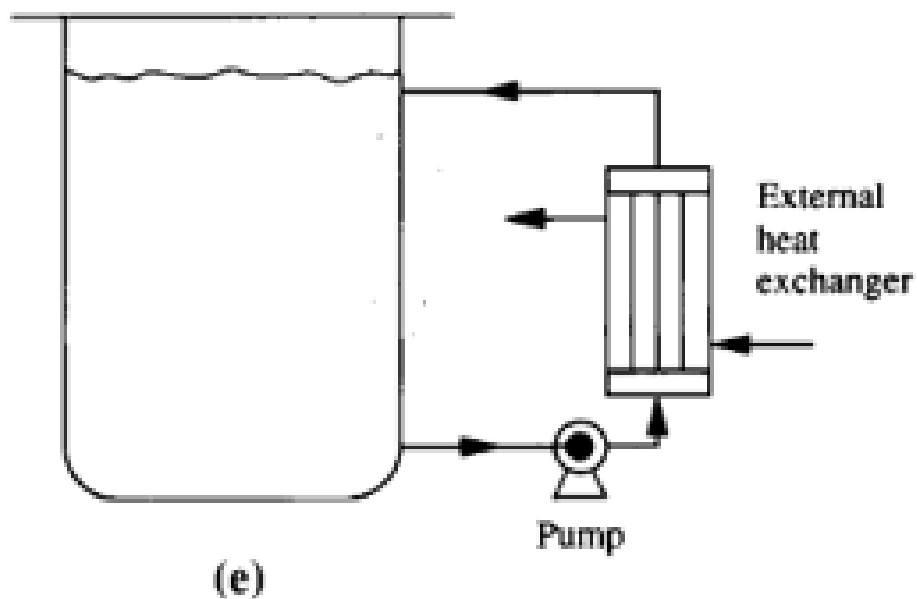


Figura 3-9: Intercambiador externo [6].

La implementación de bombas que impulsan el sustrato por el intercambiador implica realizar un estudio de las fuerzas de cizalla originadas durante el bombeo.

Este tipo de intercambiadores permiten la utilización de una misma bomba que sea utilizada tanto para el vaciado del tanque como para el mantenimiento de la temperatura del mismo.

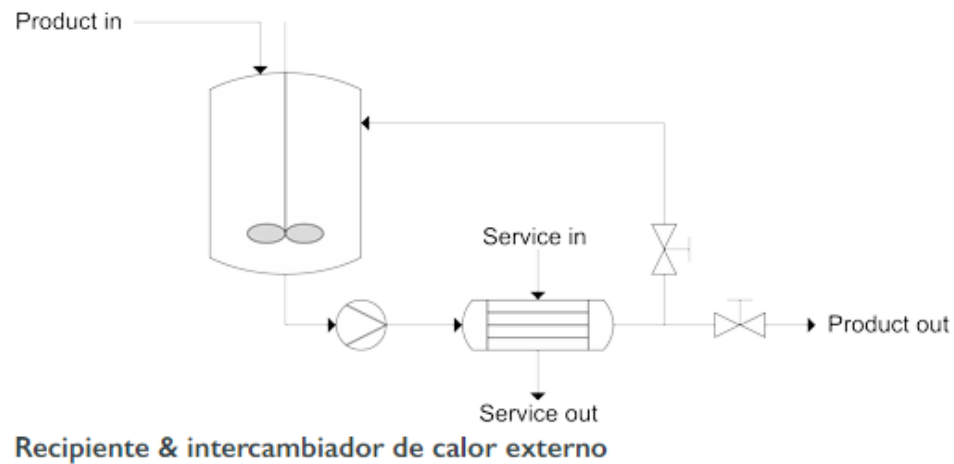


Figura 3-10: Concepto de intercambiador externo [1].

Equipo a desarrollar

En cuanto a la selección del depósito del biodigestor, se tienen en consideración varios aspectos como:

- El producto con el cual se trabaja no requiere de condiciones sanitarias especiales.
- El sustrato puede resultar corrosivo para ciertos materiales.
- Costo de adquisición, considerando la posibilidad económica de pequeñas y medianas industrias lácteas.
- Facilidad de instalación.

Por lo enumerado anteriormente, se decide trabajar con tanques cilíndricos montados en superficie de plástico reforzado con fibra de vidrio.

En cuanto al tipo de agitador, tanto Doran (1995) como Coker (2001) recomiendan distintos tipos de impulsores dependiendo de la viscosidad del fluido y/o el volumen del depósito.

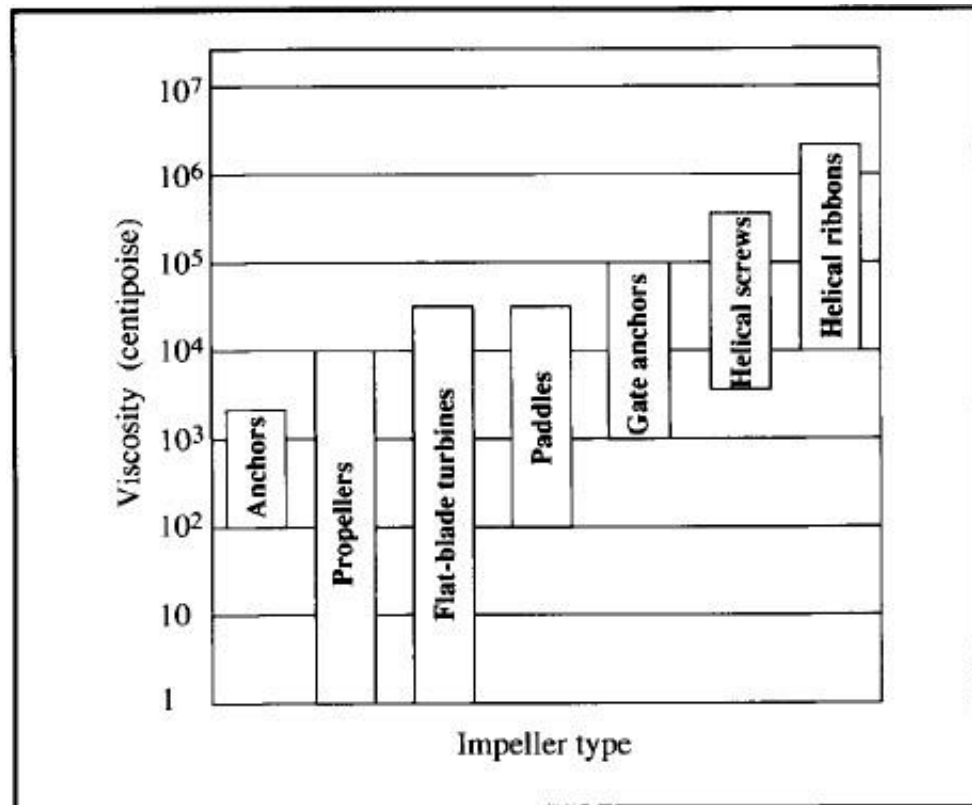


Figura 3-11: viscosidad vs tipo de impulsor [6].

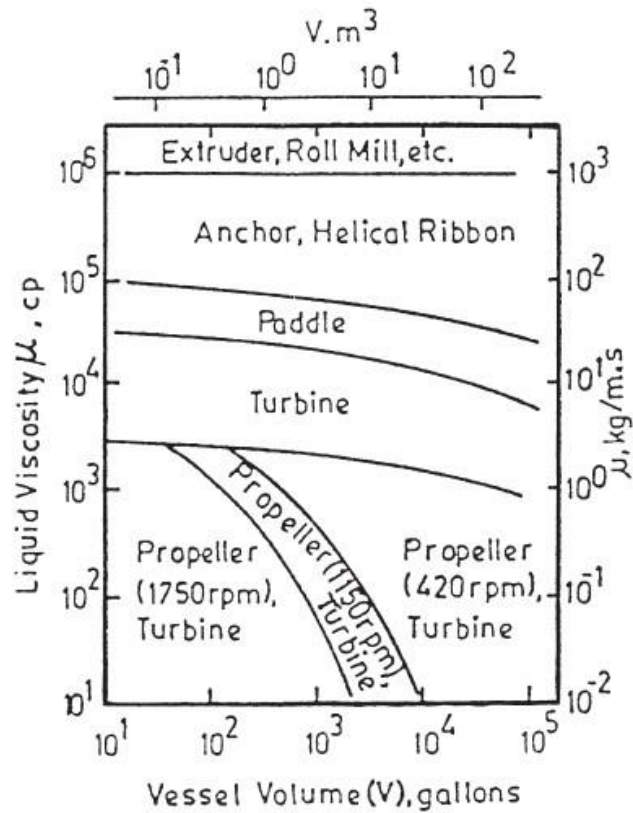


Figura 3-12: viscosidad vs volumen de tanque, determinación del tipo de impulsor [3].

A su vez, McCabe, Smith, & Harriott (2007) recomiendan el uso de palas a 45° que es donde se tiene la mayor eficiencia del agitador.

Debido al estudio y análisis de dichas alternativas, se propone el desarrollo de palas a 45° en el sistema impulsor.

El uso de un conjunto de impulsores en el mismo agitador es analizado por Coker (2001) en la siguiente figura y será evaluada su implementación en el Capítulo 4.

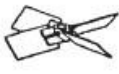
Impeller	Flow Pattern	Name and description	Applications
		HE-3 Narrow-blade, high-efficiency impeller	Blending, Turbulent heat transfer, Solid suspension, Upper impeller for gas dispersion, $N_p \approx 0.27$, $N_q \approx 0.5$ (turbulent)
		P-4 Pitched-blade turbine	Blending, Dispersion, Solid suspension, Heat transfer, Surface motion, $N_p \approx 1.25$, $N_q \approx 0.7$ (turbulent)
		S-4 Straight-blade turbine	Local liquid motion for blending, Dispersion, keeping outlets clear from solids, $N_p = 3.0$
		Maxflo T Wide-blade, high-efficiency impeller	Blending, Transitional flow, Simultaneous gas dispersion and solid suspension (like mining), N_p and N_q vary with tip angle and number of blades
		ChemShear Narrow-blade turbine	Liquid-liquid dispersion, Solid-liquid dispersion, Local shear
		D-6 Flat-blade disc turbine (Rushton turbine)	Gas dispersion, low and intermediate gas flows, Liquid-liquid dispersion, $N_p \approx 5.5$, $N_q \approx 0.75$
		CD-6 Concave-blade disc turbine (Smith turbine)	Gas dispersion, intermediate and high gas flows
		Helical ribbon (Double flight shown)	Blending and heat transfer in viscous media ($\mu > 50$ Pa-s or $N_{Re} < 100$) $-N_p \approx 350 / N_{Re}$, $N_{Re} < 100$
		Anchor	Heat transfer in viscous media $N_p \approx 400 / N_{Re}$, $N_{Re} < 10$
		CD-6 / HE-3 / P-4	Gas dispersion and blending for tall reactors Fermentations (food products, pharmaceuticals)
		CD-6 / HE-3	Combined gas-dispersion, blend- ing, and material drawdown (corn wet milling)
		Side-entering wide blade impeller (HE3-S or Mark II)	Oil storage, Paper pulp, Wastewater circulation, Flue gas desulphurisation

Figura 3-13: Tipo de impulsores y sus aplicaciones [3].

En cuanto a la determinación de intercambiadores, existen tres rangos de temperatura en la que los microorganismos se pueden desarrollar de manera correcta, en la siguiente tabla se pueden observar los rangos de temperatura para cada tipo de fermentación y el tiempo necesario para desarrollar la misma.

Fermentación	Mínimo	Óptimo	Máximo	Tiempo de fermentación
Psicrophilica	4-10 °C	15-18°C	20-25°C	Sobre 100 días
Mesophilica	15-20 °C	25-35°C	35-45°C	30-60 días
Thermophilica	25-45°C	50-60°C	75-80°C	10-15 días

Tabla 2: Tipo de fermentación y sus temperaturas de operación. [Huerga]

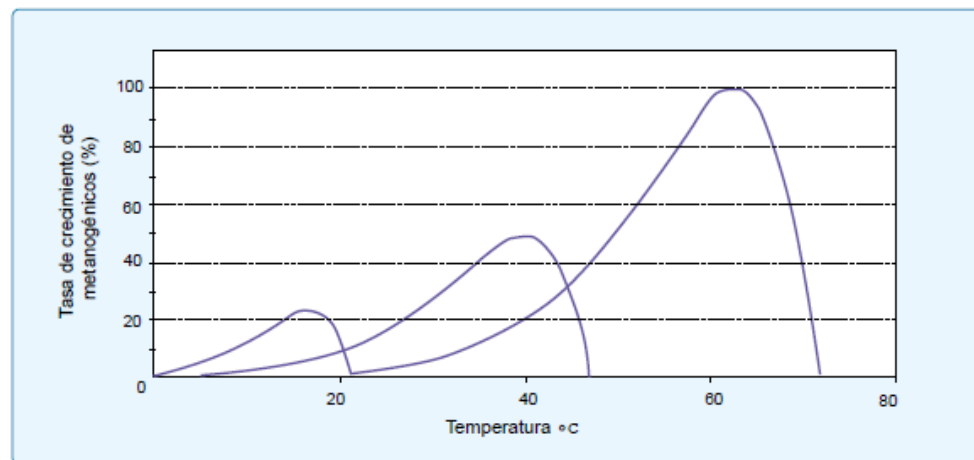


Figura 3-14: Tasa de crecimiento de metanogénicos [13].

Por lo observado en la Tabla 2 y Figura 3-14, cabe la posibilidad de optar por distintos rangos de temperatura para poder determinar el diseño del biodigestor. En donde se debe considerar la sensibilidad del tipo de fermentación, la facilidad de obtener la temperatura de operación y la finalidad del biodigestor.

Un aumento de la temperatura de operación implica un aumento de la sensibilidad por lo que el cuidado en el control de la temperatura debe extremarse, ver tabla 3. Una variación brusca ocasionaría la muerte de los microorganismos retardando el proceso.

BACTERIAS	RANGO DE TEMPERATURAS	SENSIBILIDAD
Psicrófilas	menos de 20°C	+/- 2°C/hora
Mesófilas	entre 20°C y 40°C	+/- 1°C/hora
Termófilas	más de 40°C	+/- 0,5°C/hora

Tabla 3: Sensibilidad según el tipo de fermentación [12].

Se debe tener en cuenta entonces que un incremento de la temperatura aumenta la eficiencia, reduce los TRH y paralelamente aumenta los costos de instalación y la complejidad de la misma.

Los digestores que trabajan a temperaturas meso y termofílicas poseen generalmente sistemas de calefacción, aislación y control los cuales son obviados en digestores rurales económicos que trabajan a bajas temperaturas (Hilbert, 2003).

Si se analiza a Doran, (1995) se podrá considerar que la actividad metabólica de las células genera una gran cantidad de calor en los fermentadores, lo que permite elevar la temperatura del biodigestor y trabajar a temperaturas más elevadas que la ambiente.

Por lo anteriormente descripto, se busca aplicar una solución de compromiso, no instalar un intercambiador en una primera etapa, pero sí evaluar y determinar las capacidades generales del mismo para una segunda etapa en caso de ser necesario, propiciando las condiciones estructurales para la futura instalación.

	Externos	Internos
Tasa de intercambio		
Facilidad de instalación	Estructura separada al tanque agitador	Estructura anexada al tanque agitador
Factibilidad de aplicación en etapas	Mediante el agregado de válvulas, se instala en intercambiador en las inmediaciones y se conecta al tanque agitador sin modificaciones estructurales de este.	Se deben realizar modificaciones a la estructura del tanque agitador en caso de que el mismo no cuente con los anclajes pertinentes una vez fabricado.
Mantenimiento	La limpieza de las serpentinas para mejorar el intercambio de calor se puede realizar sin detener el funcionamiento del tanque y sin tener que ingresar a este.	Se debe detener el funcionamiento del tanque e ingresar al mismo para poder efectuar limpieza o tareas de mantenimiento.
Usos para múltiples sistemas	El intercambiador puede realizar su función para varios tanques agitadores si estos requieren de su participación en distintos momentos.	Solo pueden ser utilizados en el tanque agitador en el que se encuentra instalado.
Aplicación biológica	Se requiere extremo cuidado y evaluación de cada uno de los elementos móviles y que se encuentran en contacto con el fluido a tratar para preservar de manera	No requiere cuidados más allá del control de la tasa de intercambio.

	adecuada la actividad biológica que se encuentra en el tanque agitador	
Variación de temperatura	Requiere un cuidado extremo	Si el líquido se encuentra agitado permite un control menos exhaustivo

Se propone entonces, evaluar las condiciones necesarias para una futura aplicación de intercambiadores del tipo serpentina interna como el observado en la figura 3-8 (c).

Tabla 4: Tabla comparativa de uso de intercambiadores externos e internos, elaboración propia

Capítulo 4 Diseño de soluciones adoptadas

Dimensiones generales del sistema

Se plantea un procesamiento diario de 10.000l de leche⁶, obteniendo como efluente un aproximado de 8.000l de suero⁷.

Se pretende entonces desarrollar el sistema de tratamiento almacenando el lactosuero generado en tanques verticales de fibra de vidrio reforzada. El volumen necesario de almacenamiento se basa principalmente en el tiempo de retención hidráulica mínimo que debe tener el lactosuero en el biodigestor siendo este de 10 días. El TRH se obtiene del análisis de una experiencia realizada por el INTA⁸ en un tambo de la región⁹.

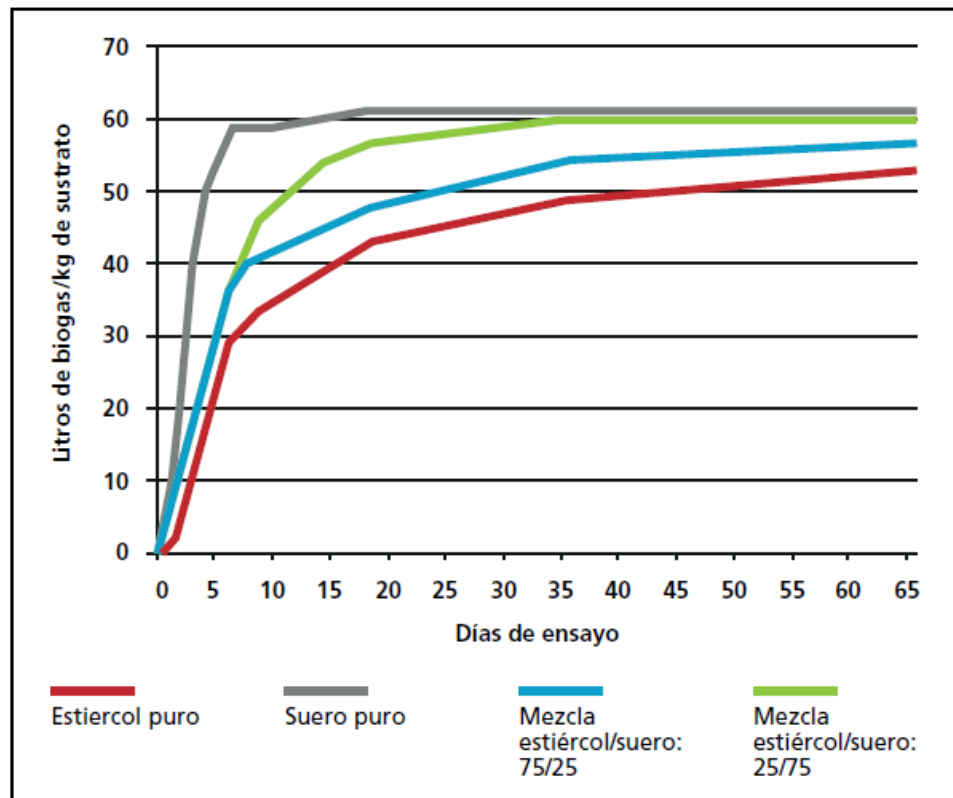


Figura 4-1: Ensayo de producción de biogas en digestores tipo BATCH [13].

En la figura 4-1, se puede apreciar la diferencia en los TRH según el tipo de sustrato utilizado en un biodigestor del tipo BATCH. Los litros de biogás hacen referencia al proceso de

⁶ Se adopta un valor máximo de procesamiento de 10.000lt para pequeñas y medianas industrias.

⁷ En promedio, del total de leche procesada, el 80% resulta como efluente lactosuero.

⁸ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

⁹ Tambo la Natividad.

fermentación, por lo cual la no variación de este valor implica una reducción de la actividad microbiana causada entre otros motivos por la falta de materia orgánica.

Se adopta entonces dos tanques de 80.000l cada uno. Para la proporción entre el diámetro y la altura de estos, se tomó como referencia la disponibilidad de espacio de una industria típica de la región¹⁰ y de la existencia de tanques con características semejantes¹¹. Estableciendo un diámetro inicial de 4,6m y una altura mínima de 5m, Coker (2001) plantea las siguientes semejanzas geométricas.

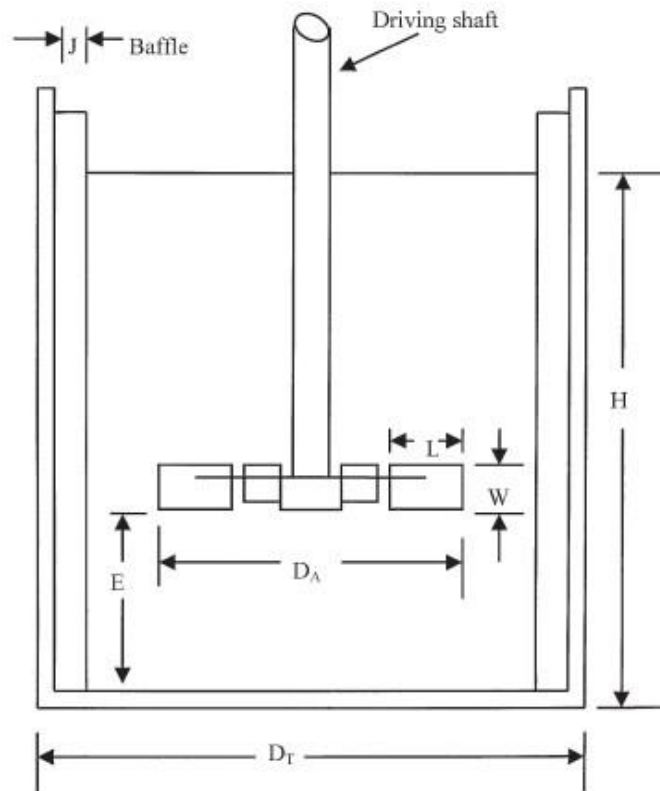


Figura 4-2: Semejanzas geométricas para un tanque agitado [3].

$\frac{D_A}{D_T} = \frac{1}{3}$	$\frac{H}{D_T} = 1$	$\frac{J}{D_T} = \frac{1}{12}$
$\frac{E}{D_A} = 1$	$\frac{W}{D_A} = \frac{1}{5}$	$\frac{L}{D_A} = \frac{1}{4}$

Figura 4-3: Relaciones geométricas para sistemas de agitación [3].

¹⁰ Don Enzo, Pergamino, Buenos Aires.

¹¹ Cisternas verticales PRFV

Teniendo como datos de partida el diámetro y altura del líquido, quedan establecidos los siguientes valores:

$$D_t = 4,6m$$

$$H = 4,8m$$

Diámetro del impulsor

$$D_a = \frac{D_t}{3} = \frac{4,6}{3} = 1,533m \quad (4.1)$$

Altura al impulsor desde la base del tanque

$$E = D_a = 1,533m$$

Ancho de la pala del impulsor

$$W = \frac{D_a}{5} = \frac{1,533}{5} = 0,307m \quad (4.2)$$

Longitud de la hoja del impulsor

$$L = \frac{D_a}{4} = \frac{1,533}{4} = 0,383m \quad (4.3)$$

Ancho de los deflectores

$$J = \frac{D_t}{12} = \frac{4,6}{12} = 0,383m \quad (4.4)$$

Cantidad de deflectores

$$R = 4$$

El autor recomienda 6 y 8 palas por impulsor, adoptándose 6 unidades.

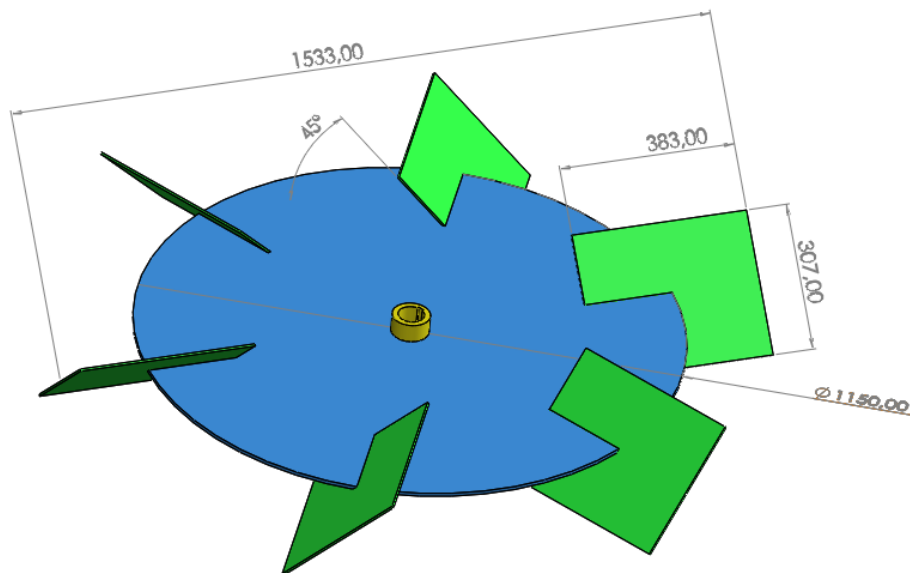


Figura 4-4: Dimensiones generales del impulsor, elaboración propia.

Almacenamiento

Como se mencionó en el capítulo anterior, para el diseño del tanque se adopta una solución que busca ser de fácil montaje y con materiales resistentes y accesibles. Se implementa plástico reforzado con fibra de vidrio.

Se plantea que el mismo no debe soportar los esfuerzos del agitador y que su principal función sea almacenar el sustrato y permitir el anclaje de sistemas complementarios (sensores, intercambiadores de calor, deflectores, etc.)

Las dimensiones finales serán:

- Diámetro externo de: 4600mm.
- Altura total de: 5750mm.
- Altura útil de: 4980mm.
- Espesor de paredes de: 1", con refuerzos cada 60cm de 1" c/u.



Figura 4-5: Tanque de almacenamiento con brida de ingreso, egreso, para colocación de intercambiador de calor y soporte de sensores, elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 4-5, cuenta con una puerta hombre, con la finalidad de facilitar el ingreso de operarios para la realización de tareas de mantenimiento, montaje y limpieza.

Se busca que esta disponga de conexiones para distintos sensores, como ser temperatura y ph. Esto con la finalidad de reducir el número de bridas y facilitar la reparación o montaje de dichos sensores sin tener que ingresar al tanque.

En la figura 4-6, se puede observar que en su interior, el tanque, cuenta con los deflectores. Los mismos se encuentran conformados del mismo material y se presentan en la misma pieza. Si bien se plantea que el nivel de sustrato tenga un máximo a la altura de la cúpula, los deflectores continúan hasta el techo del tanque, se busca de esta manera reforzar a la estructura del depósito sin realizar además agujeros en él.

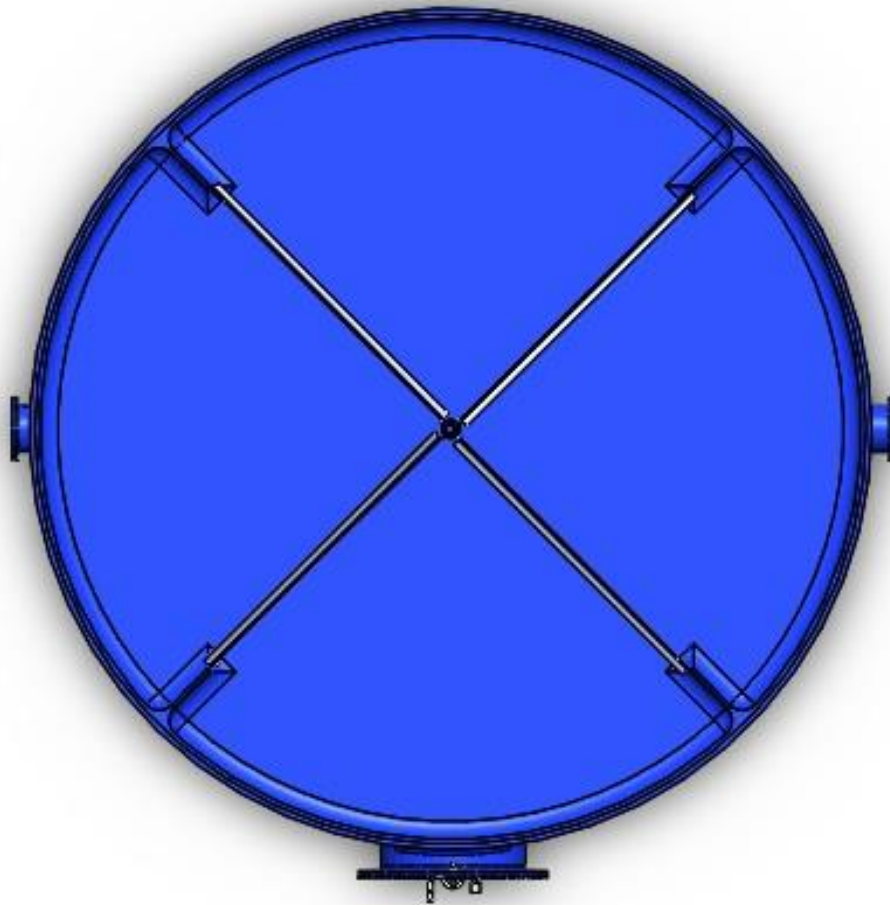


Figura 4-6: Corte del tanque de almacenamiento en el que se observan los deflectores internos, y el soporte inferior, elaboración propia.

Las aspas grises observadas en la figura anterior tratan de un sistema complementario de sujeción sujetado al tanque y será especificado más adelante.

Como se observó en la figura 4-5 y se puede observar en detalle en la figura 4-7, el tanque cuenta con dos bridas ciegas que prevén la instalación de un intercambiador de calor en caso de que las condiciones de trabajo así lo requieran.

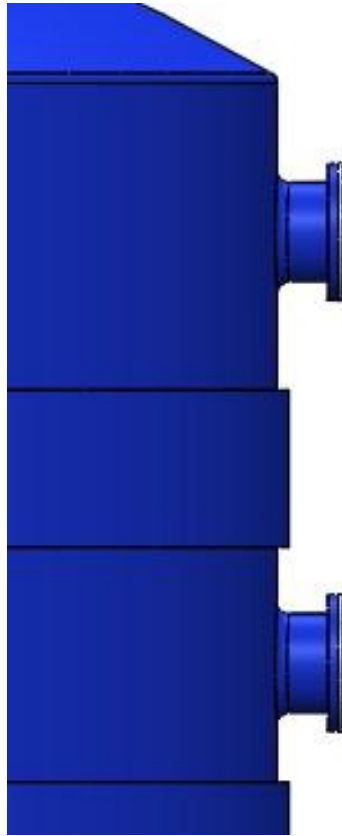


Figura 4-7: Bidas para el conexionado de un intercambiador, elaboración propia.

Por ultimo en la parte superior nos encontramos con la tapa del tanque, la misma cuenta con un diámetro que permite el fácil montaje y mantenimiento del agitador. A su vez, en ella se encuentra un prensa estopa, cuya finalidad es aislar el interior del tanque y una válvula para la extracción del biogás.

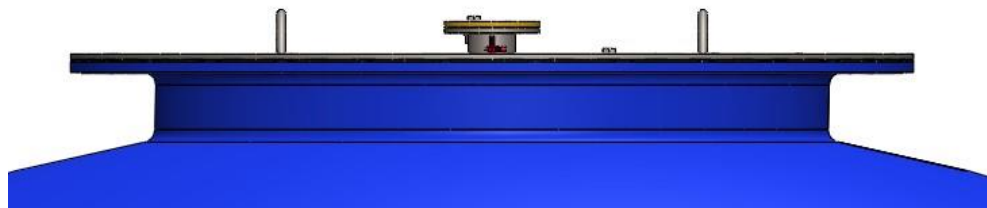


Figura 4-8: Sección superior del tanque en el que se observa la tapa, la válvula para la extracción de biogás y el prensa estopa para la retención de gases y líquidos, elaboración propia.

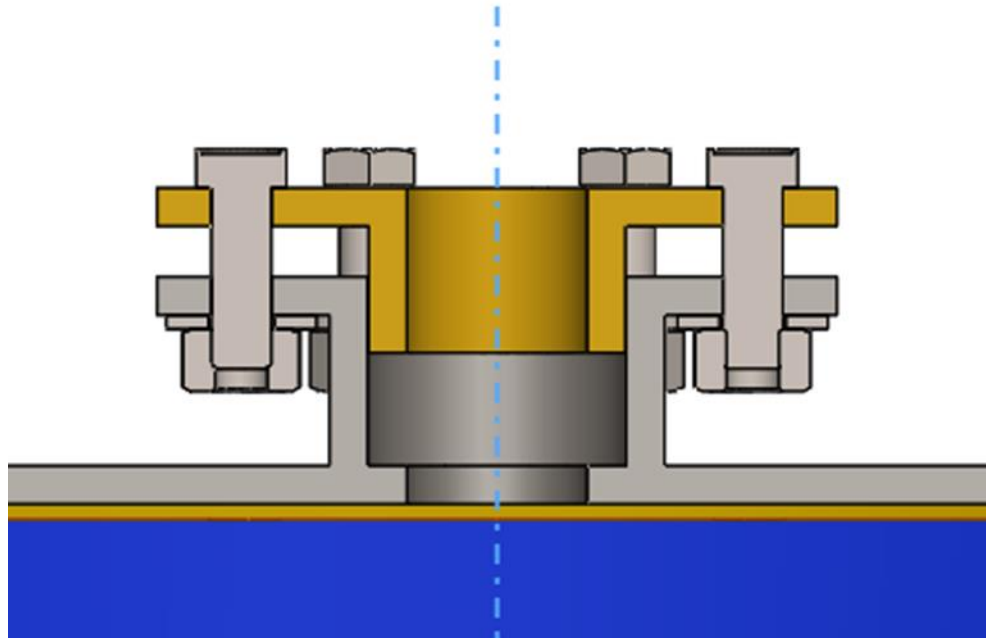


Figura 4-9: Corte del prensa estopa, elaboración propia.

Impulsores

Walas (1990) plantea la necesidad de un segundo impulsor cuando el líquido debe viajar más de 1.5m hasta encontrarse con una desviación. Al mismo tiempo, Doran (1995) plantea que para mejorar el mezclado se tiene dos alternativas, la primera es un aumento en la potencia del agitador y como segunda opción el agregado de impulsores, para este último caso, cada impulsor genera su propia corriente de recirculación, la distancia entre impulsores debe ser de 1 a 1.5 veces el diámetro de estos.

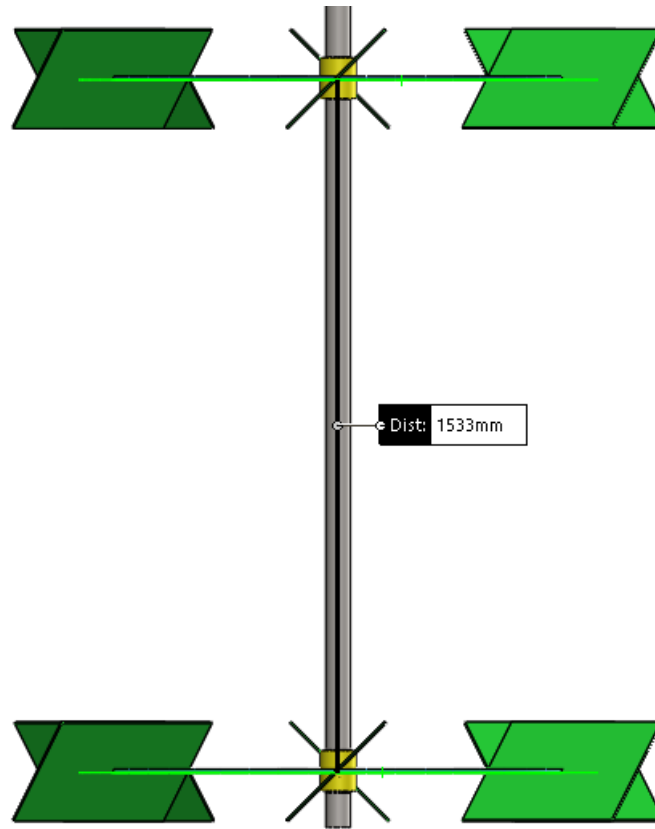


Figura 4-10: Distancia entre impulsosres, elaboración propia.

Para evitar altas revoluciones, se opta por la segunda opción, resultando entonces en dos impulsosres por agitador tal como se observa en la figura 4-10. Como ya se mencionó varios autores¹² concuerdan en que para obtener una mayor eficiencia en la agitación el impulsor más adecuado es el de palas inclinadas a 45°, por lo que se adopta dicha configuración, ver figura 4-4.

Velocidad de funcionamiento del agitador y potencia consumida

En el caso de que las bacterias se dispongan de forma individual (situación deseada), el tamaño del conglomerado de microorganismos se ve reducido al tamaño de una bacteria en específico. Esta situación puede no ser la real por lo que también surge la probabilidad de que en el mismo tanque se encuentren grupos de bacterias multiplicando el tamaño del conglomerado. Teniendo en cuenta esta consideración se analiza la interacción microorganismos-remolinos.

¹² (Coker, 2001) (Doran, Principios de Ingeniería de los Bioprocesos, 1995) (McCabe W. L., 2007)

Debido a que el tamaño de la agrupación de bacterias no puede verse reducido (no se puede subdividir a un microorganismo), lo que se debe regular es el tamaño de los remolinos generados en el proceso de agitación.

Esta regulación surge debido a que según el tamaño de los remolinos generados surgen varias posibilidades de interacción remolino-microorganismo. Si las agrupaciones de bacterias son más pequeñas que estos, las mismas tienden a ser capturadas o arrastradas, para este caso los efectos de cizalla en las interacciones remolino- microorganismo son mínimos. Al aumentar la potencia del agitador, se reduce el tamaño medio de los remolinos y se presentan dos posibilidades: un solo remolino no puede capturar a los microorganismos por lo que los hará girar causando poco daño o que muchos remolinos pequeños giren en distinto sentido lo que hará un gran daño.

El daño debido a los remolinos se evita si la escala kolmogorov¹³ permanece por encima de 2/3 del tamaño de los grupos de microorganismos.

Siguiendo el procedimiento de calculo que plantea Doran (1995):

- Viscosidad del lactosuero: $\mu = 0,001002 \text{ Pa.s}$
- Densidad del lactosuero: $\rho = 1024 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$
- Tamaño de los microorganismos: $50\mu\text{m}$
- Diámetro del impulsor: $D_a = 1,533\text{m}$

Se toman grupos de 20 bacterias para ubicarse en la peor posición (ya que las bacterias estarían dispersas por unidad). Por lo que el tamaño del remolino puede ser como mínimo:

$$\lambda = \frac{2}{3} * 50\mu\text{m} = 33.3\mu\text{m} \quad (4.5)$$

Se debe determinar la velocidad máxima de agitación permisible tal que no se produzcan daños por cizalla a los microorganismos.

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{0,001002}{1024} = 9,79 \times 10^{-7} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \quad (4.6)$$

Donde ν es la viscosidad cinemática del fluido.

Con estos valores se puede obtener la potencia disipada por unidad de masa del fluido:

¹³ Los movimientos turbulentos implican una amplia gama de escalas. Desde una macroescala a la que se suministra la energía, hasta una microescala de Kolmogorov a la que la energía se disipa por la viscosidad. La escala de Kolmogórov, es la escala más pequeña que puede existir sin que sea destruida por la viscosidad.

$$\varepsilon = \frac{v^3}{\lambda^4} = \frac{\left(9,79 \times 10^{-7} \frac{m^2}{s}\right)^3}{(3,33 \times 10^{-5} m)^4} = 0,76 \frac{m^2}{s^3} \quad (4.7)$$

Se obtiene la potencia del impulsor:

$$P = \varepsilon * \rho * D_a^3 = 0,76 \frac{m^2}{s^3} * 1024 \frac{Kg}{m^3} * 1,533 m^3 = 2800 W \quad (4.8)$$

Para determinar la velocidad del agitador, en estas condiciones se debe implementar la siguiente ecuación:

$$N_i^3 = \frac{P}{N_p * \rho * D_a^5} = \frac{2800 W}{5 * 1024 \frac{Kg}{m^3} * 1,533 m^5} = 0,065 s^{-3} \quad (4.9)$$

$$N_i = 0,4 s^{-1} = 24,07 RPM$$

Donde N_p que es se obtiene de la siguiente tabla

<i>Impeller type</i>	k_1 ($Re_i = 1$)	N'_p ($Re_i = 10^5$)
Rushton turbine	70	5–6
Paddle	35	2
Marine propeller	40	0.35
Anchor	420	0.35
Helical ribbon	1000	0.35

Figura 4-11: Número de potencia según tipo de impulsor [6].

Esto indica que el daño por cizalla para un conglomerado de 20 microorganismos se produce cuando se exceden las 24.07rpm.

Como se planteó con anterioridad, si se adoptara el tamaño individual de cada microorganismo para el cálculo, estaría permitido una velocidad de agitación de hasta 1300 rpm.

La potencia consumida total va a ser la suma de cada una de las potencias necesarias para cada impulsor dispuesto en el eje.

Por lo tanto, como se cuenta con 2 impulsores se tendrá una potencia necesaria de:

$$P_n = nP = 2 * 2800 W = 5600 W = 5.6 kW \quad (4.10)$$

Donde P_n potencia consumida por los n rodets y P es la potencia consumida por un único rodete.

Tiempo de Mezcla

El tiempo de mezcla representa un parámetro para la determinación de que la agitación se realizó de manera tal que todo el contenido del tanque se encuentra homogeneizado.

Para el caso particular, la ventaja de la continua disponibilidad de sustrato por parte de los microorganismos invita a asumir que el tiempo de mezcla debe ser el menor posible.

Esto quiere decir, un mezclado continuo implica la sumatoria de un solo tiempo de mezcla (el inicial) y luego de este los microorganismos dispondrán de tanto sustrato como el disponible dentro del tanque.

Para el caso particular que se está desarrollando se plantea¹⁴:

$$N_i t_m = \frac{1.54 * V}{D_a^3} \quad (4.11)$$

Donde:

N_i velocidad de rotación del agitador.

V volumen del líquido.

D_a diámetro del impulsor.

$$t_m = \frac{\frac{1.54 V}{D_a^3}}{N_i} = \frac{\frac{1.54 * 80m^3}{(1.533m)^3}}{0.401s^{-1}} = 85.2s$$

Potencia del motor eléctrico

Se determina que la potencia del motor debe ser tal que no exceda a la potencia determinada con anterioridad, ya que la misma trata de la potencia máxima que admiten los microorganismos en las condiciones pautadas.

Por lo que se optará por un motor de 5.5kW.

Diseño del sistema agitador

Ya se determinó la potencia necesaria y la cantidad de palas e impulsores, a continuación, se muestran los cálculos necesarios para el diseño del eje, la transmisión de potencia y la sujeción de los impulsores y los espesores de palas.

¹⁴ Pauline M.Doran; Principios de ingeniería de los bioprocesos; Editorial Acribia SA; 1995; Pag. 154.

Cálculo del diámetro mínimo del eje

Para la determinación del diámetro mínimo del eje se utiliza el método de disipación de energía (Von Misses). La fórmula general empleada para esto es¹⁵:

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad (4.12)$$

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\left(\frac{N}{A} + \frac{M_f}{W}\right)^2 + 3\left(\frac{M_t}{W_p}\right)^2}$$

Teniendo en consideración que en nuestro caso el eje se encontrara dispuesto verticalmente y que solo se encontrara sometido a esfuerzos torsionales, (las fuerzas axiales lift y el peso del agitador son despreciables) se puede simplificar la ecuación quedando de la forma:

$$\sigma_{VM} = \sqrt{3\left(\frac{M_t}{W_p}\right)^2} \quad (4.13)$$

Ahora bien, la tensión admisible debe ser mayor a la tensión equivalente de Von Misses, por lo que:

$$\sigma_{adm} > \sqrt{3\left(\frac{M_t}{W_p}\right)^2} \quad (4.14)$$

Si se tiene en cuenta que $W_p = \frac{\pi * r^3}{2}$, entonces:

$$\sigma_{adm} > \sqrt{3\left(\frac{M_t}{\frac{\pi * r^3}{2}}\right)^2} \quad (4.15)$$

$$\sigma_{adm} > \sqrt{12 \frac{M_t^2}{\pi^2 r^6}}$$

$$\phi > \sqrt[3]{\frac{8}{\pi * \sigma_{adm}}} * \sqrt{12 M_t^2} \quad (4.16)$$

Considerando que $M_t = \frac{P}{w}$ y que $\sigma_{adm} = \frac{\sigma_{fl}}{n}$, se tiene:

¹⁵ Robert L. Mott; Diseño de elementos de máquinas; Pearson; 2006.

$$M_t = \frac{5600W}{24.06RPM * \frac{2\pi rad}{60s}} = 2228Nm$$

Se implementa en el diseño un acero inoxidable SAE 304¹⁶, por lo tanto:

$$\sigma_{adm} = \frac{241 \times 10^6 Pa}{2} = 120,5 \times 10^6 Pa$$

Por lo tanto, el diámetro mínimo que deberá tener el eje será:

$$\phi > \sqrt[3]{\frac{8}{\pi * 120,5 \times 10^6 Pa} * \sqrt{12 * 2228 Nm^2}}$$

$$\phi > 54.6mm$$

Se adopta un diámetro de 55mm.

Selección de las chavetas

Para la transmisión de potencia entre el eje y los impulsores se implementará el uso de chavetas.

La determinación de las dimensiones de la sección de las mismas se basa en la imagen 4-12, y posteriormente se calculará la longitud necesaria.

¹⁶ Las propiedades de este acero fueron obtenidas del apéndice 6 del libro de Robert, L. Mott: Diseño de elementos de máquinas.

Tamaño nominal del eje		Tamaño nominal de la cuña		
Más de	Hasta (incl.)	Ancho, W	Altura, H	
			Cuadrada	Rectangular
5/16	7/16	3/32	3/32	
7/16	9/16	1/8	1/8	3/32
9/16	7/8	3/16	3/16	1/8
7/8	1 1/4	1/4	1/4	3/16
1 1/4	1 3/8	5/16	5/16	1/4
1 3/8	1 1/2	3/8	3/8	1/4
1 1/2	2 1/4	1/2	1/2	3/8
2 1/4	2 3/4	5/8	5/8	7/16
2 3/4	3 1/4	3/4	3/4	1/2
3 1/4	3 3/4	7/8	7/8	5/8
3 3/4	4 1/2	1	1	3/4
4 1/2	5 1/2	1 1/4	1 1/4	7/8
5 1/2	6 1/2	1 1/2	1 1/2	1
6 1/2	7 1/2	1 3/4	1 3/4	1 1/2
7 1/2	9	2	2	1 3/4
9	11	2 1/2	2 1/2	1 3/4

Figura 4-12: Dimensiones estandarizadas de cuñas [18].

Como en nuestro caso el diámetro del eje es menor a 2 1/4", se asume un ancho de chaveta de 1/2" y una altura de la misma dimensión.

Se puede determinar la longitud de la chaveta¹⁷ para el anclaje con el motor disponiendo de los siguientes valores ya definidos:

$$\emptyset_{eje} = 0.055m$$

$$M_t = 2228 Nm$$

$$b = 0.0127m$$

$$H = 0.0127m$$

$$s_{yeje} = 241000000 \frac{N}{m^2}$$

$$s_{ychaveta} = 351000000 \frac{N}{m^2}$$

Siendo:

$$\sigma_d = \frac{s_y}{N} \quad (4.17)$$

Donde $N = 3$.

¹⁷ Robert L. Mott; Diseño de elementos de máquinas; Pearson; 2006.

Longitud mínima de corte para la chaveta:

$$L = \frac{4 * M_t * 1000}{\emptyset_{eje} * b * \sigma_d} = \frac{4 * 2228Nm * 1000}{0.055m * 0.0127m * \frac{351000000 \frac{N}{m^2}}{3}} = 109.06mm \quad (4.18)$$

Longitud mínima de compresión para la chaveta:

$$L = \frac{4 * M_t * 1000}{\emptyset_{eje} * H * \sigma_d} = \frac{4 * 2228Nm * 1000}{0.055m * 0.0127m * \frac{351000000 \frac{N}{m^2}}{3}} = 109.06mm \quad (4.19)$$

Longitud mínima de compresión para el eje:

$$L = \frac{4 * M_t * 1000}{\emptyset_{eje} * H * \sigma_d} = \frac{4 * 2228Nm * 1000}{0.055m * 0.0127m * \frac{241000000 \frac{N}{m^2}}{3}} = 158.83mm \quad (4.20)$$

Se adopta para el diseño el valor de longitud más alto.

Lo realizado con anterioridad se debe replicar en el cálculo de la chaveta para la transmisión de potencia del eje a los impulsores.

$$\emptyset_{eje} = 0.055m$$

$$M_t = 1114 Nm$$

$$b = 0.0127m$$

$$H = 0.0127m$$

$$s_{yejeycorona} = 241000000 \frac{N}{m^2}$$

$$s_{ychaveta} = 351000000 \frac{N}{m^2}$$

Siendo:

$$\sigma_d = \frac{s_y}{N}$$

Donde $N = 3$.

Longitud mínima de corte para la chaveta:

$$L = \frac{4 * M_t * 1000}{\emptyset_{eje} * b * \sigma_d} = \frac{4 * 1114Nm * 1000}{0.055m * 0.0127m * \frac{351000000 \frac{N}{m^2}}{3}} = 54.53mm$$

Longitud mínima de compresión para la chaveta:

$$L = \frac{4 * M_t * 1000}{\emptyset_{eje} * H * \sigma_d} = \frac{4 * 1114Nm * 1000}{0.055m * 0.0127m * \frac{351000000 \frac{N}{m^2}}{3}} = 54.53mm$$

Longitud mínima de compresión para el eje:

$$L = \frac{4 * M_t * 1000}{\emptyset_{eje} * H * \sigma_d} = \frac{4 * 1114Nm * 1000}{0.055m * 0.0127m * \frac{241000000 \frac{N}{m^2}}{3}} = 79.41mm$$

Se adopta para el diseño el valor de longitud más alto.

Cálculo de los prisioneros

En cuanto a la sujeción de los impulsores con el eje, se implementa el uso de prisioneros.

El tamaño de los mismos se obtiene según la imagen 4-13, suponiendo que los mismos solo deben fijar a los impulsores cuando se encuentra el agitador detenido, o sea, la fuerza de sujeción de los prisioneros debe ser mayor que el peso de los impulsores.

<i>Diámetro del prisionero</i>	<i>Fuerza de sujeción</i>
1/4 de pulgada	100 lb
3/8 de pulgada	250 lb
1/2 de pulgada	500 lb
3/4 de pulgada	1300 lb
1 pulgada	2500 lb

Figura 4-13: Capacidad aproximada de fuerza de un prisionero [18].

Considerando que el peso de los impulsores es: 94kg

Se adopta un diámetro del prisionero de 1/2".

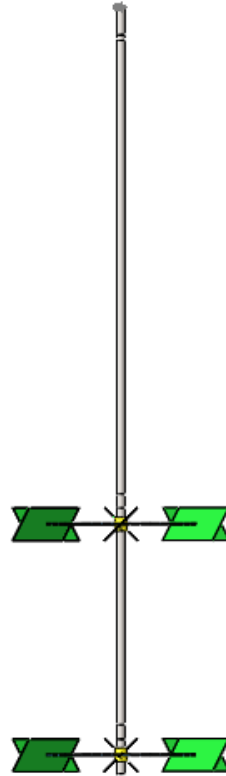


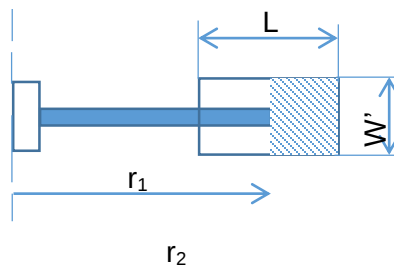
Figura 4-14: Agitador con 2 impulsosres, elaboración propia.

Cálculo del espesor de las palas

Para el cálculo del espesor de las palas se supone a las mismas sometidas a un esfuerzo flexionante generado por la fuerza de arrastre del fluido¹⁸:

$$F_D = \frac{1}{2} C_D \rho V^2 A \quad (4.21)$$

Esta fuerza se encuentra aplicada sobre el área proyectada normal a la dirección de giro. Se tiene en cuenta la sección más solicitada la cual es el área que presenta flexión con respecto al eje. Esta área se representa en la figura 4-15 como una sección sombreada.



¹⁸ Robert L. Mott; Mecánica de fluidos; Pearson; 2015.

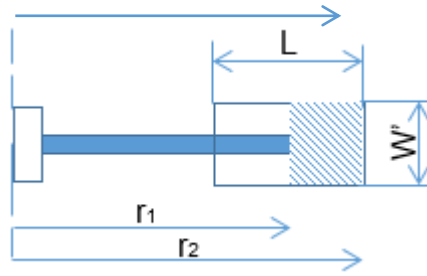


Figura 4-15: Dimensiones de las palas, elaboración propia.

Dónde:

$$L = 383 \text{ mm}$$

$$W' = 217,1 \text{ mm}$$

$$r_1 = 575 \text{ mm}$$

$$r_2 = 766.5 \text{ mm}$$

$$C_d = 1.25$$

$$F_D = \frac{1}{2} C_D \rho (\omega^2 r^2) (0,2171r) \quad (4.22)$$

$$\int_{r_1}^{r_2} F_D dr = \int_{r_1}^{r_2} \frac{1}{2} C_D \rho (\omega^2 r^2) (0,2171r) dr$$

$$M_{o'} = \frac{1}{2} C_D \rho \omega^2 0,2171 \int_{0,575}^{0,7665} r^3 dr \quad (4.23)$$

$$M_{o'} = 51.62 \text{ Nm}$$

Según la ecuación de flexión:

$$\sigma_{adm} = \frac{M_{o'} y}{I} \quad (4.24)$$

$$\sigma_{adm} = \frac{M_{o'} \frac{e}{2}}{\frac{W' e^3}{12}}$$

$$e = \sqrt{\frac{6 M_{o'}}{\sigma_{adm} W'}} \quad (4.25)$$

$$e = \sqrt{\frac{6 * 51.62 Nm}{120 \times 10^6 Pa * 0.2171 m}} = 0.00344 m$$

Se adopta un espesor de chapa estándar de:

$$e = 4.8 mm$$

Determinación de las cargas axiales

Para determinar la reacción que tiene el fluido sobre las palas, cuando estas se encuentran en movimiento, se determinan las fuerzas de lift y drag.

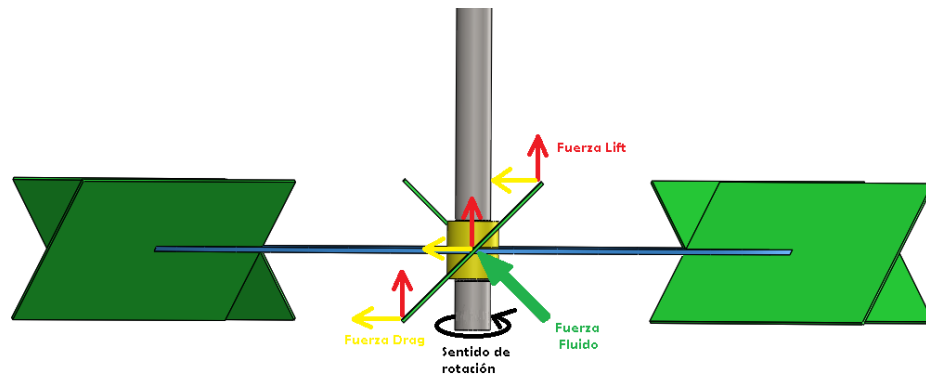


Figura 4-16: Fuerzas de Lift y Drag en Impulsor, elaboración propia.

Debido a que la disposición de las palas que componen al impulsor es a 45° con respecto a la dirección de rotación del mismo, estas fuerzas presentan una misma magnitud.

Como ya se enuncia en la ecuación x, se puede determinar la fuerza de lift, siendo esta:

$$F_l = \frac{1}{2} C_l \rho V^2 A \quad (4.26)$$

Siendo:

$$c_l = 1.25$$

$$\rho = 1024 \frac{Kg}{m^3}$$

$$V = \omega * r = 2.41 \frac{rad}{seg} * 0.7665 m = 1.924 \frac{m}{s}$$

$$A = 0.083 m^2$$

Entonces:

$$F_l = \frac{1}{2} * 1.25 * 1024 \frac{Kg}{m^3} * 1.924 \frac{m}{s} * 0.083 m^2 = 196.64 \frac{Kg * m}{s^2}$$

Como se trata de 6 palas en 2 impulsores, se tiene:

$$F_l = 2360 \frac{Kg * m}{s^2} = 2360 N$$

Como se puede observar en la figura 4-16, por la dirección de giro y la disposición de las palas, la fuerza de lift se encuentra en dirección contraria a la fuerza peso, de los impulsores y el eje, por lo cual, la fuerza neta observada en el eje será:

$$F_{resultante} = F_{peje} + F_{pimp} + F_{pimp} - F_l \quad (4.27)$$

Siendo:

$$F_{peje} = 911 N$$

$$F_{pimp} = 1842.4 N$$

$$F_l = 2360 N$$

Entonces:

$$F_{resultante} = 2235 N$$

Esto nos permite verificar dos puntos que fueron calculados en apartados anteriores.

Por un lado, se verifica el dimensionamiento del perno, ya que la fuerza que debe soportar el mismo cuando se encuentra el impulsor a las 24.07rpm es:

$$F_{perno} = F_{pimp} - F_l = 1842.4 N - 2360 N = -517 N$$

Y cuando el mismo se encuentra detenido:

$$F_{perno} = F_{pimp} = 1842.4 N$$

Fuerza que según la figura 4-8, no supera el valor admisible.

Por otro lado, se comprueba en la determinación para el diámetro del eje la suposición de que las fuerzas de lift y peso son despreciables.

Estructura y sistema de transmisión

Como se mencionó en el apartado de almacenamiento, el tanque no cumple la función de sujeción del sistema agitador. Esto tiene como principal objetivo la relativa independencia de los equipos.

Se cuenta con una estructura que cumpla de soporte del agitador, el sistema de potencia (motor reductor), y que permita un fácil mantenimiento y montaje de todos los equipos. Para esto último debe contar con un fácil acceso mediante escalera a la parte superior del tanque, disponer de pasarelas de mantenimiento y barandas de protección para que se trata de una estructura segura.

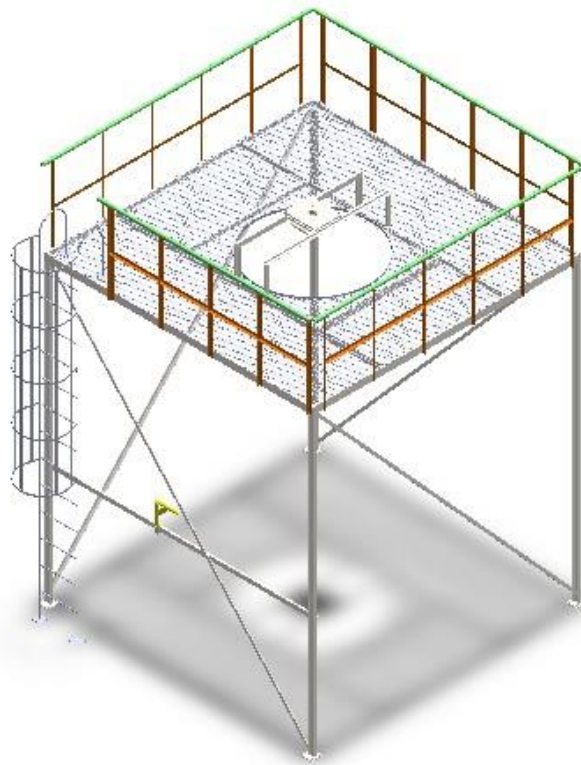


Figura 4-17: Estructura, elaboración propia.

Comenzando con lo primero en lo anteriormente descrito, la estructura cuenta con un sistema de soporte y regulación para el sistema agitador, esto puede verse en detalle en la figura 4-18.

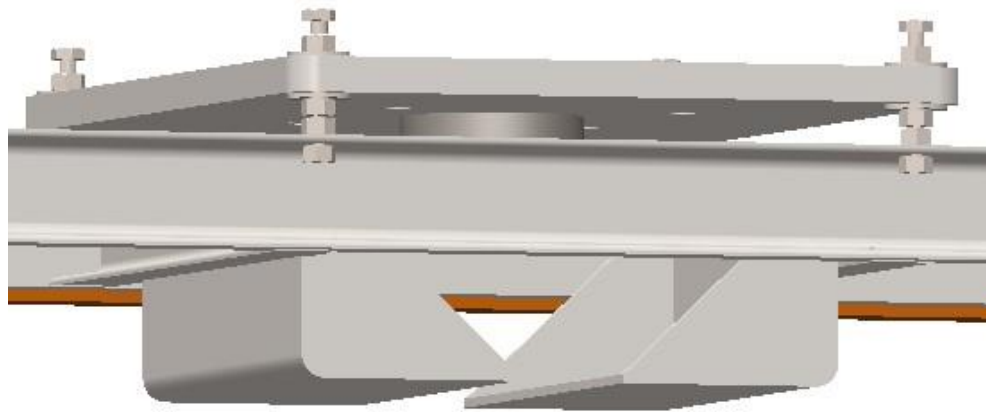


Figura 4-18: Soporte de instalación y mantenimiento (abajo) y soporte para moto reductor y rodamiento (superior), elaboración propia.

Este soporte en realidad son 2 soportes que se encontraran en funcionamiento en distintas etapas. Lo observado en la parte inferior de la imagen son dos “alas” que permiten la sujeción de una brida provisoria montada en el eje. Dicho soporte, será de utilidad en el montaje inicial y en tareas de mantenimiento, donde el eje no contará con la sujeción de rodamiento.

En la parte superior de la figura, se observa un sistema de regulación, para la correcta alineación del eje y una placa que contiene a la caja del rodamiento y en la cual se anclará el motor reductor, esta brida se observa con más detalle en la figura 4-19.

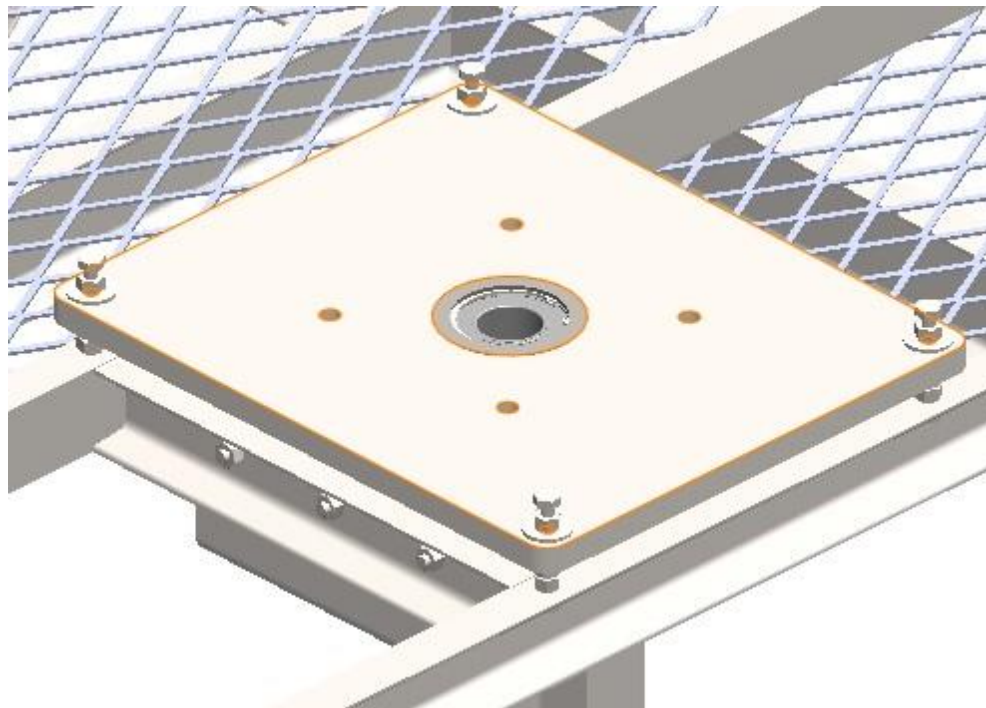


Figura 4-19: Caja de rodamiento integrada al soporte, elaboración propia.

Por el lado de la accesibilidad se dispone una escalera en una de las esquinas para su fácil acceso a la parte superior y un piso de malla expandida que permite el fácil escurrimiento del agua de lluvia.

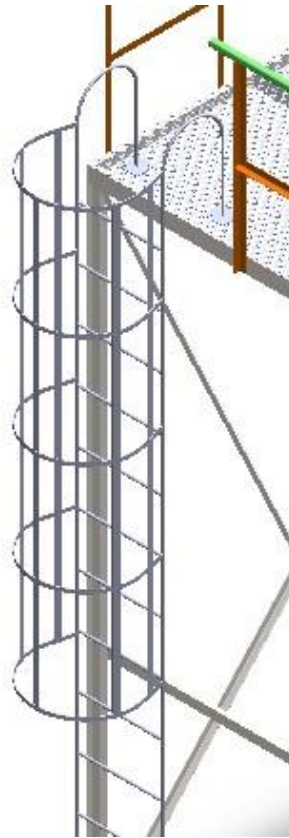


Figura 4-20: Escalera con protección, elaboración propia.

Para facilitar las tareas de mantenimiento de los operarios, se instala una bandera, que permita la sujeción de la puerta hombre.

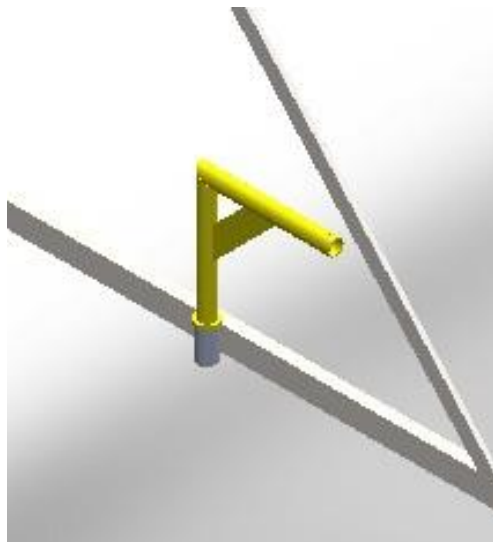


Figura 4-21: Bandera para la sujeción de puerta hombre, elaboración propia.

Sistema de sujeción inferior

La necesidad de implementación de un sistema de sujeción inferior para el agitador surge a partir de los análisis realizados en el capítulo 5.

El sistema de sujeción se consideró en el diseño desde el principio, pero su implementación dificultaba algunas labores de los operarios en el montaje y durante la vida útil del equipo.

Trata de un sistema que se encontrará sumergido en el sustrato, de difícil acceso, y que requiere del ingreso de personal al tanque para poder realizar el montaje o mantenimiento.

En pos de reducir eventos no programados, se buscó no disponer de una sujeción determinada por un rodamiento sino por un buje de teflón, que la estructura este compuesta íntegramente de acero inoxidable y que la sujeción con el tanque no ocasione tensiones considerables. En la figura 4-6 se pudo observar la disposición dentro del tanque y en la figura 4-22 se puede observar cómo se encuentra constituido.

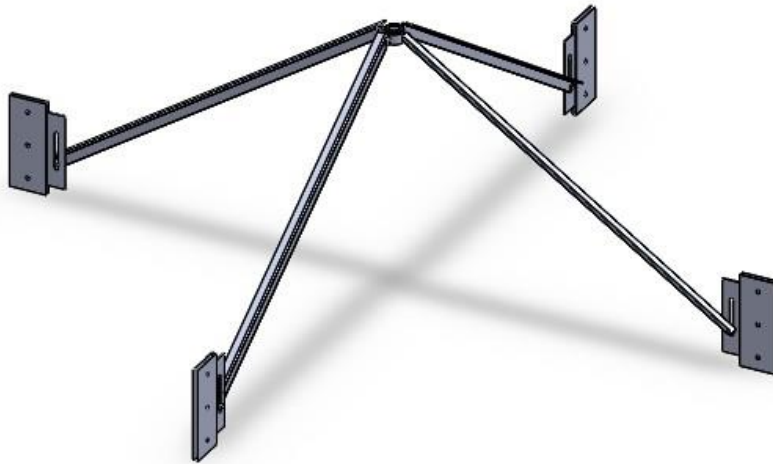


Figura 4-22: Sistema de sujeción inferior, elaboración propia.

Para facilitar el montaje y la alineación en la unión buje-agitador, se dispone de una regulación del tipo corredera (ver figura 4-24) y de sujeciones con bulones que permiten el ensamblado, y el ingreso de las piezas, por partes (ver figura 4-23).

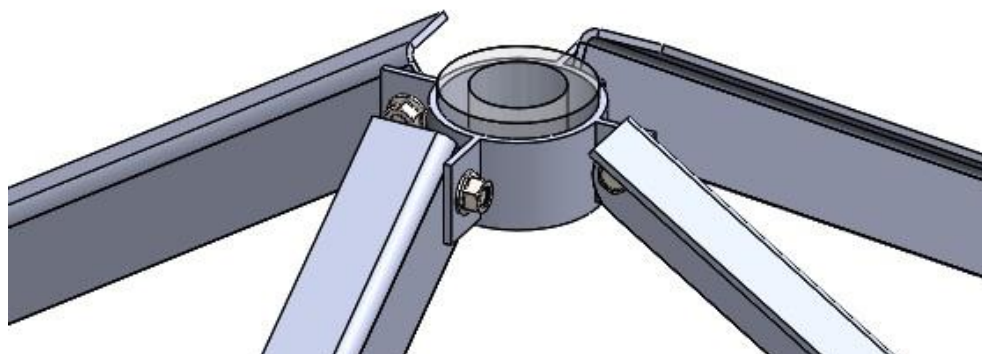


Figura 4-23: Buje de sujeción, elaboración propia.

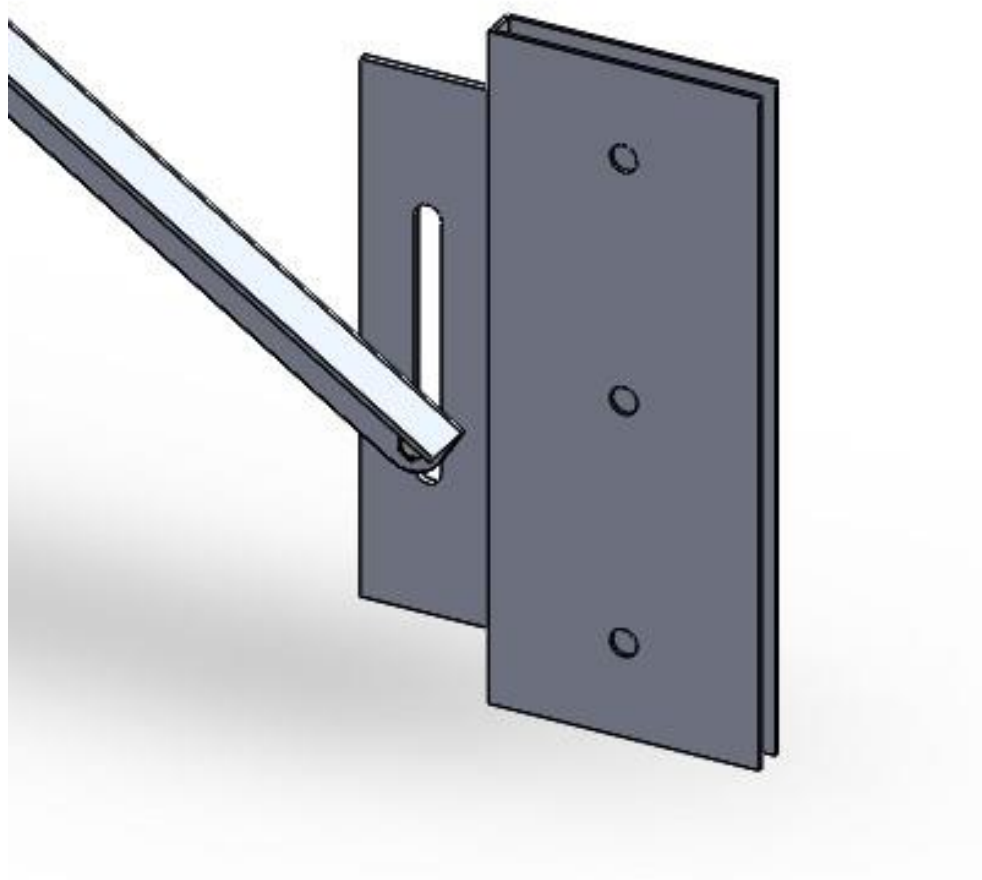


Figura 4-24: Regulación con corredera en anclaje a deflectores, elaboración propia.

Capítulo 5 Validación de la solución

Para poder realizar una validación del diseño adoptado, se plantean simulaciones estáticas y de vibraciones, para ello se implementó el software Solidworks.

Se busca analizar la situación de trabajo por la cual se diseñó y eventos que pueden presentarse en el uso del tanque agitador.

Análisis estáticos realizados sobre el eje del agitador

Situación de trabajo ideal

A continuación, se muestran resultados del análisis:

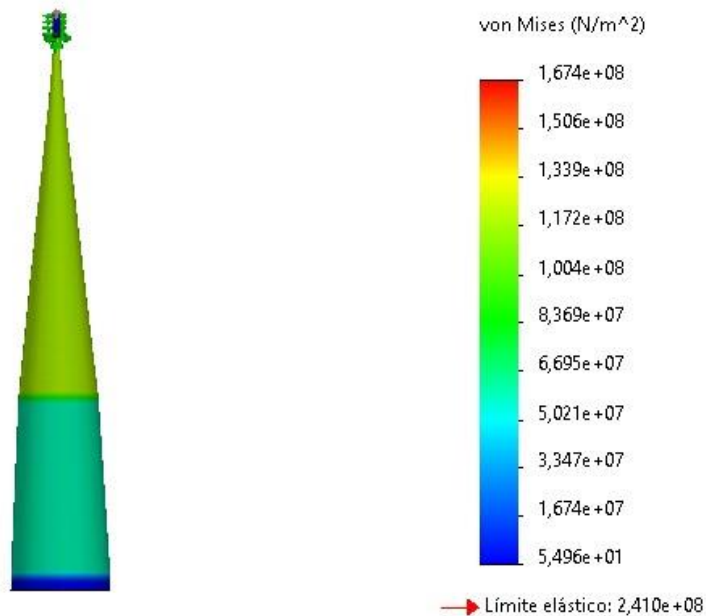


Figura 5-1: Simulación estática, análisis de tensiones, situación de trabajo ideal, elaboración propia.

En la figura anterior se plantea un eje sin chaveteros ni prisioneros, donde la carga de torsión se encuentra distribuida en la posición de los impulsores y el eje se encuentra fijo en la posición del motor. Los desplazamientos se encuentran restringidos en la posición del rodamiento, tanto radial como axial. Los resultados nos otorgan valores aceptables en cuanto a la resistencia del eje.

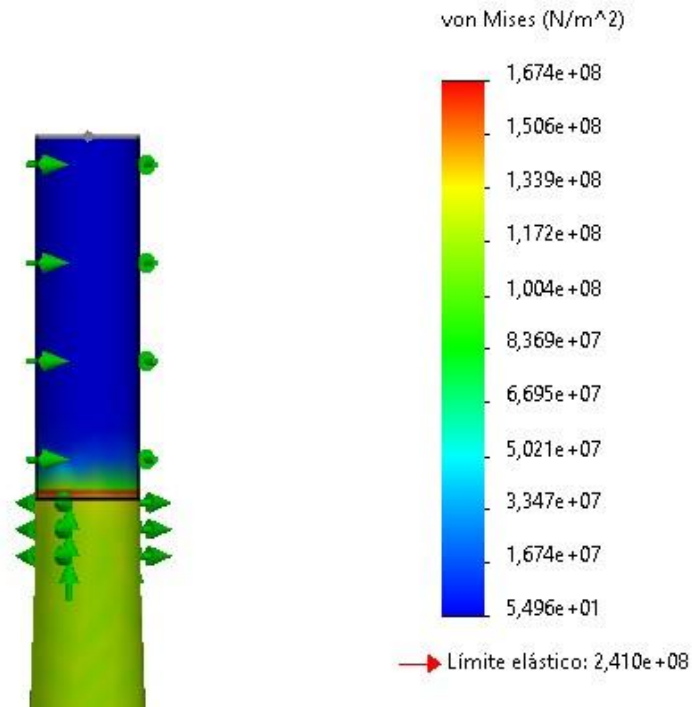


Figura 5-2: Simulación estática, análisis de tensiones, situación de trabajo ideal, verificación de puntos críticos, elaboración propia.

En la figura 5-2 se muestran en detalle los puntos de fijación superiores (motor y rodamiento) y donde se encuentra la mayor sollicitación del eje. Se observa una concentración de tensiones en una región específica (comienzo de la fijación del eje).

Para este análisis se despreció la concentración de tensiones causada por los chavetero y sujeciones del prisionero.

No se consideran cargas axiales resultantes de la interacción impulsor-fluido.

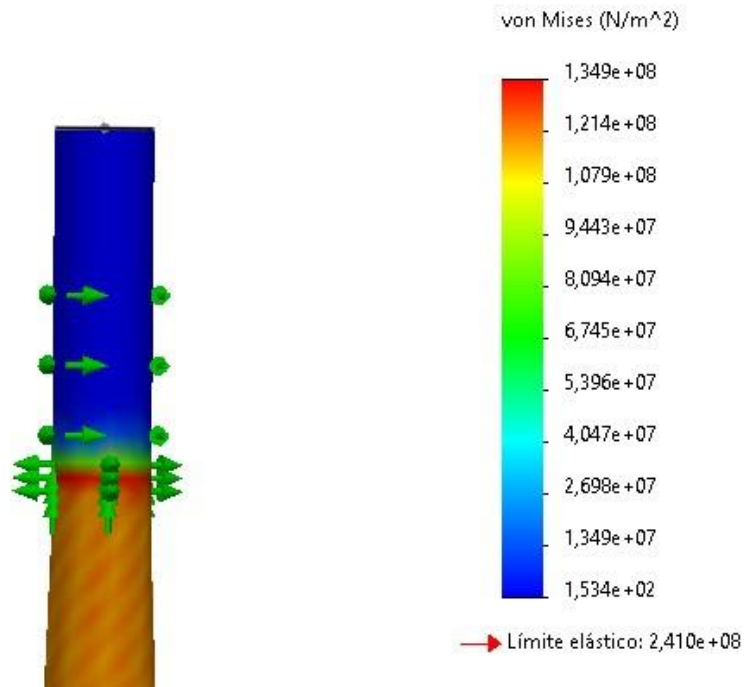


Figura 5-3: Simulación estática, análisis de tensiones, situación de trabajo ideal, verificación de puntos críticos, elaboración propia.

Al observarse dicha solicitud en un punto particular, se buscó realizar una simulación con una mayor distribución de las fijaciones, solapando las del motor con el rodamiento, mejorando así el punto de solicitud máxima del eje.

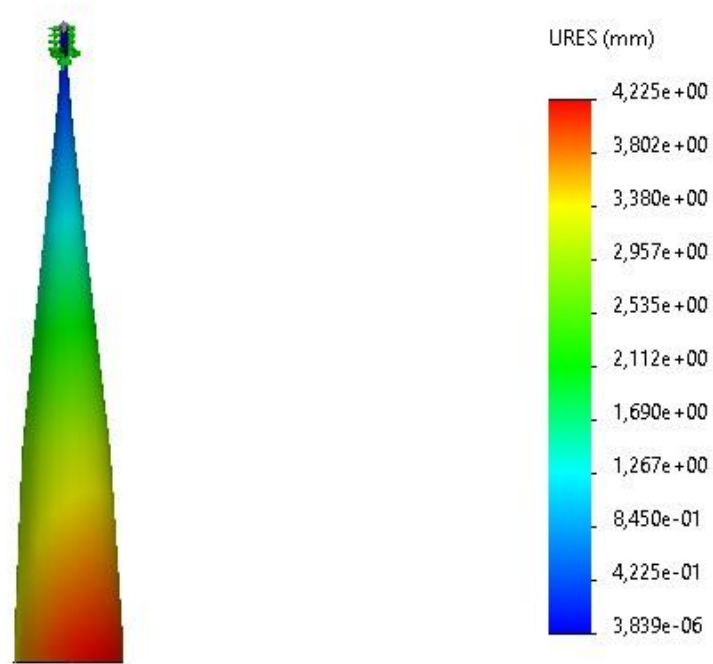


Figura 5-4: Simulación estática, análisis de deformaciones, situación de trabajo ideal, elaboración propia.

En cuanto a los desplazamientos, se aprecia un movimiento tangencial con respecto al centro del eje causado por la torsión. Consideramos despreciable al mismo.

Una vez realizada una primera simulación en la que se busca comprobar las cargas y fijaciones ideales, se pretende continuar con el eje real, es decir, con chaveteros, prisioneros y roscas correspondientes. Los resultados de estas se exponen a continuación.

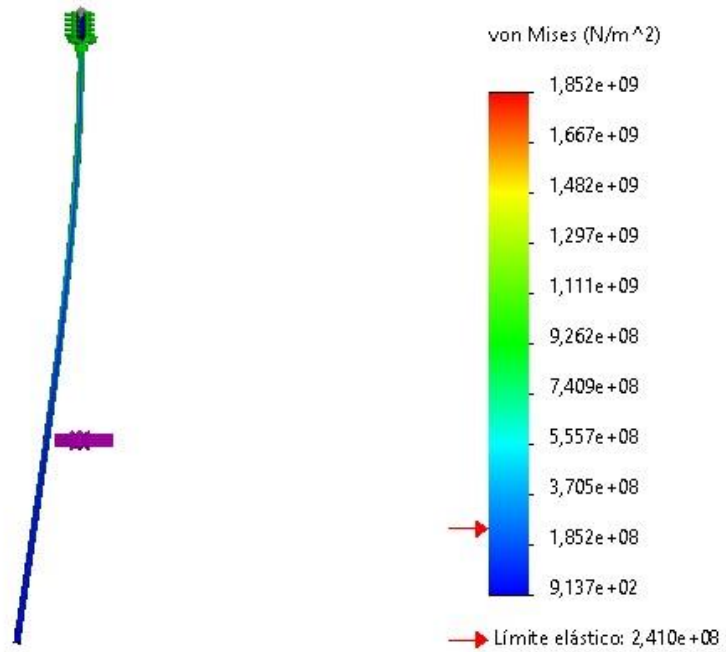


Figura 5-5: Simulación estática, análisis de tensiones, situación de trabajo real, elaboración propia.

Las tensiones observadas en esta simulación exceden a las propiedades del material utilizado, pero las mismas se encuentran provocadas por un desplazamiento excesivo del eje, no por la torsión causada por el motor y los impulsores.

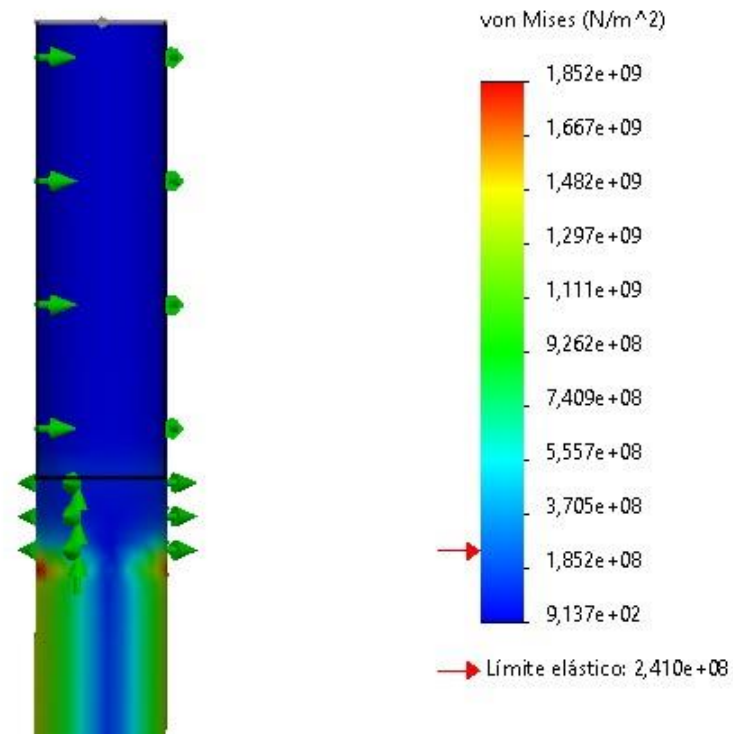


Figura 5-6: Simulación estática, análisis de tensiones, situación de trabajo real, verificación de puntos críticos, elaboración propia.

En la figura 5-6 se observa en detalle el fenómeno descrito con anterioridad.

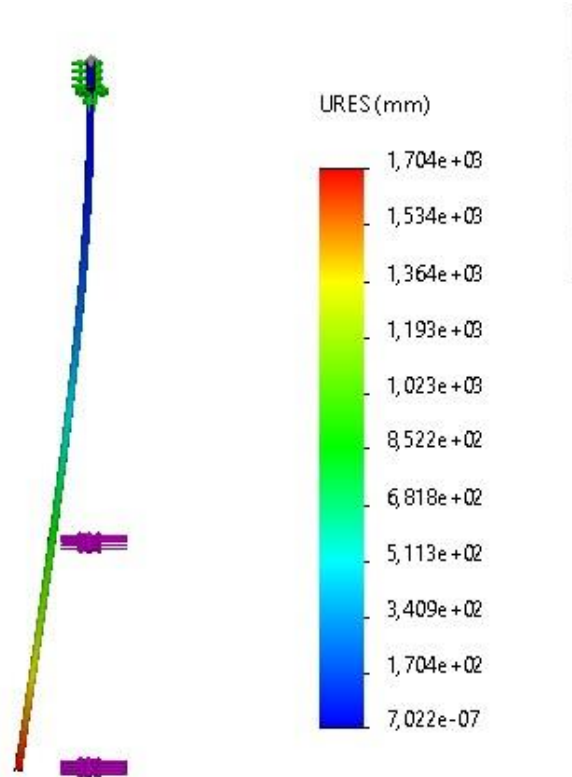


Figura 5-7: Simulación estática, análisis de deformaciones, situación de trabajo real, elaboración propia.

El desplazamiento es de 1,7 metros, por lo cual se comprende los resultados expuestos anteriormente.

Inferimos que esta situación particular es producida por la superficie en la cual es software hace la simulación. En la superficie del chavetero no se encuentra aplicada la torsión, pero sí en el resto de la superficie del eje en la que se encuentra anclado el motor o los impulsores.

No consideramos a esta última simulación como concluyente y tomamos como aceptables los resultados obtenidos en la primera de las simulaciones.

Situación considerada

Debido a que no se espera una variación considerable de las cargas axiales ni del par aplicado, se analiza una situación de una fuerza que flexione al eje.

Se realiza una evaluación de desplazamientos, en donde la sujeción del motor se encuentra fija, sujeción axial y radial en posición de rodamiento, momentos aplicados en impulsores, fuerza de empuje (x2) en ultimo impulsor y fuerza resultante peso (sumatoria del eje e impulsores).

La fuerza de empuje (x2) se determina como una posibilidad de que en un instante el impulsor solo se encuentre sumergido a la mitad (la otra mitad por remolino o carga de sustrato se encontrará en el aire).

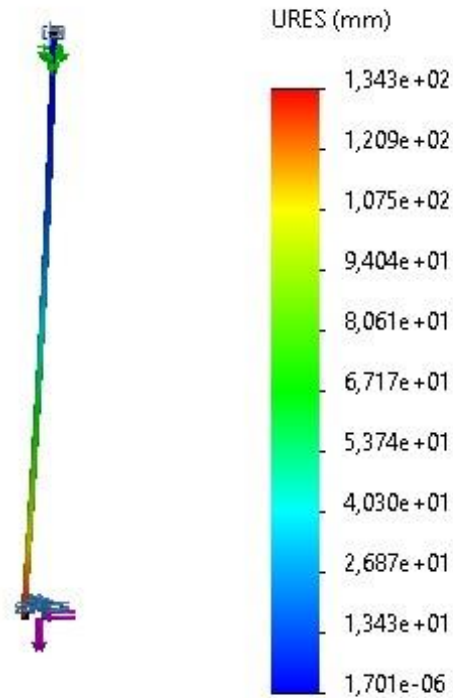


Figura 5-8: Simulación estática, análisis de deformaciones, situación de trabajo especial, elaboración propia.

Los resultados otorgan un desplazamiento máximo de 13 cm a la altura del 2do impulsor y de 6 cm a la altura del 1er impulsor.

Si bien consideramos que el desplazamiento no es excesivo, teniendo en consideración la longitud del eje, buscamos alternativas para remediar a dicho desplazamiento (bujes de sujeción en parte inferior).

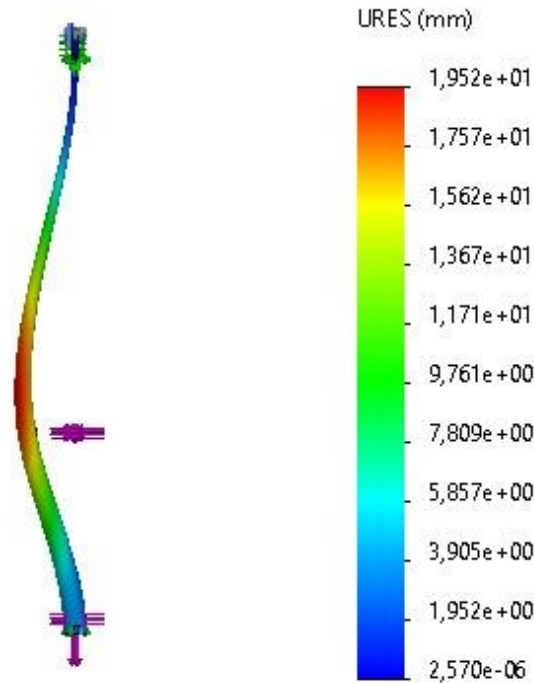


Figura 5-9: Simulación estática, análisis de deformaciones, situación de trabajo especial, con buje de sujeción, elaboración propia.

En esta simulación la fuerza de empuje (x2) se ve aplicada en el 1er impulsor.

Los desplazamientos se reducen considerablemente. Esta observación nos permite conferirle importancia a la implementación del buje de sujeción.

Vibraciones en el eje del agitador

Se realiza un estudio de frecuencia para 10 modos principales obteniéndose resultados favorables en cada uno de ellos.

La resonancia más cercana se produce a una frecuencia de 10,261 rad/reg, y la velocidad angular de operación en nuestro caso es de 2,5 rad/seg.

En ambas situaciones (sin fuerzas de drag no simétricas aplicadas y con las mismas) se obtienen valores de resonancia semejantes.

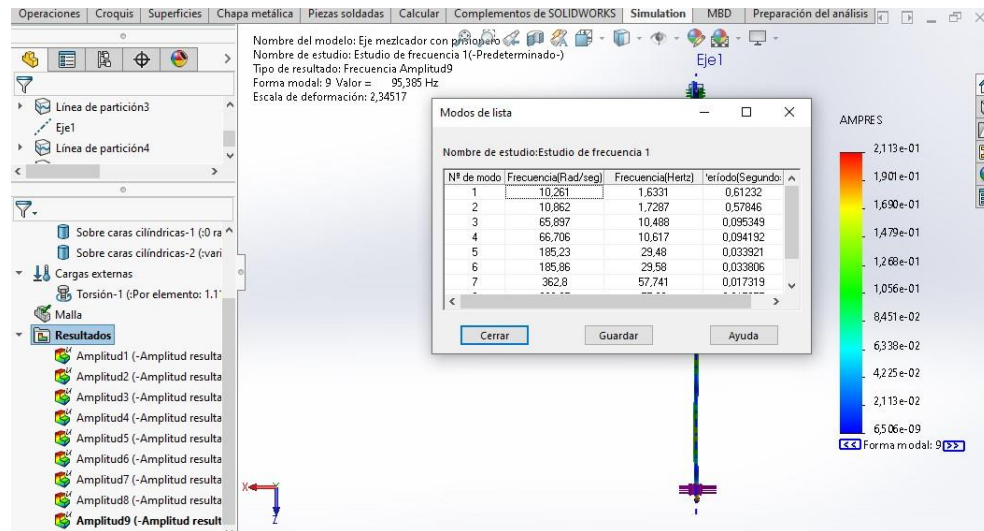


Figura 5-10: Análisis de vibraciones, situación de trabajo ideal, elaboración propia.

Análisis estáticos sobre la estructura

Se realizó un análisis en el cual se somete a la estructura a las fuerzas peso del motor reductor, eje agitador, sistemas complementarios y al peso de 4 operarios, situación evaluada para el montaje y mantenimiento del equipo.

Los resultados arrojan valores de tensiones satisfactorios (ver figura 11) y desplazamientos que pueden ser compensados por los sistemas de regulación previstos (ver figura 12).

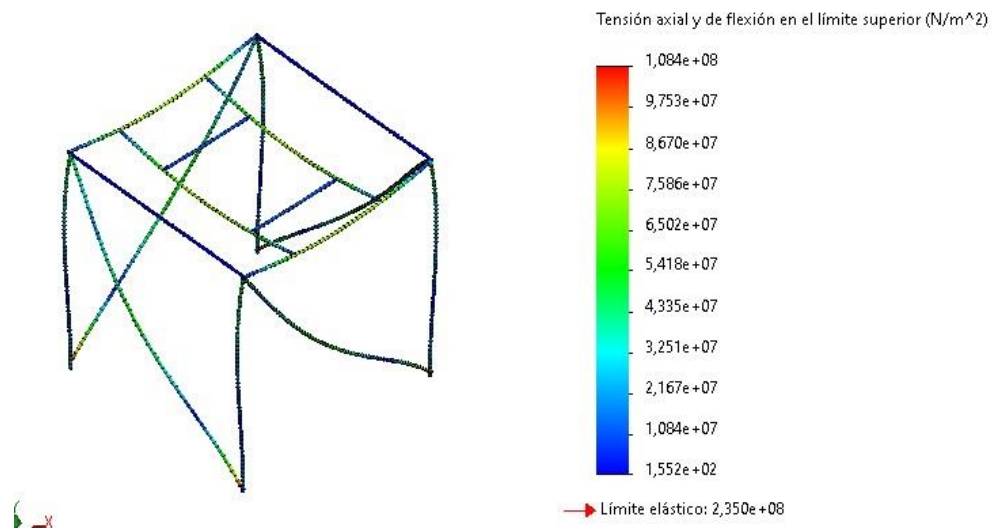


Figura 5-11: Análisis estructural, tensiones, elaboración propia.

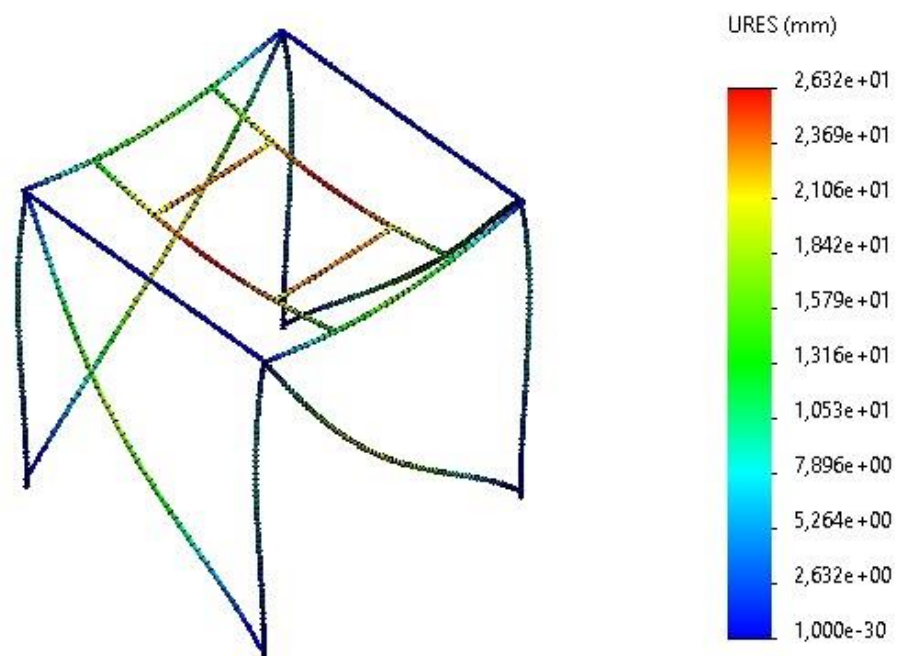


Figura 5-12: Análisis estructural, deformaciones, elaboración propia.

Vibraciones en la estructura

Se realizó por ultimo este tipo de análisis con el fin de verificar que la estructura no se encuentre en resonancia en la frecuencia de trabajo del agitador. Los resultados que se observan en la figura x muestran valores satisfactorios.

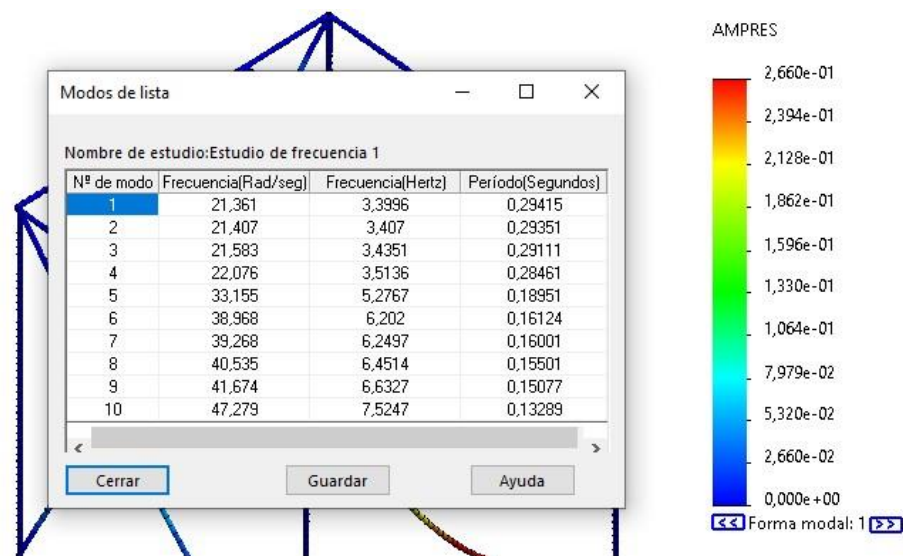


Figura 5-13: Análisis de vibraciones de la estructura, elaboración propia.

Capítulo 6 Conclusiones

Acorde a lo que se mencionó al comienzo del diseño, cada tanque agitador cuenta con una capacidad de 80.000 litros, para una industria pyme promedio se necesitarán 2 de dichos tanques para concluir con un tratamiento adecuado (valores de DQO y DBO aceptables para el vuelco al medio ambiente). La disposición de dos tanques facilita el layout en una planta (ver figura 6-1) y permite que todo el sustrato disponga de un tiempo de retención mayor a diez días. Los componentes expuestos al sustrato (agitador, sistemas de sujeción, tanque) se encuentran conformados en acero inoxidable o plástico reforzado con fibra de vidrio, esto con la finalidad de obtener mayor vida útil.

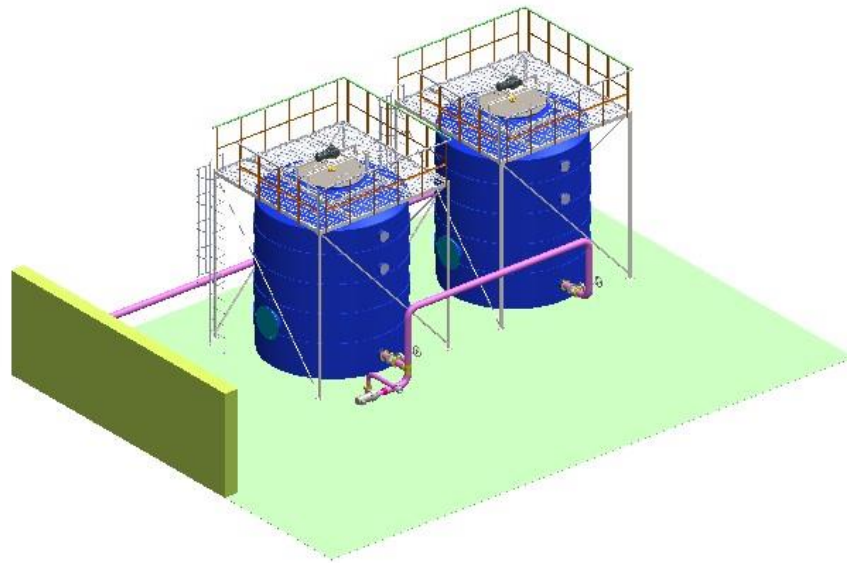


Figura 6-1: Layout de una planta de tratamiento, elaboración propia.

La construcción en módulos permite escalar una planta de tratamiento con el agregado de estos acorde a la necesidad de producción de la empresa.

En la figura 6-1 se muestra un ejemplo de layout para la instalación de los tanques en una industria, se observa el uso de una única bomba en la entrada y otra para la salida del sustrato.

El agregado de un sistema interno de sujeción se evaluó durante el transcurso de todo el diseño considerándose necesaria su instalación para la prevención de fatiga, deformaciones y mal funcionamiento del sistema agitador.

La temperatura de operación puede ser monitoreada, pero la instalación de intercambiadores de calor no resulta sencilla. Un monitoreo adecuado permite después de un periodo de tiempo verificar la necesidad de algún tipo de intercambiador.

Debido a la dificultad de emplear adecuadamente este tipo de sistemas, nos enfocamos en la optimización sobre la agitación del sustrato para que la misma sea lo más eficiente posible, facilitando así el contacto microorganismos – sustratos.

Centrándose en el tipo de industria, la capacidad de trabajo, la región y la finalidad del proyecto se diseñó el equipo considerando 3 aspectos fundamentales: Facilidad de montaje, bajo mantenimiento y materiales accesibles o que no requieran de reemplazo periódico.

Entendemos que se puede ser sustentables o cuanto menos amigable con el medio ambiente implementando equipos que no requieren de alta tecnología y sin necesidad de disminuir producción o condicionar a la misma.

Una regulación eficiente de los organismos responsables y una conciencia ciudadana permitirán la expansión de este tipo de equipos en la industria logrando un beneficio para toda la comunidad.

Recomendaciones

- Una evaluación de eficiencia energética, en la que se evalúe el posicionamiento de los equipos en el layout de la industria en particular y la implementación de sistemas solares pueden mejorar la temperatura de operación, optimizando al tratamiento.
- Centrarse en rangos de producción más pequeños de empresas en las cuales hacer foco para la realización de equipos de tratamiento permiten optimizar los apartados de diseño, optimizando el material y equipos utilizados, otorgando mejores prestaciones a menores costos.
- El conocimiento mediante laboratorio de la caracterización del sustrato en específico (en el caso que se trate de un diseño puntual) condiciona considerablemente el tipo de tratamiento como así sus dimensiones generales y su operación óptima.
- La implementación de materiales resistentes a agentes corrosivos otorga un equipo fiable, con bajo mantenimiento y prestaciones estables a través del tiempo.
- Una configuración de layout en la fase de pre-diseño optimiza recursos, como ser, unificación de pasarelas de mantenimiento, escaleras, intercambiadores, etc.
- Protecciones IP adecuadas otorgan mayor vida útil y fiabilidad de motor reductor.

Capítulo 7 Bibliografía

- Biogas, Z. (28 de 5 de 2022). *Zorg Biogas*. Obtenido de <https://zorg-biogas.com/>
- Casanovas, G., Della Vecchia, F., Reymundo, F., & Serafini, R. (2019). *Guía teórico-práctica sobre el biogás y los biodigestores*. Buenos Aires.: FAO.
- Coker, A. K. (2001). *Modeling of Chemicals Kinetics and Reactor Desing*. Houston: Gulf Professional Publishing.
- Dickey, D. S., & Fasano, J. B. (2004). Mechanical Design of Mixing Equipment. En E. L. Paul, V. A. Atiemo-Obeng, & S. M. Kestra, *Handbook of Industrial Mixing Science and Practice* (págs. 1247 - 1331). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Son.
- Doran, P. M. (1995). Principios de Ingeniería de los Bioprocesos. En P. M. Doran, *Principios de Ingeniería de los Bioprocesos* (pág. 169). Editorial Acribia SA.
- Doran, P. M. (1995). *Principios de ingeniería de los bioprocesos*. Londres: Academic Press Limited - Editorial Acribia .
- Estanques y Captación*. (19 de 9 de 2017). Obtenido de <http://estanquesycaptacioncacosta.blogspot.com/2017/09/estanques.html>
- eurodrive, S. (28 de 5 de 2022). *Sew eurodrive. driving the world*. Obtenido de www.sew-eurodrive.com.ar
- Garcia, A. R., Fleite, S. N., & Bereterbide, J. (2016). *Marco legal ambiental para el manejo de residuos en producciones animales intensivas*. Buenos Aires.: Ediciones INTA.
- group, S. (28 de 5 de 2022). *SKF*. Obtenido de <https://www.skf.com/ar>
- Hernández, F. M. (2015). *Producción de biogás con suero de queso*. Buenos Aires.
- Hilbert, J. A. (2003). Manual para la producción de Biogas. *INTA Castelar*, 11-12.
- Huerga, I., Butti, M., Intaschi, D., Masigogge, J., Pusineri, L., & Justianovich, S. (2016). *Generación de biogas, Experiencia del tambo La Natividad*. Buenos Aires.: Ediciones INTA.
- Juliano, P., Muset, G. B., & Castells, M. (2017). *Valorización del lactosuero*. Ediciones INTI.
- Martí Herrero, J., Pino Donoso, M. A., & Viquez Arias, J. A. (2017). *Biogas en el sector lechero en chile*. Santiago de Chile: ONUDI.
- McCabe, W. L. (2007). Agitación y mezcla de líquidos. En W. L. McCabe, *Operaciones unitarias en ingeniería química* (pág. 263). México D.F.: Mc Graw Hill.
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. (2007). *Operaciones unitarias en ingeniería química*. México D.F.: Mc Graw Hill.
- Mott, R. L. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. Mexico DF: Pearson.
- Mott, R. L., & Untener, J. A. (2015). *Mecánica de fluidos*. Mexico DF: Pearson.
- Myszka, D. H. (2012). *Máquinas y mecanismos*. Mexico DF: Pearson.

- Paul, E. L., Atiemo-Obeng, V. A., & Kresta, S. M. (2004). *Handbook of industrial mixing*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.
- Perry, R. M., & Green, D. W. (1999). *Chemical Engineers Handbook*. New York: McGraw Hill.
- Sánchez, G. L., Gil, M. J., Gil, M. A., Giraldo, F. J., Millán, L. d., & Villada, M. E. (2009). Aprovechamiento del suero lácteo de una empresa del norte antioqueño mediante microorganismos eficientes. *Producción + Limpia*, 72.
- Tirado, D. F., Acevedo Correa, D., Gallo Garcia, L. A., & Mouthon, J. (2016). Biotratamientos de aguas residuales en la industria láctea. *Producción + Limpia*, 172 - 184.
- Varnero Moreno, M. T. (2011). *Manual del biogas*. Santiago de Chile: FAO.
- Walas, S. M. (1990). *Chemical Process Equipment*. Washington: Butterworth Heinemann.

Anexos

Anexo A Elementos comerciales seleccionados

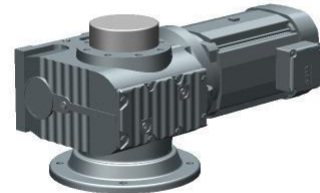
Descripción de catálogo

SHF87pDRN132S4

Motorreductores de tornillo sin fin S..DRN.. (IE3)

Datos de producto

Velocidad nominal del motor	[1/min] : 1461
Velocidad de salida	[1/min] : 23
Índice de reducción total	: 64,00
Par de salida	[Nm] : 1980
Factor de servicio SEW-FB	: 1,10
Posición de montaje	: M5A
Pintura imprimación/CapaFinal	: 7031 Gris azulado (51370310)
Posición de conexión/caja de bornas	[°] : 270
Entrada de cable/ Posición del conector	: 3
Eje hueco	[mm] : 65
Salida permitida con carga radial n=1400	[N] : 0
Diámetro de la brida	[mm] : 350
Potencia del motor	[kW] : 5,5
Factor de duración	: S1-100%
Clase eficiente	: IE3
Eficiencia (50/75/100% Pn)	[%] : 90,59 / 90,64 / 89,6
Marcado CE	: Si
Tensión del motor	[V] : 220/380
Esquema de conexionado	: R13
Frecuencia	[Hz] : 50
Corriente nominal	[A] : 19 / 11
Cos Phi	: 0,84
Clase de aislamiento	: 155(F)
Tipo protección del motor	: IP55
Requisito del diseño	: Europa (CE)
Momentos de inercia de masa (en [10 ⁻⁴ kgm ²])	: 240,00
referencia al lado de entrada)	
Peso	[kg] : 135,00



Características adicionales

Aislamiento térmico 155(F)

Lubricante: GearOil by SEW-EURODRIVE: CLP PG 460 (-20 / +80 °C)

Grado de protección IP 55

Tensión, frecuencia, bobinado



3211 ATN9

- Ítem popular
- SKF Explorer

Rodamientos de dos hileras de bolas de contacto angular

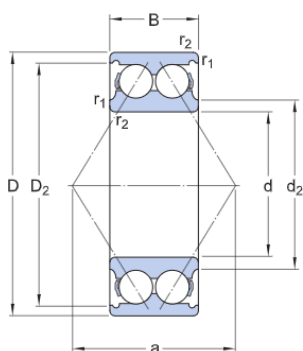
Datos de los rodamientos

[Tolerancias](#),
Normales, P6, P5,
[Juego interno](#),
tabla, número de plano

Interfaces del rodamiento

[Tolerancias de los asientos
para condiciones estándares](#),
[Tolerancias y ajuste resultante](#)

Especificación técnica

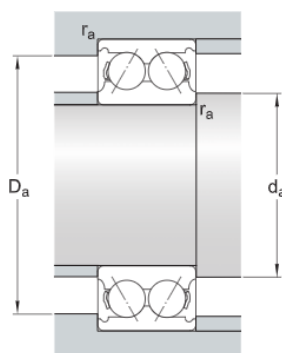


DIMENSIONES

d	55 mm	Diámetro del agujero
D	100 mm	Diámetro exterior
B	33.3 mm	Ancho
d2	≈63.2 mm	Diámetro del rebaje del resalte del aro interior
D2	≈92.3 mm	Diámetro del rebaje del resalte del aro exterior
r _{1,2}	min. 1.5 mm	Dimensión del chaflán del aro interior
a	57 mm	Distancia entre puntos de presión

DIMENSIONES DE LOS RESALTES

d _a	min. 63 mm	Diámetro del resalte del eje
D _a	max. 91 mm	Diámetro del resalte del soporte
r _a	max. 1.5 mm	Radio de acuerdo



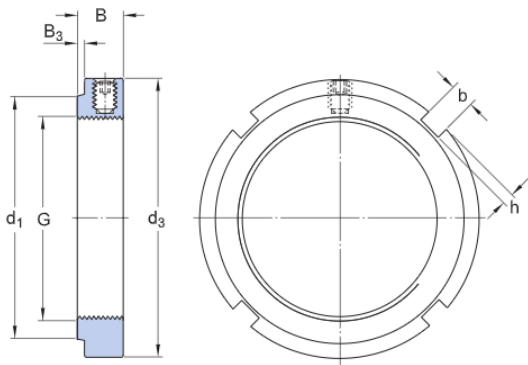


KMFE 11

- Ítem popular

Tuercas de fijación con fijación integral

Especificación técnica



DIMENSIONES

G	M55x2	Rosca
d ₃	75 mm	Diámetro exterior
B	14 mm	Ancho
d ₁	64 mm	Diámetro de la cara lateral de fijación
B3	3 mm	Parte que sobresale de la cara de fijación
b	7 mm	Ancho de la ranura de fijación
h	3 mm	Profundidad de la ranura de fijación

DATOS DEL CÁLCULO

Capacidad de carga estática axial	91.5 kN
-----------------------------------	---------

MASA

Masa de tuerca de fijación	0.21 kg
----------------------------	---------

INFORMACIÓN DE MONTAJE

Llave plana asociada	HN 10-11
----------------------	----------

Limitador de presión, ajustable Modelo 910.13, latón o acero inoxidable

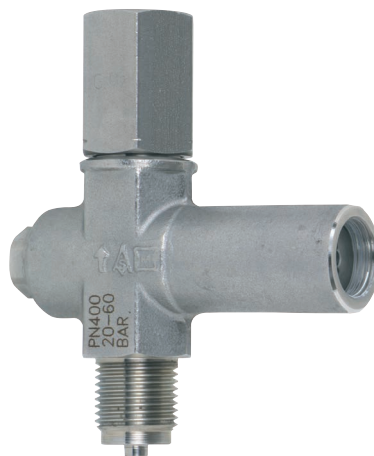
Hoja técnica WIKA AC 09.04

Aplicaciones

- Protección contra las sobrepresiones que exceden el rango de indicación del manómetro
- Versión en acero inoxidable para medios agresivos, también en entornos agresivos
- Para los sectores de construcción de maquinaria e instalaciones, industria química, petroquímica, centrales eléctricas, minería, on/offshore y medio ambiente

Características

- Versión con rosca de conexión en forma A o B
- Se pueden seleccionar 7 rangos de ajuste diferentes
- Presiones nominales hasta 600 bar
- Resistente a sobrepresión hasta 1.000 bar
- Resistente al vacío



Limitador de sobrepresión, ajustable, forma A, racor de sujeción hembra/macho

Descripción

El limitador de presión para manómetros es una válvula de pistón. Por medio de un muelle helicoidal, la posición de salida se mantiene hasta que la presión que actúa sobre el pistón supera la contrapresión del muelle, cerrando así la válvula.

Tras caer la presión un 25 % aproximadamente, la válvula se abre de nuevo y el pistón vuelve a su posición de reposo bajo la acción de fuerza del muelle.

Ajuste de fábrica

La presión de cierre se ajusta a la mitad del respectivo rango de ajuste.

Valores de ajuste en montaje de fábrica

El limitador de presión se ajusta a 1,1 veces el valor del final de escala del manómetro siempre que se pida el montaje de fábrica por parte de WIKA.

Ajustar la presión de cierre

Si se gira el tornillo de ajuste en el sentido horario, la fuerza del muelle helicoidal aumenta y, con ello, la presión de cierre. Al girar el tornillo de ajuste en sentido antihorario, la presión de cierre se reduce.

Para un ajuste de la presión de cierre óptima, hay que tener en cuenta la temperatura del lugar de medición.

Este limitador de sobrepresión no es apto para su uso como regulador o para fines de control y regulación.

Datos técnicos

Conexión a proceso

Forma A: unión LH-RH/macho, G 1/2 / G 1/2 B

Forma B: hembra/macho, 1/2 NPT / 1/2 NPT

(véanse dimensiones en página 3)

Cuerpo de la válvula (parte en contacto con el medio)

Material: Latón (con unión LH-RH de acero, protegida contra el óxido) o acero inoxidable (con unión LH-RH de acero inoxidable 1.4571).

Junta tórica

Material: FPM

Carga admisible

Partes en contacto con el medio	Presión nominal bar	Protección a la sobrepresión bar
Latón	PN 400	600
1.4571	PN 400/600	1.000

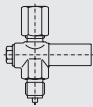
Temperaturas admisibles

+80 °C máxima

Otros modelos

- Otras roscas de conexión disponibles
- Temperaturas admisibles más altas hasta +130 °C (a partir del rango de ajuste 2 ... 6 bar)
- Certificación DVGW certificate (solo en la versión de Forma A)
- Certificado de fábrica según EN 10204/DIN 55350 - 18
- Versión libre de aceites y grasas de acuerdo a las notas a pie de página de la siguiente tabla
- Versión en Monel
- Versión según NACE

Indicaciones relativas al pedido

Versión	Partes en contacto con el medio	Código						
Presión nominal en bar		PN 400						PN 600
Rango de ajuste en bar		0,4 ... 2,5	2 ... 6	5 ... 25	20 ... 60	50 ... 250	240 ... 400	400 ... 600
Ajuste de fábrica en bar		1,45	4	15	40	150	320	500
Forma A 	Latón	9091645	9091653	9091661	9091670	9091688	9091696	–
	1.4571	9091513	9091521	9091530	9091548	9091556	9091564	2491546
	1.4571 OEF	9091335 ¹⁾	9091343 ¹⁾	9091351 ¹⁾	9091378 ²⁾	–	–	–
Forma B 	1.4571	9091963	9091971	9091980	0690600	0690619	1615130	–

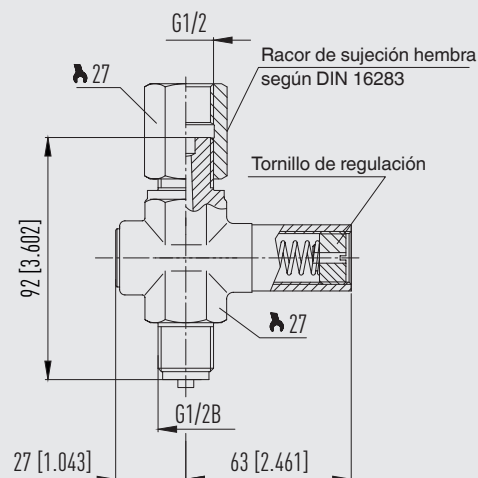
OEF Versión libre de aceites y grasas

1) Libre de aceites y grasas para uso con oxígeno hasta un máximo de 60 °C

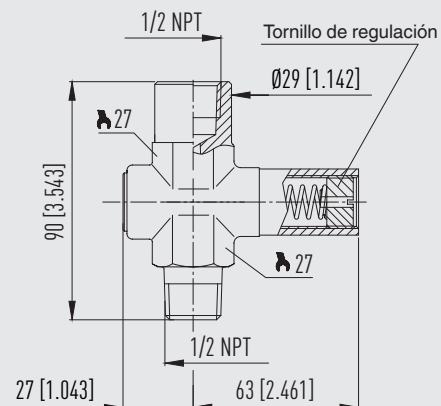
2) Libre de aceites y grasas para su uso con oxígeno hasta máximo de 60 °C, pero rango de ajuste de sólo 20 ... 49 bar

Dimensiones en mm [pulg]

Forma A, racor de sujeción hembra/macho



Forma B, racor de sujeción hembra/macho



Indicaciones relativas al pedido

Para realizar el pedido es suficiente indicar el código. Otras versiones requieren especificaciones adicionales.

© 03/2003 WIKA Alexander Wiegand SE & Co.KG, todos los derechos reservados.

Los datos técnicos descritos en este documento corresponden al estado actual de la técnica en el momento de la publicación.

Nos reservamos el derecho de modificar los datos técnicos y materiales.



TEMPERATURE SWITCH

Swiss based Trafag is a leading international supplier of high quality sensors and monitoring instruments for measurement of pressure and temperature.



Applications

- Machine tools
- Hydraulic power units
- Cooling and lubrication systems
- HVAC
- Process technology

Features

- Parameterization also via NFC-smartphone App (Android)
- Display and electrical connection are independently rotatable 335°/343°
- Analogue output switchable mA or V
- Integrated datalogger
- Temperature measuring range adjustable, 50 ... 100 % of the nominal range

Technical Data

Measuring principle	PT 1000, DIN EN 60751 class A, 2 conductors	Accuracy @ 25°C typ.	± 0.5 % FS typ. + temperature sensor error
Measuring range	-50°C ... +150°C / -58°F ... 302°F adjustable 50 ... 100 % FS	Ambient temperature	-25°C ... +85°C
Output signal	4 ... 20 mA, 0 ... 5 VDC, 1 ... 6 VDC, 0 ... 10 VDC, switchable mA or V	Temperature unit for display	°C, °F, K, user scale
Switching output	2 transistors PNP	Logger	Ring buffer: 3518 data points Sampling time: 0.1 ... 999.9 s, Off (0)

Subject to change

Ordering information/type code

	8180 .	XX	XX	XX	XX	XX
Operating temperature media	Measuring range					
	-50°C ... +150°C (-58°F ... 302°F)	50				
Sensor	Sensor DIN EN 60751, class 1, wetted parts 1.4404 (AISI316L)	21				
	Sensor DIN EN 60751, class 1, wetted parts 1.4404 (AISI316L), shorter response time ¹⁾	22				
Process connections	See table below "Ordering no. for process connections"					
Electrical connection	Male electrical plug M12x1, 4-pole, Mat. PA (Accessories P3, P4)			32		
	Male electrical plug M12x1, 5-pole, Mat. PA (Accessories P1, P2)			35		
Output signal	Switching output PNP, current output 4 ... 20 mA, switchable to 0 ... 10 VDC; output detail see accessories P1, P2, P3				PA	
	Switching output PNP, voltage output 1 ... 6 VDC; output detail see accessories P1, P2, P3				PU	
	Switching output PNP, voltage output 0 ... 10 VDC; output detail see accessories P1, P2, P3				PV	
	Switching output PNP, voltage output 0 ... 5 VDC; output detail see accessories P1, P2, P3				PW	
	Switching output PNP; output detail see accessory P4				PS	
Accessories	Pin configuration 5-pole.; 1: U+, 2: analogue, 3: U-, 4: SP1, 5: SP2					P1
	Pin configuration 5-pole.; 1: U+, 2: SP2, 3: U-, 4: SP1, 5: analogue					P2
	Pin configuration 4-pole.; 1: U+, 2: analogue, 3: U-, 4: SP1					P3
	Pin configuration 4-pole.; 1: U+, 2: SP2, 3: U-, 4: SP1					P4
	Female electrical plug M12x1, 5-pole					33
	Parametrisation standard (see table Parameter)					ZS
	Parametrisation according to customer specifications (see table Parameter)					ZC
	Function package 1: Temperature offset correction / Measuring range zero point adjustment (included as basic function)					Z1
	Function package 2: User scale unit / analogue output adjustment					Z2
	Protective cap, 1 pc. F89051, package of 5 pcs. F89052, package of 25 pcs. F89075					

¹⁾ Upon request

Ordering no. for process connections

Sensor length	50 mm	100 mm	150 mm	200 mm *	250 mm *
G1/8" male	11	21	31	41	51
G1/4" male	12	22	32	42	52
G1/2" male	13	23	33	43	53
G1/8" male, compression fitting	14	24	34	44	54
G1/4" male, compression fitting	15	25	35	45	55
G1/2" male, compression fitting	16	26	36	46	56
1/4" NPT male	1B	2B	3B	4B	5B
1/2" NPT male	1C	2C	3C	4C	5C
1/4" NPT male, compression fitting	1D	2D	3D	4D	5D
1/2" NPT male, compression fitting	1E	2E	3E	4E	5E
Tri-Clamp DIN 32676, DN25/DN40 *	1G	2G	3G	4G	5G
Tri-Clamp DIN 32676, DN50 *	1J	2J	3J	4J	5J
Sanitary fitting DIN 11851, DN25 *	1L	2L	3L	4L	5L
Sanitary fitting DIN 11851, DN40 *	1M	2M	3M	4M	5M
Sanitary fitting DIN 11851, DN50 *	1N	2N	3N	4N	5N

* Upon request

Parameters				
Name	Standard setting (accessory ZS)	Value range	Short name	Customer adjustment (accessory ZC)
Switch point SP1 (hysteresis mode) Upper switch point FH1 (window mode)	75 % Measuring range	SP1 > RP1 FH1 > FL1 Hysteresis $\geq 1\%$ FS	SP1	
Reset point RP1 (hysteresis mode) Lower switch point FL1 (window mode)	25 % Measuring range	RP1 < SP1 FL1 < FH1 Hysteresis $\geq 1\%$ FS	RP1	
Switch point SP2 (hysteresis mode) Upper switch point FH2 (window mode)	75 % Measuring range	SP2 > RP2 FH2 > FL2 Hysteresis $\geq 1\%$ FS	SP2	
Reset point RP2 (hysteresis mode) Lower switch point FL2 (window mode)	25 % Measuring range	RP2 < SP2 FL2 < FH2 Hysteresis $\geq 1\%$ FS	RP2	
Switch point delay time SP1 (hysteresis mode) Switch point delay time FH1 (window mode)	0	0 ... 99.99 s	dS1	
Switch point delay time RP1 (hysteresis mode) Switch point delay time FL1 (window mode)	0	0 ... 99.99 s	dR1	
Switch point delay time SP2 (hysteresis mode) Switch point delay time FH2 (window mode)	0	0 ... 99.99 s	dS2	
Switch point delay time RP2 (hysteresis mode) Switch point delay time FL2 (window mode)	0	0 ... 99.99 s	dR2	
Functions switching output 1	Hysteresis, closer (Hno)	Hysteresis NO (Hno), Hysteresis NC (Hnc) Window NO (Fno), Window NC (Fnc)	ou1	
Functions switching output 2	Hysteresis, closer (Hno)	Hysteresis NO (Hno), Hysteresis NC (Hnc) Window NO (Fno), Window NC (Fnc)	ou2	
Temperature units	°C	°C, °F, K	uni	
Measuring range adjustment	100 % Nominal temperature	50 ... 100 % Nominal	T_EP	
Damping (analogue output)	0.01 s	0.01 ... 3.00 s (time constant)	dAA	
Display rotation	No	no, yes (180°)	disr	
Display mode	Current measuring value	Measuring value: current, highest, lowest, display off Current value: decimal places selectable (max. 3)	dis	
Display actualisation	2	1, 2, 5, 20 Hz	duTd	

Specifications

Electrical Data	Output / supply voltage	4 ... 20 mA: 24 (15 ... 30) VDC 0 ... 5 VDC: 24 (15 ... 30) VDC 1 ... 6 VDC: 24 (15 ... 30) VDC 0 ... 10 VDC: 24 (15 ... 30) VDC
	Switch-on-delay	Typ. 200 ms
	Inverse-polarity protection, short-circuit strength @ 25°C during 5 min.	integrated
	Current consumption	≤ 30 mA
Environmental conditions	Ambient temperature	-25°C ... +85°C
	Protection ¹⁾	IP67
	Humidity	Max. 95 % relative
	Vibration	10 g (10 ... 2000 Hz) for sensor length ≤ 150 mm
	Shock	50 g / 3 ms
EMC Protection	Emission	EN/IEC 61000-6-3
	Immunity	EN/IEC 61000-6-2
Mechanical Data	Sensor (wetted parts)	1.4404/1.4435 (AISI316L)
	Housing	Steel, die cast metal galvanised display housing plastic
	Sealing	FPM, EPDM
	Male electrical plug	See ordering information
	Weight	~ 189 g, depending on process connector
	Mounting torque	20 Nm
	Housing alignment	Display 335° rotatable, max. 2.5 Nm Electrical connection 343° rotatable, max. 5 Nm

¹⁾ See electrical connection

Accuracy

Analogue output	± 0.5 % FS typ. + Temperature sensor error
Switch point	± 0.3 % FS typ. + Temperature sensor error
Display	± 0.3 % FS typ. + Temperature sensor error + 1 digit
Temperature sensor error	For °C: ± (0.15 K + 0.002 t) according to EN 60751 For °F: ± [1.8*(0.15 + 0.002 (t - 32) / 1.8)]
Time constant	T ₆₀ = 12.5 s, in air T ₉₀ = 33 s, in air

Analogue output

Output signal	Switchable 4 ... 20 mA or voltage		
Current limiting output signal	4 ... 20 mA: 25 mA (overload)		
	0 ... 10 VDC: < 40 mA (short-circuit)		
Damping (rise time)	0.01 ... 3.00 s / 10 ... 90 % Nominal temperature		
Offset correction of analogue output and display indication	± 5°C		
Measuring range zero point adjustment (T_nP)	0 ... 50 % FS ²⁾		
Measuring range end point adjustment (T_EP)	50 ... 100 % FS ²⁾		
Zero point adjustment analogue output (o_nP) ¹⁾	Voltage output: 0 ... 2 VDC Current output: 3.9 ... o_EP - 8 mA		
End point adjustment analogue output (o_EP) ¹⁾	Voltage output: o_nP + 4 ... 10.5 VDC Current output: o_nP + 8 ... 20.1 mA		

¹⁾ Available with optional function package, see "Accessories"

²⁾ T_EP - T_nP ≥ 50 % FS

Switching output

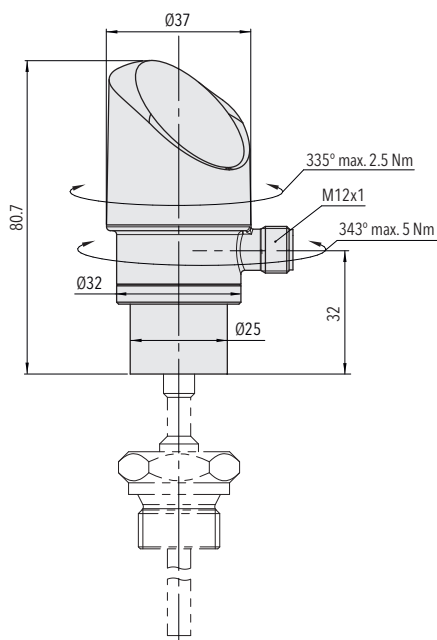
Adjustment range of switchpoints	0 ... 100 % FS		
Switching hysteresis	≥ 1 % FS		
	Switchpoint > reset point		
Switching resistance	≤ 3 Ω		
Output function	Hysteresis, Window; normally closed (NO), normally open (NC)		
Switching current	≤ 0.5 A each switching output		
Current limiting	≤ 2 A each switching output		
Delay time	0 ... 99.99 s		

Display

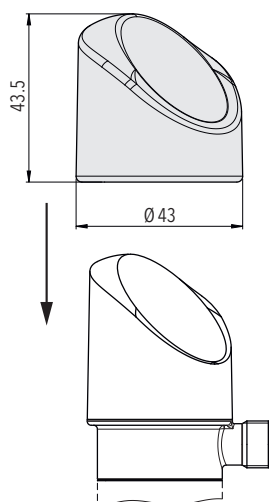
Display	4-digit 7-segment display 180° flippable with disable function decimal place: 1		
Switching status indication	2 LED, red		
Operation	With 3 buttons and menu navigation according to VDMA 24574-1		
Display resolution	0.1 K		
Display range	-3 ... 103 % FS		
Setting parameters	See table Parameters		
User scale unit; User defined values for display indication zero point and end point ¹⁾	Display zero point: -999 ... 9998 Display end point: -998 ... 9999		

¹⁾ Available with optional function package, see "Accessories"

Dimensions

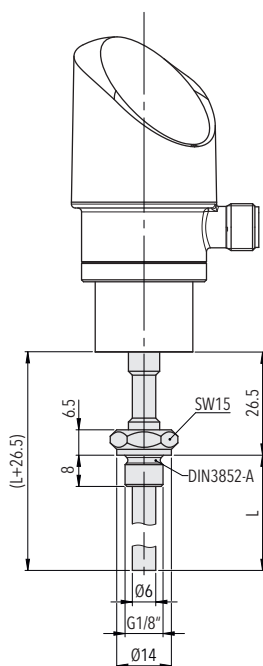


Protective cap

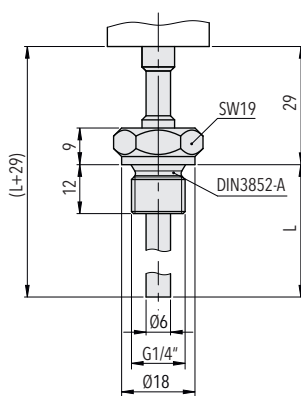


8180.XX.XXXX.35/32.XX.XX

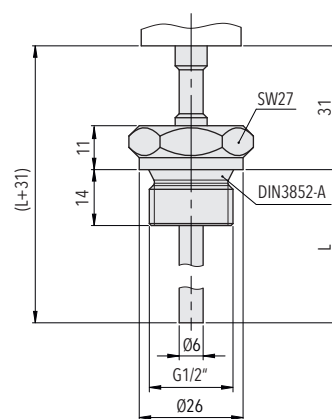
Standard process connection



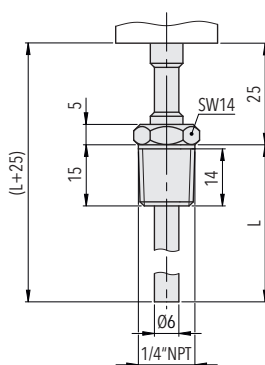
8180.XX.XX11/21/31/41/51.XX.XX.XX



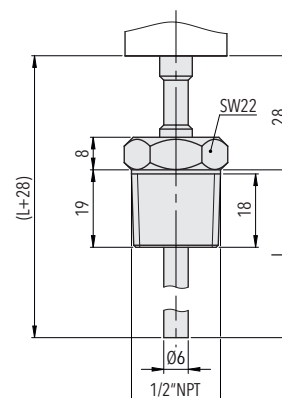
8180.XX.XX12/22/32/42/52.XX...



8180.XX.XX13/23/33/43/53.XX...

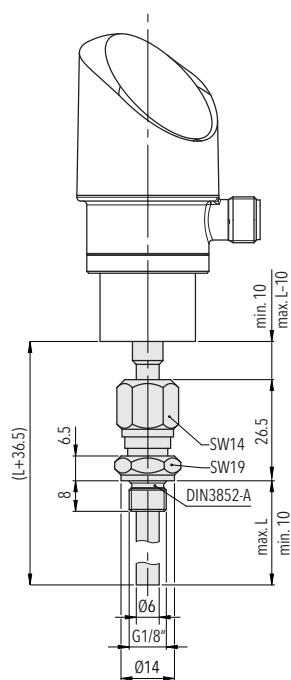


8180.XX.XX1B/2B/3B/4B/5B.XX...

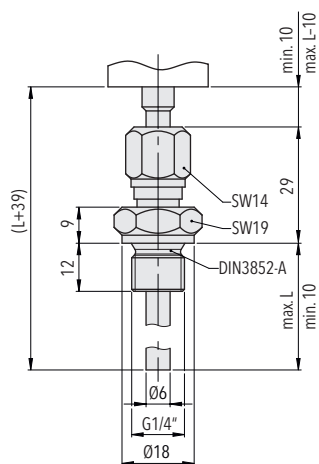


8180.XX.XX1C/2C/3C/4C/5C.XX...

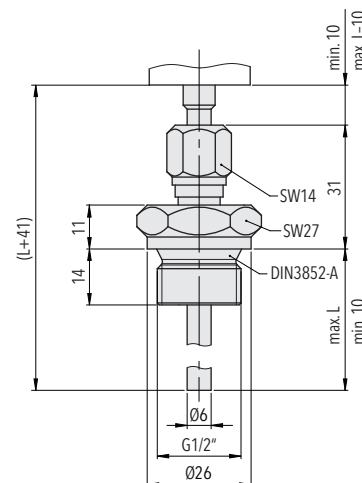
Adjustable process connections



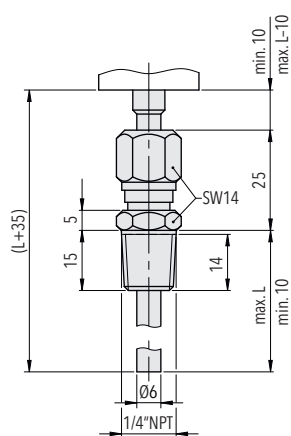
8180.XX.XX14/24/34/44/54.XX.XX.XX



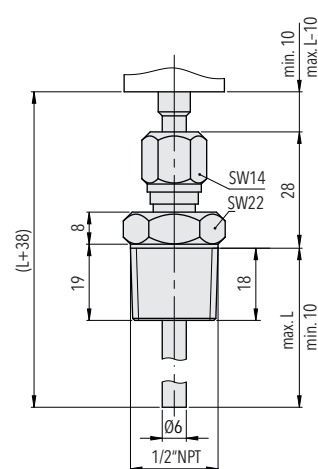
8180.XX.XX15/25/35/45/55.XX...



8180.XX.XX16/26/36/46/56.XX...

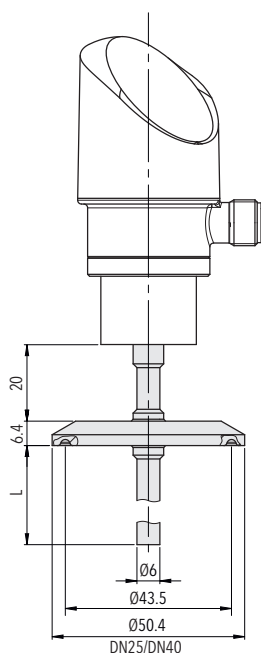


8180.XX.XX1D/2D/3D/4D/5D.XX...

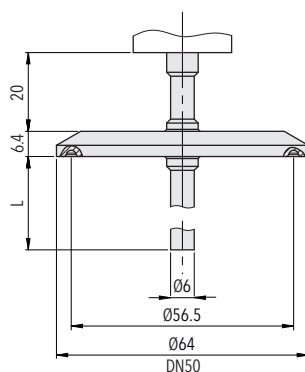


8180.XX.XX1E/2E/3E/4E/5E.XX...

Tri-Clamp Process connections

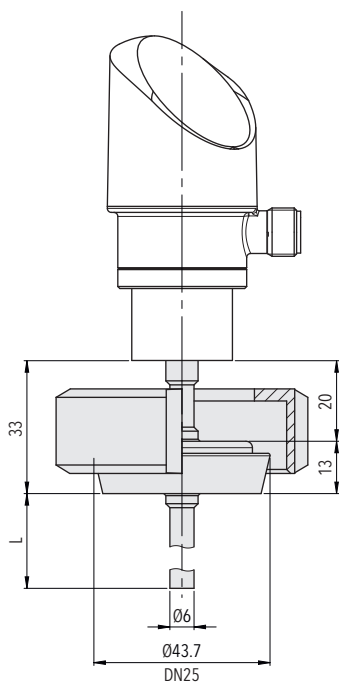


8180.XX.XX1G/2G/3G/4G/5G.XX...

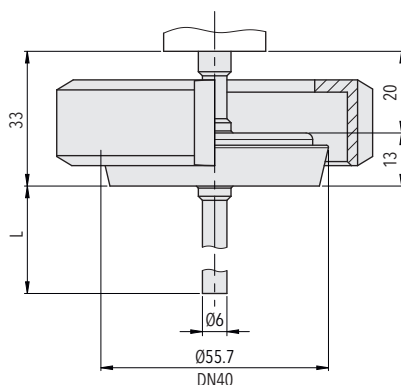


8180.XX.XX1J/2J/3J/4J/5J.XX...

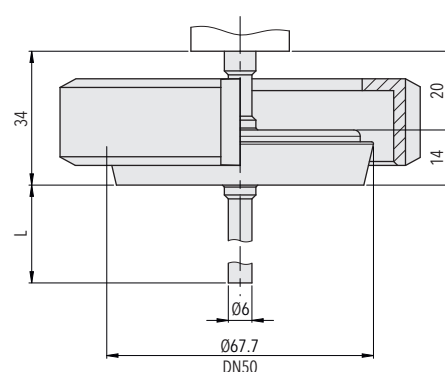
Sanitary fittings



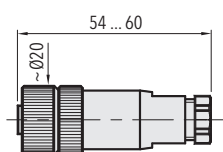
8180.XX.XX1L/2L/3L/4L/5L.XX...



8180.XX.XX1M/2M/3M/4M/5M.XX...

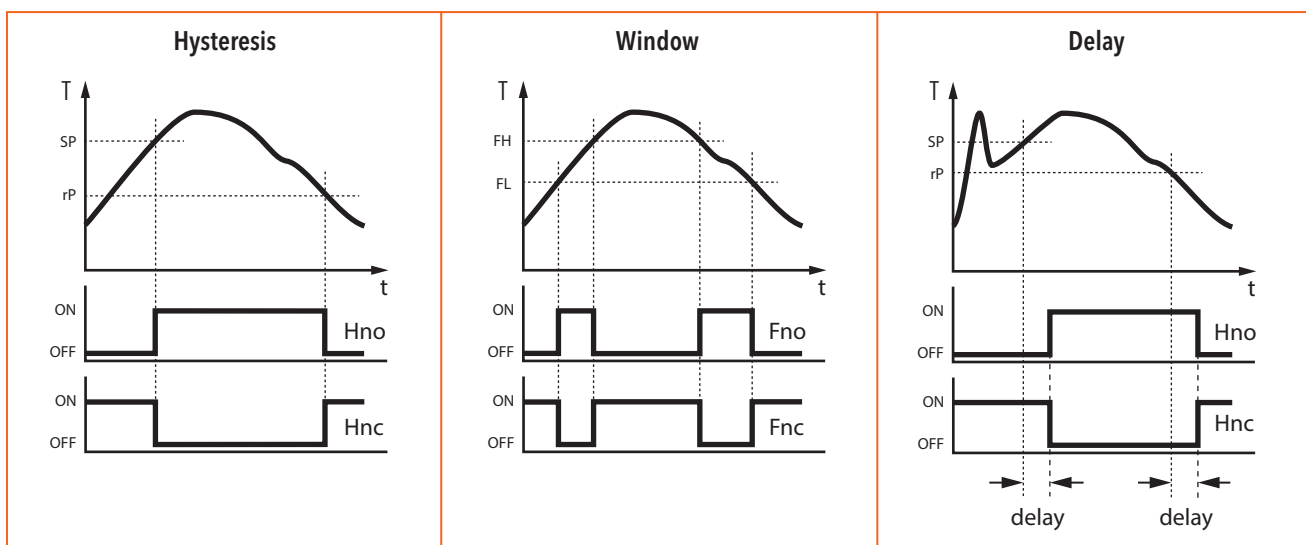


8180.XX.XX1N/2N/3N/4N/5N.XX...



8180.XX.XXXX.XX.XX.33

Functions switching output



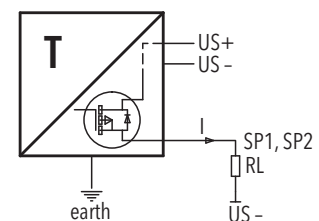
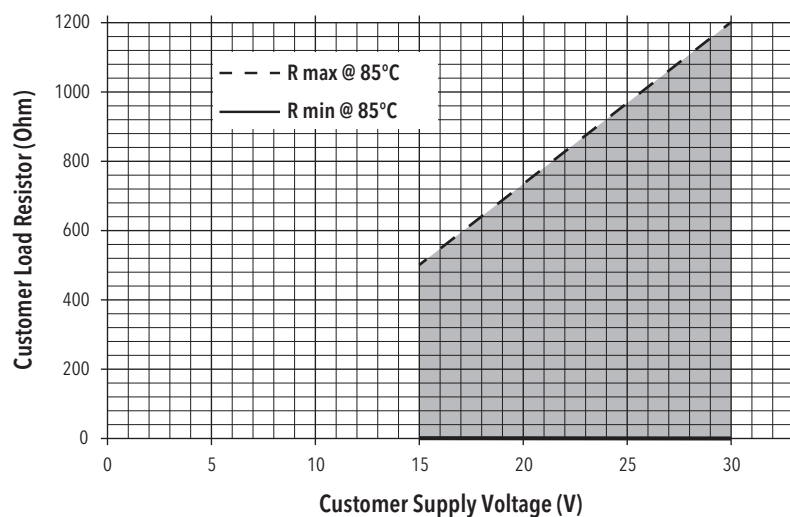
Electrical connection

		Protection / electrical connection			
		IP65*)			
		M12x1			
		5-pole 35		4-pole 32	
Output signal		P1	P2	P3	P4
	PA	✓	✓	✓	
	PU	✓	✓	✓	
	PV	✓	✓	✓	
	PW	✓	✓	✓	
	PS				✓
Pin Configuration		P1	P2	P3	P4
		1 3 2 4 5 Shield ***)	1 3 5 4 2 Shield ***)	1 3 2 4 Shield ***)	1 3 - 4 2 Shield ***)
8180.XX.XXXX.XX.PA/PU/PV/PW/PS					

^{*)} Provided female connector is mounted according to instructions

^{***)} The use of a shielded cable is recommended

4...20mA: min./max resistor vs. supply voltage @ Pmax = 100%



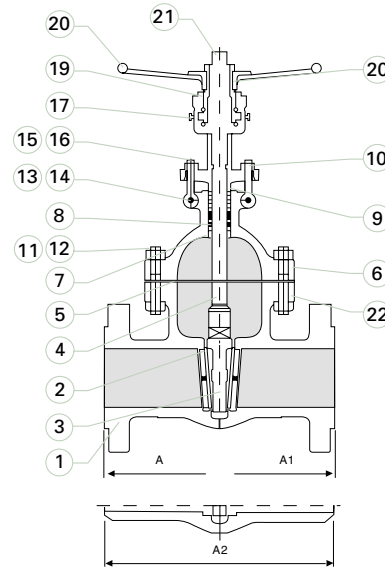
Connection of loads to switching output

Additional information

Documents

Data sheet	www.trafag.com/H72352
Instructions	www.trafag.com/H73352
Flyer	www.trafag.com/H70605

:: VALVULAS ESCLUSA



1 CUERPO	13 PASADOR
2 ANILLO DE ASIENTO	14 TUERCA PASADOR
3 OBTURADOR	15 TORNILLO DE OJO
4 VASTAGO	16 TUERCA TORNILLO DE OJO
5 JUNTA	17 LUBRICADOR
6 BONETE	18 BUJE TUERCA
7 CONTRACIERRE	19 TAPA BUJE
8 EMPAQUETADURA	20 VOLANTE
9 BUJE PRENSA	21 TUERCA OBTURADOR
10 BRIDA PRENSA	22 PLACA DE IDENTIFICACIÓN
11 ESPARRAGOS CUERPO – BONETE	
12 TUERCA CUERPO – BONETE	

INFORMACION

(Diseñadas de acuerdo a API 600, ANSI B 16.34 y BS 1414)

Las válvulas esclusas son comúnmente utilizadas como válvulas de bloqueo. Su robustez y cierre hermético Metal-Metal hacen que sean adaptables a las más altas exigencias de servicio. Son usadas donde la baja pérdida de carga y el servicio bidireccional (abierto-cerrado) es requerido. La junta cuerpo-bonete puede ser plana macho-hembra ó tipo ring-joint, dependiendo de la serie y servicio.

La cuña obturadora puede ser sólida o flexible, cuyas guías se encuentran alineadas para evitar posibles daños en los cierres.

Los detalles constructivos pueden variar en función de las dimensiones y series.

Para materiales posibles y una completa descripción de una válvula en particular comuníquese con HARDVAL S.A.

EXCLUSA SERIE 150 # (Altura del resalte: RF = 1.52 , RJ = 6.35)

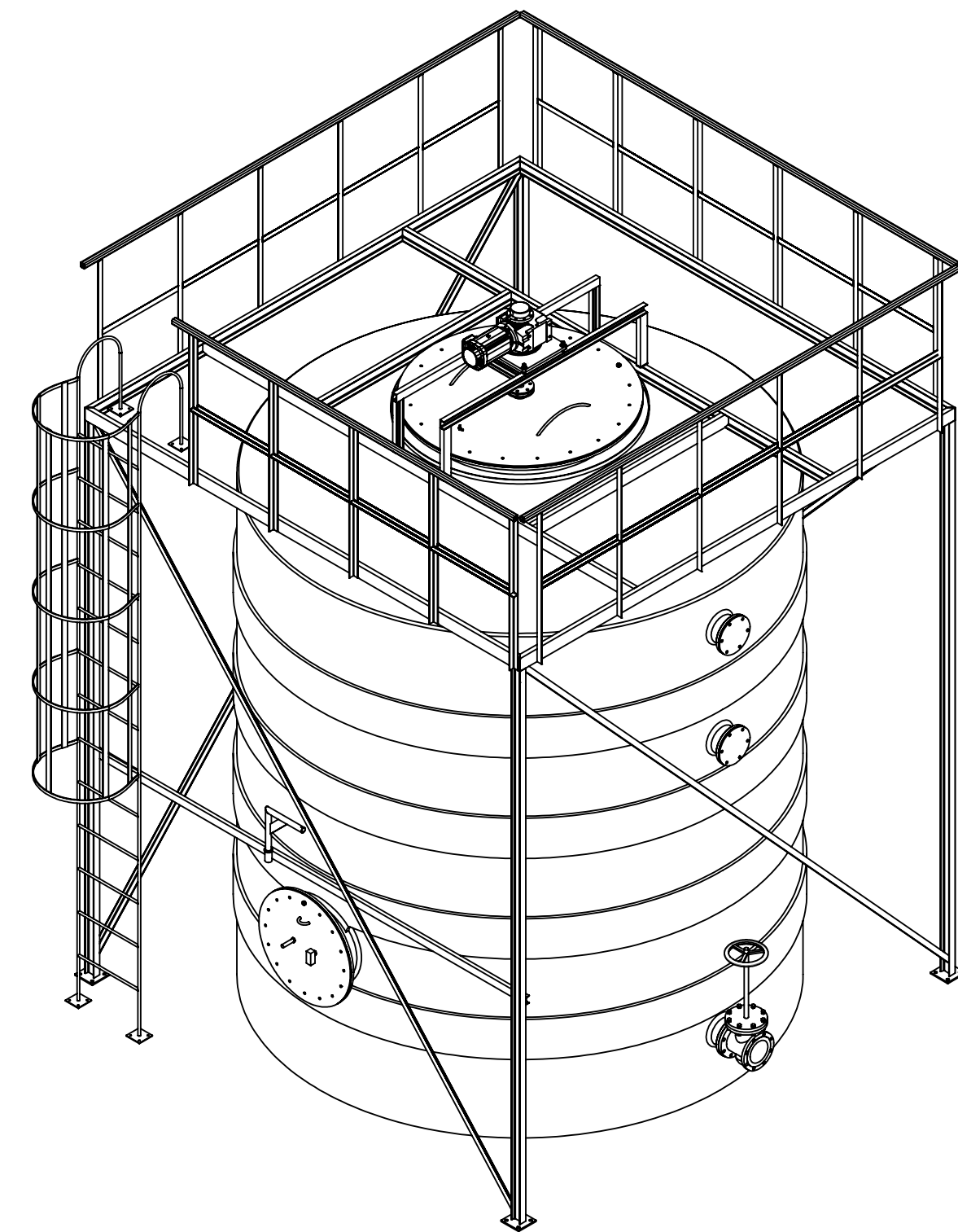
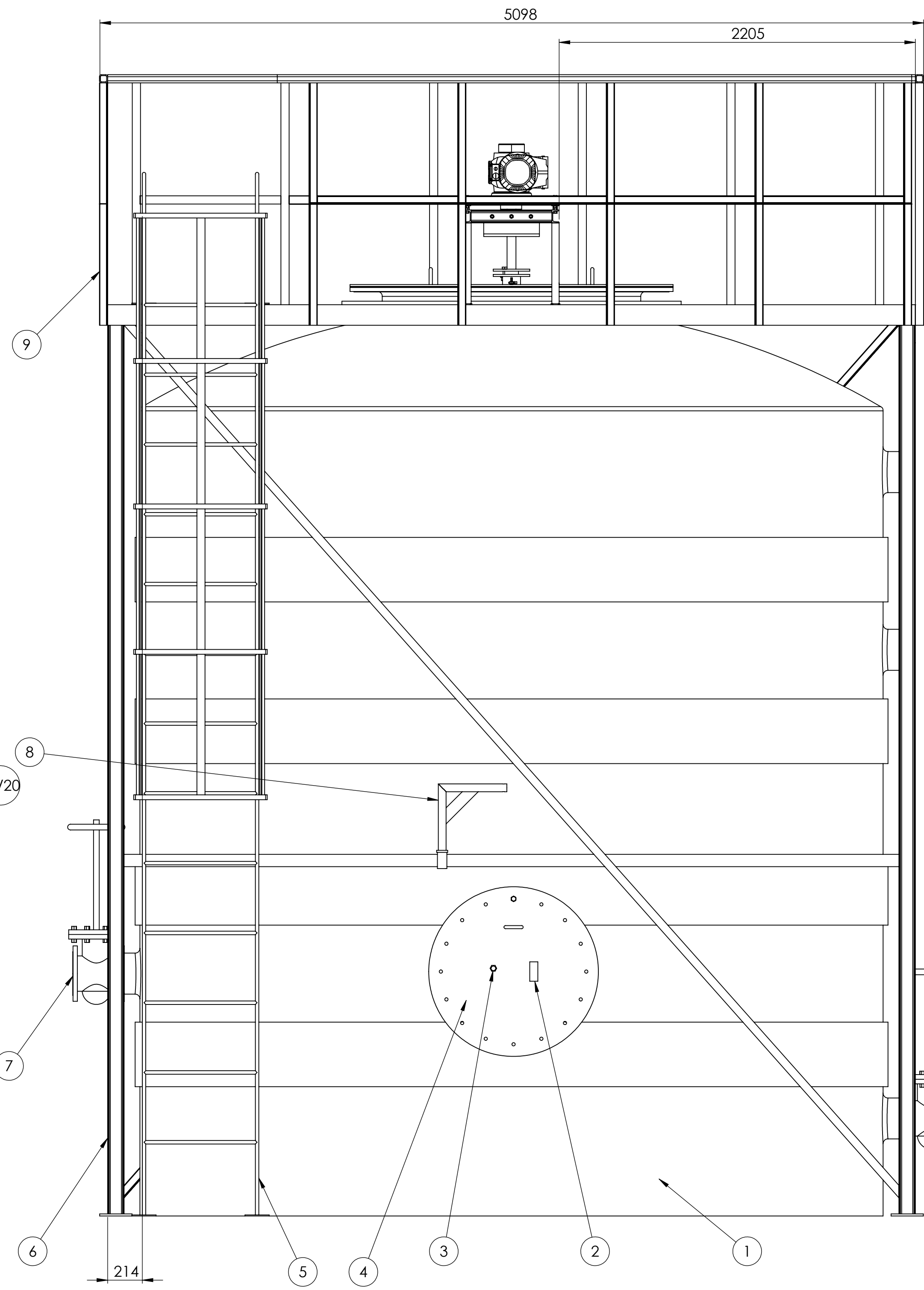
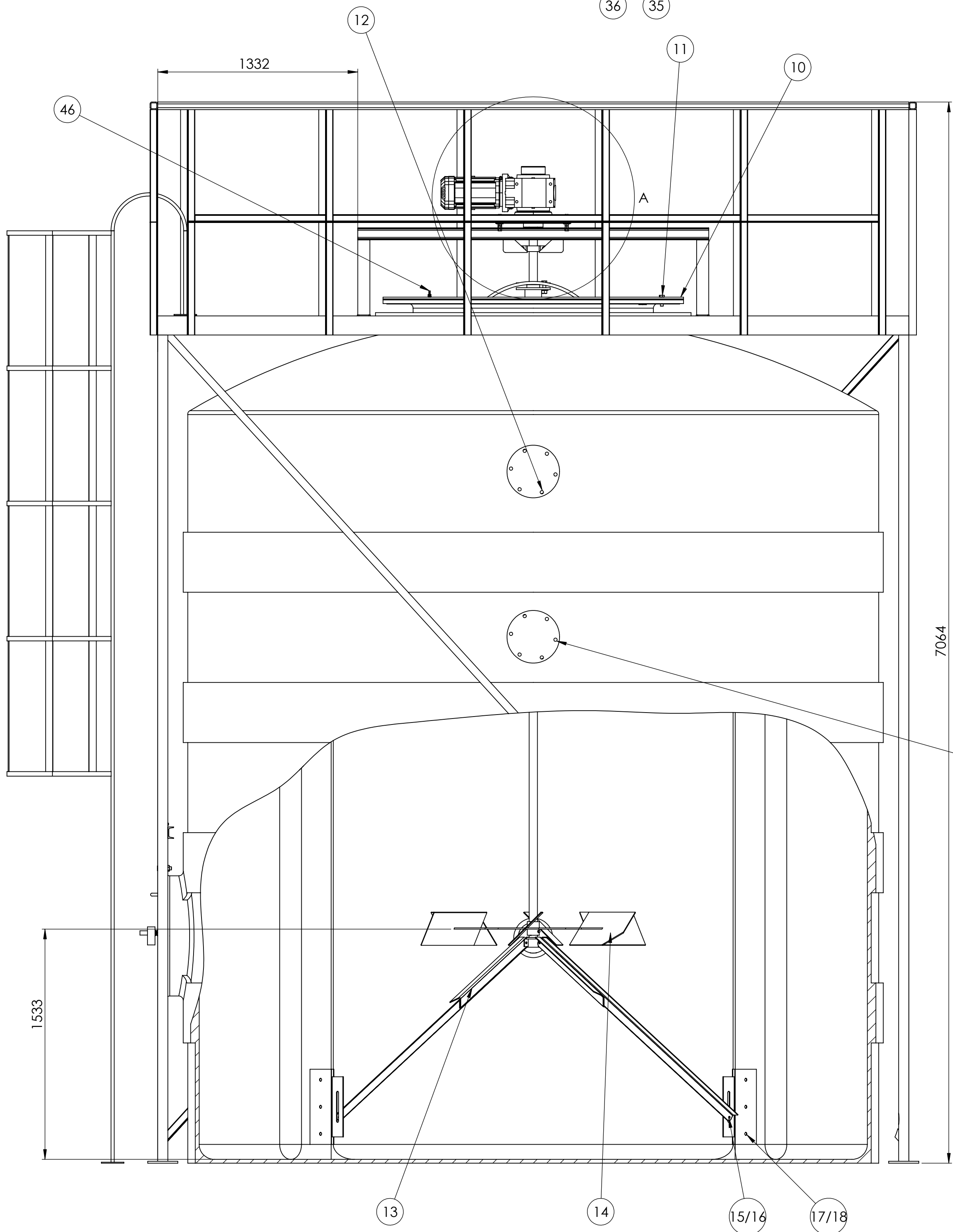
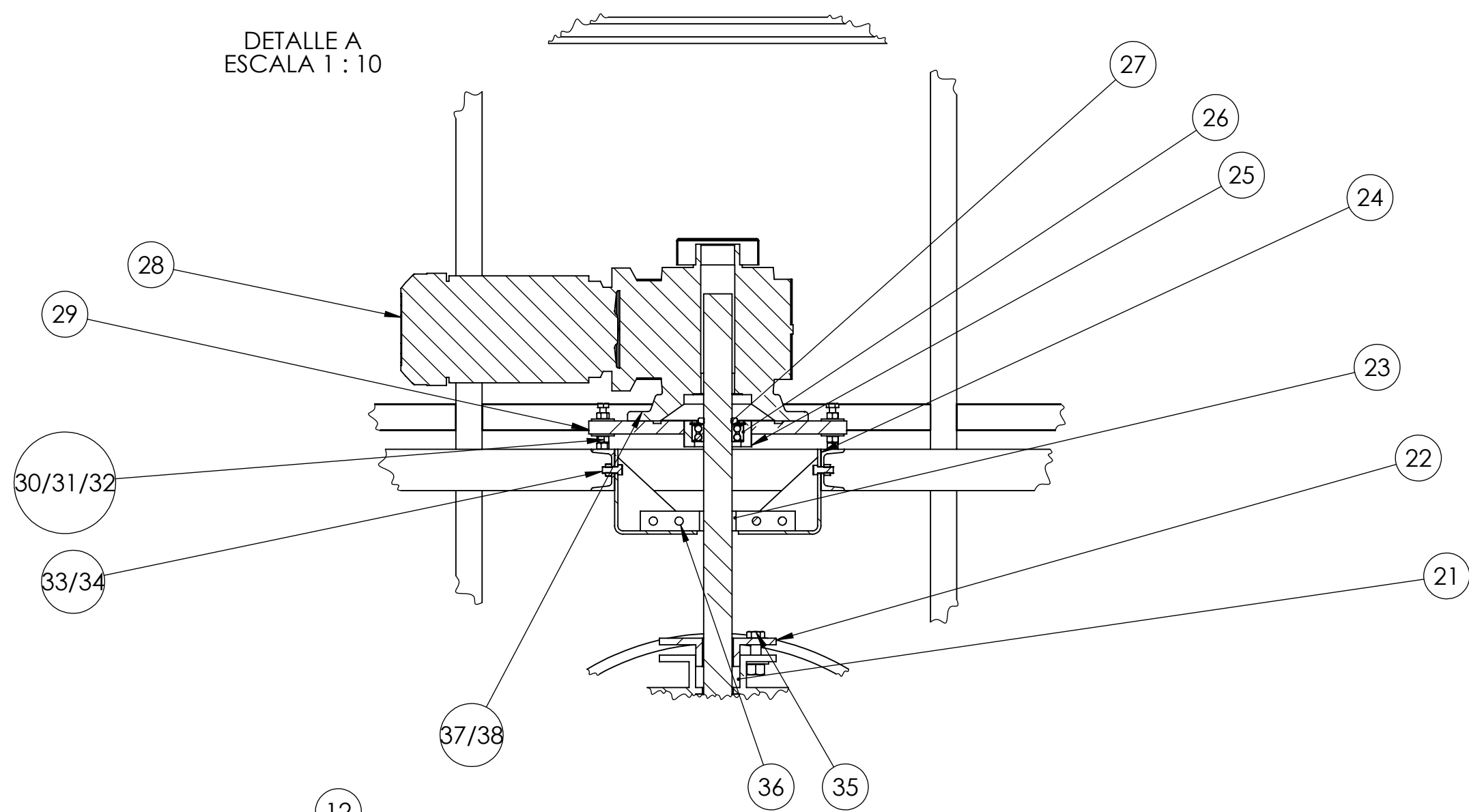
DIÁMETRO	NPS DN	1 1/2" 40	2" 50	2 1/2" 65	3" 80	4" 100	5" 125	6" 150	8" 200	10" 250	12" 300	14" 350	16" 400	18" 450	20" 500	24" 600
• Extremos	RF A	165.1	178	190.5	203	229	254	267	292	330.2	355.6	381	406	432	457	508
	RJ A1	177.6	190.5	203.2	215.9	241.3	266.7	279.4	304.8	342.9	368.3	393.7	419.1	444.5	469.9	520.7
	BW A2	165.1	216	241.3	284	305	381	403	419	457	501	572	610	660	711	813
• Bridas	Ø EXTERIOR	127	152	178	191	228.6	254	280	343	406	483	533	597	635	698.7	813
	RJ N°	R19	R22	R25	R29	R36	R40	R43	R48	R52	R56	R59	R64	R68	R72	R76
	ESP. S/RESALTE	12.6	14.3	16	17.5	22.3	22.3	23.9	26.9	28.6	30.2	33.4	35	38.1	41.4	46.2
• Volante		200	200	200	230	250	250	300	350	400	450	560	660	710	760	860
• Circ. de agujeros		28.4	120.5	139.5	152.5	190.5	216	241.5	298.5	362	432	476	540	578	635	750
• Cantidad		4	4	4	4	8	8	8	8	12	12	12	16	16	20	20
• Diam. de agujeros		16	19	19	19	19	22	22	22	25	25	29	29	32	32	35

EXCLUSA SERIE 300 # (Altura del resalte: RF = 1.52 , RJ = 6.35)

DIÁMETRO	NPS DN	1 1/2" 40	2" 50	2 1/2" 65	3" 80	4" 100	5" 125	6" 150	8" 200	10" 250	12" 300	14" 350	16" 400	18" 450	20" 500
• Extremos	RF A	190.5	215.9	241.3	282.6	304.8	393.7	403.2	419.1	457.2	501.7	762	838.2	914.4	990.6
	RJ A1	203.2	231.8	257.2	298.5	320.7	406.2	419.1	435	473.1	517.6	777.9	854.1	930.3	1009.7
	BW A2	190.5	215.9	241.3	282.6	304.8	393.7	403.2	419.1	457.2	501.7	762	838.2	914.4	990.6
• Bridas	Ø EXTERIOR	155.4	165	190	210	254	280	318	381	445	521	584	648	711.2	774.7
	RJ N°	R20	R23	R26	R30	R37	R41	R45	R49	R53	R57	R61	R65	R69	R73
	ESP. S/RESALTE	19	20.8	23.8	26.9	30.2	33.5	35	39.6	46.2	49.2	52.3	55.6	59	62
• Volante		200	200	200	230	250	355	355	405	460	510	660	Accionamiento a engranajes		
• Circ. de agujeros		114.3	127	149	168.5	200	234.9	270	330	387.5	451	514	571.5	628.6	685.8
• Cantidad		4	8	8	8	8	8	12	12	16	16	20	20	24	24
• Diam. de agujeros		22	19	22	22	22	22	22	25	28	32	32	35	35	35

Anexo B Planos

DETALLE A
ESCALA 1 : 10

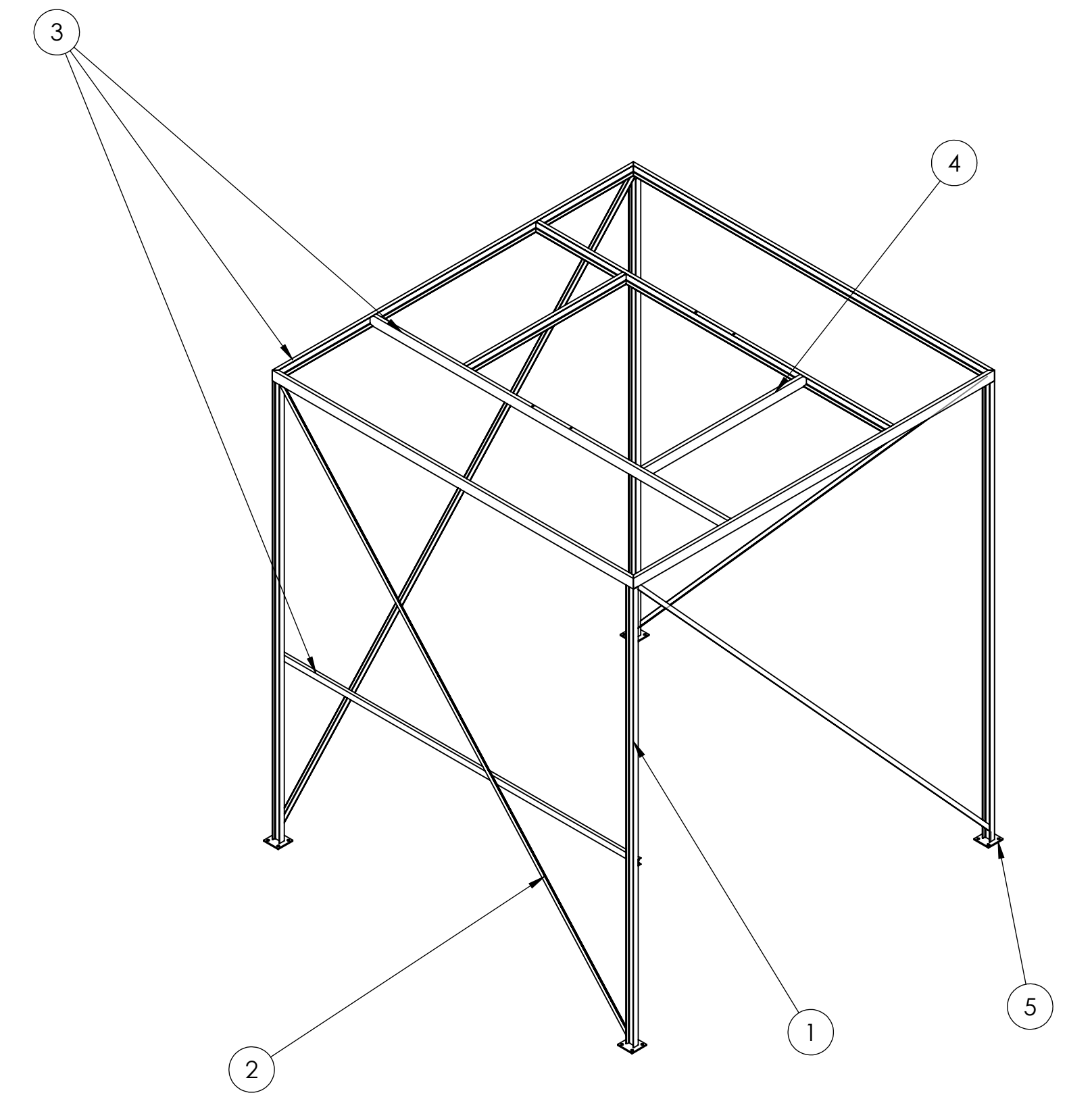


VISTA ISOMETRICA
ESCALA 1:50

39	Metal desplegado 1/8" 5X5m	SAE 1010		Piso soporte
38	Tuerca M18	COMERCIAL	4	
37	Tornillo DIN532 M18x50	COMERCIAL	4	
36	Varilla roscada M12 x100	COMERCIAL	4	
35	Tornillo DIN532 M20x60	COMERCIAL	42	
34	Tuerca M12	COMERCIAL	22	
33	Tornillo DIN532 M12 x 30	COMERCIAL	6	
32	Arandela M20	COMERCIAL	6	
31	Tuerca M20	COMERCIAL	46	
30	Tornillo DIN532 M20x20	COMERCIAL	4	
29	Placa motoreductor		1	Ver Plano E-05
28	Motoreductor SEW..	COMERCIAL	1	
27	Tuerca fijacion KM..	COMERCIAL	1	
26	Rodamiento SKF	COMERCIAL	1	
25	Soporte rodamiento		1	Ver Plano E-06
24	Sosten inicial		2	Ver Plano E-05
23	Brida inicial		2	Ver Plano E-07
22	Prensa estopa		1	Ver Plano T-03
21	Estopa 15x15x270mm	COMERCIAL	1	
20	Tuerca M27	COMERCIAL	32	
19	Tornillo DIN532 M27x60	COMERCIAL	32	
18	Tuerca M13 inox	COMERCIAL	8	
17	Tornillo DIN532 inox M13x20	COMERCIAL	8	
16	Tuerca M20 inox	COMERCIAL	12	
15	Tornillo DIN532 inox M20x30	COMERCIAL	12	
14	Conjunto agitador		1	Ver Plano I-00
13	Soporte inferior		1	Ver Plano S-02
12	Tapa brida intercambidor	COMERCIAL	2	
11	Tornillo DIN 532 M20x20mm	COMERCIAL	4	
10	Tapa tanque		1	Ver Plano T-02
9	Baranda de protección		4	Ver Plano E-01
8	Bandera		1	Ver Plano E-08
7	Válvula esclusa #150 8"	COMERCIAL	2	
6	Estructura		1	Ver Plano E-00
5	Escalera		4	Ver Plano E-02
4	Tapa tanque		1	Ver Plano T-02
3	Sensor de PH	COMERCIAL	4	
2	Sensor de temperatura	COMERCIAL	1	
1	Tanque 80kl		1	Ver Plano T-01
PÓS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIÓN

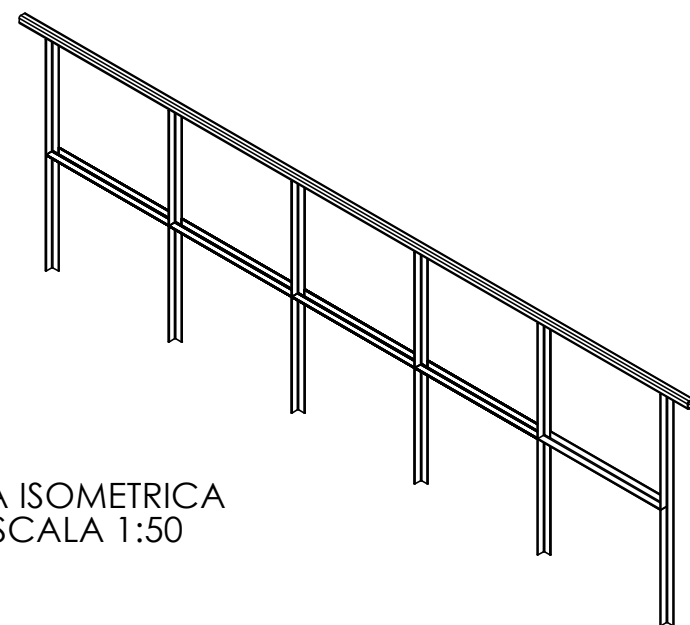
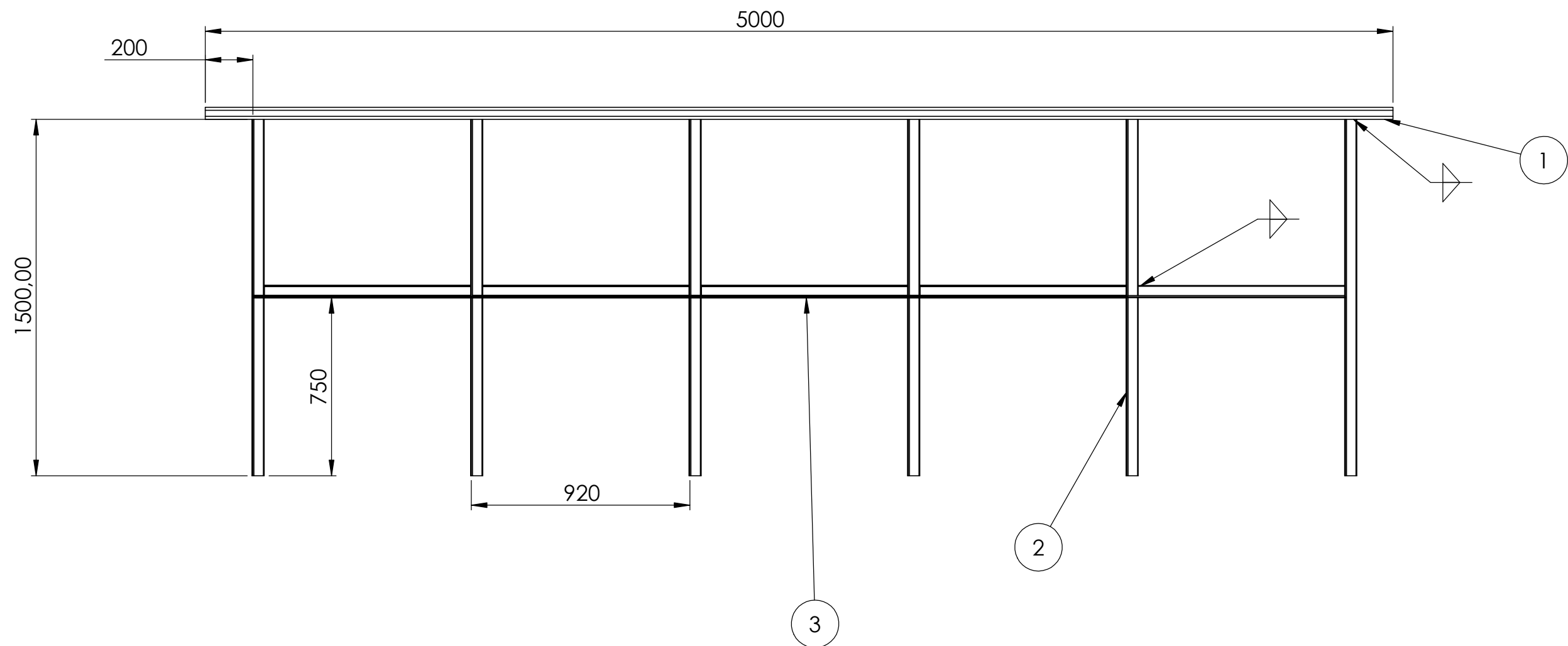
Proyecto final de ingeniería		Conjunto módulo de tratamiento	
ESCUELA INGENIERIA MECÁNICA			
ROSARIO			
DIBUJO	FECHA	NOMBRE	ESCALAS
APROBO	06/09/2022	Drusotto/Horlis	1:20
		N°	T-00

TOLERANCIAS NO ACOTADAS SEGUN NORMA DIN 2768 CALIDAD MEDIA



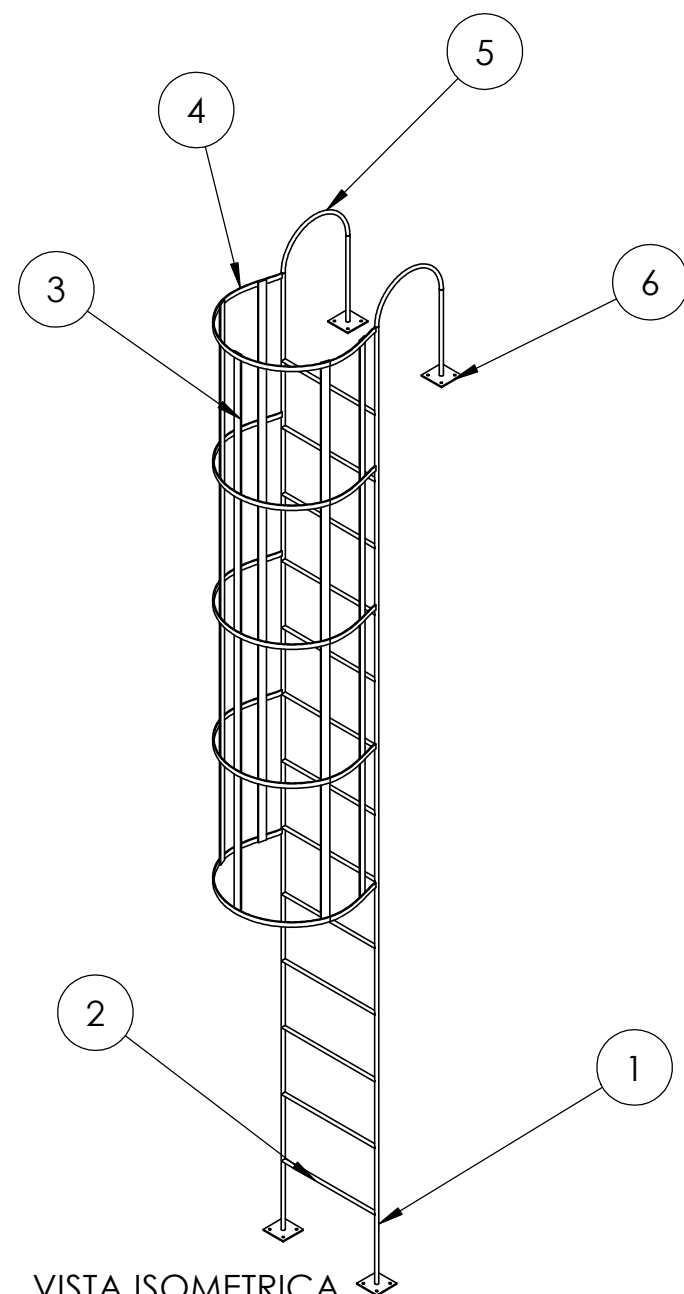
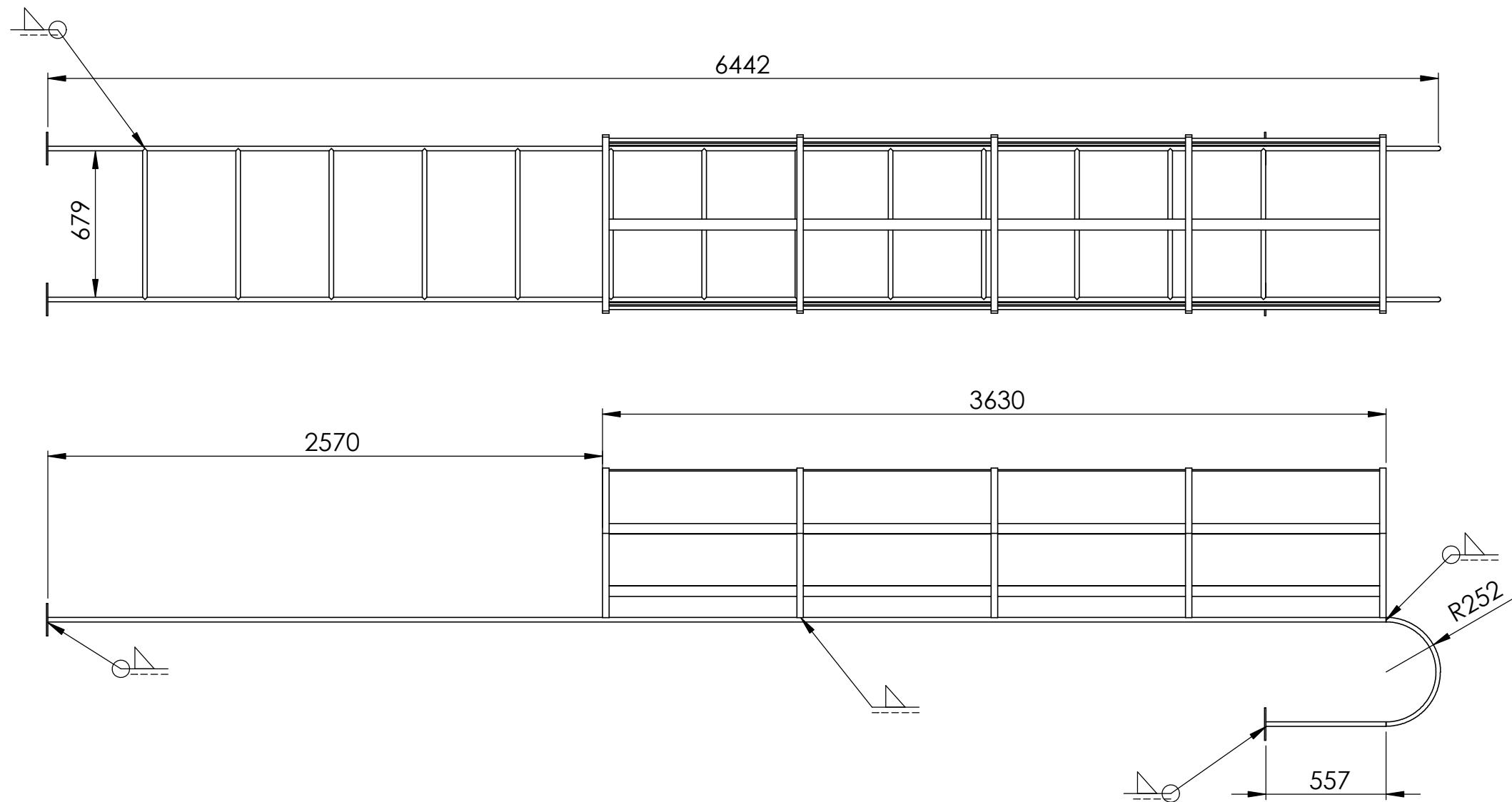
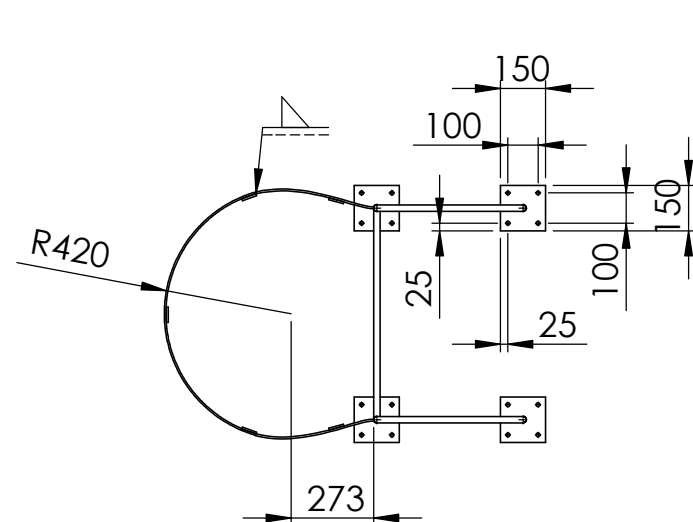
TOLERANCIAS NO ACOTADAS SEGUN NORMA DIN 2768 CALIDAD BASTA

5	Chapa 1/2" 200X200mm	SAE 1010	4	
4	UPN 80 x 2300mm	SAE 1010	2	
3	UPN 80 x 5000mm	SAE 1010	7	
2	Perfil Angulo 1.5" x 7223mm	SAE 1010	4	
1	IPN 100 x 5500mm	SAE 1010	4	
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIÓN
Proyecto final de ingeniería ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		Estructura principal		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS	
DIBUJO	06/06/2022	Druetto/Hortis	1:20	
APROBO				N° E-00



VISTA ISOMETRICA
ESCALA 1:50

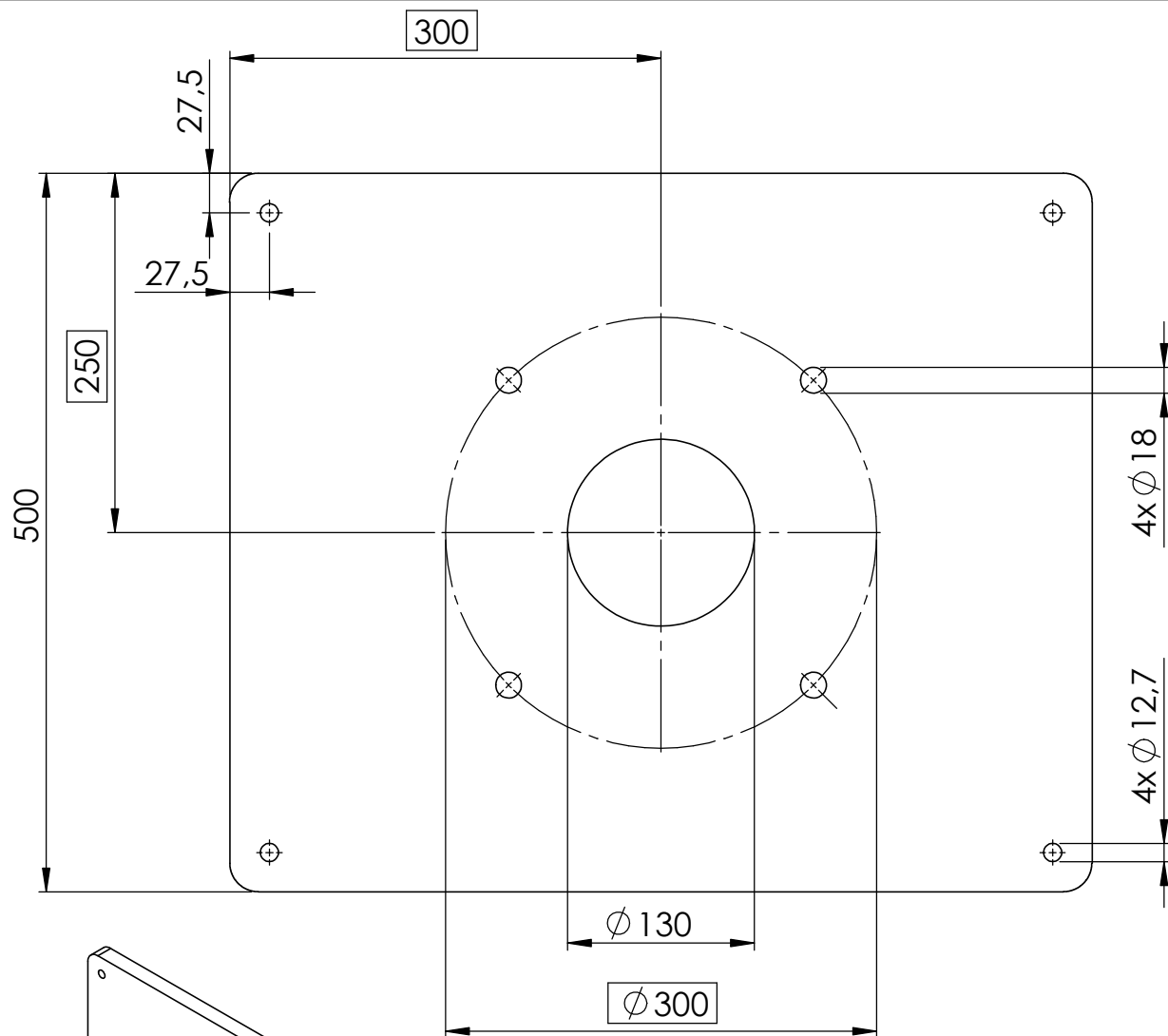
3	Perfil ángulo L 2" x 920mm	COMERCIAL	5			
2	Perfil ángulo L 2" x 1500mm	COMERCIAL	6			
1	Tubo cuadrado 2” x 5000mm	COMERCIAL	1			
POS.	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIÓN		
Proyecto final de Ingeniería		Baranda				
ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO						
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS	N°	E—01	
DIBUJO	06/06/2022	Druetto/Hortis				1:20
APROBO						



VISTA ISOMETRICA
ESCALA 1:50

Tolerancias no acotadas segun DIN 2768 calidad basta

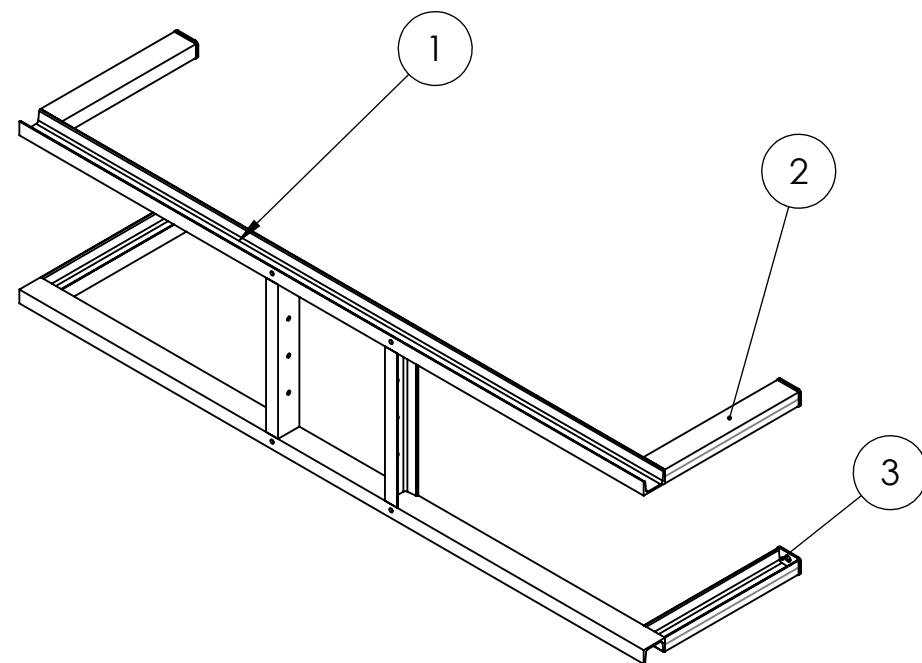
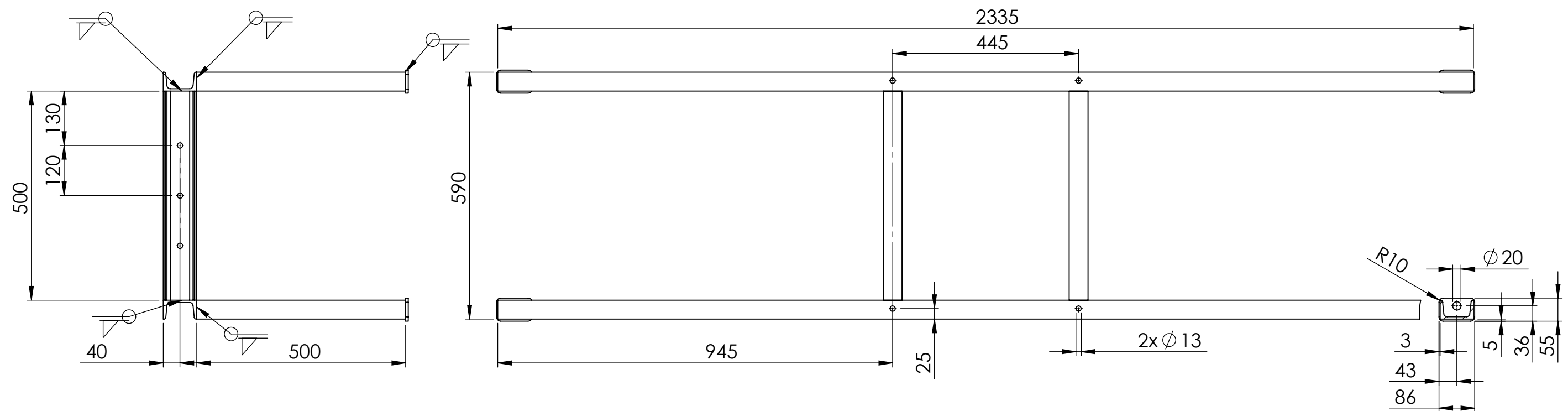
6	Chapa 1/4"	SAE 1010	2	
5	Tubo $\phi 7/8"$ x 2mm x 1350mm	COMERCIAL	2	
4	Planchuela 3/16" x 2" x 3630mm	COMERCIAL	5	
3	Planchuela 3/16" x 2" x 3630mm	COMERCIAL	5	
2	Tubo $\phi 7/8"$ x 2mm x 679mm	COMERCIAL	13	
1	Tubo $\phi 7/8"$ x 2mm x 6200mm	COMERCIAL	2	
POS.	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIÓN
Proyecto final de Ingeniería		Escalera		
ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO				
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS	N° E-02
DIBUJO	06/06/2022	Druetto/Hortis	1:10	
APROBO				



Vista isométrica
Escala 1:10

Tolerancias no acotadas segun norma DIN 2768 calidad media
Matar cantos vivos

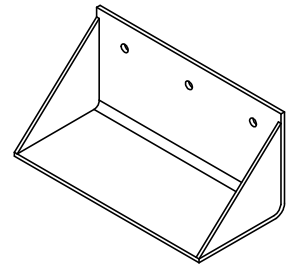
—	Chapa 1”		SAE 1010		—
POS.	DENOMINACION		MATERIAL	CANT.	OBSERVACIÓN
Proyecto Final de Ingenieria ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			Base motor		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS 1:5	N° E—03	
DIBUJO	06/06/2022	Druetto/Hortis			
APROBO					



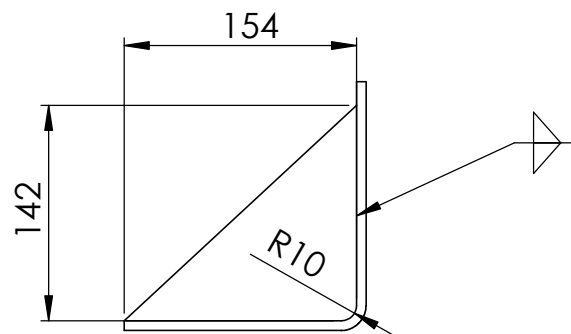
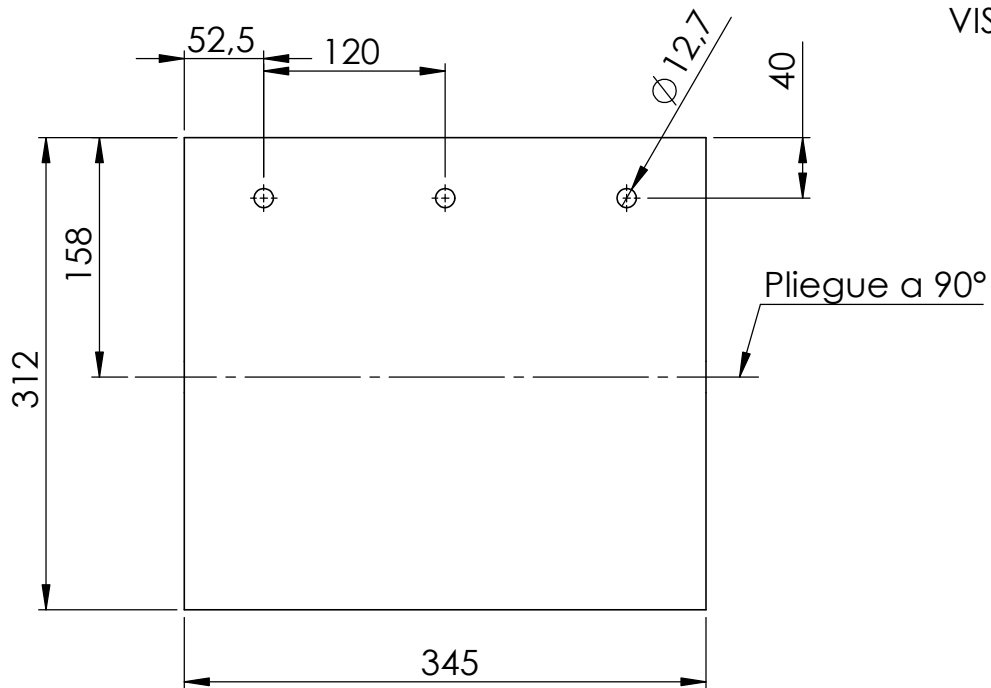
Vista Isométrica escala 1:20

Tolerancias no acotadas según norma DIN 2768 calidad basta

3	Chapa 86mmx55mmx1/4"		SAE 1010	4	
2	UPN 80x500mm		SAE 1010	6	
1	UPN 80x2335mm		SAE 1010	2	
POS.	DENOMINACIÓN		MATERIAL	CANT.	OBSERVACIÓN
Proyecto final de Ingeniería ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			Soporte motor		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS	N° E-04	
DIBUJO	06/06/2022	Druetto/Hortis	1:10		
APROBO					



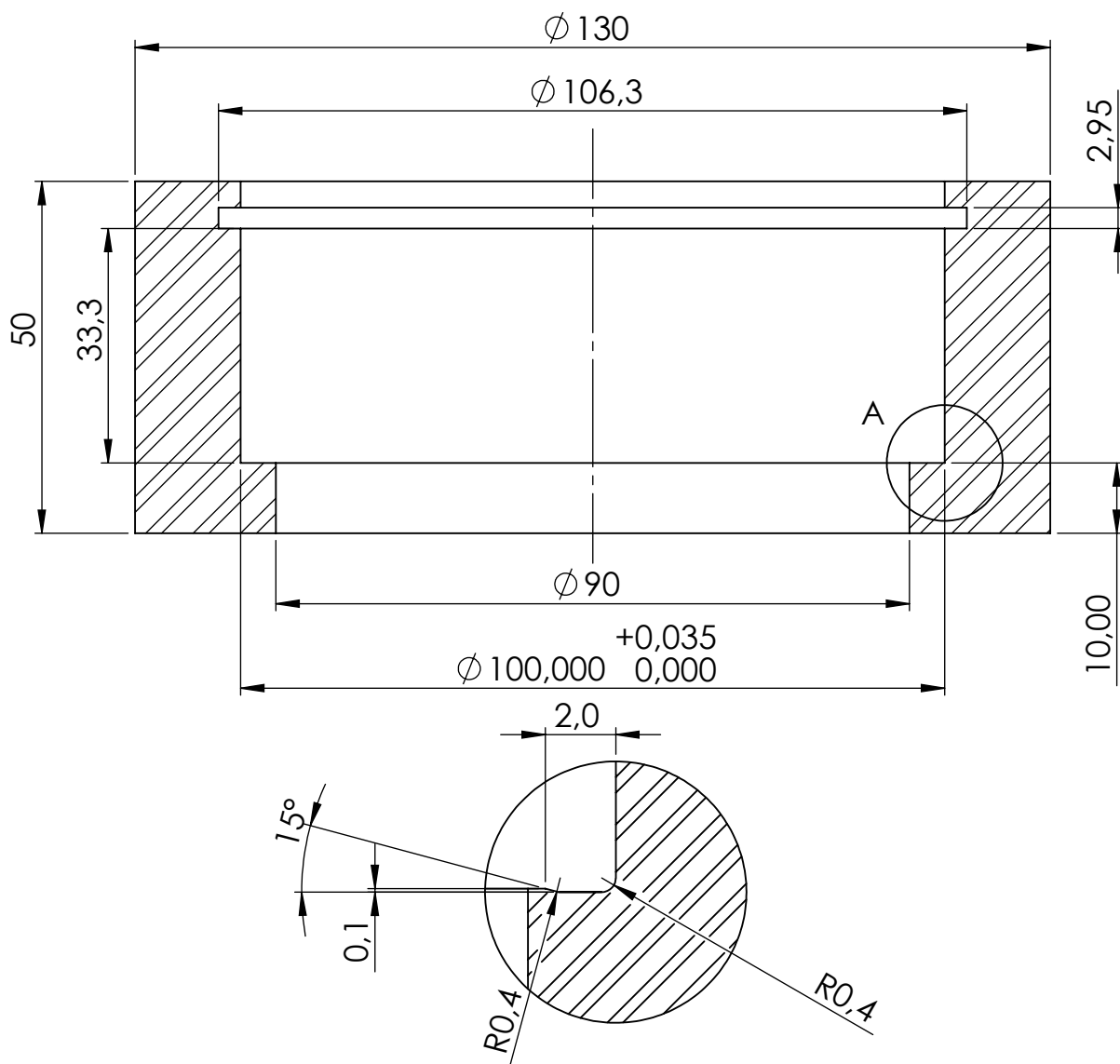
VISTA ISOMETRICA
ESCALA 1:10



Tolerancias no acotadas segi DIN 2768 calidad basta

—	Chapa 1/4”			SAE 1010	—	—
POS.	DENOMINACION			MATERIAL	CANT.	OBSERVACIÓN
Proyecto Final de Ingenieria ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO				Sosten inicial		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS 1:5	N° E-05		
DIBUJO	06/06/2022	Druetto/Hortis				
APROBO						

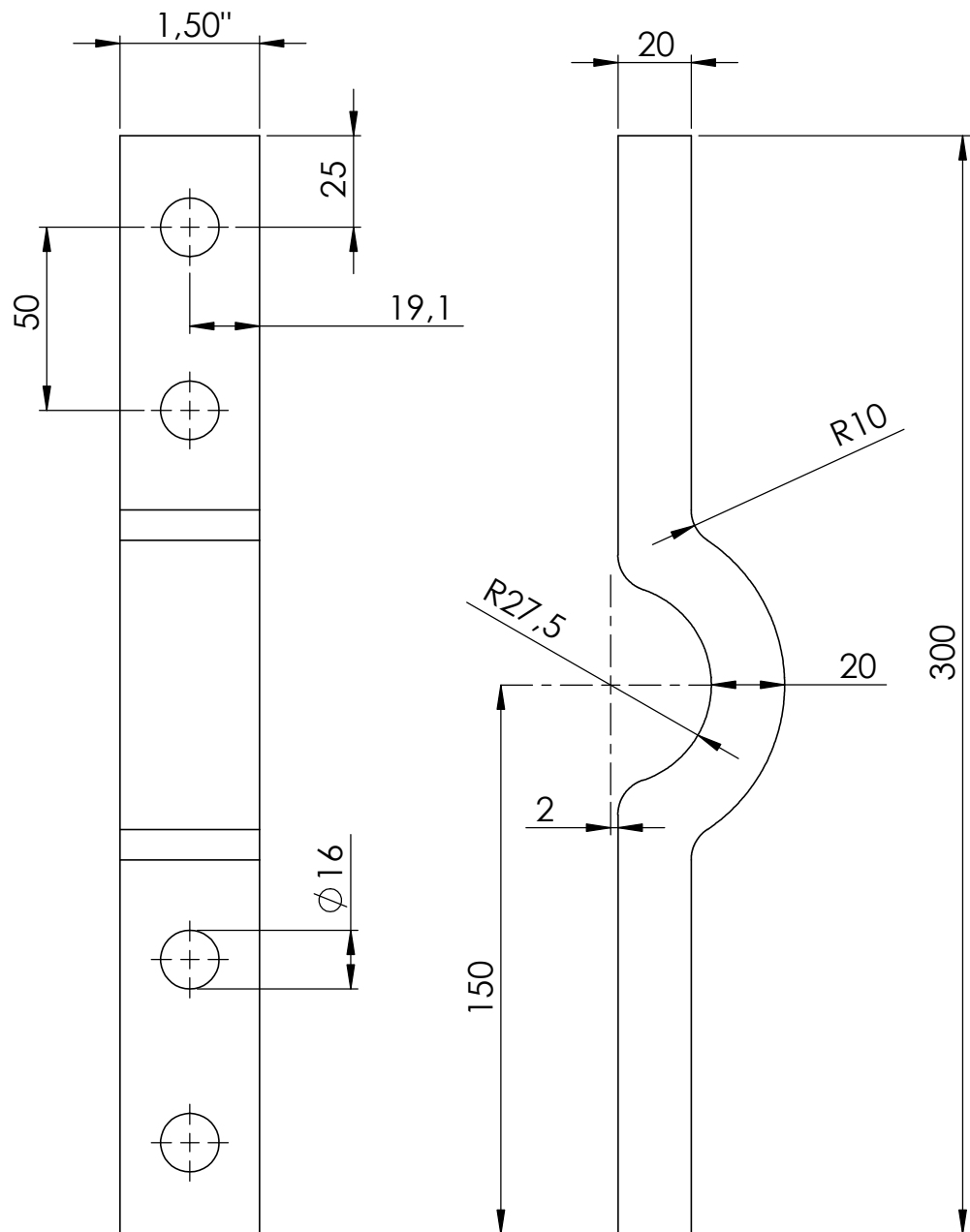
N5/



Detalle A: Desahogo normalizado tipo E

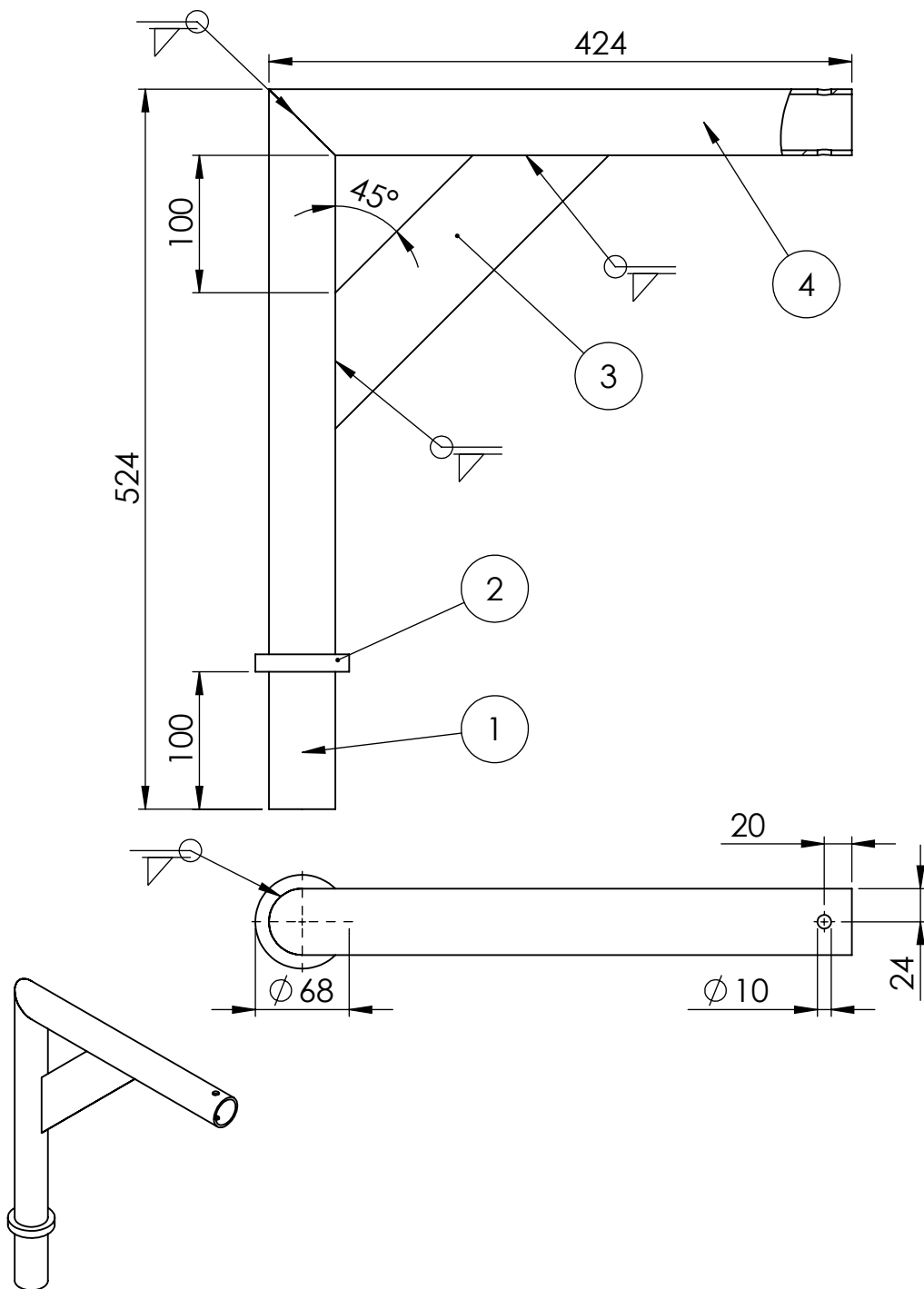
Tolerancias no acotadas segun DIN 2768 calidad media

—	Trefilado ϕ 130mm			SAE 1045	—	—
POS.	DENOMINACION			MATERIAL	CANT.	OBSERVACIÓN
Proyecto Final de Ingenieria ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO				Soporte Rodamiento		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS 1:1	N° E-06		
DIBUJO	06/06/2022	Druetto/Hortis				
APROBO						



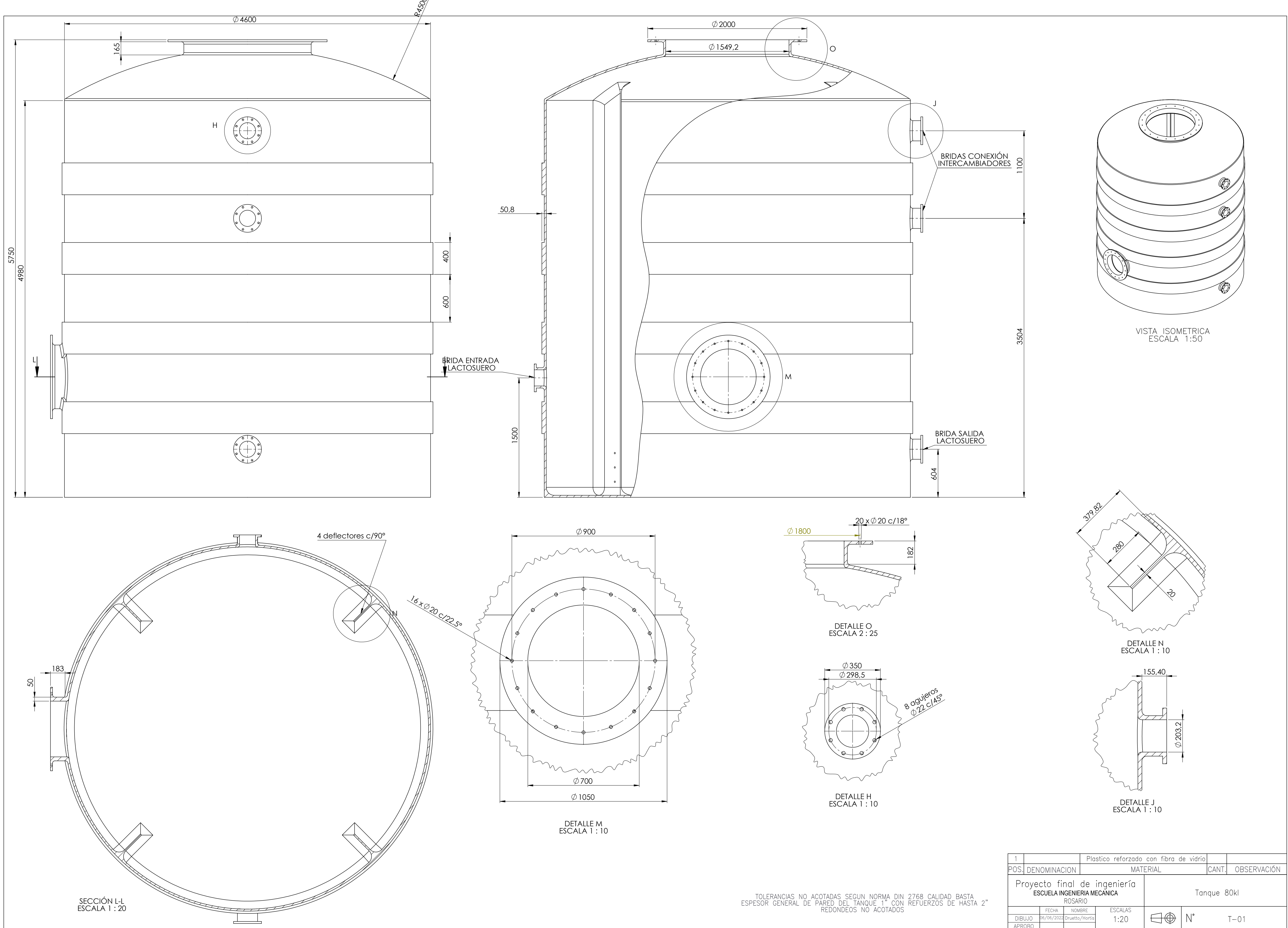
Tolerancias no acotadas según DIN 2768 calidad basta

—	Chapa de 1 1/2”		SAE 1010	—	corte en laser
POS.	DENOMINACION		MATERIAL	CANT.	OBSERVACIÓN
Proyecto Final de Ingenieria ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			BRIDA INICIAL		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS 1:2	N° E-07	
DIBUJO	06/06/2022	Druetto/Hortis			
APROBO					

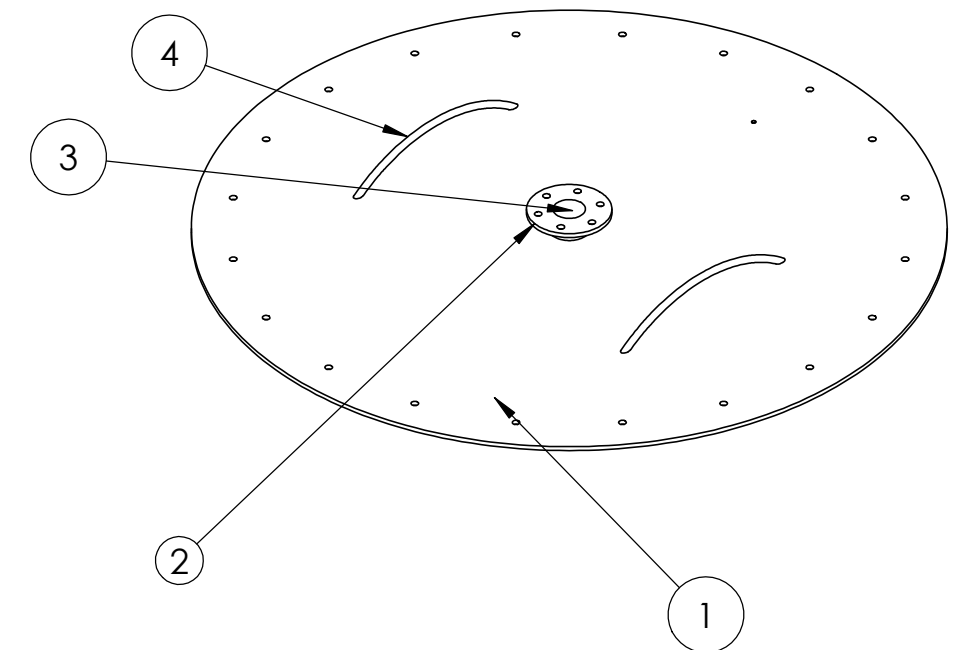
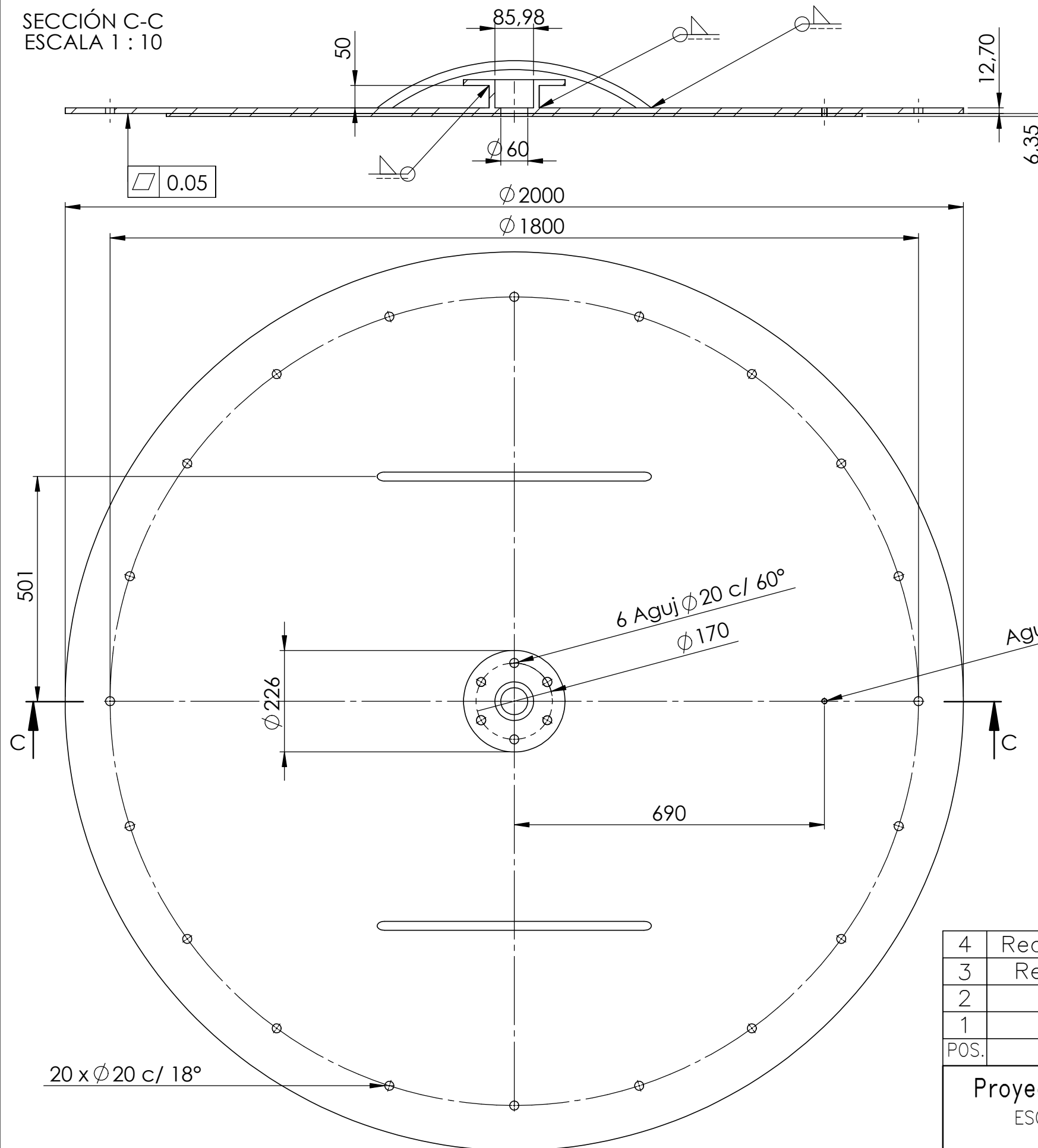


Vista isométrica
Escala 1:10

4	Tubo 1.5" Sch 40 x 424mm	SAE 1010	4	—
3	Planchuela 70mmx281mmx1/4"	SAE 1010	3	—
2	Chapa 1/4"	SAE 1010	2	—
1	Tubo 1.5" Sch 40 x 524mm	SAE 1010	1	—
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIÓN
Proyecto Final de Ingenieria ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		Bandera		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS 1:5	N° E-08
DIBUJO	06/06/2022	Druetto/Hortis		
APROBO				



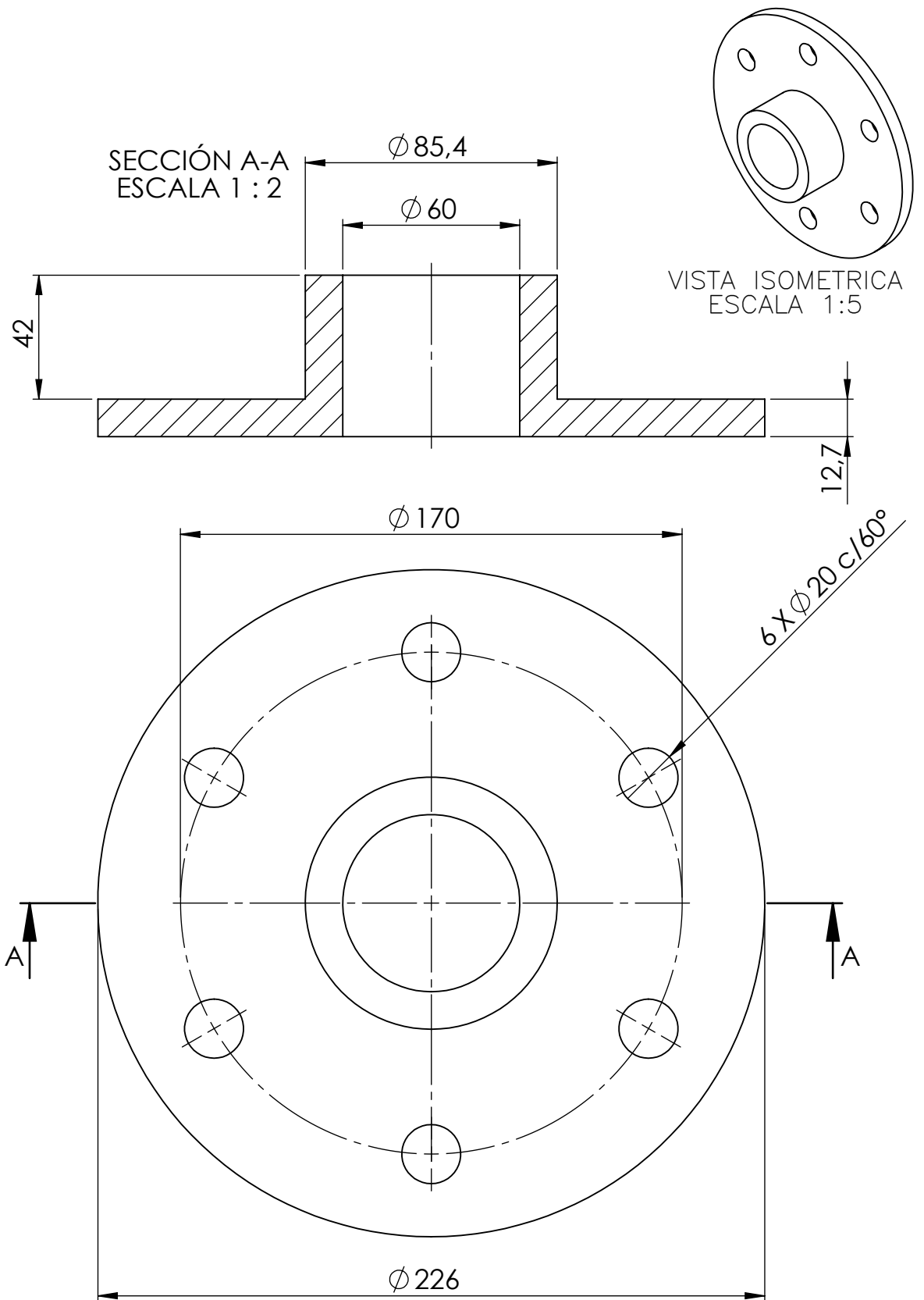
SECCIÓN C-C
ESCALA 1 : 10



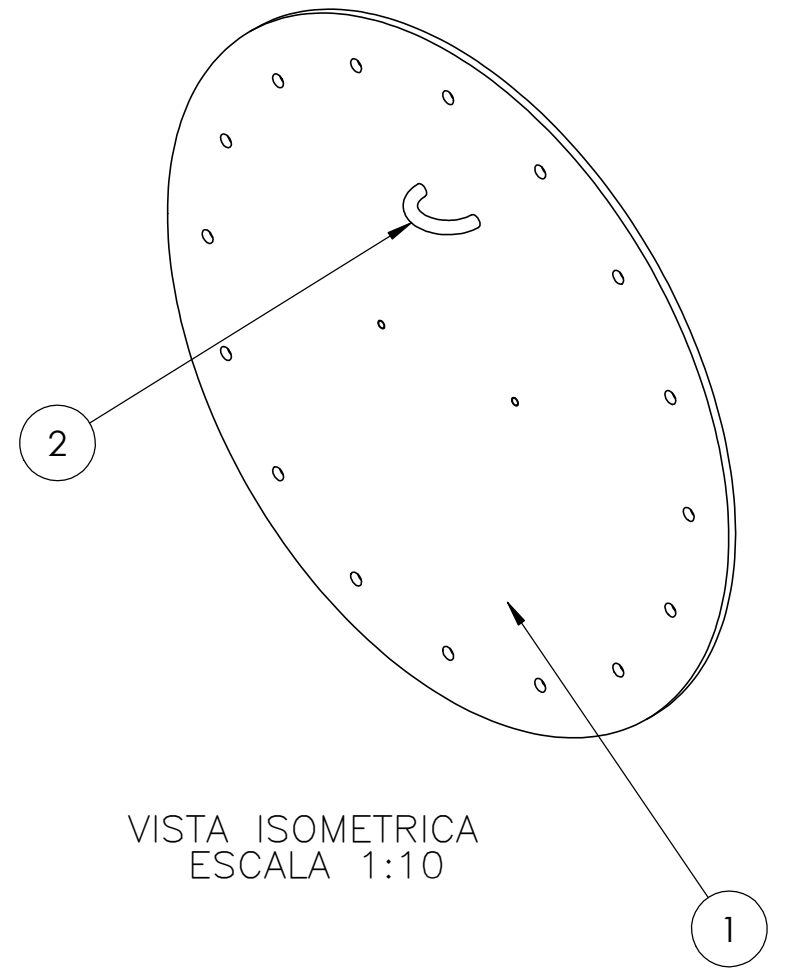
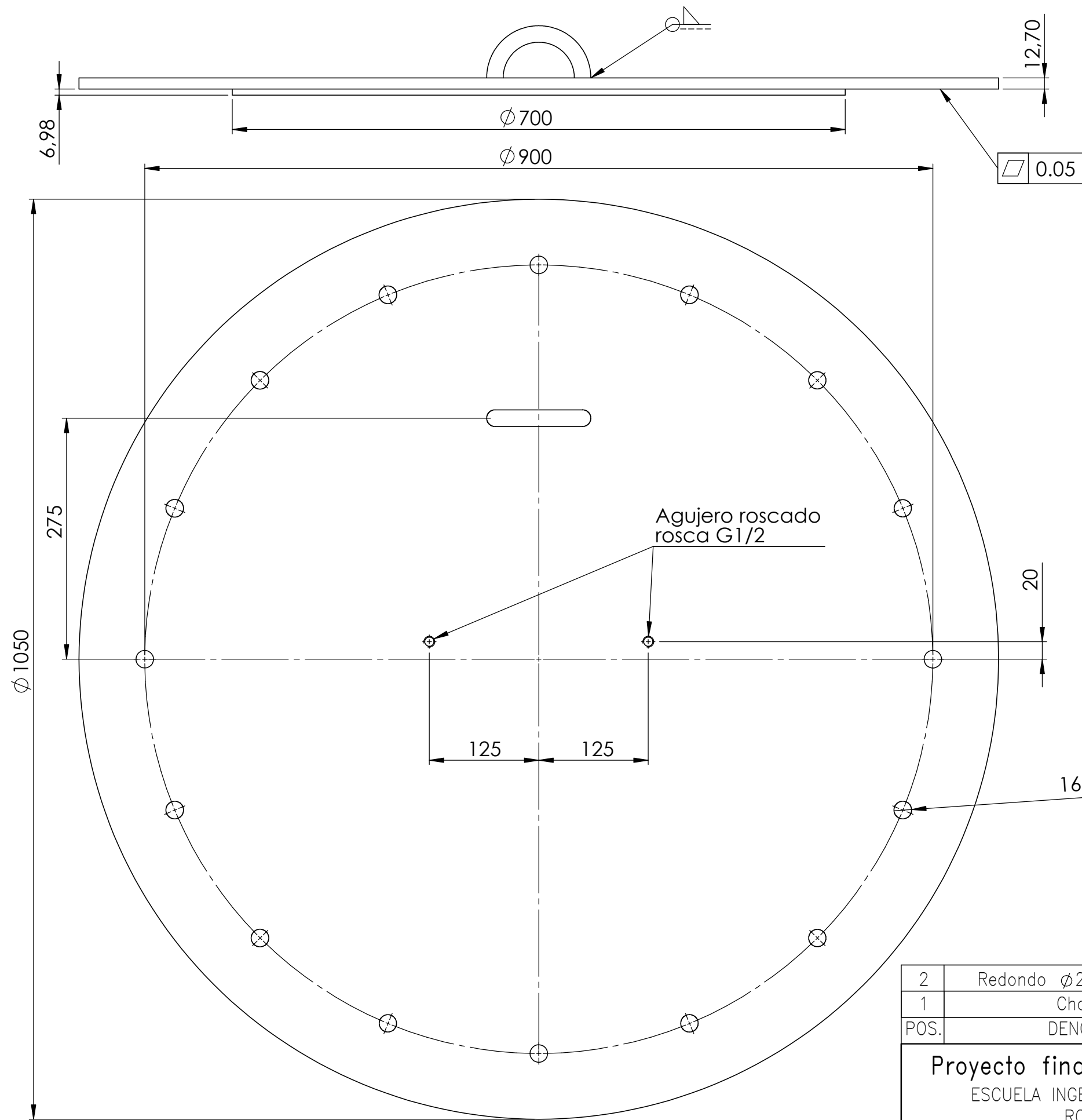
VISTA ISOMETRICA
ESCALA 1:20

4	Redondo $\phi 3/4$ "x600mm	SAE 1010	2	rolado $\phi 600$
3	Redondo $\phi 114$ x50mm	SAE 1010	1	
2	Chapa 1/2"	SAE 1010	1	
1	Chapa 3/4"	SAE 1010	1	
POS.	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIÓN
Proyecto final de Ingeniería		TAPA TANQUE		
ESCUELA INGENIERIA MECANICA				
ROSARIO				
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS	N° T-02
DIBUJO	06/06/2022	Druetto/Hortis	1:10	
APROBO				

Tolerancias no acotadas según DIN 2768 calidad media



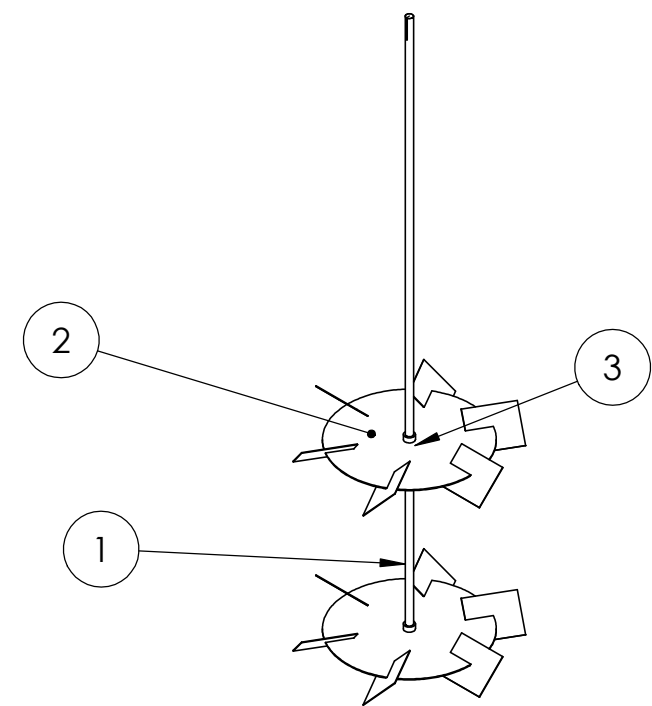
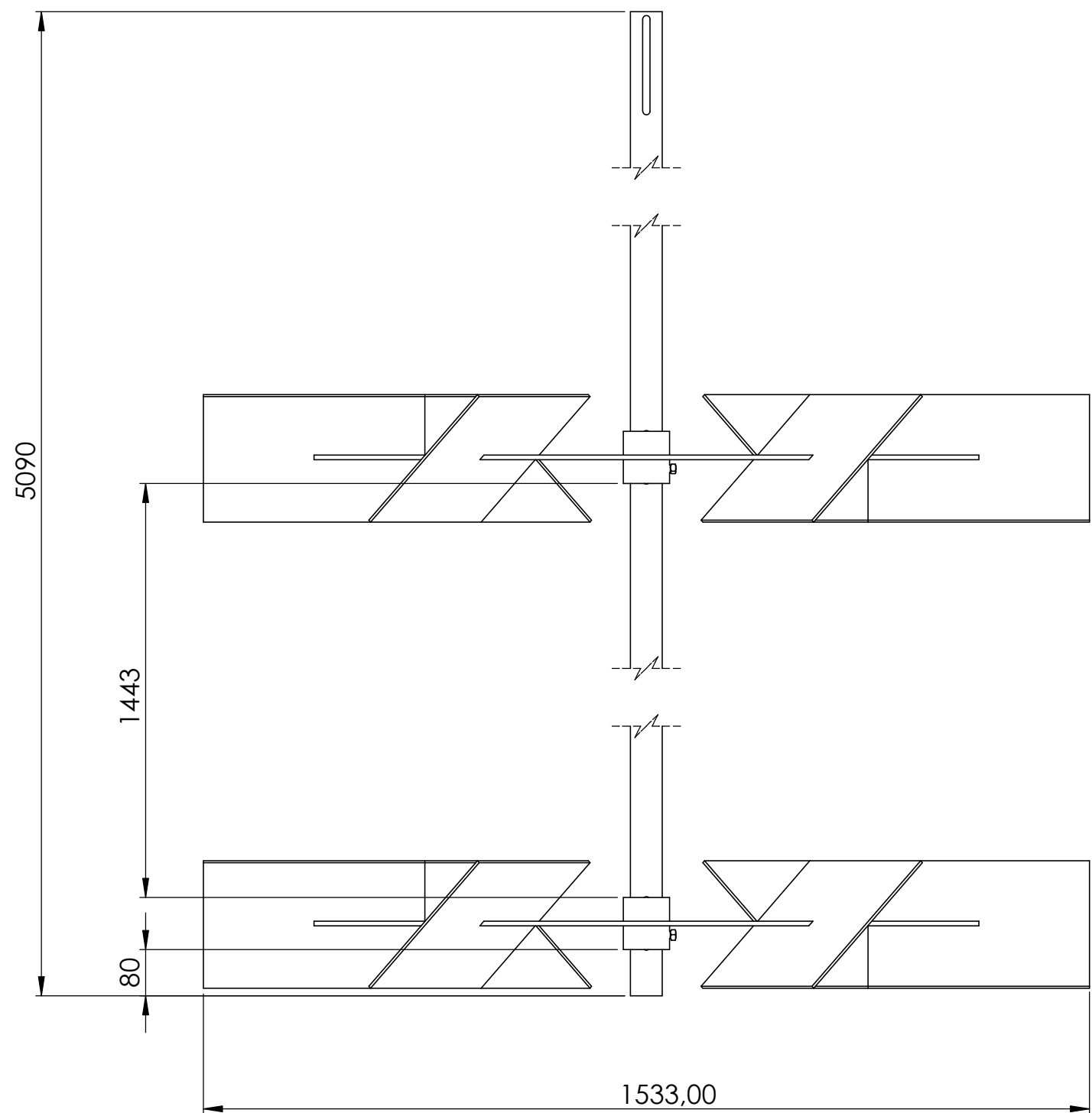
—	—	SAE 1010	—	—
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIÓN
Proyecto Final de Ingenieria ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		Prensa Estopa		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS	
DIBUJO	06/06/2022	Druetto/Hortis	1:2	N°
APROBO				T-03



VISTA ISOMETRICA
ESCALA 1:10

Tolerancias no acotadas según DIN 2768 calidad media

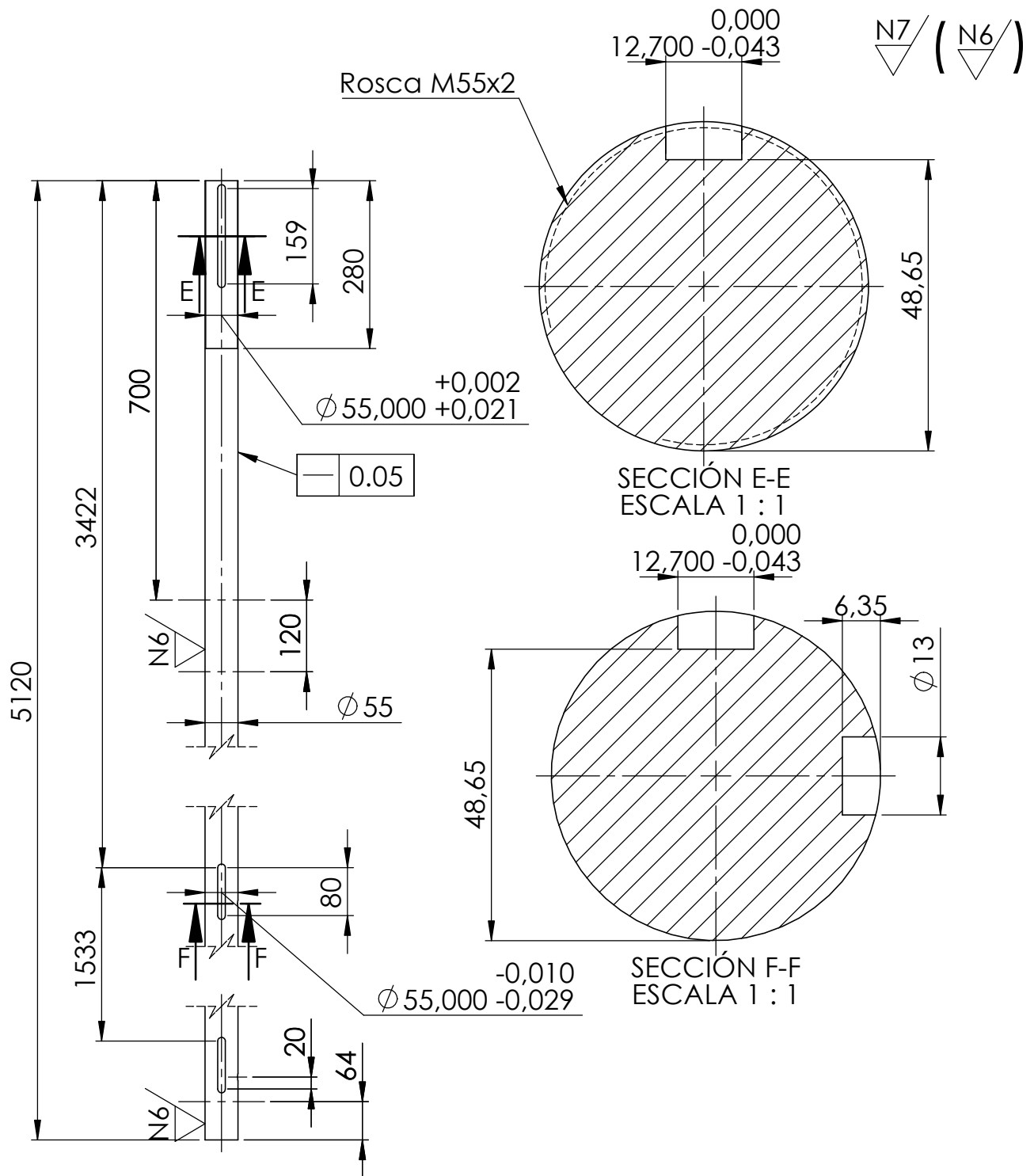
2	Redondo $\phi 20\text{mm} \times 150\text{mm}$	SAE 1010	1	
1	Chapa 3/4"	SAE 1010	1	
POS.	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIÓN
Proyecto final de Ingeniería ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		Tapa puerta hombre		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS	N° T-11
DIBUJO	06/06/2022	Drueitto/Hortis	1:5	
APROBO				



VISTA ISOMETRICA
ESCALA 1:50

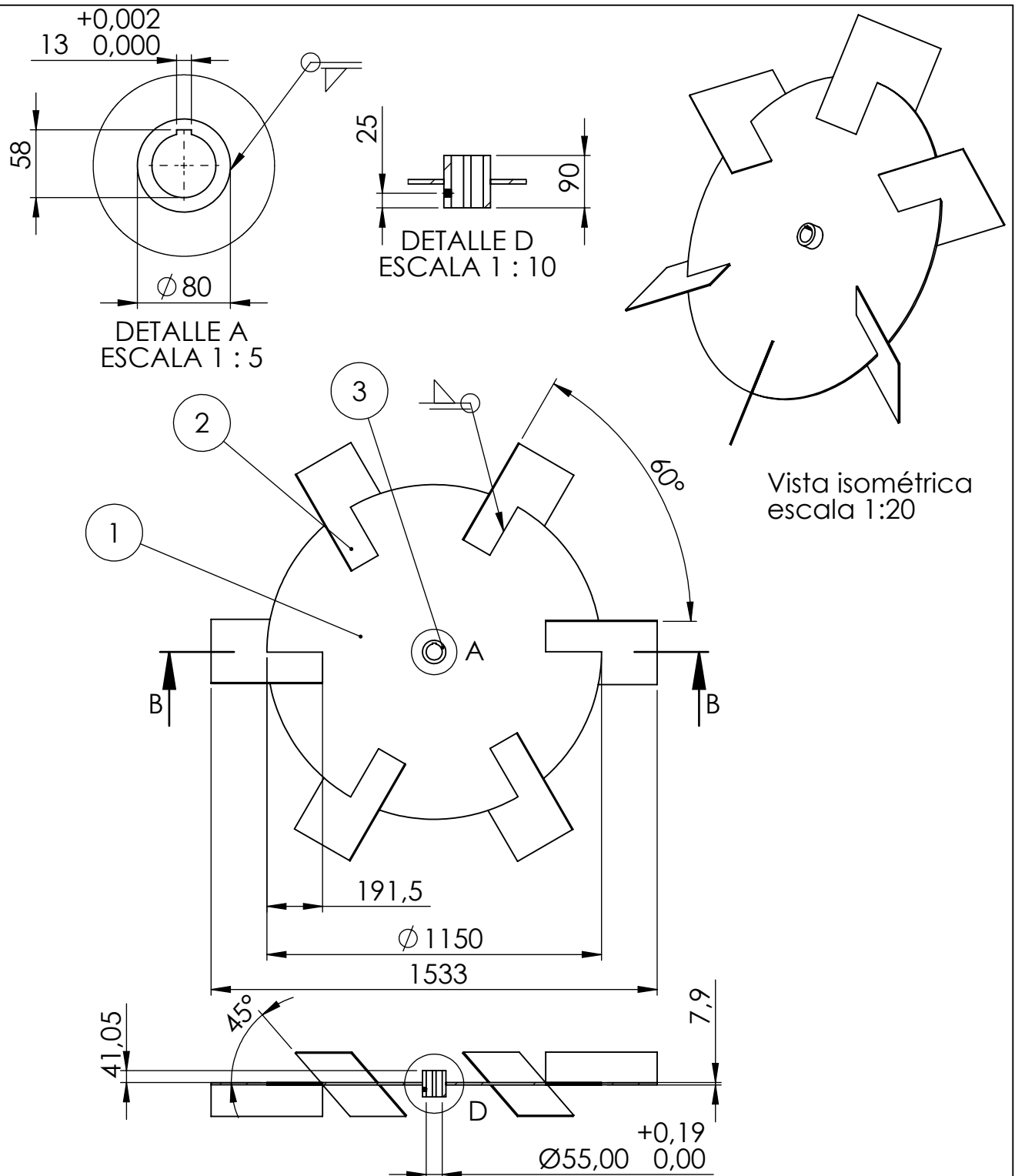
Tolerancias no acotadas segun DIN 2768 calidad media

3	PRISIONERO DIN 479		COMERCIAL	2	INOXIDABLE
2	CONJUNTO IMPULSOR		SAE 304	2	VER PLANO I-03
1	EJE		SAE 304	1	VER PLANO I-01
POS.	DENOMINACIÓN		MATERIAL	CANT.	OBSERVACIÓN
Proyecto final de Ingeniería ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			Conjunto agitador		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS 1:10	N°	I-00
DIBUJO	06/06/2022	Druetto/Hortis			
APROBO					



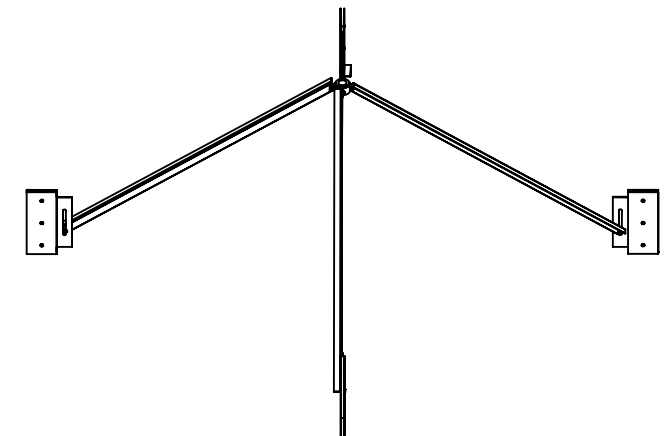
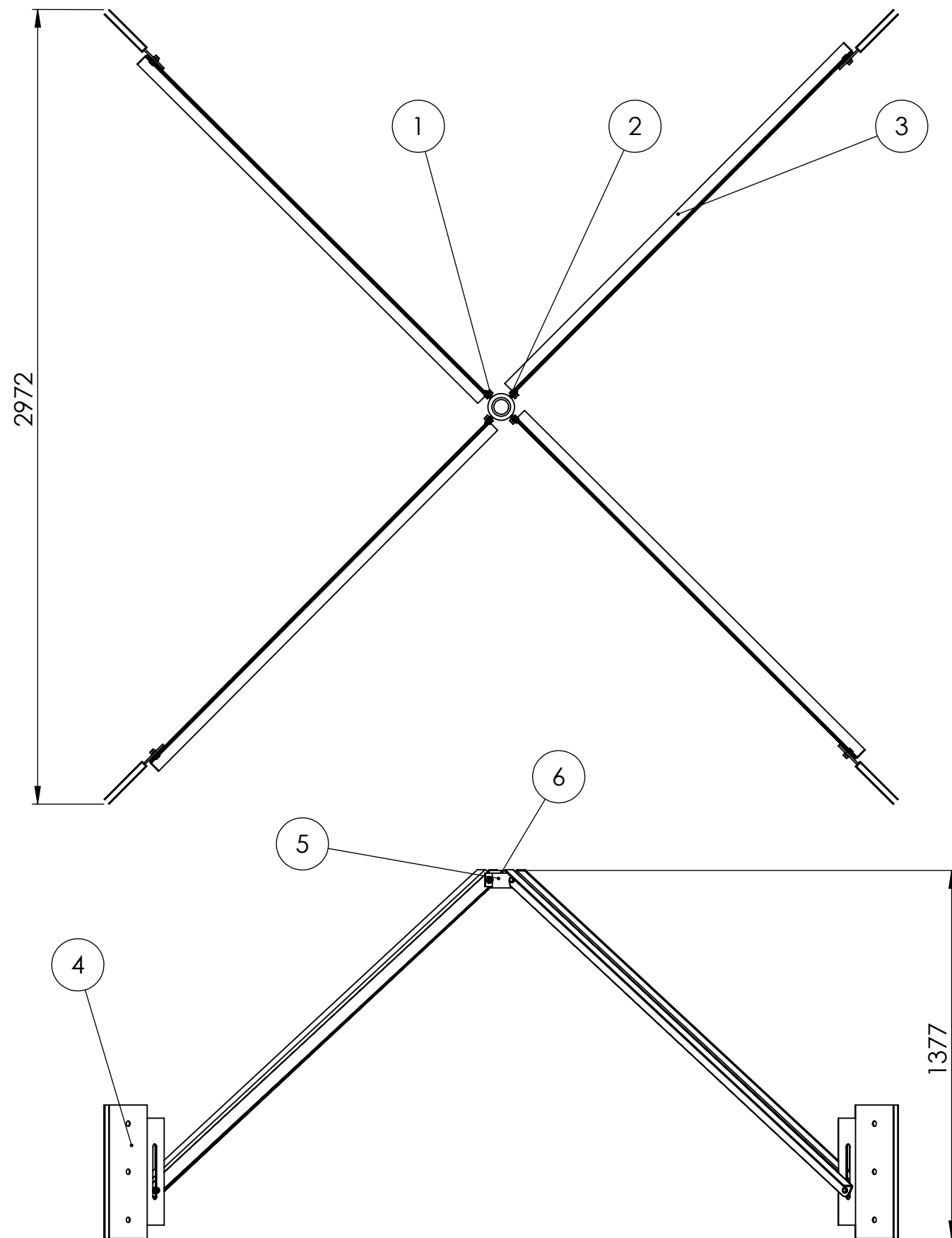
Tolerancias no acotadas segun DIN 2768 calidad media

—	Trefilado $\phi 57.1\text{mm}$		SAE 304	—	—
POS.	DENOMINACION		MATERIAL	CANT.	OBSERVACIÓN
Proyecto Final de Ingenieria ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			EJE		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS 1:10	N° I-01	
DIBUJO	06/06/2022	Druetto/Hortis			
APROBO					



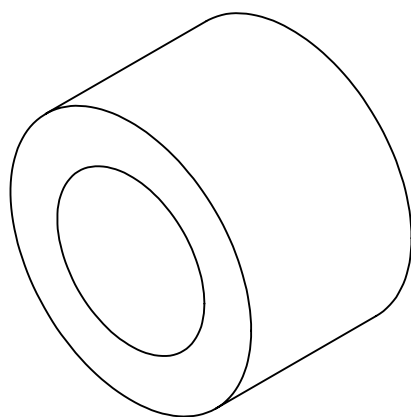
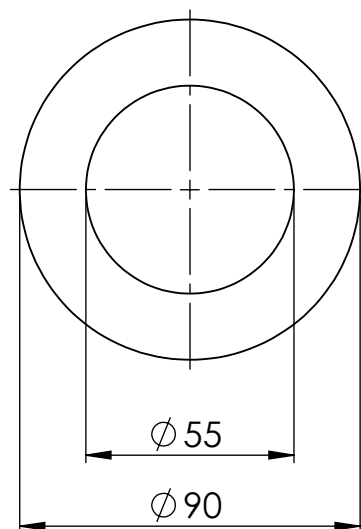
Tolerancias no acotadas segun norma DIN 2768 calidad media

3	Redondo $\phi 80\text{mm}$	SAE 304	1	—
2	Chapa 307mmx383mmx3/16"	SAE 304	1	—
1	Chapa 5/16"	SAE 304	6	—
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIÓN
Proyecto Final de Ingenieria ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		Impulsor		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS	N° 1-03
DIBUJO	06/06/2022	Druetto/Hortis	1:20	
APROBO				



Vista isométrica escala 1:50

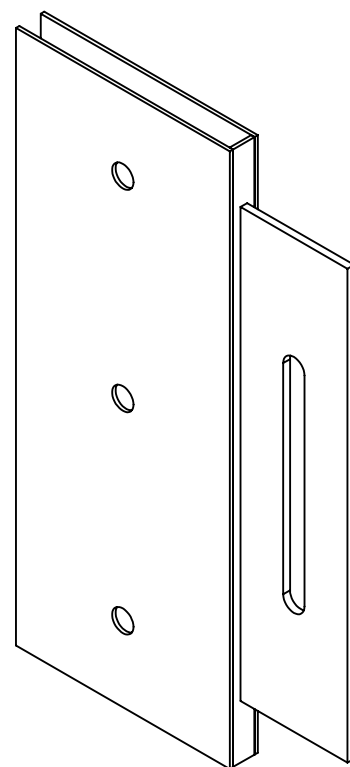
6	Buje teflon	Teflon	1	Ver plano E-01
5	Encastre buje	SAE 1010	1	Ver plano E-03
4	Sujeta buje	SAE 1010	4	Ver plano E-02
3	Perfil L 2150x50x5/16”	Comercial	8	–
2	Bulón M12	Comercial	8	–
1	Tuerca M12 bridada	Comercial	8	–
POS.	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIÓN
Proyecto final de Ingeniería		Conjunto sujeción buje		
ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO				
	FECHA	NOMBRE	N° S-00	
DIBUJO	06/06/2022	Druetto/Hortis		
APROBO				
			ESCALAS 1:20	



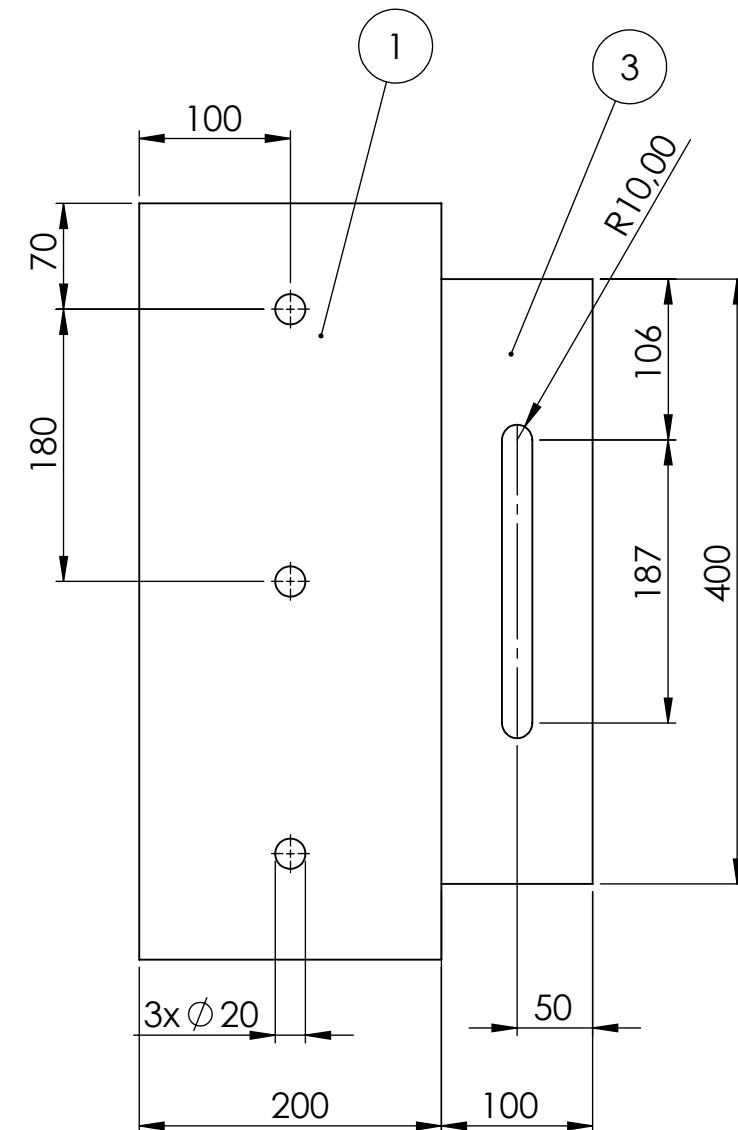
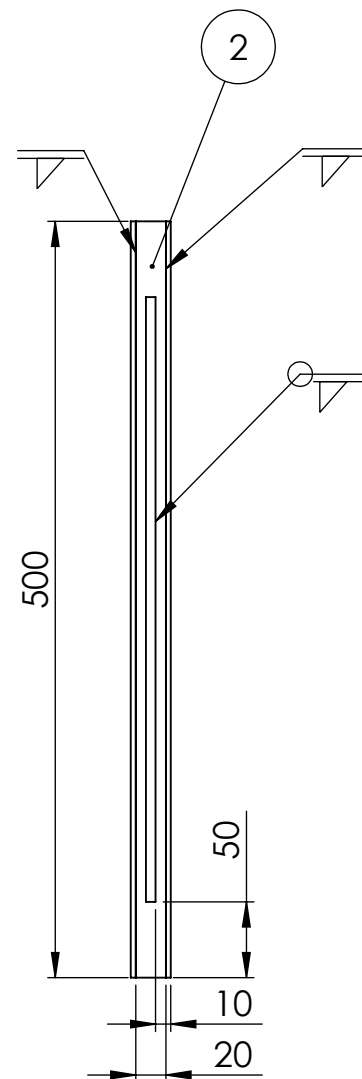
Vista isométrica escala 1:2

Tolerancias no acotadas segun norma DIN2768 calidad media

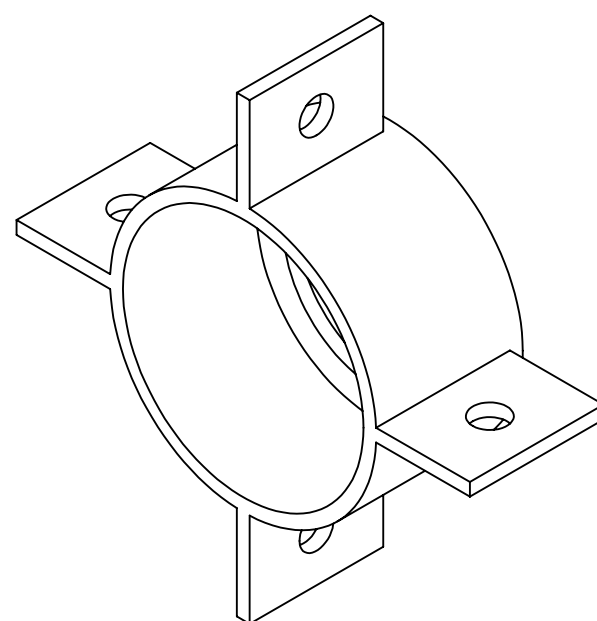
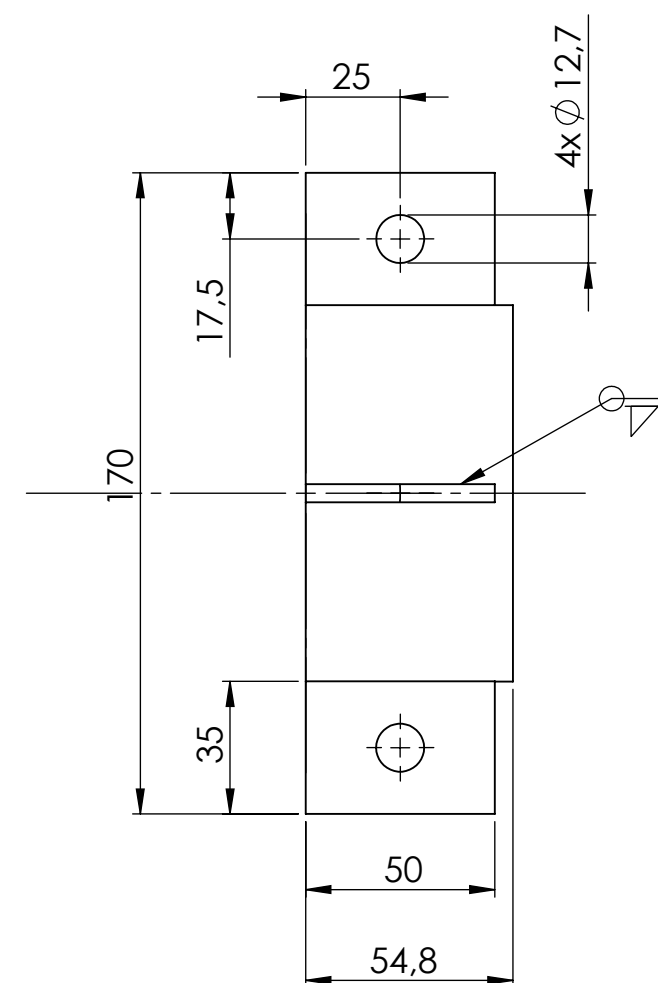
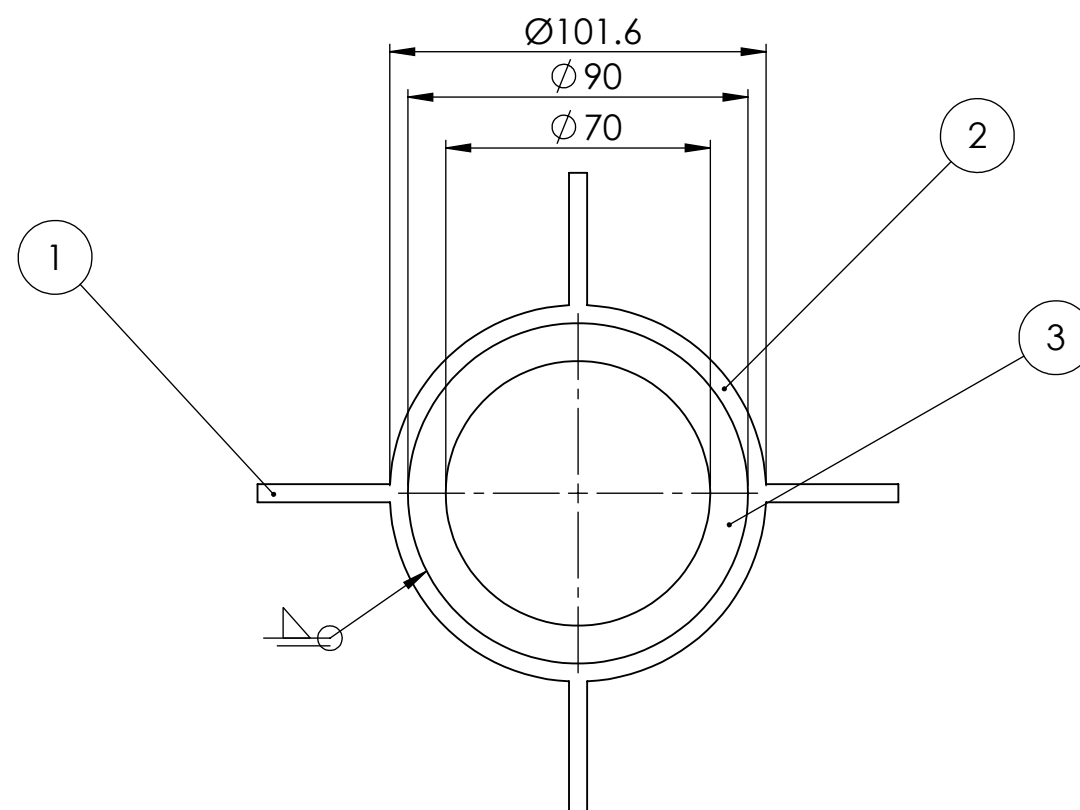
—	Macizo teflon			Teflon	1	—
POS.	DENOMINACION			MATERIAL	CANT.	OBSERVACIÓN
Proyecto Final de Ingenieria ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO				Buje interno		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS 1:2	N° S-01		
DIBUJO	06/06/2022	Druetto/Hortis				
APROBO						



Vista isométrica escala 1:5



3	Chapa 100x400x1/4"	SAE 304	1	—
2	Chapa 20x500x1/8"	SAE 304	1	—
1	Chapa 200x500x1/8"	SAE 304	2	—
POS.	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIÓN
Proyecto final de Ingeniería ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		Sujeción sistema agarre		
	FECHA	NOMBRE	N°	S-02
DIBUJO	06/06/2022	Druetto/Hortis		
APROBO				



Vista isométrica escala 1:2

Tolerancias no acotadas segun DIN 2768 calidad media

3	Chapa 3/16"	SAE 304	1	—
2	Tubo 4" e=4.75mm	SAE 304	1	—
1	Chapa 50x35x3/16"	SAE 304	4	—
POS.	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIÓN
Proyecto final de Ingeniería		Encastre buje		
ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO				
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS	N° S-03
DIBUJO	06/06/2022	Druetto/Hortis	1:2	
APROBO				