

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
Facultad Regional Concepción del Uruguay
Ingeniería Electromecánica

Proyecto Final de Carrera (PFC)

Diseño de una planta hormigonera móvil

Proyecto N°: PFC 1705A

Autor: *Mosna, Lucas Nicolás*

Tutores:

- *Ing. Retamal, Hector*
- *Ing. Turín, Alberto*

Dirección de Proyectos:

- *Ing. Puente, Gustavo*
- *Ing. Aníbal de Carli*

Año: *2019*

Abstract.

This project is about the design of a mobile concrete batching plant to be used in small construction sites such like houses and other small buildings. The plant will be automatic, self sufficient and have all the bins and instruments built in, so could be ready with just a few minutes of preparation.

The design starts with a research about the concrete manufacturing process. For the aggregates and the concrete, were designed hoppers and conveyors to move that materials to the mixer. To bring the water and chemical additives, was selected tanks, pumps and pipelines. A planetary type concrete mixer was studied and designed.

Many of the mechanism are hydraulically driven through motors and cylinders. So, special interest is given to the design of hydraulics circuits. The hoppers gates are moved with pneumatic cylinders, so a small pneumatic circuit is designed too. A trifasic electric circuit is designed, to feed and protect the electric components.

Although a detailed design of the automatic system is not included, all sensors and other fundamental components are selected. Finally, a basic design proposition for the human-machine interface is made, both physical and virtual through a HMI display.

Resumen ejecutivo.

Este proyecto trata sobre el diseño de una planta hormigonera móvil para ser usada en sitios de construcción, como casas y otros edificios pequeños. La planta será automática, autosuficiente y tendrá todos los contenedores e instrumentos incorporados, por lo que podría estar lista con solo unos minutos de preparación.

El diseño comienza con una investigación sobre el proceso de fabricación del hormigón. Para los agregados y el concreto, se diseñaron tolvas y transportadores para mover esos materiales al mezclador. Para llevar el agua y los aditivos químicos, se seleccionaron tanques, bombas y tuberías. Fue estudiado y diseñado una mezcladora de hormigón de tipo planetaria.

Muchos de los mecanismos son accionados hidráulicamente a través de motores y cilindros. Así, se presta especial atención al diseño de circuitos hidráulicos. Las compuertas de las tolvas se mueven con cilindros neumáticos, por lo que también se diseña un pequeño circuito neumático. Se diseña un circuito eléctrico trifásico, para alimentar y proteger los componentes eléctricos.

Si bien no se incluye un diseño detallado del sistema automático, se seleccionan todos los sensores y otros componentes fundamentales. Finalmente, se realiza una propuesta de diseño básico para la interfaz hombre-máquina, tanto física como virtual a través de una pantalla HMI.

Índice general

I	Proyecto ejecutivo	7
1	Problema, objetivos y alcances	9
1.1	Introducción	9
1.2	Planteo del problema	10
1.3	Objetivos	11
1.4	Alcances	11
1.5	Marco de referencia y estado del arte	11
2	Ingeniería básica	13
2.1	Introducción	14
2.2	Proceso de producción de hormigón.	14
2.3	Alimentación de agregados.	19
2.4	Alimentación de cemento.	19
2.5	Alimentación de agua.	19
2.6	Alimentación de aditivos.	20
2.7	Estructura portante.	20
2.8	Equipo de mezclado.	21
2.9	Hidráulica.	22
2.10	Neumática.	22
2.11	Automatización.	23
2.12	Instalación eléctrica.	24
3	Ingeniería de detalles	25
3.1	Alimentación de agregados.	27
3.2	Alimentación de cemento.	34
3.3	Alimentación de agua.	41
3.4	Alimentación de aditivos.	46
3.5	Equipo de mezclado.	49
3.6	Hidráulica.	58
3.7	Neumática.	67
3.8	Automatización.	71
3.9	Instalación eléctrica.	79
II	Memorias de cálculo	85
4	Memorias de cálculo	87
4.1	Aspectos teóricos en la elaboración de hormigón.	89
4.2	Diseño de un hormigón promedio.	89

4.3	Dimensionado básico.	93
4.4	Alimentación de agregados.	97
4.5	Alimentación de cemento.	122
4.6	Alimentación de agua.	134
4.7	Alimentación de aditivos.	141
4.8	Equipo de mezclado.	145
4.9	Hidráulica.	161
4.10	Neumática.	173
4.11	Automatización.	176
4.12	Instalación eléctrica.	181

III Anexos 189

Parte I
Proyecto ejecutivo

1. PROBLEMA, OBJETIVOS Y ALCANCES

1.1. Introducción

El hormigón o concreto es el material más utilizado en la construcción. Se utiliza en obras civiles como puentes, rutas, represas hidroeléctricas, edificios, naves industriales, obras arquitectónicas, etc. Además es utilizado como materia prima para la fabricación de bloques, vigas, adoquines, cordones, etc.

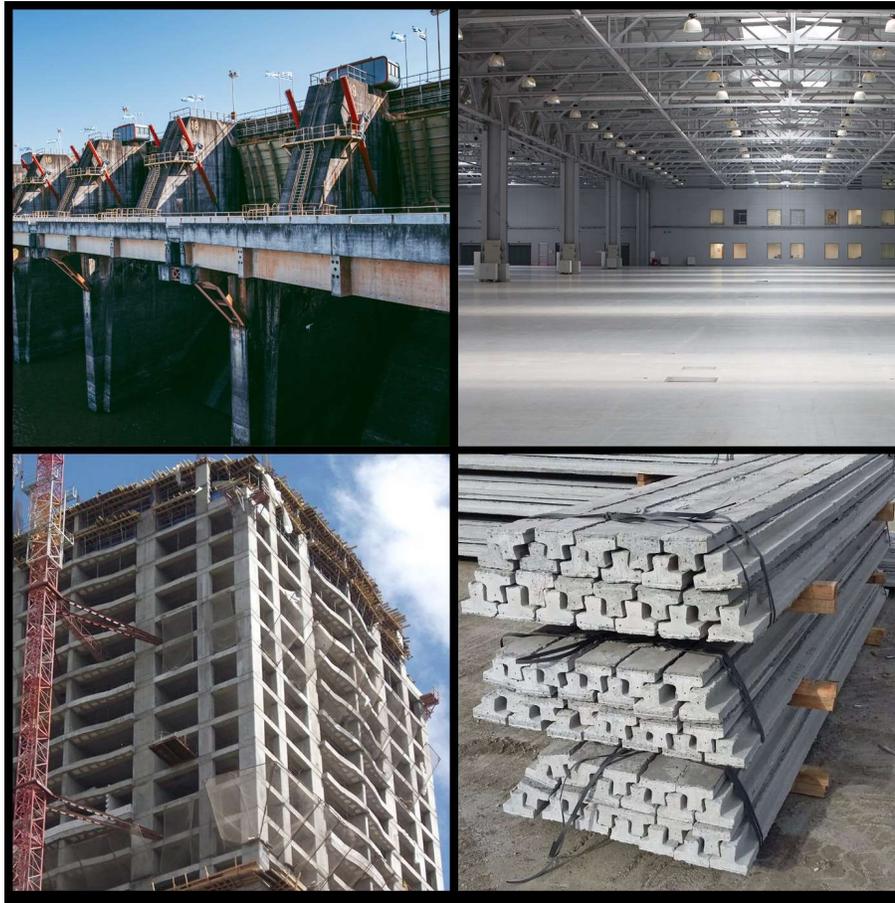


Figura 1.1: Algunos ejemplos de aplicación del hormigón.

Consiste básicamente en una mezcla de un aglomerante (generalmente cemento hidráulico), áridos de diferente granulometría (arena, piedra partida, canto rodado, etc.) y una cantidad apropiada de agua. Esta mezcla puede realizarse con una infinidad de combinaciones, incluyendo además aditivos que le confieren ciertas características. Al transcurrir un determinado tiempo el mortero, que inicialmente puede tener un cierto grado de fluidez, se convierte en un material sólido y que puede alcanzar elevados valores de resistencia, en especial a la compresión.

Existen muchos mecanismos para elaborar hormigón, desde métodos manuales hasta plantas hormigoneras totalmente automáticas. La diferencia va a radicar fundamentalmente en la tasa de producción y en la calidad obtenida. Que el hormigón posea mayor calidad implica que su resistencia final es constante en el tiempo y precisa con respecto a la deseada.

Las empresas constructoras pueden producir su propio hormigón en obra o bien adquirirlo a plantas hormigoneras externas. Las ventajas de producir el hormigón en obra son:

- Es más confiable, al no depender de otra empresa.
- Al tener más control sobre el proceso, es posible disminuir los costos, principalmente en función de la tecnología utilizada.
- La producción está cerca de la utilización, lo cual es importante para lugares de difícil acceso o alejados de centros urbanos.
- Se mantiene más control sobre la materia prima utilizada.
- Es posible producir pequeñas cantidades.

Por otra parte, las ventajas de adquirir el hormigón a una empresa dedicada al mismo son:

- Se puede adquirir la cantidad justa para la necesidad, evitando tener equipamiento ocioso o de capacidad insuficiente.
- Suele tener mayor calidad, en comparación a métodos tradicionales.
- Requiere menor cantidad de mano de obra.
- No se necesita tener equipamiento propio.
- Se simplifica el proceso de compra y almacenamiento de materia prima.
- Posibilidad de abastecer a diferentes obras.

1.2. Planteo del problema

Teniendo en cuenta lo explicado en el punto anterior, se observa en pequeñas y medianas empresas el problema de producir hormigón manteniendo las principales ventajas de cada método. Resulta complicado para éstas producir cantidades variables de hormigón *in situ* manteniendo un alto nivel de calidad y con la mínima cantidad de personal. Todo esto redundará en mayores desperdicios y tiempos de ejecución, es decir, en altos costos. Además, se necesita abastecer diferentes obras que pueden estar distantes entre sí y en lugares de difícil acceso para la adquisición de hormigón elaborado. Se debe tener en cuenta que muchas constructoras adquieren el cemento en pequeñas cantidades y por lo tanto se entrega en bolsas de generalmente 50 kg. La compra de cemento a granel implica la instalación de silos en cada obra, no siendo algo normal en el tipo de empresas estudiadas.

1.3. Objetivos

Los objetivos generales del proyecto son:

- Diseñar una máquina que produzca distintos tipos de hormigón en forma automática, con una alta calidad y trazabilidad.
- La misma deberá permitir la alimentación de cemento desde bolsas.
- El equipo debe estar montado sobre un acoplado para ser tirado por camión y tener cierto grado de autonomía.

1.4. Alcances

- Ingeniería mecánica:
 - Detalle de la planta hormigonera.
 - Detalle del sistema hidráulico
 - Detalle del sistema neumático.
 - Ingeniería básica de estructura portante y chasis.
- Ingeniería eléctrica:
 - Detalle de la instalación eléctrica de potencia.
 - Automatización: Selección de componentes y detalle de instalación. Diagrama de flujo del sistema automático y aproximación de la interfaz.

El proyecto no incluirá la siguiente documentación:

- Ingeniería de detalle de la estructura portante, chasis, ejes, etc.
- Programación del PLC.
- Estudios de factibilidad posteriores (económico, ambiental, etc.).

1.5. Marco de referencia y estado del arte

Existen a nivel mundial diversas máquinas móviles para producir hormigón, algunas de ellas con características muy similares a las necesarias. Sin embargo, es común que sean para volúmenes de producción elevados. Además, puede variar el grado de autonomía, ya que algunas no incluyen tanques de agua o generadores eléctricos y éstos son suministrados por servicios públicos.

En Argentina, existen muy pocas empresas que producen equipos de éste tipo, enfocándose en plantas de alta producción. A menor escala existen otros equipos llamados dosificadores de hormigón, los cuales pesan cada componente y los entregan por separado a una mezcladora externa.

2. INGENIERÍA BÁSICA

Contenido del capítulo:

2.1	Introducción	14
2.2	Proceso de producción de hormigón.	14
2.2.1	Recepción de materia prima	14
2.2.2	Preparación del equipo	15
2.2.3	Funcionamiento de la planta hormigonera	16
2.2.4	Balance de masa unitario	17
2.2.5	Balance de masa total	17
2.3	Alimentación de agregados.	19
2.4	Alimentación de cemento.	19
2.5	Alimentación de agua.	19
2.6	Alimentación de aditivos.	20
2.7	Estructura portante.	20
2.8	Equipo de mezclado.	21
2.9	Hidráulica.	22
2.10	Neumática.	22
2.11	Automatización.	23
2.12	Instalación eléctrica.	24

2.1. Introducción

En éste capítulo, se propondrá el diseño de cada sistema y componentes dentro de la planta hormigonera. En primer lugar se plantearán las normas y nomencladores a ser usados durante el proyecto. Luego se analizará el proceso de producción del hormigón y se identificarán secciones de análisis según su función, tal como la alimentación de áridos, la mezcladora de hormigón y la estructura. Por último se describirán los servicios necesarios para el funcionamiento.

2.2. Proceso de producción de hormigón.

Todo lo descrito en cuanto a requerimientos del proceso de producción en la presente sección se basa en lo especificado por el reglamento CIRSOC 201 especialmente en sus capítulos 3, 4 y 5.

Antes de comenzar la descripción, vale mencionar que el reglamento define lo llamado control de conformidad, que es el conjunto de acciones y decisiones destinadas a la recepción del hormigón, para luego de aplicar un criterio que establezca si cumple con los requisitos especificados por el reglamento y el proyecto. Por lo tanto, y citando el artículo 4.1.5 de Cirsoc 201:

Este Reglamento establece dos modos de control de conformidad a ser aplicados a diferentes modos de producción, puesta en obra y control de producción del hormigón. Dichos modos se describen a continuación:

- **Modo 1.** El hormigón es producido en una planta productora que opera con un sistema de calidad. La planta elaboradora puede estar instalada dentro o fuera del recinto de la obra. El Director de Obra tiene acceso al control de producción de la planta y conoce sus registros. El control de conformidad se realiza de acuerdo con el artículo 4.2.3.
- **Modo 2.** El hormigón es producido en condiciones que no satisfacen los requisitos establecidos para el Modo 1. El control de conformidad se realiza de acuerdo con el artículo 4.2.4.

Dados los objetivos planteados, está claro que se debe apuntar a una planta hormigonera que permita un Modo 1 de control, de forma tal que se obtenga la mayor calidad de producto posible. Por supuesto, dado que éste es de mayores exigencias, la planta también cubre el Modo 2. Durante el desarrollo del capítulo, mientras se explica el funcionamiento del equipo se tendrán en cuenta las condiciones exigidas por el reglamento para cumplir con el Modo 1 de funcionamiento y los requisitos generales del reglamento.

2.2.1. Recepción de materia prima

Éste es un aspecto que no puede ser contemplado para el diseño de la máquina, ya que es un paso previo a la carga de los materiales en la misma. Sin embargo, por ser de gran importancia para que el equipo alcance altos estándares de calidad, se mencionan brevemente las condiciones de recepción y almacenamiento de la materia prima:

- **Agregados:** Son materiales de tipo rocoso con una masa entre 2000 y 3000 kg/m³. Se dividen en grueso (AG), normalmente formado por canto rodado o roca partida, y fino (AF), compuesto principalmente por arena natural o una mezcla con no más de 30 % de arena de trituración. Se establece que debe acopiarse como mínimo una cantidad suficiente para 2 días de producción. El acopio debe asegurar el mantenimiento de las características del árido con el tiempo. Se deben realizar una serie de ensayos para asegurar su conformidad con el reglamento:
 - Granulometría (tamaño máximo en AG y modulo de finura en AF).
 - Reacción a álcalis.
 - Presencia de arcillas expansivas (inmersión en etilén glicol).
 - Presencia de sustancias nocivas (materias carbonosas, sales, arcilla, etc.).
 - Estabilidad frente a una solución de sulfato de sodio.
 - Presencia de conchillas (AF).
 - Presencia de materia orgánica (AF)
 - Ensayo de desgaste “Los Ángeles” (AG).
 - Partículas lajosas y elongadas (AG).
- **Cemento:** Se deberá usar cemento hidráulico de una marca y procedencia aprobada. Debe cumplir lo especificado por las normas IRAM 50000:2000 e IRAM 50001:2011. Dado que se está suponiendo la provisión de cemento en bolsas de 50kg, el reglamento establece que se deberá mantener en su envase hasta su utilización. Se debe verificar que al momento de ser utilizado no presente grumos ni se encuentre a una temperatura mayor a 70°C.
- **Agua:** La norma IRAM 1601:1986 establece la calidad mínima que deberá poseer, aunque el reglamento considera que el agua de red es apta.
- **Aditivos:** Deben cumplir con los requisitos de la norma 1663 y se conservarán siguiendo las recomendaciones del fabricante.

2.2.2. Preparación del equipo

Antes de producir un determinado hormigón, se deberá contar con la siguiente información:

- Tipo y características de los agregados. Granulometría según tamiz estándar (Sieve, Tyler, etc.).
- Tipo y marca del cemento. Principalmente, resistencia nominal (30, 40, etc.) y composición (normal, puzolánico, compuesto, fillerizado, etc.)
- Tipo y marca de los aditivos. Dosificación recomendada en kilogramos por metro cúbico de hormigón.
- Cantidades cemento y cada uno de los agregados en kg/m³.
- Cantidades de agua y aditivos en kg/m³ o kg/m³.

- Razón agua/cemento en masa (kg/kg).
- Resistencia media a obtener (MPa).
- Consistencia o trabajabilidad del hormigón fresco. Se determina como el asentamiento en centímetros de un cono (IRAM 1536:1978).
- Densidad estimada del hormigón fresco en kg/m^3 .

Ésta información se utilizará para programar la automatización y realizar algunos pastones de prueba, los cuales se utilizarán para realizar los ensayos que se especifican en el reglamento.

2.2.3. Funcionamiento de la planta hormigonera

A continuación se enumeran los pasos para la elaboración de un lote de hormigón. En la Figura 2.1 se muestra gráficamente el proceso mediante un diagrama. Cabe destacar que si bien los pasos siguen un orden lógico, algunas operaciones pueden estar ocurriendo simultáneamente:

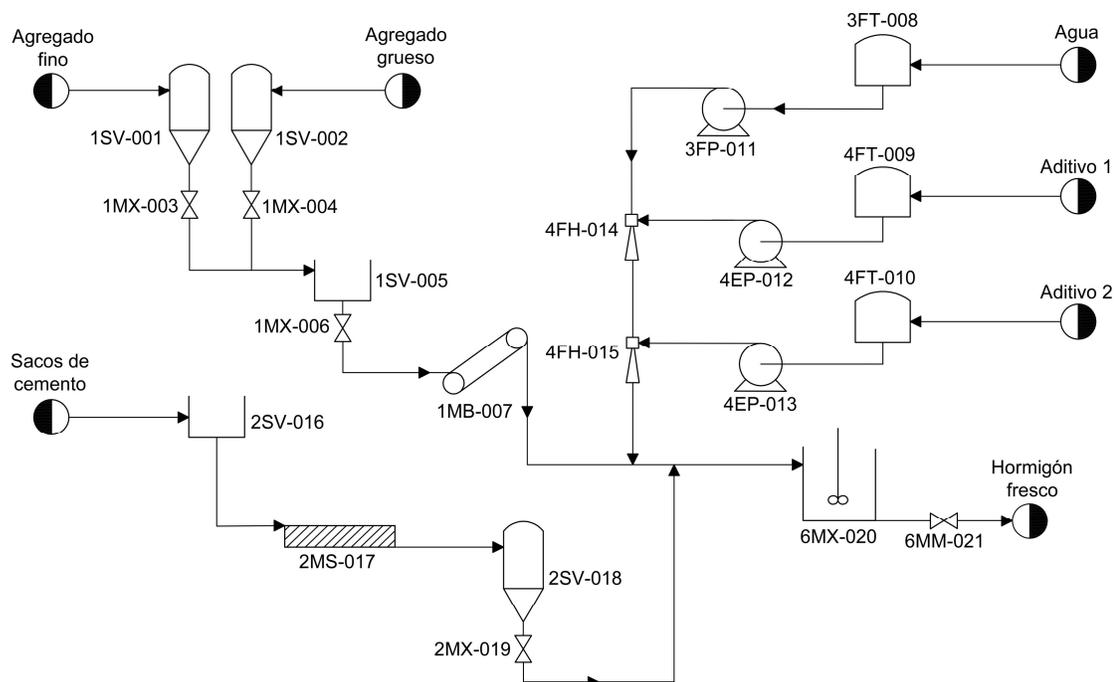


Figura 2.1: Diagrama de flujo del proceso de fabricación de hormigón.

1. Mediante una compuerta (**1MX-004**) que abre un cierto tiempo (en uno o mas ciclos) se va descargando el agregado grueso de la tolva de almacenamiento (**1SV-002**) a la tolva de pesado (**1SC-005**) hasta alcanzar el peso estipulado.
2. Se descarga el contenido de la tolva de pesado en una cinta transportadora (**1MB-007**).
3. Se repiten el paso 1 y 2 para el agregado fino.

4. Mediante un tornillo sinfín (**2MS-017**) se lleva el cemento desde una tolva de almacenamiento (**2SV-016**) hacia una de pesado (**2SV-018**), hasta alcanzar el peso determinado en la fórmula.
5. Comienza a girar la mezcladora (**6MX-020**).
6. Mediante la cinta transportadora se descargan los agregados en la mezcladora.
7. Luego de un cierto retardo de tiempo, se abre la compuerta (**2MX-019**) de la tolva de pesado de cemento y éste ingresa en la mezcladora.
8. Transcurrido otro retardo, se activa una bomba (**3FP-011**) que impulsa el agua desde el depósito (**3FT-008**) hacia la mezcladora.
9. Sobre la línea presurizada de agua se ubican dos mezcladores (**4FH-014** y **4FH-015**) donde se incorpora cada uno de los aditivos, que se encuentran almacenados en depósitos cerrados (**4FT-009** y **4FT-010**). Cada uno de los líquidos se impulsa mediante bombas (**4EH-012** y **4EH-013**), que se apagan automáticamente al llegar a la cantidad establecida .
10. Una vez incorporados todos los componentes, comienza a contar el tiempo de mezclado. El reglamento exige para éste tamaño de planta un tiempo entre 90 y 300 segundos.
11. Pasado éste lapso, se abre la compuerta (**6MM-021**) inferior de la mezcladora para descargar su contenido.

2.2.4. Balance de masa unitario

El balance de masa unitario se realiza en base a la dosificación ideal de 1 m^3 de hormigón promedio, cuyo diseño se encuentra desarrollado en la sección 4.2. A ésta dosificación se le incorpora un aditivo, considerando una situación más real. No es frecuente la utilización de dos aditivos simultáneos debido a la posibilidad de efectos adversos.

El aditivo utilizado para el ejemplo es **Sika-Cem**, que siendo un fluidificante aumenta la trabajabilidad del hormigón sin afectar la relación **a/c** y su utilización es frecuente. Tiene una densidad de 1200 kg/dm^3 y el fabricante indica que debe incorporarse al hormigón en una razón de 250 ml por cada 42,5 kg de cemento.

Finalmente, el balance de masa está representado por el diagrama de la Figura 2.2.

Como se observa, no se incluyeron pérdidas de material en ningún proceso. La principal pérdida aparente que se observa es el hormigón fresco adherido a la mezcladora. Sin embargo, esto ocurriría sólo en los primeros pastones, luego podemos considerar que se mantiene siempre igual, debido al raspado de las paletas.

Por otra parte, también podría existir una cierta cantidad de agregado fino que quede adherido a la cinta transportadora. Pero, considerando el elevado peso de las cargas que se trasladan, podemos asumir que éste peso es despreciable.

2.2.5. Balance de masa total

El diagrama anterior da una idea sobre la composición de un pastón. En la sección 4.3.1 se calcula la tasa de producción horaria de la planta hormigonera, que es igual a $4 \text{ m}^3/\text{h}$.

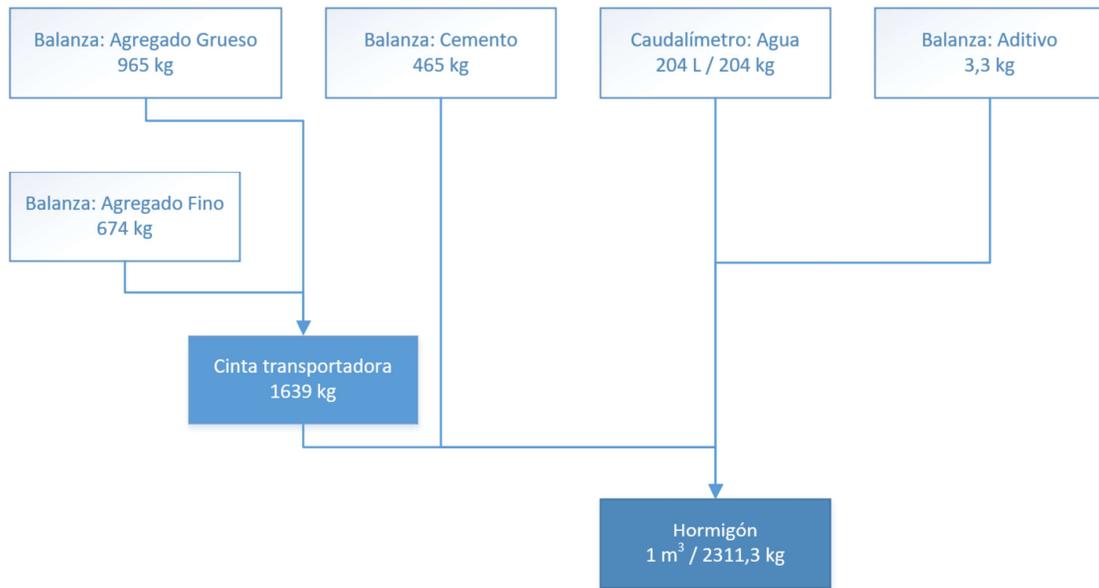


Figura 2.2: Diagrama del balance de masa unitario.

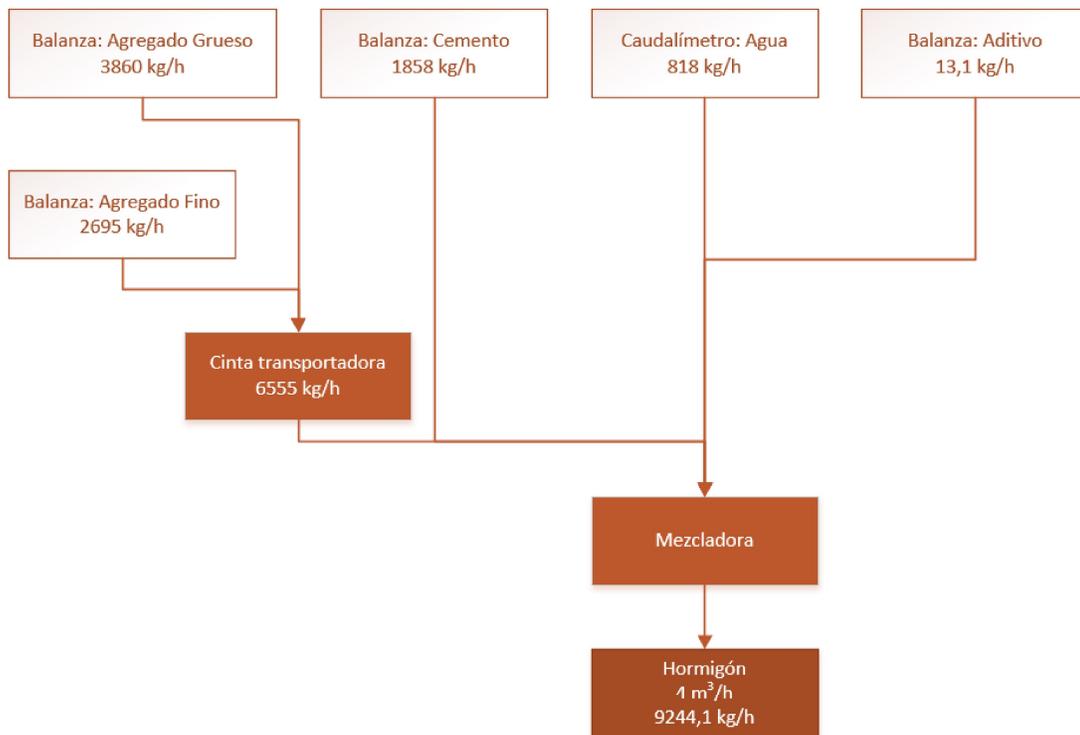


Figura 2.3: Diagrama del balance de masa total.

Si afectamos los valores del diagrama anterior por ésta tasa, podemos elaborar un balance de masa total (Figura 2.3), que nos indica el consumo horario de cada componente.

2.3. Alimentación de agregados.

Se utilizará una tolva de acero con un compartimento para cada agregado con una capacidad de al menos $2,3\text{m}^3$ cada uno. Las tolvas podrán ser cargadas con máquinas cargadoras, tales como minicargadores o tractores. Si la altura de carga excede las capacidades del equipo, se deberán instalar rampas en obra, ya sea de acero, hormigón o montículos de tierra.

Cada uno de éstos depósitos tendrán compuertas de descarga individuales tipo almeja y accionados por cilindros neumáticos. Además se instalará un motor de vibración por cada tolva para facilitar la descarga de todo el material, incluyendo lo que pueda quedar adherido por su humedad.

Éstos descargarán sobre la tolva de pesado que permitirá la acumulación de al menos 500 kg de áridos. Ésta descargará sobre la cinta transportadora, que tendrá un alimentador que evite el derrame del mismo. La descarga será por otra compuerta tipo almeja impulsada por cilindros neumáticos.

La cinta transportadora deberá vaciarse en al menos 30 segundos y descargar dentro del equipo mezclador. La cinta estará impulsada por un motor hidráulico directo al eje del tambor motriz.

2.4. Alimentación de cemento.

Como se mencionó anteriormente, el cemento hidráulico será provisto desde bolsas de 50 kg. Se utilizará una tolva que esté diseñada para ser cargada manualmente desde éstos. Para ello dispondrá de una rejilla a modo de tapa que cuente con algún tipo de cuchilla capaz de romper el papel de la bolsa y de ésta manera volcar su contenido adentro. Deberá contener al menos 460 kg de cemento.

Una vez cargada y cada vez que lo determine el control automático, se descargará mediante un sinfín horizontal dentro de la tolva hacia un transporte a tornillo elevador. Éste sinfín será impulsado por un motor hidráulico directo.

El transporte a tornillo estará inmediatamente después de la tolva y llevará el cemento hacia una tolva de pesado, siendo accionado el tiempo necesario hasta completar la cantidad de kilogramos que requiera la fórmula. Será impulsado por un motor hidráulico directo.

La tolva de pesado deberá tener una capacidad adecuada para producir un pastón de casi cualquier tipo de hormigón, minimizando la necesidad de realizar dos pesadas. La descarga de ésta tolva será mediante una compuerta rápida que libere todo el contenido, impulsada por un cilindro neumático. Se deberá contemplar un diseño o materiales que evite el apelmazado del cemento en su interior.

2.5. Alimentación de agua.

La alimentación de agua se realizará desde uno o más depósitos de agua que permita una autonomía razonable y que además, en combinación con una reposición de red normal permita un uso continuado en una jornada completa. De acuerdo a los cálculos de la sección 4.3.2, debería tener depósitos con al menos 818 l. Se deberá dejar un lugar de fácil acceso un punto de conexión para la alimentación de agua de red.

Para el envío hacia la mezcladora, se utilizaría una bomba centrífuga de capacidad suficiente y una línea hacia la mezcladora con tuberías adecuadas.

En algún lugar de la línea se instalarán los puntos de conexión con los depósitos de aditivos, que se incorporarían en la cantidad necesaria de cada uno.

Para la descarga en la mezcladora, se usará algún dispositivo que distribuya el agua de forma lo más uniforme posible sobre los áridos y el cemento.

2.6. Alimentación de aditivos.

Dado que los aditivos se agregan al hormigón en pequeñas dosis, se buscará un compromiso entre el espacio necesario y la autonomía otorgada, con una capacidad de al menos 41 litros por aditivo. Todo el sistema de alimentación se diseñará por duplicado para permitir el uso de dos aditivos simultáneamente.

Luego, se conectarán estos depósitos a la línea de alimentación de agua, como se mencionó en el punto anterior, utilizando mezcladores. Aguas arriba se utilizaría una bomba que impulse el aditivo hasta alcanzar lo indicado por la fórmula, tras la orden correspondiente del sistema de automatización.

2.7. Estructura portante.

La base fundamental del equipo será un chasis tipo acoplado para ser tirado por camión. Éste constará con la cantidad y distribución de ejes más apropiada para el peso de los componentes. De acuerdo a la ley de tránsito, las dimensiones exteriores máximas para una unidad no automotora (acoplado) son 8,6m de largo entre partes salientes, 2,6m de ancho entre partes salientes y 4,1m de altura total desde la calzada. Teniendo ésto en cuenta se establece la distribución aproximada de los equipos dentro de ese espacio, lo cual se observa en la Figura 2.4. El área de servicios incluye los equipos compresores de aire, bombas de aceite, tablero eléctrico, equipos de control automático, etc. Además deberá tener los accesorios reglamentados por la ley de tránsito, tales como luces, frenos, adhesivos reflectivos, etc.

Además, para soportar cada equipo, tendrá una estructura de acero general con los correspondientes soportes por equipo. En algunos casos se diseñarían estructuras secundarias para los equipos y luego éstas se montarían a la estructura general a través de celdas de carga, como es el caso de la tolva de pesada de agregados, por ejemplo.

Además contará con cuatro patas retráctiles mediante cilindros hidráulicos con el fin de estabilizar y nivelar la máquina rápidamente antes de comenzar a operar.

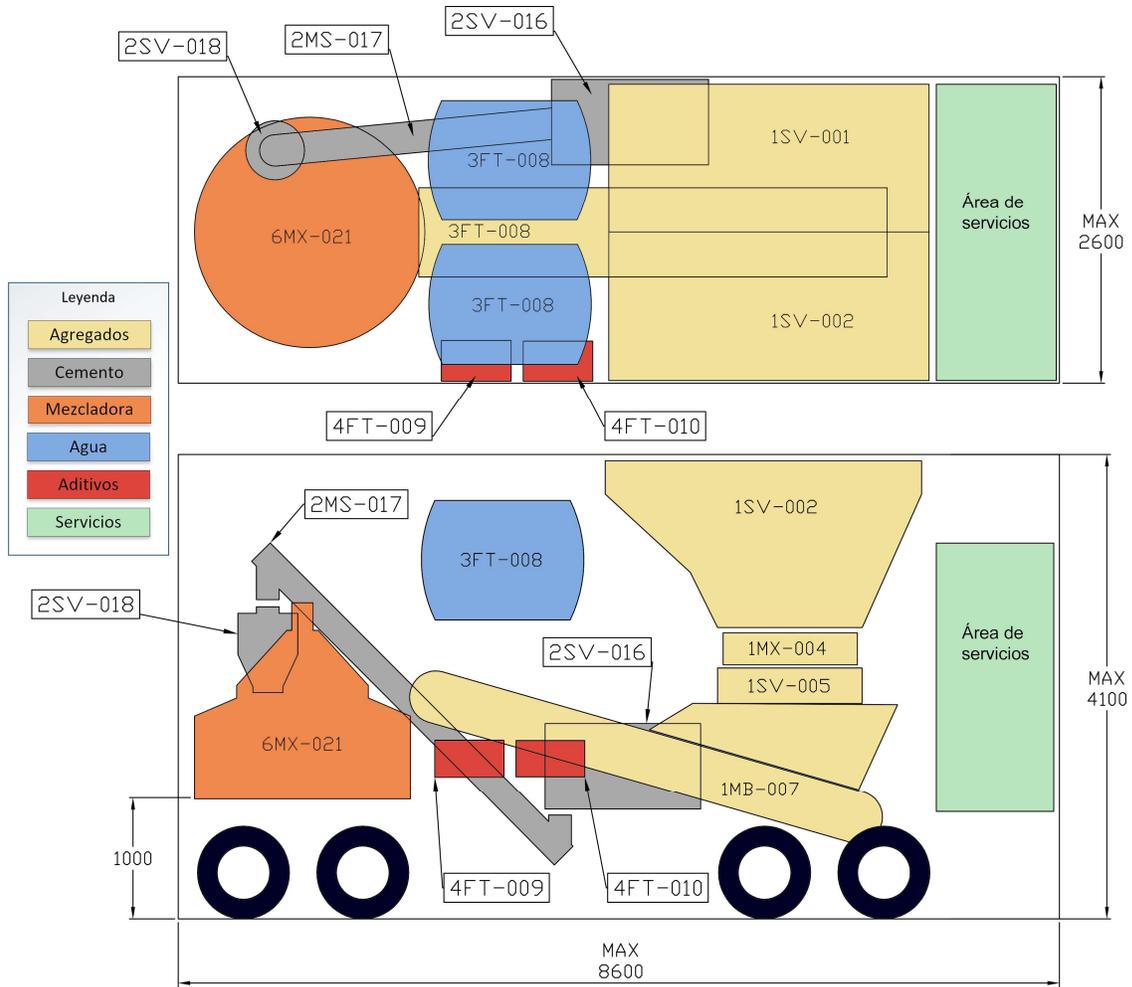


Figura 2.4: Layout aproximado de la planta.

2.8. Equipo de mezclado.

El equipo de mezclado será del tipo planetario. Éste consistirá de dos planetas giratorios, cada uno de ellos con dos satélites, girando a su vez alrededor de un eje central (Sol). Éste sistema contará con un mecanismo de engranajes para lograr éste doble giro y estará impulsado por un motor hidráulico. El número de revoluciones por minuto se adaptará para la aplicación utilizando un reductor a engranajes. Además, se incluirá una paleta independiente que girará con respecto al eje central, cuya función será el contacto con las paredes y los bordes exteriores del fondo.

Cada planeta contará con un eje central impulsado por los engranajes anteriormente mencionados y estará soportado por rodamientos. Se diseñará un sistema de sellos y retenes para permitir una lubricación con aceite de todo el sistema.

El mecanismo de mezclado estará montado sobre una cuba contenedora, que tendrá sus paredes interiores y fondo cubiertos con placas resistentes al desgaste y que permitan su fácil reemplazo al acabar su vida útil.

En el fondo del recipiente, se encontrará una compuerta giratoria que efectuará la descarga del hormigón producido. Estará accionada por un cilindro hidráulico. El fondo se encontrará a una altura desde el suelo tal que permita su descarga en bombas de

hormigón, hormigoneras de carretilla, minicargadores, etc.

En la parte superior del equipo se encontrarán los aspersores de agua y aditivos, así como cuatro aberturas iguales. Una de éstas será el ingreso de cemento proveniente de la tolva de pesado. En otra descargará la cinta transportadora de áridos. Y las dos restantes serán tapas de inspección y mantenimiento. También se instalará una tapa lateral en las paredes de la cuba para mantenimiento.

2.9. Hidráulica.

Se entiende como central hidráulica al conjunto de componentes que son necesarios para alimentar con aceite a presión los consumos (motores y cilindros). Se contará con un determinado número de bombas hidráulicas, a pistones axiales o engranajes según el caudal necesario para alimentar circuitos hidráulicos independientes. Cada una de éstas será impulsada por un motor eléctrico de potencia suficiente.

En general, contará con un tanque y un radiador para aceite de capacidad adecuada, a fin de evitar el calentamiento del fluido. El depósito contará con indicador de nivel y temperatura para realizar mantenimientos e inspecciones. Para el control de cada salida se colocará una válvula reguladora de presión. Cuando la presión supera el valor predefinido, ésta válvula deriva parte del aceite de vuelta hacia el tanque, de tal forma que la presión se mantiene en dicho valor.

Ésta central alimentará un comando, desde donde surgen las líneas que alimentan cada motor o cilindro hidráulico. Éste comando es una agrupación de válvulas accionadas por solenoides, de tal forma que puedan ser operadas remotamente por un operario o por el control automático.

Para la transmisión del aceite en la central y a lo largo del equipo se utilizarán tanto tubos como mangueras. En las líneas que alguno de los extremos esté conectado a un cilindro hidráulico se utilizará manguera hidráulica con al menos dos mallas de acero. Si la longitud de la línea es considerable, se utilizará un tramo corto de manguera y luego se continuará con tubos de acero sin costura, conformados a medida para ser instalados donde sea conveniente. Si ambos extremos de la línea están conectados a componentes estáticos (por ej. válvulas), se podrán utilizar íntegramente tubos de acero.

Si algún punto de utilización no tolerase la presión general regulada en la central se instalarían válvulas reguladoras de presión cruzadas cerca de ese componente.

2.10. Neumática.

La instalación neumática es básica ya que solo deberá garantizar la alimentación de los cilindros neumáticos de simple acción para aperturas de tolvas con una presión constante. Contará con un compresor eléctrico, tanque y dispositivos de seguridad. Las líneas de alimentación a cada consumo serán con una combinación de tubos y mangueras, en forma similar a lo indicado para la instalación hidráulica. Se incluirán reguladores de presión y filtros donde corresponda.

Para el comando, se instalarán electroválvulas que podrán accionarse desde el control automático o el tablero manual.

2.11. Automatización.

Dado el objetivo fundamental del proyecto, de asegurar la calidad del hormigón producido, se controlarán todas las variables posibles. Tal como exige el reglamento CIRSOC, la dosificación se hará por masa en todos los componentes excepto el agua, que puede ser medida en volumen siempre y cuando la presión de red no afecte la medición. El control se realizará utilizando un PLC con una pantalla **HMI** (*Human-Machine Interface* o Interfaz Humano-Máquina).

La cantidad de agua y áridos debe corregirse por la humedad de los áridos. Por lo tanto se instalará un sensor de humedad por radar en la compuerta de cada agregado, que determinará en tiempo real su grado de humedad. En función de éste parámetro, se opera sobre la bomba de agua hasta alcanzar el caudal de agua necesario para la fórmula, indicado por un caudalímetro.

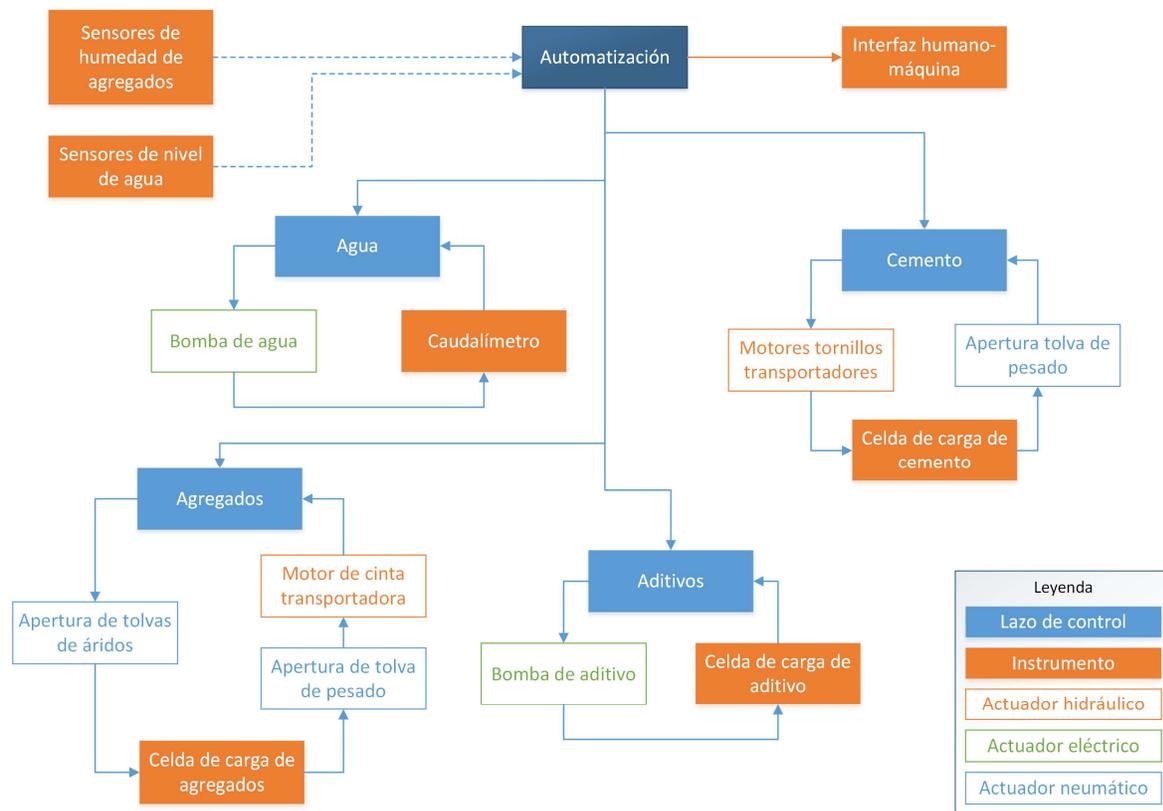


Figura 2.5: Diagrama básico de lazos de control.

Para controlar la carga de áridos, el control actuará sobre el cilindro neumático de cada compuerta y el motor vibratorio de cada tolva, tomando como variable de control el peso observado por celdas de carga en la tolva de pesada y lo indicado por los sensores de humedad. Luego de pesar cada agregado, operará sobre el cilindro neumático de la tolva de pesada para abrir la compuerta y finalmente sobre el motor de la cinta transportadora para cargar la mezcladora.

En el caso del cemento, el control actuará sobre los motores de ambos sinfines mientras controla el peso en la tolva de pesada, hasta alcanzar el valor deseado. Luego se abrirá mediante un cilindro neumático la compuerta de la tolva un cierto tiempo que asegure la

descarga total de su contenido.

Para la carga de aditivos se actuará sobre cada bomba. La cantidad se determinará por una celda de carga que pese la cantidad total de aditivo en el tanque, y por diferencia indique que se alcanzó lo estipulado por la fórmula.

Se utilizará un control de nivel de agua restante para evitar comenzar un batch sin contar con agua suficiente. Éste control consistiría en un interruptor óptico de nivel a media altura (alerta) y otro a un nivel bajo, que sea crítico y detenga la marcha de la máquina hasta recuperar volumen de agua.

Las tolerancias de cada balanza están determinadas el reglamento y deberán ser de $\pm 1\%$ para el cemento, $\pm 2\%$ para los agregados, $\pm 1\%$ para el agua y $\pm 3\%$ para los aditivos. Las balanzas deberán estar graduadas en al menos $0,1\%$ de su capacidad máxima y deberán trabajar siempre entre 30% y 100% de su capacidad.

La interfaz humano-máquina mostrará en tiempo real las variables de control, estado de los actuadores, nivel de agua y otros datos que sean de interés. Se debería permitir extraer en un dispositivo de almacenamiento portátil o a través de una impresora un registro de los pastones producidos con toda la información necesaria respecto a la fecha y hora de elaboración, peso medido de cada componente, humedad de los áridos, cantidad de agua teórica y corregida por humedad y errores o alarmas emitidas. Se contará también con un tablero de comando con botones e indicadores de forma tal que permita el uso del equipo de forma manual en caso de emergencia. En el diagrama de la Figura 2.5 se muestran los lazos de control, indicando las relaciones entre sensores y actuadores.

2.12. Instalación eléctrica.

Para la alimentación de los circuitos eléctricos será prevista una conexión exterior a una red eléctrica trifásica de 380V con una potencia disponible suficiente.

Para la instalación eléctrica se comenzará desde un tablero eléctrico que conste de las protecciones eléctricas necesarias y borneras de conexión. Se deberá montar un transformador para los componentes que requieran corriente continua. Desde allí se alimentarán los consumos que se encuentren dentro del sector de comando mediante cables de cobre con aislación de PVC. Para las llevar los conductores hasta los sensores y componentes o entre los tableros secundarios que hubiera, se usarán tuberías de acero correctamente señalizadas.

3. INGENIERÍA DE DETALLES

Contenido del capítulo:

3.1	Alimentación de agregados.	27
3.1.1	Tolva	27
3.1.2	Alimentador	27
3.1.3	Tolva de pesado	29
3.1.4	Cinta transportadora	30
3.1.5	Listado de materiales	32
3.2	Alimentación de cemento.	34
3.2.1	Tolva recibidora de bolsas	34
3.2.2	Sinfin interno	34
3.2.3	Sinfin elevador	36
3.2.4	Tolva de pesado	37
3.2.5	Listado de materiales	39
3.3	Alimentación de agua.	41
3.3.1	Línea alimentación tanque	41
3.3.2	Tanque de agua	41
3.3.3	Línea de aspiración de la bomba	42
3.3.4	Bomba de agua	42
3.3.5	Línea alimentación a mezcladora	42
3.3.6	Descarga en mezcladora	44
3.3.7	Listado de materiales	45
3.4	Alimentación de aditivos.	46
3.4.1	Depósito de aditivos	46
3.4.2	Línea de aspiración a bomba de aditivos	46
3.4.3	Bomba de aditivos	47
3.4.4	Línea alimentación de mezcladora	47
3.4.5	Lista de materiales	48
3.5	Equipo de mezclado.	49
3.5.1	Cuba contenedora	49
3.5.2	Mecanismo de mezclado	50
3.5.3	Conjunto motriz	52
3.5.4	Bastidor	53
3.5.5	Mecanismo de descarga	54
3.5.6	Lista de materiales	55
3.6	Hidráulica.	58
3.6.1	Bomba hidráulica	58
3.6.2	Motor eléctrico para bomba hidráulica	59
3.6.3	Reservorios de aceite	59
3.6.4	Radiador de aceite	59
3.6.5	Válvulas de comando	60
3.6.6	Líneas hidráulicas	61

3.6.7	Instrumentación hidráulica	62
3.6.8	Válvulas de protección	62
3.6.9	Lista de materiales	63
3.7	Neumática.	67
3.7.1	Compresor.	67
3.7.2	Válvulas direccionales.	68
3.7.3	Tratamiento del aire comprimido.	68
3.7.4	Líneas neumáticas	69
3.7.5	Lista de materiales	70
3.8	Automatización.	71
3.8.1	Módulo lógico	71
3.8.2	Medición de humedad en agregados.	71
3.8.3	Medición de fuerzas	72
3.8.4	Nivel de agua	74
3.8.5	Interfaz humano-máquina	75
3.8.6	Lista de instrumentos	77
3.9	Instalación eléctrica.	79
3.9.1	Motores de vibración	79
3.9.2	Conductores	80
3.9.3	Protecciones	80
3.9.4	Transformadores	81
3.9.5	Contactores y relés	82
3.9.6	Tableros	82
3.9.7	Tuberías	83
3.9.8	Lista de materiales	83

3.1. Alimentación de agregados.

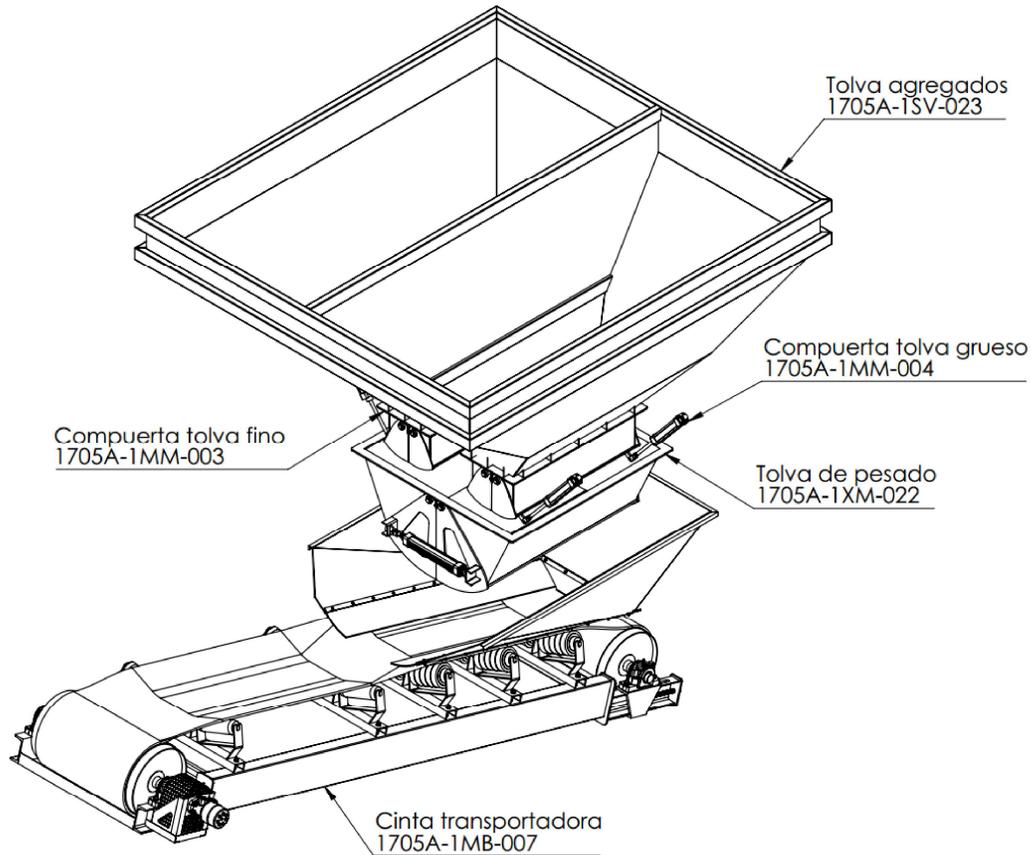


Figura 3.1: Partes componentes de la alimentación de agregados.

3.1.1. Tolva

Se utilizará una tolva de acero con un compartimento para cada agregado con una capacidad de al menos $2,3\text{m}^3$ cada uno. Las dimensiones generales y ángulos de la tolva se observan en la Figura 3.2. Está construida en chapa de acero SAE 1045 y espesor $3/16''$ (4.76mm). Los planos constructivos de la misma se identifican por el código **1705A-A3S-001**.

3.1.2. Alimentador

El alimentador está constituido por dos compuertas simétricas que se pueden observar en la vista en explosión de la Figura 3.3. Ésta se atornilla mediante una brida a la tolva de almacenamiento. La apertura se realiza por medio de dos cilindros neumáticos actuando sobre una de las compuertas. El movimiento se transmite a la otra mediante un juego de engranajes de módulo 6mm , 15 dientes (no todos físicamente creados) y ángulo de presión de 20°

Las características de los cilindros neumáticos se detallan a continuación:

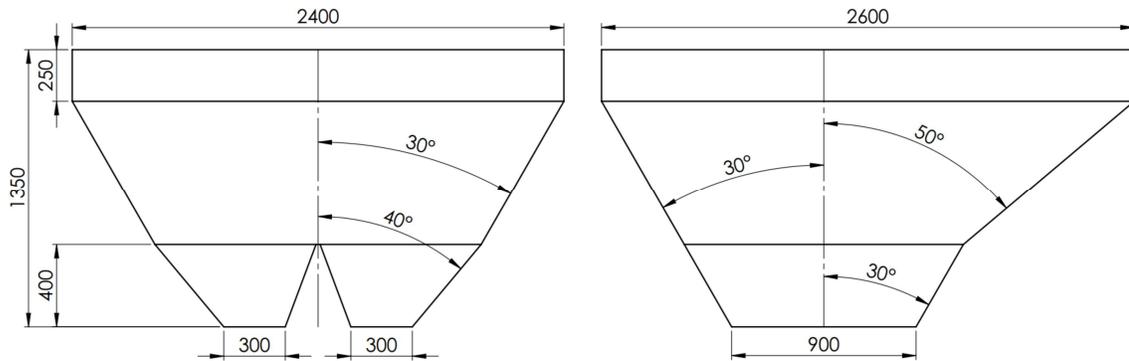


Figura 3.2: Dimensiones generales de tolva.

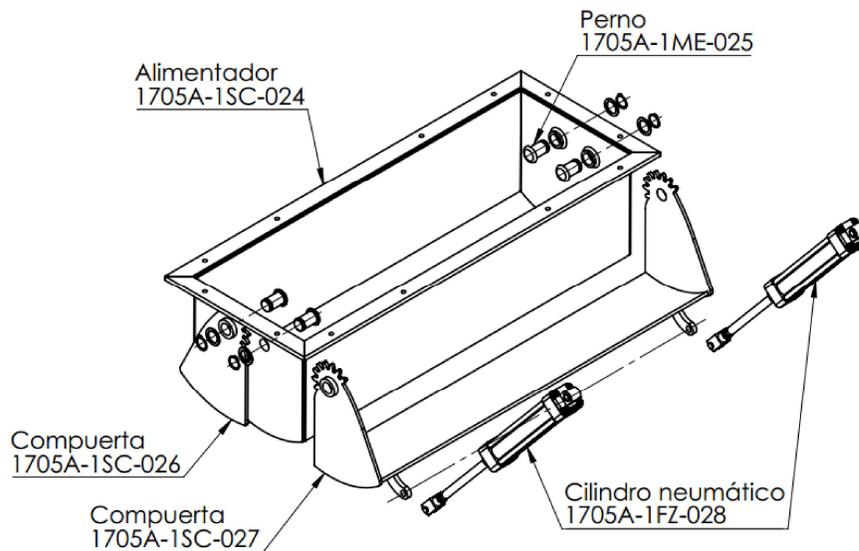


Figura 3.3: Vista en explosión del alimentador.

- Norma: ISO 15552
- Tipo: Doble efecto, sin imán y con doble amortiguación.
- Diámetro de émbolo: 40mm
- Diámetro de vástago: 25mm con rosca M12 x 1,25
- Carrera: 200mm
- Conexiones: G 1/4"
- Presión de trabajo máxima: 10 bar
- Montaje basculante trasero macho.
- Vástago con horquilla para M12 x 1,25.

Si se utiliza la marca **Micro**, que fue utilizada para el diseño, los códigos serán:

Cilindro: **0.048.060.200**

Montaje trasero: **0.028.000.005**

Horquilla para vástago: **0.008.000.010**

En el plano **1705A-A3S-002** se encuentran especificadas todas las piezas del alimentador.

3.1.3. Tolva de pesado

La tolva de pesado recibe hasta $0,48\text{m}^3$ de cada agregado y lo contiene hasta que la automatización determine el peso. Luego la descarga se realiza mediante una compuerta similar a la anterior pero con una disposición diferente de los cilindros neumáticos. En la Figura 3.4 se observa una vista en explosión de la tolva.

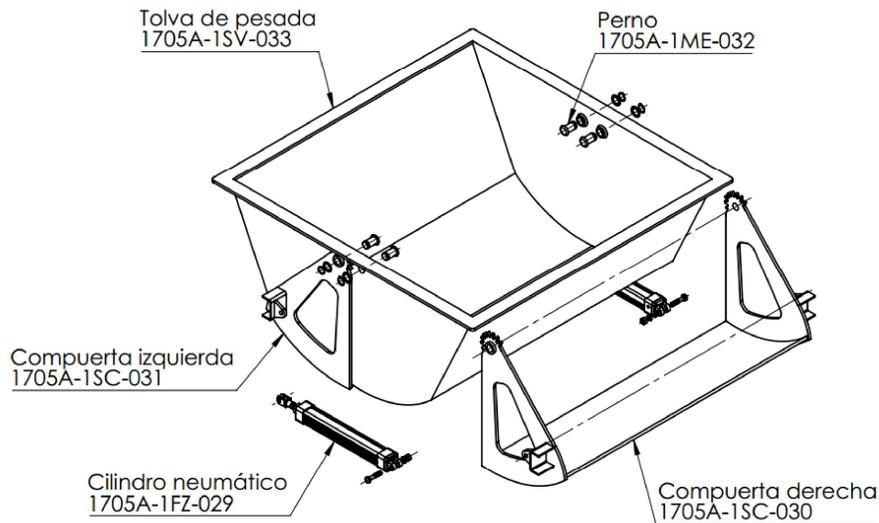


Figura 3.4: Vista en explosión de la tolva de pesada.

Las características de los cilindros neumáticos son:

- Norma: ISO 15552
- Tipo: Doble efecto, sin imán y con doble amortiguación.
- Diámetro de émbolo: 40mm
- Diámetro de vástago: 25mm con rosca M12 x 1,25
- Carrera: 300mm
- Conexiones: G 1/4"
- Presión de trabajo máxima: 10 bar

- Montaje basculante trasero hembra angosto.
- Vástago con horquilla para M12 x 1,25.

Si se utiliza la marca **Micro**, que fue utilizada para el diseño, los códigos serán:

Cilindro: **0.048.060.300**

Montaje trasero: **0.028.000.032**

Horquilla para vástago: **0.008.000.010**

Todas las dimensiones constructivas de la tolva se encuentran en el plano **1705A-A3S-003**.

3.1.4. Cinta transportadora

Para el transporte y elevación de los agregados se emplea una cinta transportadora. Se utiliza una banda con las siguientes características:

- Norma: DIN 21102 e ISO R-283
- Material: Pylon (Poliéster/Nylon)
- Ancho 650mm.
- Número de telas: 2
- Empalme mecánico.
- Resistencia mínima: 28 kN/m
- Diámetro mínimo: al menos 400mm
- Cubierta con compuesto adecuado para arena, piedra, etc.
- Espesor de cubierta superior: al menos 6mm
- Espesor de cubierta inferior: al menos 2mm

Si se utiliza la marca **Goodyear**, que fue utilizada para el diseño, la banda se denomina **Serie EP 160 - EP 315/2** y las cubiertas están realizadas en compuesto tipo “**B**”.

Ésta banda esta montada sobre tambores engomados de 404mm de diámetro y 750mm de ancho total. Están montados sobre rodamientos **SE 511** y el tambor motriz posee para ser impulsado un eje macho de 45mm de diámetro y 120mm de largo.

Para soportar la carga y aumentar la capacidad de transporte se utilizan estaciones en artesa a 20°, cada una con tres rodillos de 76mm de diámetros montados sobre rodamientos 6204 y ejes de 20mm. Éstos están dispuestos cada 1100mm. Bajo la descarga de agregados se utilizan estaciones con rodillos amortiguadores con una separación de 500mm.

La cinta transportadora es impulsada por un motor hidráulico directo, sin reducción. El motor deberá entregar 11,8 HP a 118 rpm. Para ello se selecciona un motor de 400cm³/rev, que debe ser alimentado con 55 l/min a 125 bar. Debe poseer una brida SAE A4 y un eje de 32mm con eje cilíndrico con chaveta. El código de referencia es tomado de la marca **Danfoss**:

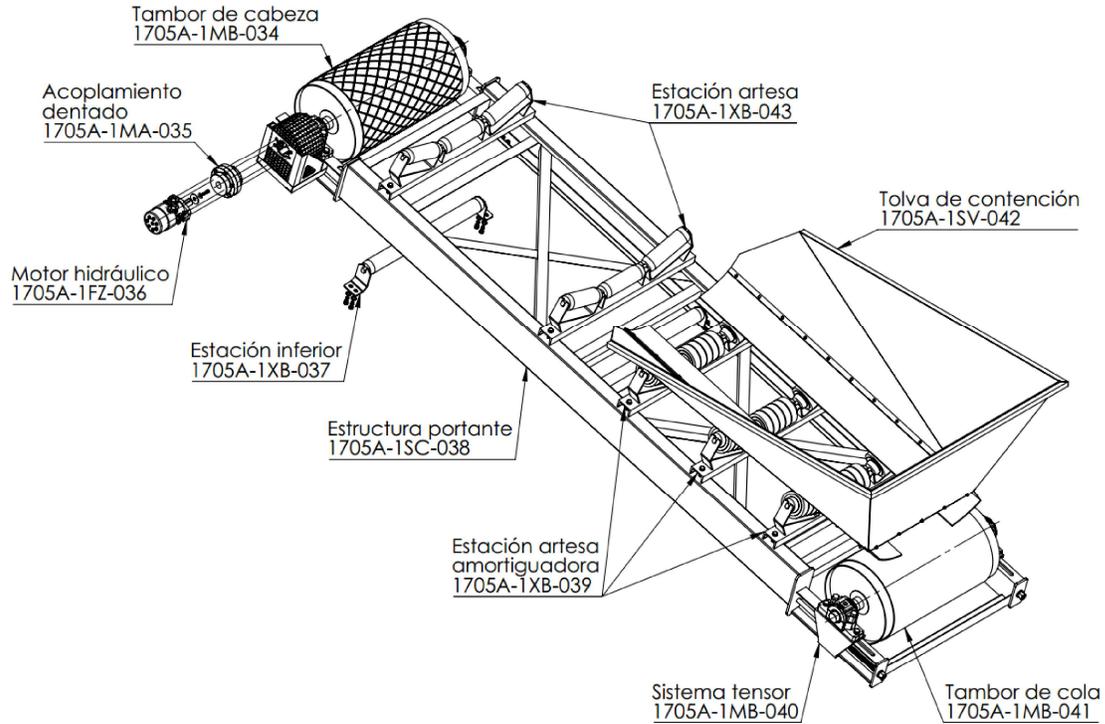


Figura 3.5: Vista en explosión de la cinta transportadora.

151H1005

Éste motor transmite su potencia al tambor motriz mediante un acoplamiento dentado de doble acople que soporte al menos 2200 Nm. Se adopta como referencia de la marca **SKF**, modelo **15 GC**.

Finalmente, se diseña una estructura metálica que soporte todos las estaciones y rodillos, que incluya un sistema de tensión de la banda en el tambor de cola, un soporte para el motor con un protector de partes rodantes y una tolva de recepción que contenga el material descargado desde la tolva de pesada.

En la Figura 3.5 se observa la cinta transportadora con todos sus componentes. En el plano **1705A-A3M-004** se encuentran todos los detalles constructivos necesarios.

3.1.5. Listado de materiales

Código	Nombre corto	Detalles	Cant.	Marca sugerida	Código marca
1705A-1MA-035	Acoplamiento cinta transportadora	Acoplamiento dentado doble - Torque máximo: 2200 Nm.	1	SKF	15 GC
1705A-8MJ-106	Arandela 12x24	Arandela SAE 1010 - 12x24x2mm	22		
1705A-8MJ-100	Arandela 17x50	Arandela SAE 1010 - 17x50x3mm	1		
1705A-8MJ-108	Arandela 22x32	Arandela SAE 1010 - 22x32x2mm	2		
1705A-8MJ-068	Arandela 26x37	Arandela SAE 1010 - 26x37x2mm	8		
1705A-8MJ-068	Arandela 26x37	Arandela SAE 1010 - 26x37x2mm	4		
1705A-8MJ-099	Arandela 8x24	Arandela SAE 1010 - 8x24x2mm	1		
1705A-8MJ-102	Arandela Grower M12	Arandela Grower DIN 127 - M12	26		
1705A-8MJ-095	Arandela Grower M16	Arandela Grower DIN 127 - M16	8		
1705A-8MJ-085	Arandela Grower M6	Arandela Grower DIN 127 - M6	25		
1705A-8MJ-067	Arandela Grower M8	Arandela Grower DIN 127 - M8	29		
1705A-8MJ-079	Aro Seeger p/eje - ϕ 25	Anillo de Seguridad DIN 471 - ϕ 25	12		
1705A-2MB-064	Banda transportadora	Banda Pylon - Ancho 650mm - 2 telas - Resistencia min. 19kN	1	Good Year	Serie EP 160 - EP315/2
1705A-1SD-080	Burlete lateral contención	Plancha de caucho natural con refuerzo de telas de nylon - Espesor 5mm	2		
1705A-1SD-081	Burlete trasero contención	Plancha de caucho natural con refuerzo de telas de nylon - Espesor 5mm	1		
1705A-8MJ-098	Chaveta 14x9x45	Chaveta DIN 6885 - 14x9x45	1		
1705A-8MJ-109	Chaveta partida ϕ 5x28	Chaveta DIN 94 - ϕ 5x28	2		
1705A-1FZ-028	Cilindro alimentador	Cilindro ISO 15552 - Émbolo: ϕ 40mm - Carrera: 200mm.	4	Micro	0.048.030-200
1705A-1FZ-029	Cilindro pesada	Cilindro ISO 15552 - Émbolo: ϕ 40mm - Carrera: 300mm.	2	Micro	0.048.030-300
1705A-1SC-027	Compuerta derecha agregado		2		
1705A-1SC-026	Compuerta izquierda agregado		2		
1705A-1SC-030	Compuerta pesada derecha		1		
1705A-1SC-031	Compuerta pesada izquierda		1		
1705A-1SB-087	Estación artesa	Rodillo DIN 15207-22107 - Eje ϕ 20mm - Diámetro exterior ϕ 133mm - Largo: ϕ 250mm	5	Rotrans	Serie MA / SA-20
1705A-1SC-024	Estructura alimentador		2		
1705A-1SC-038	Estructura cinta transportadora		1		
1705A-1FZ-071	Horquilla cilindro alimentador	Para cilindro ISO 15552 - Diámetro M12x1.25	4	Micro	0.008.000.010
1705A-1FZ-075	Horquilla cilindro pesada	Para cilindro ISO 15552 - Diámetro M12x1.25	2	Micro	0.008.000.010
1705A-1FZ-070	Montaje trasero cilindro alimentador	Montaje basculante macho para cilindro ISO 15552 - ϕ 40mm	4	Micro	0.028.000.004
1705A-1FZ-074	Montaje trasero cilindro pesada	Montaje basculante hembra anagosto para cilindro ISO 15552 - ϕ 40mm	2	Micro	0.027.000.032
1705A-1FZ-036	Motor cinta transportadora	Motor hidráulico orbital tipo Roller. Cilindrada: 400 cc/rev. Presión MAX 130 bar. Caudal MAX: 55 l/min.	1	Danfoss	OMH 400 (151H1005)
1705A-1ME-025	Perno alimentador agregado		8		

1705A-1ME-032	Perno pesada		4		
1705A-1SC-082	Planchuela lateral con- tención	Planchuela SAE 1010 - 25,4x4,76mm	1		
1705A-1SC-083	Planchuela trasero con- tención	Planchuela SAE 1010 - 25,4x4,76mm	2		
1705A-8MJ-097	Prisionero M8x20	Prisionero Allen DIN 913 - M8x20	4		
1705A-1SN-096	Protector acoplamiento		1		
1705A-1MA-092	Rodamiento cinta transportadora	Soporte de pie en dos piezas con rodamientos para eje de Diámetro: 40mm	4	SKF	SE 511-609 + C 2211 K + HA 311 E
1705A-1MB-088	Rodillo amortiguador	Rodillo DIN 15207-22107 - Eje ø20mm - Diámetro exterior ø76mm - Largo: ø750mm	9	Rotrans	Serie M / SA-20
1705A-1MB-089	Rodillo liso	Rodillo DIN 15207-22107 - Eje ø20mm - Diámetro exterior ø76mm - Largo: ø250mm	6	Rotrans	Serie M / SA-20
1705A-1MB-090	Rodillo recto inferior	Rodillo DIN 15207-22107 - Eje ø20mm - Diámetro exterior ø76mm - Largo: ø750mm	3	Rotrans	Serie M / SA-20
1705A-1SB-091	Soporte estación infe- rior	Estacion inferior DIN 22107 - An- cho de Banda: 650mm: Rodillo: 76mm	6	Rotrans	
1705A-1MM-093	Soporte tensor cinta		2		
1705A-1MB-034	Tambor de cabeza	Diámetro exterior: 404mm. Largo: 750mm. Eje: 60mm.	1	Rotrans	
1705A-1MB-041	Tambor de cola	Diámetro exterior: 404mm. Largo: 750mm. Eje: 60mm.	1	Rotrans	
1705A-1SV-023	Tolva agregados		1		
1705A-1SV-042	Tolva de contención		1		
1705A-1SV-033	Tolva de pesada		1		
1705A-8MJ-105	Tornillo M12x35	Tornillo cabeza hexagonal M12x1,75 x 35mm	12		
1705A-8MJ-101	Tornillo M12x45	Tornillo cabeza hexagonal M12x1,75 x 45mm	4		
1705A-8MJ-076	Tornillo M12x55	Tornillo cabeza hexagonal M12x1,75 x 55mm	2		
1705A-8MJ-072	Tornillo M12x60	Tornillo cabeza hexagonal M12x1,75 x 60mm	4		
1705A-8MJ-104	Tornillo M12x70	Tornillo cabeza hexagonal M12x1,75 x 70mm	10		
1705A-8MJ-094	Tornillo M16x55	Tornillo cabeza hexagonal M16x2,00 x 55mm	8		
1705A-8MJ-084	Tornillo M6x25	Tornillo cabeza hexagonal M6x1,00 x 25mm	25		
1705A-8MJ-065	Tornillo M8x30	Tornillo cabeza hexagonal M8x1,25 x 30mm	29		
1705A-8MJ-073	Tuerca autofrentante M12	Tuerca autofrenante M12x1,75	6		
1705A-8MJ-103	Tuerca M12	Tuerca hexagonal M12x1,75	26		
1705A-8MJ-110	Tuerca M20	Tuerca hexagonal M20x2,50	2		
1705A-8MJ-086	Tuerca M6	Tuerca hexagonal M6x1,00	25		
1705A-8MJ-066	Tuerca M8	Tuerca hexagonal M8x1,25	28		
1705A-1ME-107	Varilla roscada M20		2		

Cuadro 3.1: Listado de componentes: Alimentación de agregados.

3.2. Alimentación de cemento.

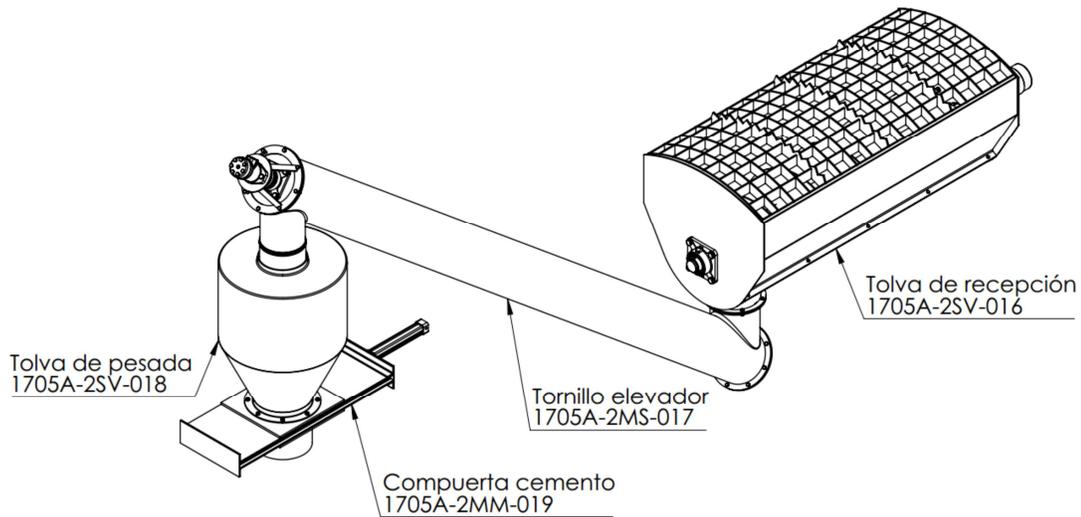


Figura 3.6: Partes componentes de la alimentación de cemento.

3.2.1. Tolva recibidora de bolsas

Es una tolva abierta con ángulos de pared generosos y una altura baja que permita la carga por medio de un operario. En la parte superior cuenta con una tapa rejilla que tiene incorporado un serrucho que facilita la rotura de las bolsas de cemento. En la parte inferior el fondo es removible y sobre éste se construye una salida tubular que descarga sobre el sinfín de elevación.

Estructuralmente la tolva se construye en acero SAE 1045 y chapa de espesor 3/16". La rejilla se construye con chapa de 1/4" y acero SAE 1010. El fondo se ensambla con 10 tornillos Grado 5.6 de diámetro M6 con tuercas y arandelas de presión.

En el plano **1705A-A3M-005** se encuentran todas las dimensiones constructivas de la tolva.

3.2.2. Sinfín interno

Dentro de la tolva se instala un transporte sinfín que permita la descarga completa de la tolva. Ésto permite que la tolva tenga menor altura de tal forma que sea posible cargarla manualmente.

El sinfín contará con las siguientes características:

- Diámetro exterior: 401mm
- Diámetro interior (eje): 101mm
- Paso: 267mm (2/3.De)
- Espesor: 3/16"

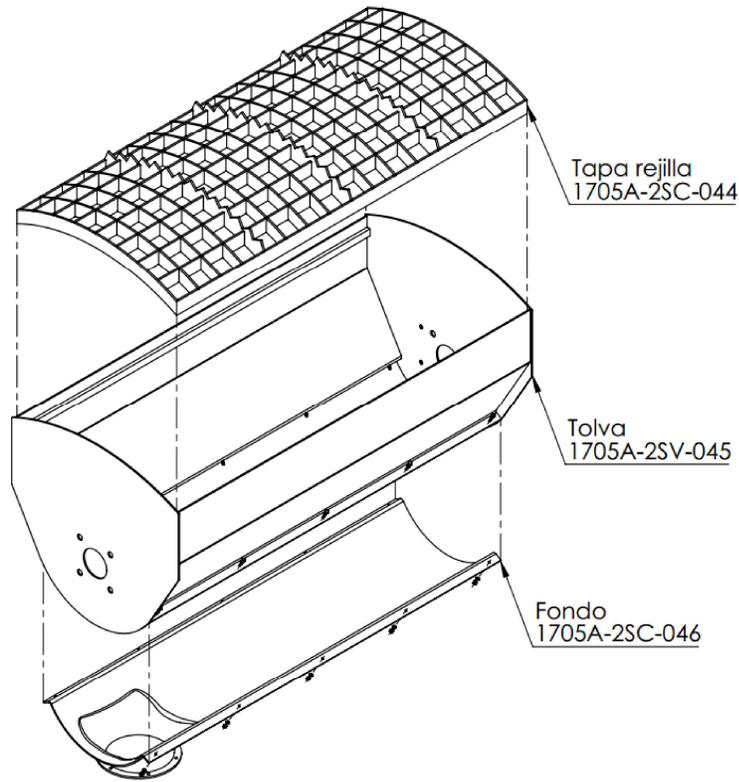


Figura 3.7: Vista en explosión de la tolva.

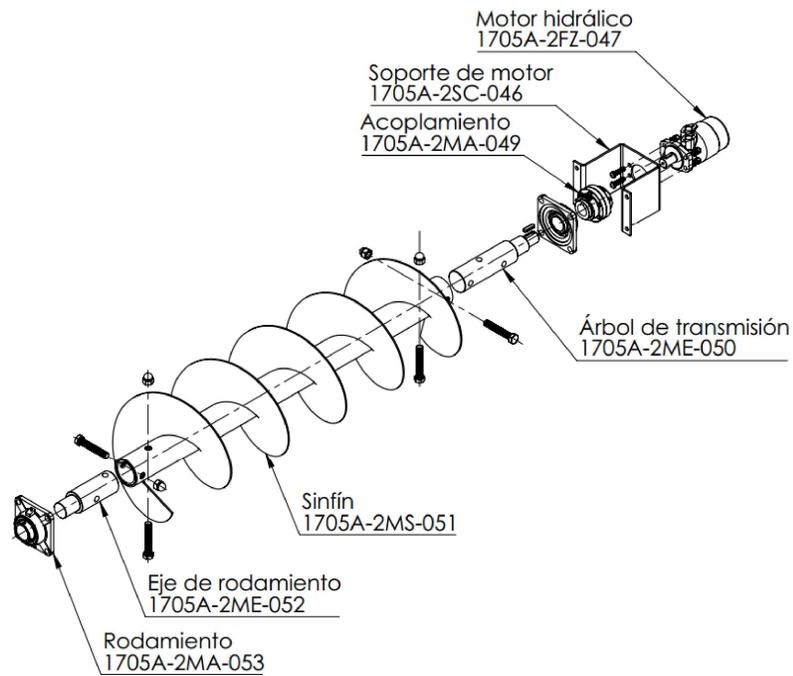


Figura 3.8: Vista en explosión del sinfín interno.

- Longitud: 1400mm

Como eje se utilizará un tubo ASTM A-53 de diámetro nominal 3-1/2" y grado *Schedule* 40. En los extremos se ubican ejes de acero SAE 1045 para instalar los rodamientos y acoplar el motor de accionamiento. La unión a éstos ejes se realiza con tornillos de 3/4" Grado 5.

Los rodamientos usados en cada extremo son a bola tipo "Y" montados sobre soportes bridados. Siguiendo la codificación de **SKF**, se identifica al conjunto como **FY 55 TR**.

El motor hidráulico directo a utilizar deberá entregar un par de 293 Nm a 45 RPM. Se selecciona del fabricante **Danfoss** el modelo **OMP 400**. La versión elegida posee un eje de 25mm con chaveta, conexiones G 1/2" y brida SAE A2. El código del motor elegido es:

151-0318

El acoplamiento usado para transmitir la potencia deberá ser de tipo dentado y soportar al menos 880 Nm de par motor. Se selecciona el modelo **10 GC** de **SKF**. Luego se diseña un soporte motor adecuado atornillado a la tolva mediante 4 tornillos M12 Grado 5.6 y tuerca con sombrerete autofrenante.

3.2.3. Sinfín elevador

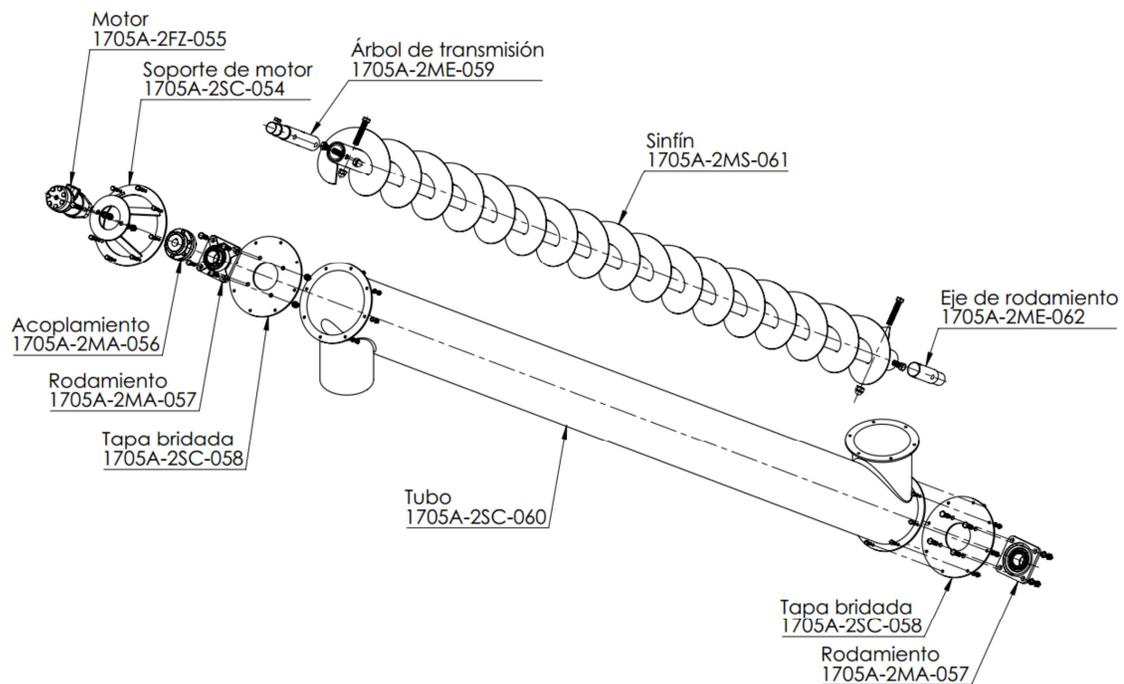


Figura 3.9: Vista en explosión del sinfín elevador.

Para elevar el cemento hacia la tolva de pesado se emplea un transporte a tornillo tipo "chimango".

El sinfín contará con las siguientes características:

- Diámetro exterior: 226mm
- Diámetro interior (eje): 73mm
- Paso: 226mm (=De)
- Espesor: 1/8"
- Longitud: 4000mm

Como eje se utilizará un tubo ASTM A-53 de diámetro nominal 2-1/2" y grado *Schedule* 40. En los extremos se ubican ejes de acero SAE 1045 para instalar los rodamientos y acoplar el motor de accionamiento. La unión a éstos ejes se realiza con tornillos de 5/8" Grado 5.

Los rodamientos usados en cada extremo son a bola tipo "Y" montados sobre soportes bridados. Siguiendo la codificación de **SKF**, se identifica al conjunto como **FY 45 TR**.

El motor hidráulico directo a utilizar deberá entregar un par de 160 Nm a 100 RPM. Se selecciona del fabricante **Danfoss** el modelo **OMP 200**. La versión elegida posee un eje de 25mm con chaveta, conexiones G 1/2" y brida SAE A2. El código del motor elegido es:

151-0315

El acoplamiento usado para transmitir la potencia deberá ser de tipo a cadena y soportar al menos 480 Nm de par motor. Se selecciona el modelo **PM1** de **Ehrsa**. Luego se diseña un soporte motor adecuado, tapas bridadas para el tubo y las conexiones necesarias para entrada y salida.

En el plano **1705A-A3M-006** se encuentran todas las especificaciones de construcción.

3.2.4. Tolva de pesado

Ésta tolva se utilizará como balanza de cemento. De acuerdo a la fórmula se puede realizar más de una pesada por pastón.

Se diseña con un volumen de 130 litros, lo cual permitiría pesar unos 130 kg de cemento. Estructuralmente estará construída de acero SAE 1045 y espesor 3/16". Posee en la parte inferior una brida con 8 agujeros, de acuerdo a lo requerido por la compuerta seleccionada.

Para la descarga de ésta tolva se selecciona una compuerta deslizante neumática con un diámetro de pasaje de 10". Para el proyecto se selecciona de la marca **Pebco** el modelo **LPSG4-10-PA** (Fig. 3.11).

Todas las especificaciones se encuentran en el plano **1705A-A4S-007**.

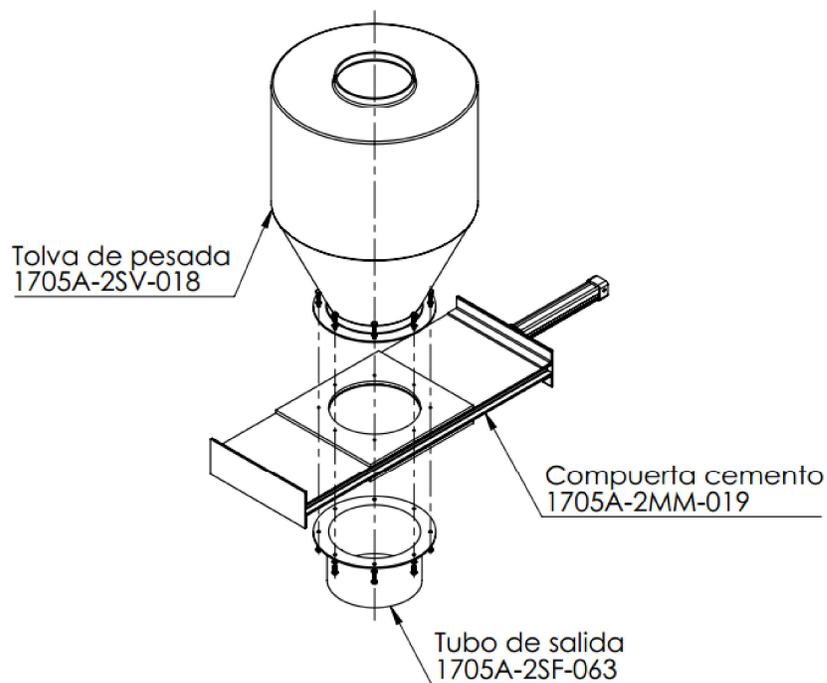


Figura 3.10: Vista en explosión de la tolva de pesada.

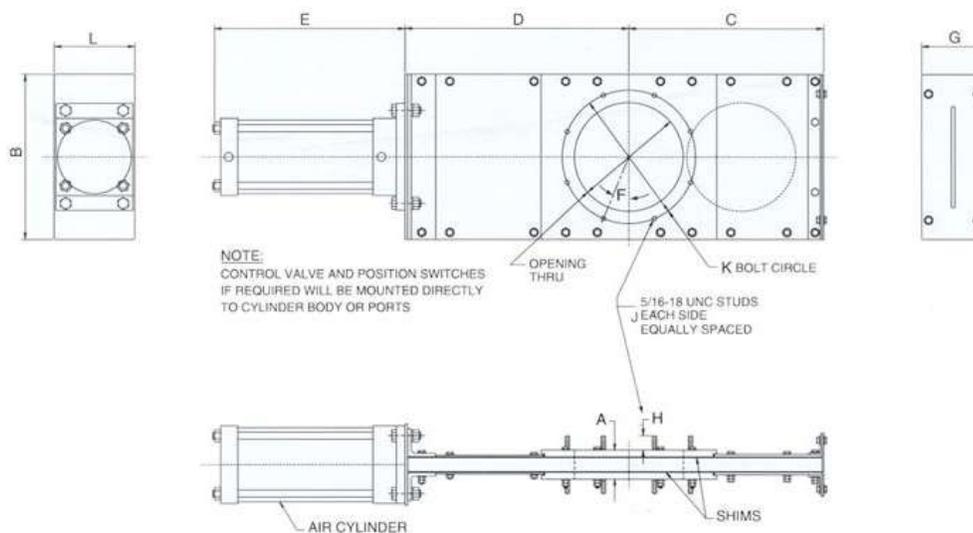


Figura 3.11: Compuerta deslizante Pebco LPSG5-10-PA.

3.2.5. Listado de materiales

Código	Nombre corto	Detalles	Cant.	Marca sugerida	Código marca
1705A-8MJ-121	Abrazadera ϕ 200mm	Abrazadera rápida ϕ 200	1		
1705A-2MA-056	Acoplamiento sinfín elevador	Acoplamiento dentado doble - Torque máximo: 500 Nm.	1	Ehrsa	PM1
1705A-2MA-049	Acoplamiento sinfín interior	Acoplamiento dentado doble - Torque máximo: 1200 Nm.	1	SKF	10 GC
1705A-8MJ-102	Arandela Grower M12	Arandela Grower DIN 127 - M12	22		
1705A-8MJ-095	Arandela Grower M16	Arandela Grower DIN 127 - M16	12		
1705A-8MJ-117	Arandela Grower M20	Arandela Grower DIN 127 - M20	4		
1705A-8MJ-085	Arandela Grower M6	Arandela Grower DIN 127 - M6	10		
1705A-8MJ-067	Arandela Grower M8	Arandela Grower DIN 127 - M8	38		
1705A-2ME-059	Árbol de transmisión sinfín elevador		1		
1705A-2ME-050	Árbol de transmisión sinfín interior		1		
1705A-2SF-063	Brida de salida		1		
1705A-8MJ-119	Chaveta 12x8x32	Chaveta DIN 6885 - 12x8x32	1		
1705A-8MJ-112	Chaveta 12x8x45	Chaveta DIN 6885 - 12x8x45	1		
1705A-1MM-006	Compuerta tolva de pesado	Compuerta deslizante de perfil bajo - Salida 250mm	1	Pebco	LPSG5-10-PA
1705A-2ME-062	Eje de rodamiento sinfín elevador		1		
1705A-2ME-052	Eje de rodamiento sinfín interior		1		
1705A-2SC-046	Fondo tolva cemento		1		
1705A-2SD-120	Manguera descarga	Caucho natural - Diametro exterior 194mm - Espesor 5mm	1		
1705A-2FZ-055	Motor sinfín elevador	Motor hidráulico orbital. Cilindrada: 200 cc/rev. Presión MAX 80 bar. Caudal MAX: 20 l/min.	1	Danfoss	OMP 200 (151-0315)
1705A-2FZ-047	Motor sinfín interno	Motor hidráulico orbital. Cilindrada: 400 cc/rev. Presión MAX 65 bar. Caudal MAX: 20 l/min.	1	Danfoss	OMP 400 (151-0318)
1705A-8MJ-097	Prisionero M8x20	Prisionero Allen DIN 913 - M8x20	8		
1705A-2MA-057	Rodamiento sinfín elevador	Unidad de rodamiento Y cuadrado para eje 45mm	2	SKF	FY 45 TR
1705A-2MA-053	Rodamiento sinfín interior	Unidad de rodamiento Y cuadrado para eje 55mm	2	SKF	FY 55 TR
1705A-2MS-061	Sinfín elevador		1		
1705A-2MS-051	Sinfín interior		1		
1705A-2SC-054	Soporte de motor sinfín elevador		1		
1705A-2SC-048	Soporte de motor sinfín interior		1		
1705A-2SC-058	Tapa bridada		1		
1705A-2SC-044	Tapa rejilla		1		
1705A-2SV-018	Tolva pesado de cemento		1		
1705A-2SV-045	Tolva recepción de cemento		1		
1705A-8MJ-069	Tornillo M12x25	Tornillo cabeza hexagonal M12x1,75 x 25mm	4		
1705A-8MJ-105	Tornillo M12x35	Tornillo cabeza hexagonal M12x1,75 x 35mm	4		
1705A-8MJ-101	Tornillo M12x45	Tornillo cabeza hexagonal M12x1,75 x 45mm	10		

1705A-8MJ-114	Tornillo M16x40	Tornillo cabeza hexagonal M16x2,00 x 40mm	4		
1705A-8MJ-118	Tornillo M16x90	Tornillo cabeza hexagonal M16x2,00 x 90mm	4		
1705A-8MJ-116	Tornillo M20x120	Tornillo cabeza hexagonal M20x2,50 x 120mm	4		
1705A-8MJ-077	Tornillo M6x20	Tornillo cabeza hexagonal M6x1,00 x 20mm	10		
1705A-8MJ-122	Tornillo M8x20	Tornillo cabeza hexagonal M8x1,25 x 20mm	16		
1705A-8MJ-065	Tornillo M8x30	Tornillo cabeza hexagonal M8x1,25 x 30mm	22		
1705A-2SC-060	Tubo sinfín elevador		1		
1705A-8MJ-111	Tuerca ciega M12	Tuerca hexagonal ciega M12x1,75	8		
1705A-8MJ-113	Tuerca ciega M16	Tuerca hexagonal ciega M16x2,00	12		
1705A-8MJ-115	Tuerca ciega M20	Tuerca hexagonal ciega M20x2,50	4		
1705A-8MJ-103	Tuerca M12	Tuerca hexagonal M12x1,75	14		
1705A-8MJ-086	Tuerca M6	Tuerca hexagonal M6x1,00	10		
1705A-8MJ-066	Tuerca M8	Tuerca hexagonal M8x1,25	22		

Cuadro 3.2: Listado de materiales: Alimentación de cemento.

3.3. Alimentación de agua.

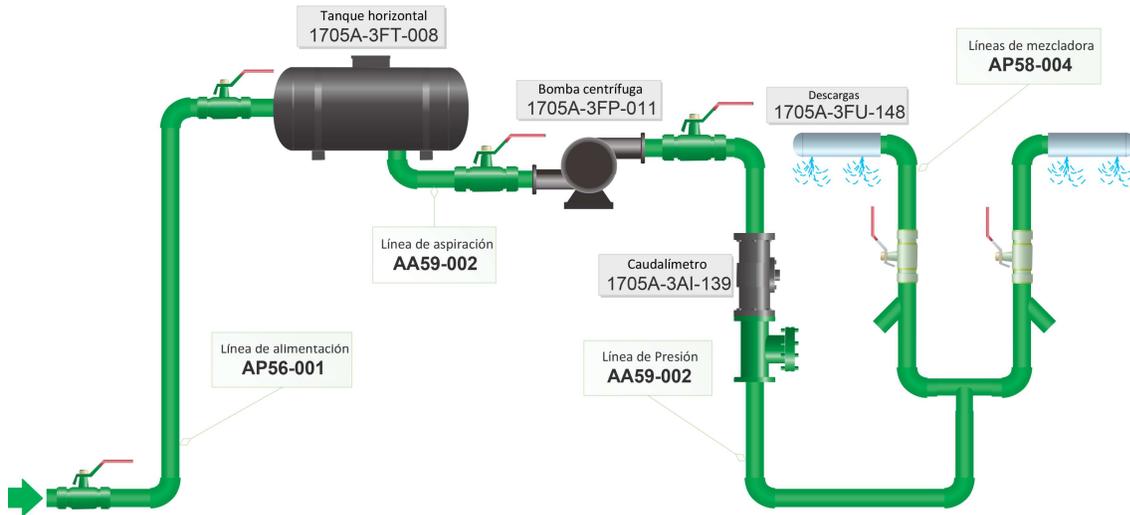


Figura 3.12: Partes componentes de la alimentación de agua.

3.3.1. Línea alimentación tanque

La línea de entrada tendrá un extremo abierto roscado para la conexión de una manguera en cada obra donde se instale la máquina. La línea estará constituida por un tubo de acero negro normalizado por **IRAM-IAS U 500-2502** de 3/4" de diámetro nominal. En cada extremo se instalará una válvula esférica de paso total y conexiones roscadas 3/4" NPT, normalizada según **BS 5351 - ASME B1.20.1 - BS 21**. (Fig. 3.13).

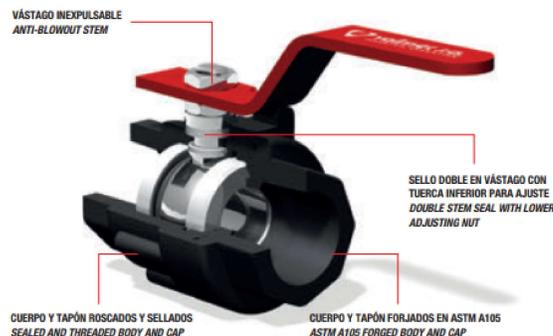


Figura 3.13: Válvula esférica roscada.

3.3.2. Tanque de agua

El depósito de agua seleccionado es un tanque horizontal de 1000 litros de capacidad normalizado según **ASTM D1998** (Fig. 3.14). Deberá tener instalado una válvula de flotador para evitar el rebalse, la cual se elige del fabricante **Genebre** modelo **3886 04 + 3887 160** (Fig. 3.15).



Figura 3.14: Tanque de agua horizontal seleccionado.



Figura 3.15: Válvula de flotador.

3.3.3. Línea de aspiración de la bomba

Será un tramo corto construido con tubo de acero de las mismas características anteriormente mencionadas y diámetro nominal 3". En ésta línea se montará una válvula esférica de paso total de diámetro nominal 3" y conexiones bridadas, normalizada según **API 6D - ASME B16.34 - ASME B16.5 - ASME B16.10 - ISO 10497 (API 6FA) - MSS SP6**. Además se instalará una junta de expansión antivibratoria para aislar las vibraciones de la bomba. Ésta tendrá sus extremos bridados según **DIN 2501 PN10** y **DN 65** (Fig. 3.16).

3.3.4. Bomba de agua

La bomba seleccionada es del fabricante **Grundfos** modelo **NB 40-160/177** con motor **MGE 90SB** de 4 polos y 50 Hz (Fig. 3.17). Deberá entregar un caudal de 25 m³/h con una altura manométrica de 7 metros de columna de agua como mínimo.

3.3.5. Línea alimentación a mezcladora

La línea de presión a la salida de la bomba comenzará con una junta de expansión similar a la de aspiración pero con DN 40. Luego se utilizará el mismo tipo de tubo que anteriormente pero de diámetro nominal 2". Se instalará una válvula esférica bridada de diámetro nominal 2", un caudalímetro de turbina **Omega FTB-1441** (Fig. 3.18) y una válvula de retención de 2" de diámetro nominal para evitar el contraflujo en el sensor.



Figura 3.16: Junta de expansión antivibración.

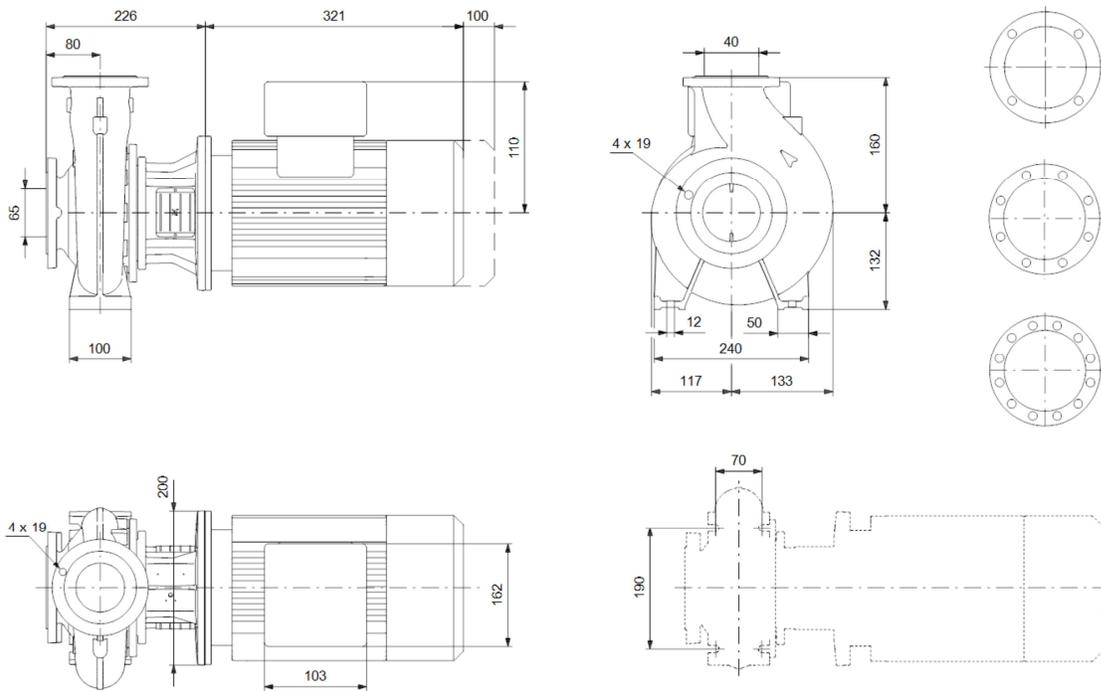


Figura 3.17: Bomba de agua seleccionada.



Figura 3.18: Caudalímetro Omega FTB-1441.

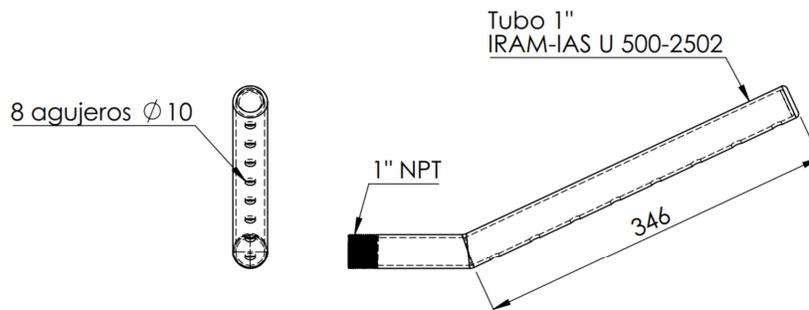


Figura 3.19: Pieza para descargar el agua en la mezcladora.

Luego la línea recorrerá la máquina hasta la mezcladora donde se divide para inyectar el líquido en dos puntos. En cada bifurcación se le podrá incorporar uno de los aditivos que puede dosificar la mezcladora. Ésta incorporación se realiza a través de una conexión desarrollada en la sección 4.7.3. Aguas arriba de ésta incorporación se colocarán válvulas esféricas roscadas a fin de permitir realizar mantenimientos.

Desde allí cada una de las bifurcaciones llegará hasta la rosca de entrada a los dispositivos de descarga en la mezcladora.

3.3.6. Descarga en mezcladora

Para la alimentación de agua a la mezcladora se diseña una pieza sencilla, que no tenga futuros problemas de obstrucciones o mantenimiento. La pieza diseñada se observa en la Figura 3.19 y estará construida con un tubo galvanizado norma **IRAM-IAS U 500-2502** en medida 1". El extremo estará roscado para la conexión de la línea de agua con aditivo.

La especificación total de la instalación de agua se detalla en el plano **1705A-A3F-008**.

3.3.7. Listado de materiales

Código	Nombre corto	Detalles	Cant.	Marca sugerida	Código marca
1705A-3FU-136	Acople para aspiración	Brida doble - ASME B16.5 3" - DIN 2501 PN10 DN65	1		
1705A-3FU-137	Acople para presión a 90°	Brida doble - ASME B16.5 2" - DIN 2501 PN10 DN40	1		
1705A-3FP-011	Bomba centrífuga	Bomba centrífuga 1.1 kW -25m3/h - 9 mH2O	1	Grundfos	NB 40-160/177 - 4p/50Hz
1705A-3FU-138	Brida 2"	Brida con cuello para soldar - ASME B16.5 - Tamaño nominal 2" - Clase 150	1		
1705A-3FU-135	Brida 3"	Brida con cuello para soldar - ASME B16.5 - Tamaño nominal 3" - Clase 150	1		
1705A-3AI-139	Caudalímetro	Diámetro 2" - Caudal máximo 420 l/min	1	Omega	FTB-1441
1705A-3FU-141	Cupla 2"	Cupla hembra-hembra - Diám. 2"	1		
1705A-3FU-125	Cupla 3/4"	Cupla hembra-hembra - Diám. 3/4"	1		
1705A-3FU-147	Cupla de reducción 2" - 1"	Cupla hembra-hembra - Diám. 2"	2		
1705A-3FU-144	Curva 2"	Curva 90° de radio largo para soldar - Diám. 2"	7		
1705A-3FU-143	Curva 3/4"	Curva 90° de radio largo para soldar - Diám. 3/4"	3		
1705A-3FU-148	Descargador en mezcladora		2		
1705A-3FU-133	Junta de expansión 2"	Junta de expansión de EPDM - Bridado DIN 40	1	Genebre	2831 08
1705A-3FU-131	Junta de expansión 3"	Junta de expansión de EPDM - Bridado DIN 65	1	Genebre	2831 10
1705A-4EH-014	Mezclador aditivo 1		1		
1705A-4EH-015	Mezclador aditivo 2		1		
1705A-3FU-128	Pasatanque 3"	Accesorio pasatanque - Diám. 3"	1		
1705A-3FT-008	Tanque de agua	Tanque horizontal bicapa - Capacidad 1000 litros	1	Rotoplas	
1705A-3FU-142	Tee 2"	Tee roscado - Diámetro 2"	1		
1705A-3FU-134	Tubo de agua 2"	Tubo negro IRAM-IAS U 500-2502 - Diámetro 2"	7,5m		
1705A-3FU-129	Tubo de agua 3"	Tubo negro IRAM-IAS U 500-2502 - Diámetro 3"	0,5m		
1705A-3FU-123	Tubo de agua 3/4"	Tubo negro IRAM-IAS U 500-2502 - Diámetro 3/4"	5m		
1705A-3FH-126	Válvula de flotador para tanque	Válvula de flotador - Diám. 3/4"	1	Genebre	3886 04 + 3887 160
1705A-3FH-146	Válvula esférica 2"	Válvula esférica roscada paso total - Diám. 2"	2		
1705A-3FH-130	Válvula esférica 3"	Válvula esférica bridada paso total - Diám. 3"	1		
1705A-3FH-124	Válvula esférica 3/4"	Válvula esférica roscada paso total - Diám. 3/4"	2		
1705A-3FH-149	Válvula esférica bridada 2"	Válvula esférica bridada paso total - Diám. 2"	2		
1705A-3FH-140	Válvula retención roscada 2"	Válvula de retención a pistón - Diám. 2"	1		

Cuadro 3.3: Listado de materiales: Alimentación de agua.

3.4. Alimentación de aditivos.

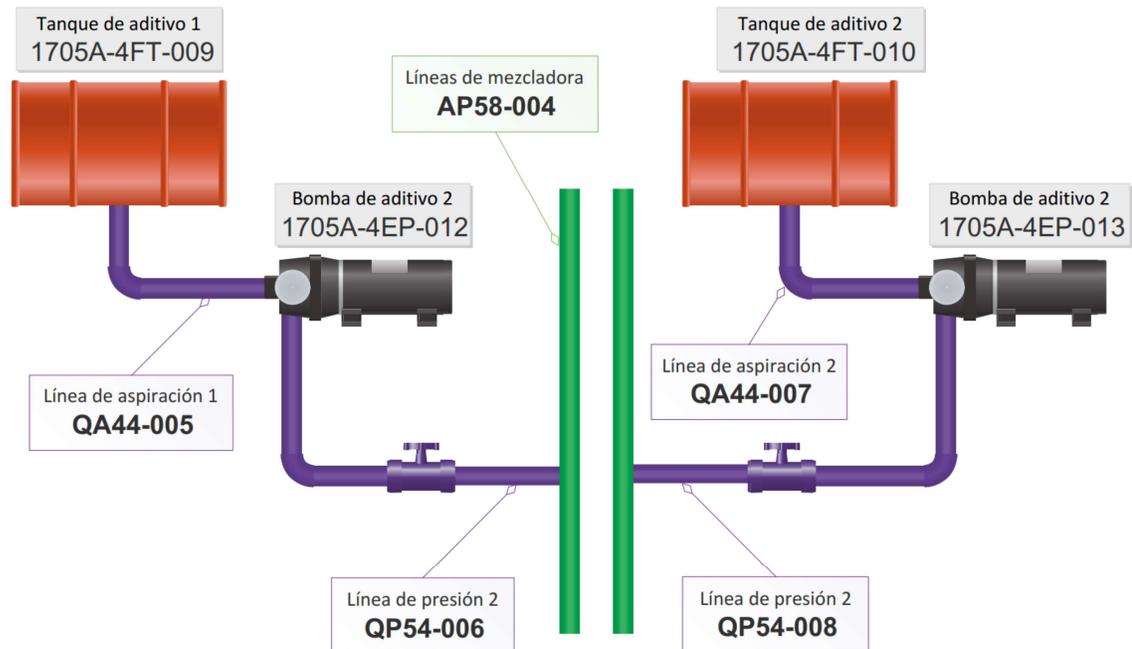


Figura 3.20: Partes componentes de la alimentación de aditivos.

3.4.1. Depósito de aditivos

Para contener los aditivos se utilizarán tanques de combustible de 45 litros, construidos en PVC resistente a químicos y radiación UV (Fig. 3.21).



Figura 3.21: Tanque de aditivos.

3.4.2. Línea de aspiración a bomba de aditivos

La línea de aspiración se constituirá de una manguera para agua de 1/2" de diámetro interior. Como referencia se selecciona el modelo **Recyclon AA20** del fabricante **Plastimet**.

Luego, para conectarlo a la bomba, se utilizará un conector a 90° con tuerca giratoria para manguera de 1/2" como el de la Figura 3.22.



Figura 3.22: Terminal de manguera en codo con tuerca giratoria.

3.4.3. Bomba de aditivos

Se utilizará una bomba a diafragma que entregue un caudal de alrededor de 9 l/min a 30 psi. Como referencia se toma la bomba **Shurflo 2088-343-170** (Fig. 3.23).



Figura 3.23: Bomba de aditivo.

3.4.4. Línea alimentación de mezcladora

La línea estará constituida por un tubo de acero sin costura de 1/2" de diámetro nominal. En todas las conexiones se utiliza el sistema de tuerca virola con medida 3/4" UNF.

En la línea de presión se instalará luego de la bomba una válvula aguja que permita mantener el caudal lo más bajo posible para elevar la precisión de regulación. Se adopta la válvula **2225N 04** de la marca **Genebre** (Fig. 3.24).

La línea concluirá en la línea de agua, donde se incorpora a la misma y finalmente se conduce hacia la mezcladora. Ésto se realiza mediante un tramo de tubo soldado en un extremo al tubo de agua y en el otro se encuentra roscado a la línea de aditivo.

En el plano **1705A-A3F-008** se encuentran todos los detalles constructivos necesarios.



Figura 3.24: Válvula aguja de control de aditivos.

3.4.5. Lista de materiales

Código	Nombre corto	Detalles	Cant.	Marca sugerida	Código marca
1705A-8FU-152	Adaptador 1/2" - 1/2"	Adaptador HF 1/2"x14 NPT - HF 1/2"x14 NPT	2	I-Ron	704.08i.08i
1705A-8FU-153	Adaptador 1/2" NPT - 3/4" Virola	Adaptador MF 1/2"x14 NPT - MF 3/4"x16 UNF	8	I-Ron	706.06.08
1705A-8FU-157	Adaptador soldable HF 1/2"	Adaptador para soldar en tubo 5/8" - Rosca HF 1/2"x14	2	I-Ron	717.08i
1705A-4EP-012	Bomba de aditivo 1	Bomba a diafragma - 12 VDC - 1/2" NPT - 11,3 l/min - 3,4 bar Max	1	Shurflo	2088-343-170
1705A-4EP-013	Bomba de aditivo 2	Bomba a diafragma - 12 VDC - 1/2" NPT - 11,3 l/min - 3,4 bar Max	1	Shurflo	2088-343-170
1705A-8FU-151	Conector de manguera de agua	Conector para manguera de 1/2" - Acero - Rosca 1/2" NPT	2		
1705A-4FU-150	Manguera de agua	Manguera de agua - Diámetro 1/2"	0,8m	Plastimet	11401300002500
1705A-4FT-009	Tanque de aditivo 1	Tanque de combustible - 45 litros	1		
1705A-4FT-010	Tanque de aditivo 2	Tanque de combustible - 45 litros	1		
1705A-8FU-155	Tubo hidráulico 1/2"	Tubo sin costura hidráulico - 1/2" x 1,5mm	4,7m		
1705A-8FU-158	Tubo hidráulico 5/8"	Tubo sin costura hidráulico - 5/8" x 1,5mm	0,2m		
1705A-8FU-154	Tuerca virola 3/4"	Tuerca virola 3/4"x16 UNF	8	I-Ron	901.06
1705A-8FU-156	Válvula aguja - 1/2"	Válvula aguja - 1/2"x14	2	Genebre	2225N 04

Cuadro 3.4: Listado de materiales: Alimentación de aditivos.

3.5. Equipo de mezclado.

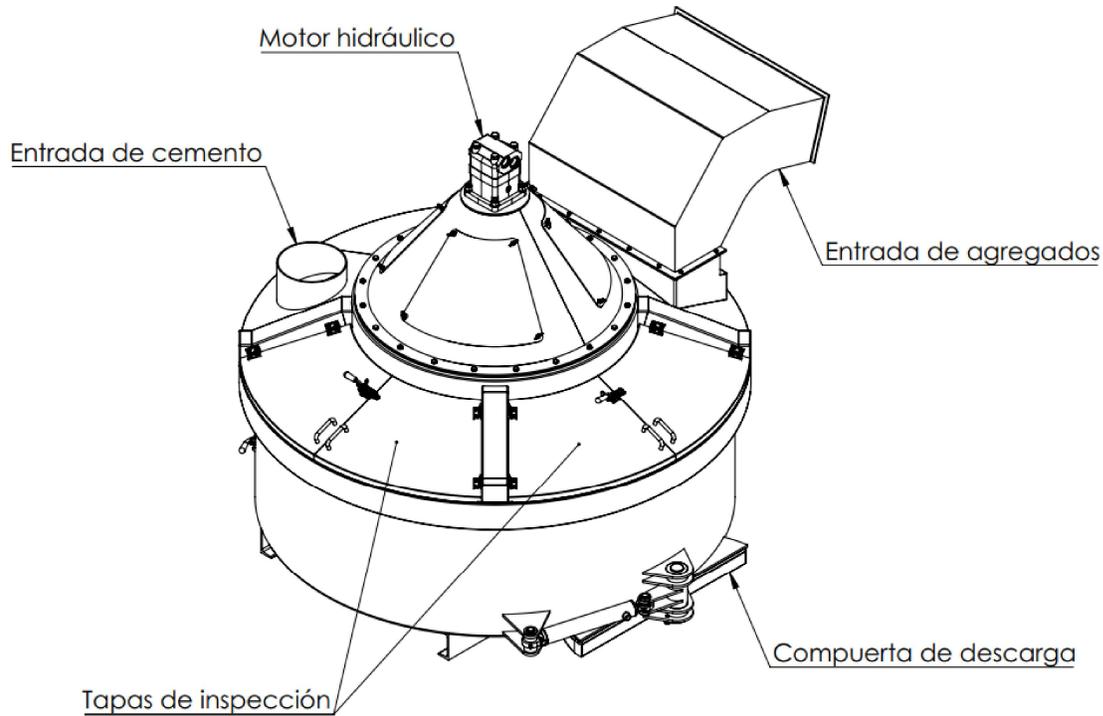


Figura 3.25: Partes componentes de la mezcladora.

Se utilizará un equipo de mezclado tipo planetario (Fig. 3.25). Éste contará con una entrada para cemento y otra para agregados en su parte superior. La descarga se efectuará por una compuerta de accionamiento hidráulico en la parte inferior. Contará con una cuba contenedora que permite pastones de $0,5\text{m}^3$.

Para el mezclado se utilizarán 4 paletas agrupadas en 2 planetas que giran sobre su eje y sobre el centro de la mezcladora simultáneamente. Además, una paleta que gira sólo con respecto al centro y cubre las paredes y la periferia del fondo, donde las planetarias no llegan. Para lograr éste doble movimiento se utilizará un mecanismo de engranajes epicicloidales, que es impulsado por un motor hidráulico y reductor epicicloidal. El equipo deberá tener diversas tapas de inspección para acceder al interior y a los componentes mecánicos para mantenimiento.

3.5.1. Cuba contenedora

La cuba contenedora será un cilindro de chapa de acero SAE 1045 y espesor $3/16''$ ($4,76\text{mm}$), sumado a un fondo del mismo material y espesor $1/2''$ ($12,7\text{mm}$). Contará debajo del fondo además a modo de refuerzo con una estructura de perfil normal **UPN120**.

Estará revestido en su interior de chapa de alta resistencia a la abrasión, por ejemplo de acero **Hardox 450** de la marca **SSAB**. Éstas placas serán fijadas mediante tornillos con cabeza hueca hexagonal, cuello avellanado, grado 8.8 y rosca $M6 \times 1,00$, de forma tal que la superficie interior sea lisa al paso de las paletas.

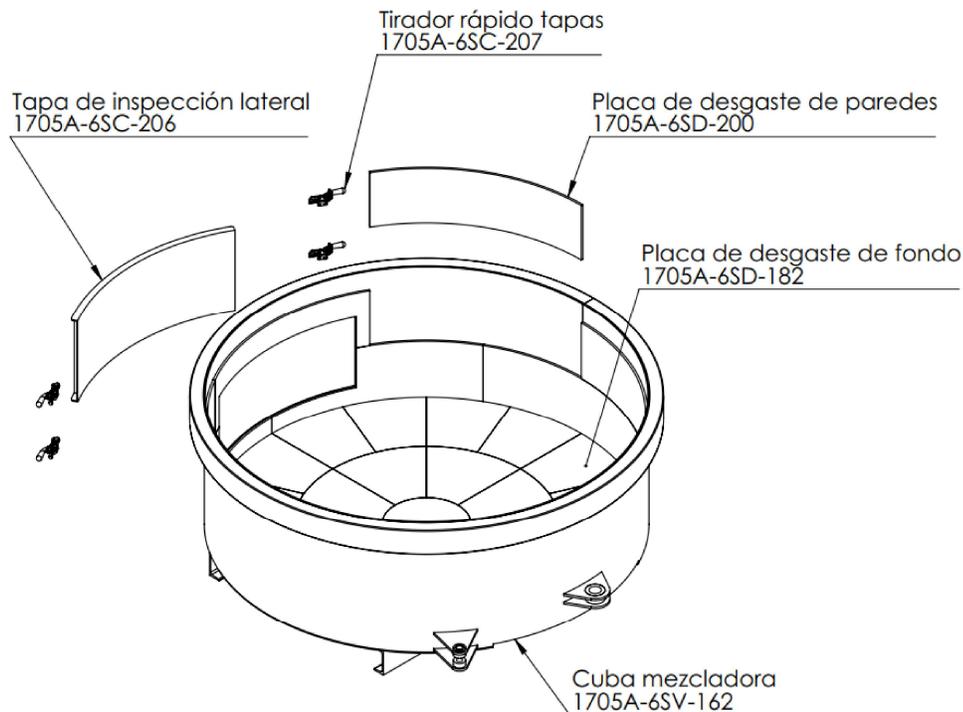


Figura 3.26: Vista en explosión de la cuba contenedora.

Sobre las paredes de la cuba se hace una abertura de inspección de 800x350mm. Se instalará una tapa construida del mismo acero del cilindro y sostenida por 4 tiradores rápidos (Fig. 3.27).

3.5.2. Mecanismo de mezclado

Los soportes de brazos planetarios estarán contruidos en acero SAE 1045 y poseerán un agujero con chavetero, para transmitir la potencia desde un árbol. Axialmente se sujetará mediante un tornillo grado 8.8 y rosca M16x2.00 y una arandela. En los extremos, se sueldan fijaciones cuadradas para sujetar los brazos de las paletas. Cada fijación se sujetará con 4 tornillos de rosca M10x1.5 y cabeza hueca hexagonal.

Cada brazo de paletas será contruido de barra de acero SAE 1045 y diámetro 50mm. En un extremo se suelda un soporte para las paletas.

Las paletas deberán ser adquiridas a un proveedor, en lo posible utilizar modelos ya existentes para otros equipos similares, lo que sólo necesitaría sutiles cambios en la máquina. Sin embargo, a los fines del presente proyecto de viabilidad técnica, se realizó una aproximación del diseño. Las paletas serán de un material resistente al desgaste, por ejemplo el más utilizado es el comercialmente conocido como **Ni-Hard**. Las paletas se atornillarán a cada brazo mediante 2 tornillos cabeza hexagonal grado 8.8 rosca M12x1.75, contratuerca y tuerca ciegas.

La paleta exterior contará con idénticas características técnicas, con las dimensiones necesarias. Éste brazo se atornillará al rotor general mediante una fijación similar a las planetarias.

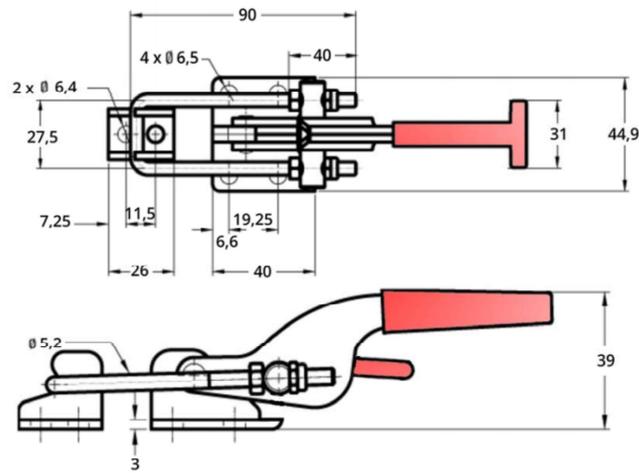


Figura 3.27: Tirador rápido utilizado en las tapas de inspección.

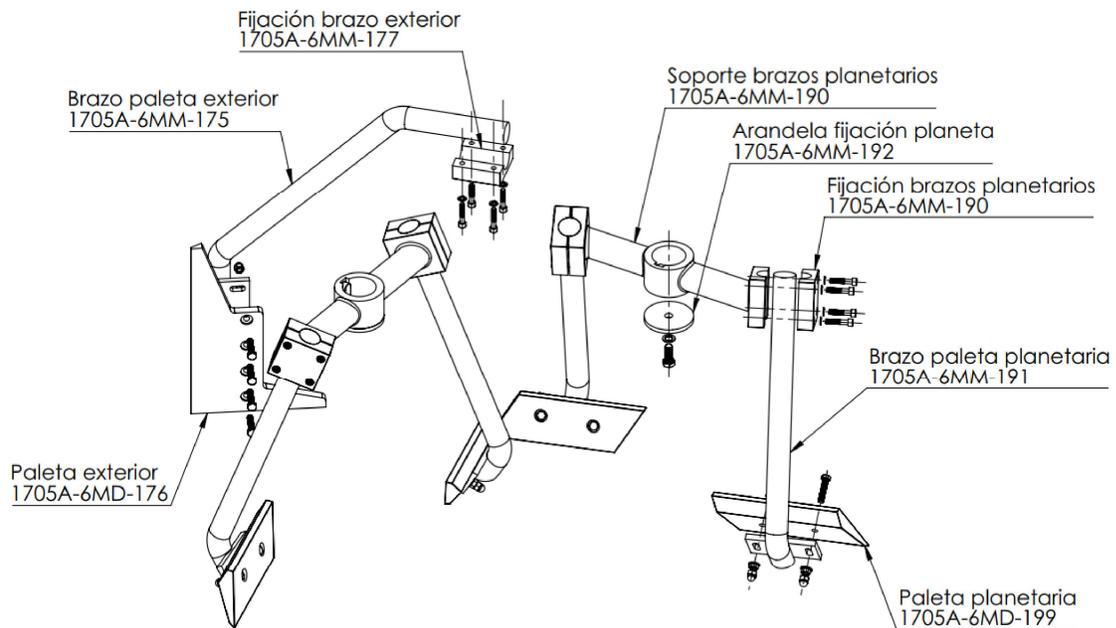


Figura 3.28: Vista en explosión del mecanismo de mezclado.

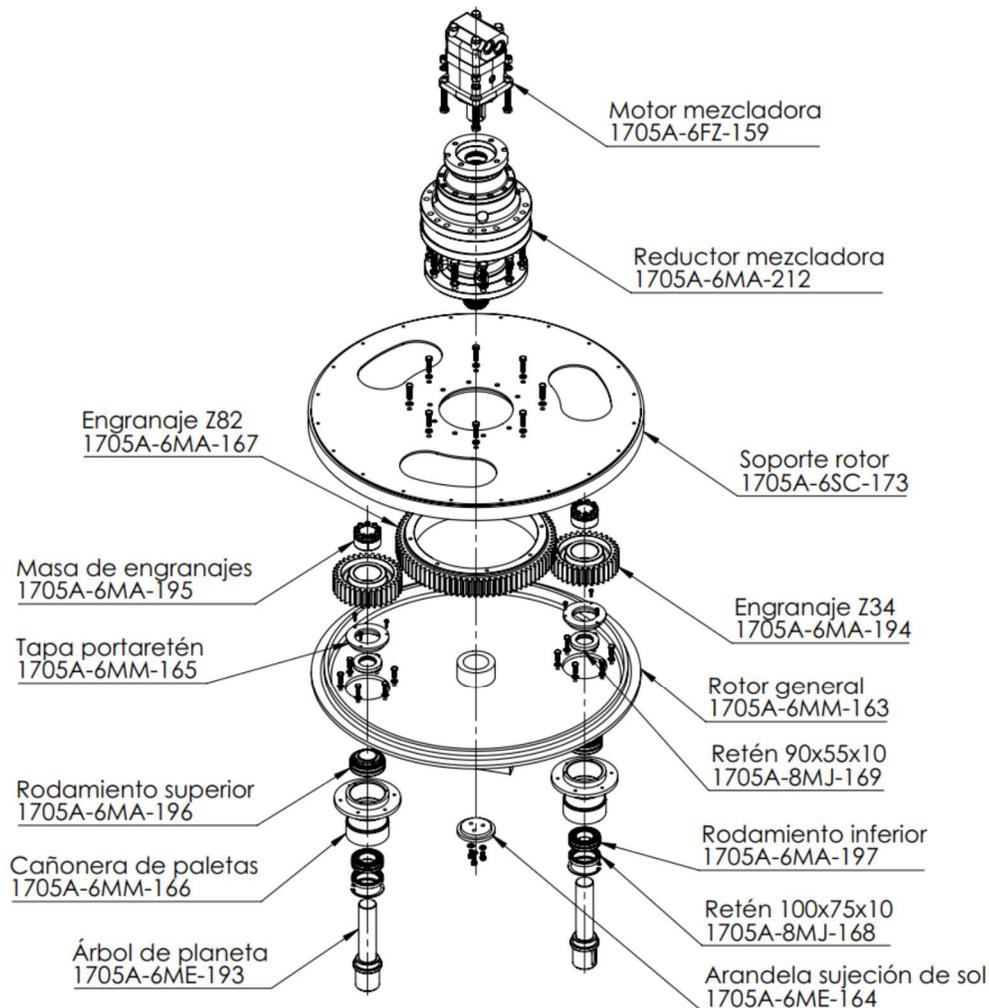


Figura 3.29: Vista en explosión del conjunto motriz.

3.5.3. Conjunto motriz

El conjunto motriz comenzará por un motor hidráulico de 1000 cc/rev que soporte un torque máximo de al menos 1800 Nm a unas 115 rpm. El motor elegido como referencia es un **Parker TK Series**. Se optará preferentemente con una brida estándar SAE CC de 4 agujeros, eje estriado 12/24 de 1 1/2" de diámetro y 17 dientes. El código de éste motor es **TK1000-K6-36-0-AAAA**.

Para adaptar la velocidad de giro del motor se empleará un reductor epicicloidal de 1 etapa con una relación de transmisión de alrededor de 6,23 y un torque de salida de al menos 16000 Nm. Como referencia se selecciona de la marca **STM Team** uno cuyo código es **EX-150-1-RD-6.23-I-GAB14-OUTOIL-TypEX-M3**. Éste es de posición de trabajo vertical (M3), cuenta con una entrada para el motor hidráulico y una salida bridada con eje macho estriado B 80x74.

Éste reductor se atornillará a un soporte que a su vez lo vincula a la estructura principal de la mezcladora, mediante 10 tornillos grado 5, cabeza hexagonal y rosca M16x2.00. Éste soporte estará construido en chapa de acero SAE 1045 y 1/2" de espesor.

Por debajo de éste soporte se fijará mediante 8 tornillos idénticos a los anteriores

el engranaje fijo de un mecanismo de engranajes planetarios, que permitirán el giro simultáneo de los planetas y el sistema completo. Éste engranaje mayor será un engranaje de módulo 6mm, 82 dientes y ángulo de presión 20°. Los engranajes menores serán de similares características y 34 dientes.

A la salida del reductor se ubicará un rotor general, que se fijará mediante una arandela y 3 tornillos grado 8.8 y rosca M10x1.50. Para la transmisión del torque, el rotor contará con un cubo estriado B 80x74, idéntico a la eje del reductor. Sobre éste rotor se fijarán los planetas.

Cada planeta cuenta con una cañonera sobre la que se montarán un rodamiento 22212 con eje cónico para manguito y un rodamiento 22211 con eje cilíndrico. Ésta cañonera se fijará al rotor mediante 6 tornillos M10x1.50. Para contener la grasa de lubricación de éstos rodamientos se colocarán retenes (8751 y 8828) en cada extremo. Estos rodamientos soportarán un árbol de acero SAE 4140 que en un extremo transmitirá el movimiento al soporte de brazos planetarios y en el otro recibirá el par motor desde uno de los engranajes de 34 dientes. El engranaje se montará en el eje mediante una masa bicónica con capacidad para 4200 Nm, como la seleccionada de referencia de la marca **Blokear**, modelo **130 55x85mm**.

3.5.4. Bastidor

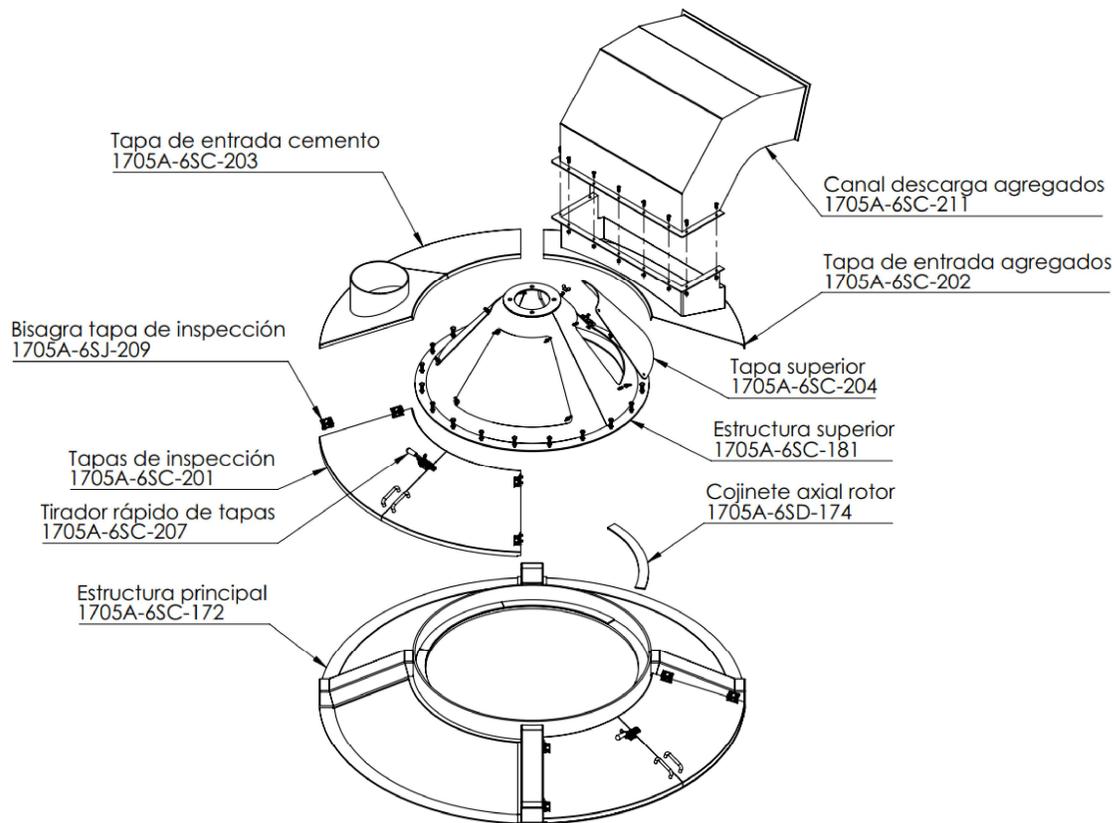


Figura 3.30: Vista en explosión del bastidor.

El bastidor es la estructura que se monta por encima de la cuba que tiene como función soportar todo el peso de las partes motrices. Éste tendrá también los accesos de materia

prima y tapas de inspección para mantenimiento.

La estructura principal estará construida en tubos estructurales cuadrados de 100x100x2mm. Ésta divide el perímetro en 4 partes, dos de las cuales se instalarán tapas de inspección con cierre mediante tirador rápido (Fig. 3.27). En otra de ellas se suelda un tubo redondo de 260mm de diámetro donde descarga la tolva de pesada de cemento. Sobre otra de las salidas se instala una canalización de chapa de acero laminada en frío de espesor N°14, que envuelve la cinta transportadora de agregados, ayudando a su descarga total dentro de la mezcladora.

Sobre la primer estructura se montará otra de acero SAE 1045 y 3/16" con 3 tapas de inspección. Éstas permitirán el acceso al reductor y al mecanismo planetario para lubricación e inspección.

3.5.5. Mecanismo de descarga

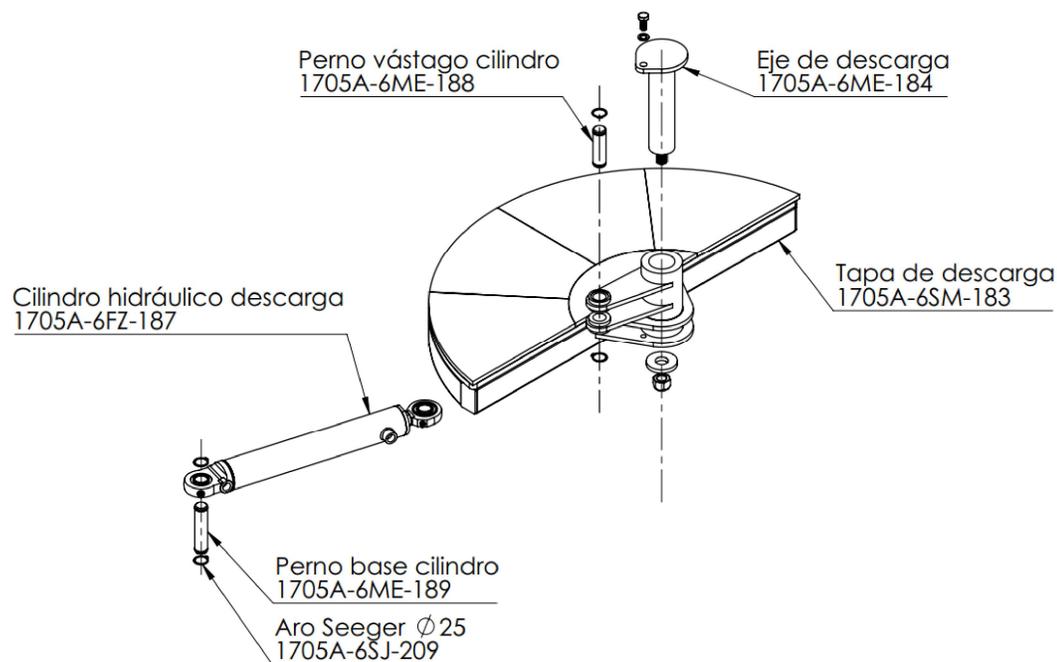


Figura 3.31: Vista en explosión del mecanismo de descarga.

El mecanismo de descarga será una compuerta en el fondo de la cuba con forma de semicírculo, construida en tubo estructural de 60x40x2mm. Estará revestida en su parte superior con chapa antidesgaste **Hardox** o similar. Constará de un buje en el punto de giro y sobre el mismo se encuentra un brazo donde se fija el vástago de un cilindro hidráulico. Dentro de éste buje pasa un perno de acero SAE 1045 y 50mm de diámetro, que mediante una pieza de chapa soldada y un tornillo M12 se fija a la cuba de la mezcladora.

El cilindro hidráulico deberá tener las siguientes características:

1. Tipo: Soldado y doble acción.
2. Diámetro de émbolo: 2" (50,8 mm).

3. Diámetro de vástago: 1" (25,4 mm).
4. Carrera: 300mm.
5. Conexiones: Rosca 1/2" NPT
6. Fijación de cuerpo: Rótula.
7. Fijación de vástago: Rótula.

Ambos extremos del cilindro se fijarán a la compuerta y la cuba mediante pernos de 25mm de diámetro de acero SAE 1045, sujetos mediante anillos de retención (*Seeger*) DIN 471 25x1,2mm.

Todos los detalles constructivos de la hormigonera se observan en los siguientes planos:

- **1705A-A3S-009:** Cuba de mezcladora.
- **1705A-A3M-010:** Mecanismo de descarga.
- **1705A-A3M-011:** Sistema motriz de mezcladora.
- **1705A-A3M-012:** Sistema de mezclado.
- **1705A-A3S-013:** Estructura.

3.5.6. Lista de materiales

Código	Nombre corto	Detalles	Cant.	Marca sugerida	Código marca
1705A-6MM-192	Arandela fijación planeta		2		
1705A-8MJ-160	Arandela Grower M10	Arandela Grower DIN 127 - M10	55		
1705A-8MJ-102	Arandela Grower M12	Arandela Grower DIN 127 - M12	9		
1705A-8MJ-095	Arandela Grower M16	Arandela Grower DIN 127 - M16	16		
1705A-8MJ-067	Arandela Grower M8	Arandela Grower DIN 127 - M8	9		
1705A-8MJ-213	Arandela $\phi 20 \times 60$ mm	Arandela DIN6340 - $\phi 20$ mm	1		
1705A-6ME-164	Arandela sujeción de Sol		1		
1705A-6ME-193	Árbol de planeta		2		
1705A-8MJ-170	Aro Seeger p/buje - $\phi 100$	Anillo de retención DIN 472 - $\phi 100$	1		
1705A-8MJ-079	Aro Seeger p/eje - $\phi 25$	Anillo de retención DIN 471 - $\phi 25$	4		
1705A-6SJ-209	Bisagra tapas de inspección	Bisagra 50mm	8		
1705A-6MM-175	Brazo paleta exterior		1		
1705A-6MM-191	Brazo paleta planetaria		4		
1705A-6SC-211	Canal descarga agregados		1		
1705A-6MM-166	Cañonera paletas		1		
1705A-8MJ-198	Chaveta 22x14x63	Chaveta DIN 6885 - 22x14x63	2		
1705A-6FZ-187	Cilindro hidráulico descarga	Cilindro hidráulico doble efecto - Émbolo: $\phi 2"$ - Vástago $\phi 1"$ - Carrera: 200mm. Extremos con rodamientos oscilantes.	1		
1705A-6SD-174	Cojinete axial rotor		6		
1705A-6SV-162	Cuba mezcladora		1		

1705A-6ME-184	Eje de descarga		1		
1705A-6MA-194	Engranaje Z34	Engranaje de módulo. Módulo: 6mm. Número de dientes: 34 dientes. Ancho: 60mm. Ángulo de presión 20°. Diámetro interior: 85mm.	2		
1705A-6MA-167	Engranaje Z82	Engranaje de módulo. Módulo: 6mm. Número de dientes: 82 dientes. Ancho: 60mm. Ángulo de presión 20°. Diámetro interior: 390mm.	1		
1705A-6SC-172	Estructura principal		1		
1705A-6SC-181	Estructura superior		1		
1705A-6MM-177	Fijación brazo exterior		1		
1705A-6MM-190	Fijación brazos planetarios		2		
1705A-6MA-195	Masa de engranajes	Masa bicónica. Diam int.: 55mm. Diam ext.: 85mm	2	Bloquear	130 55x85
1705A-6FZ-159	Motor mezcladora	Motor hidráulico orbital tipo Roller. Cilindrada: 1000 cc/rev. Presión Max 150 bar. Caudal Max: 100 l/min	1	Danfoss	TK1000-K5-36-0-AAAA
1705A-6MD-176	Paleta lateral		1		
1705A-6MD-199	Paleta planetaria		4		
1705A-6ME-189	Perno base cilindro		1		
1705A-6ME-188	Perno vástago cilindro		1		
1705A-6SD-182	Placa de desgaste de fondo		28		
1705A-6SD-200	Placa de desgaste de paredes		12		
1705A-6MA-212	Reductor mezcladora	Reductor epicicloidial - Par nominal: 11000 Nm - Nº reducciones: 1 - Rt: 6.23 - Salida: Bridada con eje estriado B80x74 - Entrada: Motor hidráulico SAE C - Posición vertical.	1	STM Team	EX-150-1-RD-6.23-I-GAB14-OUTOIL- TypEX-M3
1705A-8MJ-168	Retén 100x75x10	Retén 8751 - 100x75x10mm - Tipo: Mx - Material: NBR	2		
1705A-8MJ-169	Retén 90x55x10	Retén 8828 - 90x55x10mm - Tipo: Lx - Material: NBR	2		
1705A-6MA-197	Rodamiento inferior planeta	Rodamiento 22212 - Cónico	2	SKF	22212/EK
1705A-6MA-196	Rodamiento superior planeta	Rodamiento 22211 - Cilíndrico	2	SKF	22211/E
1705A-6MM-163	Rotor general		1		
1705A-6SC-173	Soporte rotor		1		
1705A-6SM-183	Tapa de descarga		1		
1705A-6SC-202	Tapa de entrada agregados		1		
1705A-6SC-203	Tapa de entrada cemento		1		
1705A-6SC-206	Tapa inspección lateral		1		
1705A-6MM-165	Tapa portaretén		1		
1705A-6SC-204	Tapa superior		3		
1705A-6SC-201	Tapas de inspección		4		
1705A-6SC-207	Tirador rápido tapas	Tirador rápido SAE 1010 - Fuerza 164/1125kg	6	Arfix	AF-TR24
1705A-8SV-210	Tornillo Allen M6x12	Tornillo Allen DIN 7991 - M6x1,00 x 12mm	32		
1705A-8MJ-208	Tornillo cabeza cruz M5x6mm	Tornillo DIN/ISO 7045 - M5x0,80 x 6mm	36		

1705A-8MJ-161	Tornillo M10x20	Tornillo cabeza hexagonal M10x1,50 x 20mm	23		
1705A-8MJ-171	Tornillo M10x30	Tornillo cabeza hexagonal M10x1,50 x 30mm	12		
1705A-8MJ-069	Tornillo M12x25	Tornillo cabeza hexagonal M12x1,75 x 25mm	1		
1705A-8MJ-101	Tornillo M12x45	Tornillo cabeza hexagonal M12x1,75 x 45mm	8		
1705A-8MJ-076	Tornillo M12x55	Tornillo cabeza hexagonal M12x1,75 x 55mm	12		
1705A-8MJ-114	Tornillo M16x40	Tornillo cabeza hexagonal M16x2,00 x 40mm	2		
1705A-8MJ-094	Tornillo M16x55	Tornillo cabeza hexagonal M16x2,00 x 55mm	10		
1705A-8MJ-179	Tornillo M16x80	Tornillo cabeza hexagonal M16x2,00 x 80mm	4		
1705A-8MJ-077	Tornillo M6x20	Tornillo cabeza hexagonal M6x1,00 x 20mm	6		
1705A-8MJ-122	Tornillo M8x20	Tornillo cabeza hexagonal M8x1,25 x 20mm	9		
1705A-8MJ-065	Tornillo M8x30	Tornillo cabeza hexagonal M8x1,25 x 30mm	12		
1705A-8MJ-186	Tuerca autofrenante M20	Tuerca autofrenante M20x2.50	1		
1705A-8MJ-111	Tuerca ciega M12	Tuerca hexagonal ciega M12x1,75	12		
1705A-8MJ-103	Tuerca M12	Tuerca hexagonal M12x1,75	12		
1705A-8MJ-180	Tuerca M16	Tuerca hexagonal M16x2,00	4		
1705A-8MJ-066	Tuerca M8	Tuerca hexagonal M8x1,25	9		
1705A-8MJ-205	Tuerca mariposa M8	Tuerca mariposa - DIN 315 - M8 x 1,25mm	12		

Cuadro 3.5: Listado de materiales: Equipo de mezclado.

3.6. Hidráulica.

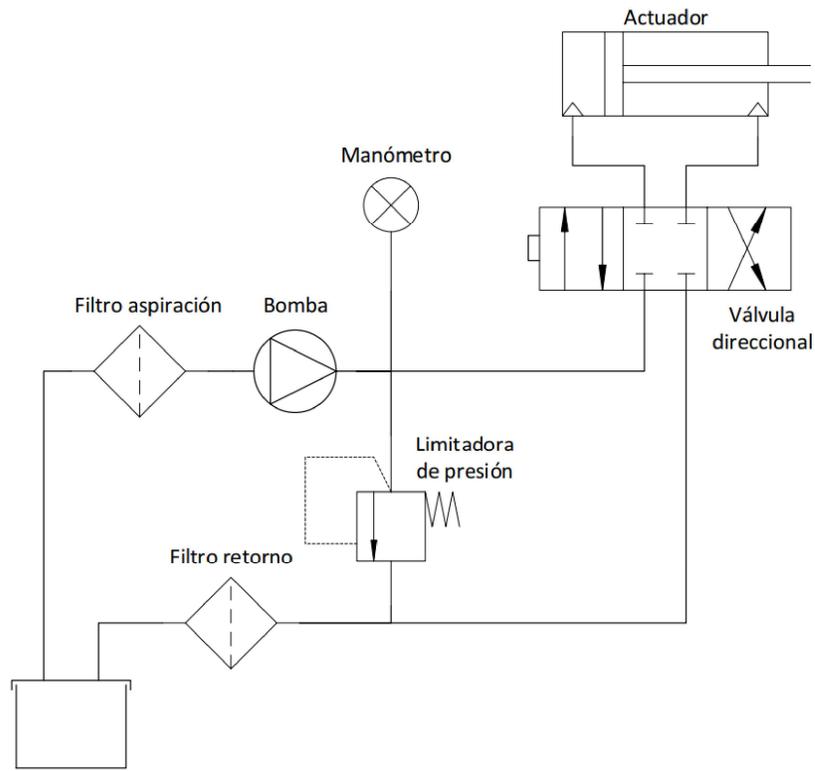


Figura 3.32: Diagrama básico de cada sistema hidráulico.

El sistema hidráulico se dividirá en 3 circuitos diferentes e independientes. En la Figura 3.32 se observa como será básicamente cada circuito hidráulico, con diferentes componentes según el caudal y las necesidades que tenga cada actuador.

Los circuitos y los consumos que alimentarán cada uno son:

- **Circuito 1:** Motores hidráulicos de sinfines de alimentación de cemento (de tolva y elevador), motor hidráulico de cinta transportadora y cilindro hidráulico de descarga. Caudal 50 LPM. Presión: 125 Bar.
- **Circuito 2:** Motor hidráulico de mezcladora de hormigón. Caudal 105 LPM. Presión: 140 Bar.
- **Circuito 3:** Cilindros hidráulicos estabilizadores. Caudal 10 LPM. Presión: 150 Bar.

3.6.1. Bomba hidráulica

Se utilizarán todas bombas del tipo a engranajes con configuraciones estándar de ejes, bridas y conexiones.

- **Circuito 1:** Grupo 3 - 38 cm³/rev. Código de pedido para **Turolla:** SNP3NN/038 R N 01 BA P1 C7



Figura 3.33: Bomba hidráulica tipo a engranajes Turolla.

- **Circuito 2:** Grupo 3 - $75 \text{ cm}^3/\text{rev}$. Código de pedido para **Turolla:** SNP3NN/075 R N 01 BA P1 C7
- **Circuito 3:** Grupo 2 - $8 \text{ cm}^3/\text{rev}$. Código de pedido para **Turolla:** SNP2NN/8,0 R N 01 BA P1 C3

3.6.2. Motor eléctrico para bomba hidráulica

Las bombas hidráulicas serán impulsadas por motores eléctricos trifásicos de 380V a 50 Hz, carcasa de hierro gris, 4 polos (1500 rpm) y clasificación energética IE1.

- **Circuito 1:** 15 HP/ 11kW - Carcasa 160M - 380/660V.
- **Circuito 2:** 30 HP/ 22kW - Carcasa 180L - 380/660V.
- **Circuito 3:** 4 HP/ 3kW - Carcasa 100L - 220/380V.

3.6.3. Reservorios de aceite

Para almacenar el aceite hidráulico se utilizarán depósitos de acero sobre los cuales se montan la bomba, válvulas, filtros, etc. Su diseño deberá contemplar un correcto flujo, disipación de calor, decantado de suciedad en el aceite, etc. Se utilizan unidades separadas para cada circuito, debido a la gran diferencia de caudales de las bombas. Es un componente que puede fabricarse a medida o adquirirse directamente, por ejemplo del fabricante **OMT**, línea **CFP-GC**, en capacidad de 225, 100 y 50 litros para cada circuito (en orden de mayor a menor caudal).

3.6.4. Radiador de aceite

En casos de potencias hidráulicas muy elevadas, el enfriamiento del aceite en el depósito no es suficiente, por lo que se incorpora un radiador aceite-aire con ventilación forzada

adicional. En éste caso se utiliza únicamente para el circuito 2, que es el de mayor potencia instalada y con un consumo de mucha exigencia. El radiador deberá estar diseñado para los 100 LPM del circuito, un ventilador con flujo de 1500 m³/h y motor de 1/4 HP trifásico. De utilizar la marca **OMT**, el modelo sería **SS24-14** (Fig. 3.34).

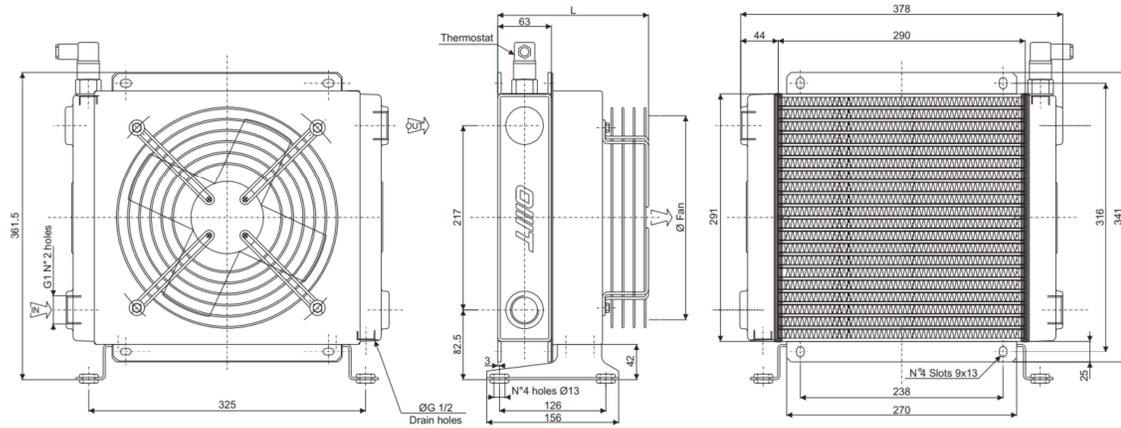


Figura 3.34: Radiador OMT SS24-14.

3.6.5. Válvulas de comando

Las válvulas de comando o direccionales múltiples habilitan o restringen el flujo de aceite hacia los consumos según la necesidad, cuando son accionados mediante una señal manual, eléctrica, neumática, etc. Las válvulas son modulares y se componen de cuerpos de entrada, salida y centrales o de trabajo. A continuación se enumeran las características que deberán tener en cada circuito.

Circuito 1

- **General:** Caudal de trabajo 60 LPM y presión 150 bar.
- **Cuerpo de entrada:** Puerto lateral, sin válvula de alivio y rosca 7/8"-14 UNF con *O-Ring* lateral.
- **3 cuerpos de trabajo:** 3 módulos. Circuito paralelo, vástago de 4 vías con centro abierto, accionamiento eléctrico de ambos lados y rosca 7/8"-14 UNF con *O-Ring* lateral. Sin válvulas auxiliares.
- **Cuerpo de salida:** Puerto lateral y rosca 7/8"-14 UNF con *O-Ring* lateral.

Circuito 2

Éste circuito alimenta el motor de la mezcladora, que también es accionado eléctricamente. Se selecciona una válvula modular de la marca **Valmova** y el modelo siguiente al anterior, **CDS 100**, diseñado para un caudal de 100 litros por minuto y una presión de trabajo de 210 bar.

- **General:** Caudal de trabajo 100 LPM y presión 150 bar.



Figura 3.35: Válvula direccional modular Valmova CDS.

- **Cuerpo de entrada:** Puerto lateral, sin válvula de alivio y rosca 1-1/16"-12 UNF con *O-Ring* lateral.
- **1 cuerpo de trabajo:** Circuito paralelo, vástago de 4 vías con centro abierto, accionamiento eléctrico de ambos lados y rosca 1-1/16"-12 UNF con *O-Ring* lateral. Sin válvulas auxiliares.
- **Cuerpo de salida:** Puerto lateral y rosca 1-1/16"-12 UNF con *O-Ring* lateral.

Circuito 3

- **General:** Caudal de trabajo 17 LPM y presión 150 bar.
- **Número de cuerpos:** 4
- **Roscas:** BSP (1/4" y 3/8")
- **Válvula de alivio:** Con rango de 80 a 230 bar. Ajustada por defecto en 140 bar.
- **Actuador:** Manual directo con palanca.
- **Vástago:** 4 vías, 3 posiciones. Centro cerrado.
- **Control de vástago:** Retorno por resorte en ambos sentidos.

3.6.6. Líneas hidráulicas

Para conducir el aceite entre los distintos componentes y los consumos se utilizarán mayoritariamente tubos de acero sin costura, con presiones admisibles de al menos 150 bar, en diámetros nominales de 1/2" a 1-1/2" según el tramo. Para las conexiones se



Figura 3.36: Soportes de polipropileno para tubos y mangueras.

usarán tuercas con roscas UNF y sello JIC 37°. Luego serán necesarios adaptadores a las distintas roscas o sellos que utilicen cada componente.

Para los cilindros hidráulicos, cuyas conexiones son móviles, se utilizarán mangueras hidráulicas SAE 100R2 con presión admisible de 3000 PSI en diámetros 3/8" y 5/8" de diámetro interior (Por ej. **Gates Mega3000**). Se utilizarán terminales para prensar con tuerca giratoria UNF en un extremo y macho fijo UNF en el otro, en ambos casos con sello JIC 37°.

Para sujetar los tubos a la estructura, se utilizarán soportes de polipropileno simples o dobles según el caso y de los diferentes diámetros necesarios. En los tramos largos se tenderá a colocar un soporte cada 1 metro de tubería.

3.6.7. Instrumentación hidráulica

Para la operación de la máquina y su puesta en marcha es importante conocer la presión de trabajo de cada circuito. Por lo tanto se instalarán en el puesto de mando 3 manómetros de brida para tablero de 63mm de diámetro, rango de 0 a 160 bar y rosca 1/4" BSP (Por ej. **Italmanometri M637PL/0-160**).

Además, montado sobre cada reservorio se encontrarán niveles de aceite de 177mm de largo con termómetro de 0 a 100°C incorporado (Por ej. **OMT LGN2T**).

3.6.8. Válvulas de protección

Dado que las bombas son de desplazamiento positivo, es necesaria una válvula de alivio de presión por cada circuito. Cada una deberá soportar el caudal de trabajo y limitar en el rango necesario. Si se utiliza la marca **Marchesini**, los códigos serán:

- **Circuito 1:** Principal V0710 (70 LPM) y en la línea de los motores de cemento V0700 (45 LPM).



Figura 3.37: Nivel de aceite con termómetro incorporado.

- **Circuito 2:** V0720
- **Circuito 3:** V0700

Además, para la línea que alimenta los motores de elevación del cemento se instalará una válvula que limite el caudal. La utilizada será una válvula prioritaria, las cuales mantienen un caudal de salida constante sin importar de la presión de trabajo. Si se utiliza la marca **Marchesini**, el modelo será **V1110**.

En el caso de los cilindros de estabilización, por seguridad tendrán montada una válvula de bloqueo pilotada doble, que evita el desplazamiento del cilindro cuando no se está operando. De ésta forma si hay una falla en la línea o en la válvula de comando cuando el equipo está elevado no hay riesgo de caída. El modelo en la marca **Marchesini** es el **V0050**.

En el plano **1705A-A4F-014** se encuentra el diagrama completo de la instalación hidráulica.

3.6.9. Lista de materiales

Código	Nombre corto	Detalles	Cant.	Marca sugerida	Código marca
1705A-7FX-290	Aceite hidráulico	Aceite hidráulico - Viscosidad 68 cSt	400L		
1705A-7FA-236	Acople para bomba 10 LPM	Acople de aluminio para motor eléctrico - Tamaño 100	1	OMT	ND65H + ND65C + R62
1705A-7FA-234	Acople para bomba 100 LPM	Acople de aluminio para motor eléctrico - Tamaño 180	1	OMT	ND108C + ND108H + R103
1705A-7FA-235	Acople para bomba 50 LPM	Acople de aluminio para motor eléctrico - Tamaño 160	1	OMT	ND108B + ND108Q + R103
1705A-7FU-265	Adaptador JIC 1.1/16" x BSP 1/2"	Adaptador MF JIC 37° 1.1/16" x12 UNF - MF 1/2" x14 BSP	3		

1705A-7FU-264	Adaptador JIC 1.1/16" x BSP 3/8"	Adaptador MF JIC 37° 1.1/16"x12 UNF - MF 3/8"x19 BSP	5		
1705A-7FU-254	Adaptador JIC 1.1/16" x NPT 3/4"	Adaptador MF JIC 37° 1.1/16"x12 UNF - MF 3/4"x14 NPT	2	I-Ron	709.10.12
1705A-7FU-252	Adaptador JIC 1.1/16" x O'ring 7/8"	Adaptador MF JIC 37° 1.1/16"x12 UNF - MF ORS 7/8"x14 UNF	8	I-Ron	711.10.08
1705A-7FU-267	Adaptador JIC 1.5/16" x BSP 1/2"	Adaptador MF JIC 37° 1.5/16"x12 UNF - MF 1/2"x14 BSP	1		
1705A-7FU-261	Adaptador JIC 1.5/16" x BSP 3/4"	Adaptador MF JIC 37° 1.5/16"x12 UNF - MF 3/4"x14 BSP	4		
1705A-7FU-280	Adaptador JIC 1.5/16" x O'ring 1.1/16"	Adaptador MF JIC 37° 1.5/16"x12 UNF - MF ORS 1.1/16"x12 UNF	2	I-Ron	711.14.10
1705A-7FU-277	Adaptador JIC 1.5/16" x O'ring 1.5/16"	Adaptador MF JIC 37° 1.5/16"x12 UNF - MF ORS 1.5/16"x12 UNF	1	I-Ron	711.14.14
1705A-7FU-253	Adaptador JIC 1.5/16" x O'ring 7/8"	Adaptador MF JIC 37° 1.5/16"x12 UNF - MF ORS 7/8"x14 UNF	3	I-Ron	711.14.08
1705A-7FU-279	Adaptador JIC 1.7/8" x BSP 1"	Adaptador MF JIC 37° 1.7/8"x12 UNF - MF 1"x11 BSP	2		
1705A-7FU-262	Adaptador JIC 1.7/8" x BSP 1.1/4"	Adaptador MF JIC 37° 1.7/8"x12 UNF - MF 1.1/4"x11 BSP	1		
1705A-7FU-266	Adaptador JIC 1.7/8" x BSP 3/4"	Adaptador MF JIC 37° 1.7/8"x12 UNF - MF 3/4"x14 BSP	2		
1705A-7FU-257	Adaptador JIC 1.7/8" x NPT 2"	Adaptador MF JIC 37° 1.7/8"x12 UNF - MF 2"x11 NPT	1		
1705A-7FU-281	Adaptador JIC 1.7/8" x O'ring 1.1/16"	Adaptador MF JIC 37° 1.7/8"x12 UNF - MF ORS 1.1/16"x12 UNF	2		
1705A-7FU-278	Adaptador JIC 1.7/8" x O'ring 1.5/16"	Adaptador MF JIC 37° 1.7/8"x12 UNF - MF ORS 1.5/16"x12 UNF	1		
1705A-7FU-260	Adaptador JIC 3/4" x BSP 1/2"	Adaptador MF JIC 37° 3/4"x16 UNF - MF 1/2"x14 BSP	1		
1705A-7FU-263	Adaptador JIC 3/4" x BSP 3/8"	Adaptador MF JIC 37° 3/4"x16 UNF - MF 3/8"x19 BSP	15		
1705A-7FU-256	Adaptador JIC 3/4" x NPT 3/8"	Adaptador MF JIC 37° 3/4"x16 UNF - MF 3/8"x19 NPT	10	I-Ron	709.06.06
1705A-7FU-276	Adaptador JIC 3/4" x O'ring 7/8"	Adaptador MF JIC 37° 3/4"x16 UNF - MF ORS 7/8"x14 UNF	3	I-Ron	711.06.08
1705A-7FH-227	Bloqueo cilindros estabilizadores	Válvula antirretorno pilotada doble - 3/8" BSP - Caudal MAX 45 LPM	4	Marchesini	V0050
1705A-7FX-231	Boca de carga aceite	Boca de carga con filtro esponja 40µm - Caudal: 250 LPM	1	OMT	TR-1
1705A-7FP-247	Bomba 10 LPM	Bomba de engranajes - Grupo 2 - 8 cc/rev - Brida con piloto 36,5mm y 4 tornillos. Eje cónico 1:8. Puertos bridados.	1	Turolla	SNP2NN/8,0 R N 01 BA P1 C3
1705A-7FP-245	Bomba 100 LPM	Bomba de engranajes - Grupo 3 - 75 cc/rev - Brida con piloto 50,8mm y 4 tornillos. Eje cónico 1:8. Puertos bridados.	1	Turolla	SNP3NN/075 R N 01 BA P1 C7
1705A-7FP-246	Bomba 50 LPM	Bomba de engranajes - Grupo 3 - 38 cc/rev - Brida con piloto 50,8mm y 4 tornillos. Eje cónico 1:8. Puertos bridados.	1	Turolla	SNP3NN/038 R N 01 BA P1 C7
1705A-7FU-272	Brida para bomba 1" BSP	Brida con rosca hembra - 1" BSP - Para 4 agujeros ø62	1	Oleo Técnica	RP3,5A
1705A-7FU-274	Brida para bomba 1/2" BSP	Brida con rosca hembra - 1/2" BSP - Para 4 agujeros ø40	1	Oleo Técnica	RP3A
1705A-7FU-273	Brida para bomba 3/4" BSP	Brida con rosca hembra - 3/4" BSP - Para 4 agujeros ø51	2	Oleo Técnica	RP2
1705A-7FU-275	Brida para bomba 3/8" BSP	Brida con rosca hembra - 3/8" BSP - Para 4 agujeros ø30	2	Oleo Técnica	RP1

1705A-5FZ-283	Cilindro hidráulico estabilizador	Cilindro hidráulico doble efecto - Émbolo: $\phi 3''$ - Vástago $\phi 1.3/4''$ - Carrera: 500mm. Extremos con bujes. Presión nominal 150 Bar.	4		
1705A-7FH-225	Comando 10 LPM	Válvula direccional - 4 cuerpos - Accionamiento manual doble - Retorno aresorte - Roscas $1/4''-3/8''$ BSP - Centro abierto - Caudal MAX: 25 LPM	1	BLB	BM20/4GU/ MOA1/MOA1/ MOA1/MOA1
1705A-7FH-223	Comando 100 LPM	Válvula direccional - 1 cuerpo - Doble accionamiento eléctrico - Rosca $1.1/16''$ Oring - Centro abierto - Caudal MAX: 100 LPM	1	Valmova	Entrada: E100-BB3 - Salida: E100-B3 - Cuerpo: B100-1BJ3L3
1705A-7FH-224	Comando 50 LPM	Válvula direccional - 3 cuerpos - Doble accionamiento eléctrico - Rosca $7/8''$ Oring - Centro abierto - Caudal MAX: 60 LPM	1	Valmova	Entrada: E60-BB2 - Salida: E60-B2 - Cuerpo: 3xB60-1BJ3L2
1705A-7FX-218	Filtro aspiración 10 LPM	Filtro de aspiración - Cuerpo aluminio - Malla AISI 304 $60\mu\text{m}$ - Rosca: $3/8''$ - Caudal MAX: 10 LPM	1	OMT	SF 046A-038 N R060
1705A-7FX-219	Filtro aspiración 100 LPM	Filtro de aspiración - Cuerpo aluminio - Malla AISI 304 $60\mu\text{m}$ - Rosca: $2''$ - Caudal MAX: 116 LPM	1	OMT	SF 086B-200 N R060
1705A-7FX-217	Filtro aspiración 50 LPM	Filtro de aspiración - Cuerpo aluminio - Malla AISI 304 $60\mu\text{m}$ - Rosca: $1.1/4''$ - Caudal MAX: 62 LPM	1	OMT	SF 086A-114 G R060
1705A-7FX-221	Filtro retorno 10 LPM	Filtro de retorno sobre tanque - Con filtro de celulosa tratada con retina de $10\mu\text{m}$ - Rosca $1/2''$ BSP	1	OMT	OMTF 09 1 C10 N A
1705A-7FX-220	Filtro retorno 100 LPM	Filtro de retorno sobre tanque - Con filtro de celulosa tratada con retina de $10\mu\text{m}$ - Rosca $1.1/4''$ BSP	1	OMT	OMTF 17 1 C10 N A 1
1705A-7FX-222	Filtro retorno 50 LPM	Filtro de retorno sobre tanque - Con filtro de celulosa tratada con retina de $10\mu\text{m}$ - Rosca $3/4''$ BSP	1	OMT	OMTF 11 1 C10 N A 1
1705A-7FV-241	Limitadora de caudal 20 LPM	Válvula de control de flujo prioritario - 3 puertos - Exceso a tanque - $3/8''$ BSP - Caudal MAX: 60 LPM	1	Marchesini	V1110
1705A-7FX-230	Linterna 10 LPM	Linterna de aluminio para motor eléctrico - Tamaño 100	1	OMT	THB25
1705A-7FX-228	Linterna 100 LPM	Linterna de aluminio para motor eléctrico - Tamaño 180	1	OMT	TH4
1705A-7FX-229	Linterna 50 LPM	Linterna de aluminio para motor eléctrico - Tamaño 160	1	OMT	L35C
1705A-7FU-248	Manguera hidráulica $3/8''$	Manguera hidráulica - SAE 100R2 - Diámetro interior $3/8''$	5	Gates	6M3K
1705A-7FU-249	Manguera hidráulica $5/8''$	Manguera hidráulica - SAE 100R2 - Diámetro interior $5/8''$	2	Gates	10M3K
1705A-7FI-232	Manómetro hidráulico	Manómetro bridado para tablero - Diámetro 63mm - Escala 0-160 Bar - Rosca $1/4''$ BSP	3	Italmanometri	M637PL/0-160
1705A-7EW-287	Motor eléctrico 15 HP	Motor eléctrico 15 HP - Carcasa 160M - 50 Hz - 4 polos - 380/660V - IE1	1	WEG	
1705A-7EW-288	Motor eléctrico 30 HP	Motor eléctrico 30 HP - Carcasa 180L - 50 Hz - 4 polos - 380/660V - IE1	1	WEG	
1705A-7EW-289	Motor eléctrico 4 HP	Motor eléctrico 4 HP - Carcasa 100L - 50 Hz - 4 polos - 220/380V - IE1	1	WEG	
1705A-7FI-233	Nivel de aceite hidráulico	Nivel de aceite con cuerpo de acero - Termómetro 0-100°C - Largo: 177mm.	3	OMT	LGN2T

1705A-7FR-282	Radiador 100 LPM	Radiador Aire-Aceite - Diámetro ventilador 250mm - Caudal 40-120 LPM - Motor: 50Hz - 230/400V - 0.25kW.	1	OMT	SS24-14
1705A-7FX-239	Soporte para tubo 1"	Soporte polipropileno y placas de acero - Para tubo 1"	18	pi.effe.ci	C4-25,4mm
1705A-7FX-240	Soporte para tubo 1.1/2"	Soporte polipropileno y placas de acero - Para tubo 1.1/2"	10	pi.effe.ci	C6-38,1mm
1705A-7FX-238	Soporte para tubo 1/2"	Soporte polipropileno y placas de acero - Para tubo 1/2"	56	pi.effe.ci	C2-12,7mm
1705A-7FX-237	Soporte para tubo 3/4"	Soporte polipropileno y placas de acero - Para tubo 3/4"	38	pi.effe.ci	C4-19mm
1705A-7FV-226	Tanque de aceite hidráulico 205 L	Tanque de chapa de acero - Pintado y resistente al aceite - Capacidad min: 205 L	1	OMT	CFP50GC
1705A-7FV-286	Tanque de aceite hidráulico 47 L	Tanque de chapa de acero - Pintado y resistente al aceite - Capacidad: 47 L	1	OMT	CFP225GC
1705A-7FV-259	Tanque de aceite hidráulico 90 L	Tanque de chapa de acero - Pintado y resistente al aceite - Capacidad min: 90 L	1	OMT	CFP100GC
1705A-7FU-284	Terminal Mang. 3/8" - HG JIC 3/4" UNF	Terminal para prensar - Manguera 3/8" - HG JIC 37° 3/4"x16 UNF	2		
1705A-7FU-250	Terminal Mang. 3/8" - JIC 3/4" UNF	Terminal para prensar - Manguera 3/8" - JIC 37° 3/4"x16 UNF	2	I-Ron	113.06.06.SP
1705A-7FU-285	Terminal Mang. 5/8" - HG JIC 1.1/16" UNF	Terminal para prensar - Manguera 5/8" - HG JIC 37° 1.1/6"x12 UNF	2		
1705A-7FU-251	Terminal Mang. 5/8" - JIC 1.1/16" UNF	Terminal para prensar - Manguera 5/8" - JIC 37° 1.1/6"x12 UNF	2	I-Ron	113.10.10.SP
1705A-7FU-243	Tubo Hidráulico 1"	Tubo sin costura hidráulico - 1" x 2,2mm	22		
1705A-7FU-244	Tubo Hidráulico 1.1/2"	Tubo sin costura hidráulico - 1.1/2" x 2,5mm	12		
1705A-8FU-155	Tubo Hidráulico 1/2"	Tubo sin costura hidráulico - 1/2" x 1,5mm	68		
1705A-7FU-242	Tubo Hidráulico 3/4"	Tubo sin costura hidráulico - 3/4" x 2mm	46		
1705A-7FU-269	Tuerca Tubo 1" x JIC 1.5/16"	Tuerca para tubo 1" - JIC 37° 1.5/16"x12 UNF	14	I-Ron	903.14
1705A-7FU-271	Tuerca Tubo 1.1/2" x JIC 1.7/8"	Tuerca para tubo 1.1/2" - JIC 37° 1.7/8"x12 UNF	12	I-Ron	903.18
1705A-7FU-270	Tuerca Tubo 1/2" x JIC 3/4"	Tuerca para tubo 1/2" - JIC 37° 3/4"x16 UNF	18	I-Ron	903.06
1705A-7FU-268	Tuerca Tubo 3/4" x JIC 1.1/16"	Tuerca para tubo 3/4" - JIC 37° 1.1/16"x12 UNF	20	I-Ron	903.10
1705A-7FH-214	Válvula presión 100 LPM	Válvula limitadora de presión - Rango: 10-180 Bar - Caudal MAX: 90 LPM	1	Marchesini	V0720
1705A-7FH-216	Válvula presión 20 LPM	Válvula limitadora de presión - Rango: 10-180 Bar - Caudal MAX: 45 LPM	2	Marchesini	V0700
1705A-7FH-215	Válvula presión 50 LPM	Válvula limitadora de presión - Rango: 10-180 Bar - Caudal MAX: 70 LPM	1	Marchesini	V0710

Cuadro 3.6: Listado de materiales: Sistema hidráulico.

3.7. Neumática.

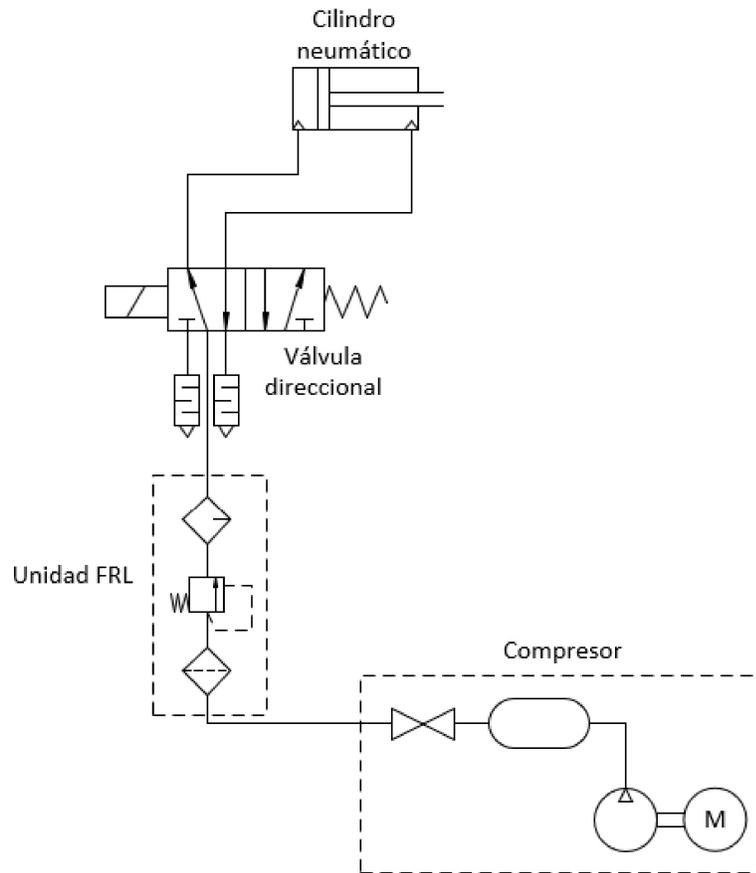


Figura 3.38: Diagrama básico de cada sistema neumático.

Análogo a lo que pasaba en la hidráulica, la instalación neumática se dividirá en 4 circuitos. En la Figura 3.38 se observa como será básicamente cada circuito neumática. Sin embargo, los circuitos comparten fuente de energía (compresor de aire) y todos los componentes son iguales entre circuitos ya que todos trabajan a presiones y caudales similares. A diferencia de la instalación hidráulica, en éste caso las válvulas direccionales estarán montadas cerca de los consumos, llevando conductores eléctricos con las señales de accionamiento a cada solenoide y una única tubería de aluminio que distribuya el aire comprimido.

3.7.1. Compresor.

El compresor a utilizar será a pistón con tanque de almacenamiento de 90 litros, un caudal de aproximadamente 170 l/min y una presión de 8 bar. Tendrá un motor trifásico con una potencia de 1,7kW. Si se utiliza la marca **Kaeser** el modelo ideal es el **EUROCOMP EPC 340-100** (Fig. 3.39).



Figura 3.39: Compresor de la linea Kaeser Eurocomp.

3.7.2. Válvulas direccionales.

Se utilizarán válvulas direccionales idénticas para cada circuito, que deberán ser de accionamiento eléctrico con retorno a resorte y con capacidad para soportar el caudal y la presión de aire necesarios. Para fines del proyecto se selecciona de la marca **Micro** el modelo **SB0** con tensión de alimentación 12V.



Figura 3.40: Válvula direccional Micro SB0.

3.7.3. Tratamiento del aire comprimido.

Cómo todo el aire se destina al mismo uso y las válvulas direccionales requieren una calidad de aire igual a los cilindros, el tratamiento de aire se realizará directamente a la salida del compresor. Para ello se usará una unidad FR+L, que consiste en un filtro de entrada de $25\mu\text{m}$, seguido por un regulador de presión entre 0,5 y 8 bar. A continuación un lubricador que dosifica aceite en el aire comprimido, con el fin de lubricar las superficies de los componentes neumáticos aumentando la vida útil y reduciendo los costos de mantenimiento. Como ejemplo se selecciona la unidad FR+L modelo **QBM0** de **Micro** (Fig. 3.41).



Figura 3.41: Unidad FR+L, Micro QBM.

3.7.4. Líneas neumáticas

Se utilizarán dos tipos de conducciones, según el lugar de aplicación. Para llevar el aire comprimido desde el compresor hasta los consumos se utilizarán tubos de aluminio (Por ej. de la línea **Parker Transair**) de 16,5mm de diámetro, con los accesorios correspondientes como codos, tees, conectores roscados, etc. Los accesorios se unirán mediante conexiones instantáneas de anillo de sujeción. Los tubos deberán cumplir las normas EN 755.2, EN 755.8 y EN 573.3. Se sujetará a la estructura mediante al menos dos clips de fijación por cada tramo de tubo.

Para las conexiones de válvulas y cilindros se utilizarán tubo flexible de poliuretano de 8mm de diámetro exterior y los accesorios correspondientes como conectores instantáneos, adaptadores a roscas, etc.



Figura 3.42: Sistema Parker Transair de tubos de aluminio y accesorios.

Finalmente, el diagrama completo de la instalación neumática se detalla en el plano **1705A-A4F-015**.

3.7.5. Lista de materiales

Código	Nombre corto	Detalles	Cant.	Marca sugerida	Código marca
1705A-7FX-308	Clip de fijación de tubo	Clip de fijación para tubo de aluminio. Diámetro 16,5mm.	9	Parker	Transair 6697 17 00
1705A-7FU-305	Codo a 90° - Tubo neumática	Codo a 90° - Tubo 16,5mm	7	Parker	Transair 6602 17 00
1705A-7FW-291	Compresor de aire	Compresor 1,7 kW - Motor trifásico 400V - Tanque de almacenamiento 90 litros - Caudal 170 l/min a 8 bar.	1	Kaeser	EPC 340-100
1705A-7FU-301	Conector recto 1/4"	Conector recto - Rosca 1/4" BSP - Tubo 8mm	12	Micro	0.441.010.813
1705A-7FU-302	Conector recto 1/8"	Conector recto - Rosca 1/8" BSP - Tubo 8mm	12	Micro	0.441.010.810
1705A-7FU-306	Conector T - Tubo flexible 8mm	Conector T igual - Diámetro 8mm	6	Micro	0.451.040.800
1705A-7FU-304	Cupla rosca 1/4" BSP	Cupla hembra-hembra - Rosca 1/4" BSP	4	Micro	0.000.008.913
1705A-7FU-303	Racor para tubo - Macho 1/4" BSP	Racor de entrada recto - Rosca 1/4" BSP - Tubo 16,5mm	4	Parker	Transair 6605 17 13
1705A-7FU-296	Silenciador de escape	Silenciador de escape - Rosca 1/8" BSP	8	Micro	0.400.001.311
1705A-7FU-307	Te igual - Tubo neumática	Te igual - Tubo 16,5mm	3	Parker	Transair 6604 17 00
1705A-7FU-292	Tubo de aire	Tubo de aluminio - Diámetro ext. 16,5mm - Diámetro int. 13mm	12m	Parker	Transair 1003A17 04 00
1705A-7FU-293	Tubo flexible de aire	Tubo de poliuretano - Diámetro ext. 8mm - Diámetro int 5,5mm	14m	Micro	0.000.012.530
1705A-7FX-294	Unidad FRL	Filtro 25µm - Regulador de presión 0,5-8 bar - Rosca 1/4" BSP	4	Micro	0.104.003.522
1705A-7FH-295	Válvula direccional neumática	Electroválvula 5/2 con reacción a resorte - Presión max 10 bar - Caudal max 420 l/min - Rosca 1/8" BSP	4	Micro	0.224.002.511/213

Cuadro 3.7: Listado de materiales: Sistema neumático.

3.8. Automatización.

3.8.1. Módulo lógico



Figura 3.43: PLC Siemens Logo! y módulos de expansión.

Para el control de todos los sensores y actuadores que contará el equipo se usará un PLC de la marca **Siemens**, modelo **Logo! 8 12/24 RCE**. Éste cuenta con una pantalla LCD de 6 líneas, 8 entradas digitales (4 también analógicas), 4 salidas digitales con relé de 10A y conexión *Ethernet*.

Para alcanzar la cantidad de entradas y salidas necesarias, se agregarán un módulo de expansión **Logo! DM16 24 R**, que cuenta con 8 entradas y 8 salidas digitales adicionales y dos módulos **Logo! AM2** que suman 2 entradas analógicas cada uno.

Para la alimentación se utilizará una fuente **Logo! Power 24V / 1.3A**.

Los códigos de cada uno de los equipos son:

- Módulo básico: **6ED1052-1HB00-0BA8**.
- Módulo de expansión digital: **6ED1055-1NB10-0BA2**.
- Módulo de expansión analógico: **6ED1055-1MA00-0BA2**.
- Módulo de alimentación: **6EP1331-1SH03**

3.8.2. Medición de humedad en agregados.

Para la medición de humedad en agregados, se utilizará un sensor por microondas que esté diseñado para trabajar con materiales agresivos como la arena, canto rodado, piedra partida, etc. El modelo que se utiliza en el diseño del sistema es de la marca **IMKO Micromodultechnik**, modelo **Sono-Vario Standard** (Fig. 3.44) y **Sono-Vario Xtrem**. La diferencia entre ambos es la resistencia mecánica, el primero está indicado para arena de tamaño 0 a 4mm y el segundo de 4 a 32mm.

Por recomendación del fabricante, éstos sensores se colocarán debajo de las compuertas de cada agregado, de forma tal que el flujo caiga directamente sobre ellos. De ésta forma el sensor se mantiene limpio automáticamente y fácil de mantener, ya que en caso de que



Figura 3.44: Sensor de humedad Sono-Vario Standard.

se adhiera material a la superficie éste puede afectar la medición. Mediante una primer descarga corta de prueba, el sensor detectará la humedad del agregado y el módulo lógico hace las correcciones necesarias en la cantidad de cada componente.

3.8.3. Medición de fuerzas

Dado que todas las balanzas funcionarán con múltiples celdas de carga simultáneamente y que éstas entregan como señal una tensión proporcional al peso, debe adaptarse antes de ingresar al PLC. Para ello se utiliza en primer lugar una caja sumatoria, que toma las señales de hasta 4 celdas de carga y las combina en una sola salida que representa la carga total, por ejemplo el modelo **JBOX-4-ET** de **Omega**. Luego ésta salida se introducirá en un acondicionador de señales que hace la lectura del puente de la celda de carga y lo convierte en una señal de 0-10V o 4-20mA, por ejemplo de la línea **DRF-LC** de **Omega**.

Balanza de agregados y de cemento almacenado

Para la medición del peso de agregados a introducir, se utilizarán 4 celdas de carga tipo “viga flexible”, con una capacidad cada una de 250 kg y con una una precisión mejor que 2%. Para la selección en el presente proyecto, se seleccionan de la marca **Omega** modelo **LCM511-250**, con una precisión de 0,25% y una salida de 3 mV/V. En la Figura 3.45 se observa la distribución de las mismas y la forma en que será montada la balanza sobre un bastidor.

Dado que para la tolva de recepción de bolsas de cemento se requieren iguales condiciones, se utilizará el mismo esquema de celdas de carga y montaje que el caso anterior.

Balanza de cemento

Similar al caso anterior, se utilizarán en éste caso 3 celdas de carga “tipo S”, con una capacidad de 50 kg y una precisión mejor que 1%. En la Figura 3.46 se muestra como se

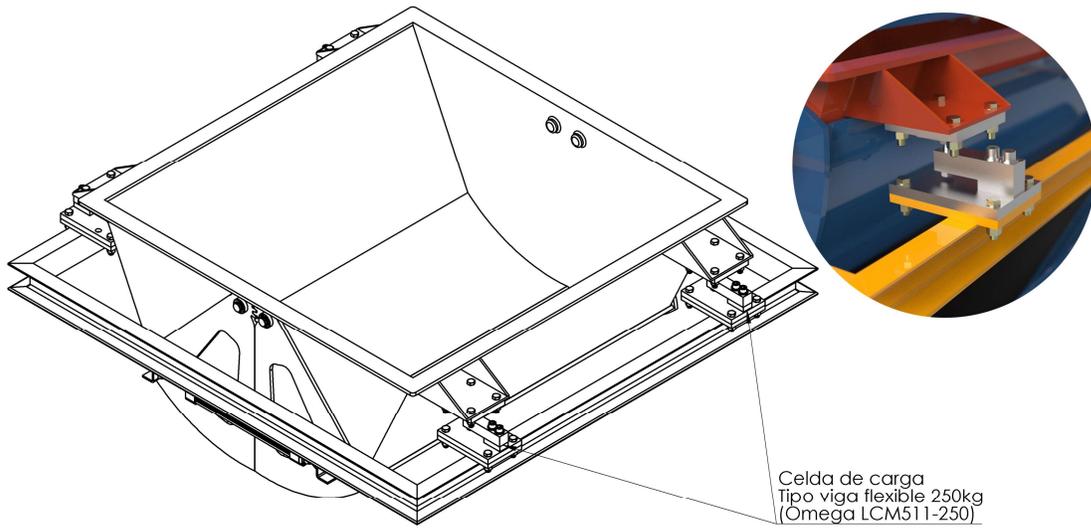


Figura 3.45: Ubicación de celdas de carga en balanza de agregados.

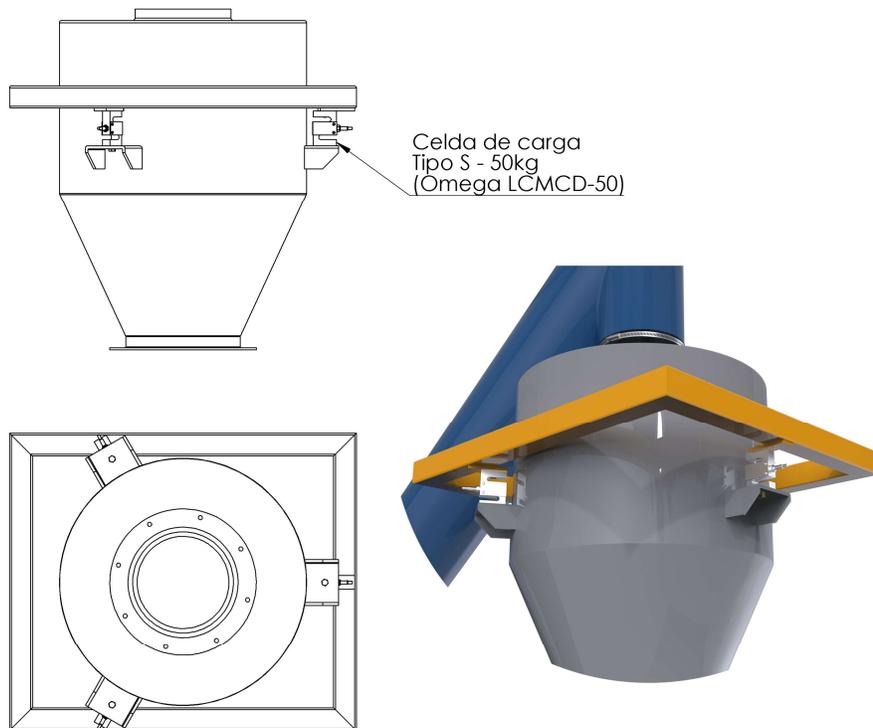


Figura 3.46: Ubicación de celdas de carga en la balanza de cemento.

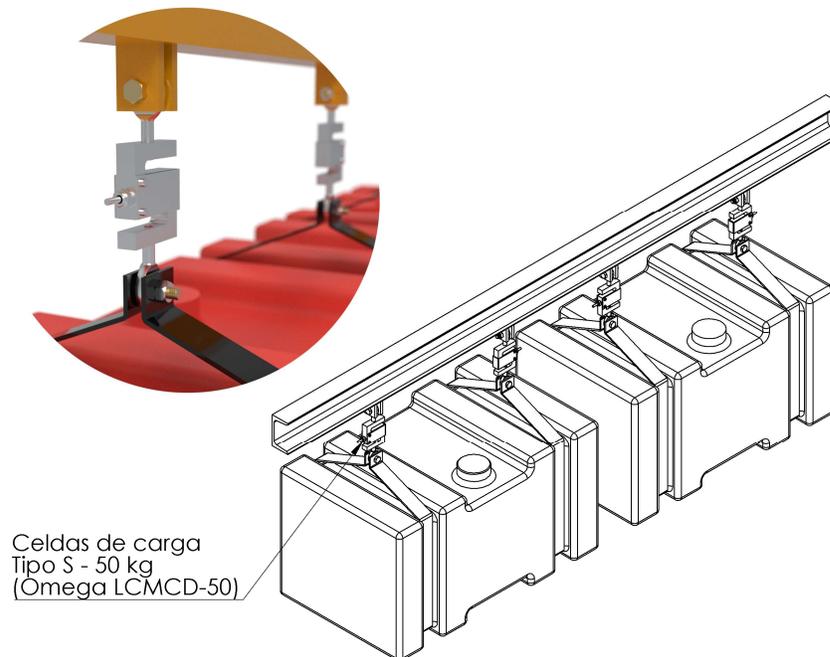


Figura 3.47: Ubicación de celdas de carga en las balanzas de aditivos.

montarán éstas celdas de carga. Se selecciona el modelo **Omega LCMCD-50** que cuenta con una precisión de 0,25 % y una salida de 3 mV/V.

Balanza de aditivos

La cantidad de aditivo que se ingresa a la mezcladora se medirá en forma negativa, es decir, determinando cuanto se tiene en un principio y descargando hasta que la diferencia sea la cantidad deseada. Para ello cada tanque de aditivos se cuelga mediante dos celdas de cargas “tipo S” articuladas en sus extremos, cada una de 50 kg y 2 % de precisión. Para la elaboración del proyecto se consideró una de marca **Omega** y modelo **LMCMD-50**, idéntica a la utilizada en la balanza de cemento.

3.8.4. Nivel de agua



Figura 3.48: Interruptor óptico de nivel.

Para controlar la cantidad de agua que queda en el tanque en forma electrónica se utilizarán dos niveles de importancia, uno que advertirá que la capacidad de agua está al 50% y otro cuando baje de 20% interrumpa el funcionamiento de la máquina. Ésto se realizará mediante interruptores ópticos que se instalarán en las paredes del tanque de agua. Cuando éstos dispositivos se encuentran mojados por el líquido, el interruptor se abre o cierra (según su tipo) por lo que puede convertirse en una señal detectable.

Se selecciona para ésto de la marca **Omega**, el interruptor modelo **LVE952**, que es normal abierto en aire, por lo que en caso de no recibir señal se podrá inferir que hay algún problema o el tanque se está vaciando.

3.8.5. Interfaz humano-máquina

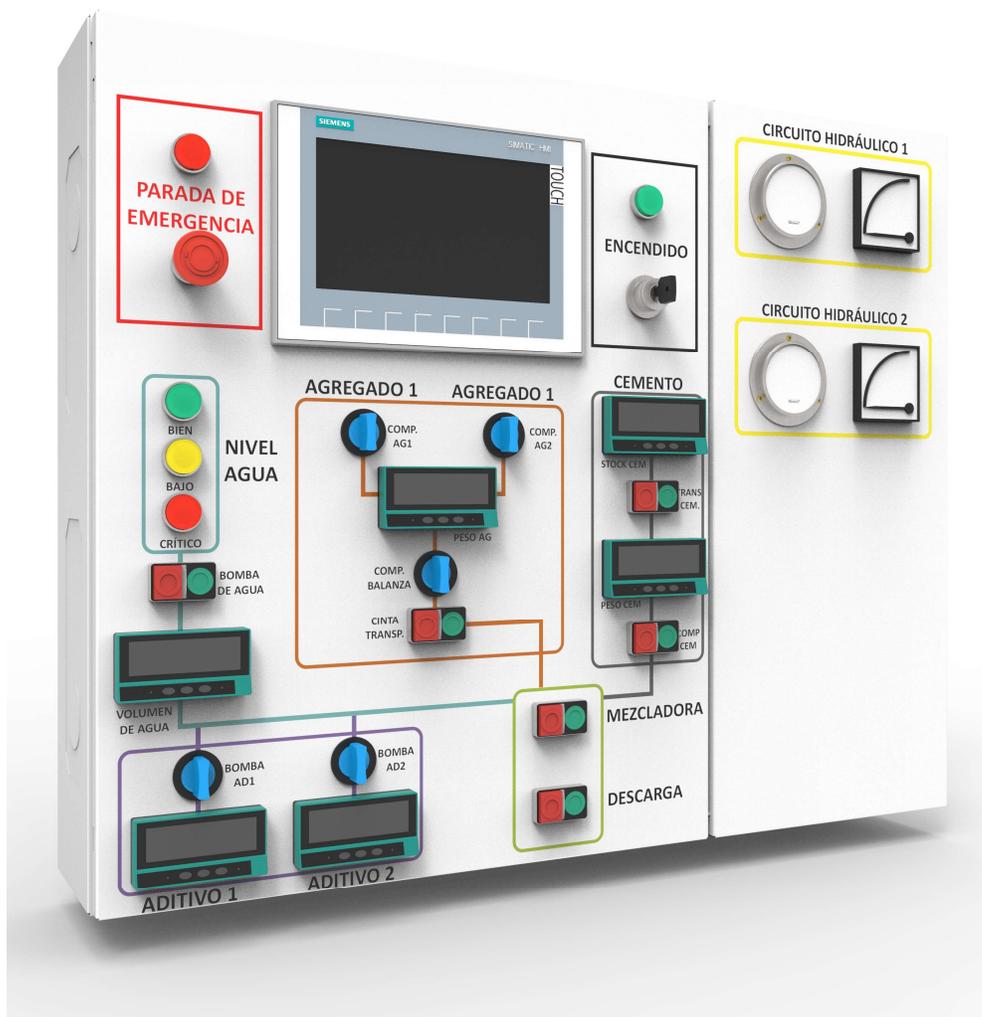


Figura 3.49: Representación gráfica de la interfaz humano-máquina.

La máquina se operará desde un tablero que incluirá como elemento principal una pantalla táctil de al menos 9 pulgadas. Como ejemplo y para el proyecto se selecciona la pantalla de la marca **Siemens** y modelo **KTP900**. Desde ésta se podrá controlar todos los aspectos de la máquina:

- Observar todas las variables medidas en tiempo real y el avance del proceso.
- Ver si está encendida la mezcladora, si se encuentran operando los transportes, la apertura de compuertas y el tiempo que lleva operando la mezcladora.
- Administrar trabajos, establecer tamaño de pastón, receta y cantidad total a producir, y la capacidad de guardarlos para repetirlos.
- Crear y almacenar recetas.
- Generar estadísticas de producción de hormigón, consumo de materia prima y horas trabajadas.
- Generar y emitir registros de producción, que deberán incluir fecha y hora, cantidad medida de cada componente y humedad de agregados.

Además, y en caso que sea necesario o deseable, deberá disponer de controles manuales para operar toda la máquina y pantallas de 7 segmentos para observar las variables en forma analógica. También deberá tener un selector de encendido con llave, piloto de encendido, pulsador de parada de emergencia y un indicador de máquina detenida. Para el diseño del tablero, se seleccionan los siguientes componentes del fabricante **Schneider Electric**, línea **Harmony**:

- **XB4 BVB4**: Piloto rojo 24V (indicador de parada e indicador de nivel de agua crítico).
- **XB4 BVB3**: Piloto verde 24V (Indicador de encendido e indicador de buen nivel de agua).
- **XB4 BVB5**: Piloto amarillo 24V (Alerta de bajo nivel de agua).
- **XB4 BS8445**: Pulsador de parada de emergencia 1NC, con giro para desenclavar.
- **XB4 BG33**: Selector con llave. 2NA. Fijo 3 posiciones (Manual-Apagado-Automático).
- **XB4 BW73731B5**: Pulsador doble, con bloque luminoso central. 24V. 1NA+1NC. "I" Blanco en fondo verde y "0" blanco en fondo rojo.
- **XB4 BD41 06**: Selector con retorno de derecha a izquierda. 1NA 2 posiciones a 90°. Largo estándar. Color azul.

Además, se utilizarán indicadores de proceso similares al modelo **4T 96** de la marca **Gefrán**. Éste deberá recibir las señales de las celdas de carga y el caudalímetro, y expresarlas en su pantalla de 7 segmentos para una visualización en tiempo real de cada variable.

En la Figura 3.50 se observa un boceto de cada una de las pantallas que deberá tener la interfaz de la máquina.

3.8.6. Lista de instrumentos

Código	Descripción	Marca	Modelo
01H-001	Humedad de agregado fino	IMKO Micromodultechnik	Sono-Vario Standard
01H-002	Humedad de agregado grueso	IMKO Micromodultechnik	Sono-Vario Xtrem
03X-003	Nivel de agua crítico	Omega	LVE952
03X-004	Nivel de agua bajo	Omega	LVE952
03F-005	Caudalímetro	Omega	FTB-1441
04W-006	Balanza de aditivo 1	Omega	LMCMD-50
04W-007	Balanza de aditivo 2	Omega	LMCMD-50
01W-008	Balanza de agregados	Omega	LCM511-250
02W-009	Balanza de cemento	Omega	LCMCD-50
02W-010	Balanza de stock de cemento	Omega	LCM511-250
07P-011	Manómetro	Italomanometri	M637PL/0-160
07X-014	Nivel hidráulico 1	OMT	LGN2T

Cuadro 3.8: Listado de instrumentos.

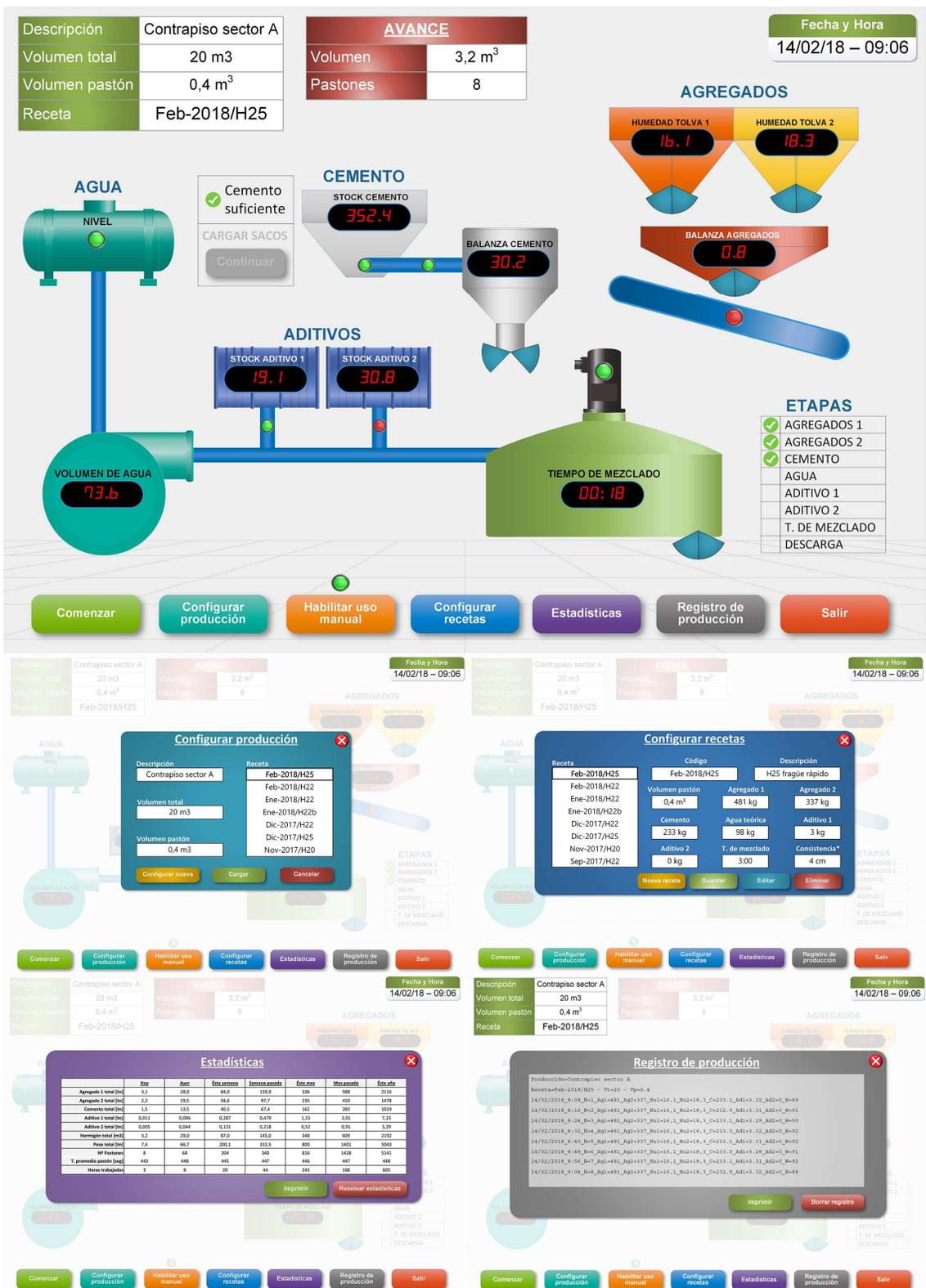


Figura 3.50: Boceto de interfaz en la pantalla táctil.

3.9. Instalación eléctrica.

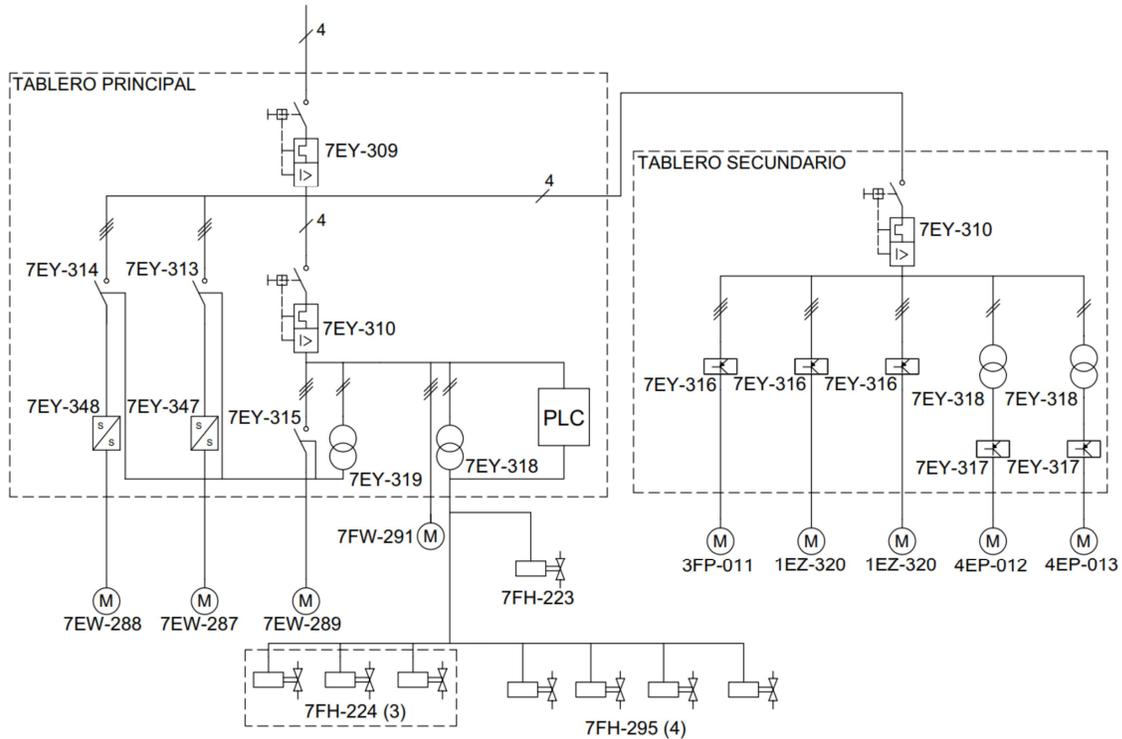


Figura 3.51: Diagrama básico de la instalación eléctrica.

3.9.1. Motores de vibración

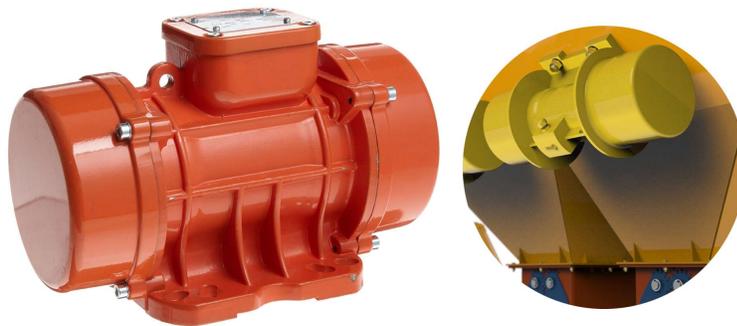


Figura 3.52: Vibrador seleccionado y montaje.

El único de los consumos que tendrá la máquina y no fue descrito en el capítulo correspondiente, son los motores de vibración para la tolva de agregados. Éstos aumentan la eficiencia de las tolvas, compensando cualquier falla que se produzca y dificulte o impida la descarga. Se selecciona un motor vibrador de 2 kW y 2000 kg de fuerza centrífuga. Corresponde al modelo **MVE 2000/3** (Fig.) de la marca **OLI**, que se utiliza para la elaboración del proyecto.

3.9.2. Conductores

Para todas las conexiones se utilizarán conductores bajo norma **IRAM NM 2178**, con conductor de cobre electrolítico, aislación y envoltura de PVC, con tensión nominal 0,6/1,1 kV. Como referencia se consideran el modelo **Sintenax Valio** de la marca **Prysmian**. Los diámetros y número de conductores a utilizar en cada tramo se listan en la siguiente tabla:

Código	Descripción	Nº de conductores	Sección [mm ²]
EF70-070	Línea de entrada	Unipolar	25
EF34-072	Línea entre tableros	Tetrapolar	2,5
EF26-073	Alimentación bomba hid. 1	Tripolar	6
EF28-074	Alimentación bomba hid. 2	Tripolar	16
EF24-075	Alimentación bomba hid. 3	Tripolar	2,5
EF23-076	Alimentación compresor	Tripolar	1,5
ES13-077	Señal válvula hid. 1	Bipolar	1,5
ES13-078	Señal válvula hid. 2	Bipolar	1,5
ES13-079	Señal válvula hid. 3	Bipolar	1,5
ES13-080	Señal válvula hid. 4	Bipolar	1,5
ES13-081	Señal válvula neum. 1	Bipolar	1,5
ES13-082	Señal válvula neum. 2	Bipolar	1,5
ES13-083	Señal válvula neum. 3	Bipolar	1,5
ES13-084	Señal válvula neum. 4	Bipolar	1,5
EF23-085	Alimentación bomba de agua	Tripolar	1,5
EF13-086	Alimentación bomba ad. 1	Bipolar	1,5
EF13-087	Alimentación bomba ad. 2	Bipolar	1,5
EF23-088	Alimentación vibrador 1	Tripolar	1,5
EF23-089	Alimentación vibrador 2	Tripolar	1,5

3.9.3. Protecciones

Como protección en cada tablero se encontrará un interruptor termomagnético de cabecera. Además se define un circuito menor en el tablero principal que también se protege mediante un interruptor de menor tamaño. En el caso de las bombas hidráulicas de mayor potencia se utilizarán arranques suaves individuales para cada circuito. Éstos permitirán que los motores tomen una baja corriente de arranque y además incluyen varias protecciones: de sobrecarga, secuencia de fase, falta de fase, rotor trabado, sobrecarga en SCRs (*Silicon Controlled Rectifier* o Rectificador Controlado de Silicio), sobrecorriente y fallo interno.

A continuación se enumeran todas las protecciones que deberán utilizarse. Se nombran también los códigos aplicables si se utiliza la marca **WEG**, de donde se seleccionaron las protecciones para el presente proyecto.

Código	Descripción	Elemento de protección	Código fabricante
1705A-7EY-309	Cabecera de Tablero Principal	Interruptor termomagnético tetrapolar - Curva C - Corriente 80A	WEG MDW-C80-4
1705A-7EY-310	Cabecera de Tablero Secundario	Interruptor termomagnético tetrapolar - Curva C - Corriente 16A	WEG MDW-C16-4
1705A-7EY-310	Subcircuito de tablero principal	Interruptor termomagnético tetrapolar - Curva C - Corriente 16A	WEG MDW-C16-4
1705A-7EY-311	Protección de bomba hidráulica 1	Arranque suave - Corriente nominal 45A - Tensión 220 a 460VCA	WEG SSW050045T2246
1705A-7EY-312	Protección de bomba hidráulica 2	Arranque suave - Corriente nominal 85A - Tensión 220 a 460VCA	WEG SSW050085T2246

3.9.4. Transformadores

Los transformadores serán necesarios para alimentar cargas de menor tensión y de corriente continua. Puntualmente se necesitan dos tipos, uno con tensión de 12V y otro 24V, para alimentar los siguientes consumos:

- 12V (**1705A-7EY-318**): Se utilizará uno en el tablero principal para alimentar todos los solenoides de válvulas hidráulicas y neumáticas. En el tablero secundario se necesitará uno para cada bomba de aditivos ya que su corriente es elevada.
- 24V (**1705A-7EY-319**): Se utilizará uno para alimentar las bobinas de los contactores de las bombas hidráulicas.

Para el presente proyecto se seleccionan transformadores de la marca **Mean Well**, modelo **NDR-120** (Fig. 3.53), diseñado para riel DIN y que puede ser de 12 o 24V, con corrientes de 10 y 5A respectivamente.



Figura 3.53: Transformador Mean Well NDR-120.

3.9.5. Contactores y relés

Éstos elementos se utilizan para conectar o desconectar circuitos eléctricos de potencia mediante una señal de baja tensión, ya sea por seguridad o como es el caso del presente proyecto, cuando es la salida digital de un PLC.

En el caso de las bombas hidráulicas, por ser motores de gran potencia, se utilizarán contactores, que funcionan de forma electromecánica y soportan mayores potencias. Se selecciona como ejemplo de la marca **WEG**, modelo **CWB** y de la potencia adecuada. En el caso de las que incorporan arranques suaves se utilizan como enclavamiento.

Para potencias menores (bomba de agua y motores de vibración) y circuitos de corriente continua (bombas de aditivos), se utilizan relés de estado sólido. Éstos funcionan de forma totalmente electrónica y por lo tanto no tienen partes móviles. Como ejemplo se utiliza la línea **Schneider Zelio SSM** (Fig. 3.54).



Figura 3.54: Relé de estado sólido Schneider Zelio SSM.

3.9.6. Tableros

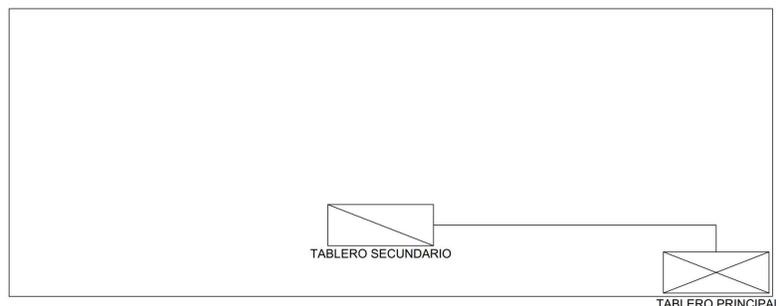


Figura 3.55: Ubicación de los tableros.

Para un mayor orden en los tableros, los circuitos se dividirán en dos tableros, uno que

alimente los consumos que se encuentran en el sector de servicios (bombas, compresor, etc.) y otro para los que se encuentran en lugares específicos de la máquina.

Los gabinetes a utilizar deberán ser aptos para intemperie y tener riel DIN. Se selecciona de la marca **Roker**, gabinetes estancos de la línea **456** (Fig. 3.55). En el caso del principal será el **PRD 552** de 315x330x180mm y con lugar para 24 módulos. En el tablero secundario se utilizará el **PRD 551** de 310x230x150mm para 16 módulos.



Figura 3.56: Ficha hembra Schneider PractiKa.

Para la entrada de corriente se instalará una ficha hembra, similar a la de la marca **Schneider Electric**, línea **PractiKa**, modelo **81895** (Fig. 3.56), con 3 fases más neutro y protección, tensión 380-415V y corriente máxima 125A.

3.9.7. Tuberías

Para llevar los conductores que conectan los tableros entre sí y con las cargas se emplearán tubos de acero normalizados **ANSI C80.1** en diámetros de 3/4" y 1.1/4" según la sección de conductores a contener. Éstos se sujetarán a la estructura mediante grampas de acero apropiadas.

Finalmente, los diagramas eléctricos completos se detallan en el plano **1705A-A4E-016**.

3.9.8. Lista de materiales

Código	Nombre corto	Detalles	Cant.	Marca sugerida	Código marca
1705A-7EU-329	Cable unipolar 1,5mm ²	Cable IRAM 2178 - Tensión 0,6-1,1kV - Unipolar - 1,5mm ²	*	Prysmian	Sinenax Valio
1705A-7EU-332	Cable unipolar 2,5mm ²	Cable IRAM 2178 - Tensión 0,6-1,1kV - Unipolar - 2,5mm ²	*	Prysmian	Sinenax Valio
1705A-7EU-327	Cable unipolar 6mm ²	Cable IRAM 2178 - Tensión 0,6-1,1kV - Unipolar - 6mm ²	*	Prysmian	Sinenax Valio
1705A-7EU-328	Cable unipolar 16mm ²	Cable IRAM 2178 - Tensión 0,6-1,1kV - Unipolar - 16mm ²	*	Prysmian	Sinenax Valio
1705A-7EU-325	Cable unipolar 25mm ²	Cable IRAM 2178 - Tensión 0,6-1,1kV - Unipolar - 25mm ²	*	Prysmian	Sinenax Valio
1705A-7EU-330	Cable bipolar 1,5mm ²	Cable IRAM 2178 - Tensión 0,6-1,1kV - Bipolar - 1,5mm ²	34m	Prysmian	Sinenax Valio
1705A-7EU-331	Cable tripolar 1,5mm ²	Cable IRAM 2178 - Tensión 0,6-1,1kV - Tripolar - 1,5mm ²	10m	Prysmian	Sinenax Valio
1705A-7EU-322	Cable tripolar 2,5mm ²	Cable IRAM 2178 - Tensión 0,6-1,1kV - Tripolar - 2,5mm ²	4m	Prysmian	Sinenax Valio
1705A-7EU-324	Cable tripolar 6mm ²	Cable IRAM 2178 - Tensión 0,6-1,1kV - Tripolar - 6mm ²	3m	Prysmian	Sinenax Valio

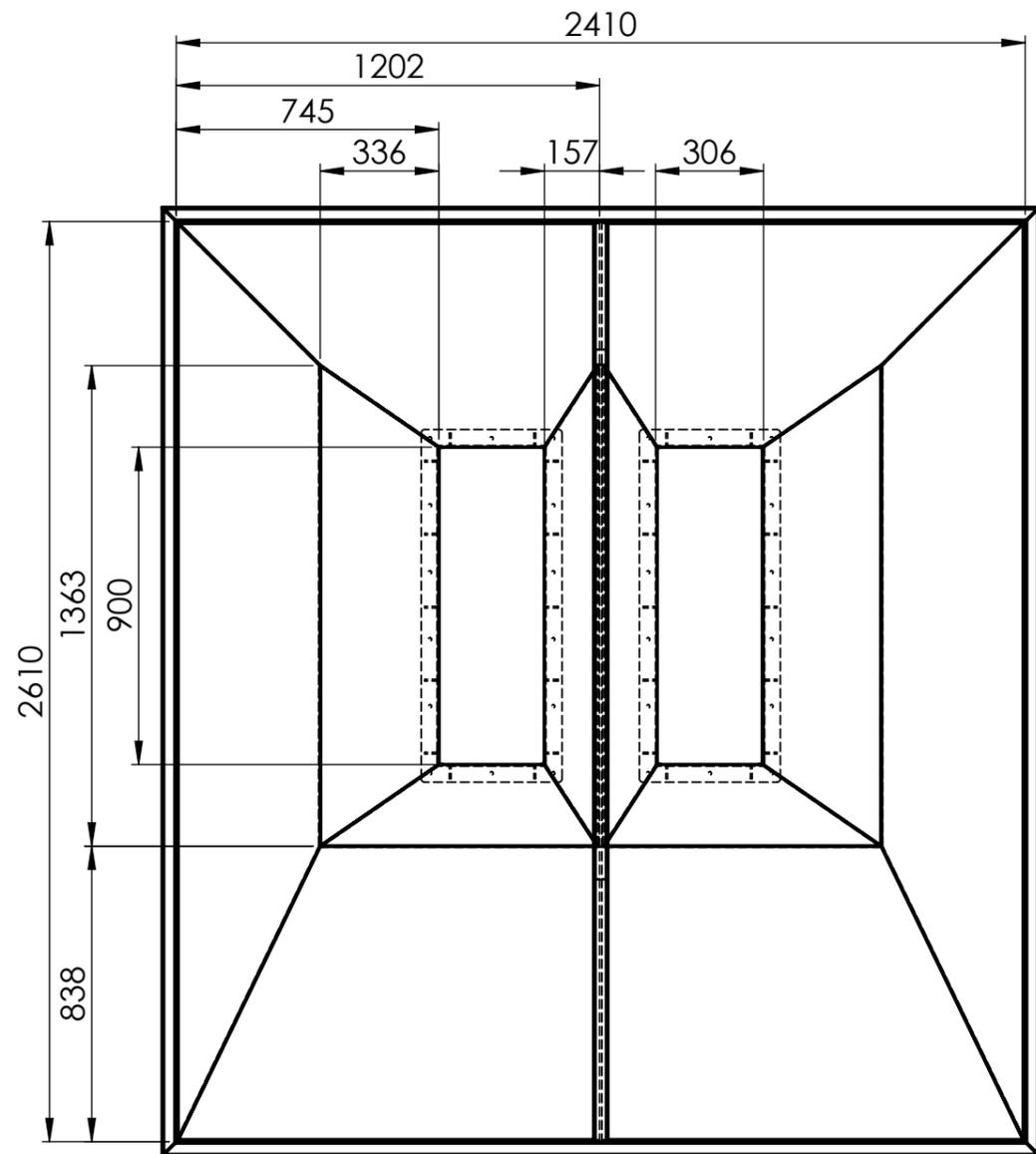
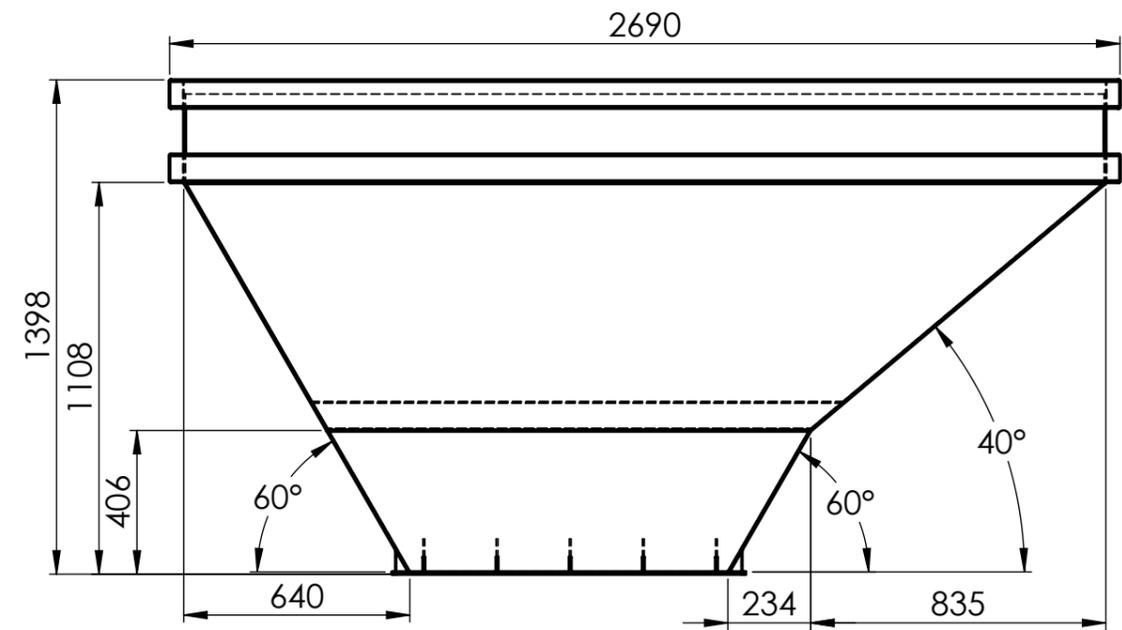
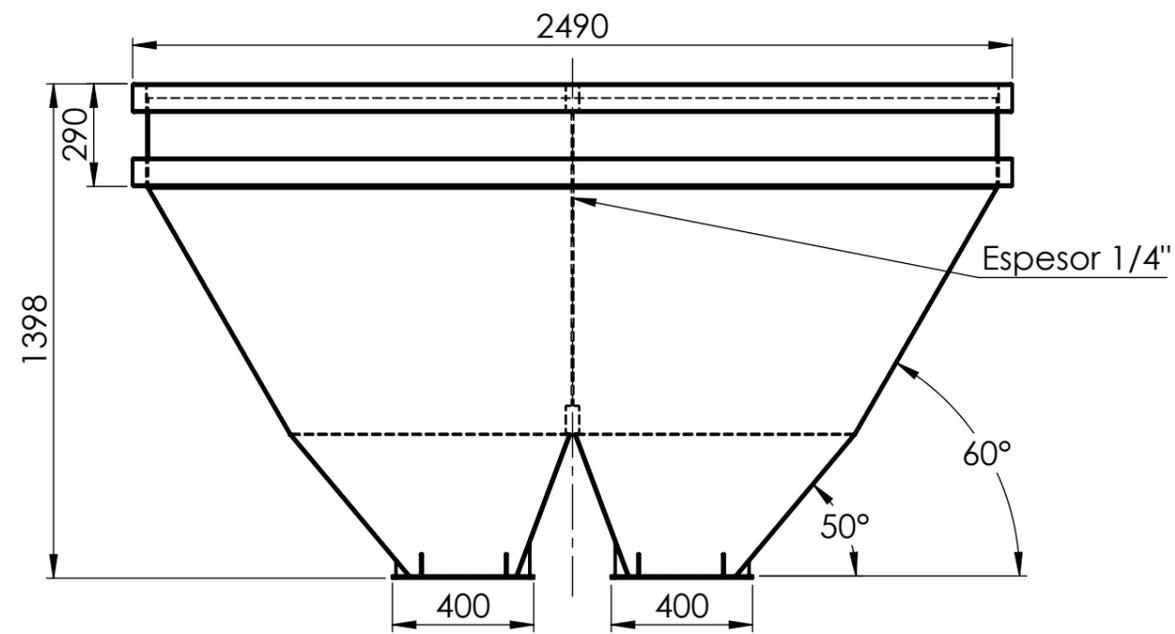
1705A-7EU-326	Cable tripolar 16mm ²	Cable IRAM 2178 - Tensión 0,6-1,1kV - Tripolar - 16mm ²	4m	Prysmian	Sinenax Valio
1705A-7EU-323	Cable tetrapolar 2,5mm ²	Cable IRAM 2178 - Tensión 0,6-1,1kV - Tetrapolar - 2,5mm ²	5m	Prysmian	Sinenax Valio
1705A-7EY-313	Contactador 25A	Contactador tripolar - Corriente nominal 25A - 1NA+1NC - Tensión 24V	1	WEG	CWB25-11-30-C03
1705A-7EY-314	Contactador 50A	Contactador tripolar - Corriente nominal 50A - 1NA+1NC - Tensión 24V	1	WEG	CWB50-11-30-C03
1705A-7EY-315	Contactador 9A	Contactador tripolar - Corriente nominal 9A - 1NA+1NC - Tensión 24V	1	WEG	CWB9-11-30-C03
1705A-7EU-321	Ficha hembra de entrada	Ficha hembra recta - Corriente 125A - Tensión 380-415V - 3F+N+PE - IP67	1	Schneider	81895
1705A-7EY-333	Gabinete principal	Gabinete estanco IP 55 - 315x330x180mm - 24 módulos	1	Roker	PRD 551
1705A-7EY-334	Gabinete secundario	Gabinete estanco IP 55 - 310x230x150mm - 16 módulos	1	Roker	PRD 552
1705A-7EY-347	Arranque suave 45A	Arranque suave - Corriente nominal 45A - Tensión 220 a 460VCA	1	WEG	SSW050045T2246
1705A-7EY-348	Arranque suave 85A	Arranque suave - Corriente nominal 85A - Tensión 220 a 460VCA	1	WEG	SSW050085T2246
1705A-7EU-337	Grampa para tubos 3/4"	Grampa para tubos 3/4"	6		
1705A-7EU-338	Grampa para tubos 1.1/4"	Grampa para tubos 1.1/4"	50		
1705A-7EY-317	Relé monofásico	Relé de estado sólido - Tensión entrada 12VCC - Salida 12VCC/12A	2	Schneider	SSM1D212BD
1705A-7EY-316	Relé trifásico	Relé de estado sólido trifásico - Tensión entrada 12VCC - Salida 380VCA/25A	3	Schneider	SSM3A325BD
1705A-7EY-310	Térmica 16A	Interruptor termomagnético tetrapolar - Curva C - Corriente 16A	2	WEG	MDW-C16-4
1705A-7EY-309	Térmica 80A	Interruptor termomagnético tetrapolar - Curva C - Corriente 80A	1	WEG	MDW-C80-4
1705A-7EY-318	Transformador 12V	Transformador para riel DIN - Entrada 220VCA/50Hz - Salida 12VCC/10A	3	Mean Well	NDR-120-12
1705A-7EY-319	Transformador 24V	Transformador para riel DIN - Entrada 220VCA/50Hz - Salida 24VCC/5A	1	Mean Well	NDR-120-24
1705A-7EU-336	Tubo eléctrico 1.1/4"	Tubo ANSI C80.1 - Galvanizado - Diámetro nominal 1.1/4"	9m		
1705A-7EU-335	Tubo eléctrico 3/4"	Tubo ANSI C80.1 - Galvanizado - Diámetro nominal 3/4"	60m		
1705A-7EZ-320	Vibrador de tolva	Motor vibratorio - 2 polos - 50Hz - Potencia 2kW - Fuerza centrífuga 2000 kg - Torque 37 kgcm	2	OLI	MVE 2000/3

Cuadro 3.9: Listado de materiales: Instalación eléctrica.

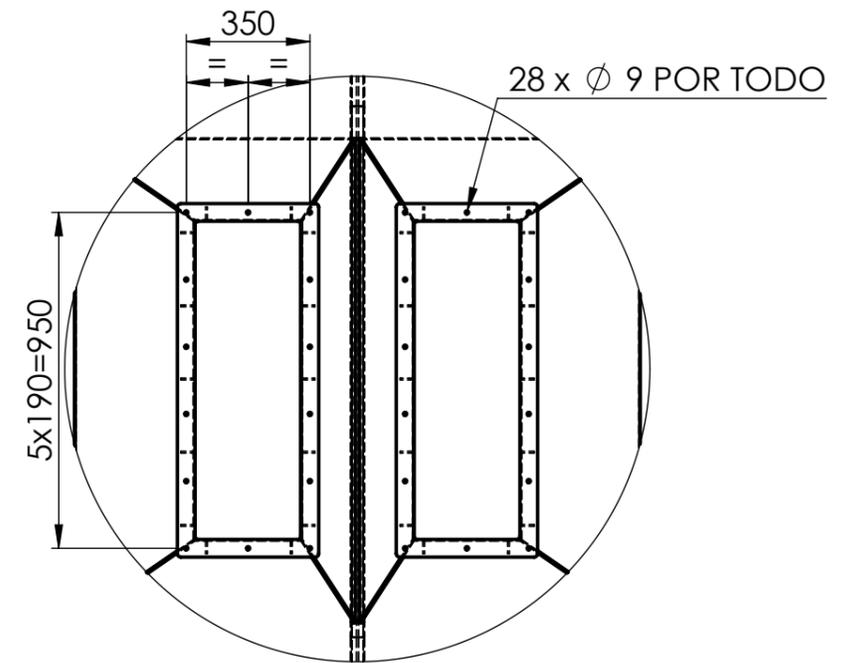
*La cantidad de éstos cables no está definida ya que son los utilizados para las conexiones dentro de los tableros y se conformarán *in situ* según la necesidad.

Listado de planos

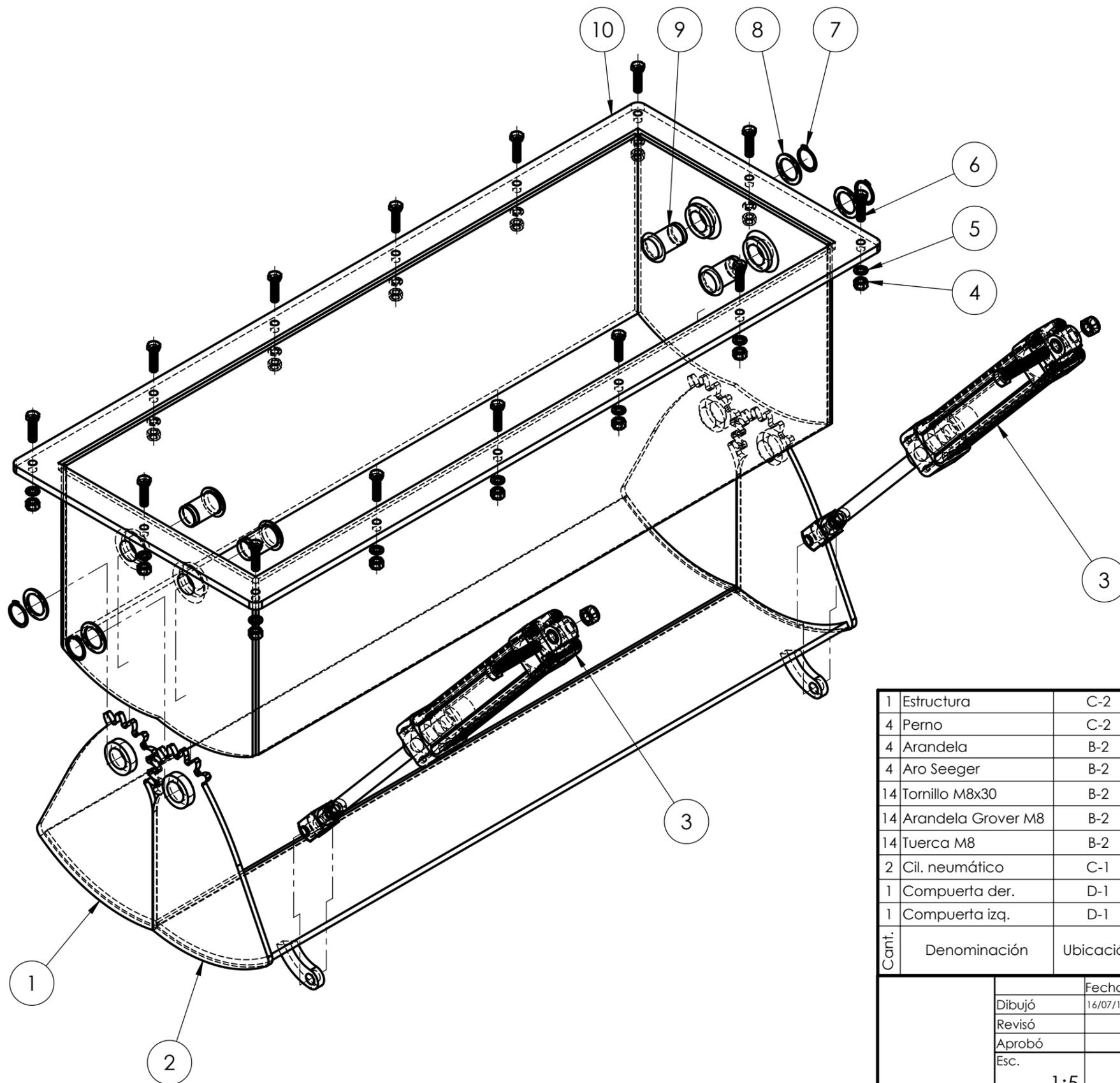
Plano N°	Descripción	Ref. página
1705A-A3S-001.A	Tolva de agregado	27
1705A-A3S-002.A	Compuerta tolva	29
1705A-A3S-003.A	Tolva pesada agregado	30
1705A-A3M-004.A	Cinta transportadora	31
1705A-A3M-005.A	Tolva recibidora de cemento	34
1705A-A3M-006.A	Sinfín elevador	37
1705A-A3S-007.A	Tolva de pesada de cemento	37
1705A-A3F-008.A	Instalación de agua y aditivos	44/47
1705A-A3S-009.A	Cuba de mezcladora	55
1705A-A3M-010.A	Mecanismo de descarga	55
1705A-A3M-011.A	Sistema motriz de mezcladora	55
1705A-A3M-012.A	Sistema de mezclado	55
1705A-A3S-013.A	Estructura de mezcladora	55
1705A-A4F-014.A	Sistema hidráulico	63
1705A-A4F-015.A	Sistema neumático	70
1705A-A4E-016.A	Sistema eléctrico	83



Tubo estructural
IRAM IAS U500-2592
Denom. TE-22
40x80x2mm



Todo construido en acero: IRAM 1045 Espesor: 3/16" (excepto lo especificado)	Dibujó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	 UTN CDU Concepción del Uruguay
	Revisó	12/07/18	L. Mosna		
	Aprobó			Pieza/s:	1705A-1SV-023
	Esc.	1:20	Tolva de almacenamiento de agregados		Plano: 1705A-A3S-001.A
	Hoja	1 de 1			Reemplaza a:



1	Estructura	C-2	1SC-024	IRAM1045	10	Ø 40x20, Chapa 3/16" y 3/8"	29.3	
4	Perno	C-2	1ME-032	IRAM1045	9	Ø 25x50	0.19	
4	Arandela	B-2	8MJ-068	-	8	Comercial	-	
4	Aro Seeger	B-2	8MJ-079	-	7	Comercial	-	
14	Tornillo M8x30	B-2	8MJ-065	-	6	Comercial	-	
14	Arandela Grover M8	B-2	8MJ-067	-	5	Comercial	-	
14	Tuerca M8	B-2	8MJ-066	-	4	Comercial	-	
2	Cil. neumático	C-1	1FZ-028	-	3	Comercial	-	
1	Compuerta der.	D-1	1SC-027	IRAM1045	2	Ø 40x20, Chapa 1/4" y 3/8"	12	
1	Compuerta izq.	D-1	1SC-026	IRAM1045	1	Ø 40x20, Chapa 1/4" y 3/8"	11.8	
Cant.	Denominación	Ubicación	Nº Pieza	Material	Nº ord	Provisión	kg	Observ.

Fecha 16/07/18
 Nombre L. Mosna
 Dibujó
 Revisó
 Aprobó
 Esc.

Ingeniería
 Electromecánica

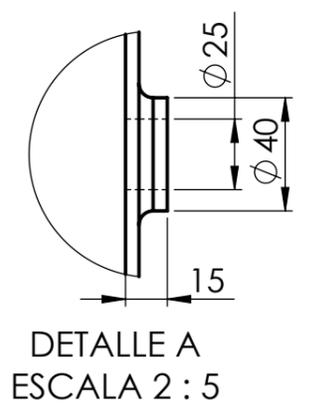
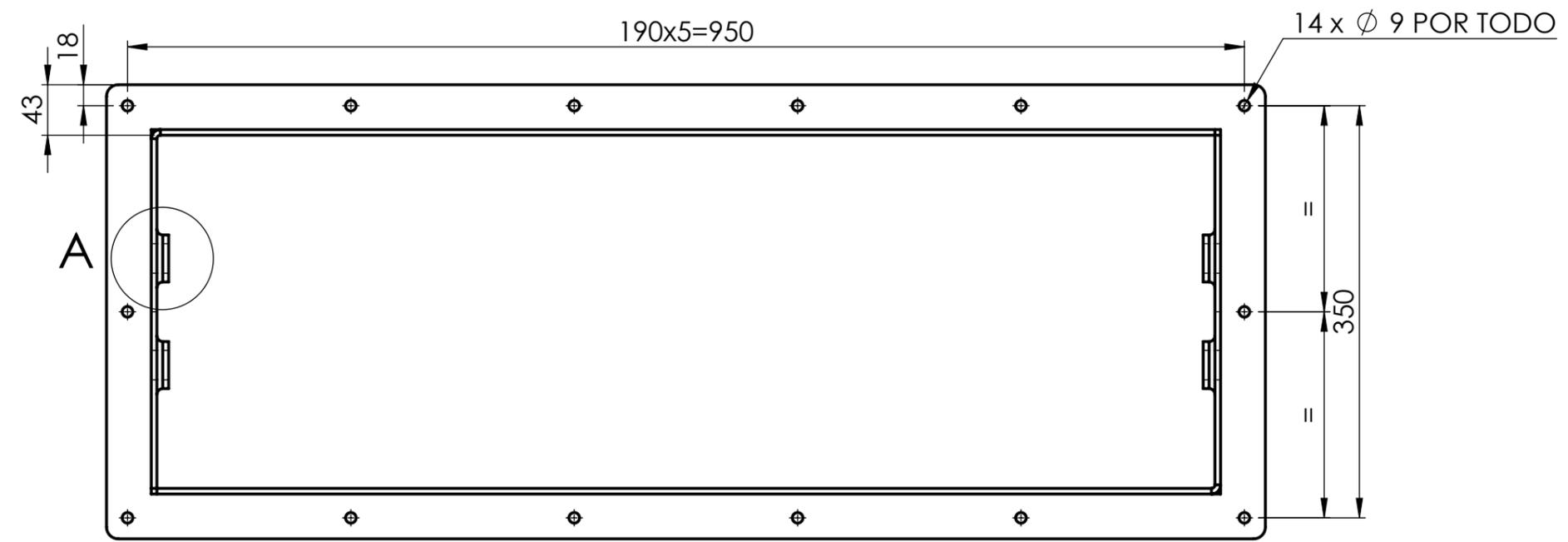
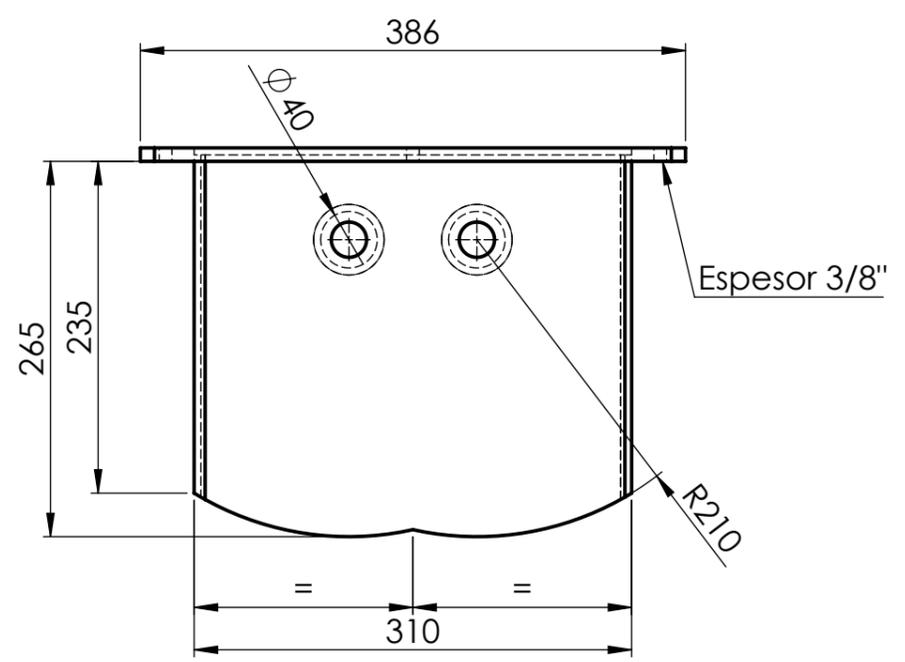
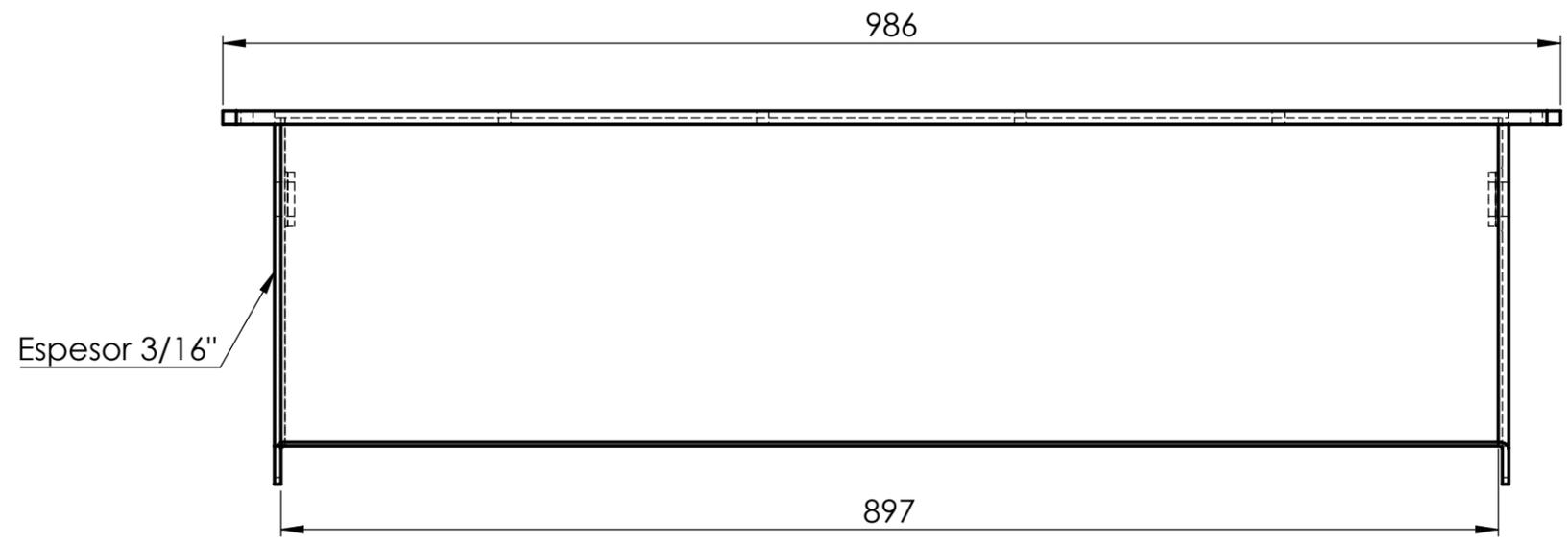
UTN * CDU
 Concepción del Uruguay

1:5

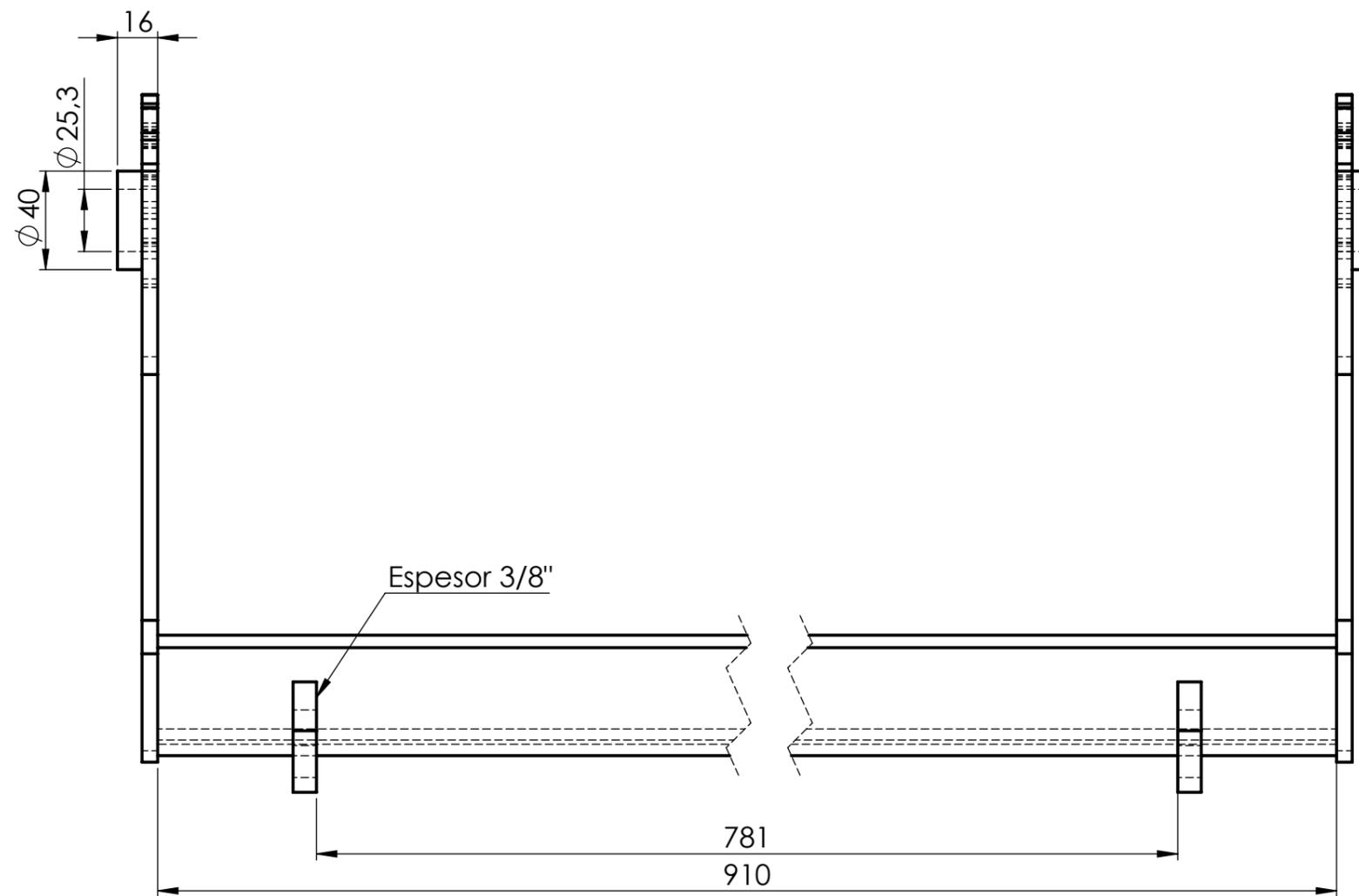
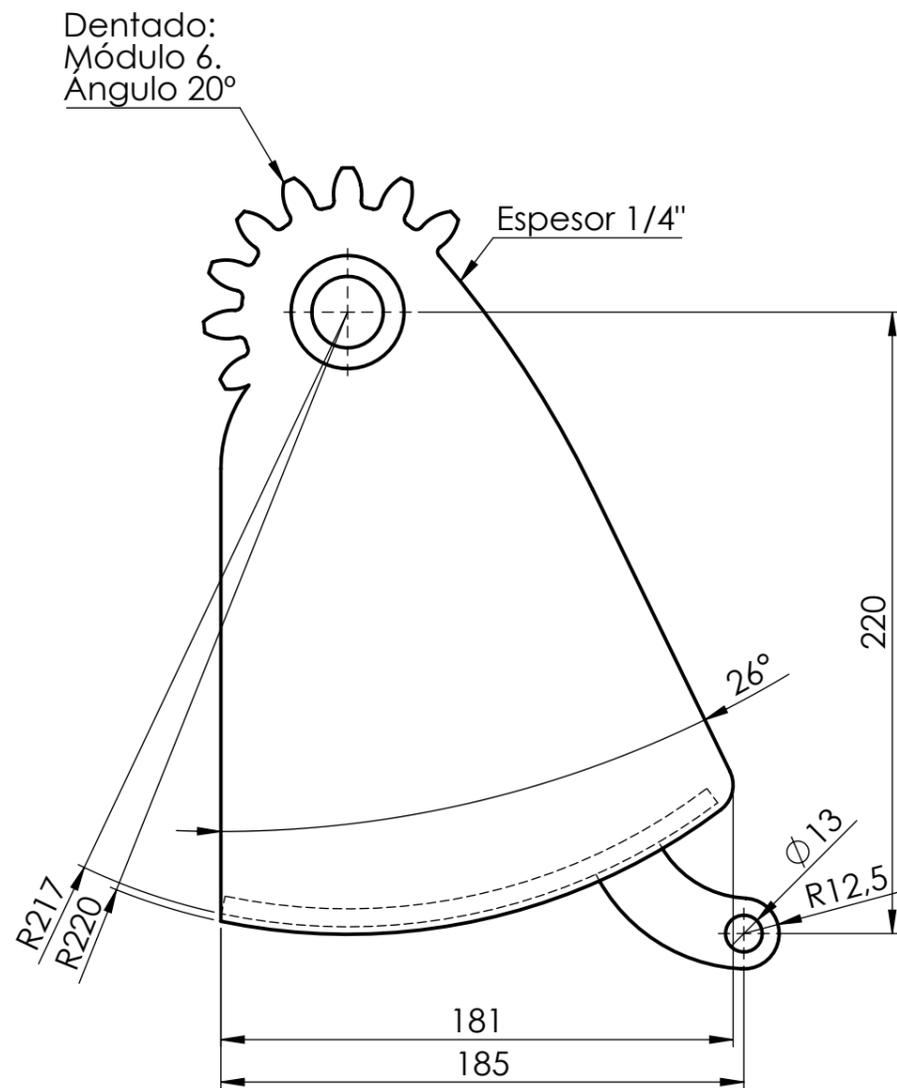
 Hoja
 1 de 4

Alimentador de agregados

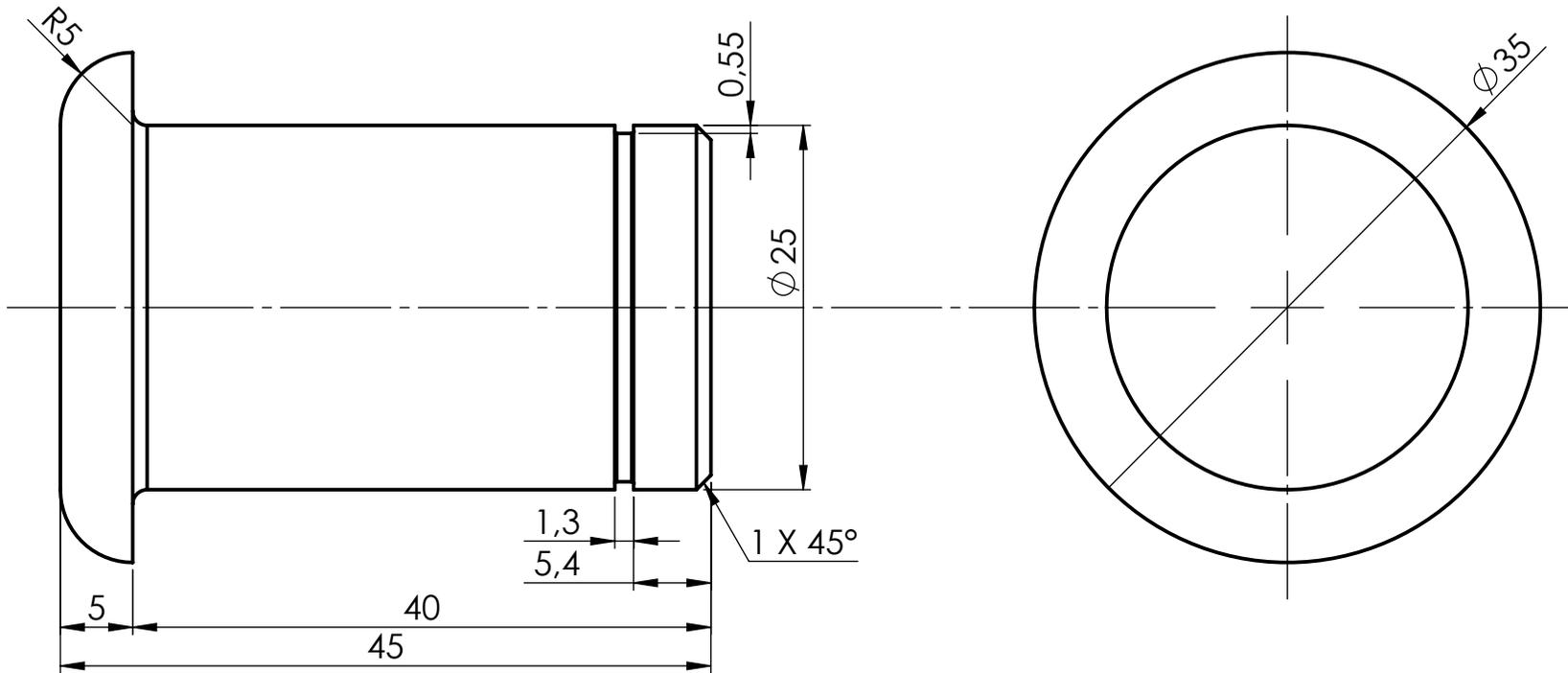
Pieza/s:
 1705A-1MM-003
 1705A-1MM-004
 Plano: 1705A-A3S-002.A
 Reemplaza a:

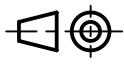


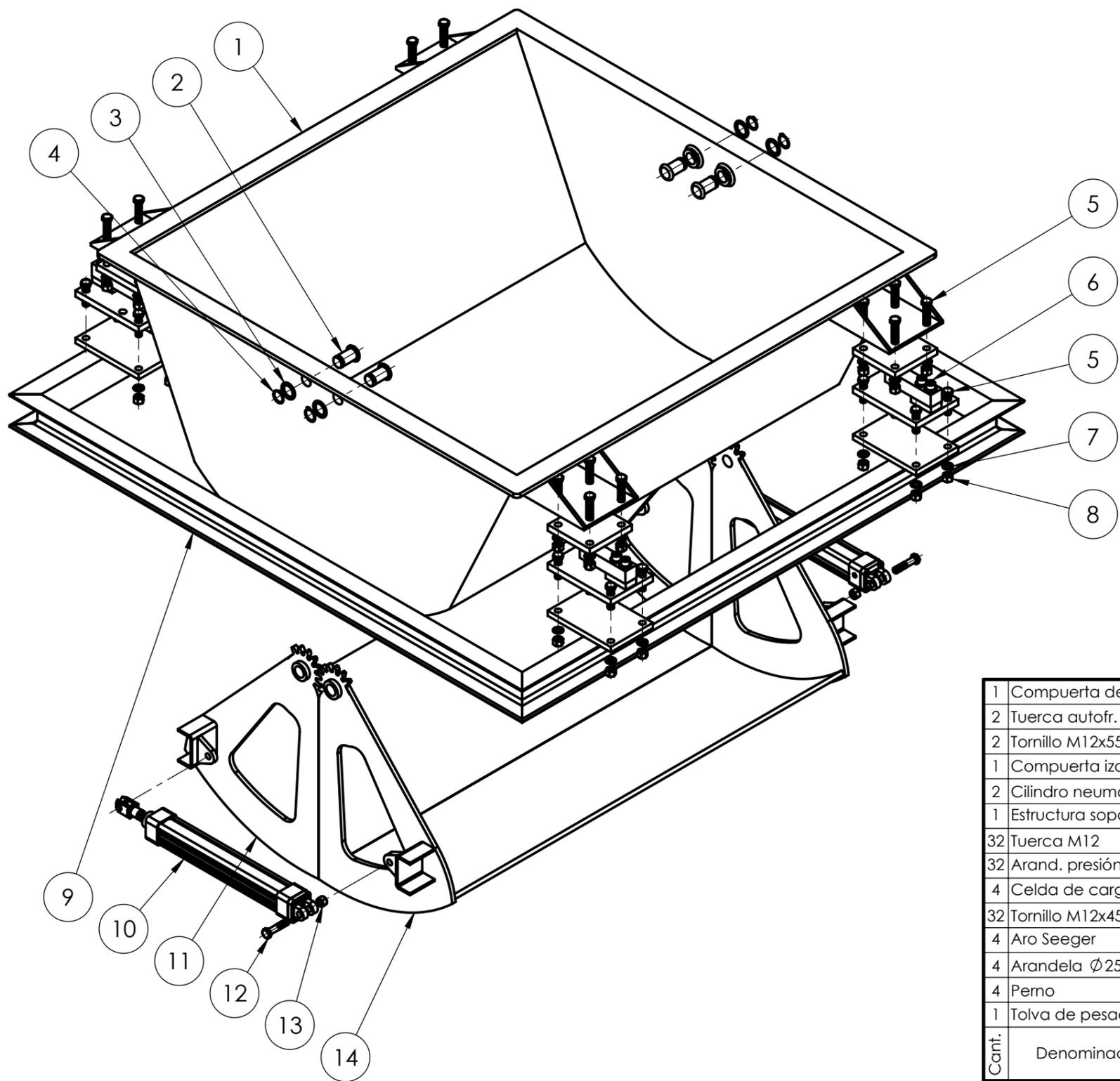
	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	UTN * CDU Concepción del Uruguay
Dibujó	16/07/18	L. Mosna		
Revisó				
Aprobó				
Esc.	1:5			Pieza/s:
	Alimentador de agregados			1705A-1MM-003 1705A-1MM-004
Hoja				Plano: 1705A-A3S-002.A
	2 de 4			Reemplaza a:



	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	UTN * CDU Concepción del Uruguay
Dibujó	16/07/18	L. Mosna		
Revisó				
Aprobó				
Esc.	1:5			Pieza/s:
	Alimentador de agregados			1705A-1MM-003 1705A-1MM-004
Hoja				Plano: 1705A-A3S-002.A
3 de 4				Reemplaza a:

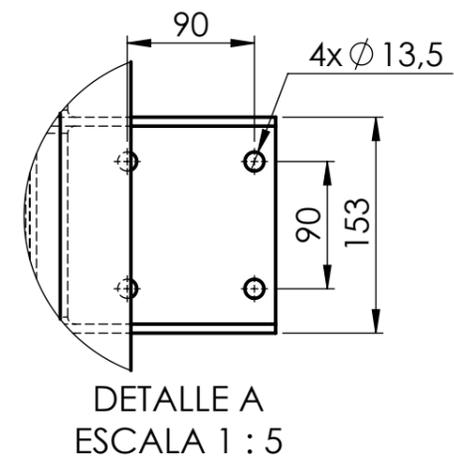
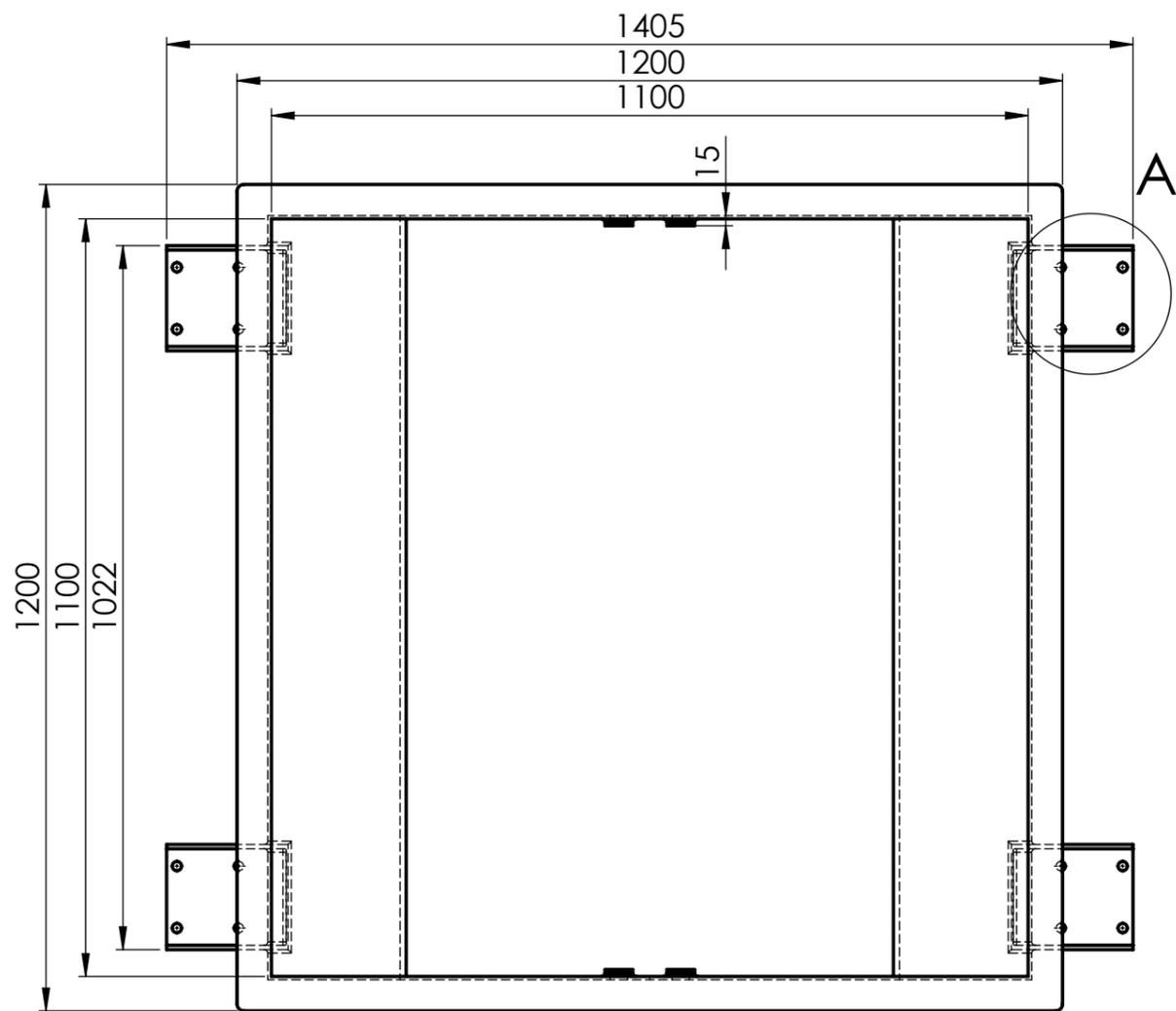
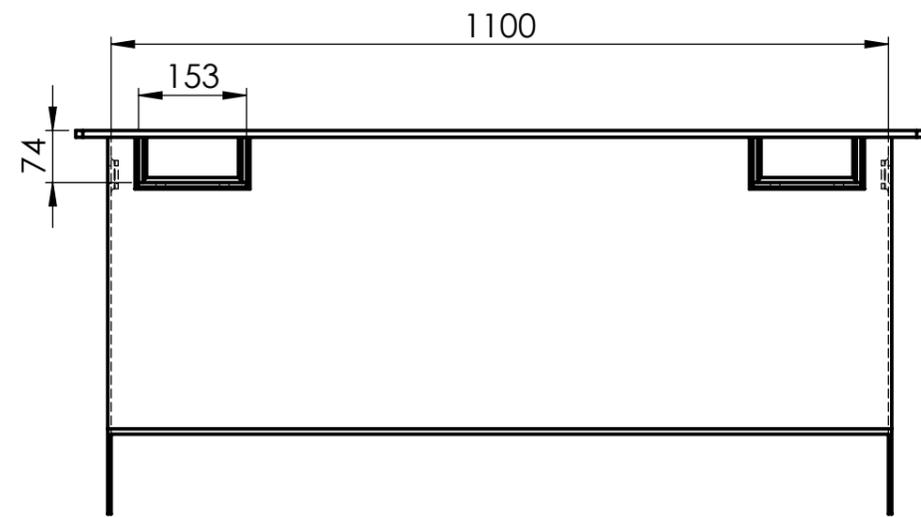
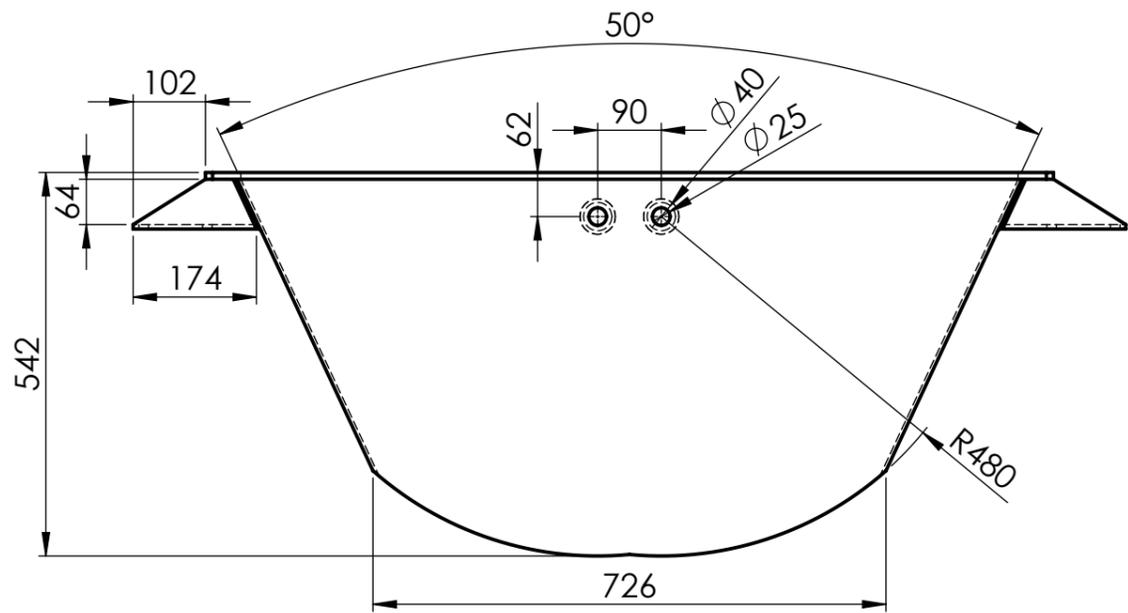


Dibujó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	UTN * CDU Concepción del Uruguay
	13/08/18	L. Mosna		
	Revisó			
	Aprobó			
Esc.	2:1	Perno	Parte/s:	1705A-1ME-025
			Plano:	1705A-A4S-002.A
Hoja	4 de 4		Reemplaza a:	

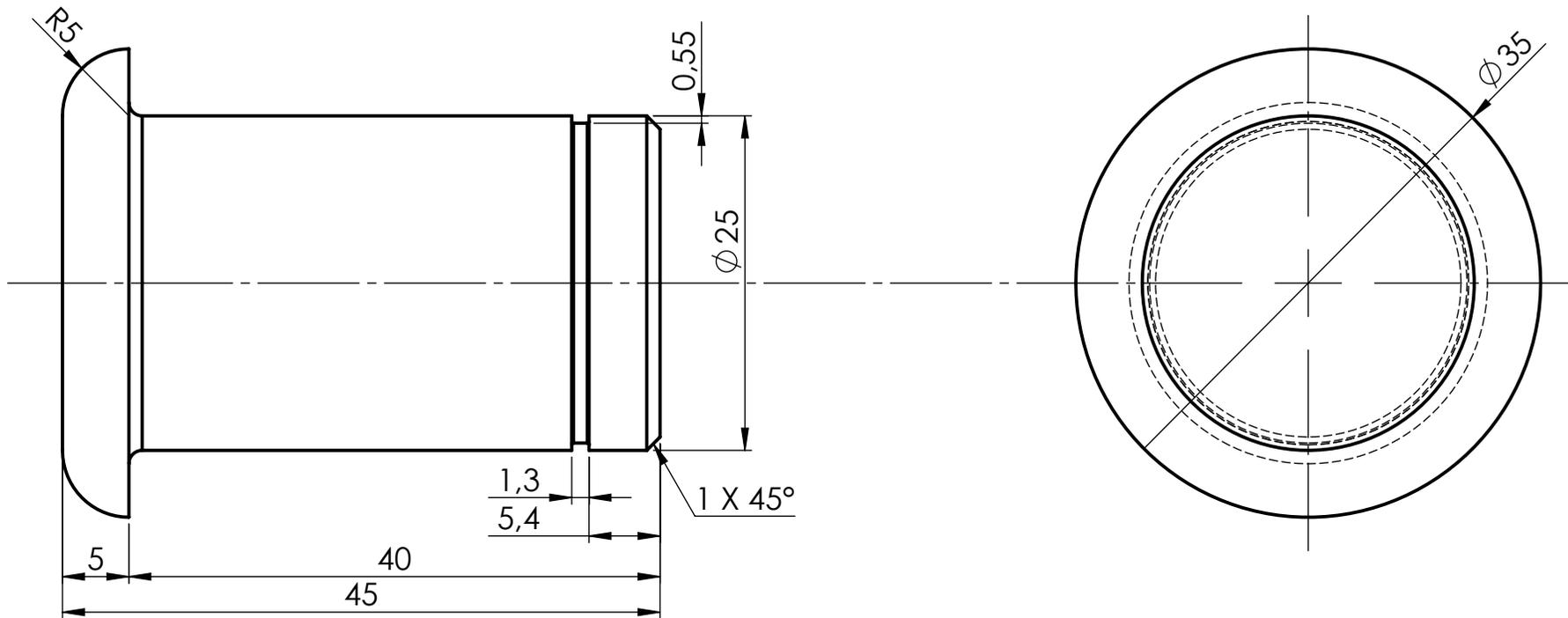


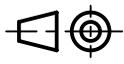
1	Compuerta der.	C-1	1SC-030	IRAM 1045	14	Chapa y \varnothing 40x20	49	
2	Tuerca autofr. M12	D-1	8MJ-073	-	13	Comercial		
2	Tornillo M12x55	D-1	8MJ-076	-	12	Comercial		
1	Compuerta izq.	C-1	1SC-031	IRAM 1045	11	Chapa y \varnothing 40x20	49	
2	Cilindro neumático	D-1	1FZ-029	-	10	Comercial		
1	Estructura soporte	D-1	1SC-339	IRAM F-24	9	UPN80 y Chapa	54	
32	Tuerca M12	B-2	8MJ-103	-	8	Comercial		
32	Arand. presión M12	B-2	8MJ-102	-	7	Comercial		
4	Celda de carga	B-2	01W-008	-	6	Comercial		
32	Tornillo M12x45	B-2	8MJ-101	-	5	Comercial		
4	Aro Seeger	D-2	8MJ-079	-	4	Comercial		
4	Arandela \varnothing 25	D-2	8MJ-068	-	3	Comercial		
4	Perno	D-2	1ME-032	IRAM 1045	2	\varnothing 40x50	0.2	
1	Tolva de pesado	D-2	1SV-033	IRAM 1045	1	Chapa y \varnothing 40x20	97	
Cant.	Denominación	Ubicación	Nº Pieza	Material	Nº ord	Provisión	kg	Observ.

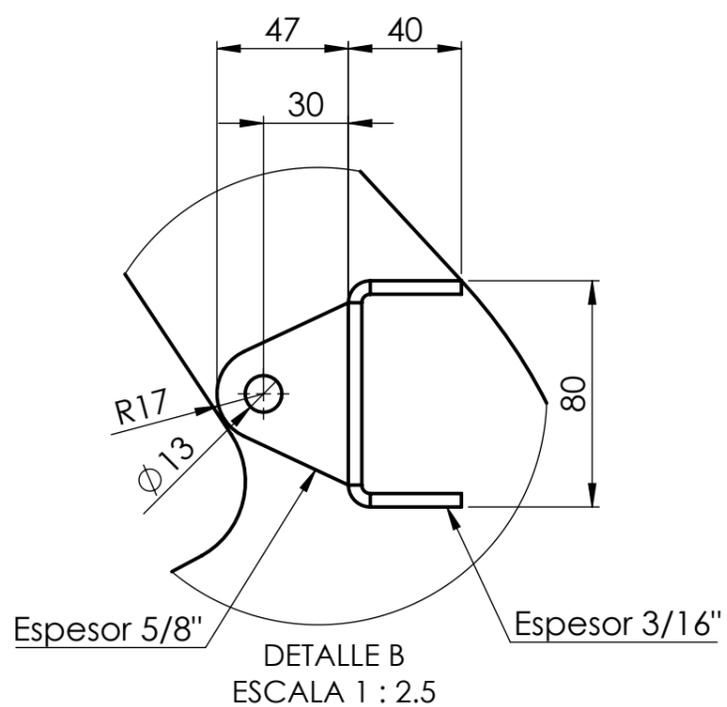
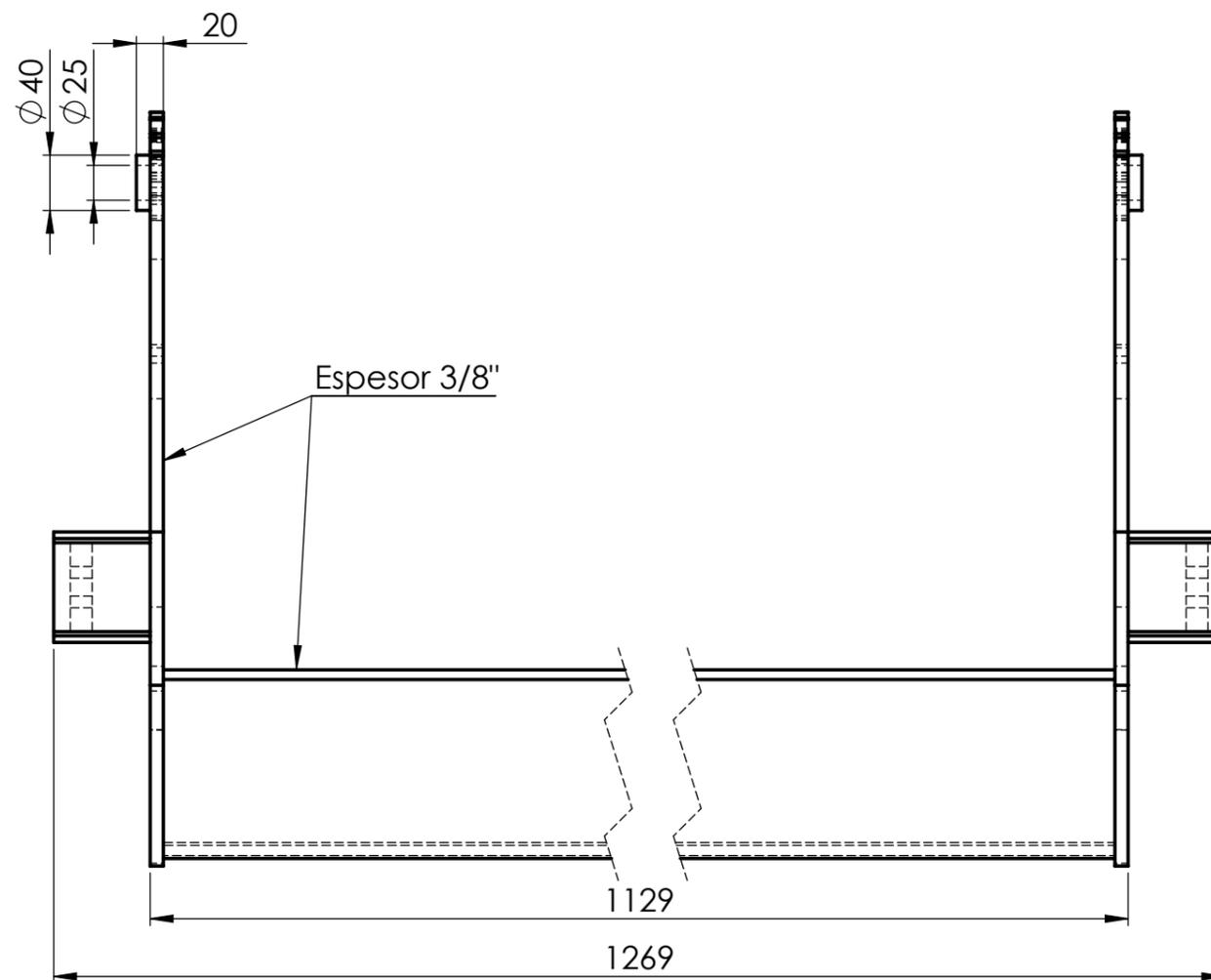
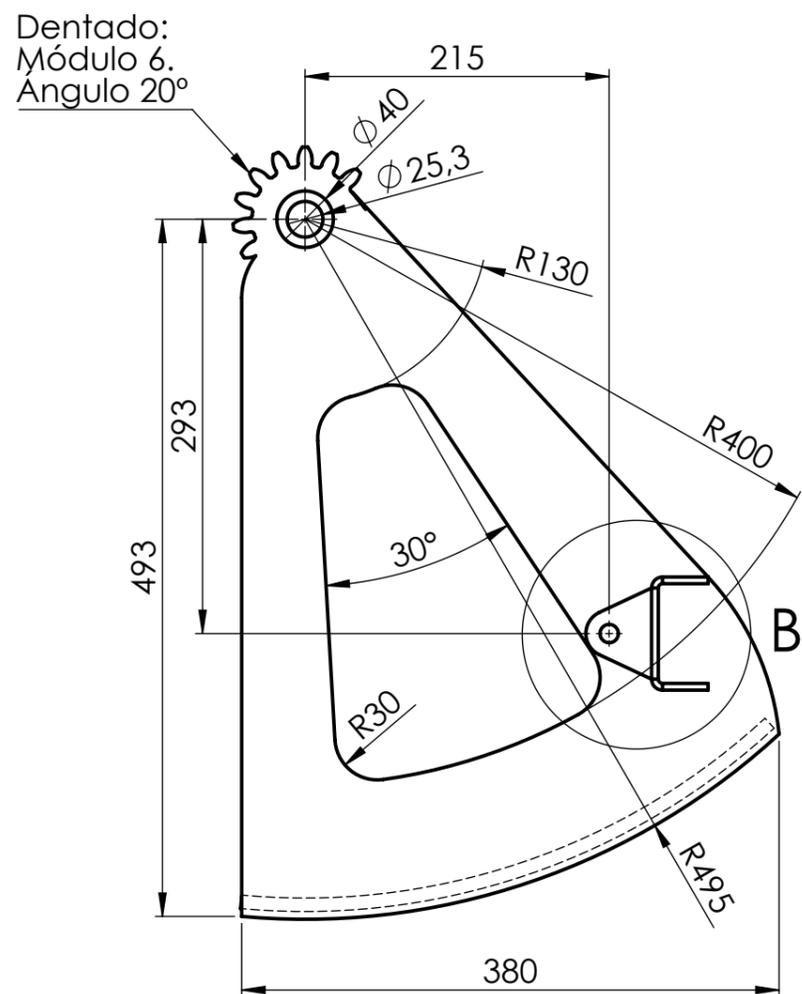
Dibujó Revisó Aprobó Esc.	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	UTN * CDU Concepción del Uruguay
	18/07/18	L. Mosna		
1:5	Tolva de pesada de agregados		Pieza/s:	
			1705A-1SV-005	
Hoja			Plano:	1705A-A3S-003.A
1 de 5			Reemplaza a:	



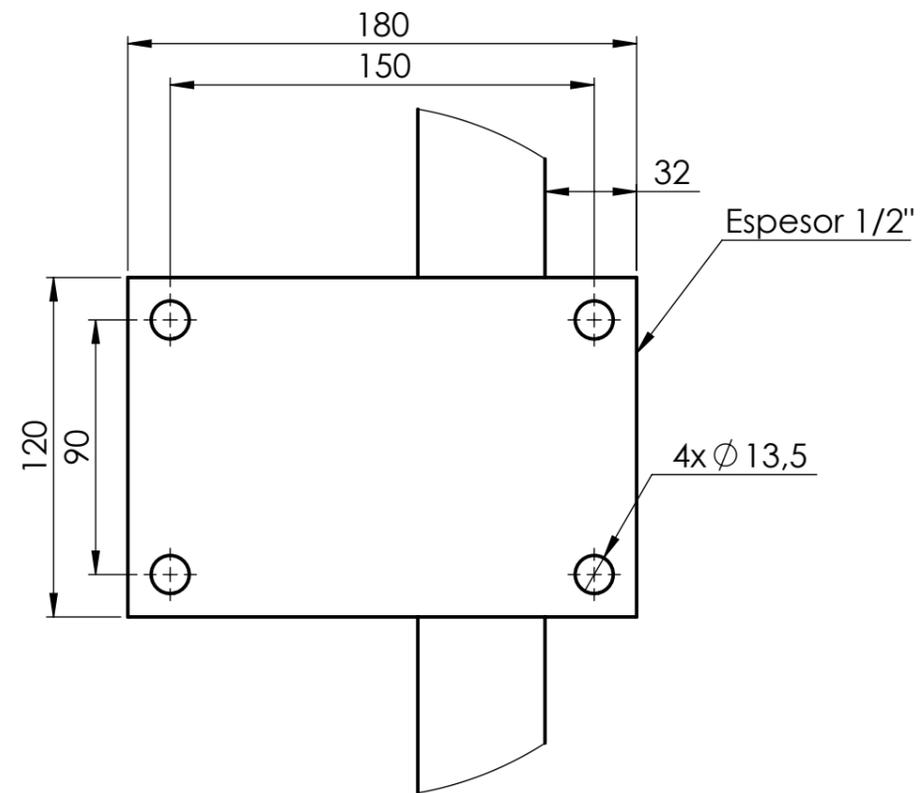
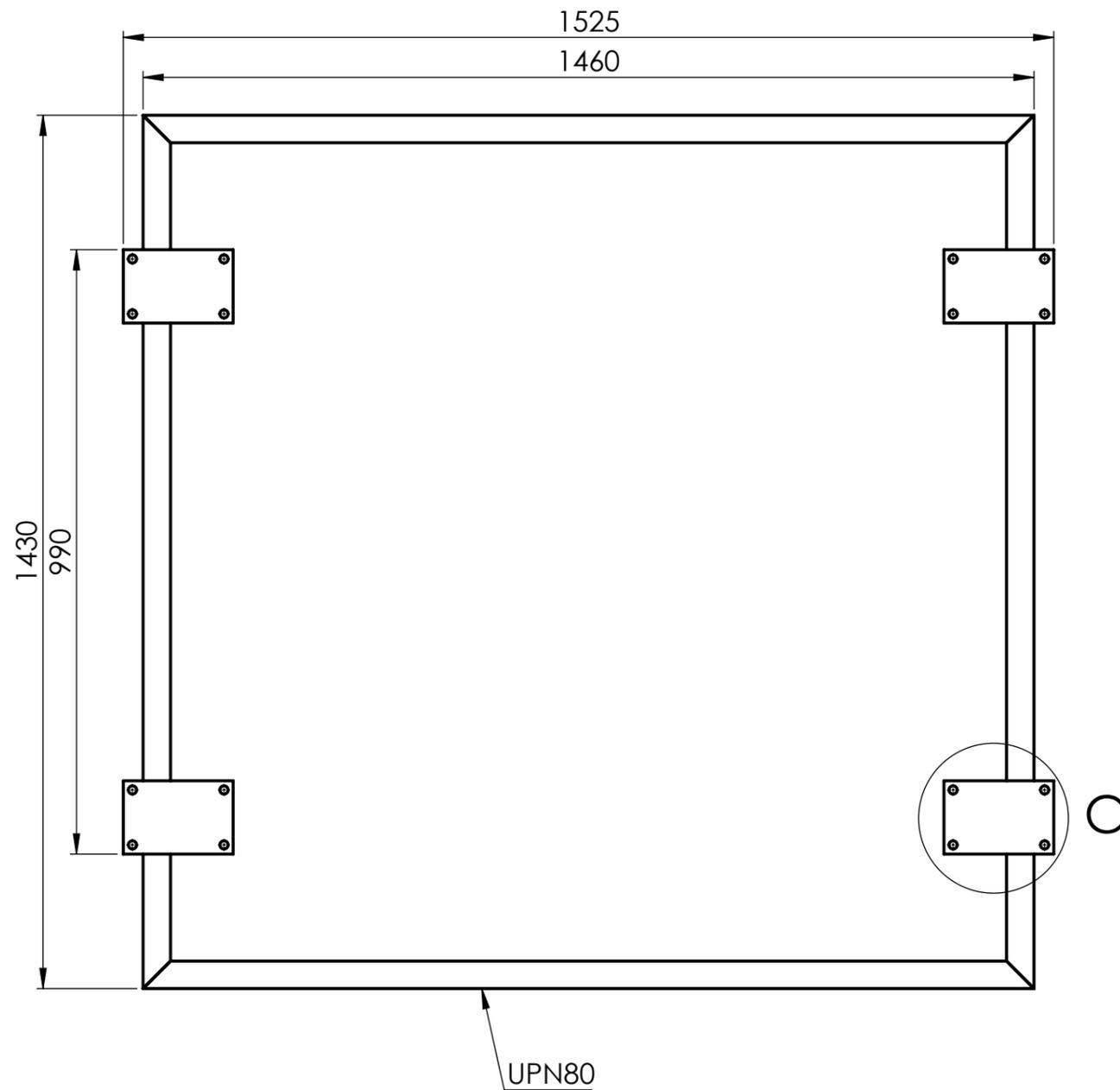
Dibujó Revisó Aprobó Esc. Esc. 1:10  Hoja 2 de 5	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	 UTM * CDU Concepción del Uruguay
	18/07/18	L. Mosna		
	Pieza/s:		1705A-1SV-033	
	Plano:		1705A-A3S-003.A	
Reemplaza a:				



	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	UTN * CDU Concepción del Uruguay
	Dibujó	L. Mosna		
	Revisó			
	Aprobó			
Esc.	2:1	Perno	Parte/s:	1705A-1ME-032
			Plano:	1705A-A4S-003.A
Hoja	3 de 5		Reemplaza a:	

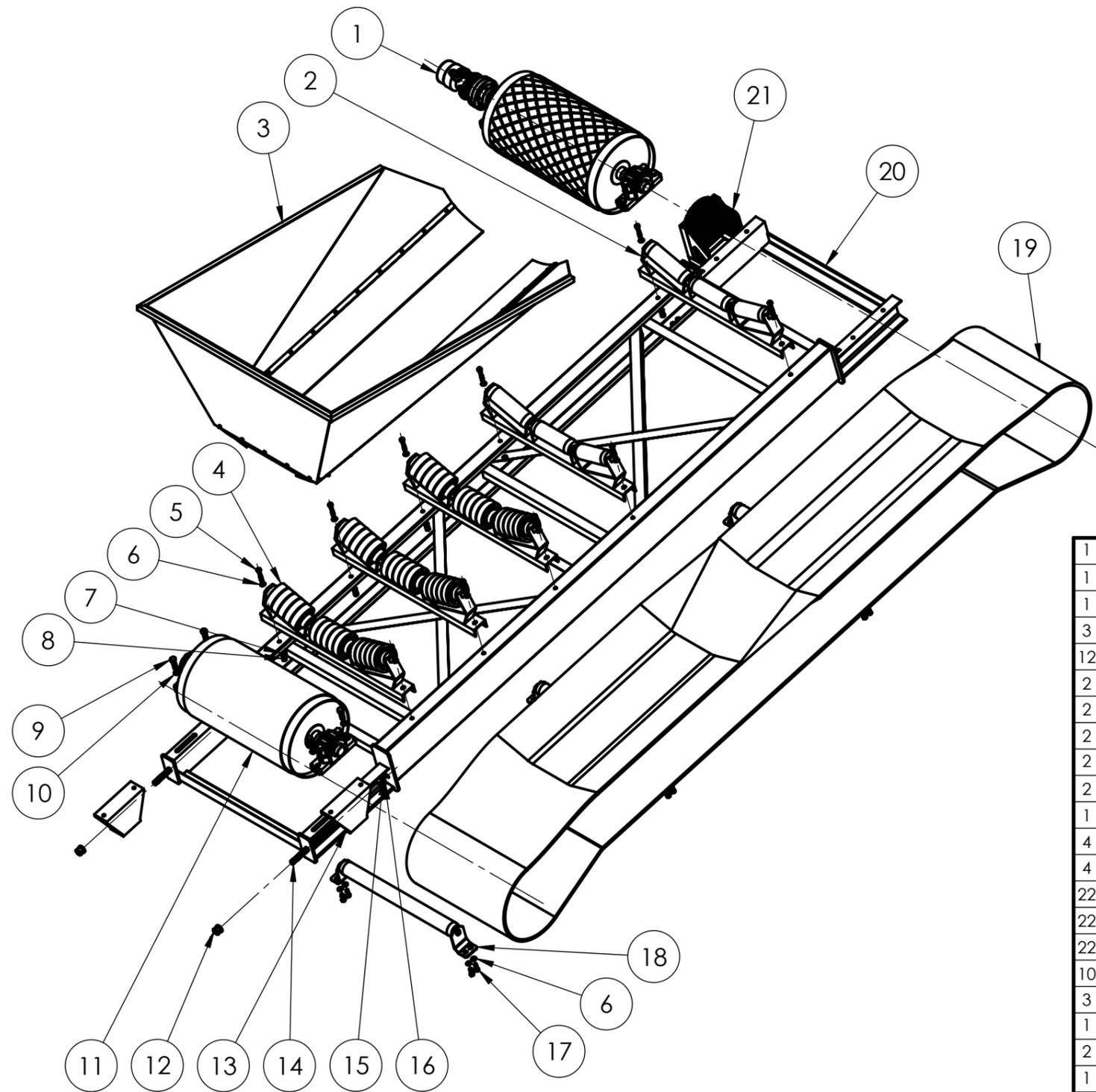


	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	UTN * CDU Concepción del Uruguay
Dibujó	18/07/18	L. Mosna		
Revisó				
Aprobó				
Esc.	1:5			Pieza/s:
				1705A-1SC-030 1705A-1SC-031
Hoja				Compuerta de tolva de pesada
4 de 5				Plano: 1705A-A3S-003.A
				Reemplaza a:



DETALLE C
ESCALA 1 : 2.5

	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	UTN * CDU Concepción del Uruguay
Dibujó	18/07/18	L. Mosna		
Revisó				
Aprobó				
Esc.	1:10			Pieza/s:
	 Estructura portante			1705A-1SV-005
Hoja				Plano: 1705A-A3S-003.A
	5 de 5			Reemplaza a:



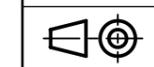
1	Protector	C-2	1SN-096	IRAM1010	21	Chapa perforada 1.6mm	1.4	
1	Estructura	C-2	1SC-038	-	20	-	136	
1	Banda	B-2	2MB-064	-	19	Comercial		
3	Estacion inferior	C-1	1MB-340	-	18	-		
12	Tornillo M12x35	C-1	8MJ-105	-	17	Comercial		
2	Arandela 22x32	D-1	8MJ-108	-	16	Comercial		
2	Chaveta 5x28	D-1	8MJ-109	-	15	Comercial		
2	Varilla roscada M20	D-1	1ME-107	-	14	Comercial		
2	Soporte tensor	D-1	1MM-093	IRAM1010	13	Chapa 1/2"	9.6	
2	Tuerca M20	D-1	8MJ-110	-	12	Comercial		
1	Tambor de cola	D-1	1MB-041	-	11	-		
4	Arand. Grover M16	D-1	8MJ-085	-	10	Comercial		
4	Tornillo M16 x 55	D-1	8MJ-094	-	9	Comercial		
22	Tuerca M12	D-2	8MJ-103	-	8	Comercial		
22	Arand. Grover M12	D-2	8MJ-102	-	7	Comercial		
22	Arandela M12	D-2	8MJ-106	-	6	Comercial		
10	Tornillo M12 x 70	D-2	8MJ-104	-	5	Comercial		
3	Estación amort.	D-2	1MB-342	-	4	-		
1	Tolva de recepción	D-2	1SV-042	-	3	-		
2	Estación superior	D-2	1MB-341	-	2	-		
1	Conjunto motriz	D-2	1MB-343	-	1	-		
Cant.	Denominación	Ubicación	Nº Pieza	Material	Nº ord	Provisión	kg	Observ.

Fecha 25/07/18
 Nombre L. Mosna

Ingeniería
 Electromecánica

UTN * CDU
 Concepción del Uruguay

Esc.
 1:25



Hoja

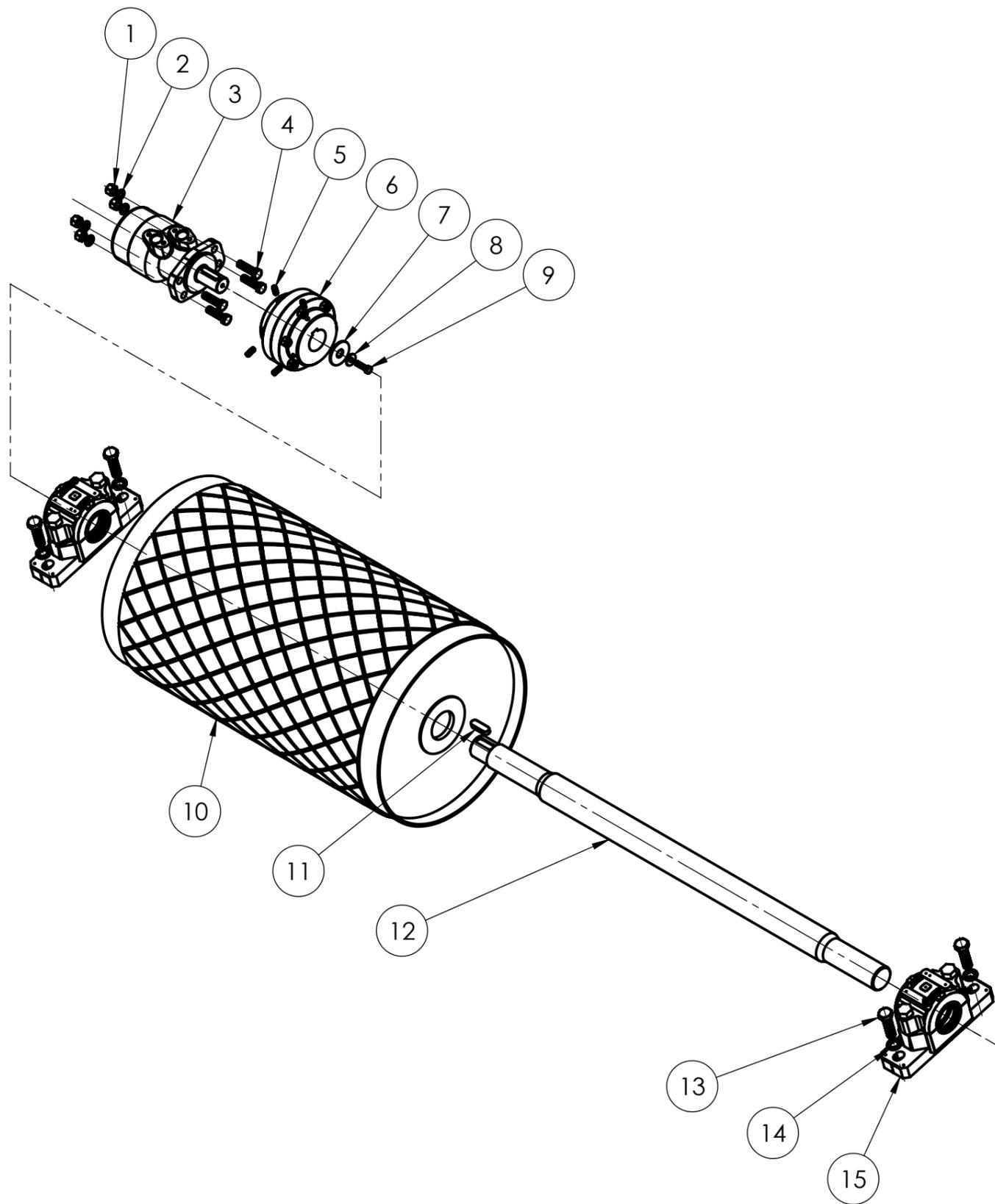
1 de 3

Cinta transportadora

Pieza/s:
 1705A-1MB-007

Plano: 1705A-A3M-004.A

Reemplaza a:



2	Rodamiento	C-1	1MA-092	-	15	Comercial		
4	Arand. Grover M16	C-1	8MJ-095	-	14	Comercial		
4	Tornillo M16 x 55	C-1	8MJ-094	-	13	Comercial		
1	Árbol	C-1	1ME-344	-	12	Comercial		
1	Chaveta 14 x 9 x 45	D-1	8MJ-098	-	11	Comercial		
1	Tambor de cabeza	D-1	1MB-034	-	10	Comercial		
1	Tornillo M8 x 30	C-2	8MJ-065	-	9	Comercial		
1	Arandela \varnothing 8.4	C-2	8MJ-099	-	8	Comercial		
1	Arandela \varnothing 17	C-2	8MJ-100	-	7	Comercial		
1	Acopl. dentado	D-2	1MA-035	-	6	Comercial		
4	Prisionero M8 x 20	D-2	8MJ-097	-	5	Comercial		
4	Tornillo M12 x 45	D-2	8MJ-101	-	4	Comercial		
1	Motor hid.	D-2	1FZ-036	-	3	Comercial		
4	Arand. Grover M12	D-2	8MJ-102	-	2	Comercial		
4	Tuerca M12	D-2	8MJ-103	-	1	Comercial		
Cant.	Denominación	Ubicación	Nº Pieza	Material	Nº ord	Provisión	kg	Observ.

Dibujó
 Revisó
 Aprobó
 Esc.

Fecha
 25/07/18

Nombre
L. Mosna

Ingeniería
Electromecánica

UTN * CDU
Concepción del Uruguay

1:10



Hoja

2 de 3

Cinta transportadora

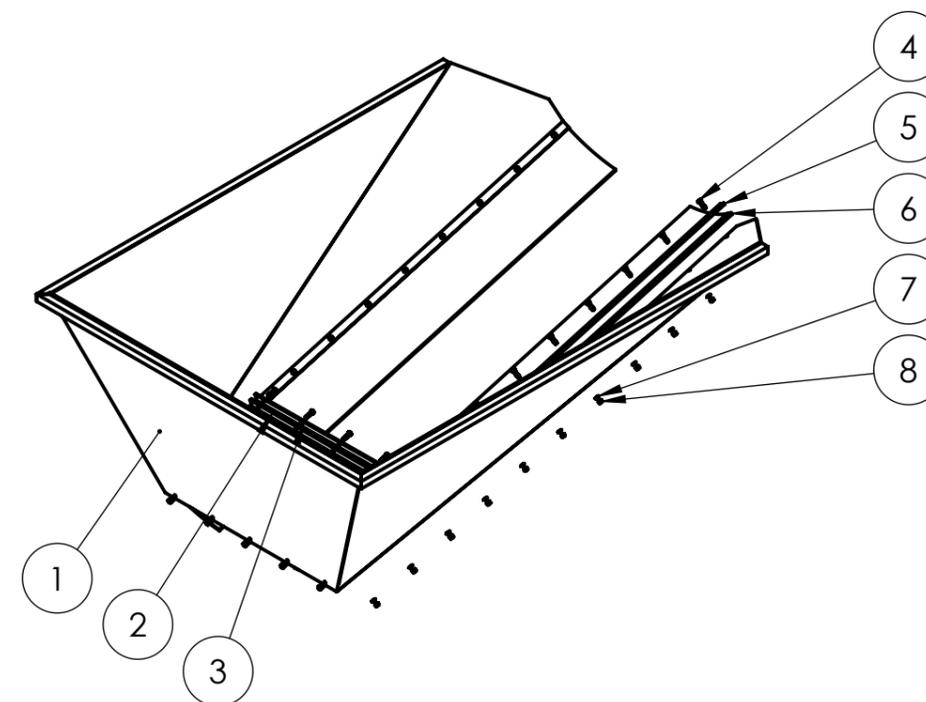
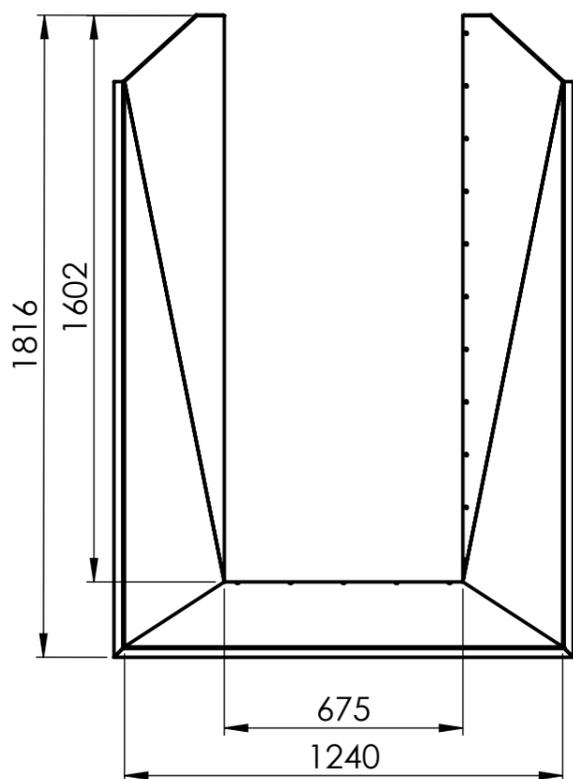
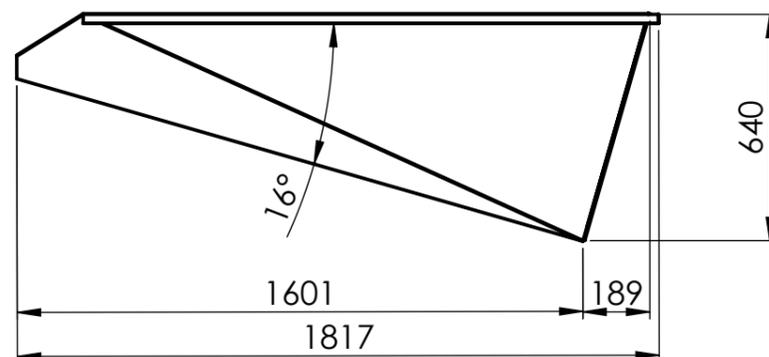
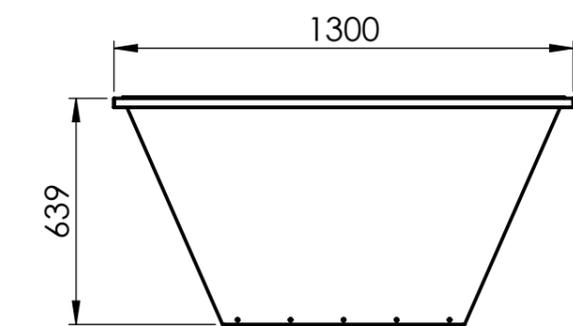
Pieza/s:

1705A-1MB-343

Plano:

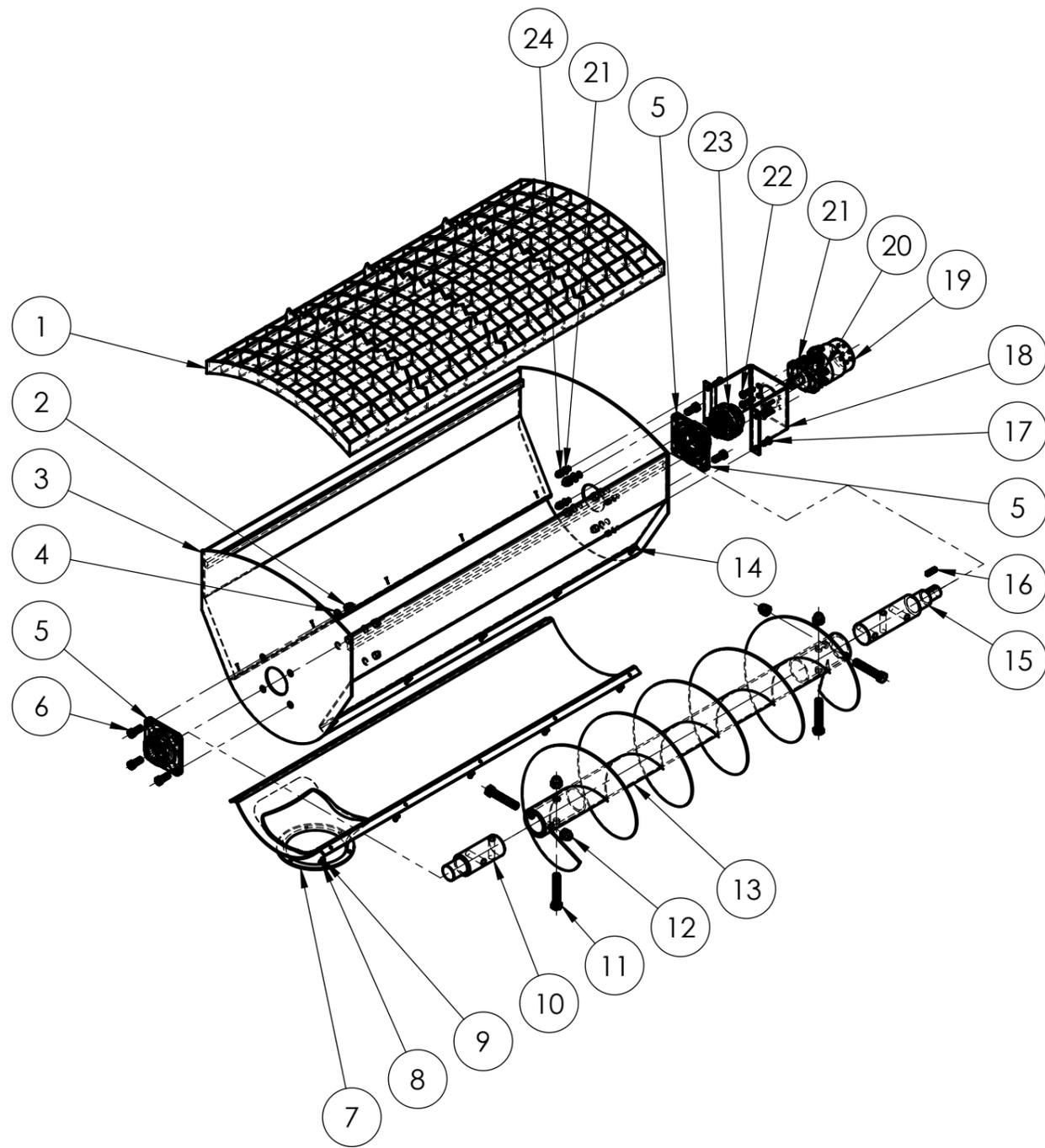
1705A-A3M-004.A

Reemplaza a:



27	Tuerca M6	A-2	8MJ-086	-	8	Comercial		
27	Arand. Grover M6	A-2	8MJ-085	-	7	Comercial		
1	Burlete lateral	A-2	1SD-080	Goma c/tela	6	Plancha de 5mm		
1	Fijación burlete lat.	A-2	1SC-082	IRAM1010	5	Planchuela 3/16" x 1"	1.5	
27	Tornillo M6 x 25	A-2	8MJ-084	-	4	Comercial		
1	Fijación burlete tras.	B-2	1SC-083	IRAM1010	3	Planchuela 3/16" x 1"	0.6	
1	Burlete trasero	B-2	1SD-081	Goma c/tela	2	Plancha de 5mm		
1	Tolva recibidora	B-2	1SV-042	IRAM1045	1	Chapa 3/16"	100	
Cant.	Denominación	Ubicación	Nº Pieza	Material	Nº ord	Provisión	kg	Observ.

Dibujó Revisó Aprobó Esc.	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	
	25/07/18	L. Mosna		
Esc. 1:20			Cinta transportadora	Pieza/s: 1705A-1SV-042
				Plano: 1705A-A3M-004.A
Hoja 3 de 3				Reemplaza a:



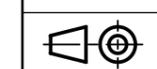
4	Tuerca Ciega M12	C-2	8MJ-111	-	24	Comercial		
1	Acoplamiento	C-2	2MA-049	-	23	Comercial		
4	Tornillo M12 x 45	C-2	8MJ-101	-	22	Comercial		
8	Arand. Grover M12	C-2	8MJ-102	-	21	Comercial		
4	Tuerca M12	C-2	8MJ-103	-	20	Comercial		
1	Motor hid. tolva	C-2	2FZ-047	-	19	Comercial		
1	Soporte de motor	C-2	2SC-048	IRAM1010	18	Chapa 1/4"	4.8	
4	Tornillo M12 x 25	C-2	8MJ-069	-	17	Comercial		
1	Chaveta 12 x 8 x 45	C-2	8MJ-112	-	16	Comercial		
1	Árbol motriz	C-2	2ME-050	IRAM1045	15	Barra Ø3"	9.8	
10	Tornillo M6 x 20	C-2	8MJ-077	-	14	Comercial		
1	Sinfín tolva	C-1	2MS-051	IRAM1010	13	-	48.8	
4	Tuerca ciega M20	C-1	8MJ-115	-	12	Comercial		
4	Tornillo M20 x 120	C-1	8MJ-116	-	11	Comercial		
1	Semieje lado rodam.	C-1	2ME-052	IRAM1045	10	Barra Ø3"	6.9	
10	Arand. Grover M6	C-1	8MJ-085	-	9	Comercial		
10	Tuerca M6	D-1	8MJ-086	-	8	Comercial		
1	Tapa inferior	D-1	2SC-046	IRAM1045	7	Chapa 3/16"	33.2	
8	Tornillo M16 x 40	D-2	8MJ-114	-	6	Comercial		
2	Rodamiento	D-2	2MA-053	-	5	Comercial		
8	Arand. Grover M16	D-2	8MJ-095	-	4	Comercial		
1	Tolva de cemento	D-2	2SV-045	IRAM1045	3	Chapa 3/16"	94.2	
8	Tuerca ciega M16	D-2	8MJ-113	-	2	Comercial		
1	Tapa de tolva	D-2	2SC-044	IRAM1010	1	Chapa 1/4"	62	
Cant.	Denominación	Ubicación	Nº Pieza	Material	Nº ord	Provisión	kg	Observ.

Fecha 26/07/18
 Nombre L. Mosna

Ingeniería
 Electromecánica

UTN * CDU
 Concepción del Uruguay

Esc.
 1:10



Hoja

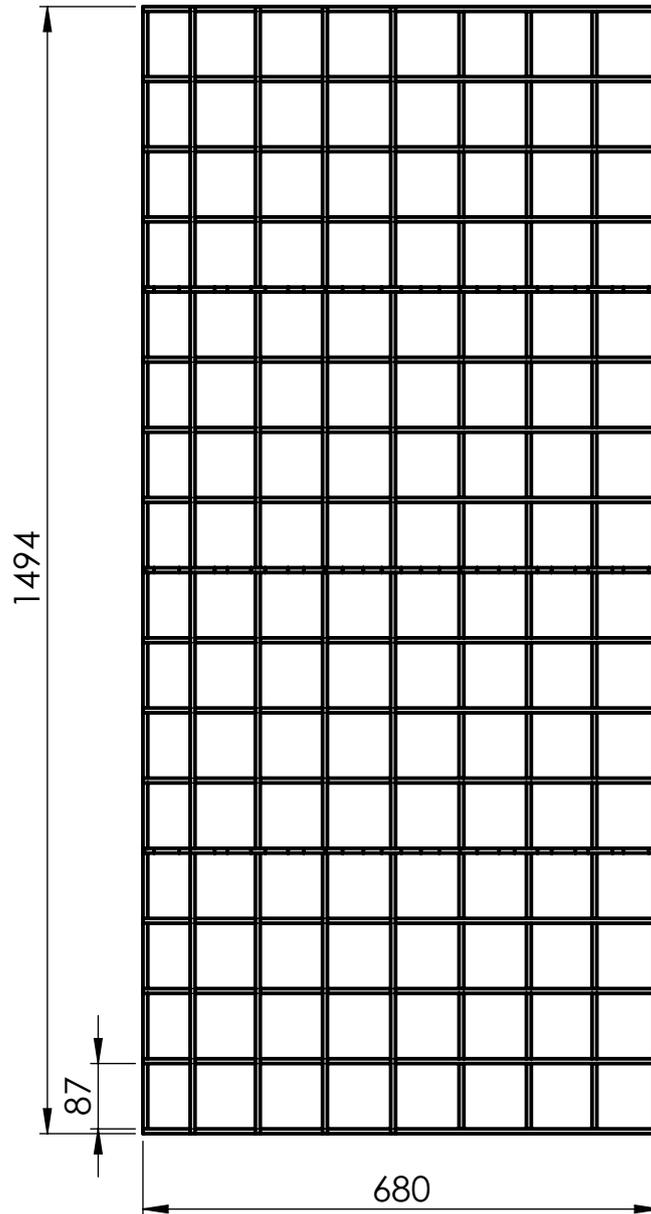
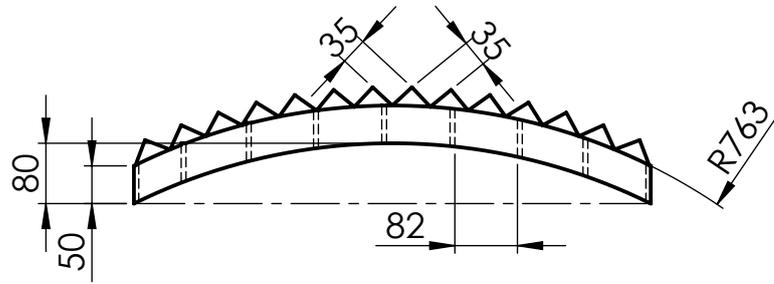
1 de 8

Tolva recibidora de cemento

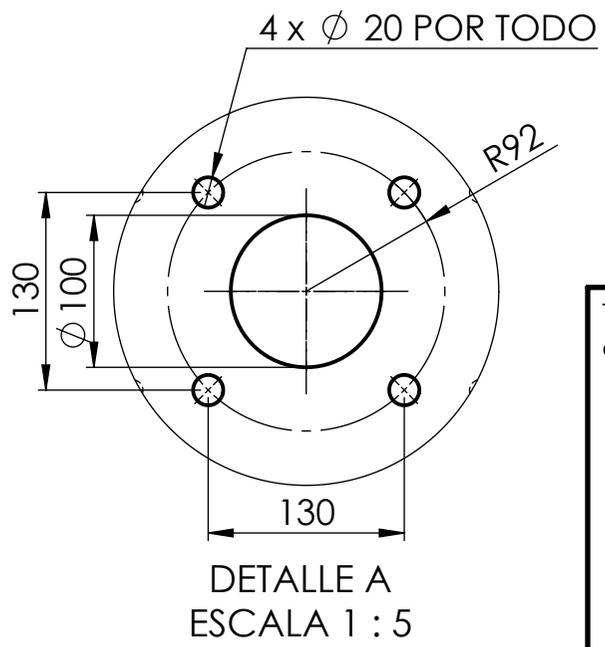
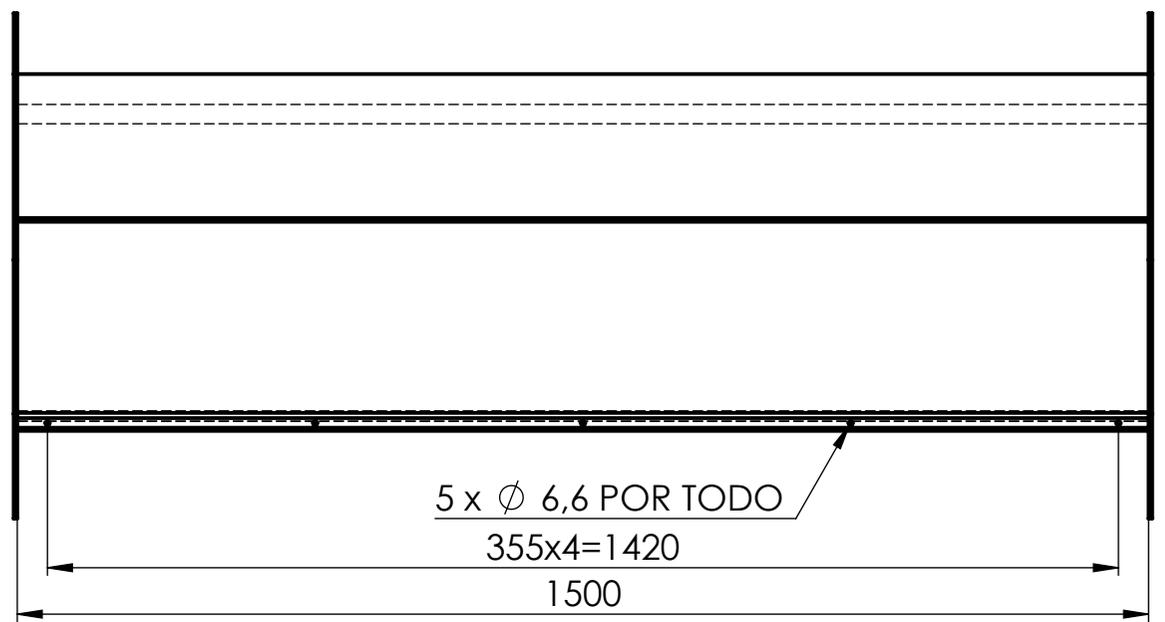
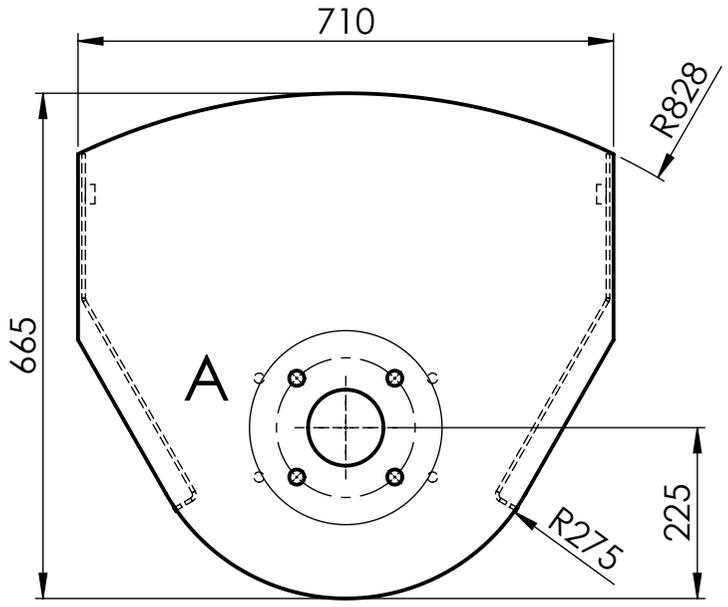
Pieza/s:
 1705A-2SV-016

Plano: 1705A-A3M-005.A

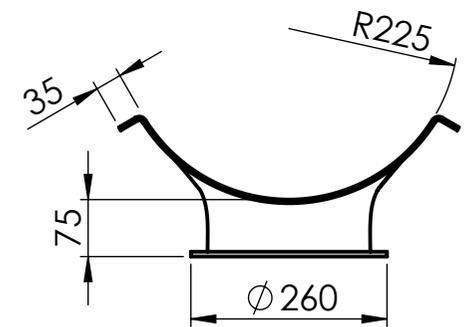
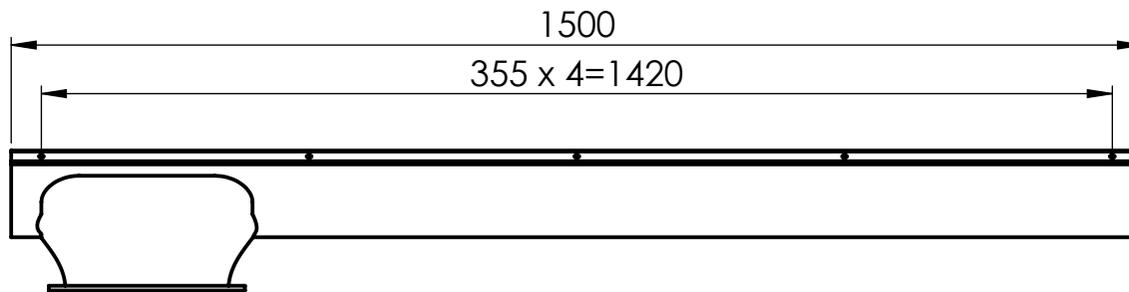
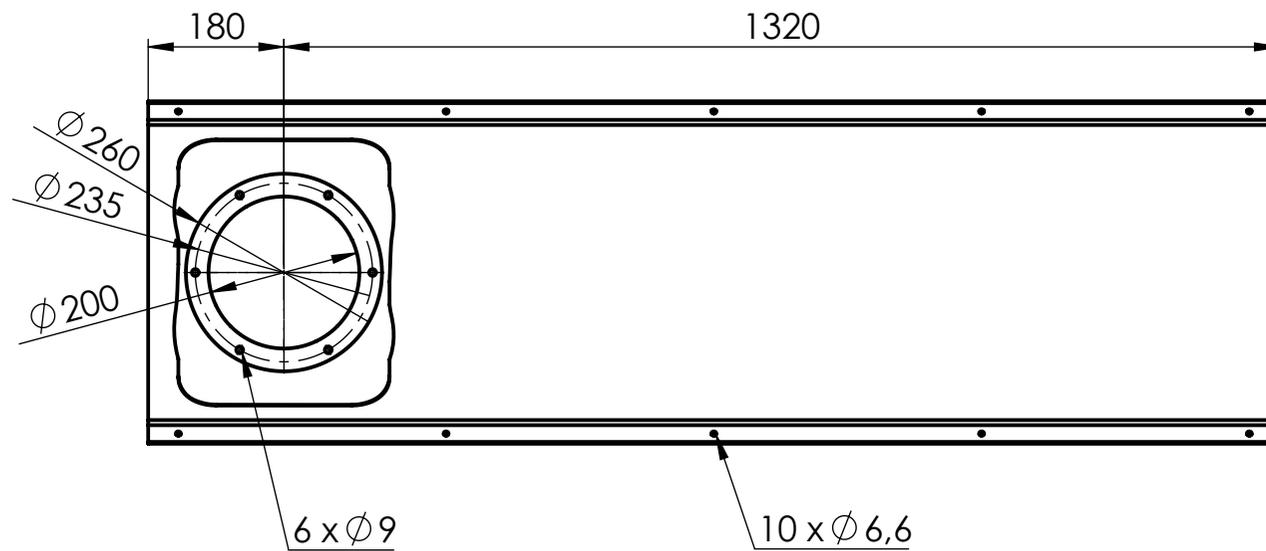
Reemplaza a:

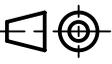


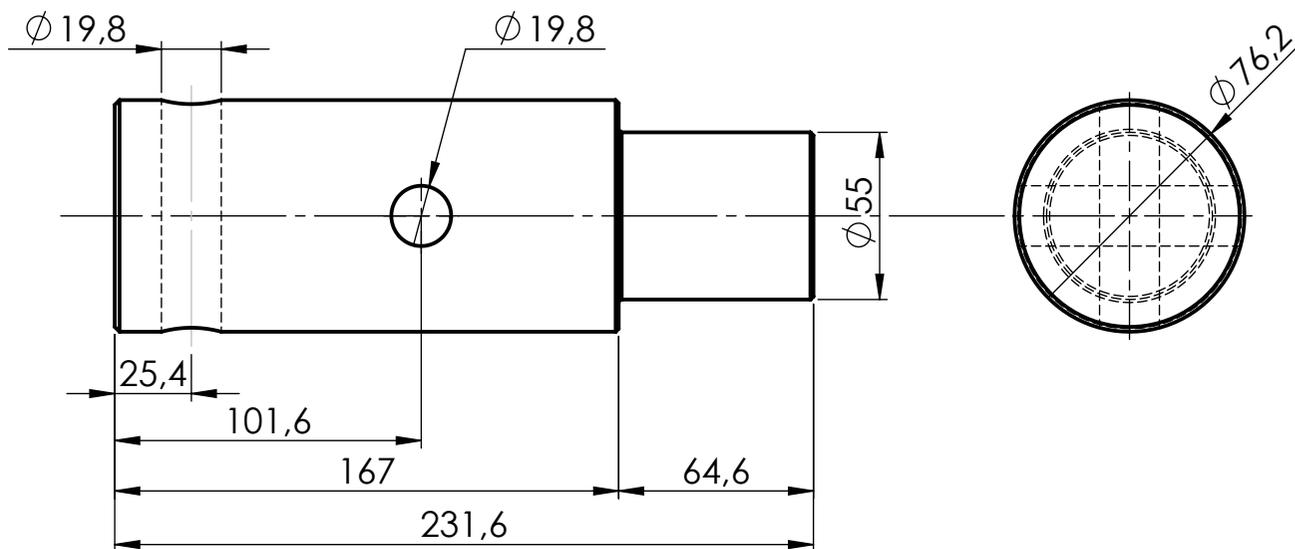
Todo en espesor 1/4"	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica		
	Dibujó	14/08/18			L. Mosna
	Revisó				
	Aprobó				
	Esc.	1:10			Parte/s:
			Tapa de tolva	1705A-2SC-044	
Hoja	2 de 8			Plano: 1705A-A4S-005.A	
				Reemplaza a:	

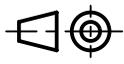


Todo en espesor 3/16"	Dibujó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	 UTN * CDU Concepción del Uruguay	
	Revisó	26/07/18	L. Mosna			
	Aprobó					
	Esc.	1:10				
		Tolva recibidora de cemento		Parte/s:	1705A-2SV-045	
Hoja	3 de 8			Plano:	1705A-A4S-005.A	
					Reemplaza a:	

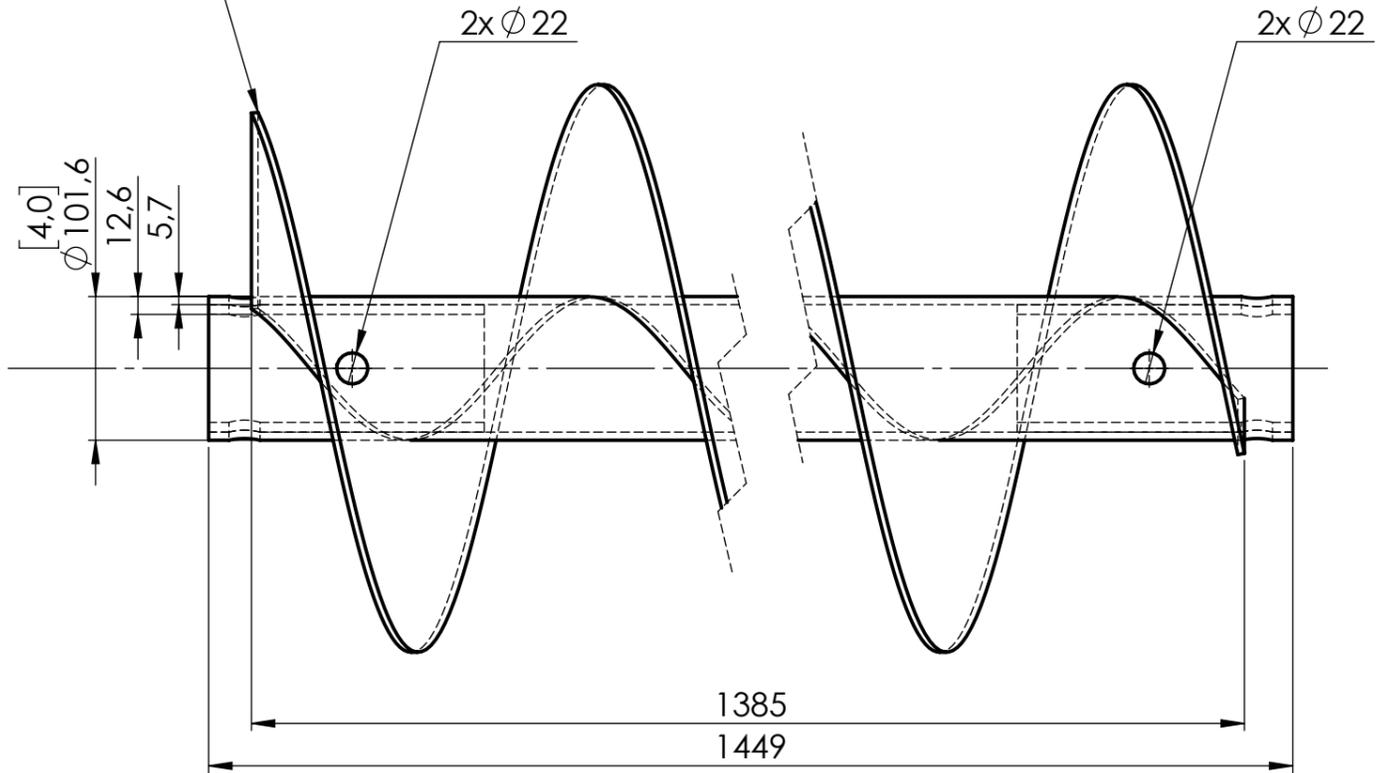
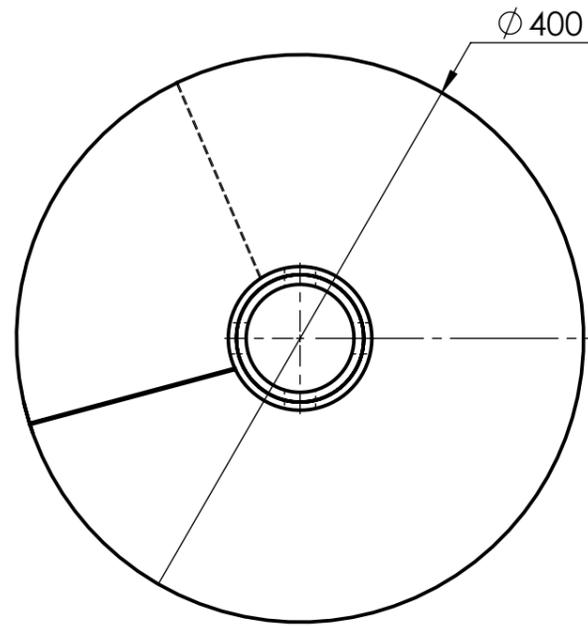


Todo en espesor 3/16"	Dibujó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	 UTN * CDU Concepción del Uruguay	
	Revisó	14/08/18	L. Mosna			
	Aprobó					
	Esc.	1:10		Tapa inferior		Parte/s:
						1705A-2SC-046
Hoja	4 de 8		Plano:		1705A-A4S-005.A	
				Reemplaza a:		

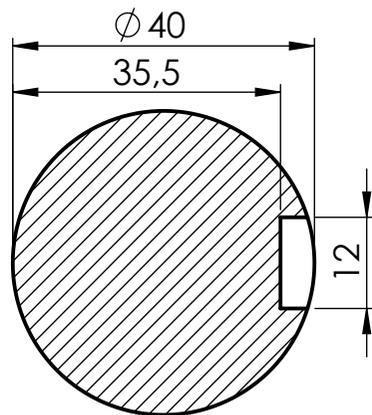
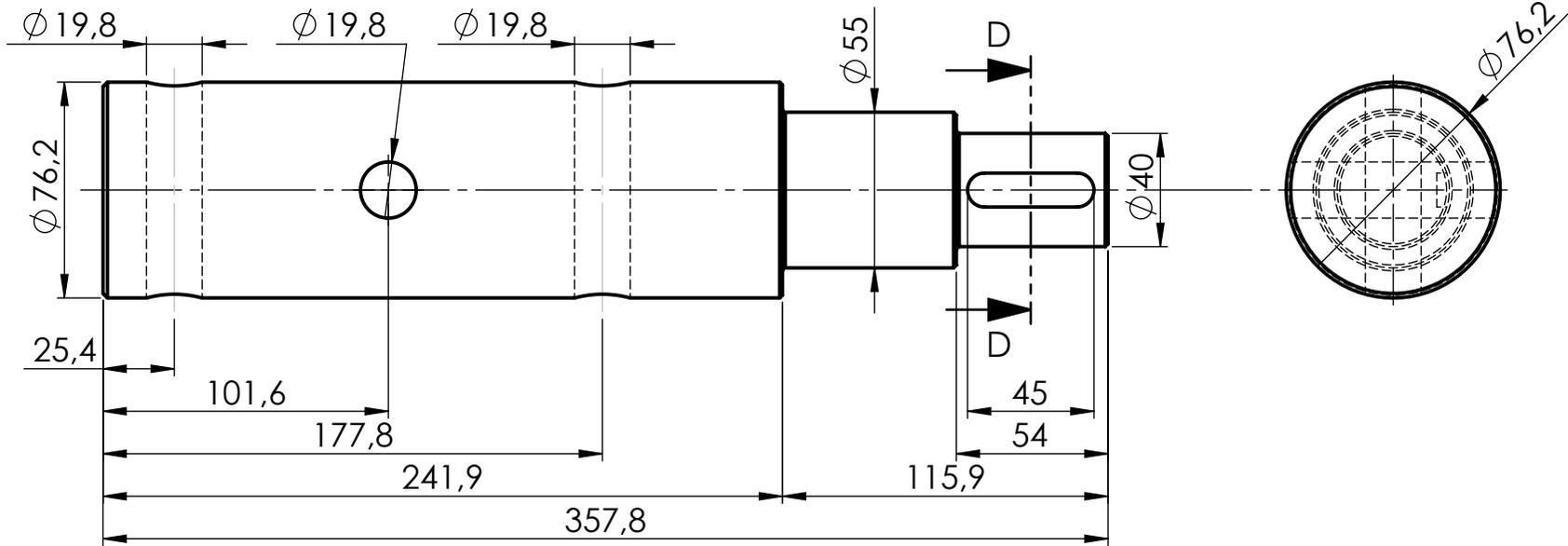


	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	UTN * CDU Concepción del Uruguay
Dibujó	26/07/18	L. Mosna		
Revisó				
Aprobó				
Esc.	1:2.5	Eje de rodamiento		Parte/s:
				1705A-2ME-052
Hoja				Plano: 1705A-A4M-005.A
	5 de 8			Reemplaza a:

Sinfín
 Ala: 149
 Eje: 102
 Diámetro: 400
 Espesor: 3/16"
 Largo: 1385
 Acero: IRAM 1010

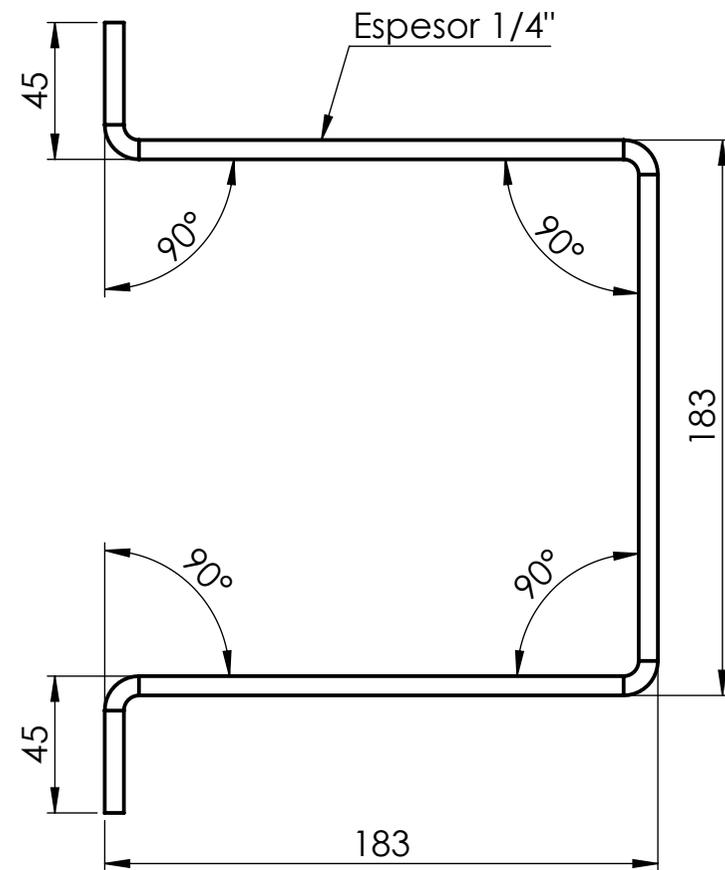
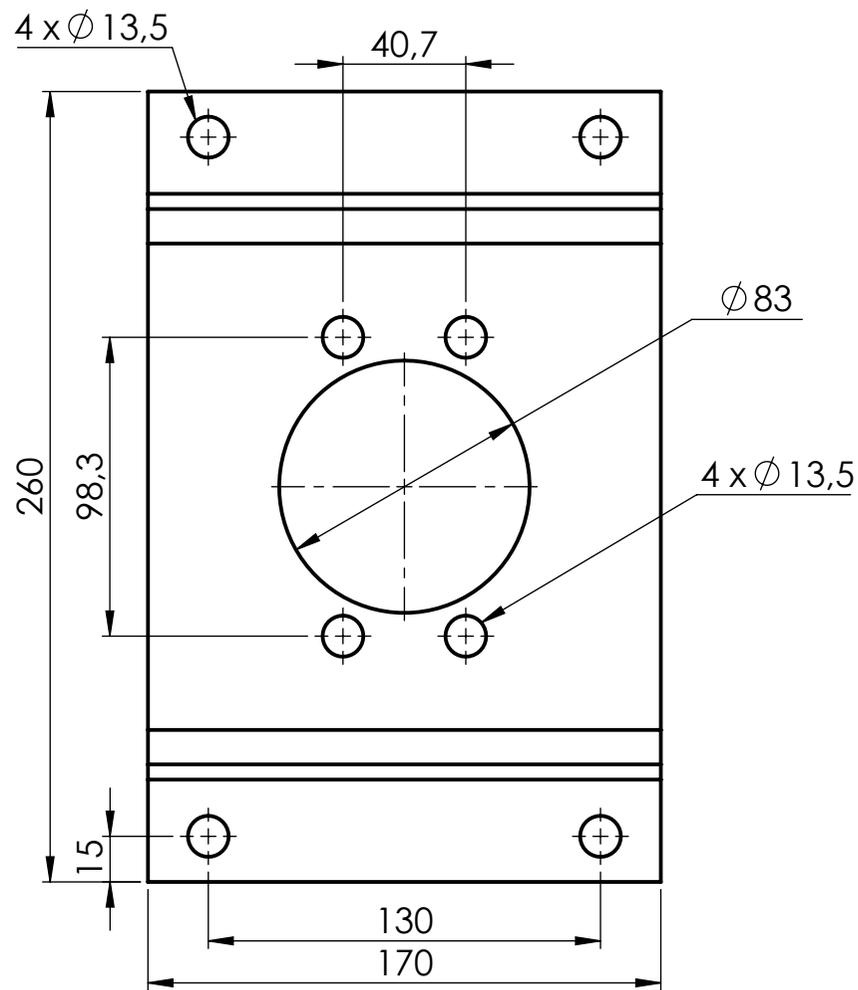


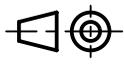
	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	UTN * CDU Concepción del Uruguay
Dibujó	30/07/18	L. Mosna		
Revisó				
Aprobó				
Esc.	1:10			Pieza/s: 1705A-2MS-051
	Tolva recibidora de cemento			Plano: 1705A-A3M-005.A
Hoja	6 de 8			Reemplaza a:

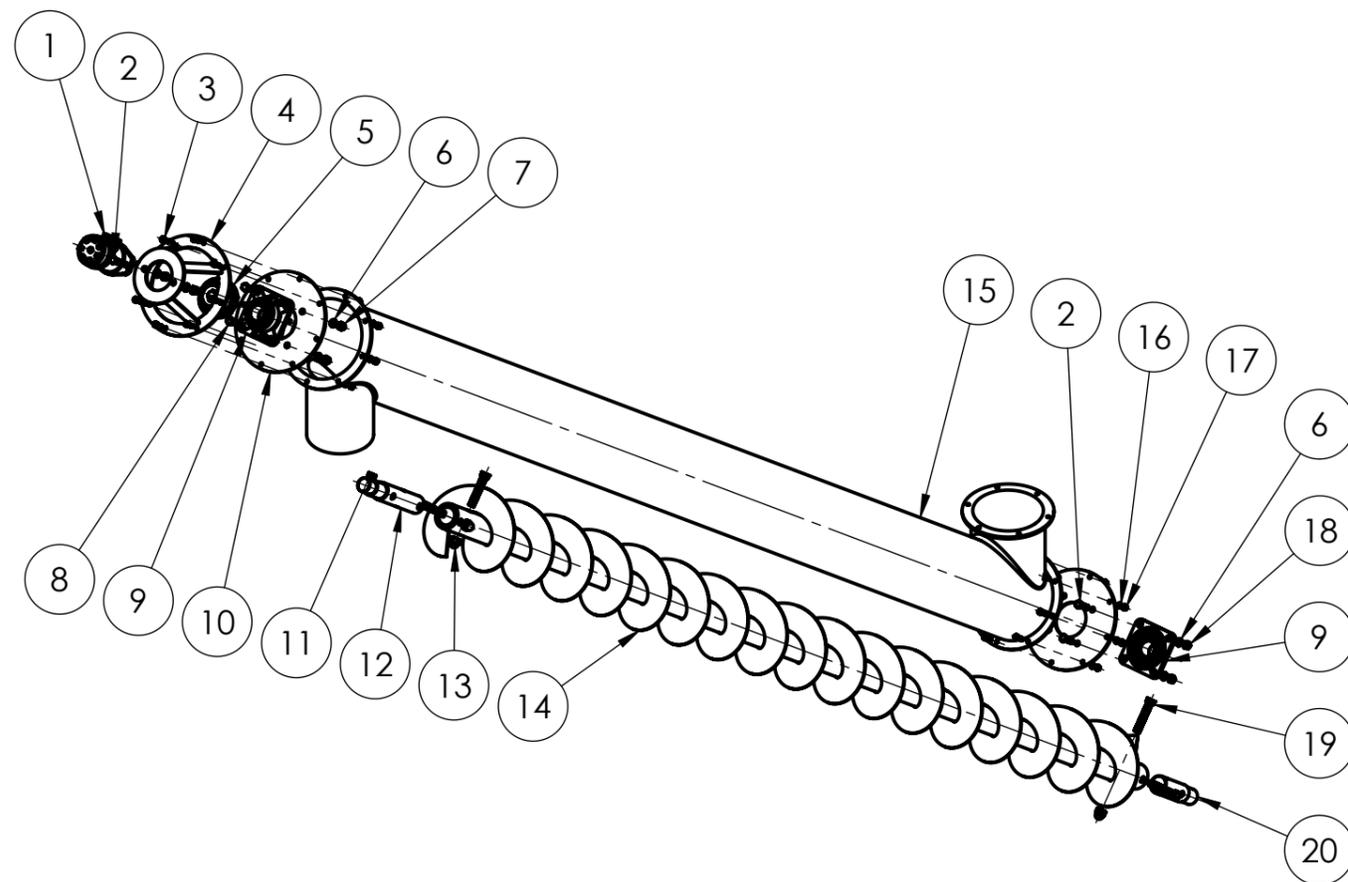


SECCIÓN D-D
ESCALA 1 : 1

		Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	UTN * CDU Concepción del Uruguay
Dibujó		26/07/18	L. Mosna		
Revisó					
Aprobó					
Esc.	1:2.5			Árbol motriz	Parte/s: 1705A-2ME-050
					Plano: 1705A-A4M-005.A
Hoja	7 de 8				Reemplaza a:



	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	UTN * CDU Concepción del Uruguay
Dibujó	15/08/18	L. Mosna		
Revisó				
Aprobó				
Esc.	1:2.5		Soporte de motor	Parte/s:
				1705A-2SC-048
Hoja	8 de 8			Plano: 1705A-A4M-005.A
				Reemplaza a:



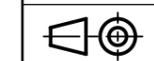
1	Eje rodamiento	C-2	2ME-062	IRAM1045	20	Trefilado $\varnothing 2''$	2.6	
4	Tornillo M16 x 90	C-2	8MJ-118	-	19	Comercial		
6	Tuerca M12	C-2	8MJ-103	-	18	Comercial		
16	Tuerca M8	C-2	8MJ-066	-	17	Comercial		
16	Arand. Grover M8	C-2	8MJ-067	-	16	Comercial		
1	Tubo elevador	C-2	2SC-060	IRAM1010	15	-	103	
1	Sinfin armado	C-2	2MS-061	IRAM1010	14	-	54	
4	Tuerca ciega M16	D-2	8MJ-113	-	13	Comercial		
1	Árbol motor	D-2	2ME-059	IRAM1045	12	Trefilado $\varnothing 2''$	4.2	
1	Chaveta 12 x 8 x 32	D-2	8MJ-119	-	11	Comercial		
2	Tapas	D-2	2SC-058	IRAM1010	10	Chapa 1/4"	2.8	
2	Rodamiento	D-2	2MA-057	-	9	Comercial		
4	Tornillo M12 x 35	D-2	8MJ-105	-	8	Comercial		
4	Tuerca ciega M12	D-2	8MJ-111	-	7	Comercial		
10	Arand. Grover M12	D-2	8MJ-102	-	6	Comercial		
1	Acoplamiento	D-2	2MA-056	-	5	Comercial		
1	Soporte motor	D-2	2SC-054	IRAM1010	4	Chapa 1/4"	2.8	
16	Tornillo M8 x 30	D-2	8MJ-065	-	3	Comercial		
6	Tornillo M12 x 45	D-2	8MJ-101	-	2	Comercial		
1	Motor	D-2	2FZ-055	-	1	Comercial		
Cant.	Denominación	Ubicación	Nº Pieza	Material	Nº ord	Provisión	kg	Observ.

Fecha 30/07/18
 Nombre L. Mosna

Ingeniería
Electromecánica

UTN * CDU
 Concepción del Uruguay

Esc.
1:20



Hoja

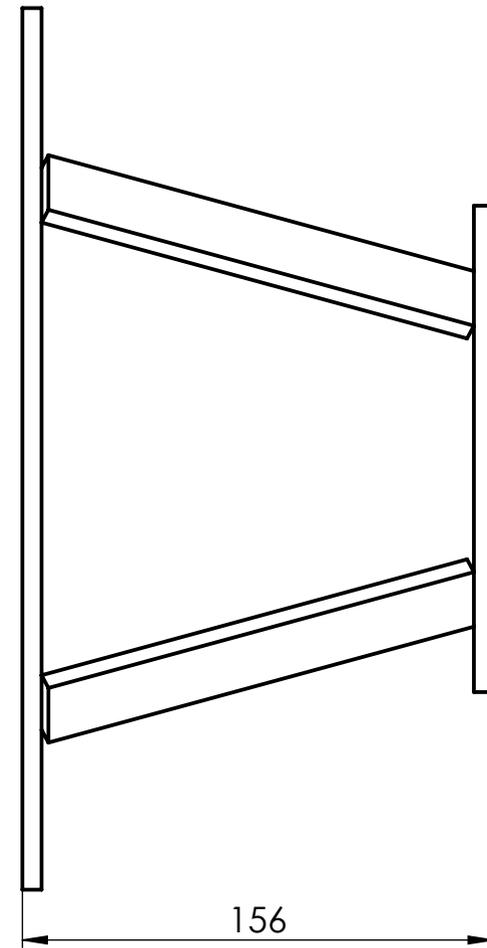
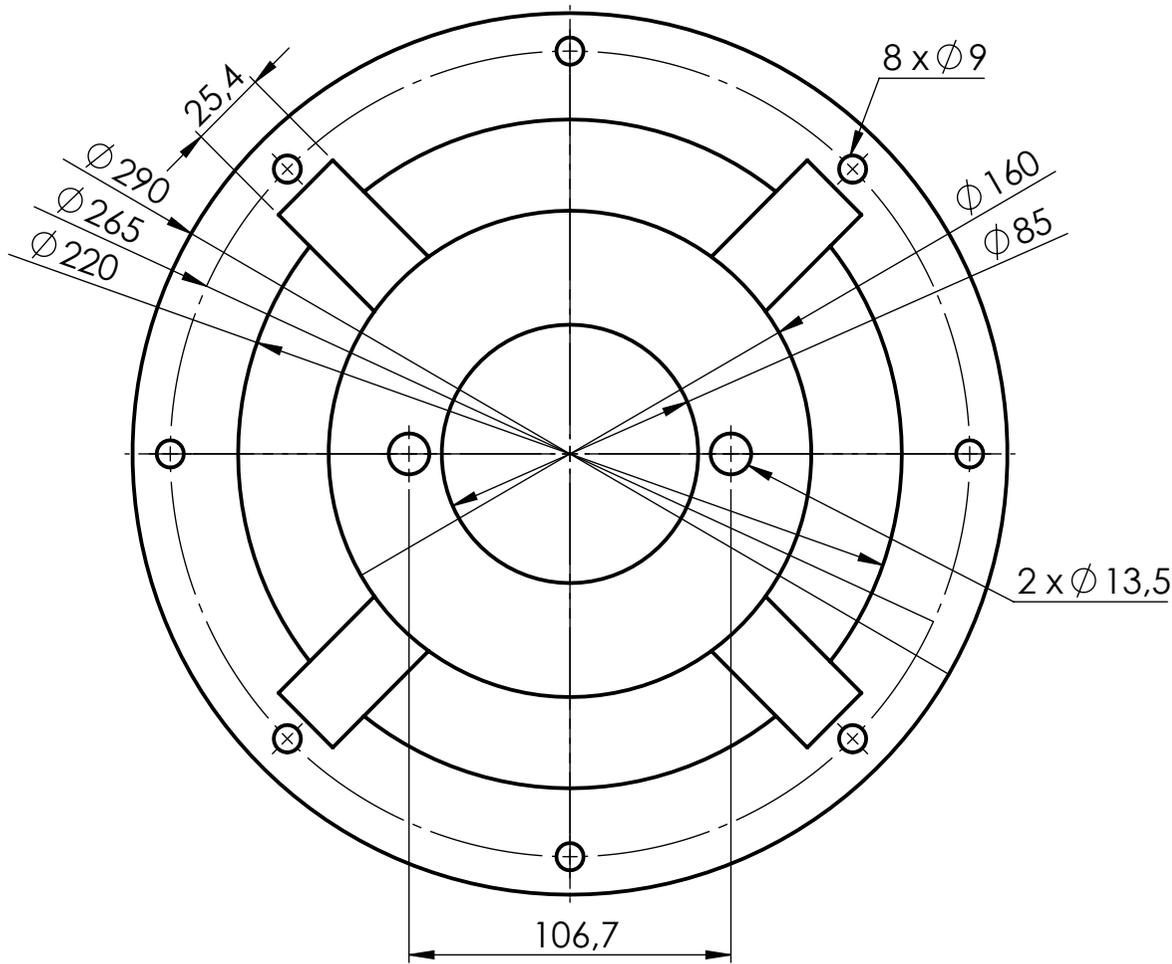
1 de 7

Transporte a tornillo
elevador de cemento

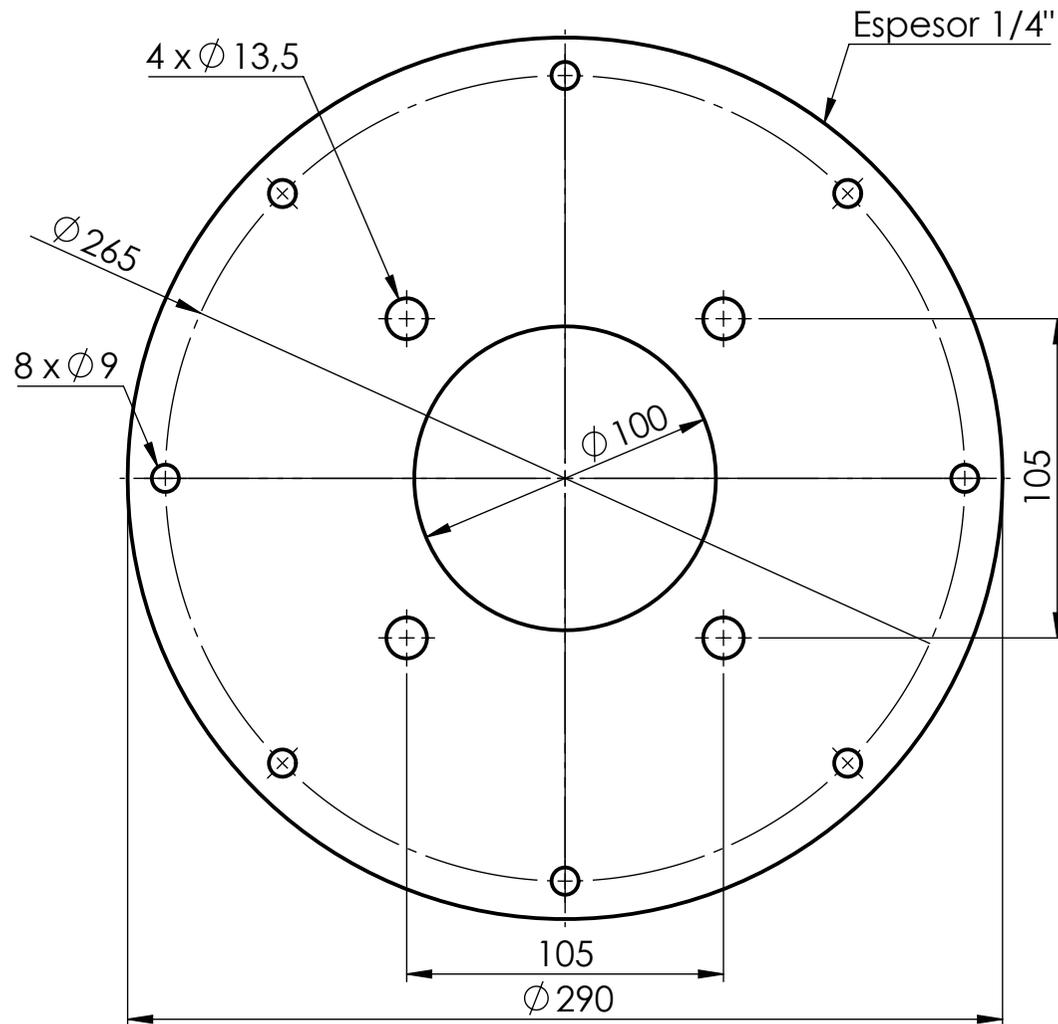
Pieza/s:
1705A-2MS-017

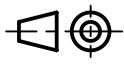
Plano: 1705A-A3M-006.A

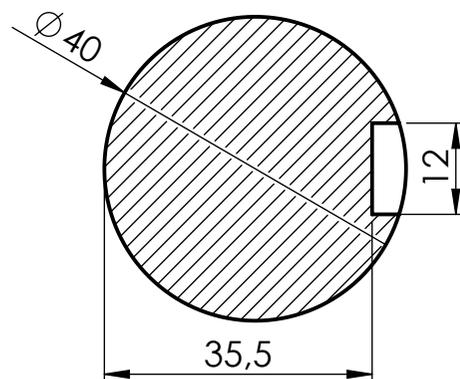
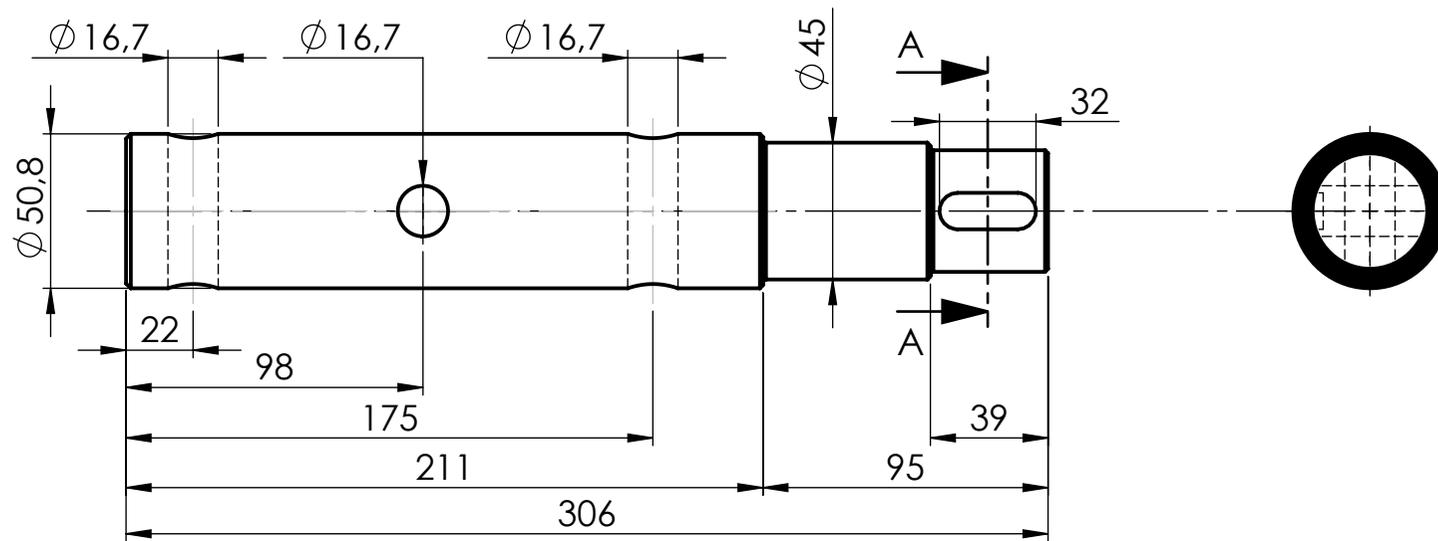
Reemplaza a:



Espesor 1/4"	Dibujó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	 UTN * CDU Concepción del Uruguay	
	Revisó	15/08/18	L. Mosna			
	Aprobó					
	Esc.	1:2.5		Soporte de motor		Parte/s:
		Hoja				1705A-2SC-054
	2 de 7			Plano: 1705A-A4M-006.A		
				Reemplaza a:		



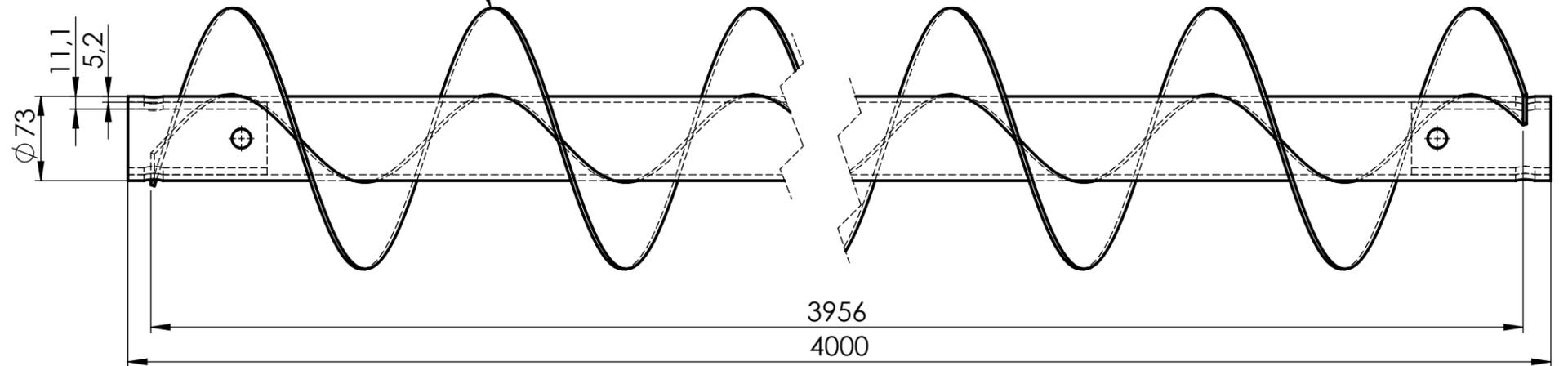
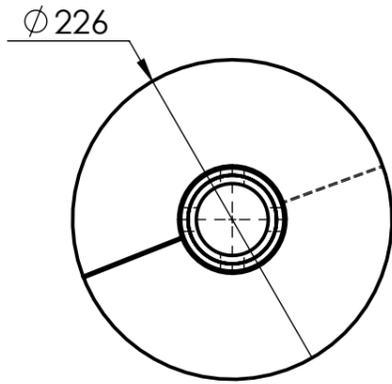
Esc.	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	UTN * CDU Concepción del Uruguay	
	Dibujó	15/08/18			L. Mosna
	Revisó				
	Aprobó				
Esc.	1:2.5	Tapas de sinfín		Parte/s:	
				1705A-2SC-058	
Hoja	3 de 7			Plano: 1705A-A4M-006.A	
				Reemplaza a:	



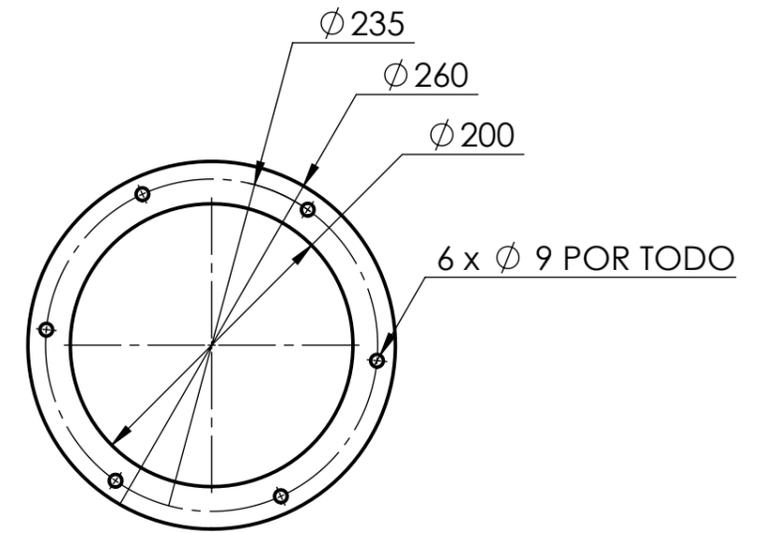
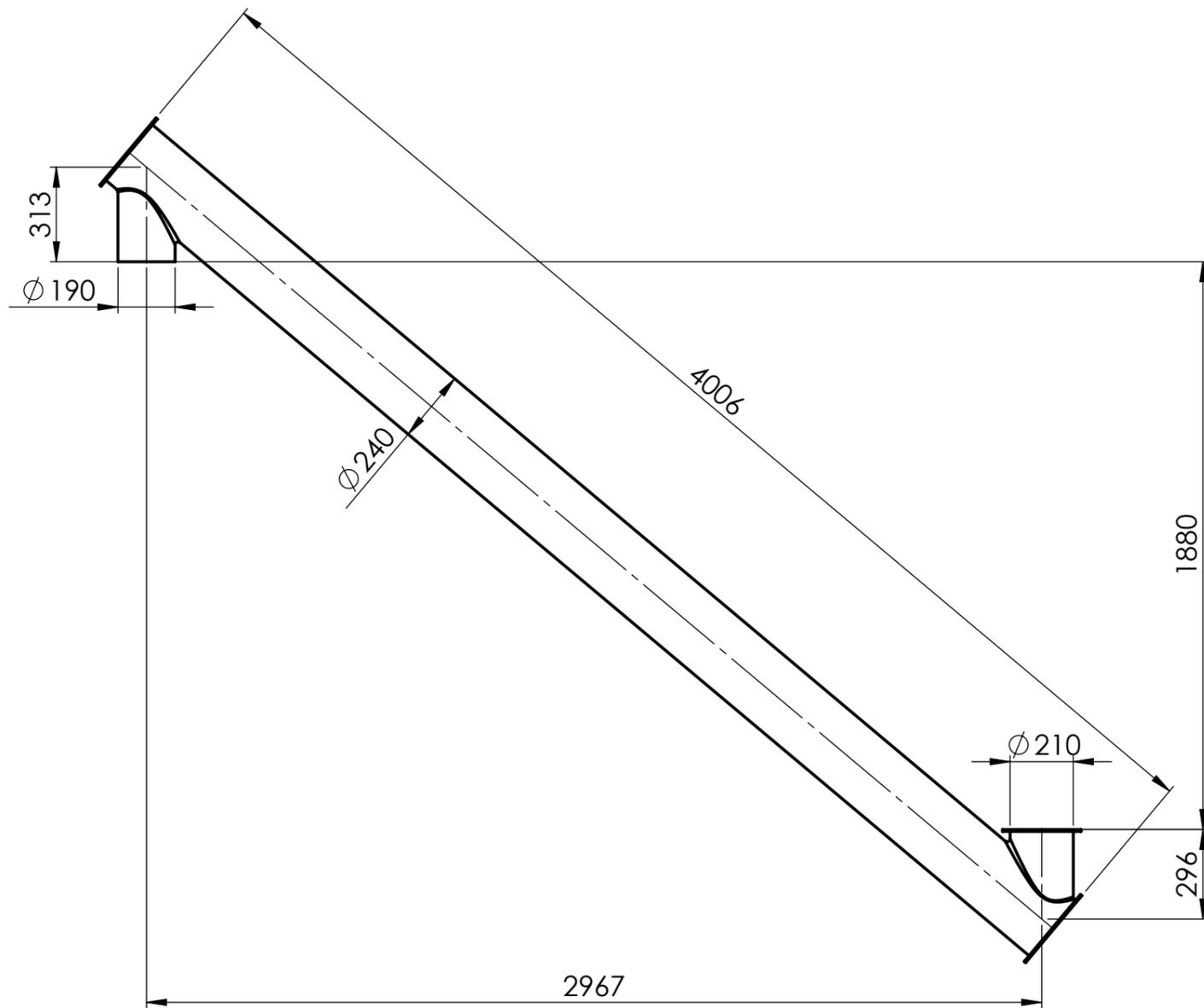
SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 1

	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	UTN * CDU Concepción del Uruguay
Dibujó	15/08/18	L. Mosna		
Revisó				
Aprobó				
Esc.	1:2.5		Árbol motor	Parte/s:
				1705A-2ME-059
Hoja	4 de 7			Plano: 1705A-A4M-006.A
				Reemplaza a:

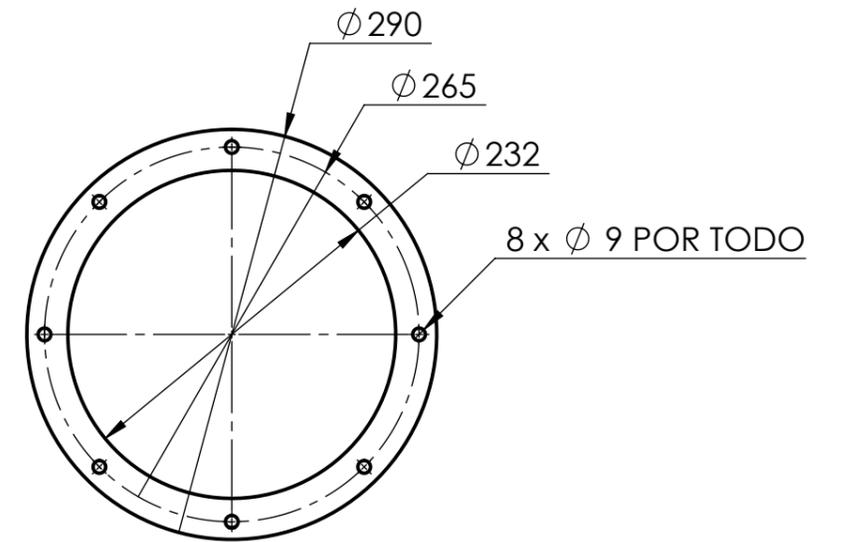
Sinfin
 Ala: 76.5
 Eje: 73
 Diámetro: 226
 Espesor: 1/8"
 Largo: 3956
 Acero: IRAM 1010



	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	UTN * CDU Concepción del Uruguay
Dibujó	30/07/18	L. Mosna		
Revisó				
Aprobó				
Esc.	1:5		Transporte a tornillo elevador de cemento	Pieza/s: 1705A-2MS-061
Hoja	5 de 7			Plano: 1705A-A3M-006.A
				Reemplaza a:

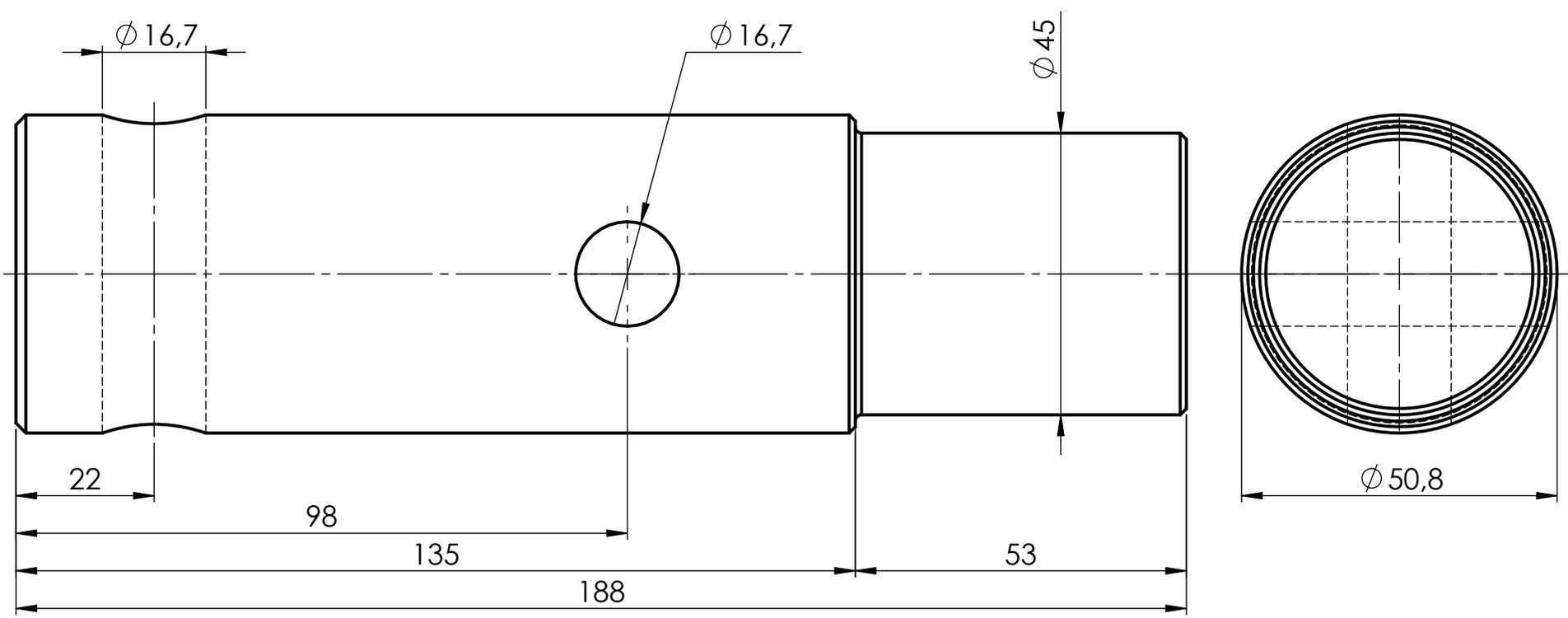


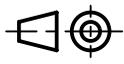
Brida de entrada
Escala 1:5

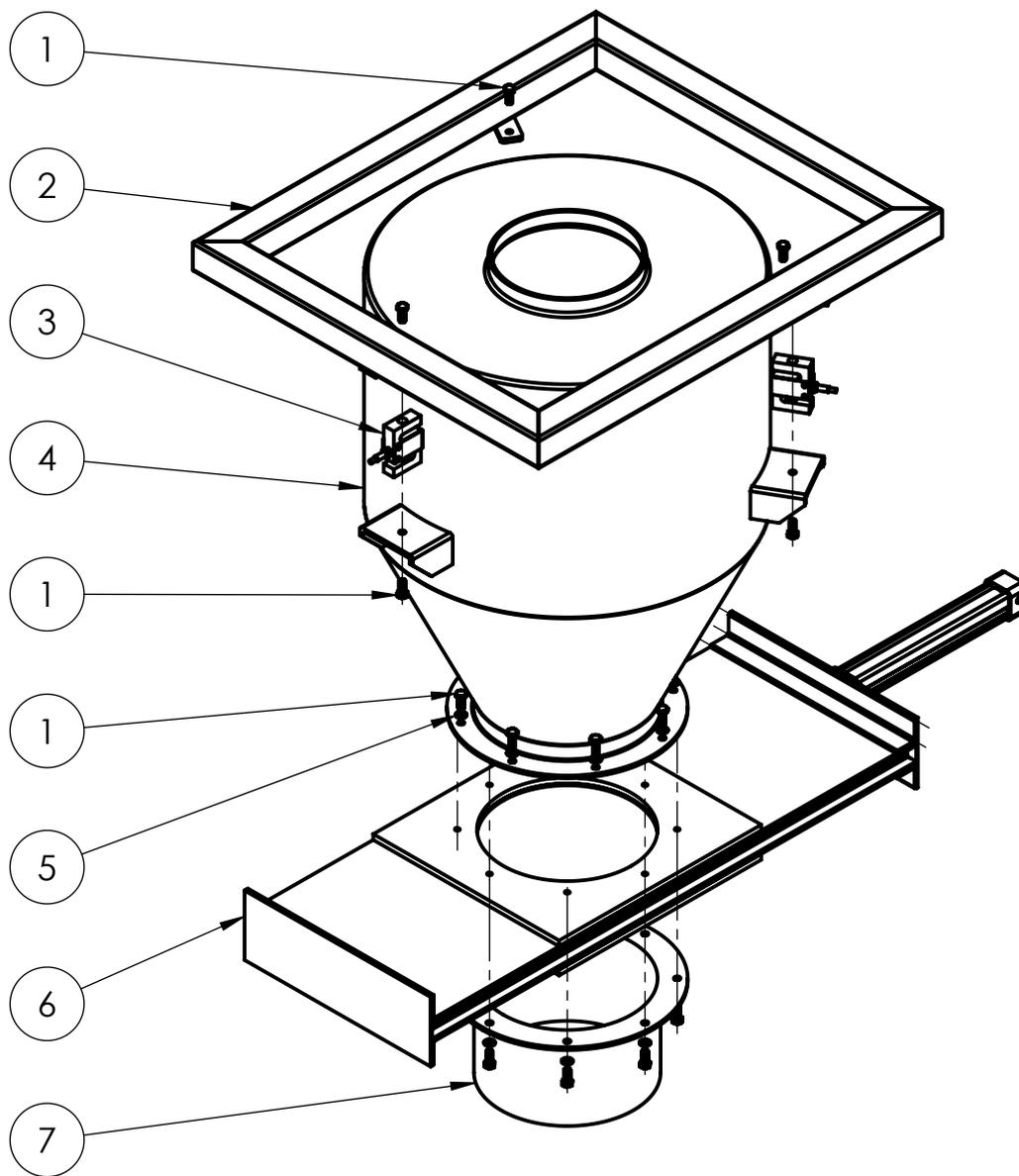


Brida de extremos
Escala 1:5

Espesor 3mm	Dibujó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	UTN * CDU Concepción del Uruguay		
	Revisó	30/07/18	L. Mosna				
	Aprobó						
	Esc.	1:5				Transporte a tornillo elevador de cemento	Pieza/s:
	Hoja	6 de 7					1705A-2SC-060
			Plano: 1705A-A3M-006.A				
				Reemplaza a:			

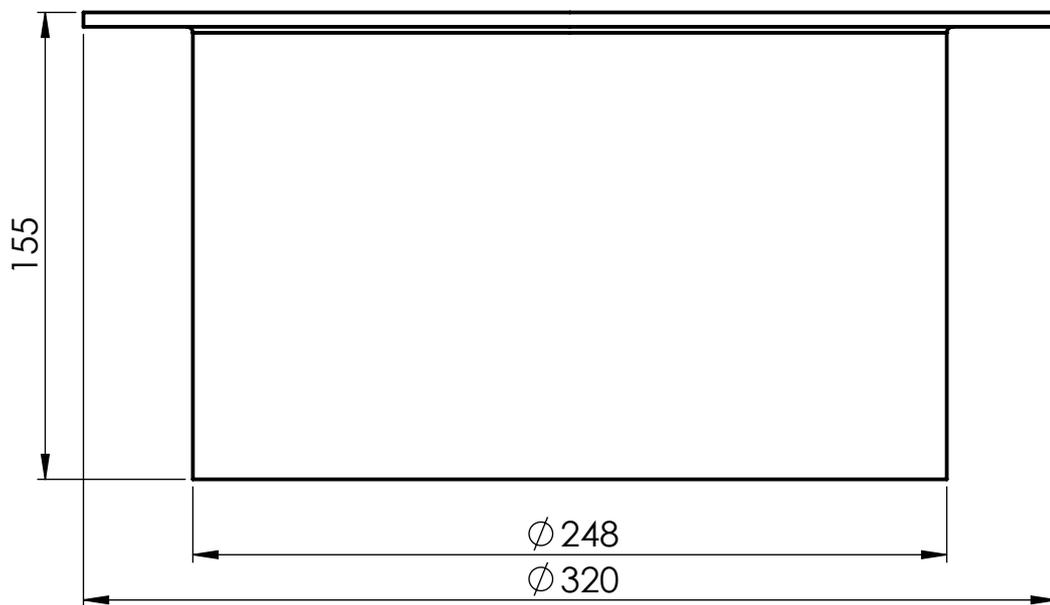
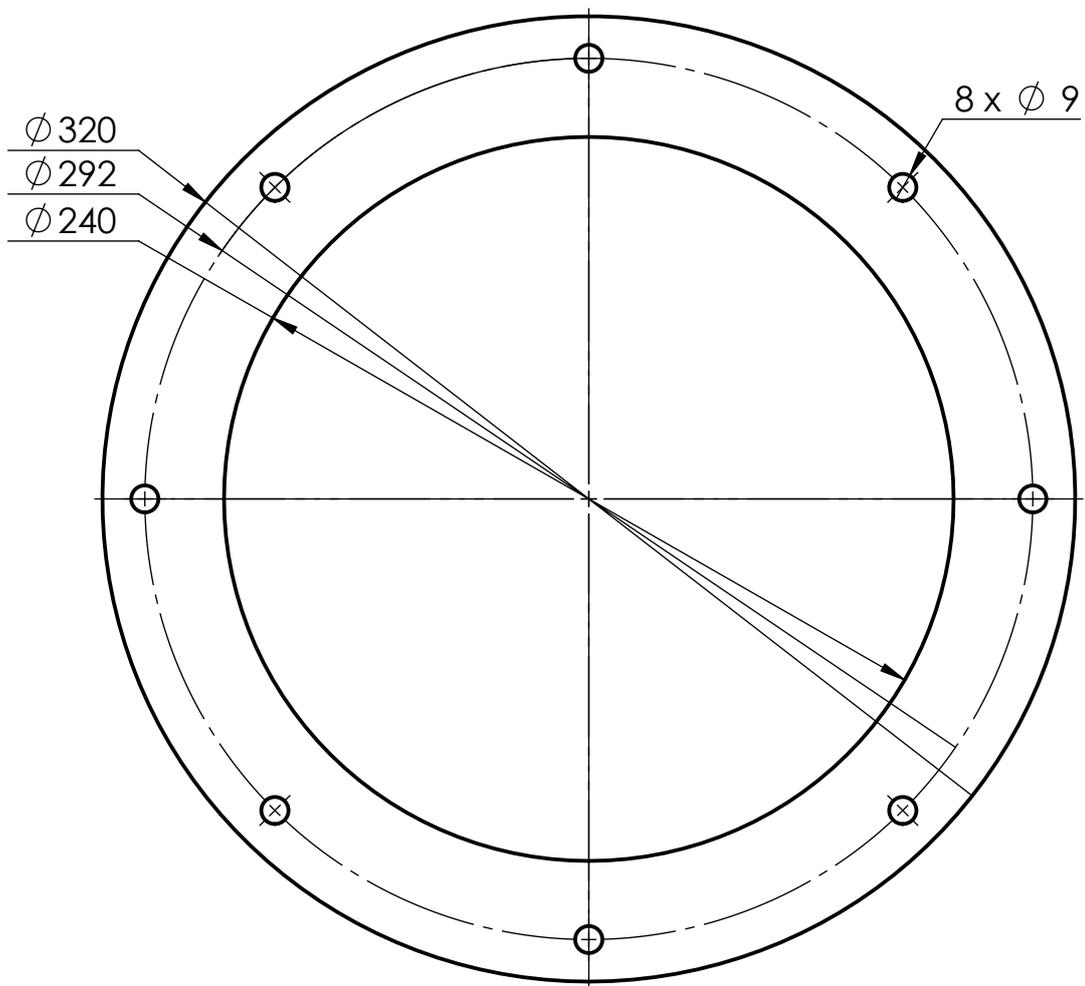


Dibujó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	UTN * CDU Concepción del Uruguay
	15/08/18	L. Mosna		
	Revisó			
	Aprobó			
Esc.	1:1	Eje rodamiento	Parte/s:	1705A-2ME-062
			Plano:	1705A-A4M-006.A
Hoja	7 de 7		Reemplaza a:	

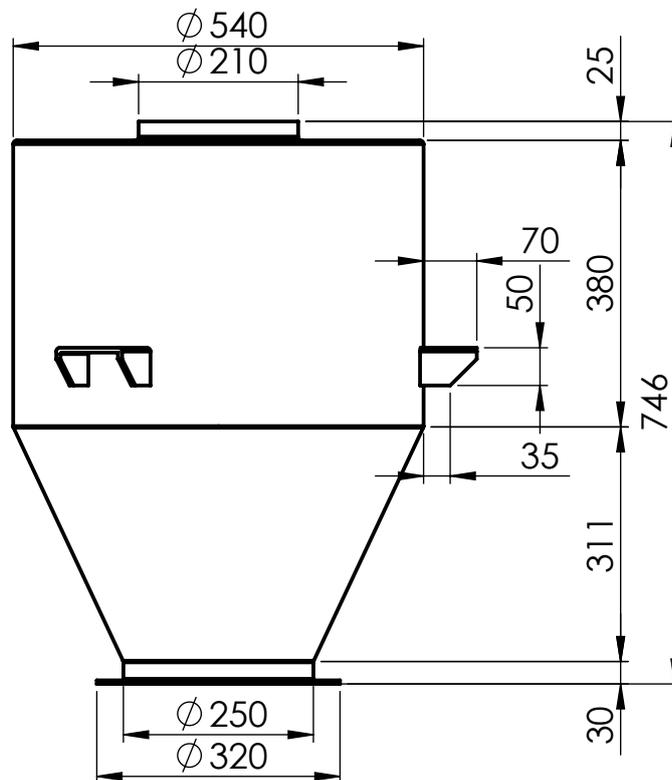
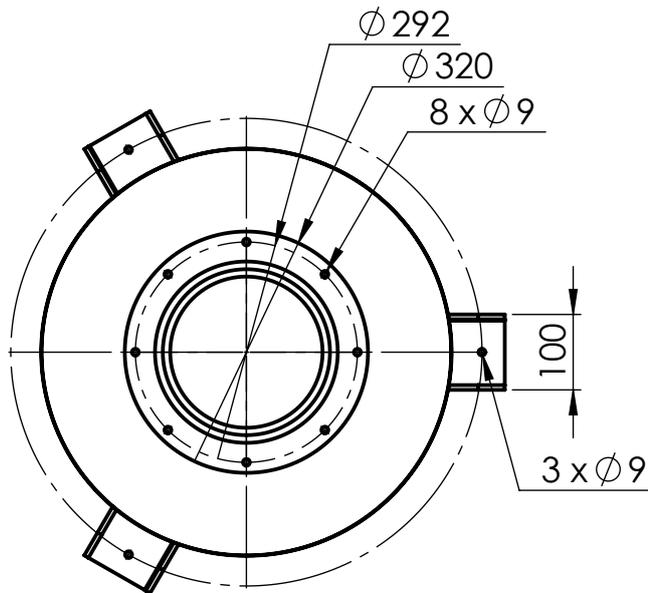


1	Tubo de descarga	C-1	2SC-060	IRAM1010	7	Chapa 3/16"	4.9	
1	Compuerta	C-1	2MM-006	-	6	Comercial		
16	Arand. Grover M8	C-2	8MJ-067	-	5	Comercial		
1	Tolva de pesada	C-2	2SV-018	IRAM1045	4	Chapa 3/16"	51.3	
3	Celda de carga	C-2	02W-009	-	3	Comercial		
1	Soporte de tolva	C-2	2SC-345	IRAM1010	2	-		
22	Tornillo M8 x 20	C-2	8MJ-065	-	1	Comercial		
Cant.	Denominación	Ubicación	Nº Pieza	Material	Nº ord	Provisión	kg	Observ.

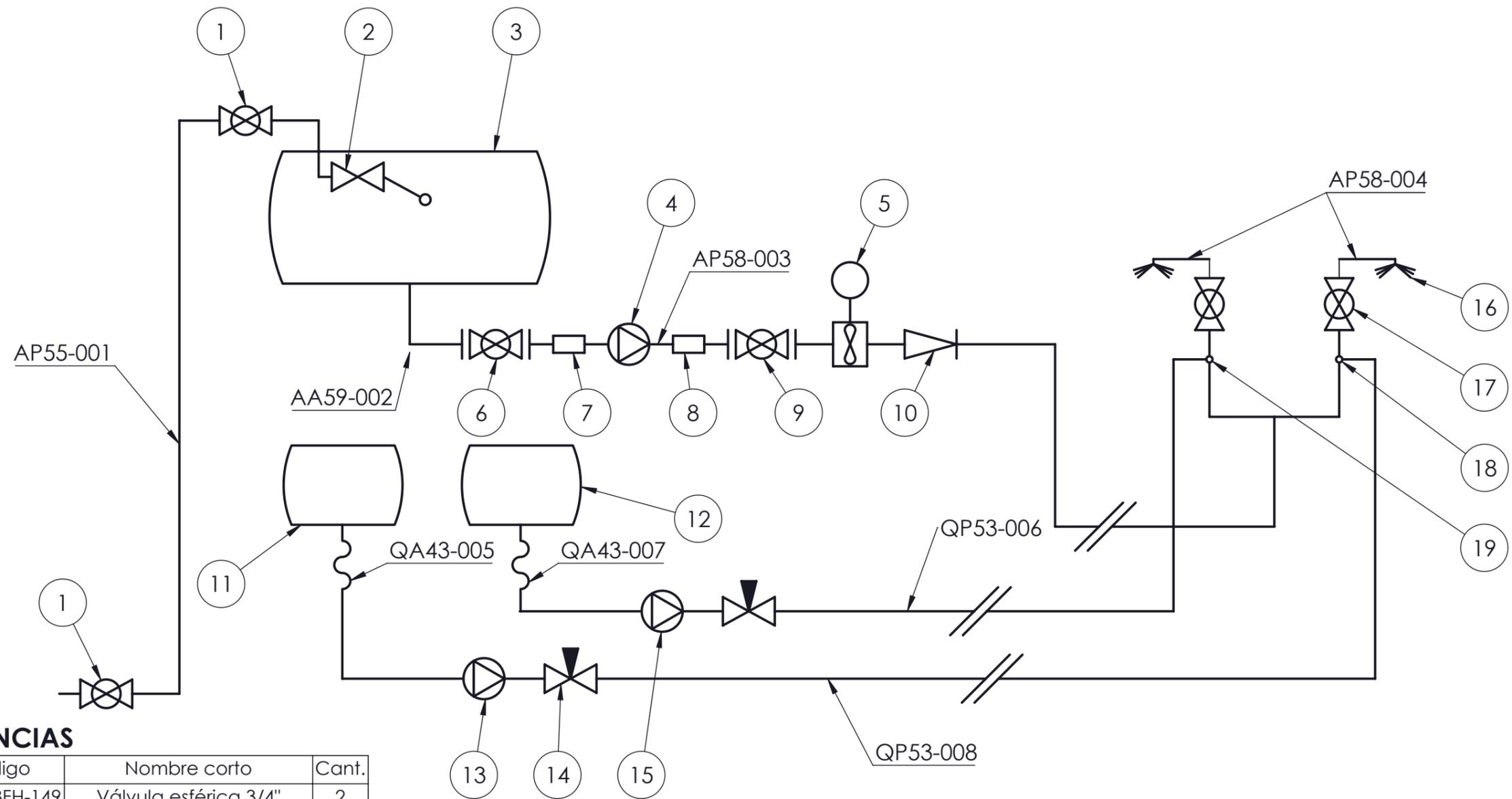
	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	 UTN * CDU Concepción del Uruguay
	Dibujó	31/07/18 L. Mosna		
	Revisó			
	Aprobó			
Esc.	1:10 	Tolva de pesada de cemento	Parte/s:	1705A-2SV-018
Hoja			Plano:	1705A-A4S-007.A
1 de 3			Reemplaza a:	



	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	UTN * CDU Concepción del Uruguay
	Dibujó	01/08/18 L. Mosna		
	Revisó			
	Aprobó			
Esc.	1:2.5	Tolva de pesada de cemento		Parte/s:
				1705A-2SC-060
Hoja				Plano: 1705A-A4S-007.A
	2 de 3			Reemplaza a:



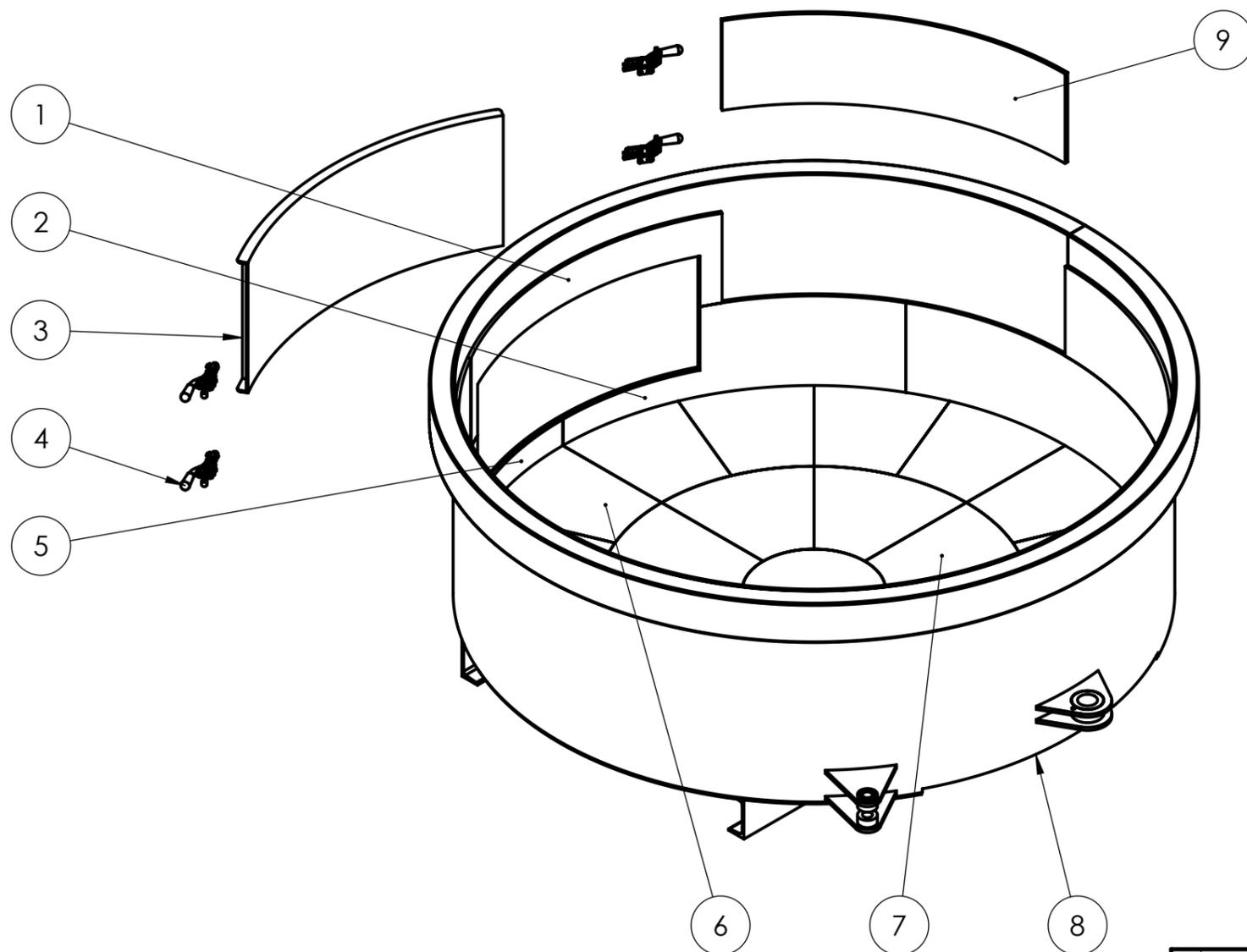
	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	 UTN * CDU Concepción del Uruguay	
	Dibujó	01/08/18			L. Mosna
	Revisó				
	Aprobó				
Esc.	1:10	Tolva de pesada de cemento		Parte/s:	
				1705A-2SV-018	
Hoja				Plano: 1705A-A4S-007.A	
	3 de 3			Reemplaza a:	



REFERENCIAS

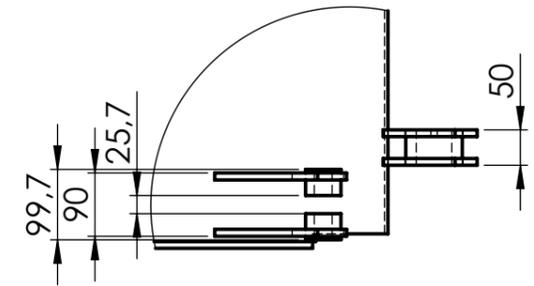
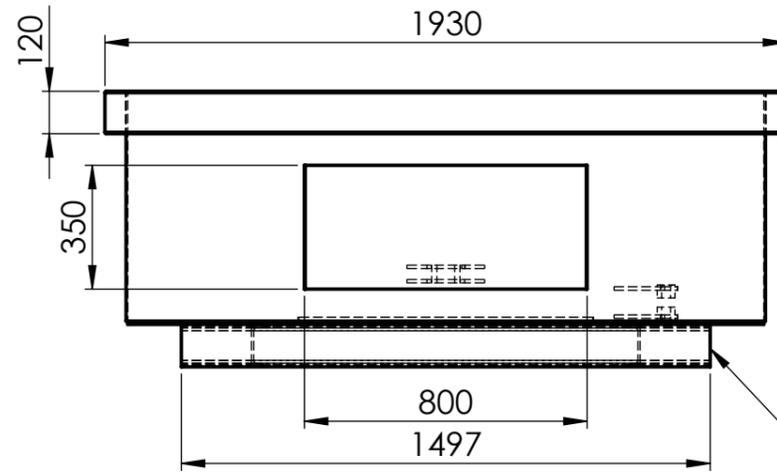
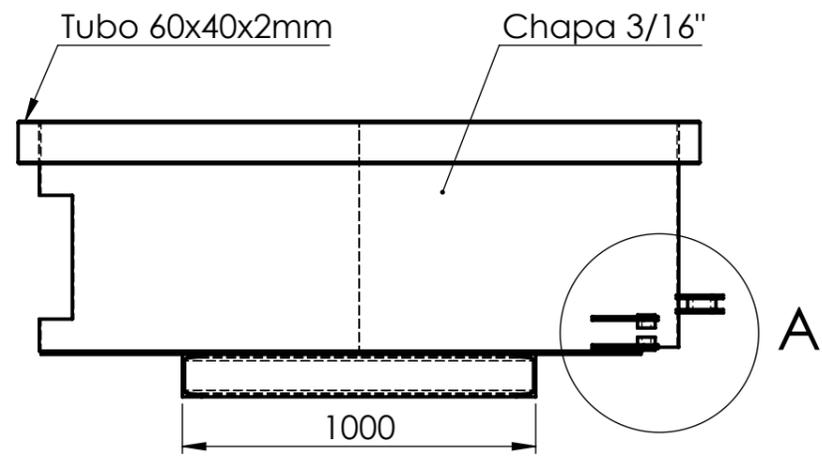
Nº	Código	Nombre corto	Cant.
1	1705A-3FH-149	Válvula esférica 3/4"	2
2	1705A-3FH-126	Válvula flotador	1
3	1705A-3FT-008	Tanque de agua	1
4	1705A-3FP-011	Bomba	1
5	1705A-3AI-139	Caudalímetro	1
6	1705A-3FH-149	Válvula esférica bridada 3"	1
7	1705A-3FU-131	Junta de expansión 3"	1
8	1705A-3FU-133	Junta de expansión 2"	1
9	1705A-3FH-149	Válvula esférica bridada 2"	1
10	1705A-3FH-140	Válvula retención 2"	1
11	1705A-4FT-009	Tanque aditivo 1	1
12	1705A-4FT-010	Tanque aditivo 2	1
13	1705A-4EP-012	Bomba aditivo 1	1
14	1705A-8FU-156	Válvula aguja 1/2"	2
15	1705A-4EP-013	Bomba aditivo 2	1
16	1705A-3FU-148	Descargador	2
17	1705A-3FH-146	Válvula esférica 2"	2
18	1705A-4EH-014	Mezclador aditivo 1	1
19	1705A-4EH-015	Mezclador aditivo 2	1

	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	 UTN CDU Concepción del Uruguay
Dibujó	27/08/18	L. Mosna		
Revisó				
Aprobó				
Esc.	1:20			Pieza/s:
				Plano: 1705A-A3F-008.A
Hoja	1 de 1			
Instalación de agua y aditivos				Reemplaza a:

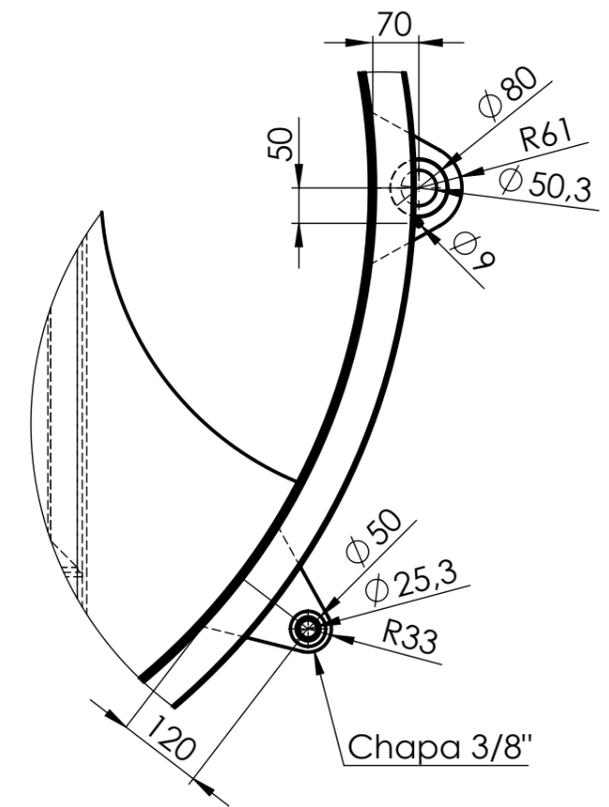
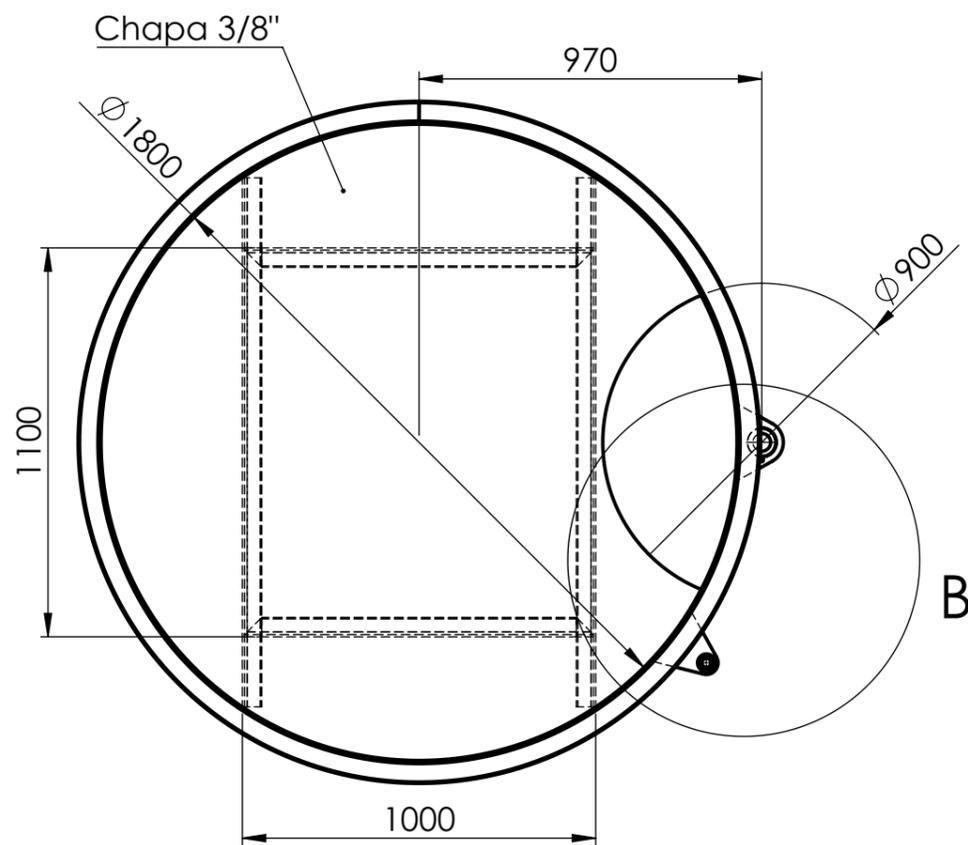


9	Placa antidesgaste	C-2	6SD-200	Hardox 450	9	Chapa 10mm	19	
1	Cuba contenedora	C-1	6SV-162	IRAM1045	8	-	401	
6	Placa antidesgaste	C-1	6SD-182	Hardox 450	7	Chapa 10mm	7.6	
12	Placa antidesgaste	C-1	6SD-182	Hardox 450	6	Chapa 10mm	7.6	
1	Placa antidesgaste	D-2	6SD-200	Hardox 450	5	Chapa 10mm	13.7	
6	Tirador rápido	D-2	6SC-207	-	4	-		
1	Tapa lateral	D-2	6SC-206	IRAM1010	3	Chapa 3/16"	18	
1	Placa antidesgaste	D-2	6SD-200	Hardox 450	2	Chapa 10mm	13.4	
1	Placa antidesgaste	D-2	6SD-200	Hardox 450	1	Chapa 10mm	9.7	
Cant.	Denominación	Ubicación	Nº Pieza	Material	Nº ord	Provisión	kg	Observ.

Dibujó Revisó Aprobó Esc. Esc.	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	UTN * CDU Concepción del Uruguay
	08/08/18	L. Mosna		
	Esc.			
	Esc.			
1:15			Cuba de mezcladora	Pieza/s: 1705A-6MX-020
Hoja	Hoja			Plano: 1705A-A3S-009.A
1 de 2	1 de 2			Reemplaza a:

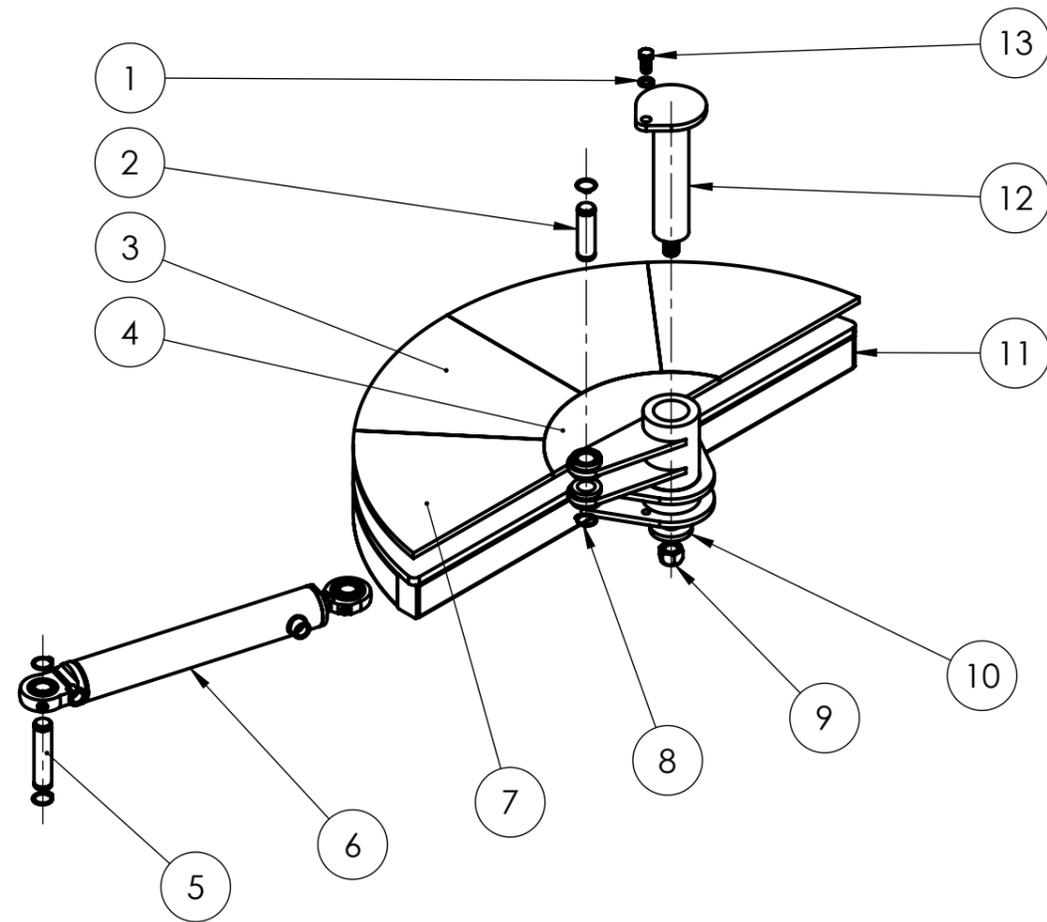


DETALLE A
ESCALA 1 : 10



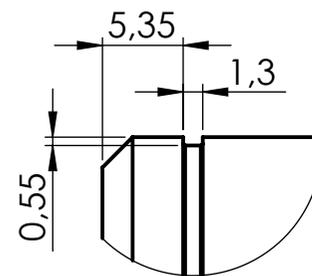
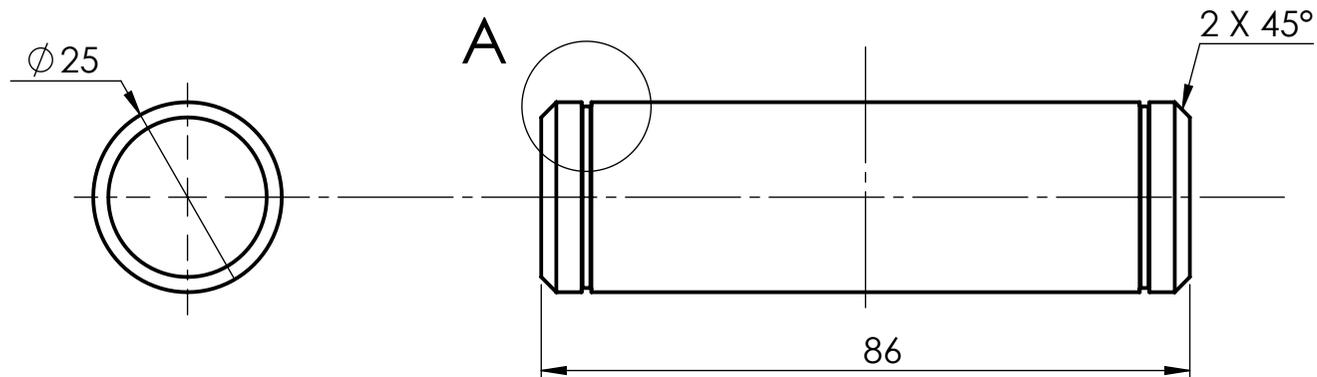
DETALLE B
ESCALA 1 : 10

	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	UTN * CDU Concepción del Uruguay	
Dibujó	08/08/18	L. Mosna			
Revisó					
Aprobó					
Esc.	1:20			Pieza/s:	
	Cuba de mezcladora			1705A-6SV-162	
Hoja				Plano:	1705A-A3S-009.A
2 de 2				Reemplaza a:	



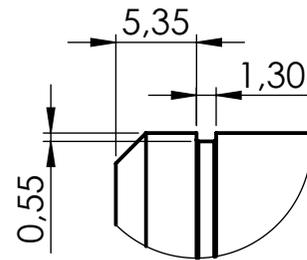
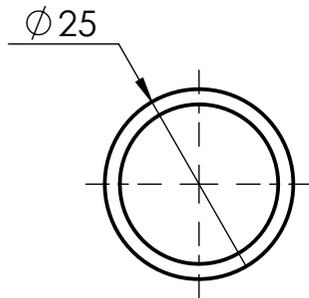
1	Tornillo M12 x 25	C-2	8MJ-069	-	13	Comercial		
1	Perno de descarga	C-2	6ME-184	IRAM1045	12	Tref. Ø 50 - Chapa 3/8"	4	
1	Tapa de descarga	C-2	6SM-183	IRAM1010	11	-	39.8	
1	Arandela Ø 25	C-2	8MJ-213	-	10	Comercial		
1	Tuerca M20x1.5	C-2	8MJ-186	-	9	Comercial		
4	Aro Seeger Ø 25	C-2	8MJ-079	-	8	Comercial		
2	Placa antidesgaste	D-1	6SD-182	Hardox 450	7	Chapa 10mm	4.2	
1	Cilindro hidráulico	D-1	6FZ-187	-	6	Comercial		
1	Perno de cilindro	D-1	6ME-189	IRAM1045	5	Trefilado Ø 25mm	0.42	
1	Placa antidesgaste	D-2	6SD-182	Hardox 450	4	Chapa 10mm	0.25	
2	Placa antidesgaste	D-2	6SD-182	Hardox 450	3	Chapa 10mm	4.5	
1	Perno vástago	D-2	6ME-188	IRAM1045	2	Trefilado Ø 25mm	0.42	
9	Arand. Grover M12	D-2	8MJ-102	-	1	Comercial		
Cant.	Denominación	Ubicación	Nº Pieza	Material	Nº ord	Provisión	kg	Observ.

Dibujó Revisó Aprobó Esc.	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	UTN * CDU Concepción del Uruguay
	08/08/18	L. Mosna		
1:1	Mecanismo de descarga		Pieza/s:	
			1705A-6MX-020	
Hoja			Plano: 1705A-A3M-010.A	
1 de 5			Reemplaza a:	

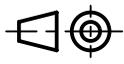


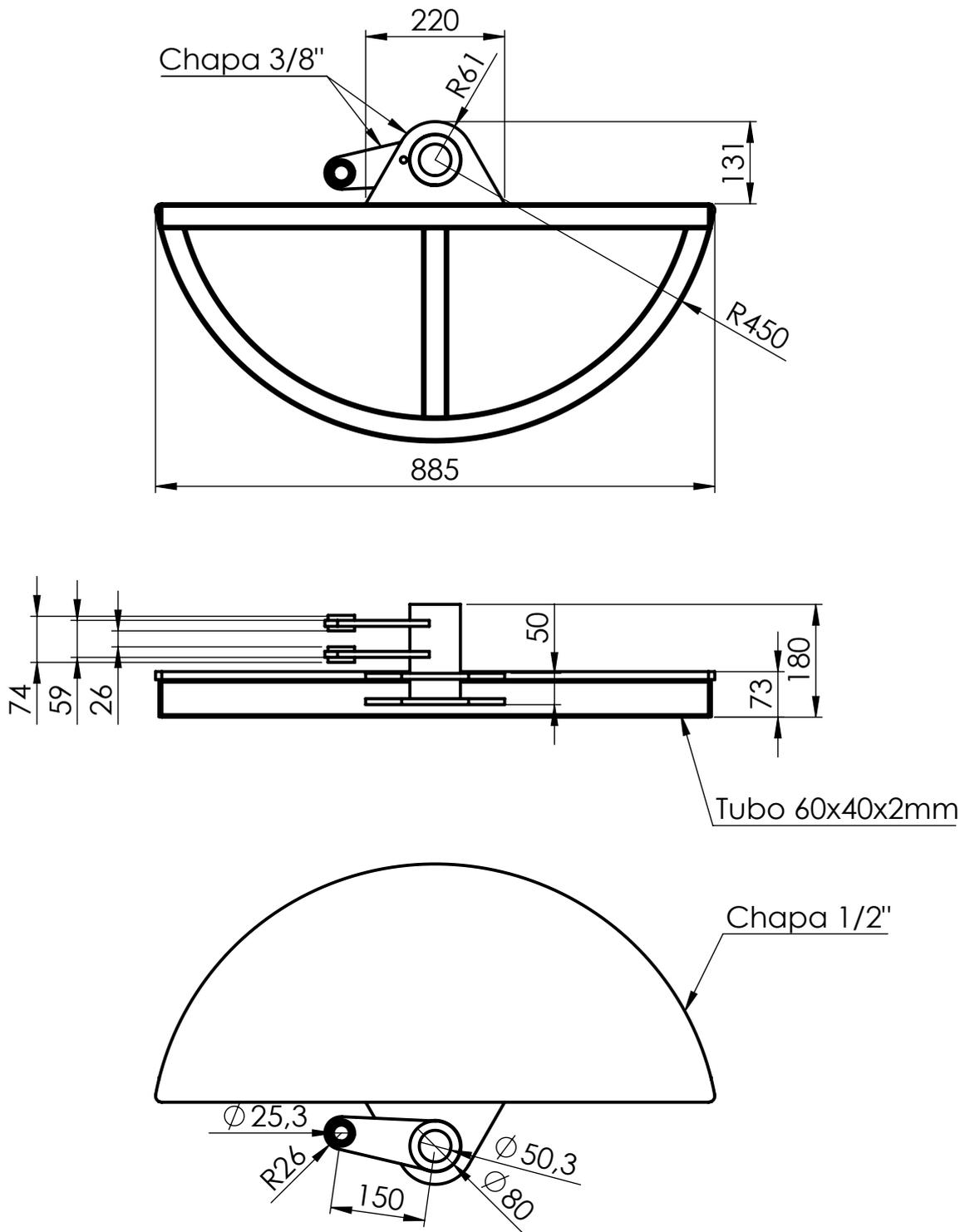
DETALLE A
ESCALA 2 : 1

	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	UTN * CDU Concepción del Uruguay
Dibujó	15/08/18	L. Mosna		
Revisó				
Aprobó				
Esc.	1:1	Perno vástago		Parte/s:
				1705A-6ME-188
Hoja				Plano: 1705A-A4M-010.A
2 de 5				Reemplaza a:

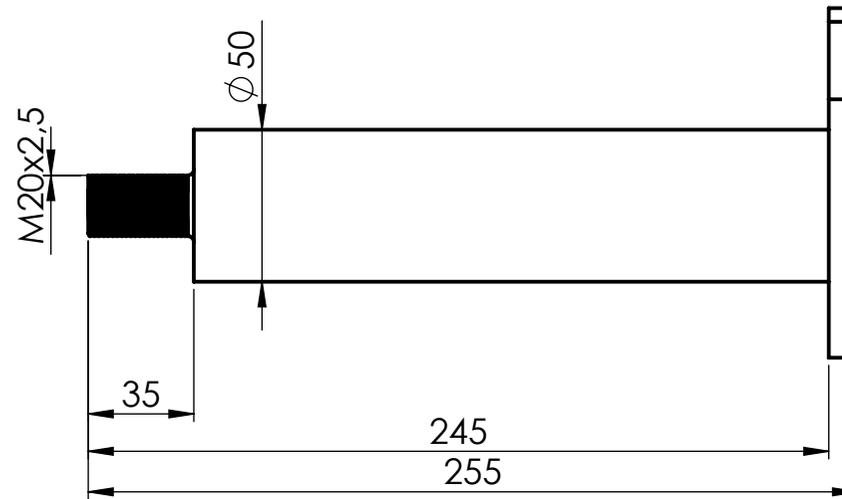
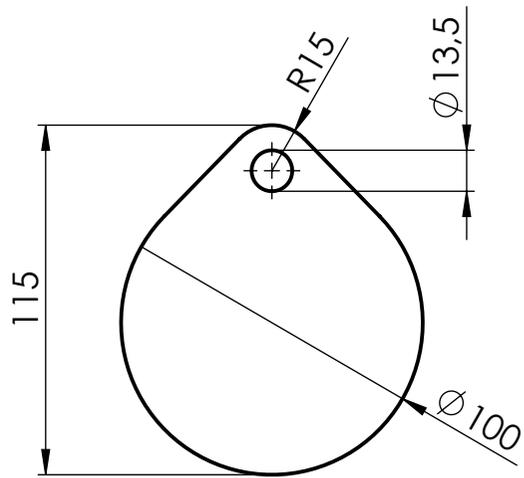


DETALLE B
ESCALA 2 : 1

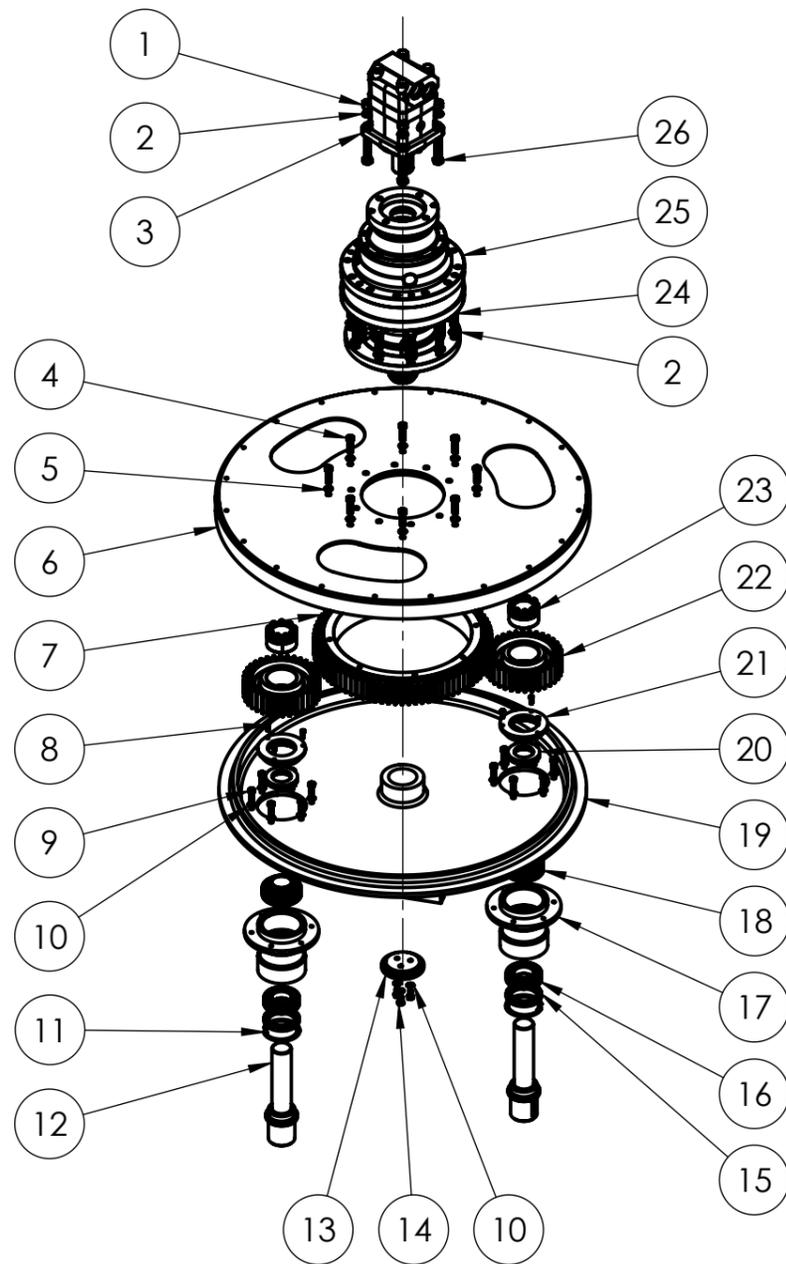
Esc. 1:1  Hoja 3 de 5	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	 UTN CDU Concepción del Uruguay	
	Dibujó	15/08/18			L. Mosna
	Revisó				
	Aprobó				
Perno de cilindro			Parte/s: 1705A-6ME-189	Plano: 1705A-A4M-010.A Reemplaza a:	



	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	UTN * CDU Concepción del Uruguay	
	Dibujó	08/08/18			L. Mosna
	Revisó				
	Aprobó				
Esc.	1:10	Mecanismo de descarga		Parte/s:	
				1705A-6SM-183	
Hoja				Plano: 1705A-A4M-010.A	
	4 de 5			Reemplaza a:	



	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	 UTN * CDU Concepción del Uruguay	
	Dibujó	15/08/18			L. Mosna
	Revisó				
	Aprobó				
Esc.	1:2.5		Perno de descarga	Parte/s:	
				1705A-6ME-184	
Hoja	5 de 5			Plano: 1705A-A4M-010.A	
				Reemplaza a:	



4	Tornillo M16 x 80	C-2	8MJ-179	-	26	Comercial		
1	Reductor	C-2	6MA-212	-	25	Comercial		
10	Tornillo M16 x 55	C-2	8MJ-094	-	24	Comercial		
2	Masa bicónica	C-2	6MA-195	-	23	Comercial		
2	Engranaje Z34	C-2	6MA-194	IRAM1045	22	-	8.66	
2	Porta retén	C-1	6MM-165	IRAM1045	21	Laminado Ø 140	1	
2	Retén 90x55x13	C-1	8MJ-169	-	20	Comercial		
1	Rotor	C-1	6MM-163	IRAM1045	19	-	103.1	
2	Rodamiento	C-1	6MA-196	-	18	Comercial		
2	Cañonera	C-1	6MM-166	IRAM1045	17	Fundición	9.73	
2	Rodamiento	C-1	6MA-197	-	16	Comercial		
2	Retén 100x75x10	C-1	8MJ-168	-	15	Comercial		
23	Tornillo M10 x 20	C-1	8MJ-161	-	14	Comercial		
1	Sujeción de sol	C-1	6ME-164	IRAM1045	13	Chapa 3/4"	1.4	
2	Árbol de planeta	C-1	6ME-193	IRAM1045	12	Trefilado Ø 90	7.65	
2	Aro Seeger Ø 100	C-1	8MJ-170	-	11	Comercial		
15	Arand. Grover M10	C-1	8MJ-160	-	10	Comercial		
12	Tornillo M10 x 30	C-1	8MJ-171	-	9	Comercial		
6	Tornillo M6 x 20	C-1	8MJ-077	-	8	Comercial		
1	Engranaje Z82	C-2	6MA-167	IRAM1045	7	-	36.1	
1	Soporte rotor	C-2	6SC-173	IRAM1045	6	Chapa 1/4", Chapa 1/2"	49.75	
9	Arand. Grover M12	C-2	8MJ-102	-	5	Comercial		
8	Tornillo M12 x 45	C-2	8MJ-101	-	4	Comercial		
1	Motor hidráulica	C-2	6FZ-159	-	3	Comercial		
16	Arand. Grover M16	C-2	8MJ-095	-	2	Comercial		
4	Tuerca M16	C-2	8MJ-180	-	1	Comercial		
Cant.	Denominación	Ubicación	Nº Pieza	Material	Nº ord	Provisión	kg	Observ.

Fecha 09/08/18
Nombre L. Mosna

Ingeniería
Electromecánica

UTN * CDU
Concepción del Uruguay

Esc.
1:20



Hoja

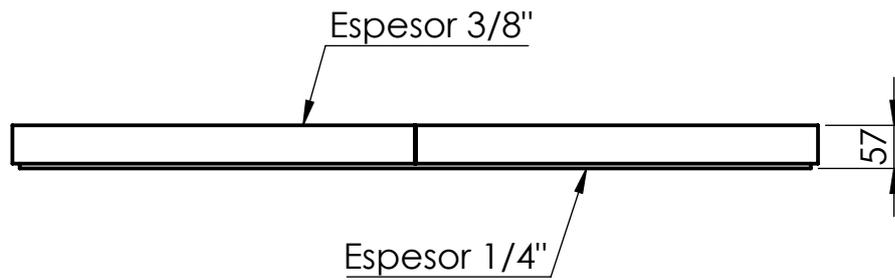
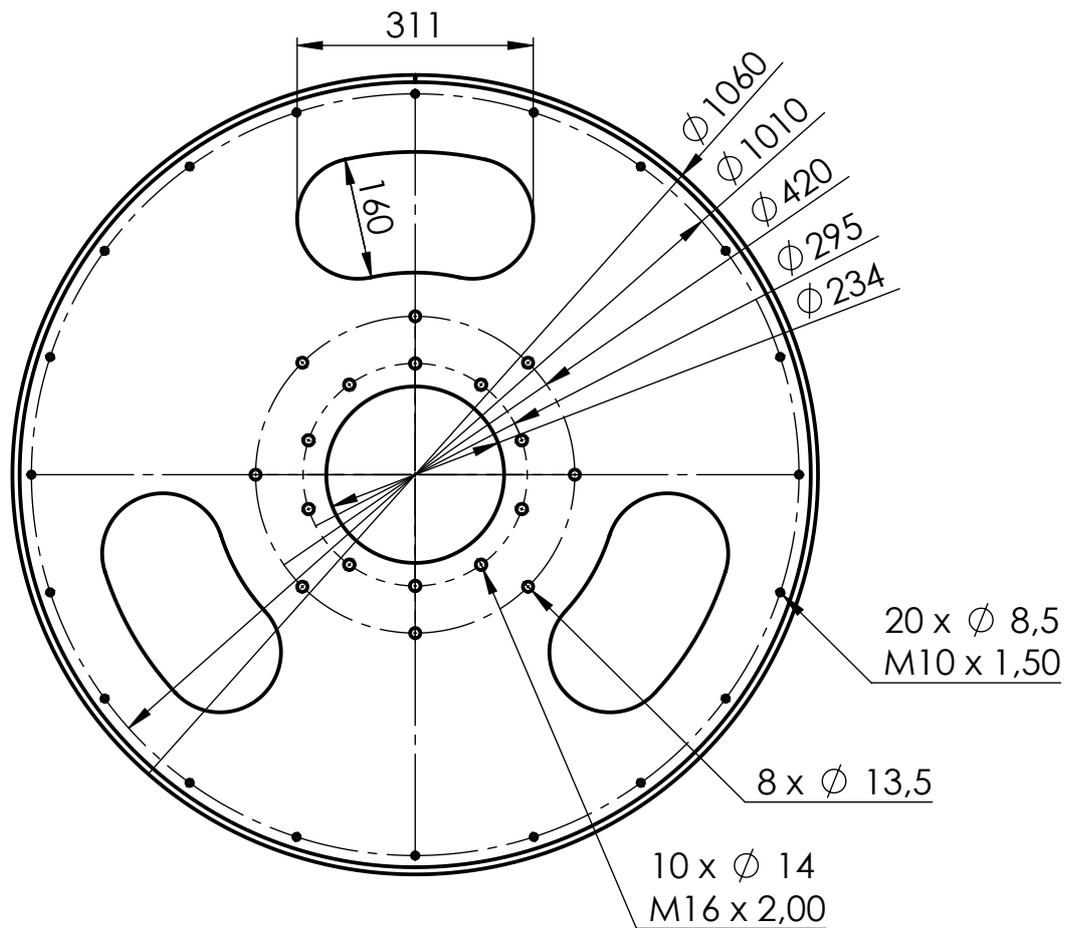
1 de 5

Sistema motriz de mezcladora

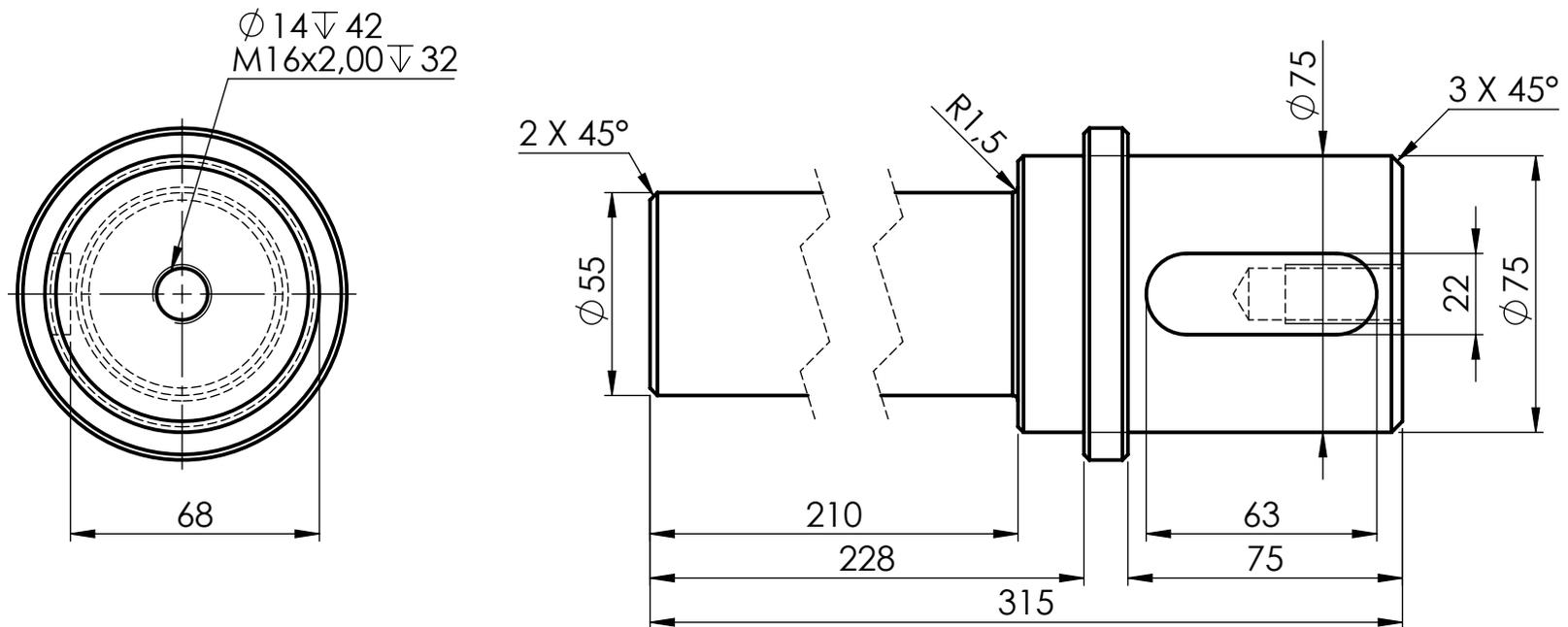
Pieza/s:
1705A-6MX-020

Plano: 1705A-A3M-011.A

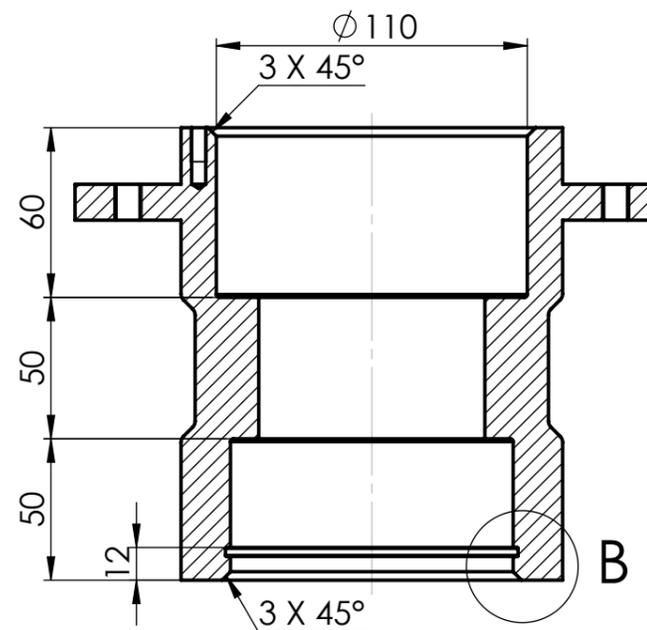
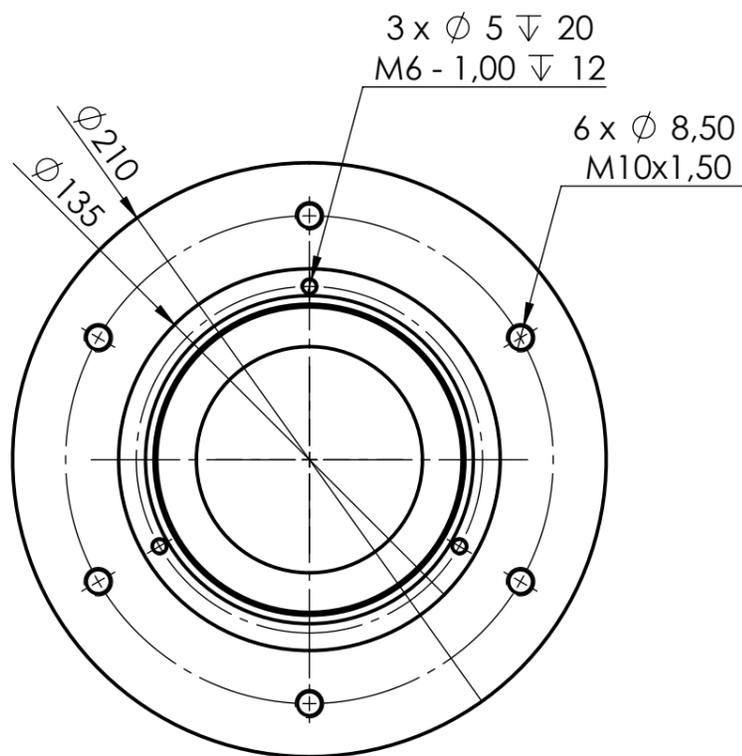
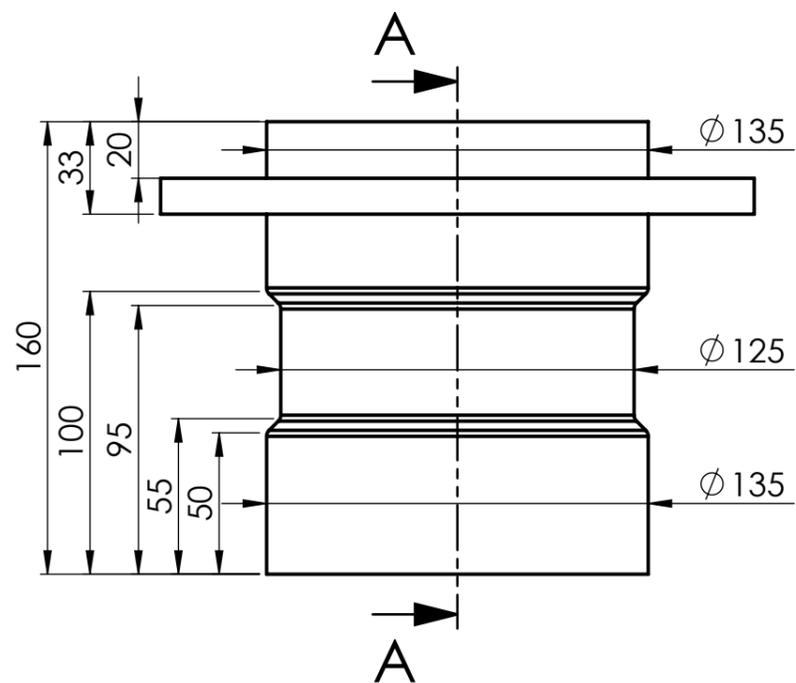
Reemplaza a:



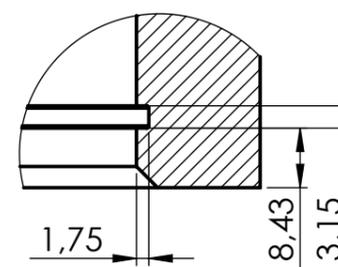
	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	UTN * CDU Concepción del Uruguay	
	Dibujó	09/08/18			L. Mosna
	Revisó				
	Aprobó				
Esc.	1:10	Soporte de rotor		Parte/s:	
				1705A-6SC-173	
Hoja				Plano: 1705A-A4M-011.A	
	2 de 5			Reemplaza a:	



Trefilado $\varnothing 90$ Chaflanes no acotados 1,5x45°	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	UTN * CDU Concepción del Uruguay
	Dibujó	L. Mosna		
	Revisó			
	Aprobó			
Esc.	1:2	Árbol de planeta		Parte/s:
	Hoja			1705A-6ME-193
3 de 5				Plano: 1705A-A4M-011.A
				Reemplaza a:

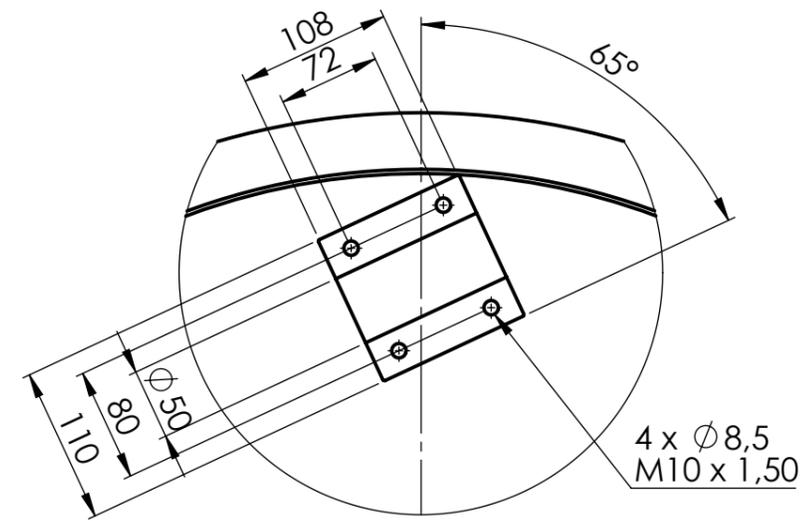
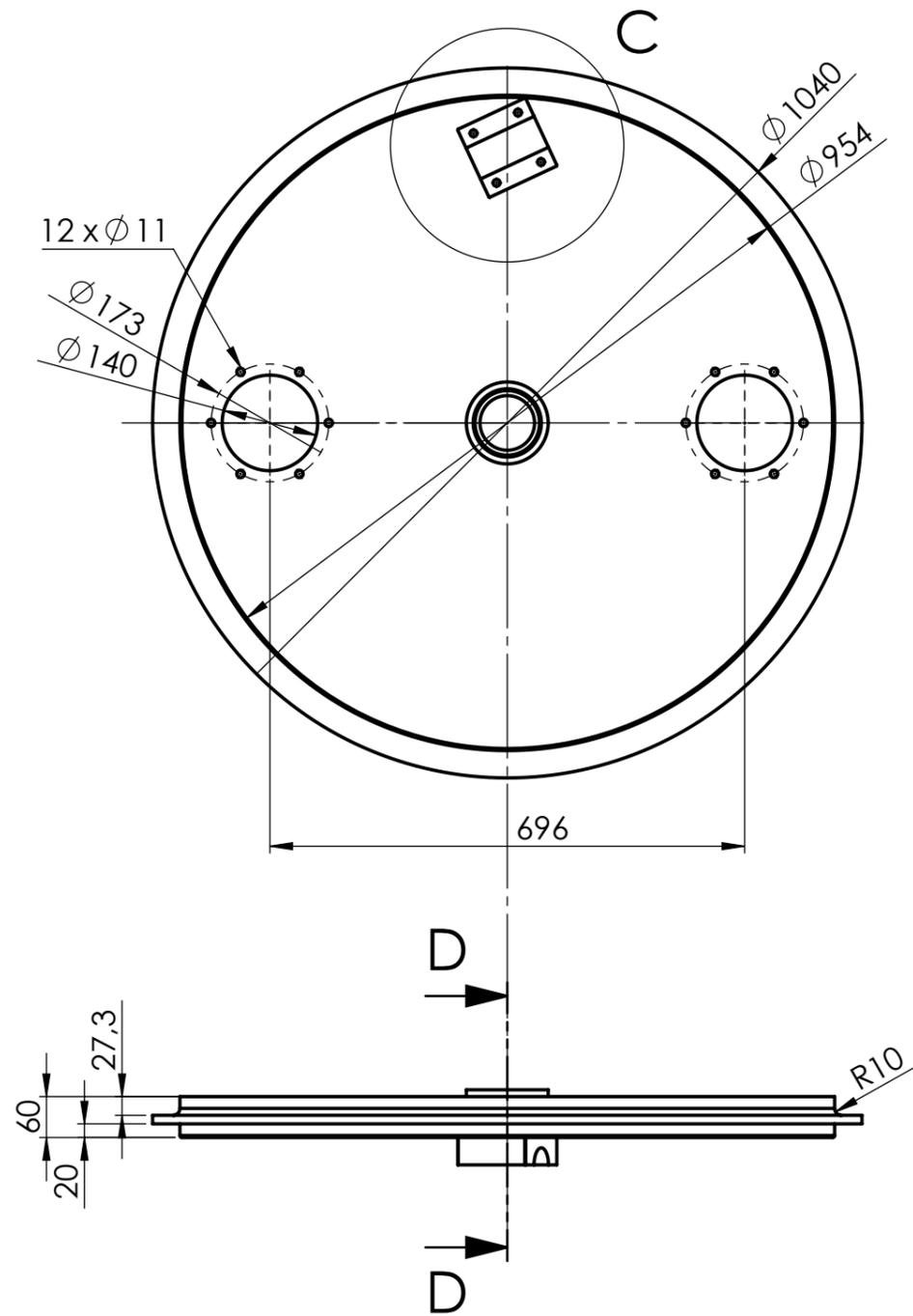


SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 2.5

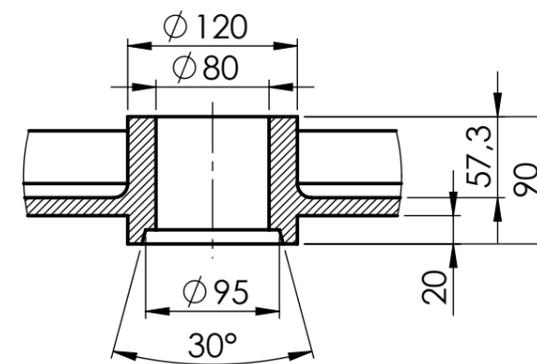


DETALLE B
ESCALA 1 : 1

Radios no acotados 1mm	Dibujó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	 UTN CDU Concepción del Uruguay
	Revisó	09/08/18	L. Mosna		
	Aprobó				
	Esc.	1:2.5			
	Hoja	4 de 5			
Cañonera				Pieza/s:	1705A-6MM-191
				Plano:	1705A-A3M-011.A
				Reemplaza a:	

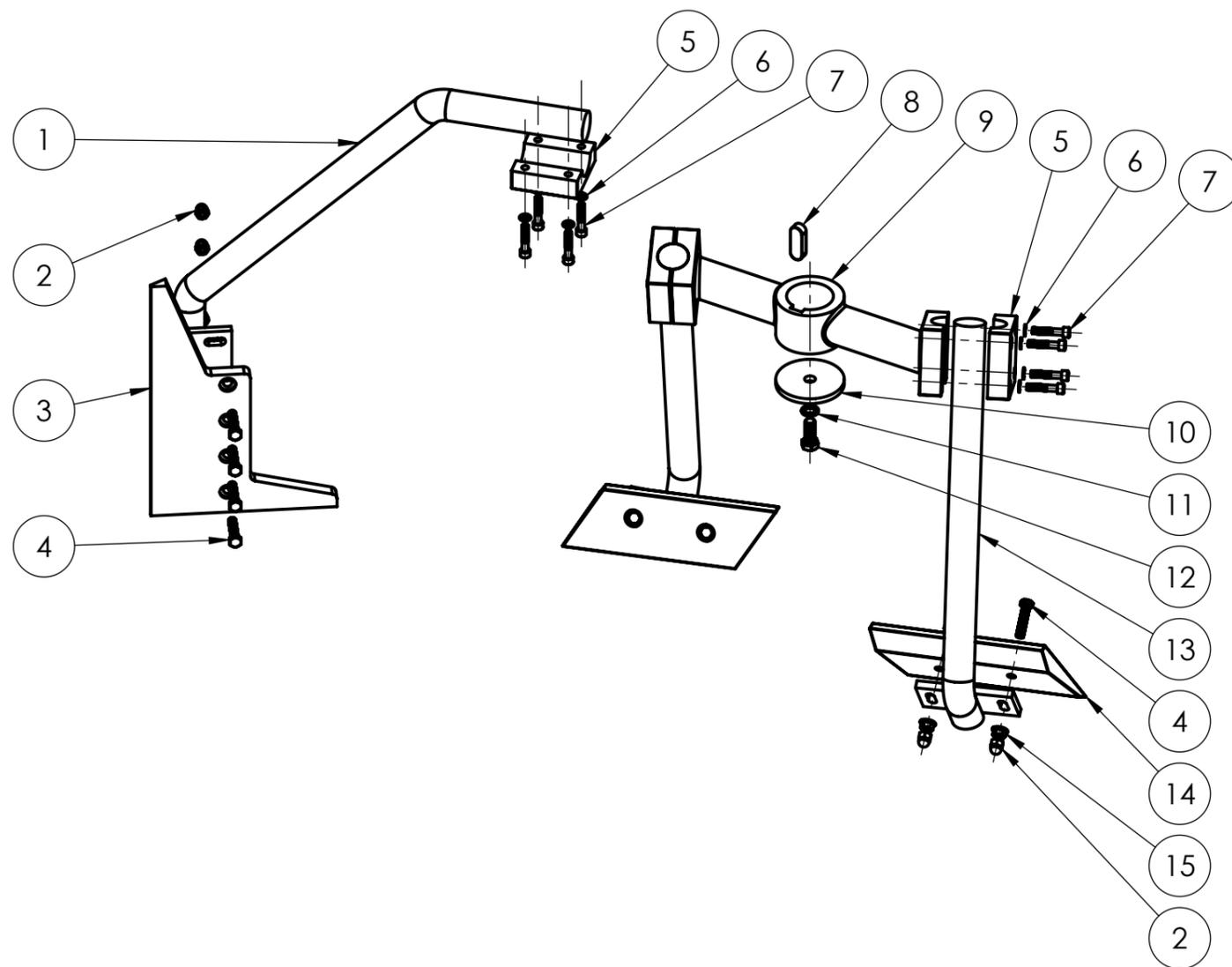


DETALLE C
ESCALA 1 : 5



SECCIÓN D-D
ESCALA 1 : 5

	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	UTN * CDU Concepción del Uruguay
Dibujó	13/08/18	L. Mosna		
Revisó				
Aprobó			Rotor	Pieza/s:
Esc.	1:10			1705A-6MM-163
Hoja	5 de 5			Plano: 1705A-A3M-011.A
				Reemplaza a:



12	Tuerca M12	C-1	8MJ-103	-	15			
4	Paleta planetaria	C-1	6MD-199	Ni-Hard	14	Fundición	5.8	
4	Brazo planetario	C-2	6MM-191	IRAM1045	13	Tref. Ø50 - Chapa 1/2"	11.9	
2	Tornillo M16 x 40	C-2	8MJ-114	-	12			
16	Arand. Grover M16	C-2	8MJ-095	-	11			
2	Arandela sujeción	C-2	6MM-192	IRAM1010	10	Chapa 3/8"	.7	
2	Soporte paletas	C-2	6MM-163	IRAM1045	9	-	16.23	
2	Chaveta 22 x 14 x 63	C-2	8MJ-198	-	8			
20	Tornillo M10 x 50	C-2	8SJ-346	-	7			
40	Arand. Grover M10	C-2	8MJ-160	-	6			
5	Fijación brazo	C-2	6MM-177	IRAM1045	5	Laminado 110mm	4.2	
12	Tornillo M12 x 55	D-2	8MJ-076	-	4			
1	Paleta lateral	D-2	6MD-176	Ni-Hard	3	Fundición	8.3	
12	Tuerca ciega M12	D-2	8MJ-103	-	2			
1	Brazo lateral	D-2	6MM-175	IRAM1045	1	Tref. Ø50 - Chapa 1/2"	20	
Cant.	N.º DE PIEZA	Ubicación	Nº Pieza	Material	Nº ord	Provisión	kg	Observ.

Fecha Nombre
22/08/18 L. Mosna

Ingeniería
Electromecánica

UTN * CDU
Concepción del Uruguay

Esc.
1:10



Hoja

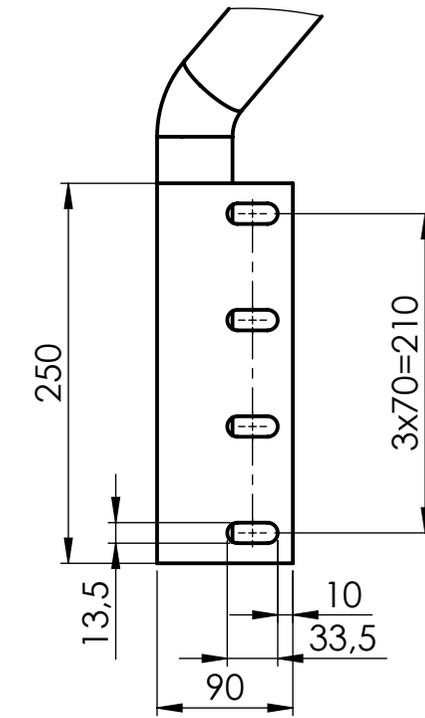
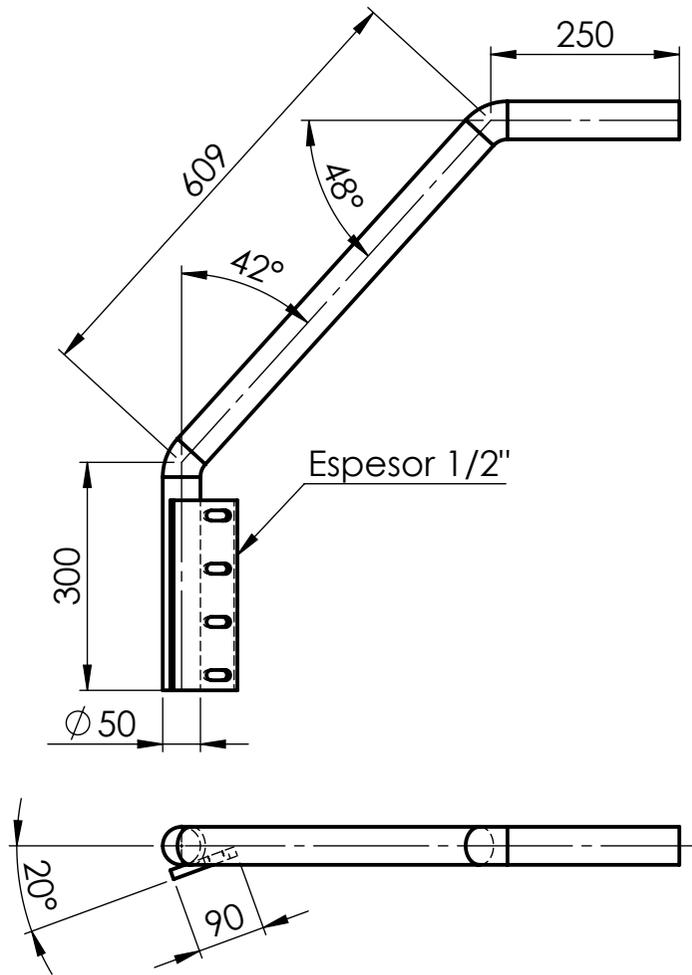
1 de 5

Sistema de mezclado

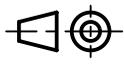
Pieza/s:
1705A-6MX-020

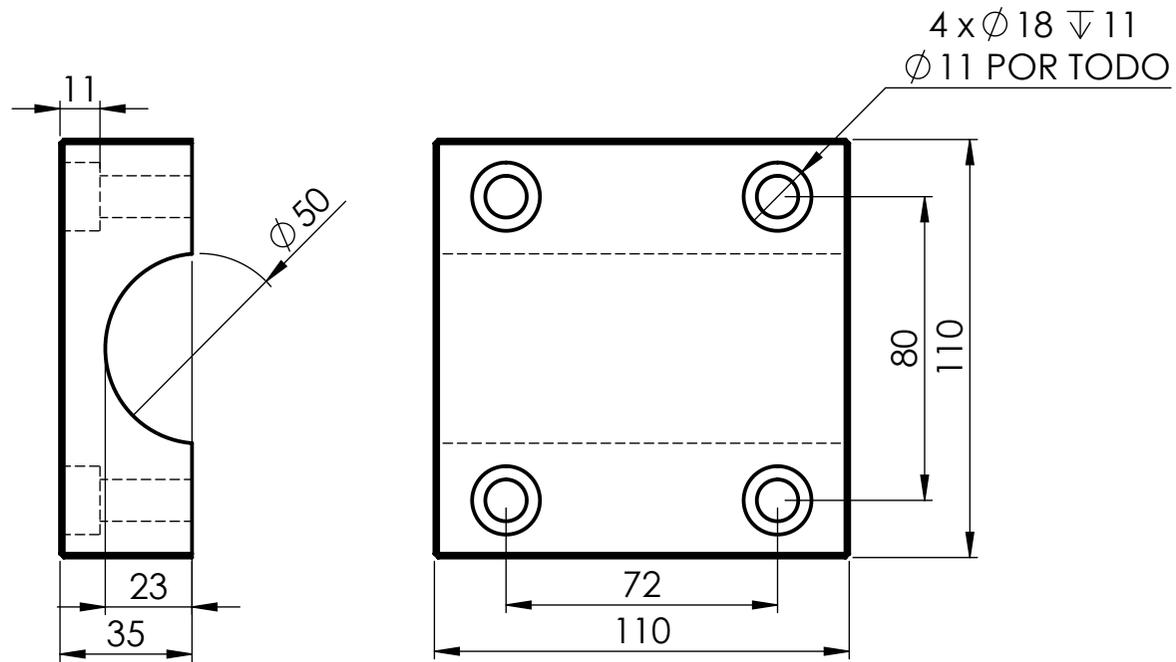
Plano: 1705A-A3M-012.A

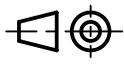
Reemplaza a:

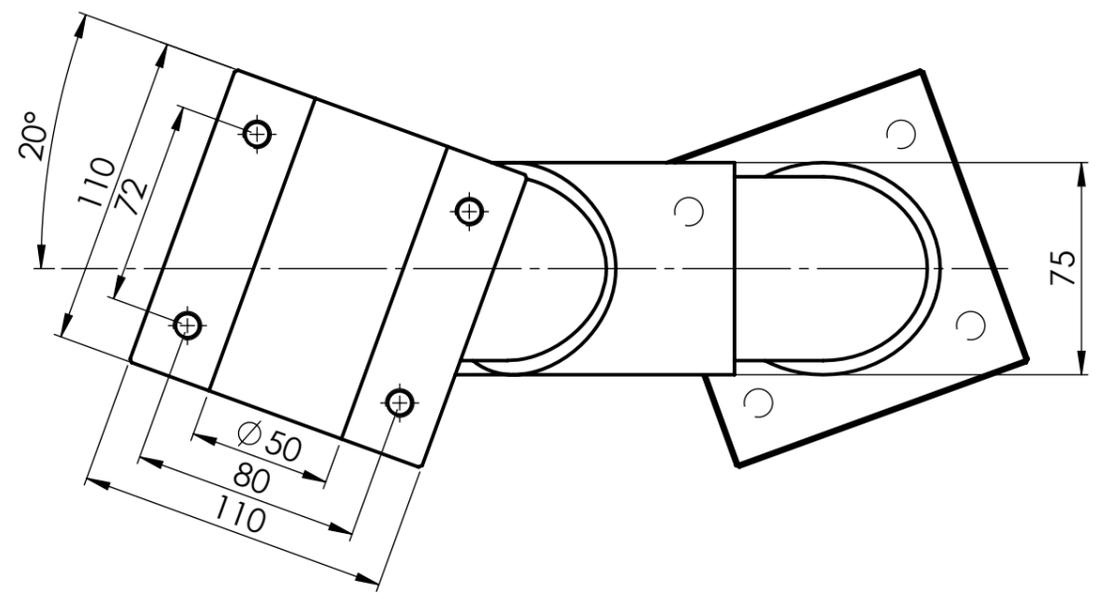
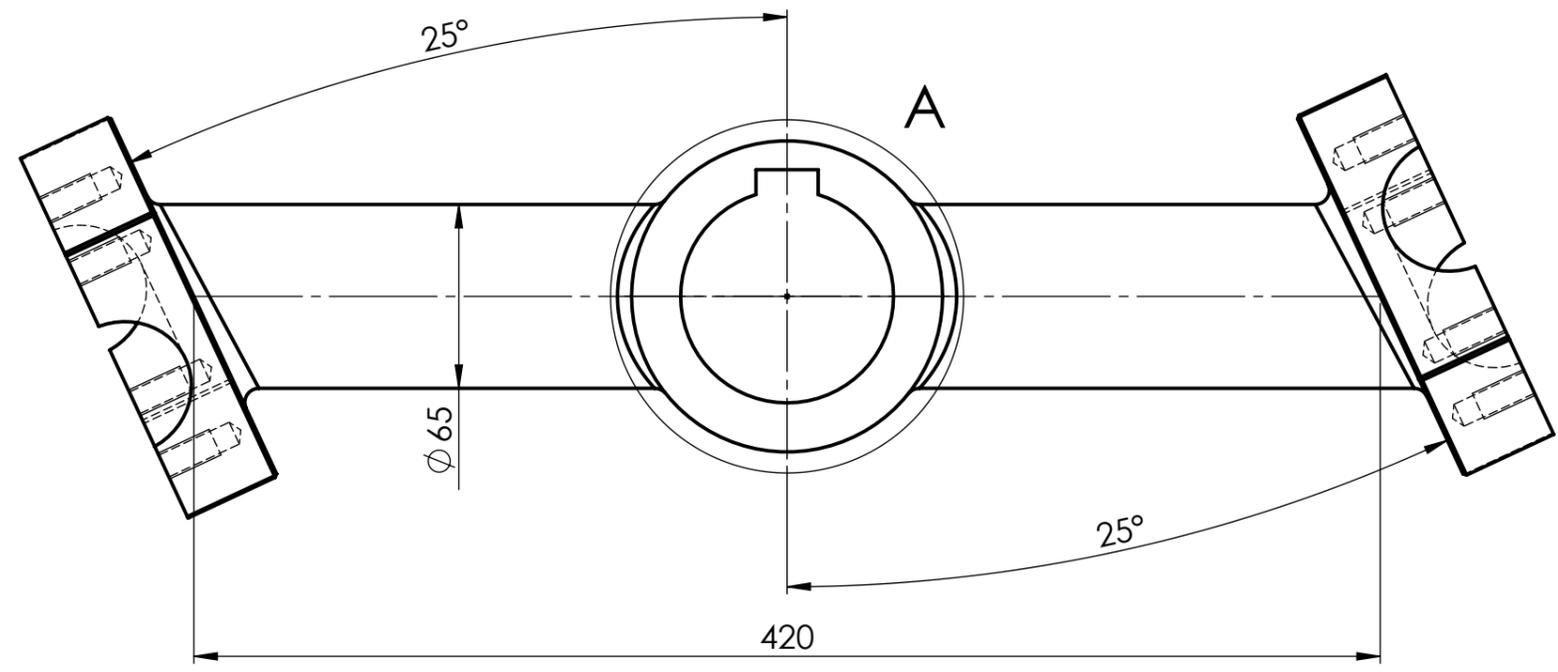


VISTA SOPORTE DE PALETA
ESCALA 1:5

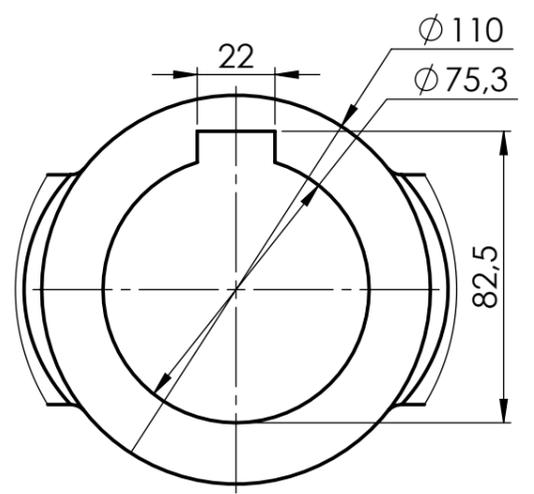
Esc. 1:10  Hoja 2 de 5	Fecha 22/08/18	Nombre L. Mosna	Ingeniería Electromecánica	
	Dibujó			
	Revisó			
	Aprobó			
Brazo lateral			Parte/s: 1705A-6MM-175	
			Plano: 1705A-A3M-012.A	
			Reemplaza a:	



	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	UTN * CDU Concepción del Uruguay	
	Dibujó	22/08/18			L. Mosna
	Revisó				
	Aprobó				
Esc.	1:2		Fijación brazo	Parte/s:	
				1705A-6MM-177	
Hoja	3 de 5			Plano: 1705A-A3M-012.A	
				Reemplaza a:	



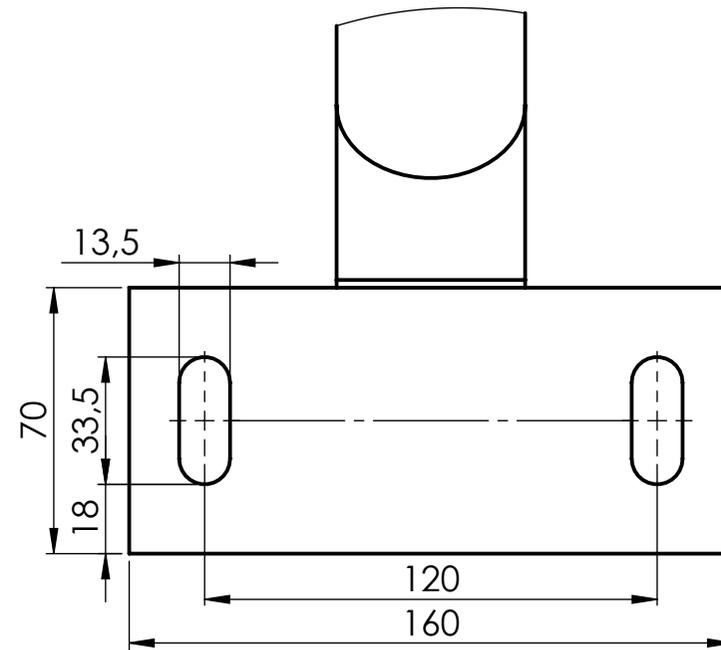
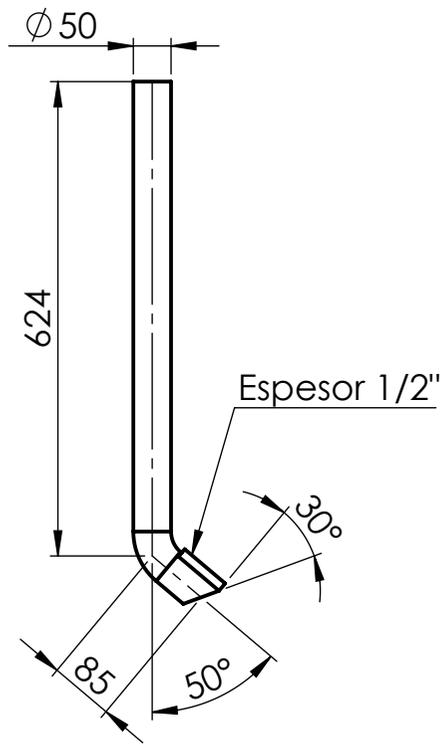
VISTA DESDE LA BRIDA



DETALLE A
ESCALA 1 : 2

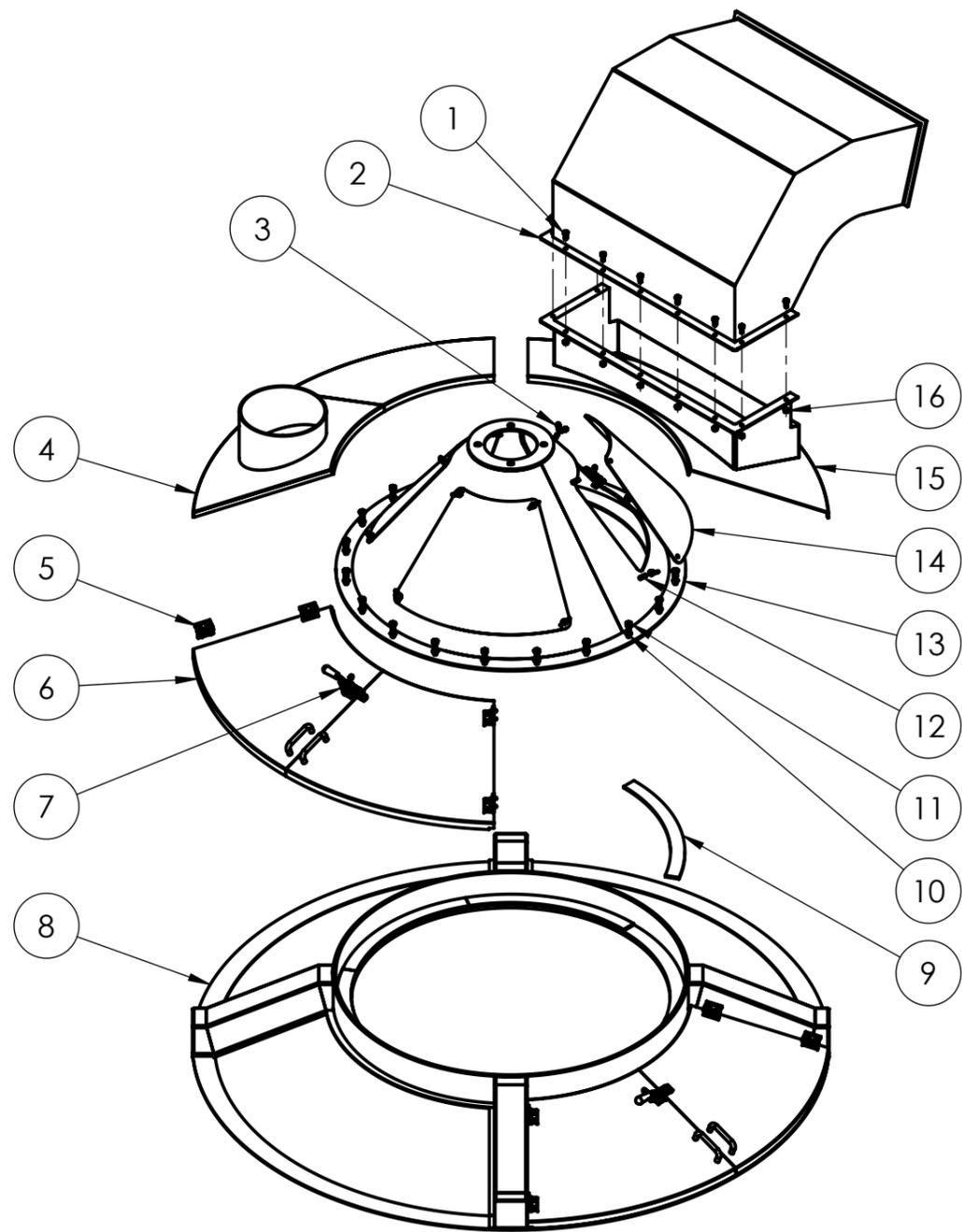
	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	UTN * CDU Concepción del Uruguay
Dibujó	22/08/18	L. Mosna		
Revisó				
Aprobó				
Esc.	1:2.5			Pieza/s:
				1705A-6MM-163
Hoja				Plano: 1705A-A3M-012.A
	4 de 5			Reemplaza a:





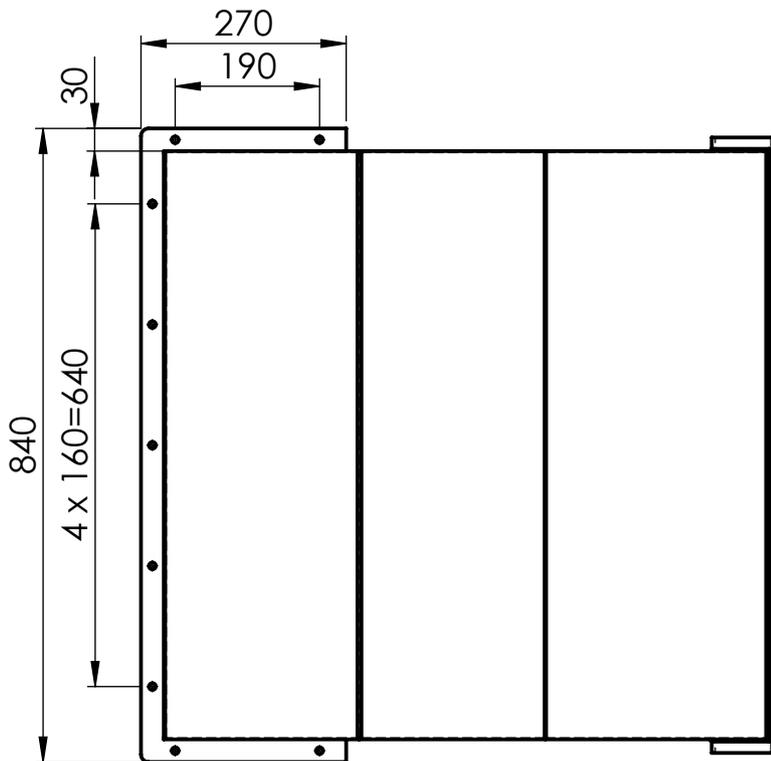
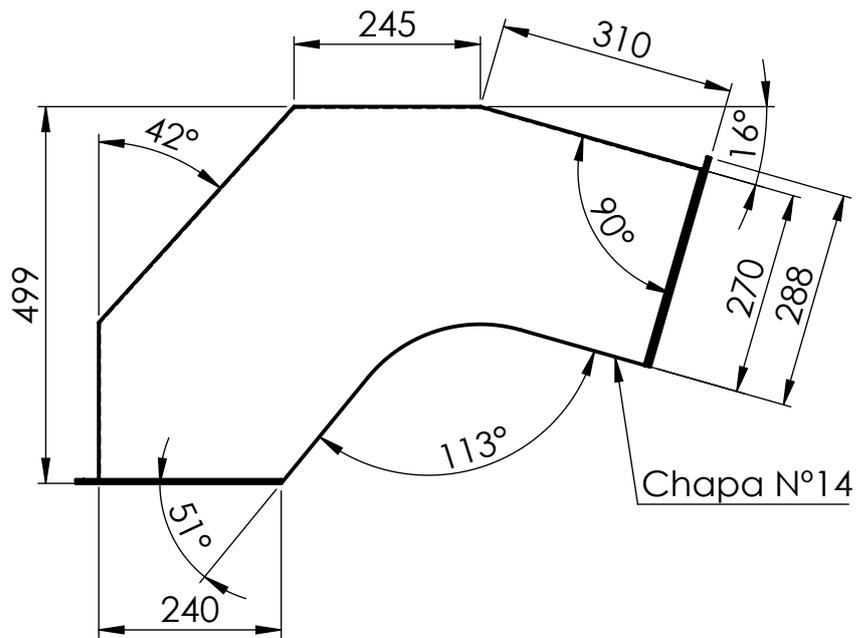
VISTA SOPORTE DE PALETA
ESCALA 1:2

	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	UTN * CDU Concepción del Uruguay
Dibujó	22/08/18	L. Mosna		
Revisó				
Aprobó				
Esc.	1:10	Brazo planetario		Parte/s:
				1705A-6MM-166
Hoja				Plano: 1705A-A3M-012.A
5 de 5				Reemplaza a:

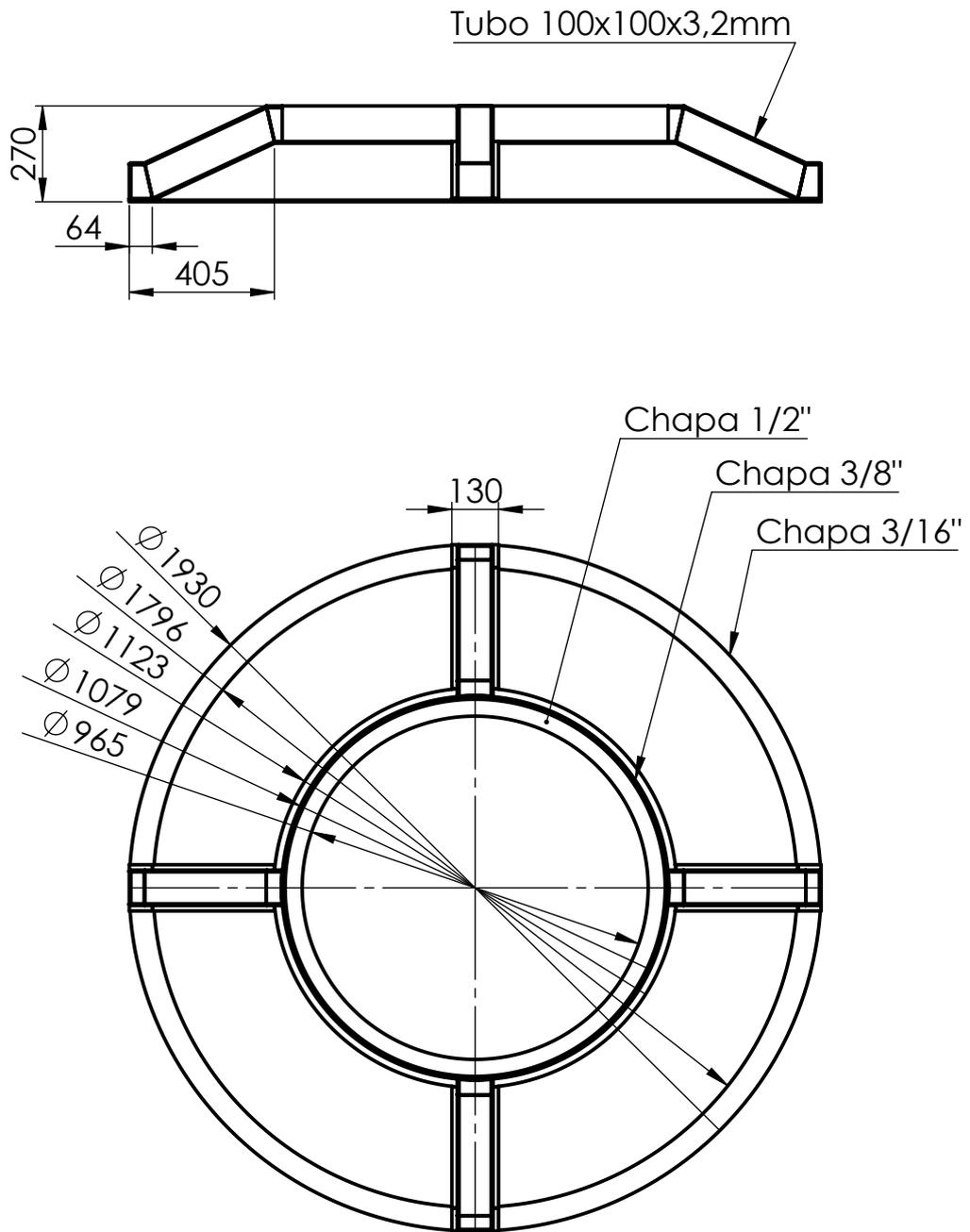


9	Tuerca M8	C-2	8MJ-066	-	16	Comercial		
1	Tapa entrada AG	C-2	6SC-202	IRAM1010	15	Chapa 1/4"	13.4	
3	Tapa superior	C-2	6SC-204	IRAM1010	14	Chapa 1/8"	4.4	
1	Estructura superior	C-2	6SC-181	IRAM1045	13	-	48.3	
12	Tornillo M8 x 30	C-1	8MJ-065	-	12	Comercial		
23	Tornillo M10 x 20	C-1	8MJ-161	-	11	Comercial		
40	Arand. Grover M10	C-1	8MJ-160	-	10	Comercial		
6	Cojinete axial rotor	C-1	6SD-174	SAE 65	9	Chapa 1/4"	1.3	
1	Estructura principal	D-1	6SC-172	IRAM1045	8	-	77.7	
6	Tirador rápido	D-1	6SC-207	-	7	Comercial		
4	Tapa inspección sup.	D-2	6SC-204	IRAM1010	6	Chapa Nº14	7.4	
8	Bisagra	D-2	6SJ-209	-	5	Comercial		
1	Canal cemento	D-2	6SC-203	IRAM1010	4	Chapa Nº14	17	
12	Tuerca mariposa M8	C-2	8MJ-205	-	3	Comercial		
1	Canal agregados	C-2	6SC-211	IRAM1010	2	Chapa Nº14	24.4	
9	Tornillo M8 x 20	C-2	8MJ-122	-	1	Comercial		
Cant.	Denominación	Ubicación	Nº Pieza	Material	Nº ord	Provisión	kg	Observ.

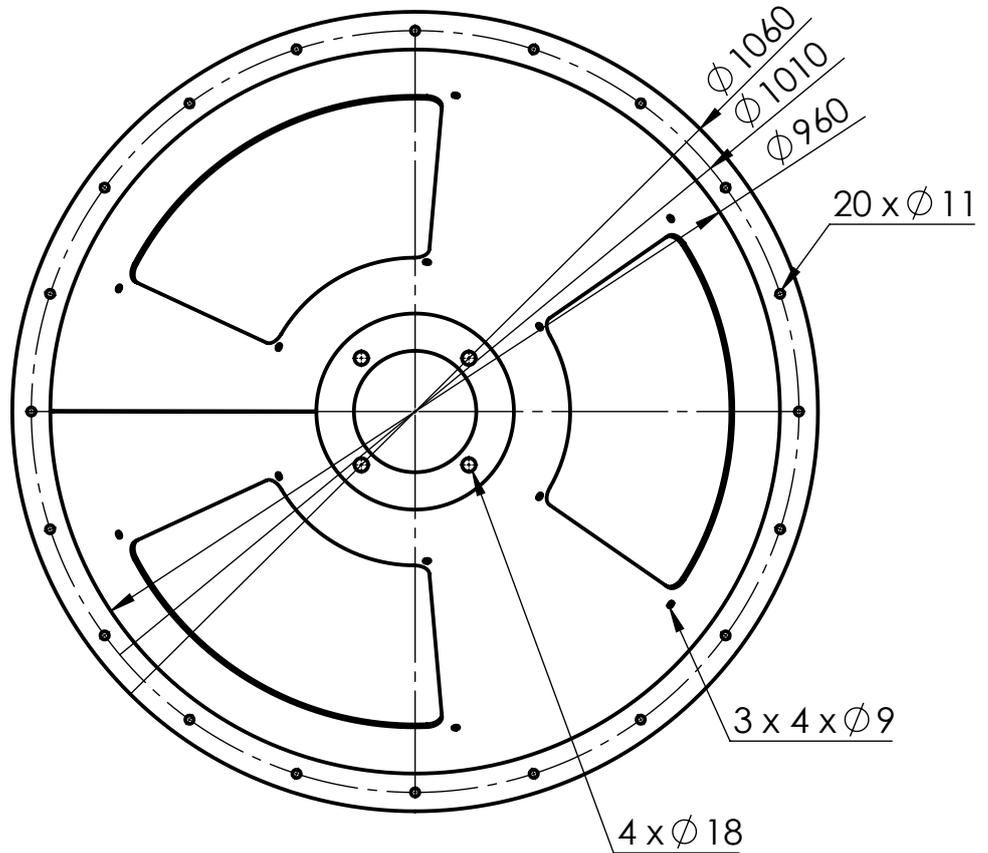
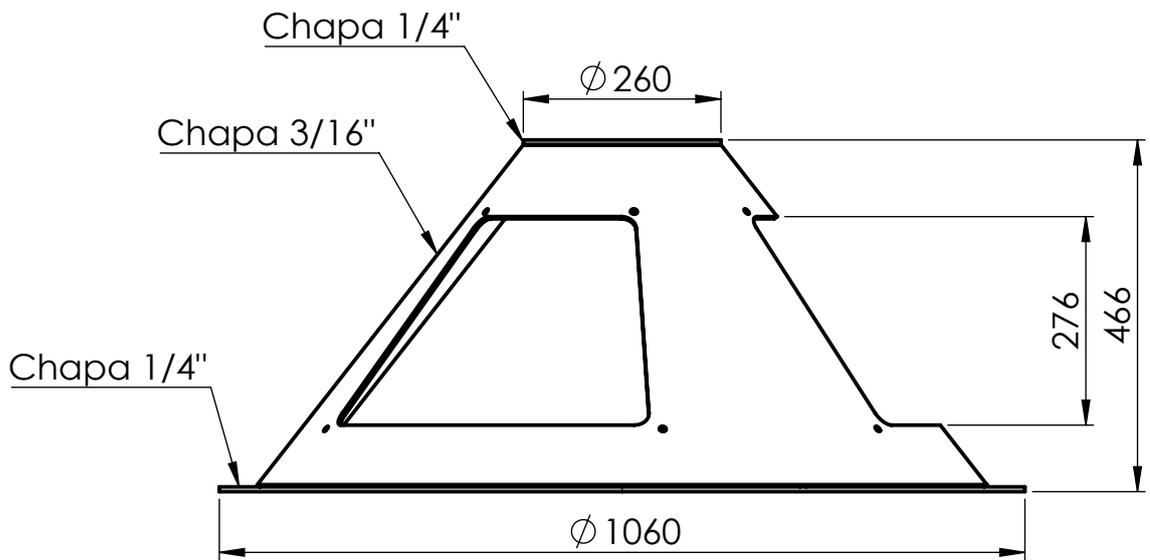
Dibujó Revisó Aprobó Esc.	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	UTN * CDU Concepción del Uruguay
	08/08/18	L. Mosna		
	Esc. 1:20			
	Hoja 1 de 4			
Estructura de mezcladora			Pieza/s: 1705A-6MX-020	
			Plano: 1705A-A3S-013.A	
			Reemplaza a:	



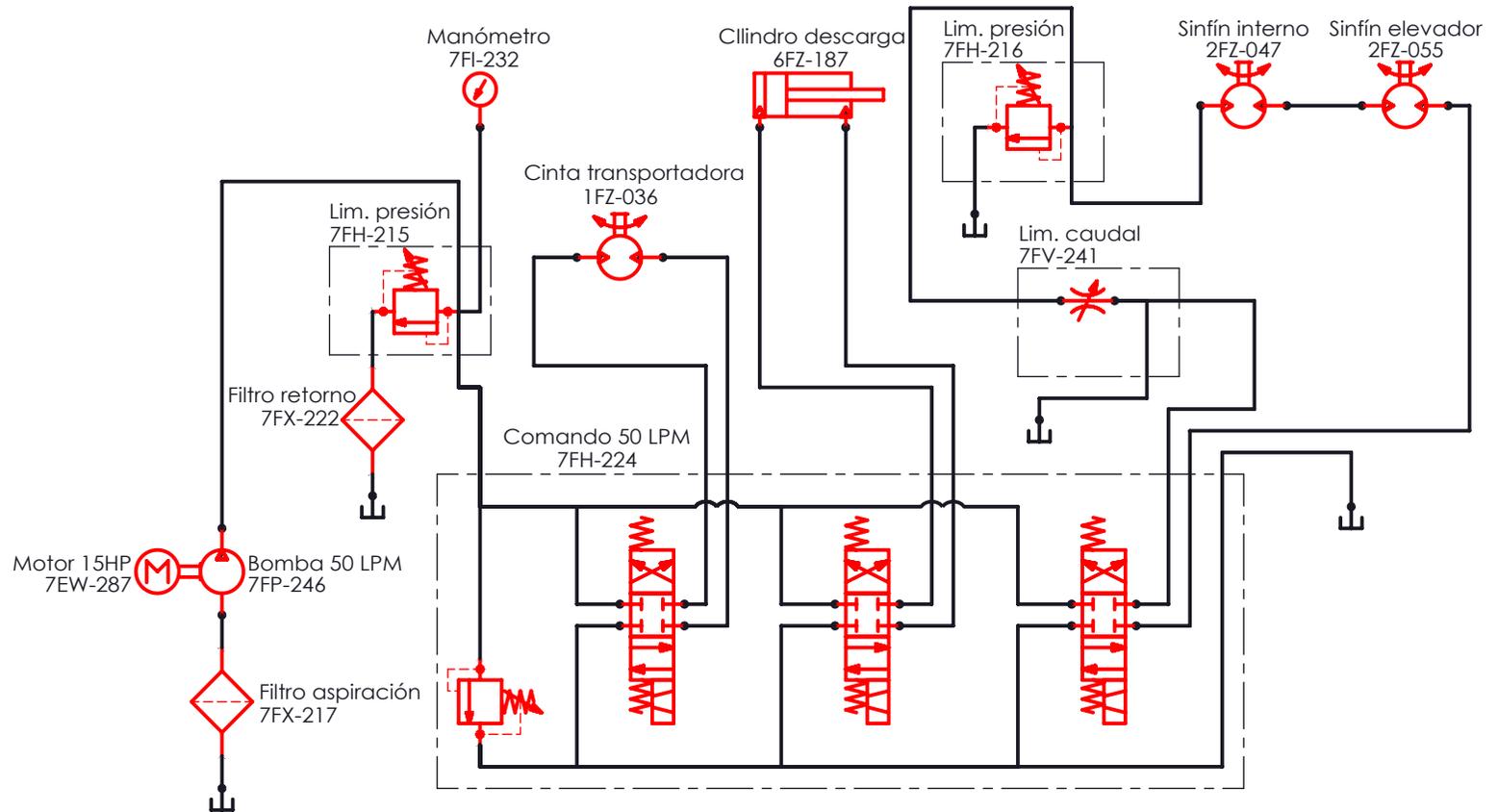
	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	UTN * CDU Concepción del Uruguay
Dibujó	09/08/18	L. Mosna		
Revisó				
Aprobó				
Esc.	1:10	Canal descarga de agregados		Parte/s:
				1705A-6SC-211
Hoja				Plano: 1705A-A4S-013.A
	2 de 4			Reemplaza a:



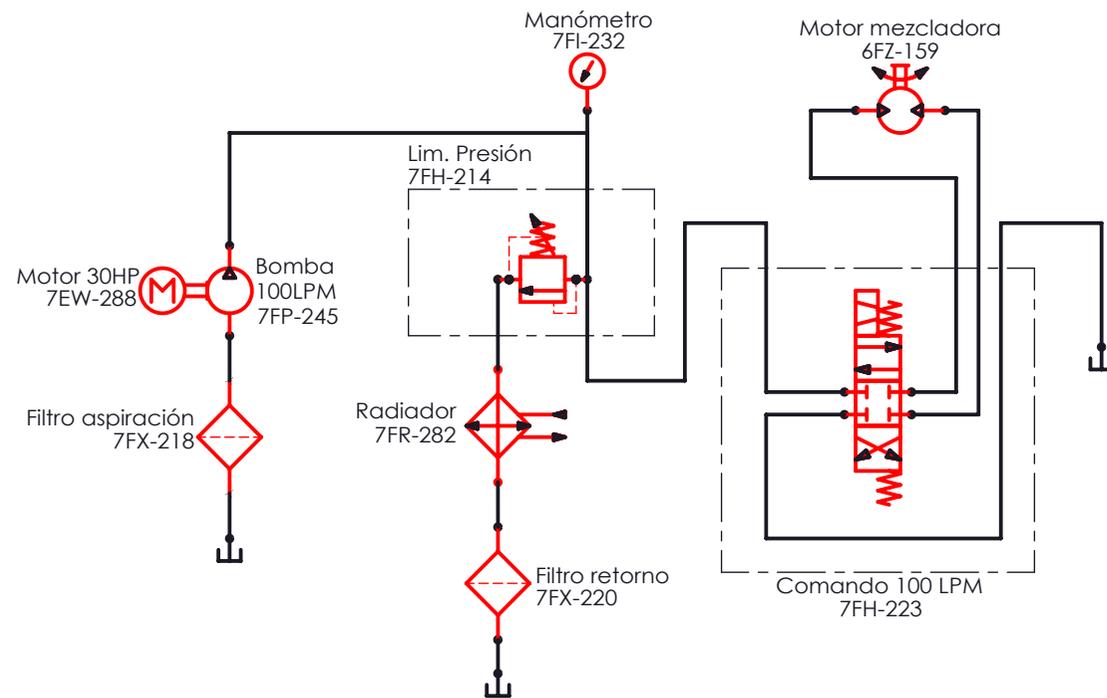
	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	UTN * CDU Concepción del Uruguay	
	Dibujó	08/08/18			L. Mosna
	Revisó				
	Aprobó				
Esc.	1:20	Estructura principal		Parte/s:	
				1705A-6SC-172	
Hoja				Plano: 1705A-A4S-013.A	
	3 de 4			Reemplaza a:	

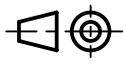


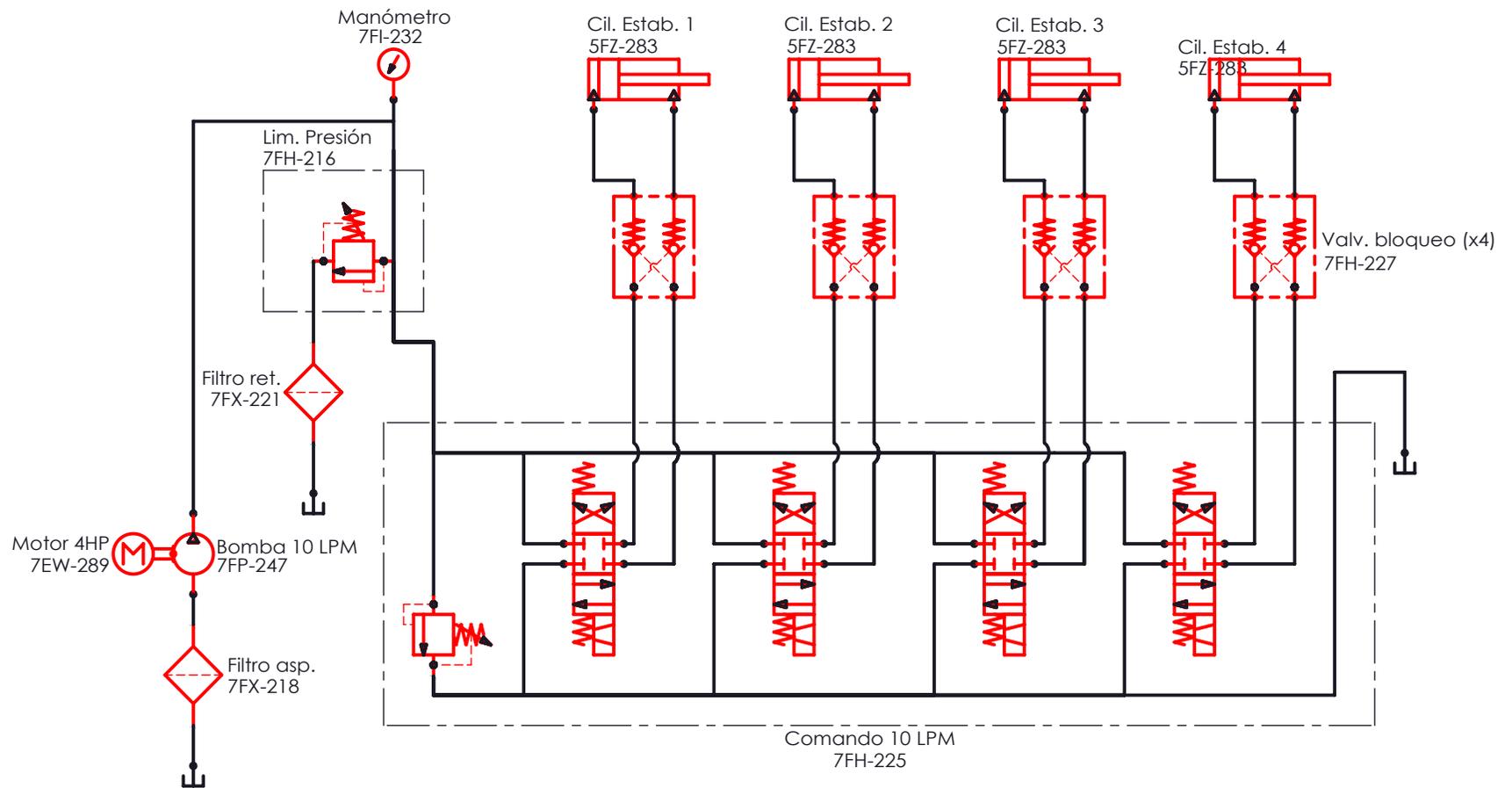
	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	 UTN CDU Concepción del Uruguay	
	Dibujó	08/08/18			L. Mosna
	Revisó				
	Aprobó				
Esc.	1:5			Parte/s:	
	 Estructura superior			1705A-6SC-181	
Hoja				Plano:	1705A-A4S-013.A
	4 de 4	Reemplaza a:			



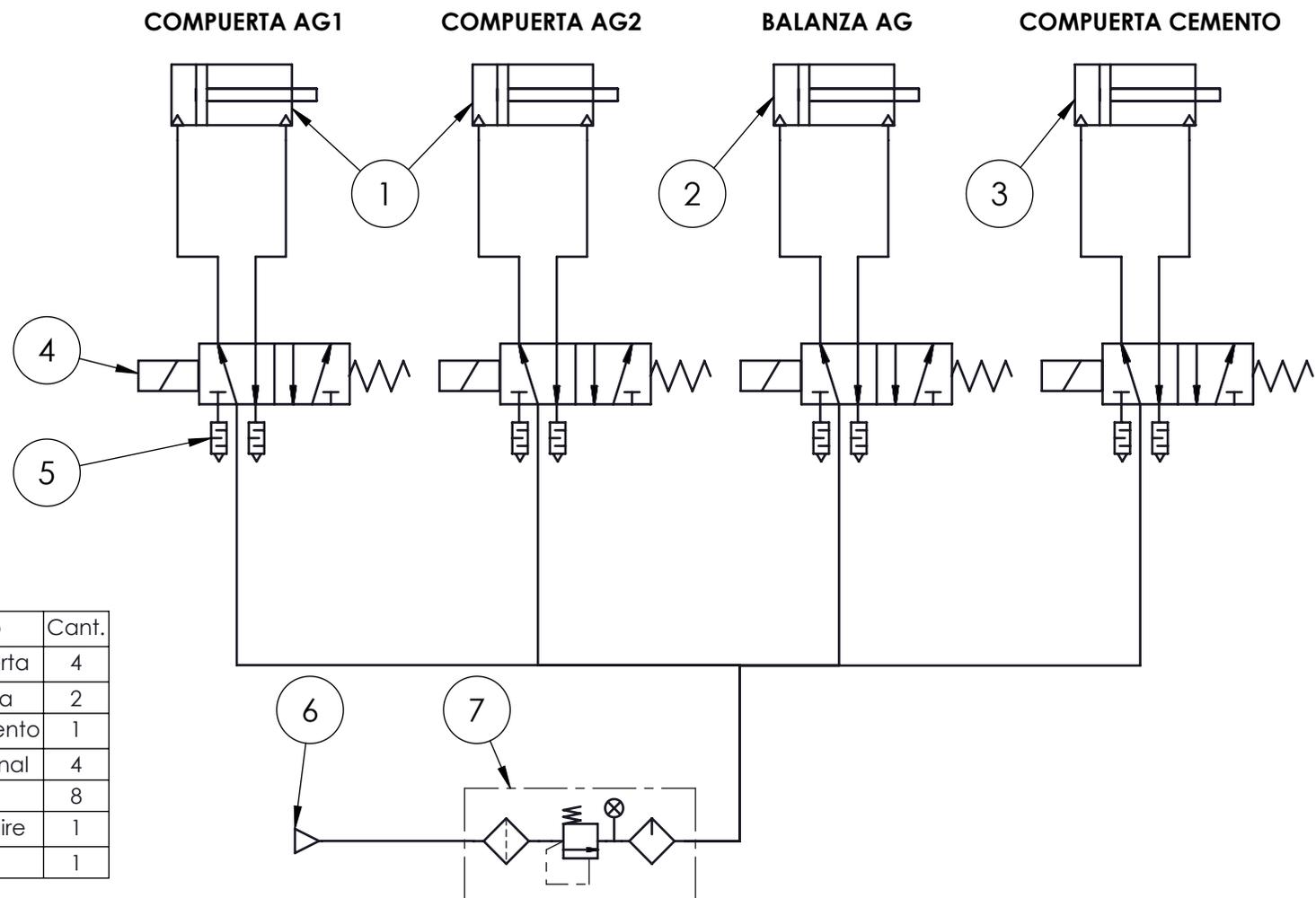
	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	 UTN CDU Concepción del Uruguay
Dibujó	27/08/18	L. Mosna		
Revisó				
Aprobó				
Esc.	<p style="text-align: center;">Sistema hidráulico Circuito 1</p>			Parte/s:
				
Hoja				Plano: 1705A-A4F-014.A
1 de 3				Reemplaza a:



Dibujó Revisó Aprobó Esc.	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	 UTN * CDU Concepción del Uruguay
	27/08/18	L. Mosna		
 Hoja	Sistema hidráulico Circuito 2		Parte/s:	
2 de 3			Plano: 1705A-A4F-014.A	
			Reemplaza a:	



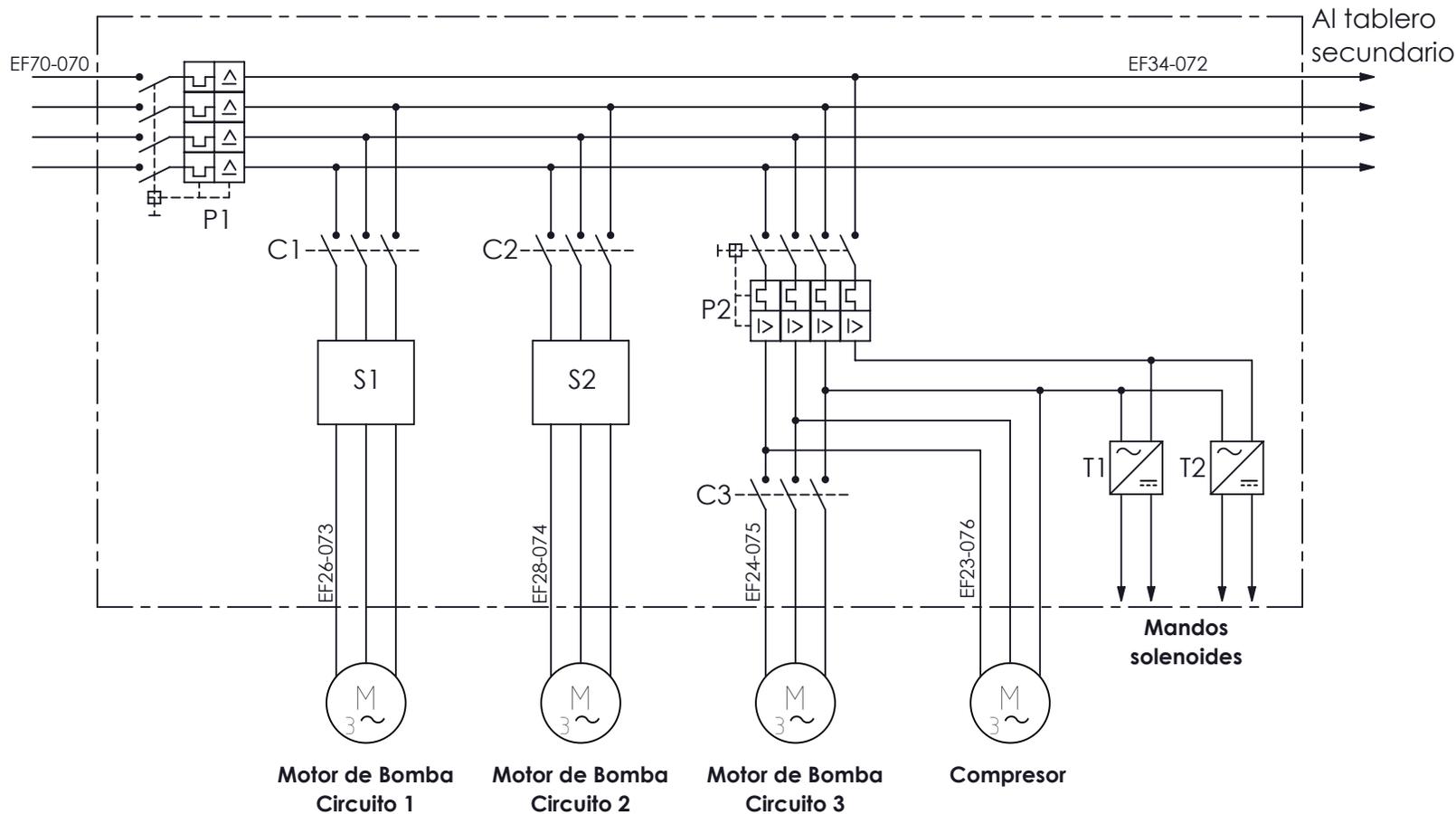
	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	 UTN * CDU Concepción del Uruguay	
Dibujó	27/08/18	L. Mosna			
Revisó					
Aprobó					
Esc.	<p style="text-align: center;">Sistema hidráulico Circuito 3</p>			Parte/s:	
				Plano:	1705A-A4F-014.A
Hoja				Reemplaza a:	
3 de 3					

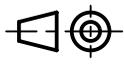


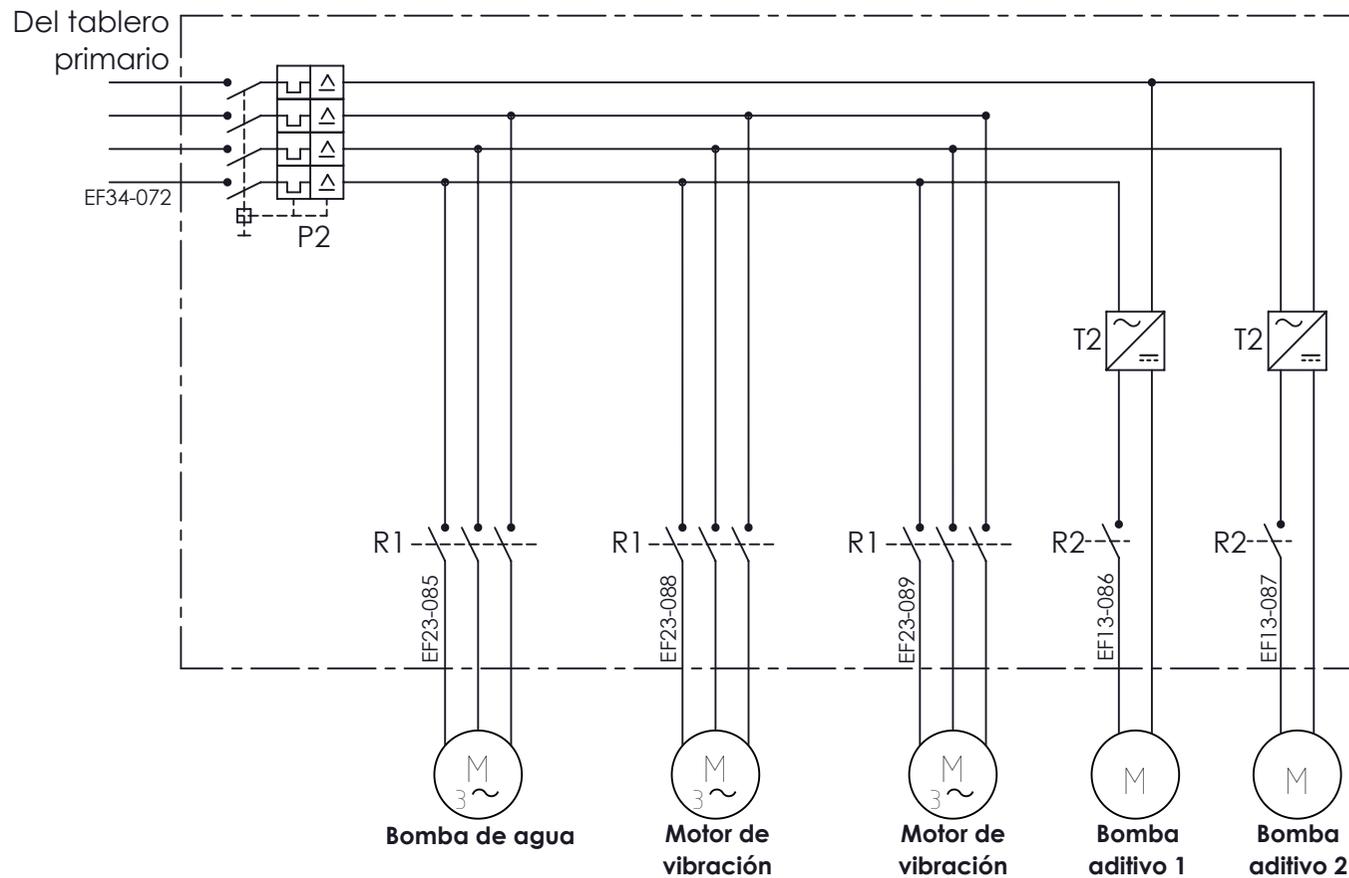
REFERENCIAS

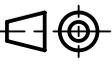
Nº	Código	Nombre corto	Cant.
1	1705A-1FZ-028	Cilindro compuerta	4
2	1705A-1FZ-029	Cilindro balanza	2
3	1705A-2MM-006	Compuerta cemento	1
4	1705A-7FH-295	Válvula direccional	4
5	1705A-7FU-296	Silenciador	8
6	1705A-7FW-291	Compresor de aire	1
7	1705A-7FX-294	Unidad FRL	1

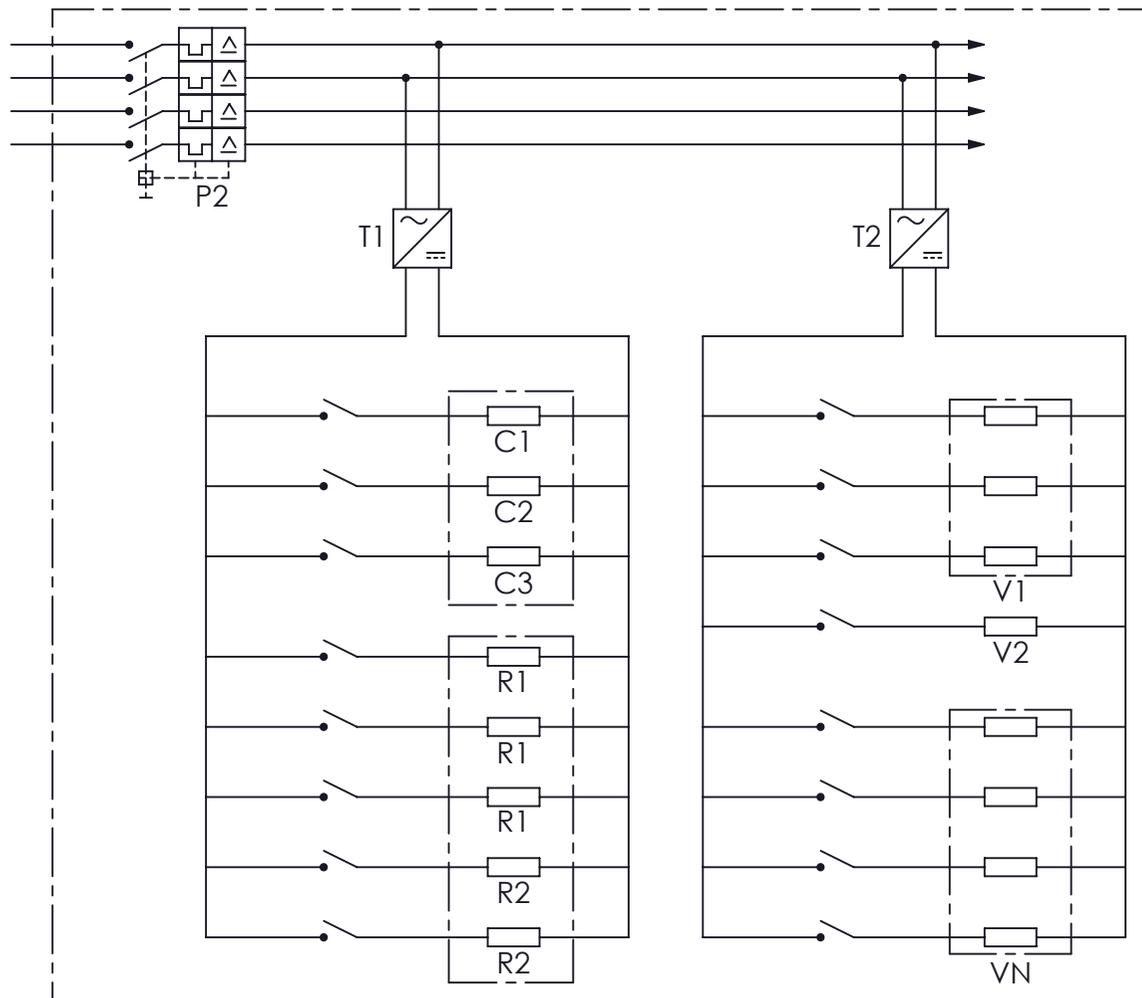
Dibujó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	 UTN * CDU Concepción del Uruguay
	28/08/18	L. Mosna		
	Revisó			
	Aprobó			
Esc.	1:1		Sistema neumático	Parte/s:
	Hoja			Plano: 1705A-A4F-015.A
1 de 1				Reemplaza a:

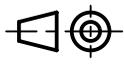


Dibujó Revisó Aprobó Esc.	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	UTN * CDU Concepción del Uruguay	
	04/09/18	L. Mosna			
 Hoja	Instalación eléctrica		Parte/s:		
			Hoja	Plano:	1705A-A4E-016.A
			1 de 4	Reemplaza a:	

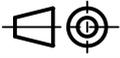


	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	 UTN * CDU Concepción del Uruguay	
Dibujó	04/09/18	L. Mosna			
Revisó					
Aprobó					
Esc.	<p style="text-align: center;">Instalación eléctrica</p>			Parte/s:	
				Plano:	1705A-A4E-016.A
Hoja				Reemplaza a:	
	2 de 4				



	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	UTN * CDU Concepción del Uruguay
Dibujó	04/09/18	L. Mosna		
Revisó				
Aprobó				
Esc.	Instalación eléctrica			Parte/s:
				
Hoja				
3 de 4				Plano: 1705A-A4E-016.A
				Reemplaza a:

Item	Código	Descripción	Cant.
P1	1705A-7EY-309	Termomagnético tetrapolar 80A	1
P2	1705A-7EY-310	Termomagnético tetrapolar 16A	2
S1	1705A-7EY-311	Guardamotor 40A	1
S2	1705A-7EY-312	Guardamotor 80A	1
C1	1705A-7EY-313	Contactador 25A	1
C2	1705A-7EY-314	Contactador 50A	1
C3	1705A-7EY-315	Contactador 9A	1
T1	1705A-7EY-319	Transformador 24V	1
T2	1705A-7EY-318	Transformador 12V	3
R1	1705A-7EY-316	Relé trifásico 380VCC/25A	3
R2	1705A-7EY-317	Relé monofásico 12VCC/12A	2
V1	1705A-7FH-224	Comando hidráulico - Circuito 1	1
V2	1705A-7FH-223	Comando hidráulico - Circuito 2	1
VN	1705A-7FH-295	Electroválvulas neumáticas	4

	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica	 UTN * CDU Concepción del Uruguay
	Dibujó	04/09/18 L. Mosna		
	Revisó			
	Aprobó			
Esc.	 Sistema eléctrico		Parte/s:	
Hoja			Plano: 1705A-A4E-016.A	
4 de 4			Reemplaza a:	

Parte II

Memorias de cálculo

4. MEMORIAS DE CÁLCULO

Contenido del capítulo:

4.1	Aspectos teóricos en la elaboración de hormigón.	89
4.2	Diseño de un hormigón promedio.	89
4.3	Dimensionado básico.	93
4.3.1	Capacidad de producción.	94
4.3.2	Capacidad de almacenamiento.	94
4.4	Alimentación de agregados.	97
4.4.1	Tolva	97
4.4.2	Alimentadores.	105
4.4.3	Tolva de pesado.	108
4.4.4	Cinta transportadora.	111
4.5	Alimentación de cemento.	122
4.5.1	Tolva recibidora de bolsas	122
4.5.2	Sinfin interno	123
4.5.3	Sinfin elevador	128
4.5.4	Tolva de pesado	131
4.6	Alimentación de agua.	134
4.6.1	Depósito de agua	134
4.6.2	Tuberías	134
4.6.3	Accesorios	135
4.6.4	Bomba de agua	136
4.7	Alimentación de aditivos.	141
4.7.1	Tanque de aditivos	141
4.7.2	Tuberías	141
4.7.3	Accesorios	142
4.7.4	Bomba de aditivos	143
4.8	Equipo de mezclado.	145
4.8.1	Selección del tipo de mezcladora	145
4.8.2	Cuba de mezclado	147
4.8.3	Sistema motriz	148
4.8.4	Mecanismo de mezclado	157
4.8.5	Mecanismo de descarga	158
4.9	Hidráulica.	161
4.9.1	Definiciones	161
4.9.2	Bombas hidráulicas	162
4.9.3	Motores eléctricos	163
4.9.4	Válvulas de control	164
4.9.5	Filtros	167
4.9.6	Reservorio de aceite	167
4.9.7	Radiador de aceite	169
4.9.8	Válvulas direccionales	169

4.9.9	Líneas hidráulicas	171
4.9.10	Instrumentación	172
4.10	Neumática.	173
4.10.1	Definiciones	173
4.10.2	Compresor	173
4.10.3	Válvulas direccionales	173
4.10.4	Líneas neumáticas	173
4.11	Automatización.	176
4.11.1	Módulo lógico	176
4.11.2	Diagrama de automatización	177
4.12	Instalación eléctrica.	181
4.12.1	Motores de vibración	181
4.12.2	Transformadores	182
4.12.3	Resumen de consumos	182
4.12.4	Conductores	182
4.12.5	Protecciones	184
4.12.6	Contactores y relés	185
4.12.7	Tuberías	186
4.12.8	Tableros	186

4.1. Aspectos teóricos en la elaboración de hormigón.

Cómo se mencionó en la introducción, el hormigón es un material compuesto, formado usualmente por un 12% de cemento y un 78% de agregados, en masa.

La granulometría de los agregados depende de la mínima dimensión del encofrado, siendo lo normal entre 38mm y 0,15mm. El origen de los mismos puede ser de canto rodado o piedra partida de la explotación de canteras.

Los agregados se encuentran inmersos en una matriz cementicia, la cual es una mezcla de agua y cemento hidráulico pórtland, y en ocasiones también uno o más aditivos. Una vez mezclados pasa por una etapa de consistencia plástica que le permite fluir lo suficiente para llenar el encofrado. Luego comienza un proceso de fragüe y posterior endurecimiento.

Las propiedades del hormigón producido dependen de los materiales componentes y de las proporciones entre sí. La razón entre la cantidad de agua y cemento ($\mathbf{a/c}$) es uno de los aspectos más importantes ya que determina muchas características del hormigón elaborado. Cuanto menor sea la relación $\mathbf{a/c}$, mayor será la resistencia y durabilidad.

La propiedad más importante del hormigón en estado fresco es la trabajabilidad, que es una medida de su fluidez. Las mezclas demasiado fluidas tienen a segregarse cuando se manipulan y las muy secas no pueden compactarse adecuadamente. En el caso del hormigón endurecido, el aspecto más importante es la resistencia a la compresión y sus propiedades derivadas, tal como la impermeabilidad, resistencia a ataques químicos, al desgaste, etc. Por último, otro de los importantes factores es la economía, es decir, lograr cumplir los requisitos anteriores al menor costo posible.

El diseño del hormigón consiste en adoptar una relación $\mathbf{a/c}$ que produzca un hormigón con la resistencia y durabilidad necesarias, para luego seleccionar los áridos que proporcionen una trabajabilidad adecuada.

4.2. Diseño de un hormigón promedio.

A fines de establecer capacidades apropiadas para los distintos depósitos de materia prima en la planta hormigonera, y que estos tengan autonomías aproximadamente similares en lo posible, se diseña un hormigón promedio que represente a la mayoría. Por supuesto, se asume que un hormigón diferente puede consumir más rápidamente alguno de los componentes, pero se intenta que ésta diferencia sea mínima. Existen muchos métodos para determinar ésta dosificación, para el presente proyecto se seguirá el método del *American Concrete Institute* (ACI) explicado en el libro “Ese material llamado hormigón” de la Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón (AATH). Se utilizarán además de tablas y ábacos del Instituto Argentino del Cemento Portland (ICPA) y del reglamento CIRSOC. Se parte de los siguientes datos necesarios para el cálculo:

- **Resistencia especificada:** es un dato proporcionado normalmente por las especificaciones de obra, producto del cálculo de la estructura. Se indica con la letra H seguida de la resistencia en megapascales (MPa). Se utilizará H-30, siendo uno de los más utilizados. Ésta resistencia debe indicarse para un número de días (edad de diseño), ya que la resistencia va aumentando con el tiempo. La edad por defecto cuando no está establecida es de 28 días.
- **Desviación estándar:** Es un requerimiento del reglamento CIRSOC 201/2005. Es una medida estadística que representa la dispersión de los resultados en una

planta hormigonera. El reglamento establece que deben adoptarse valores grandes (indicados en la tabla 5.5 de la norma) en casos donde se desconozca la desviación estándar. Sin embargo, como la planta está siendo proyectada para ser M1, no tendría sentido adoptar valores de cobertura tan elevados, ya que incurriríamos en un error. Por lo tanto se estima en 4 MPa, que es una baja dispersión, que luego podrá ser comparada y corregida en la etapa de pruebas de la máquina.

- **Tipo de hormigón:** Las categorías pueden ser simple, armado y pretensado. Se adopta un hormigón armado, siendo el más utilizado para estructuras.
- **Clase de exposición:** Corresponde según el reglamento al nivel de agresividad del ambiente donde se encontrará el hormigón. Se adopta una designación A2, correspondiente a un ambiente normal.
- **Trabajabilidad:** Éste valor depende del destino del hormigón. El objetivo final es que llene por completo los encofrados, por lo que va a depender de su tamaño (espesor y altura), si se dispone o no de vibradores, si es hormigón armado, la separación de las barras de la armadura, etc. Se considerará alrededor de 7,5cm, que es una consistencia plástica intermedia.
- **Cemento:** Se considera la utilización de cemento hidráulico de uso general y categoría CP40.
- **Agregado fino (AF):** Para el cálculo se requiere conocer el módulo de finura (M_f), que se adopta 2,7 por ser el promedio entre los valores mínimo y máximo que permite CIRSOC. Se adopta además una densidad de 2550kg/m³. No se asumen valores de absorción ya que las condiciones de humedad pueden ser muy variables en la realidad y la máquina contará con los instrumentos necesarios para corregirlo automáticamente.
- **Agregado grueso (AG):** A diferencia del fino, para la consideración de granulometría se tiene en cuenta el tamaño máximo que tiene al menos un 5% del árido (T_{Max-AG}). Se adopta en 19mm y la densidad en 2560kg/m³.

En primer lugar se deberá calcular la resistencia de diseño de la mezcla según CIRSOC. Ésta deberá ser la mayor de las siguientes:

$$f'_{cr} = f'_c + 1,34 \cdot S_n = 30\text{MPa} + 1,34 \cdot 4\text{MPa} = 35,36\text{MPa}$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2,33 \cdot S_n - 3,5 = 30\text{MPa} + 2,33 \cdot 4\text{MPa} - 3,5 = 35,82\text{MPa}$$

Se adopta una resistencia de cálculo de 36MPa.

Se estima la relación **a/c** adecuada para las condiciones de durabilidad y resistencia. En el primer caso, se obtiene de la Figura 4.1 que para una exposición A2 y hormigón armado deberá ser 0,5. También se observa que la resistencia mínima deberá ser de al menos 25 MPa, por lo que la especificada lo verifica.

Luego, para la condición de resistencia se utiliza el ábaco del ICPA (Fig. 4.2). Para el cemento CP40 y una resistencia de 36 MPa, la relación **a/c** deberá ser 0,44. Luego se adopta la menor de ellas:

Requisitos	Tipos de exposición de las estructuras, de acuerdo con la clasificación de las Tablas 2.1. y 2.2. y sus complementarias 2.3. y 2.4.									
	A 1	A 2	A 3 y M 1	C L y M 2	M 3	C 1 ⁽²⁾	C 2 ⁽²⁾	Q 1	Q 2	Q 3 ⁽³⁾
a) Razón a/c máxima ⁽¹⁾										
Hormigón simple	----	----	----	0,45	0,45	0,45	0,40	0,50	0,45	0,40
Hormigón armado	0,60	0,50	0,50	0,45	0,40	0,45	0,40	0,50	0,45	0,40
Hormigón pretensado	0,60	0,50	0,50	0,45	0,40	0,45	0,40	0,50	0,45	0,40
b) $f'_{c\ min}$ (MPa)										
Hormigón simple	----	----	----	30	35	30	35	30	35	40
Hormigón armado	20	25	30	35	40	30	35	30	35	40
Hormigón pretensado	25	30	35	40	45	30	35	35	40	45
Penetración de agua o succión capilar según 2.2.11.	no	si	si	si	si	si	si	si	si	si

(1) Cuando se use cemento pórtland más una o varias adiciones minerales activas incorporadas directamente en planta elaboradora, se podrá reemplazar la razón agua/cemento (a/c), por la razón agua/ material cementicio [a/(c+x)], que tenga en cuenta la suma del cemento pórtland (c) y la cantidad de la adición mineral (x), cuando se trate de puzolanas según norma IRAM 1668:1968 o de escorias según norma IRAM 1667:1990.
(2) Debe incorporarse intencionalmente aire, en la cantidad requerida en la Tabla 5.3..
(3) Cuando corresponda se debe proteger a la estructura según 2.2.5.2.c3 ó 2.2.10.3.

Figura 4.1: Tabla 2.5 - CIRSOC 201: Requisitos de durabilidad.

a/c = 0,44

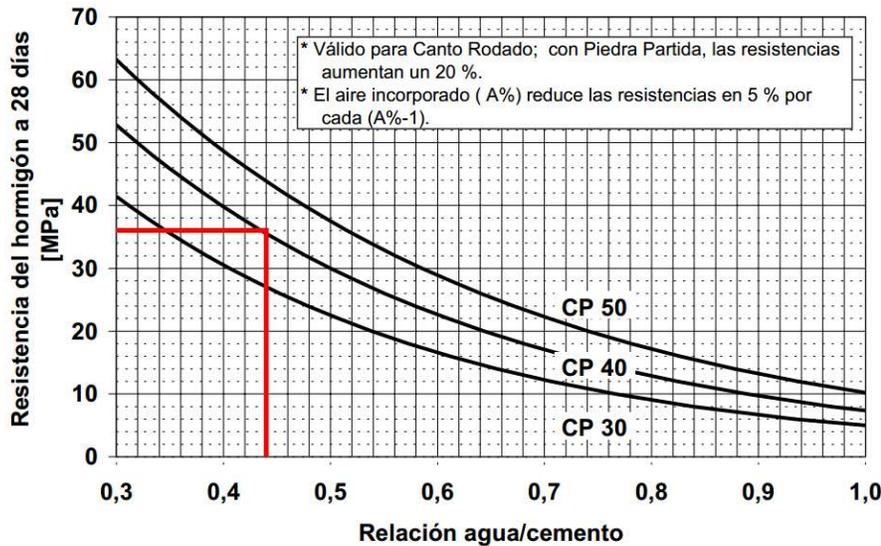


Figura 4.2: Relación a/c en función del cemento y la resistencia especificada.

A continuación se comienza a aplicar el método del ACI. Éste se basa en expresar un m^3 de hormigón como la suma del volumen sólido de sus componentes, esto numéricamente se indica cómo:

$$1m^3 = \left(\frac{A}{\rho_A} + \frac{C}{\rho_C} + Va \right) + \frac{AG}{\rho_{AG}} + \frac{AF}{\rho_{AF}} \quad (4.1)$$

Donde:

- A = Cantidad de agua por m^3 de hormigón en peso [kg].
- ρ_A = Densidad del agua [kg/m^3].
- C = Cantidad de cemento por m^3 de hormigón en peso [kg]
- ρ_C = Densidad del cemento [kg/m^3]
- V_a = Volumen de aire por m^3 de hormigón [m^3]
- AG = Cantidad de agregado grueso por m^3 de hormigón en peso [kg].
- ρ_{AG} = Densidad del agregado grueso [kg/m^3]
- AF = Cantidad de agregado fino por m^3 de hormigón en peso [kg].
- ρ_{AF} = Densidad del agregado fino [kg/m^3]

Luego, se calcula la demanda de agua con la tabla 7.6 (Fig 4.3) del libro “Ese material llamado hormigón”. En la tabla se ingresa con el tamaño máximo del agregado grueso y el asentamiento para obtener la cantidad de agua para $1m^3$ de hormigón.

$$A = 205kg$$

Asentamiento (mm)	Agua, kg/m^3 de hormigón para los tamaños de agregado indicados (mm)							
	9,5	12,5	19	25	37,5	50	75	150
	Hormigón sin aire incluido							
25 a 50	207	199	190	179	166	154	130	113
75 a 100	228	216	205	193	181	169	145	124
150 a 175	243	228	216	202	190	178	160	
% cantidad de aire atrapado	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
	Hormigón con aire incorporado							
	9,5	12,5	19	25	37,5	50	75	150
25 a 50	181	175	168	160	150	142	122	107
75 a 100	202	193	184	175	165	157	133	119
150 a 175	216	205	197	184	174	166	154	
% promedio aire recomendado								
Exposición leve	4,0	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0
Exposición moderada	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5	3,0
Exposición severa	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0

Figura 4.3: Cantidad de agua en función del AG y el asentamiento.

Por lo tanto, con éste valor y la relación a/c se calcula la cantidad de cemento:

$$C = \frac{A}{a/c} = \frac{205kg}{0,44} = 465,9kg$$

A continuación, se estimará el contenido de agregado grueso. De la tabla 7.5 del libro “Ese material llamado hormigón”(Fig. 4.4) se obtiene interpolando la fracción del volumen del agregado grueso en relación al volumen de hormigón, en función de M_f y el T_{Max-AG} .

$$b/b_0 = 0,63$$

Tamaño máximo nominal del agregado mm (pulg.)	Volumen del agregado grueso varillado en seco por volumen unitario de hormigón para diferentes módulos de finura de agregado fino (f)			
	2,4	2,6	2,8	3,0
9,5 (3/8)	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5 (1/2)	0,59	0,57	0,55	0,53
19 (3/4)	0,66	0,64	0,62	0,60
25 (1)	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5 (1½)	0,75	0,73	0,71	0,69
50 (2)	0,78	0,76	0,74	0,72
75 (3)	0,82	0,80	0,78	0,76
100 (6)	0,87	0,85	0,83	0,81

Figura 4.4: Fracción del volumen de agregado grueso en relación al volumen de hormigón.

El valor b_0 es igual al volumen absoluto del agregado grueso, por unidad de volumen compactado del mismo. Éste valor es determinado por ensayos y se lo estimará en 0,6. Por lo tanto se puede calcular b , que es igual a:

$$\frac{AG}{\rho_G} = b = \frac{b}{b_0} \cdot b_0 = 0,6 \cdot 0,63 = 0,378$$

Por último se calcula la cantidad de agregado fino a partir de las cantidades de los demás componentes, despejando de la ecuación 4.1:

$$V_f = 1 - \left(\frac{A}{\rho_A} + \frac{C}{\rho_C} + Va \right) - b = \left(\frac{205\text{kg}}{1000\text{kg/m}^3} + \frac{465,9\text{kg}}{3100\text{kg/m}^3} + 0 \right) - 0,378 = 0,265 \quad (4.2)$$

Por lo tanto a modo de resumen se detallan a continuación las proporciones del hormigón por volumen, por peso y porcentuales en peso, para 1m^3 de hormigón elaborado.

Componente	Volumen [m³]	Peso [kg]	% Peso
Agua	0,205	205	8,9%
Cemento	0,152	465,9	20,1%
Agregado Grueso	0,378	967,68	41,8%
Agregado fino	0,265	676	29,2%
TOTAL	1	2314	

De ésta tabla se puede calcular la densidad del hormigón resultante, ya que la suma del peso de los componentes, es igual al peso de 1m^3 de hormigón. Por lo tanto la densidad será simplemente 2314 kg/m^3 . El reglamento CIRSOC considera a los hormigones entre 2000 y 2800 kg/m^3 .

4.3. Dimensionado básico.

Con la información obtenida por el balance de masa desarrollado la sección anterior, se estimarán las capacidades de almacenamiento óptimas para cada componente y la

producción esperada.

4.3.1. Capacidad de producción.

El método de producción es claramente por *batch* o pastón. Por lo tanto la tasa de producción estará dada por el tiempo que tarda en elaborarse un pastón y su volumen o peso. Con respecto a la duración de un ciclo completo de elaboración y descarga de un pastón, es de difícil estimación teórica. En la práctica, éste tiempo ronda los 8 minutos e incluye:

1. Descarga del primer agregado y tiempo de espera para pesada.
2. Descarga del primer agregado a la cinta transportadora.
3. Descarga del segundo agregado y tiempo de espera para pesada.
4. Descarga del segundo agregado y transporte de ambos hacia la mezcladora.
5. Transporte de cemento hacia la tolva de pesada y tiempo de espera.
6. Descarga del cemento en la tolva de pesada a la mezcladora.
7. Tiempo transcurrido hasta descargar el caudal necesario de agua en la mezcladora.
8. Comienzo del mezclado, por defecto serían 1,5 minutos.
9. Apertura de compuerta y descarga del hormigón.

Según el revelamiento realizado en empresas constructoras, la mayoría de las que poseían menos de 50 empleados requieren entre 0 y 5 m³/h de hormigón. Además, considerando que los camiones *mixer* que transportan el hormigón proveniente de plantas estáticas suelen contener 8 m³, una producción de 4 m³/h equivale a un mixer cada 2 horas, con posibilidad de mantenerlo en forma continua durante toda la jornada.

Por lo tanto, en función de la producción horaria y la duración de un ciclo, se calcula la capacidad útil de la mezcladora:

$$V_h = Q_h \cdot t_{ciclo} = \frac{4\text{m}^3/\text{h} \cdot 8\text{min}}{60 \frac{\text{min}}{\text{h}}} = 0,5\text{m}^3$$

Donde:

V_h = Volumen útil del pastón de hormigón [m³].

Q_h = Producción horaria de hormigón esperada [m³/h].

t_{ciclo} = Tiempo aproximado de un ciclo [min]

4.3.2. Capacidad de almacenamiento.

Conociendo el tamaño de cada pastón y con el balance de masa desarrollado en la sección anterior, se pueden determinar las capacidades de almacenamiento de cada componente:

Agregados.

Ambos agregados tendrán igual capacidad de almacenamiento. Dado que en proporción, el grueso requiere mayor cantidad se estimará para éste. En cada pastón se necesita:

$$AG_{batch} = AG \cdot V_h = 965 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,5 \frac{\text{m}^3}{batch} = 482 \frac{\text{kg}}{batch}$$

Donde:

$$AG_{batch} = \text{Cantidad de agregado grueso por pastón en peso } \left[\frac{\text{kg}}{batch} \right].$$

Se decide una autonomía de al menos 1 hora de funcionamiento continuo, por lo tanto la capacidad mínima que deberán poseer las tolvas será:

$$V_{AG/AF} = t_{aut.AG} \cdot \frac{AG_{batch}}{\rho_{AG}} \cdot \frac{60 \frac{\text{min}}{\text{h}}}{t_{ciclo}} = 1\text{h} \cdot \frac{482 \frac{\text{kg}}{batch}}{1550 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \cdot \frac{60 \frac{\text{min}}{\text{h}}}{8 \frac{\text{min}}{batch}} = 2,3\text{m}^3$$

Donde:

$$V_{AG/AF} = \text{Capacidad de la tolva de agregado grueso o fino } [\text{m}^3].$$

$$t_{aut.AG} = \text{Autonomía del agregado grueso } [\text{h}]$$

Cemento.

Se debe repetir el cálculo anterior, pero en éste caso se debe tener en cuenta la alimentación por bolsas de 50 kg. Dado el balance de masa y la tasa de producción se debe suministrar una cantidad de cemento igual a:

$$C_{batch} = C \cdot V_h = 465\text{kg} \cdot 0,5 \frac{\text{m}^3}{batch} = 232,5 \frac{\text{kg}}{batch} = 4,65 \frac{\text{bolsas}}{batch}$$

Donde:

$$C_{batch} = \text{Cantidad de cemento por pastón en peso } \left[\frac{\text{kg}}{batch} \right].$$

Por lo tanto implica la carga de casi 5 bolsas de cemento en 8 minutos, o dicho de otra manera, una bolsa cada 1,7 minutos. Si se quiere operar en forma continua, se deben suministrar constantemente bolsas de cemento y mantener una reserva suficiente para alrededor de dos pastones, es decir, **460kg**.

Agua.

Para determinar la alimentación de agua necesaria, se calcula en primer lugar la cantidad de agua promedio que se necesitará:

$$Q_a = A_{batch} \cdot n_{batch} = 102\text{l}/batch \cdot 8 \text{ batch}/\text{h} = 816\text{l}/\text{h}$$

Donde:

$$Q_a = \text{Caudal horario promedio } [\text{l}/\text{h}].$$

$$n_{batch} = \text{Número de pastones por hora.}$$

$$A_{batch} = \text{Cantidad de agua por pastón } [\text{l}/\text{h}].$$

Si suponemos que la mayoría de las veces el agua se obtiene de pozos, que en promedio entregan unos 3000 l/h, podemos suponer que el abastecimiento de agua directo es posible. Sin embargo, para descargar los 102 litros de un pastón tardaría alrededor de 2 minutos, que es mayor incluso que el tiempo de mezclado. Por lo tanto se diseña un sistema de alimentación de agua que incluya una bomba de caudal elevado y un depósito que permita una autonomía de al menos una hora:

$$V_A = t_{aut.a} \cdot Q_a = 1h \cdot 818 \frac{l}{h} = 818l$$

Donde:

V_A = Capacidad mínima del depósito de agua [l].

$t_{aut.a}$ = Autonomía de agua [min]

Finalmente, se calcula el caudal de agua necesario para suministrar el agua de un pastón en un tiempo muy corto, que se decide en 15 segundos.

$$V_{A'} = \frac{A_{batch}}{t_a} = \frac{102l/batch}{15s} = 6,8l/s \cong 25m^3/h$$

Donde:

$V_{A'}$ = Capacidad mínima de la bomba de agua [l/s].

t_a = Duración del ingreso de agua [s]

Aditivos.

Los aditivos se incorporan en pequeñas cantidades al hormigón, pero debido a la necesidad de reponer el nivel manualmente, se buscará la mayor autonomía posible. Tomando como ejemplo el fluidificante Sika-Cem, en cuyo catálogo se menciona una proporción de 7,06 g por cada kilogramo de cemento, el consumo horario sería de:

$$m_{Ad} = Ad_{batch} \cdot \frac{60 \frac{\text{min}}{h} \cdot C_{batch}}{t_{ciclo}} = 0,007 \frac{\text{kg}}{\text{batch}} \cdot \frac{60 \frac{\text{min}}{h} \cdot 232,5}{8 \frac{\text{min}}{\text{batch}}} = 12,3 \frac{\text{kg}}{h}$$

Donde:

m_{Ad} = Caudal másico de aditivo necesario [kg/h].

Ad_{batch} = Cantidad de agua por pastón en peso [kg/batch].

Por lo tanto, si se supone una autonomía de media jornada (4 horas), se necesitaría un depósito de la siguiente capacidad para cada aditivo:

$$V_{Ad} = \frac{t_{aut.ad} \cdot m_{Ad}}{\rho_{Ad}} = \frac{4h \cdot 12,3 \frac{\text{kg}}{h}}{1,2 \frac{\text{kg}}{l}} = 41l$$

Donde:

V_{Ad} = Capacidad de los depósitos de aditivos [l].

$t_{aut.ad}$ = Autonomía de aditivos [min]

4.4. Alimentación de agregados.

4.4.1. Tolva

Diseño geométrico

Para el diseño de la tolva el primer paso es el cálculo de los ángulos mínimos que deberá tener la tolva para una descarga rápida y completa. Según el libro “*Materials Handling Handbook*” de Raymond A. Kulwiec existen distintas formas en las que pueden fluir los materiales cuando salen de la tolva, dentro de las cuales las más importantes son:

- **Flujo en embudo o de núcleo:** Se produce un canal de flujo de material por encima de la salida, mientras que el material adyacente a las paredes y cerca de la salida permanece quieto. La ventaja es que permiten tolvas menos profundas e incluso con fondo plano, permitiendo mayor capacidad con menor espacio. Por otra parte, esto produce una secuencia Primero-entra, Ultimo-sale, que genera diversos problemas en el almacenamiento como *ratholes* (hueco estable que se produce sobre la abertura de carga, evitando la descarga), flujo errático y segregación (separación de materiales finos de gruesos).
- **Flujo total o en masa:** Describe una condición en la cual todo el material de la tolva se encuentra en movimiento durante la descarga. No requiere necesariamente que la velocidad sea constante en toda la sección transversal. Las tolvas que permiten éste tipo de flujo requieren más espacio pero no tienen todos los problemas anteriormente nombrados son eliminados o minimizados, así como una secuencia más beneficiosa tipo Primero-entra, Primero-sale.

Se intentará utilizar un flujo en masa, a fin de evitar principalmente segregación (lo que llevaría a errores en los agregados utilizados con respecto a lo deseado) y acumulación de agregados.

Por lo tanto, para lograr un flujo total, se aplica el método de Jenike explicado en el mismo libro siguiendo una serie de pasos:

1. Seleccionar el tipo de tolva (Figura 4.5), con salida cónica o rectangular. Se elige un tipo rectangular, debido a que permite ángulos más suaves y alturas menores.
2. Elegir la extensión de la boca de salida, es decir el diámetro (cono) o ancho (rectangular). Como se desconoce en ésta instancia, el libro propone elegir una serie de valores, por lo tanto se toman entre 250 y 500mm, con intervalos de 50mm.
3. Con la ecuación siguiente, calcular la mayor presión de consolidación, que es proporcional a la presión normal sobre la pared:

$$\sigma_1 = \frac{f \cdot B \cdot \gamma_{AF}}{H_{(\theta)}}$$

Donde:

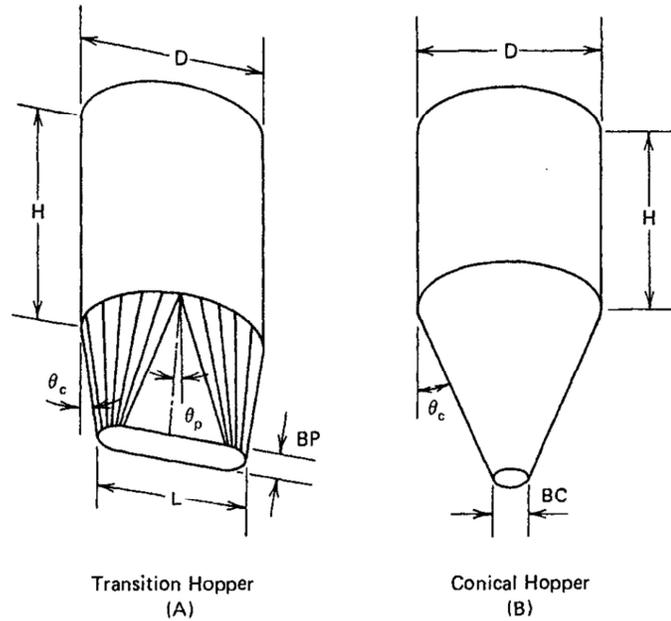


Figura 4.5: Tipos de tolva con flujo total.

σ_1 = Máxima presión de consolidación.

ff = Factor de flujo del cono de descarga. Se puede obtener de la Figura 4.6 para una boca de salida rectangular (*wedge*) y el ángulo de fricción interna δ de los áridos, que ronda los 35° . Por lo tanto, se considera igual a 1.7.

B = Extensión de la boca de salida, definido por un intervalo de valores anteriormente mencionado.

γ = Densidad a granel del sólido. Se considera un valor usual de 1550 kg/m^3

$H_{(\theta)}$ = función que depende de el tipo de cono de descarga y su ángulo. Se determina su valor de la Figura 4.7 en función de la forma de la boca (Rectangular con $L > 3B$) y del ángulo de la tolva, el cual estimamos en 25° . El resultado es igual a 1,1.

- De la Figura 4.8 y para cada valor de σ_1 calcular el valor de la resistencia friccional σ_f de donde se calcula el ángulo de fricción de pared ϕ como el arco tangente de la razón entre éstas presiones. Éste gráfico es elaborado con los datos de una investigación de A. Serkan Çagli denominado "*Flow property measurement using the Jenike shear cell for 7 different bulk solids*". De los materiales ensayados, se considera la arena amarilla, siendo la más representativa. A su vez, se considera el uso de vibración para facilitar la descarga y ésto tiene un efecto en el ángulo de fricción interna. De acuerdo a la investigación de Tomas Jürgen "*The influence of Vibrations on Flow Propieties of Cohesive Powders*", dicho ángulo puede disminuirse alrededor de 10° .

$$\phi = \arctan \frac{\sigma_f}{\sigma_1} - 10^\circ$$

- Para cada valor de ϕ y para un ángulo δ anteriormente fijado en 35° , se obtiene de la Figura 4.9 un conjunto de ángulos de tolva θ_c . Éste valor es indicado para una

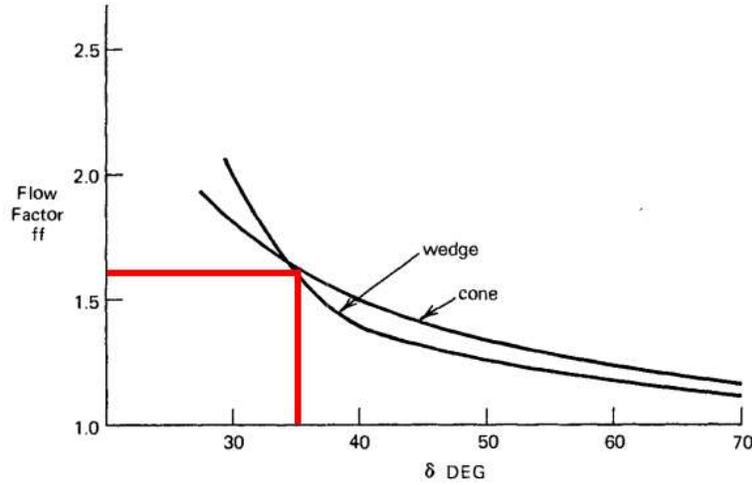


Figura 4.6: $H(\theta)$ en función de la forma y el ángulo de la boca de descarga.

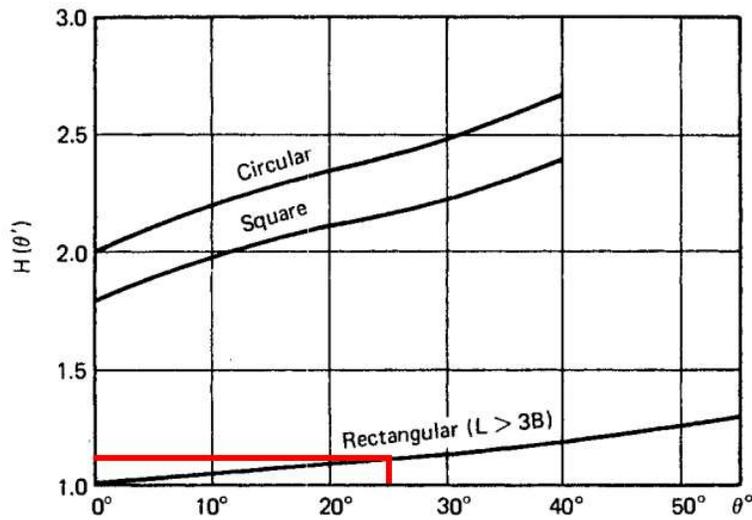


Figura 4.7: Factor de flujo para boca cónica y rectangular en función del ángulo de fricción interna.

tolva cónica o para los lados menores de la tolva rectangular. El ángulo de los lados mayores θ_R será 10° mayor por regla general. En la siguiente tabla se incluyen los valores calculados para cada tamaño de boca de salida.

B[mm]	σ_1 [kPa]	ϕ [°]	θ_c [°]	θ_R [°]
250	5,9	21,9	23,4	33,4
300	7,0	18,6	24,7	34,7
350	8,2	16,2	25,6	35,6
400	9,4	14,2	26,3	36,3
450	10,6	12,7	26,9	36,9
500	11,7	11,4	27,3	37,3

- Se verifica el ancho mínimo que debe tener la descarga para evitar la formación de arcos que impidan la caída por gravedad de los agregados. Para ello sobre el gráfico

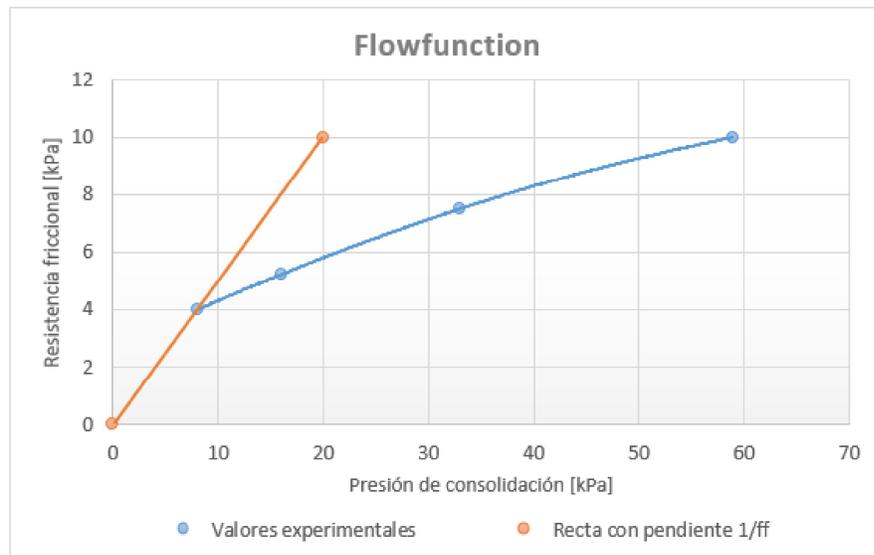


Figura 4.8: Resistencia friccional con respecto a la presión de consolidación .

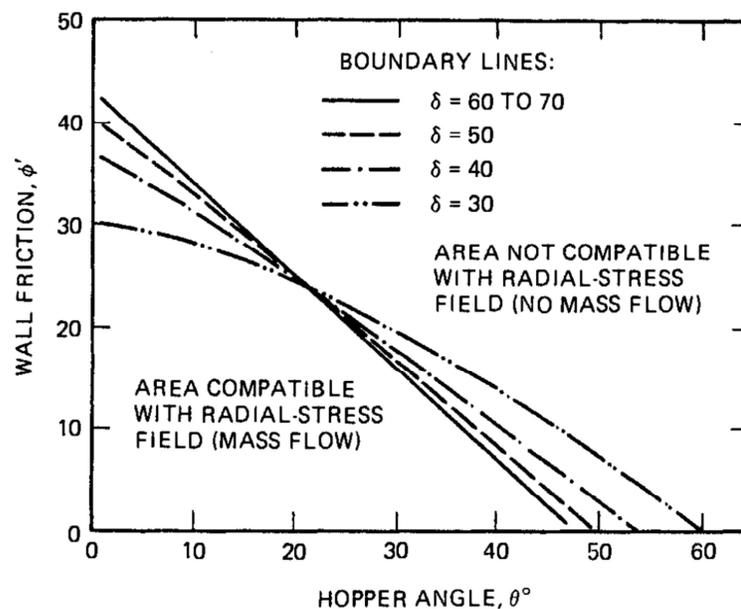


Figura 4.9: Ángulos de tolva θ_c en función de varios δ .

de la Figura 4.8 se traza una recta con pendiente igual a la inversa del factor de flujo ff . Se denomina σ_i a la presión de consolidación en la intersección entre ambas curvas. Luego, se verifica que:

$$B_{min} = \frac{\sigma_i \cdot H(\theta)}{\gamma_{AF}} = \frac{8 \text{ kPa} \cdot 1,1}{1550 \text{ kg/m}^3} = 579 \text{ mm}$$

De acuerdo a la misma investigación de Tomas Jürgen, este ancho mínimo puede reducirse a la mitad cuando se utiliza vibración. Por lo tanto, se decide utilizar una boca de salida de 300x900mm. Se calcula a continuación cual será el máximo caudal másico que

podrá entregar, considerando un flujo total, dado por la ecuación de Johanson.

$$Q_{AF/AG} = \gamma_{AF} \cdot S_{Ag} \cdot \sqrt{\frac{B \cdot g}{2 \cdot (1 + m) \cdot \tan \theta}} = 1550 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,27 \text{ m}^2 \cdot \sqrt{\frac{0,3 \text{ m} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{2 \cdot \tan 30^\circ}} = 668 \text{ kg/s}$$

Donde:

- $Q_{AF/AG}$ = Caudal másico de descarga de las tolvas de agregados [kg/m³].
- S_{Ag} = Área de la sección transversal de la boca de salida [m²].
- g = Aceleración de la gravedad [m/s²]
- m = Constante igual a 1 para tolva cónica, 0 para rectangular.

Por lo tanto, teóricamente podría entregar la cantidad de agregado en un corto periodo de tiempo.

Con los datos de los ángulos de tolva necesarios, tamaño de la boca de descarga y dimensiones máximas dadas por la Ley de Tránsito, se diseña una tolva que pueda contener un volumen de 5m³. En la Figura 4.10 se observan las dimensiones que tendría.

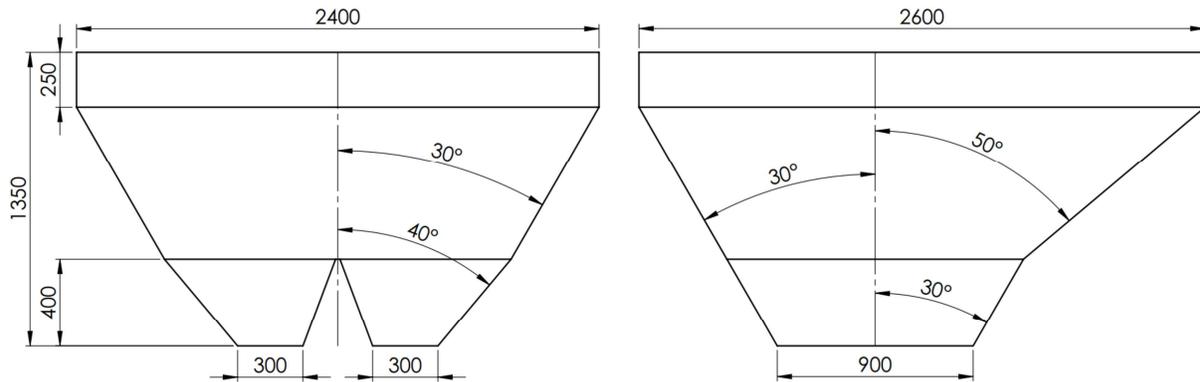


Figura 4.10: Dimensiones básicas de la tolva.

Cálculo mecánico

Una vez dimensionada la tolva se procede al cálculo mecánico. La estructura debe soportar una carga estática al contener el árido y una carga dinámica durante la carga y descarga. Éste calculo comprende en principio la estimación de las presiones actuantes sobre las paredes de la tolva. Ésta parte se basa en la norma **Eurocódigo UNE-ENV 1991-4**, denominada “Acciones en silos y depósitos”.

En primer lugar, se determinará si verifica por las características geométricas se comporta como un silo corto o esbelto, ya que el procedimiento de cálculo es diferente. La norma lo define como:

$$\text{Silo esbelto} = \frac{h}{d_c} \geq 1,5$$

$$\text{Silo corto} = \frac{h}{d_c} < 1,5$$

$$\frac{h}{d_c} = \frac{1,35}{1,2} = 1,13 \Rightarrow \text{Silo corto}$$

Donde:

h = Altura total desde la salida [m].

d_c = Dimensión característica de la sección transversal, en éste caso para una tolva rectangular es igual al lado más corto [m].

Por lo tanto, se sigue el procedimiento de cálculo para silos cortos.

1. Se calculan las presiones de llenado en las paredes verticales.

$$p_{wf} = \frac{\gamma_{Ag} \cdot A_{sv}}{U} \cdot C_z = \frac{1550\text{kg/m}^3 \cdot 3,12\text{m}^2}{7,6\text{m}} \cdot 0,104 = 66,17\text{kg/m}^2$$

$$p_{hf} = \frac{\gamma_{Ag} \cdot A_{sv}}{\mu \cdot U} \cdot C_z = \frac{1550\text{kg/m}^3 \cdot 3,12\text{m}^2}{0,4 \cdot 7,6\text{m}} \cdot 0,104 = 165\text{kg/m}^2$$

$$p_{hf,s} = p_{hf} \cdot (1 + 0,2 \cdot \beta) = 165\text{kg/m}^2 \cdot (1 + 0,2 \cdot 2) = 231\text{kg/m}^2$$

Donde:

$$C_z = 1 - e^{\frac{-z}{z_0}} = 1 - e^{\frac{-0,25}{2,28}} = 0,104$$

$$z_0 = \frac{A}{K_s \cdot \mu \cdot U} = \frac{3,12\text{m}^2}{0,45 \cdot 0,4 \cdot 7,6\text{m}} = 2,28\text{m}$$

$$\beta = 1 + 4 \cdot \frac{e_i}{d_c} = 1 + 4 \cdot \frac{0,3}{1,2} = 2$$

p_{wf} = Presión de rozamiento sobre la pared durante el llenado [kg/m²].

p_{hf} = Presión horizontal durante el llenado [kg/m²].

$p_{hf,s}$ = Presión horizontal durante el llenado, corregida mediante método simplificado [kg/m²].

A_{sv} = Área de la sección de paredes verticales = 1,2m · 2,6m = 3,12m².

U = Perímetro interior de la sección de paredes verticales
= 1,2m · 2 + 2,6m · 2 = 7,6m.

μ = Coeficiente de rozamiento de la pared. Se obtiene de la Tabla 7.1 de la misma norma (Fig. 4.11) para arena seca y acero = 0,4.

C_z = Coeficiente de Janssen.

z = Profundidad de la sección de paredes verticales [m].

β = Coeficiente de mayoración de la presión local.

K_s = Relación de presiones horizontal y vertical. Se obtiene de la Tabla 7.1 de la misma norma (Fig. 4.11) para arena seca = 0,45.

e_i = Excentricidad debida al llenado = 0,3 [m].

2. Se calculan las presiones de vaciado en las paredes verticales:

$$p_{we} = C_w \cdot p_{wf} = 1,026 \cdot 66,17\text{kg/m}^2 = 67,9\text{kg/m}^2$$

$$p_{he} = C_h \cdot p_{hf} = 1,104 \cdot 165\text{kg/m}^2 = 182,2\text{kg/m}^2$$

$$p_{he,s} = p_{he} \cdot (1 + 0,2 \cdot \beta) = 182,2\text{kg/m}^2 \cdot (1 + 0,2 \cdot 2) = 255\text{kg/m}^2$$

Material granular	Densidad ³⁾ γ [kN/m ³]	Relación de presiones ($K_{s,m}$)	Coeficiente de rozamiento de la pared μ_m		Máximo coeficiente de mayoración de la presión C_0
			Acero ⁴⁾	Hormigón	
cebada ¹⁾	8,5	0,55	0,35	0,45	1,35
cemento	16,0	0,50	0,40	0,50	1,40
clinker de cemento	18,0	0,45	0,45	0,55	1,40
arena seca ²⁾	16,0	0,45	0,40	0,50	1,40
harina ¹⁾	7,0	0,40	0,30	0,40	1,45
ceniza volante ²⁾	14,0	0,45	0,45	0,55	1,45
maíz ¹⁾	8,5	0,50	0,30	0,40	1,40
azúcar ¹⁾	9,5	0,50	0,45	0,55	1,40
trigo ¹⁾	9,0	0,55	0,30	0,40	1,30
carbón ^{1), 2)}	10,0	0,50	0,45	0,55	1,45

Figura 4.11: Propiedades de algunos materiales a granel (Tabla 7.1 UNE-ENV 1991-4).

Donde:

$$C_w = 1 + 0,2 \cdot \left(\frac{h}{d_c} - 1 \right) = 1 + 0,2 \cdot (1,13 - 1) = 1,026$$

$$C_h = 1 + 2 \cdot (C_0 - 1) \cdot \left(\frac{h}{d_c} - 1 \right) = 1 + 2 \cdot (1,4 - 1) \cdot (1,13 - 1) = 1,104$$

p_{we} = Presión de rozamiento sobre la pared durante el vaciado [kg/m²].

p_{he} = Presión horizontal durante el vaciado [kg/m²].

$p_{he,s}$ = Presión horizontal durante el vaciado, corregida mediante método simplificado [kg/m²].

C_w = Coeficiente de mayoración de la tracción debida al rozamiento con la pared.

C_h = Coeficiente de mayoración de la presión horizontal.

C_0 = Máximo coeficiente de mayoración de la presión sobre paredes. Se obtiene de la Tabla 7.1 de la misma norma (Fig. 4.11) para arena seca = 1,4.

- Se calcularán las presiones de llenado en las paredes inclinadas mediante las siguientes expresiones. Las variables y resultados para cada cara inclinada se expresan en una tabla (Fig. 4.12) :

$$p_n = p_{n3} + p_{n2} + (p_{n1} - p_{n2}) \frac{x}{I_h}$$

$$p_{n1} = p_{v0} \cdot (C_b \cdot \cos^2 \alpha + \text{sen}^2 \alpha)$$

$$p_{n2} = C_b \cdot p_{v0} \cdot \cos^2 \alpha$$

$$p_{n3} = 3 \cdot \frac{A}{U} \cdot \frac{\gamma_{Ag} \cdot K_s}{\sqrt{\mu}} \cdot \text{sen}^2 \alpha$$

$$p_{v0} = \frac{\gamma_{Ag} \cdot A}{K_s \cdot \mu \cdot U} C_{z,max}$$

$$p_t = p_n \cdot \mu$$

Donde:

- p_n = Presión normal total a la pared inclinada de la tolva [kg/m²].
- p_{n1}/p_{n2} = Presiones debidas al llenado de la tolva [kg/m²].
- p_{n3} = Presión debida al material almacenado directamente sobre la transición [kg/m²].
- p_{v0} = Presión vertical actuante en la transición [kg/m²].
- p_t = Presión de rozamiento sobre la cara inclinada. [kg/m²].
- x = Longitud entre el vértice de descarga y l_h [m].
- l_h = Longitud de la cara inclinada de la tolva.
- α = Ángulo de inclinación respecto a la horizontal, de la pared de la tolva.
- C_b = Coeficiente de mayoración de la presión sobre el fondo= 1,2.

	5	6	7	8
α [°]	69	46	56	60
z [m]	0,95	0,25	0,25	0,25
l_h [m]	0,43	1,55	1,33	1,27
Cz	0,341	0,104	0,104	0,104
p_{v0} [kg/m ²]	1204,3	367,0	367,0	367,0
p_{n1} [kg/m ²]	1234,0	402,4	390,0	385,4
p_{n2} [kg/m ²]	178,1	212,5	137,7	110,1
p_{n3} [kg/m ²]	1190,9	702,8	933,5	1018,7
$p_{n\ x=0}$ [kg/m ²]	1369,0	915,3	1071,2	1128,8
$p_{n\ x=l_h}$ [kg/m ²]	2424,9	1105,3	1323,5	1404,0
p_t [kg/m ²]	969,9	442,1	529,4	561,6

Figura 4.12: Valores calculados.

4. De acuerdo a la norma, para la condición de vaciado en las paredes inclinadas, se debe incorporar a las presiones de llenado una presión perpendicular fija adicional, a una distancia $0,2d_c$ a lo largo de la pared. Ésta presión deberá ser:

$$p_s = 2 \cdot p_{h0} = 2 \cdot$$

$$d_s = 0,2 \cdot d_c = 0,2 \cdot 1,2\text{m} = 0,24\text{m}$$

Donde:

$$p_{h0} = \text{Presión horizontal de llenado en la transición [kg/m}^2\text{].}$$

$$p_s = \text{Presión adicional por vaciado [kg/m}^2\text{].}$$

Una vez calculadas todas las cargas actuantes sobre la tolva se utiliza el software *DS Solidworks 2016*, en particular su módulo *Simulation*, para el cálculo mecánico. Se decide en principio utilizar una estructura construida en chapa de acero SAE 1045 y espesor 3/16" (4,76mm). Éste acero no sólo posee una tenacidad elevada que permite bajos espesores y bajo peso, si no que además posee una alta dureza superficial, disminuyendo el desgaste. Luego se reforzarían las partes que se considere necesario. Para uso del software se utiliza el siguiente procedimiento, mismo que será empleado siempre con éste software con las variaciones necesarias para cada geometría:

1. Se elige el método de cálculo. Se utilizará el modelo estático no-lineal, ya que al tratarse de chapas metálicas, su comportamiento frente a las presiones interiores es no lineal.
2. Se establece el material constructivo, en éste caso acero SAE 1045.
3. Se indican los lugares de apoyo de la estructura. Se considera que estará empotrada directamente al chasis del equipo, aproximadamente en un lugar cercano a la entrada.
4. Se aplican las presiones calculadas a cada cara. Si bien la norma indica que la aplicación de las presiones horizontales deben ser triangulares (aumentando a mayor profundidad), para mayor simpleza en el cálculo, se consideran todas uniformes.
5. Ya es posible hacer el cálculo, que incluye el mallado del modelo 3D y sucesivas iteraciones. El resultado está dado en tensiones de Von Mises y deformaciones en milímetros. Se deberá comparar éstas tensiones con la de fluencia del material afectada por un coeficiente de seguridad mínimo. Éste se determina según el libro **Resistencia de Materiales** del autor *P. Stiopin* y está compuesto por otros tres coeficientes parciales:

η_1 Se aplica tanto para fatiga como para carga estática. Tiene en cuenta el posible error al determinar las cargas y tensiones. Oscila entre 1,2 y 3. En este caso se considera igual a 2 ya que las cargas se estimaron en forma aproximada.

η_2 Para cargas estáticas el coeficiente tiene en cuenta la homogeneidad del material y su sensibilidad a los posibles defectos de mecanización. Se obtiene de tabla 2.5, pág. 56, para relación entre tensión de fluencia y de rotura $\frac{\sigma_f}{\sigma_r} = \frac{390}{650} = 0,6$. Su valor es 1,6.

η_3 Este también se aplica tanto para fatiga como para carga estática. Tiene en cuenta el grado de responsabilidad de la pieza. Varía entre 1 y 1,5. Como la tolva presenta un cierto grado de importancia ya que su rotura implica que la máquina queda fuera de servicio se toma 1,25.

$$\eta_t = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 = 2 \cdot 1,6 \cdot 1,25 = 4$$

De los resultados obtenidos (Fig. 4.13) resulta claro que la placa vertical central no posee suficiente resistencia ya que se produce una deformación elevada (mayor a 30mm), por lo que luego de varias pruebas, se aumenta su espesor a 1/4" y se agrega un refuerzo construido con un tubo rectangular de 80mm de alto por 40mm de ancho y 2mm de espesor.

4.4.2. Alimentadores.

Se procede a diseñar el alimentador mecánicamente y luego se verificará que soporta los esfuerzos aplicados. Las piezas que lo conforman se desarrollan a continuación:

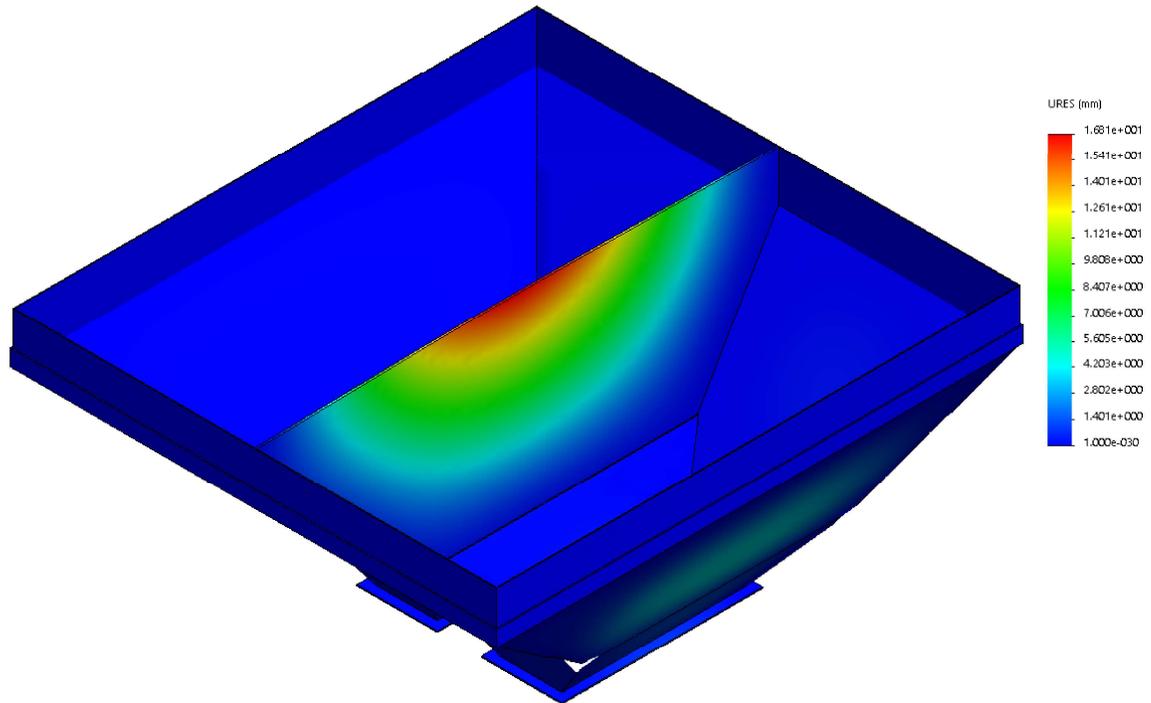


Figura 4.13: Diagrama de deformación en la tolva.

Caja de soporte.

Se construirá en principio como una caja de chapa de espesor 3/16" y acero SAE 1045, conformada por dos chapas plegadas opuestas. Sobre ésta se suelda una brida construida en chapa de 3/8" (9.525mm), idéntica a la instalada en la tolva, de tal forma que permita la unión firme entre ambas. Tendrá además, dos agujeros de 25mm en cada lado corto para los ejes de giro de las compuertas.

Compuertas.

Cada compuerta esta formada por dos piezas independientes, que cubren cada mitad de la salida y está construída en chapa 1/4" (6,35mm) y acero SAE 1045. Una de ellas es motriz, impulsada por un cilindro hidráulico para abrirse y cerrarse. La otra pieza sigue el movimiento de la primera, ya que entre ellas se diseña una transmisión a engranajes. El perfil de los dientes está cortado en una chapa de espesor 1/4" que sujeta las compuertas desde los laterales. Cada lado tiene una parte de engranaje de 15 dientes, un módulo de 6mm y un ángulo de presión de 20°. La distancia entre ejes es de 90,5mm.

Ejes compuertas.

Cada eje de compuerta estará construido con barra trefilada de acero SAE 1045 y diámetro 25mm. Para fijarlo se mecanizan en el eje dos alojamientos para anillos de retención DIN 471, de diámetro nominal 25mm.

Cilindros neumáticos.

Los cilindros neumáticos producen la rápida apertura y cierre de las compuertas. Para su selección en primer lugar se determina el diámetro de émbolo necesario. Para ello, se calcula la fuerza necesaria mediante la ecuación proporcionada por el fabricante de equipos para manejo de materiales a granel **KWS**.

$$F_s = H \cdot L \cdot W \cdot \gamma_A \cdot \mu = 1,67\text{m} \cdot 0,3\text{m} \cdot 0,9\text{m} \cdot 1550\text{kg}/\text{m}^3 \cdot 0,4 = 280\text{kg} = 2740\text{N}$$

Donde:

F_s = Fuerza necesaria para cerrar o abrir las compuertas [N].

H = Altura sobre la compuerta [m].

L = Largo de la compuerta [m].

W = Ancho de la compuerta [m].

μ = Coeficiente de fricción estática.

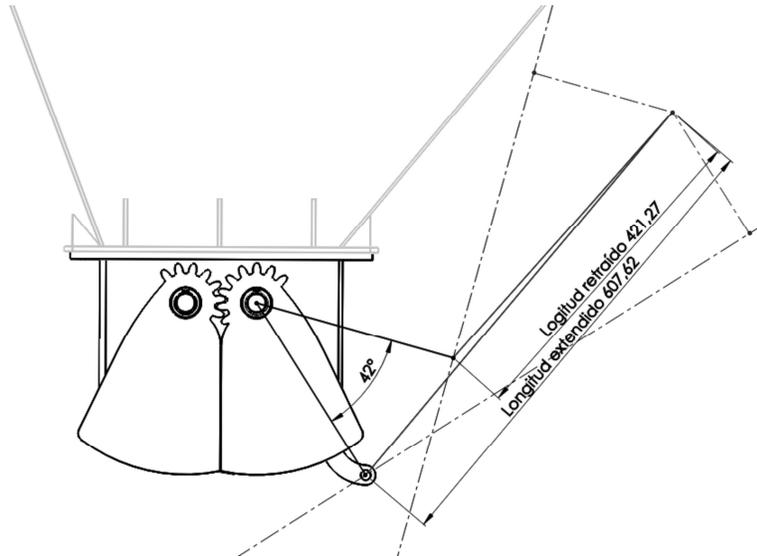


Figura 4.14: Croquis de cilindro de descargadores de tolvas.

Luego, conocida ésta fuerza se decide utilizar dos cilindros en paralelo por cada tolva. Seleccionándolos de un catálogo del fabricante Micro, se obtiene el dato de una presión admisible igual a 10 bar. Para tener margen de corrección posterior, se dimensiona el diámetro de émbolo del cilindro a la mitad de ésta.

$$A = \frac{F_s}{P_{adm}} = \frac{2740\text{N}}{500000\text{Pa}} = 0,005479\text{m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,005479\text{m}^2}{\pi}} = 83,5\text{mm}$$

Por lo tanto se seleccionan dos cilindros de 40mm. La carrera se determina gráficamente como se observa en la Figura 4.14 y es igual a 200mm. Luego, se eligen los montajes que resultan más convenientes (Fig. 4.15).

Montaje basculante trasero macho

Ø	MICRO	ØCD	E	EW	FL	L	MR	XD
32	0.027.000.005	10	48	26	22	12	11	142
40	0.028.000.005	12	55	28	25	15	13	160
50	0.029.000.005	12	65	32	27	15	13	170
63	0.030.000.005	16	78	40	32	20	17	190
80	0.031.000.005	16	96	50	36	20	17	210
100	0.032.000.005	20	116	60	41	25	21	230
125	0.033.000.005	25	140	70	50	30	26	275
160	0.034.000.005	30	178	90	55	35	33	315
200	0.015.000.005	30	220	90	60	35	31	335
250	0.016.000.005	40	280	110	70	44	41	375

Horquilla para vástago

MICRO	
M10 x 1,25	0.007.000.010
M12 x 1,25	0.008.000.010
M16 x 1,5	0.009.000.010
M20 x 1,5	0.011.000.010
M27 x 2	0.033.000.010
M36 x 2	0.014.000.010
M42 x 2	0.016.000.010

Figura 4.15: Montajes del cilindro en descargadores de tolvas.

Finalmente, para verificar la selección, se verifica el esfuerzo de pandeo mediante el ábaco ofrecido por el fabricante (Fig. 4.16). Se verifica que con la carrera elegida, el cilindro puede llegar a su máximo de 10 bar sin problemas de pandeo.

Ensamble final y verificación.

En la Figura 4.17 se observa el ensamble final del alimentador, en sus dos posiciones. Para calcular los esfuerzos a los que éstas piezas están sometidas, se calcula la presión vertical en el fondo de la tolva, para ello se utiliza la misma ecuación usada anteriormente:

$$p_{v,comp} = \frac{\gamma_{Ag} \cdot A_s}{K_s \cdot \mu \cdot U_s} C_{z,comp} = \frac{1550 \text{kg/m}^3 \cdot 0,27 \text{m}^2}{0,45 \cdot 0,4 \cdot 2,4 \text{m}} 0,24 = 279 \text{kg/m}^2$$

Donde:

$p_{v,comp}$ = Presión vertical en la compuerta [kg/m²].

A_s = Área de la salida = 0,9m · 0,3m = 0,27m².

U_s = Perímetro de la salida = 0,9m · 2 + 0,3m · 2 = 2,4m.

$C_{z,comp}$ = Coeficiente de Janssen, calculado como anteriormente, para una profundidad de 1.7m y las dimensiones de la salida = 0,24.

Si a esta presión la afectamos al área de salida, da una fuerza resultante de 75 kg. Se aplica este esfuerzo a las distintas piezas para verificar que soportan los esfuerzos.

4.4.3. Tolva de pesado.

La tolva de pesado se diseña empleando ángulos similares a la tolva de almacenamiento. La capacidad deberá ser de al menos 500kg (para contener un batch de cada árido). Debido

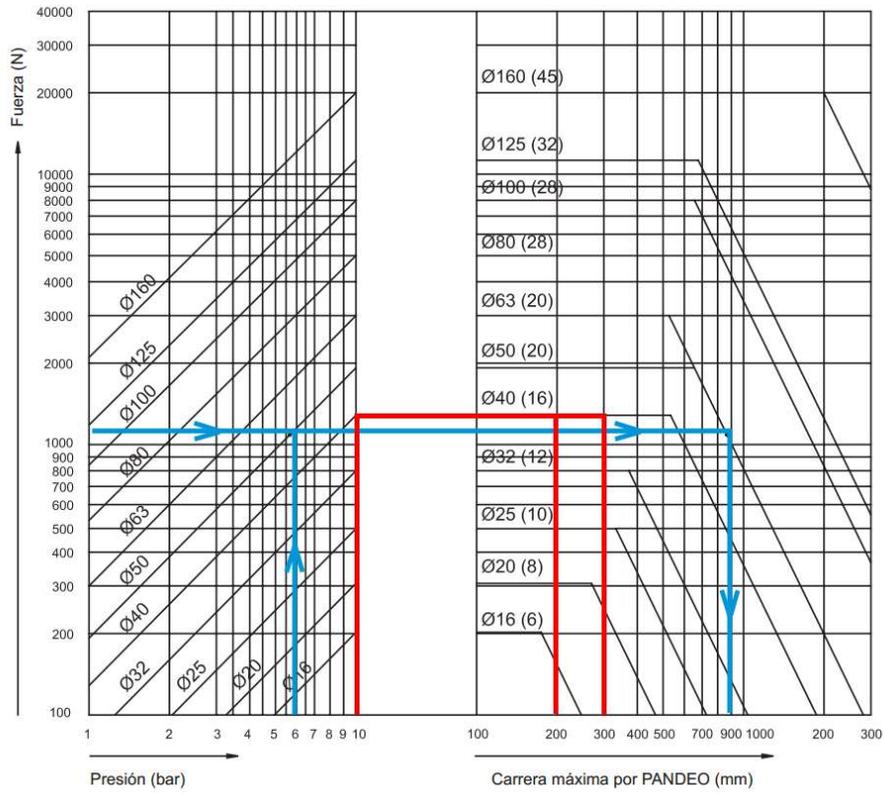


Figura 4.16: Ábaco de cálculo de pandeo en cilindros neumáticos.

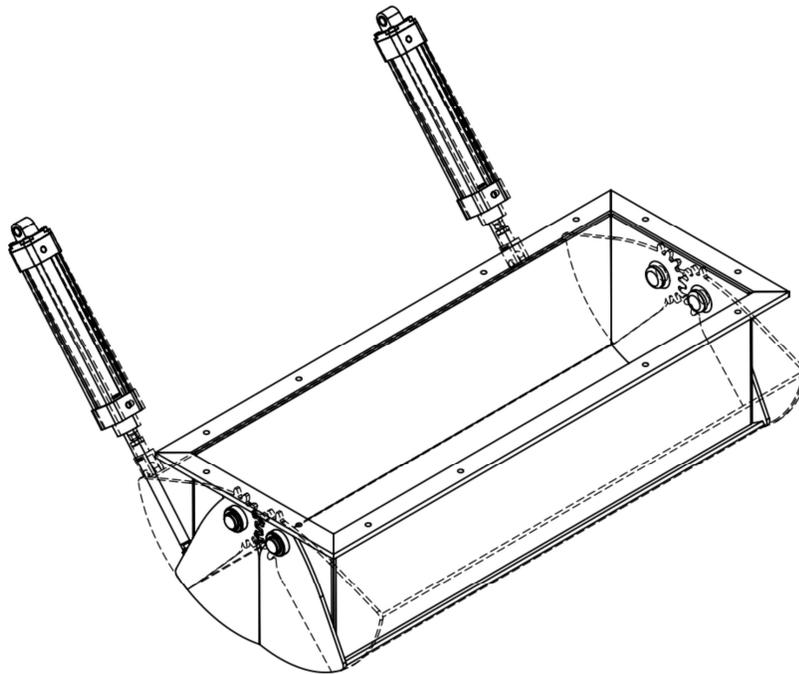


Figura 4.17: Ensamble final del descargador de tolvas.

a la descarga irregular, deberá considerarse un llenado de no más de 70%. Se considera construirla en chapa de acero 1045 y espesor 3/16" a fin de unificar espesores y para resistir el desgaste y la corrosión. Se incorpora además una brida reforzar el borde superior y para luego sujetarla al chasis del equipo.

Se diseñan las compuertas y pernos de igual forma a los alimentadores de las tolvas principales, con el aumento que sea necesario de resistencia. Debido al mayor tamaño de éstas, se diseña otra ubicación de los cilindros hidráulicos y por lo tanto se vuelven a seleccionar.

Cilindros neumáticos.

Nuevamente, se calcula la fuerza necesaria, bajo las nuevas condiciones.

$$F_s = H \cdot L \cdot W \cdot \gamma_A \cdot \mu = 0,53\text{m} \cdot 0,7\text{m} \cdot 1,1\text{m} \cdot 1550\text{kg/m}^3 \cdot 0,4 = 280\text{kg} = 2480\text{N}$$

Luego, conocida ésta fuerza se decide utilizar nuevamente dos cilindros, pero en éste caso trabajando en forma horizontal como se observa en la Figura 4.18 y de donde se calcula que la carrera necesaria es de 300mm.

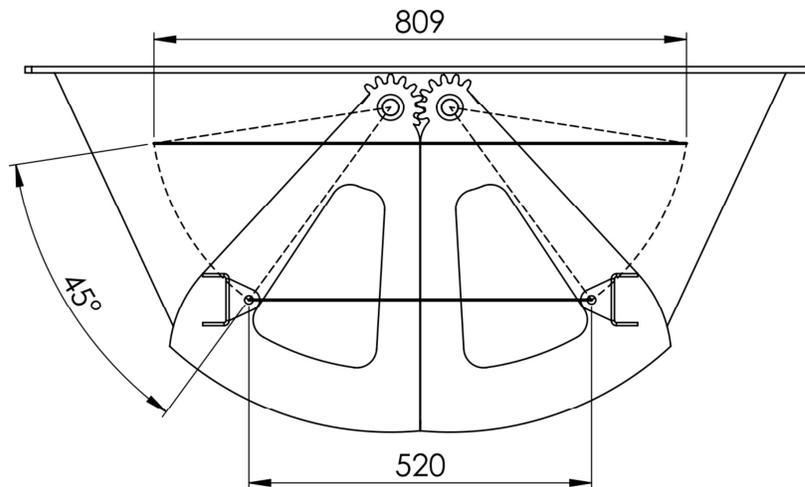


Figura 4.18: Croquis del cilindro de la tolva de pesada.

$$A = \frac{F_s}{P_{adm}} = \frac{2480\text{N}}{500000\text{Pa}} = 0,004959\text{m}^2$$

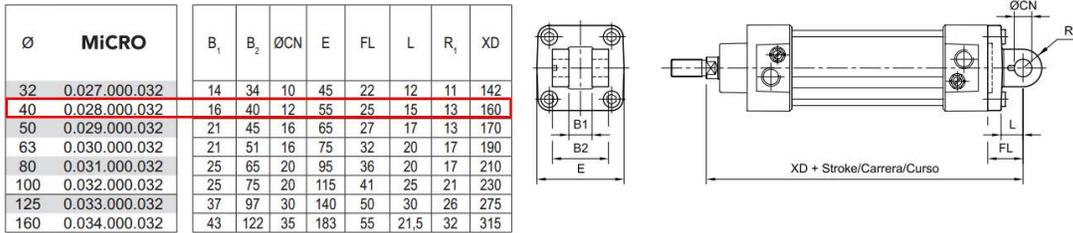
$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,004959\text{m}^2}{\pi}} = 79,5\text{mm}$$

Por lo tanto se seleccionan dos cilindros de 40mm. Luego, se eligen los montajes que resultan más convenientes (Fig. 4.19).

Finalmente, para verificar la selección, se verifica el esfuerzo de pandeo mediante el ábaco ofrecido por el fabricante (Fig. 4.16). Se verifica que con la carrera elegida, el cilindro puede llegar a su máximo de 10 bar sin problemas de pandeo.

No se muestran los resultados de los cálculos realizados, ya que son similares a los anteriores y verifican correctamente.

Montaje basculante trasero hembra angosto



Horquilla para vástago

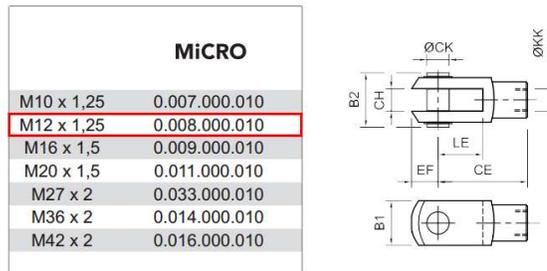


Figura 4.19: Montajes del cilindro en tolva de pesada.

4.4.4. Cinta transportadora.

El cálculo de la cinta transportadora se realizará mediante el método explicado en el libro “Conveyor Handbook” de la firma Fenner-Dunlop y se seleccionarán componentes de los fabricantes Goodyear, Rotrans, Gummi y Danfoss. Las dimensiones necesarias se observan de la Figura 4.20.

Banda.

Luego se selecciona un ancho de banda (B) de 650mm, ya que según lo investigado, es muy utilizado en otros tipos de plantas hormigoneras para éste uso. De la tabla 6 (Fig. 4.21) del libro “Conveyor Handbook” se adopta una velocidad de avance igual a 2,5m/s, recomendada para minerales duros y piedras. Para calcular la capacidad de transporte de

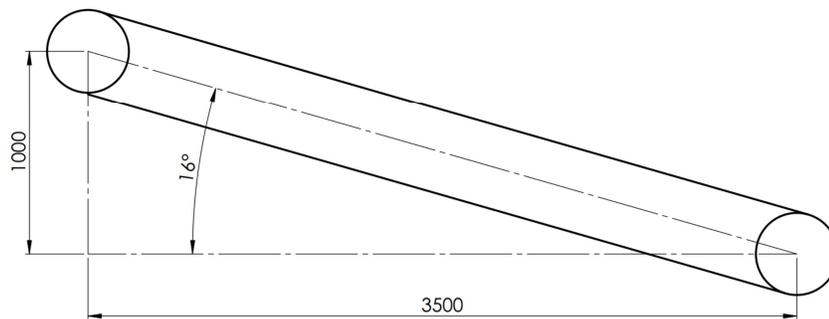


Figura 4.20: Croquis con datos para el cálculo de la cinta transportadora.

Belt width (mm)	Grain or free flowing materials	Run-of-mine, crushed coal and earth	Hard ores and stone
400	2.0	1.5	-
450	2.5	2.25	1.75
500	3.0	2.25	1.75
600	3.0	2.5	2.25
650	3.25	2.75	2.50
750	3.5	3.0 - 3.5	2.75
800	3.75	3.0 - 3.5	2.75
900	4.0	3.0 - 3.5	3.0
1000	4.0	3.0 - 3.5	3.0
1050	4.0	3.0 - 3.5	3.0
1200	4.0	3.25 - 4.0	3.0 - 3.5
1350	4.5	3.25 - 4.0	3.0 - 3.5
1400	4.5	3.25 - 4.0	3.0 - 3.5
1500	4.5	3.25 - 4.0	3.0 - 3.5
1600	5.0	3.75 - 4.25	3.25 - 4.0
1800	5.0	3.75 - 4.25	3.25 - 4.0
2000	-	3.75 - 4.25	3.25 - 4.0
2200	-	3.75 - 4.25	-

Figura 4.21: Velocidades típicas para usos generales (m/s).

la cinta, se utiliza la ecuación 2.2 del mismo libro, indicada para cintas con un abarquillado de tres rodillos iguales:

$$\dot{m}_c = \frac{\dot{m}' \cdot C_F \cdot \gamma_{AG}}{1000} = \frac{392 \cdot 0,72 \cdot 1550 \text{kg/m}^3}{1000} = 437 \text{t/h}$$

Donde:

\dot{m}_c = Capacidad de transporte de la cinta [t/h].

\dot{m}' = Capacidad nominal de transporte según tabla 3, para una velocidad de 2,5m/s y un ancho de banda de 650mm, es igual a 392.

C_F = Factor de capacidad. Para una pendiente de 16° y un abarquillado de 20°, es igual a 0.72.

Se verifica cuanto tiempo le llevaría descargar teóricamente los agregados para un *batch*.

$$t_{AG} = \frac{AF_{batch} + AG_{batch}}{\dot{m}_c} = \frac{820 \text{kg}}{437 \text{t/h}} \cdot \frac{3600 \text{s/h}}{1000 \text{kg/t}} = 6,7 \text{s}$$

Se considera un tiempo aceptable. En caso de que en la práctica sea demasiado o muy poco, al utilizarse un motor hidráulico es fácilmente modificable ya sea con un mayor caudal o reemplazando el motor por uno de diferente cilindrada.

Para la selección de la banda, es necesario calcular el esfuerzo de tracción máximo, que esta dado por:

$$T_e = \left[F_e \cdot (L + t_f) \cdot Q + F_l \cdot (L + t_f) \cdot \frac{\dot{m}_c}{3,6 \cdot v} + \frac{\dot{m}_c \cdot H}{3,6 \cdot v} \right] \cdot 9,81 \cdot 10^{-3}$$

$$T_e = \left[0,02 (3,5 \text{m} + 60 \text{m}) 33 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + 0,025 (3,5 \text{m} + 60 \text{m}) \frac{437 \frac{\text{t}}{\text{h}}}{3,6 \cdot 2,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}} + \frac{437 \frac{\text{t}}{\text{h}} \cdot 1 \text{m}}{3,6 \cdot 2,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \right] 9,81 \cdot 10^{-3}$$

$$T_e = 1,64 \text{kN}$$

$$T_2 = T_e \cdot K = 1,64 \text{kN} \cdot 0,5 = 0,82 \text{kN}$$

$$T_{MAX} = T_e + T_2 = 1,64\text{kN} + 0,82\text{kN} = 2,47\text{kN}$$

Donde:

- T_e = Tensión efectiva de la banda [kN].
 T_2 = Tensión del ramal flojo de la banda [kN].
 T_{MAX} = Máxima tensión de operación [kN].
 F_e = Factor de equipamiento en vacío, para equipos horizontales o elevadores = 0,02.
 F_l = Factor de equipamiento en carga, para equipos horizontales o elevadores = 0,025.
 L = Longitud horizontal de centro a centro [m].
 t_f = Constante de fricción terminal, para equipos horizontales o elevadores hasta 300m de largo = 60m.
 Q = Peso de las partes móviles por unidad de longitud de centro a centro [kg/m].
 H = Cambio de altura neto [m].
 v = Velocidad lineal de la banda [m/s].
 K = Factor de accionamiento = $\frac{1}{e^{\mu\theta} - 1} = \frac{1}{e^{0,35 \cdot \pi} - 1} = 0,5$
 μ = Coeficiente de fricción del rodillo motriz, para superficie seca y engomada = 0,35.
 θ = Ángulo de contacto de la banda sobre el rodillo motriz [rad].

Conocida esta tensión, se calcula la resistencia mínima que debería tener la banda a seleccionar:

$$R_t = \frac{T_{MAX} \cdot S}{B} = \frac{2,47\text{kN} \cdot 5}{0,65\text{m}} = 19\text{kN}$$

Donde:

- R_t = Tensión admisible mínima necesaria por la cinta [kN].
 S = Coeficiente de seguridad = 5.
 B = Ancho de la banda transportadora [m].

Con éste valor se ingresa al catálogo del fabricante Good Year, que utiliza para las mismas *Plylon* (es decir, la combinación de *Poliester* y *Nylon*). Se busca en el catalogo una carcasa que posea cierta cantidad de telas y resistencia de cada una, que cumpla las siguientes condiciones:

- Resistencia mayor a 19 kN.
- Ancho máximo mayor a 650mm.
- Ancho mínimo menor a 650mm.
- Diámetro mínimo de la polea motriz lo menor posible, para mantener el tamaño general contenido.

Estas condiciones se verifican en la **Serie EP 160 - EP 315/2**, en principio, con empalme mecánico. En la Figura 4.22 se observan las características fundamentales. Además, se verifican las demás condiciones planteadas, incluyendo un tambor motriz mínimo de 350mm de diámetro ya que la tensión efectiva está entre 60 y 80 % del admisible.

INFORMACIONES TECNICAS SOBRE LAS CORREAS TRANSPORTADORAS POLIESTER / NYLON							
Tipo PLYLON®		EP 315/2	EP 500/3	EP 630/4	EP800/5	EP1000/6	
Número de telas		2	3	4	5	6	
Empalmes mecánicos	Kn/m de ancho	28,0	42,0	56,0	70,0	84,0	
	lb/ft de ancho	160,0	240,0	320,0	400,0	480,0	
Empalmes vulcanizados	Kn/m de ancho	34,0	52,0	70,0	88,0	106,0	
	lb/ft de ancho	194,0	297,0	400,0	502,0	605,0	
Peso aproximado de la carcasa	Kg/m2	4,4	5,9	6,7	8,5	10,3	
	Lb/ft2	0,9	1,2	1,4	1,7	2,1	
Peso de Cubierta 1/32 pul							
Espesor B o stacker		Kg/m2	0,9	0,9	0,9	0,9	
Espesor de la carcasa		mm	3,8	4,4	4,7	6,1	7,4
		pul	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3
Indice de impacto		Lb -pul	4300	5400	6500	7200	8000

Figura 4.22: Características de las bandas Goodyear Serie EP 160.

CUBIERTAS REGULARES

Granulometría (mm)	Calidad de la cubierta	Ciclo de la correa 2L/S(min)	Espesor de las cubiertas (mm) para material:			
			Poco abrasivo	Abrasivo	Muy abrasivo	Extremadamente Abrasivo
<25	Tipo B	<0,5	3,0 a 5,0	3,0 a 7,0	4,0 a 10,0	6,0 a 12,0
		0,5-1,0	1,5 a 4,0	2,0 a 6,0	3,0 a 8,0	5,0 a 10,0
		>1,0	1,5 a 3,0	1,5 a 4,0	4,0 a 6,0	4,0 a 8,0
	Stacker o Super S	<0,5	3,0 a 4,0	2,0 a 6,0	3,0 a 7,0	4,0 a 10,0
		0,5-1,0	1,5 a 3,0	1,5 a 4,0	3,0 a 6,0	3,0 a 8,0
		>1,0	1,5 a 2,0	1,5 a 3,0	3,0 a 5,0	3,0 a 6,0
25-125	Tipo B	<0,5	3,0 a 6,0	3,0 a 10,0	5,0 a 10,0	7,0 a 14,0
		0,5-1,0	3,0 a 5,0	3,0 a 8,0	4,0 a 10,0	6,0 a 12,0
		>1,0	1,5 a 4,0	3,0 a 6,0	3,0 a 8,0	5,0 a 10,0
	Stacker o Super S	<0,5	3,0 a 5,0	3,0 a 8,0	4,0 a 8,0	5,0 a 12,0
		0,5-1,0	3,0 a 4,0	3,0 a 6,0	3,0 a 7,0	4,0 a 10,0
		>1,0	1,5 a 3,0	3,0 a 5,0	3,0 a 6,0	3,0 a 8,0
>125	Tipo B	<0,5	5,0 a 8,0	6,0 a 12,0	8,0 a 14,0	10,0 a 16,0
		0,5-1,0	3,0 a 7,0	5,0 a 10,0	6,0 a 12,0	8,0 a 14,0
		>1,0	3,0 a 6,0	5,0 a 8,0	6,0 a 10,0	6,0 a 12,0
	Stacker o Super S	<0,5	4,0 a 7,0	5,0 a 10,0	6,0 a 12,0	7,0 a 14,0
		0,5-1,0	3,0 a 6,0	4,0 a 8,0	5,0 a 10,0	6,0 a 12,0
		>1,0	3,0 a 5,0	3,0 a 6,0	5,0 a 8,0	5,0 a 10,0

Figura 4.23: Espesores recomendados para cubiertas superiores.

Para finalizar la selección, se requiere una cubierta superior e inferior. El material más indicado es el compuesto llamado “B”, el cual es descrito como “Óptima resistencia a cortes, desgarros y abrasión. Recomendada para materiales con abrasión media, tales como piedra, granito, escorias, arena, bauxita, carbón mineral, etc. Indicada también para usinas de cemento. Resistente a temperaturas de hasta 95°C”.

El espesor estará dado por la tabla de la Figura 4.23. El ciclo de la correa es igual a:

$$\text{Ciclo de la correa} = \frac{2 \cdot L}{S} = \frac{2 \cdot 3,5\text{m}}{150\text{m/s} \cdot 60\text{s/min}} = 0,05\text{min}$$

El material a transportar es considerable como “Abrasivo”, descrito como “Arena, borax, carbón mineral, cascajo, cemento, pedregullo, sal”. Por lo tanto, el espesor de la cubierta superior deberá estar entre 3 y 7mm. Para maximizar la durabilidad se decide un espesor de **6mm**. Para la cubierta inferior (lado del tambor y los rodillos) se establece en **2mm**. Finalmente se calcula el peso de un metro de cinta transportadora, necesario

para próximos cálculos:

$$G_g = (G_{g1} + G_{g2} \cdot N_{1/32''}) \cdot B = \left(4,4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + 0,9 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot 1/32''} \cdot \frac{8\text{mm}}{0,7937\text{mm}} \right) \cdot 0,65\text{m} = 8,71 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Donde:

G_g = Peso de la cinta por metro [kg/m].

G_{g1} = Peso de la carcaza por metro [kg/m²].

G_{g2} = Peso de la cubierta por metro por cada 1/32" de espesor [$\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot 1/32''}$].

$N_{1/32''}$ = Número de capas de 1/32" de espesor que entran en la cubierta seleccionada.

Tambores.

Para la selección de los tambores se utiliza el catálogo del fabricante **Rotrans**. Se elige el tambor para una banda de 650mm y, entre las opciones de diámetros, la inmediatamente superior a los 350mm que se indicaron como mínimo. En cuanto al eje de salida se utiliza el menor disponible debido a la baja potencia a manejar y al emplearse un motor hidráulico sin reductor, no hay necesidad de compatibilizar éste eje con otro.

En la Figura 4.24 se muestra la elección de tambor de cabeza y cola.

Rodillos y estaciones.

Se utiliza el catálogo del fabricante **Rotrans**, y en primer lugar se preselecciona un diámetro de rodillo medio según la velocidad de la cinta (Fig 4.25) y luego se calcula la carga sobre el mismo:

$$K_r = R + L_1 \cdot \left(G_g + \frac{\dot{m}}{3,6 \cdot v} \right) \cdot F_c \cdot F_i \cdot F_v = 2,1\text{kg} + 1,1 \cdot \left(8,71 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + \frac{437 \frac{\text{t}}{\text{h}}}{3,6 \cdot 2,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \right) \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1 = 40\text{kg}$$

Donde:

K_r = Carga sobre un rodillo [kg].

R = Peso de las partes rodantes de los rodillos. Para comenzar el cálculo se considera un eje de 20mm de diámetro (Fig. 4.26) = $1,27 \cdot 1,2 = 2,1$ [kg].

L_1 = Separación entre dos estaciones consecutivas (Fig. 4.27) [m].

F_c = Factor de carga (Fig. 4.27).

F_i = Factor de impacto (Fig. 4.27).

F_v = Factor de vida del rodillo (Fig. 4.27).

Conocida la carga sobre cada rodillo, se verifica que sea menor a la capacidad de un rodillo (Fig. 4.28). Para finalizar la verificación, se calcula la vida de los rodamientos:

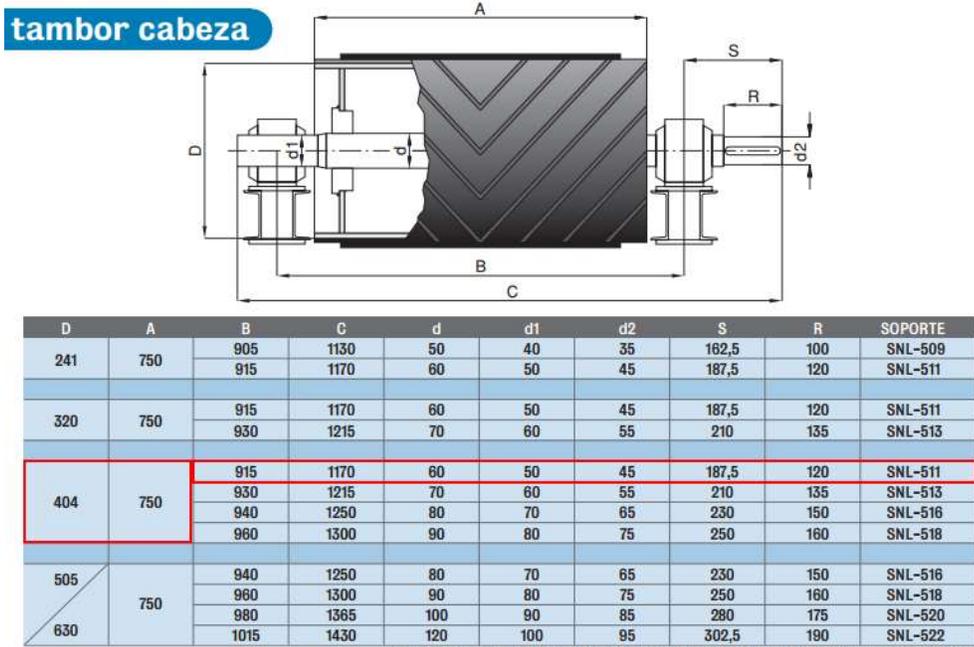
$$\text{Vida de los rodamientos} = \frac{(2 \cdot C)^3 \cdot 10^6}{K_r^3 \cdot n \cdot 60} = \frac{(2 \cdot 1377,6\text{kg})^3 \cdot 10^6}{(40\text{kg})^3 \cdot 628 \frac{\text{r}}{\text{min}} \cdot 60} = 8717825\text{horas}$$

Donde:

C = Capacidad de carga de los rodamientos 6204 = 13,5kN = 1377,6kg [kg].

n = Velocidad de giro de los rodillos (Fig. 4.25) [$\frac{\text{r}}{\text{min}}$].

Por lo tanto es una vida útil prácticamente ilimitada.



La longitud total del eje así como el diámetro 'd2' y la longitud 'R' dependerán del tipo y modelo de reductor.

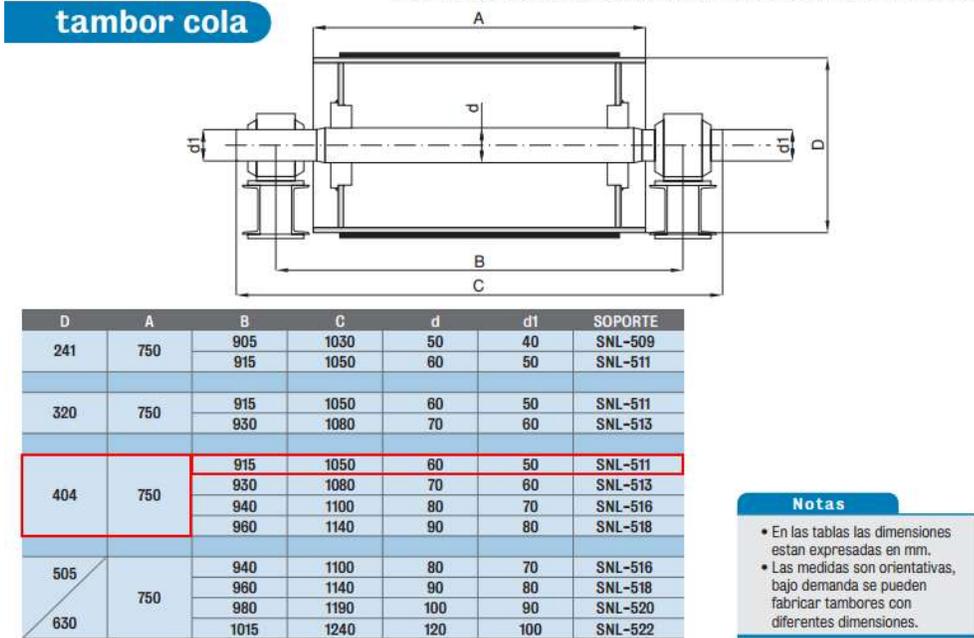


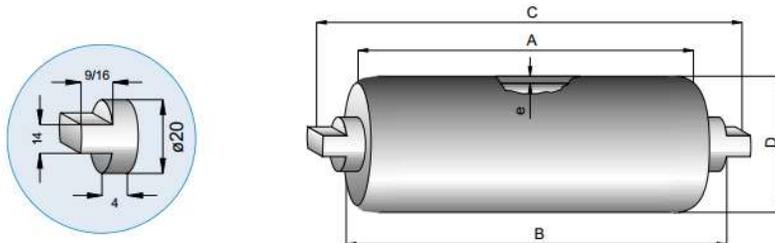
Figura 4.24: Tablas de selección de tambores.

VELOCIDAD BANDA M/S	DIAMETRO DEL RODILLO mm										
	63,5	70	76	89	102	108	127	133	152,4	159	193,7
0,25	75	68	63	53	47	44	38	36	31	30	25
0,50	150	136	126	107	90	88	75	72	63	60	49
0,75	225	205	189	161	141	132	113	107	94	90	74
1,00	300	273	251	214	188	176	150	143	125	120	98
1,25	376	341	314	268	235	221	188	179	157	150	123
1,50	451	409	377	322	282	265	226	215	188	180	148
1,75	526	478	440	375	329	309	263	251	219	210	172
2,00	601	546	503	429	376	353	301	287	251	240	197
2,25	676	614	566	483	423	398	338	323	282	270	222
2,50	752	682	628	536	470	442	376	359	313	300	246
2,75	827	750	691	590	517	486	414	395	345	330	271
3,00	902	819	754	643	564	530	451	430	376	360	295
3,25	977	887	817	697	611	574	489	466	407	390	320
3,50	1052	955	880	758	658	619	526	502	439	420	345
3,75	1128	1023	943	804	705	663	564	538	470	450	369
4,00	1203	1092	1005	858	752	707	602	574	501	480	394
4,25	1278	1160	1068	912	799	751	639	610	533	510	419
4,50	1354	1228	1131	965	846	795	677	646	564	540	443
4,75	1429	1296	1194	1019	893	840	714	682	595	570	468
5,00	1504	1364	1257	1073	940	884	752	718	627	600	493
5,25	1579	1433	1320	1126	987	928	790	754	658	630	517
5,50	1655	1501	1382	1180	1030	973	827	790	689	661	542
5,75	1730	1569	1445	1234	1077	1017	865	826	721	691	567
6,00	1805	1637	1508	1288	1124	1061	902	862	752	721	592

Figura 4.25: Preselección de rodillos por velocidad.

RODAMIENTO 6204 EJE Ø20

Serie M / S-20	DIÁMETRO RODILLO (mm)	D	63,5	70	76	89	102	108	127	133	152	159
	ESPESOR DE TUBO (mm)	e	3	3	3	3	3,6	3,6	4	4	4,5	5
	CONSTANTE PESO RODILLO	T	1	1,1	1,2	1,3	1,6	1,8	2	2,2	2,4	3
	CONSTANTE PESO P. MÓVILES	T1	1	1,2	1,2	1,4	2	2,3	2,8	2,9	3,3	4



Colocación en ARTESA						Colocación en "V"					
BANDA	A	B	C	Peso rodillo Ø63.5	Peso partes móviles Ø63.5	BANDA	A	B	C	Peso rodillo Ø63.5	Peso partes móviles Ø63.5
300						300	200	208	226	2,09	1,50
400	160	168	186	1,80	1,27	400	250	258	276	2,44	1,75
500	200	208	226	2,09	1,50	500	315	323	341	2,90	2,05
650	250	258	276	2,44	1,75	650	380	388	406	3,35	2,35
800	315	323	341	2,90	2,05	800	465	473	491	3,95	2,73
1000	380	388	406	3,35	2,35	1000	600	608	626	4,90	3,34
1200	465	473	491	3,95	2,73	1200	700	708	726	5,61	3,79
1400	530	538	556	4,41	3,02	1400	800	808	826	6,31	4,24
1600	600	608	626	4,90	3,33	1600	900	908	926	7,01	4,69
1800	670	678	696	5,40	3,66	1800	1000	1008	1026	7,72	5,14
2000	750	758	776	5,96	4,02	2000	1100	1108	1126	8,42	5,60

Figura 4.26: Peso de las partes rodantes de los rodillos.

Distancia entre estaciones superiores e inferiores (L1)			
Tabla A			
ANCHO DE BANDA (mm)	SUPERIORES		INFERIORES
	& = 0,6	& = 0,6	
400	1,35	1,35	3,00
500	1,35	1,20	3,00
650	1,20	1,10	3,00
800	1,20	1,00	3,00
1000	1,00	1,00	3,00
1200	1,00	1,00	3,00
1400	1,00	1,00	3,00
1600	1,00	1,00	3,00
1800	1,00	1,00	3,00
2000 Y ^	1,00	1,00	2,40

& = PESO ESPECIFICO EN Tm/m²

Factor de carga (Fc)						
Tabla C						
Horizontal	V	Artesa	Artesa	Artesa	Artesa	
	20°	20°	30°	35°	45°	
Fc = 1	Fc = 0,55	Fc = 0,60	Fc = 0,63	Fc = 0,66	Fc = 0,70	

Factor de impacto (Fi)			
Tabla D			
TAMAÑO DEL MATERIAL	VELOCIDAD DE LA BANDA		
	2,5 m/s	2,5 a 4 m/s	4 a 5 m/s
100 m/m	1,000	1,000	1,000
100 a 175 m/m	1,025	1,060	1,110
175 a 300 m/m	1,075	1,140	1,260
325 a 500 m/m	1,260	1,600	2,100

Factor de vida (Fv)							
Tabla E							
HORAS DE FUNCIONAMIENTO	10.000	20.000	30.000	40.000	50.000	60.000	70.000
Factor Fv	1,445	1,145	1,000	0,907	0,843	0,782	0,753

Figura 4.27: Tablas de selección de factores de cálculo de rodillos.

Ø Eje Rodamiento	Longitud	r.p.m.	30	60	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
			Ø 20 6.240	200										
250	410	350												
315	380			280										
380		320			205	170	157	149	140	132				
465				271										
530				232	200	165	150	140	133	125				
600				201	190	158	145	136	130	122				
670				178	170	150	140	132	126	119				
750					157	142	135	129	122	117				
950							121	119	113	106				
1150									99					

Figura 4.28: Capacidad de carga en función de la velocidad .

Se seleccionan además rodillos de amortiguación que incluyen un recubrimiento elástico que ayuda a amortiguar la caída de la carga. El resto de las características son similares (diámetro interior, largo, eje y rodamientos), a colocarse bajo la descarga de la tolva de pesada, a una distancia entre estaciones mucho menor.

Finalmente se seleccionan las estaciones en artesas superiores e inferiores. Se seleccionan del mismo fabricante para una banda de 650mm de ancho, rodillos de 76mm, con un ángulo de abarquillado de 20° para el lado superior y recto para el lado inferior (Fig. 4.29).

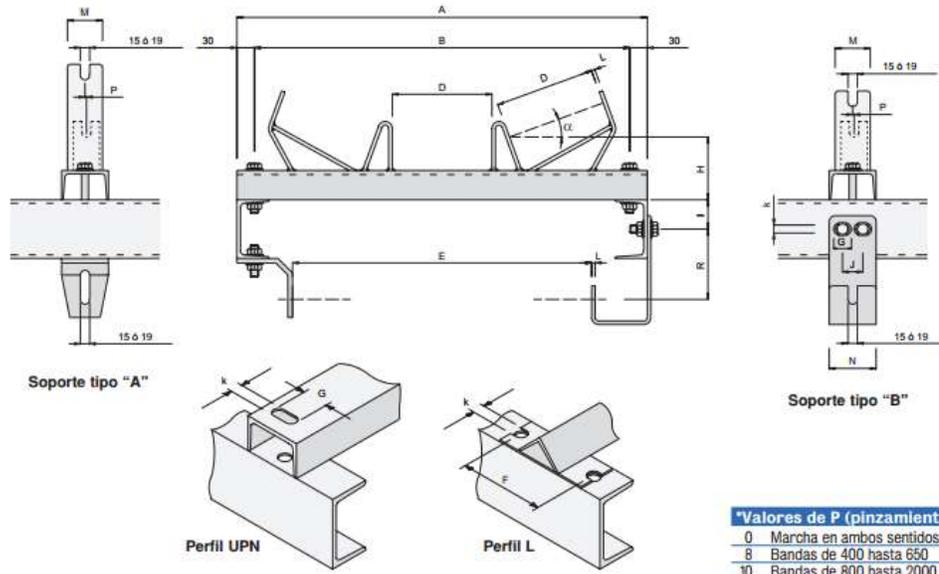
Sistema de tensado.

El tensado se decide hacerlo aumentando la distancia entre centros de tambores desde el tambor de cola. El fabricante **Siegling Transilon** recomienda una carrera de ajuste de al menos 1% de la longitud de la cinta. Por lo tanto, se diseña un mecanismo como el que se observa en la Figura 4.30. Éste incluye una varilla roscada que al girar la tuerca que posee soldada en un extremo, mueve los soportes de rodamiento tensando la banda.

Conjunto motor.

Para impulsar la cinta transportadora se selecciona en primer lugar el motor, del fabricante **Danfoss**. Las características necesarias son:

$$\blacksquare N_{ac} = \frac{T_{MAX} \cdot v}{\mu} = \frac{2,47kN \cdot 2,5m/s}{0,7} = 8,81kW = 11,8HP$$



***Valores de P (pinzamiento)**
 0 Marcha en ambos sentidos
 8 Bandas de 400 hasta 650
 10 Bandas de 800 hasta 2000

Ancho de banda	SOPORTE SUPERIOR														SOPORTE INFERIOR (2)							
	Perfil	α	A	B	D	Ø Rodillo		H	F	G	M	L	Peso Kg		E	Ø Rodillo	R	I	J	K	N	Peso sin rodillos Kg
						UPN	L															
400	L 70 Ø UPN 80	20°	700	640	170	63,5	107	170	20	60	6	6	8,9	8,7	510	63,5	120	50	25	14	60	2
		30°				89	120						9,2	9		89						
500	L 70 Ø UPN 80	20°	800	740	210	63,5	107	170	20	60	6	6	9,9	9,6	610	63,5	120	50	25	14	60	2
		30°				89	120						10,2	9,9		89						
650	L 70 Ø UPN 80	20°	950	890	260	63,5	107	170	20	60	6	6	11,6	11,1	760	63,5	130	60	35	14	80	2,6
		30°				89	125						11,9	11,4		89						
800	L 80 Ø UPN 100	20°	1150	1090	325	89	120	170	20	60	6	6	13,5	12,5	980	89	130	60	35	14	80	2,6
		45°				108	135						15,2	15,2		108						
1000	L 80 Ø UPN 100	20°	1350	1290	390	89	125	180	24	60	8	8	19,3	18,7	1160	89	140	75	35	18	80	3,5
		45°				133	150						21,6	21		133						
		20°				108	140						23,3	22,4		108						
1200	L 80 Ø UPN 100	30°	1600	1540	475	133	155	180	24	60	8	8	26,7	25,9	1410	133	140	75	35	18	80	3,5
		45°				159	185						28,7	26,5		159						
		20°				108	140						27,5	26,5		108						
1400	L 80 Ø UPN 100	30°	1800	1740	540	133	155	200	24	80	8	8	32,2	31,1	1610	133	140	75	35	18	80	3,5
		45°				159	185						32,2	31,1		159						
		20°				133	155						36,3	40,6		133						
1600	L 100 Ø UPN 120	30°	2050	1990	610	159	185	200	24	80	8	8	41,4	44,4	1810	159	150	90	45	18	100	4,5
		45°				193,7	215						41,4	44,4		193,7						
		20°				133	155						39,2	43,5		133						
1800	L 100 Ø UPN 120	30°	2250	2190	680	159	185	220	24	80	8	8	45,2	49,5	2010	159	150	90	45	18	100	4,5
		45°				193,7	215						45,2	49,5		193,7						
		20°				133	160						44,4	49,1		133						
2000	L 100 Ø UPN 120	30°	2500	2440	760	159	190	220	24	80	8	8	51,4	56,4	2210	159	150	90	45	18	100	4,5
		45°				193,7	220						51,4	56,4		193,7						

En color no contemplados por la norma DIN 22107.

Figura 4.29: Selección de estaciones artesa e inferiores.

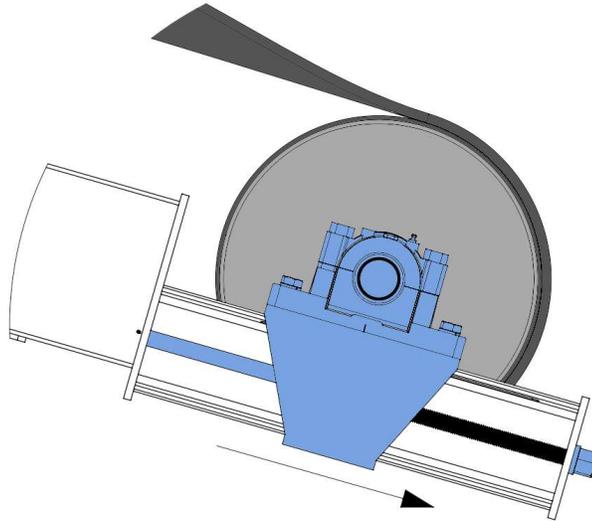


Figura 4.30: Sistema tensor de cinta transportadora.

$$\begin{aligned} \blacksquare n_{ac} &= \frac{v}{r} \cdot \frac{60s \cdot 180}{1\text{min} \cdot 360 \cdot \pi} = \frac{2,5\text{m/s}}{0,202\text{m}} \cdot \frac{60s \cdot 180}{1\text{min} \cdot 360 \cdot \pi} = 118 \frac{\text{r}}{\text{min}} \\ \blacksquare T_{ac} &= \frac{N_{ac} \cdot 7162}{n_{ac}} = \frac{11,8\text{HP} \cdot 7162}{118 \frac{\text{r}}{\text{min}}} = 716\text{Nm} \end{aligned}$$

Donde:

N_{ac} = Potencia necesaria para accionar la cinta [HP].
 μ = Rendimiento del accionamiento.
 n_{ac} = Velocidad de giro del accionamiento [$\frac{\text{r}}{\text{min}}$].
 r = Radio del tambor de cabeza [m].
 T_{ac} = Torque necesario en el motor hidráulico [Nm].

De los motores que verifican éstas condiciones, se elige el OMH 400. De acuerdo al diagrama de funcionamiento (Fig. 4.31) soporta una presión máxima de 155 bar y deberá alimentarse con alrededor de 55 l/min para la velocidad de trabajo. Eventualmente se puede alcanzar una velocidad máxima de alrededor de 185 $\frac{\text{r}}{\text{min}}$. Por lo tanto se tiene una razonable capacidad de sobrecarga y flexibilidad de uso. Dado que no hay carga axial o radial, no es necesario verificar ésto para la selección. En cuanto a la versión, se utiliza el eje cilíndrico de 32mm, conexiones roscadas G 1/2" y brida A4. El código de orden del fabricante es:

151H1005

Para la selección del acoplamiento, se toman en cuenta nuevamente las recomendaciones del fabricante **SKF**. Se adopta un factor de servicio, de la Tabla 9 de la guía de selección de acoplamientos del fabricante, que para una cinta transportadora inclinada es = 3. Luego, se calcula el torque afectado por este factor:

$$tn = \frac{7121 \cdot N_{ac} \cdot fs}{n_{ac}} = \frac{7121 \cdot 11,8\text{HP} \cdot 3}{118 \frac{\text{r}}{\text{min}}} = 2135\text{Nm}$$

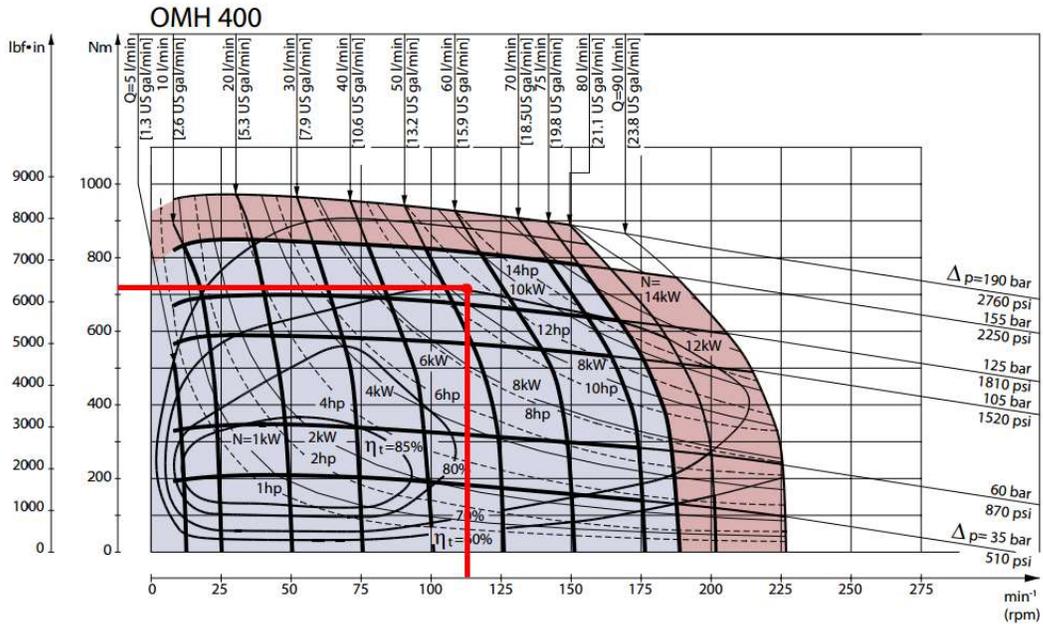


Figura 4.31: Diagrama de funcionamiento del motor Danfoss OMH 400.

Donde:

tn = Torque nominal para la selección del acoplamiento [Nm].

fs = Factor de servicio = 3.

Se elige el tipo dentado ya que, de acuerdo al fabricante tiene una buena resistencia química, es de fácil instalación y mantenimiento y posee una muy buena capacidad de absorber choques. Se selecciona el modelo **15 GC** (Fig. 4.32) que soporta un torque nominal de 2350 Nm. Se verifica además que los diámetros del motor (32mm) y del tambor (45mm) están en el intervalo recomendado.

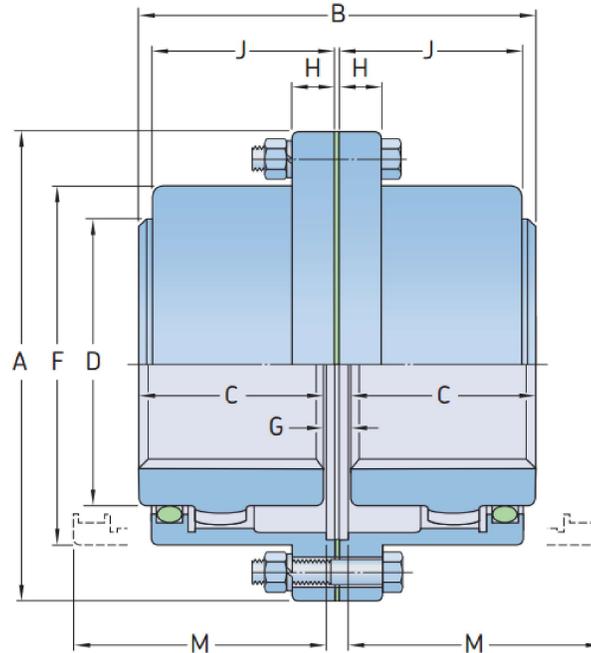


Figura 4.32: Selección del acoplamiento dentado.

4.5. Alimentación de cemento.

4.5.1. Tolva recibidora de bolsas

La tolva para recibir desde bolsas el cemento y almacenarlo temporalmente hasta descargarlo en la mezcladora, tiene algunas características que debe cumplir:

1. Capacidad de al menos 460 kg de cemento
2. Altura lo más baja posible (facilitar carga de los bolsas).
3. Mecanismo para romper bolsas de cemento.
4. Flujo en masa.

Para resolver todos éstos problemas simultáneamente, se decide una tolva con ángulos de pared lo mas verticales posibles y un sinfín en el fondo que ayude a extraer todo el material. El diseño resultante se observa en la Figura 4.33.

Para verificar si los ángulos son apropiados se aplica el mismo método de Jenike, usado anteriormente para las tolvas de agregados. Se muestra un resumen del cálculo a continuación.

1. La tolva es claramente de tipo rectangular, de hecho ya tenemos definido que los lados cortos tendrán paredes totalmente verticales.
2. El ancho de la salida sera de 400mm, coincidente con el diámetro del sinfín a utilizar.
3. Para un $\delta = 20^\circ$ y un ángulo propuesto $\theta_p = 30^\circ$, la a presión de consolidación es igual a $\sigma_1 = 9,4\text{kPa}$.

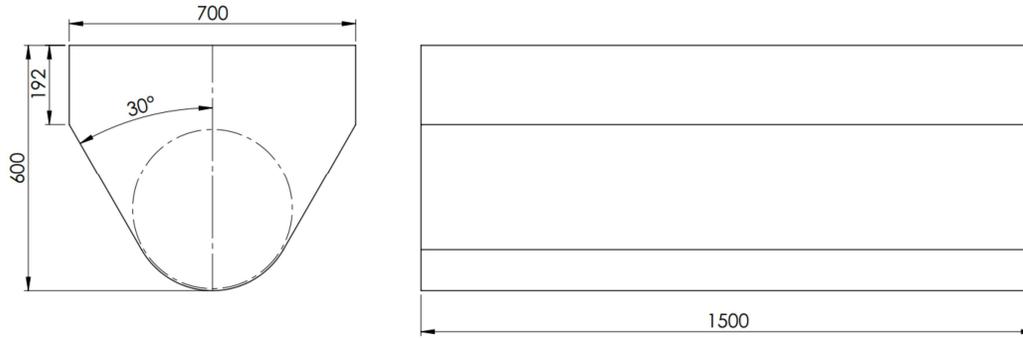


Figura 4.33: Dimensiones generales de la tolva recibidora de bolsas.

4. Conocida la presión de consolidación, según ensayos se obtiene el ángulo de fricción de pared $\phi = 24,2^\circ$.
5. Para ese ángulo ϕ y el ángulo de fricción interna δ se calcula el ángulo de tolva $\theta_R = \theta_c + 10^\circ = 22,3^\circ + 10^\circ = 32,3^\circ$

Desde un punto de vista mecánico, se diseña en el mismo espesor utilizado anteriormente, por razones de desgaste y rigidez general. Dado que el cemento tiene un peso específico menor a los agregados, podemos asumir que la resistencia estructural será suficiente.

4.5.2. Sinfín interno

El cálculo del sinfín se realiza de acuerdo a los lineamientos del *Conveyor Equipment Manufacturer Association (CEMA)* o Asociación de Fabricantes de Equipos Transportadores.

El primer paso es seleccionar la clase del material a transportar. De acuerdo a las tablas del fabricante KWS, el cemento Portland tiene las siguientes características:

- Tamaño de partículas: $< 100\mu\text{m}$
- Porcentaje de carga recomendado: 30 %B
- Factor de material: Indica su resistencia a ser transportado = 1,4
- Serie de componentes recomendada: B
- Abrasividad: II (Moderadamente abrasivo)
- Corrosividad: I (No corrosivo)
- Fluidez: II (Fluye libremente - Ángulo de reposo 30-45°)
- Clasificación de grumos en el material: Clase 1 (no mas de 10 % de grumos con un tamaño máximo de 12.7mm).

Se establece el diámetro exterior del sinfín en alrededor de 400mm, como se indicó en la sección anterior. Conociendo la clase y serie para el material utilizado, se selecciona un eje de 3" de acero SAE 1045 y sinfín de 3/16" (4.76mm) de espesor (Fig. 4.34). De

Screw Dia.	Shaft Dia.	Cover Thickness	Series A			Series B		
			Screw Number		Trough Thickness (Min.)	Screw Number		Trough Thickness (Min.)
			Helicoid	Sectional		Helicoid	Sectional	
4	1"	14 Ga.	4H206	N/A	14 Ga.	4H206*	N/A	14 Ga.
6	1-1/2"	14 Ga.	6H304*	6S309	14 Ga.	6H308*	6S309	14 Ga.
9	1-1/2" 2"	14 Ga.	9H306* 9H406*	9S309 9S409	14 Ga.	9H312* 9H412*	9S312 9S412	10 Ga.
12	2" 2-7/16" 3"	14 Ga.	12H408* 12H508* 12H614*	12S409 12S509 12S612	12 Ga.	12H412* 12H512* 12H614*	12S412 12S512 12S612	3/16"
14	2-7/16" 3"	14 Ga.	14H508* 14H614*	14S509 14S609	12 Ga.	14H508* 14H614*	14S512 14S612	3/16"
16	3"	14 Ga.	16H610*	16S612	12 Ga.	16H614*	16S616	3/16"
18	3" 3-7/16"	12 Ga.	N/A	18S612 18S712	10 Ga.	N/A	18S616 18S716	3/16"
20	3" 3-7/16"	12 Ga.	N/A	20S612 20S712	3/16"	N/A	20S616 20S716	3/16"
24	3-7/16"	12 Ga.	N/A	24S712	3/16"	N/A	24S716	3/16"
30	3- 15/16"	10 Ga.	N/A	30S816	3/8"	N/A	30S824	3/8"
36	4-7/16"	3/16"	N/A	36S916	3/8"	N/A	36S924	3/8"

Figura 4.34: Selección de eje y espesor de sinfín.

Standard Screw Construction (by Shaft Size)								
Shaft Diameter (in.)	1	1-1/2	2	2-7/16	3	3-7/16	3-15/16	4-7/16
Nominal Pipe Size	1-1/4	2	2-1/2	3	3-1/2	4	5	6
Coupling Bolt Dia. (in.)	3/8	1/2	5/8	5/8	3/4	7/8	1-1/8	1-1/4

Figura 4.35: Selección de tubo y tornillos.

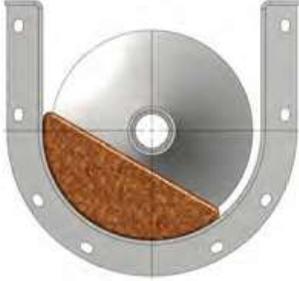
Trough Loading	Screw Dia. (in.)	Max. RPM *	Capacity in ft ³ /hr	
			At Max. RPM	At 1 RPM
 <p>30% B</p>	4	69	28	0.4
	6	60	90	1.5
	9	55	305	5.5
	12	50	645	12.9
	14	50	1,040	20.8
	16	45	1,404	31.2
	18	45	2,025	45.0
	20	40	2,500	62.5
	24	40	4,360	109.0
	30	35	7,465	213.3
	36	30	11,064	368.8

Figura 4.36: Determinación de velocidad recomendada.

acuerdo a éste eje se selecciona un tubo norma ASTM A-53 de diámetro nominal 3-1/2” y grado *Schedule* 40 y tornillos de 3/4” Grado 5 (Fig. 4.35).

Luego, de la tabla en la Figura 4.36, para un sinfín de 16” (406mm) se determina que la máxima velocidad de giro deberá ser 45 rpm. Sin embargo, la capacidad de transporte se calculará teniendo en cuenta el sinfín 100 % lleno, para que la potencia resulte realista. La capacidad de carga es igual a:

$$CFH = \frac{0,7854 \cdot (D_s^2 - D_p^2) \cdot P \cdot K \cdot 60 \cdot S}{1728 \cdot CF_0 \cdot CF_1 \cdot CF_2 \cdot CF_3} =$$

$$CFH = \frac{0,7854 \cdot (249\text{in}^2 - 16\text{in}^2) \cdot 10,5\text{in} \cdot 1 \cdot 60 \cdot 45 \frac{\text{r}}{\text{min}}}{1728 \cdot 1,1 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 1} = 1827,3\text{ft}^3/\text{h} = 51,74\text{m}^3/\text{h}$$

$$\dot{m} = CFH \cdot \gamma_C = 56,39\text{m}^3/\text{h} \cdot 1100\text{kg}/\text{m}^3 = 56,9\text{t}/\text{h}$$

Donde:

- CFH = Capacidad volumétrica total de transporte [m³/h].
- \dot{m} = Capacidad másica total [t/h]
- D_s = Diámetro exterior del sinfín [in].
- D_p = Diámetro del eje [in].
- P = Paso del sinfín [in].
- K = Porcentaje de carga.
- S = Velocidad de giro [$\frac{\text{r}}{\text{min}}$].
- CF₀ = Factor de sobrecarga. Genéricamente = 110 %.
- CF₁ = Factor de paso. De Figura 4.37, para un paso igual a 2/3 del diámetro = 1,5.
- CF₂ = Factor de tipo de sinfín. Sinfín normal = 1.
- CF₃ = Factor de paletas mezcladoras. Sin paletas = 1.

La potencia necesaria para impulsar éste transportador será igual a:

Capacity Factors for Special Pitches		
Pitch	Description	Capacity Factor
Standard	Pitch = Diameter	1.00
Short	Pitch = 2/3 Diameter	1.50
Half	Pitch = 1/2 Diameter	2.00
Long	Pitch = 1-1/2 Diameters	0.67

Figura 4.37: Factor de paso.

$$FHP = \frac{DF \cdot HBF \cdot L \cdot S}{1000000} = \frac{106 \cdot 1 \cdot 4,92\text{ft} \cdot 45 \frac{r}{\text{min}}}{1000000} = 0,0235\text{HP}$$

$$MHP = \frac{CFH \cdot \gamma_C \cdot MF \cdot L}{1000000} = \frac{1827,3\text{ft}^3/\text{h} \cdot 68,67\text{lb}/\text{ft}^3 \cdot 1,4 \cdot 4,92\text{ft}}{1000000} = 0,8645\text{HP}$$

$$HP = \frac{FHP + MHP}{e} = \frac{0,0235\text{HP} + 0,8645\text{HP}}{0,98} = 0,91\text{HP}$$

Donde:

FHP = Potencia necesaria para mover el sinfín vacío [HP].

DF = Factor de diámetro. De Figura 4.38, para 16 pulgadas es = 106.

HBF = Factor de rodamientos intermedios. Como no se utilizan, es = 1.

L = Longitud del sinfín [ft].

K = Porcentaje de carga.

MHP = Potencia necesaria para trasladar el material[HP].

$TSHP$ = Potencia total en el árbol [HP].

e = Eficiencia de la transmisión. Se adopta un valor cercano a 1 ya que el motor actúa en forma directa.

Luego se calcula la potencia corregida de acuerdo al gráfico del fabricante **KWS** (Fig. 4.39) que resulta en 1,85 HP.

Se calcula luego el torque nominal en el árbol a fin de calcular mecánicamente los elementos restantes:

$$TN = \frac{HP \cdot 7121}{S} = \frac{1,85 \text{HP} \cdot 7121}{45 \frac{r}{\text{min}}} = 293,2 \text{Nm}$$

Por lo tanto, se selecciona un motor hidráulico de la marca **Danfoss**, que cumpla con éstas características. Se opta por un modelo **OMP 400**, cuya punto de funcionamiento se observa en la Figura 4.40. El motor tiene un buen rendimiento entregando el torque nominal y tiene un buen margen de sobrecarga. El código exacto del motor es:

151-0318

Para la selección del acoplamiento, se toman en cuenta nuevamente las recomendaciones del fabricante **SKF**. Se adopta un factor de servicio, de la Tabla 9 de la guía de selección de acoplamientos de **SKF**, que para transportador a tornillo inclinado es = $3 \cdot 293,2 \text{Nm} = 879,7 \text{Nm}$. Se elige el tipo dentado ya que, de acuerdo al fabricante tiene una buena resistencia química, es de fácil instalación y mantenimiento y posee una muy

Diameter factor Table (df)	
Dia.	Factor
4	12
6	18
9	31
12	55
14	78
16	106
18	135
20	165
24	235
30	377
36	549

Figura 4.38: Factor de diámetro.

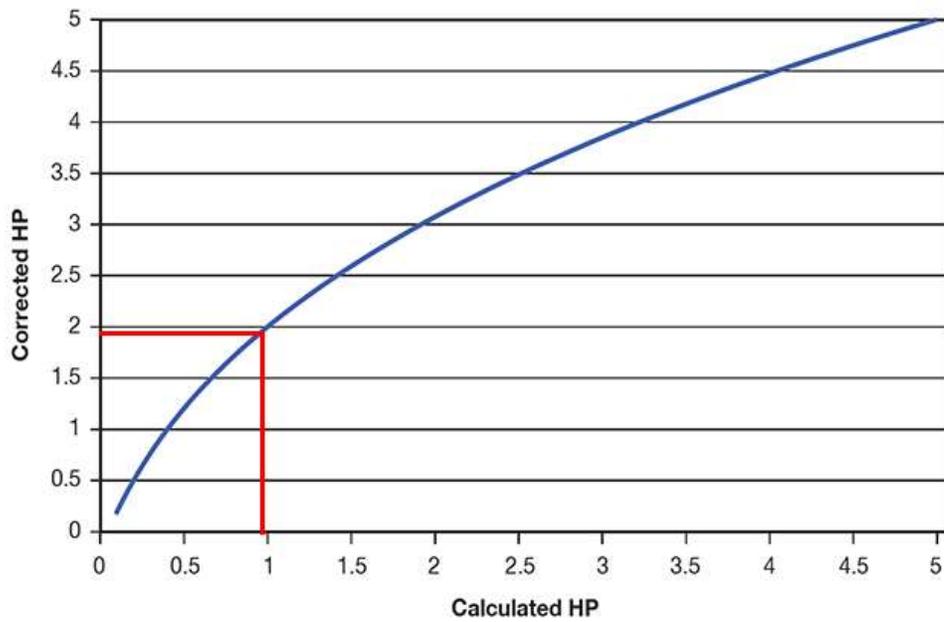


Figura 4.39: Potencia corregida según KWS.

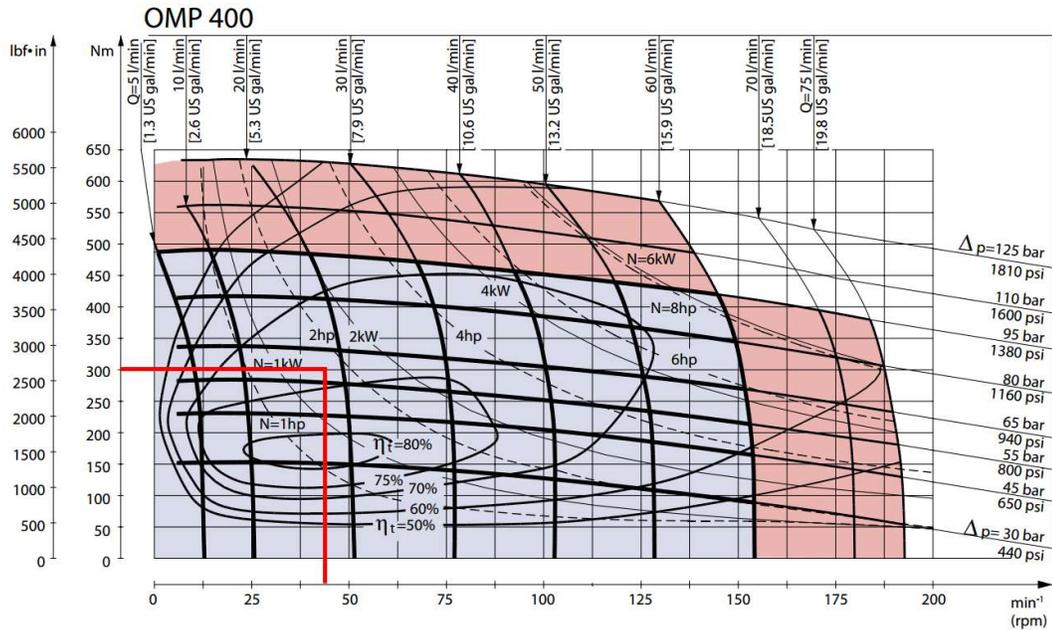


Figura 4.40: Punto de funcionamiento del motor OMP400.

buena capacidad de absorber choques. Se selecciona el modelo **10 GC** que soporta un torque nominal de 1139 Nm.

Luego, para la selección de los componentes mecánicos, se verifica en la Figura 4.41 que los materiales normalizados cumplen con el torque mínimo de 879,7 Nm (7785,5 in lbs). Los rodamientos se seleccionan en función de los ejes y de diámetro máximo del acoplamiento (50mm). Se selecciona el alojamiento con rodamiento **FY 55 TR**. No se verifica la vida útil de los mismos debido a que no se conocen las cargas radiales a las que estarán sometidos.

Teniendo todo esto en cuenta, se diseña el mecanizado de los ejes y se verifica mediante cálculo por elementos finitos. Se calcula estáticamente y por fatiga. Para ello se fijan los agujeros para los bulones, se aplica una restricción deslizante donde se ubicará el rodamiento y un torque de 300 Nm donde estaría el acoplamiento. En la Figura 4.42 se observan los resultados de este análisis. El factor de seguridad empleado es $2,6 \Rightarrow \sigma_{adm} = 150\text{MPa}$. La máxima tensión de Von Mises es de 78 MPa.

4.5.3. Sinfín elevador

El sinfín elevador se diseña con los mismos lineamientos que el anterior. Se realizan los cálculos y la selección de componentes, cuyo resumen se muestra a continuación:

1. Dimensiones: $D_s = 226\text{mm}$; $D_p = 73\text{mm}$; $P = 226\text{mm}$.
2. Sinfín: Acero SAE 1045 y espesor 3,2mm.
3. Tubo: Tubo ASTM A-53, Schedule 40 y diámetro nominal $2 - 1/2''$
4. Tornillos de acople: $5/8''$ Grado 5
5. Velocidad recomendada: 50 RPM, pero se adoptará 100 RPM con fines del cálculo, luego podrá regularse con el motor hidráulico.

Shaft Dia.	Carbon Steel Torque Values							
	Shaft C-1045		Coupling Bolts (2-Bolt) Grade 5		Pipe – Schedule 40 A-53			
	Torsion		Bolts in Shear		Pipe in Shear		Pipe in Bearing	
	Safe Stress	Torque Rating	Safe Stress	Torque Rating	Safe Stress	Torque Rating	Safe Stress	Torque Rating
	PSI	In-Lbs	PSI	In-Lbs	PSI	In-Lbs	PSI	In-Lbs
1	8,750	1,000	15,500	3,400	6,700	3,100	6,700	2,200
1-1/2	8,750	3,800	15,500	9,100	6,700	7,600	6,700	5,600
2	8,750	9,500	15,500	19,000	6,700	14,200	6,700	8,900
2-7/16	8,750	18,700	15,500	23,000	6,700	23,000	6,700	13,200
3	8,750	35,400	15,500	41,000	6,700	31,900	6,700	17,500
3-7/16	8,750	53,000	15,500	64,000	6,700	42,700	6,700	24,700
3-15/16	8,750	76,400	15,500	121,300	6,700	72,600	6,700	58,200
4-7/16	8,750	110,200	15,500	168,800	6,700	112,900	6,700	101,300

Figura 4.41: Verificación del torque máximo admisible.

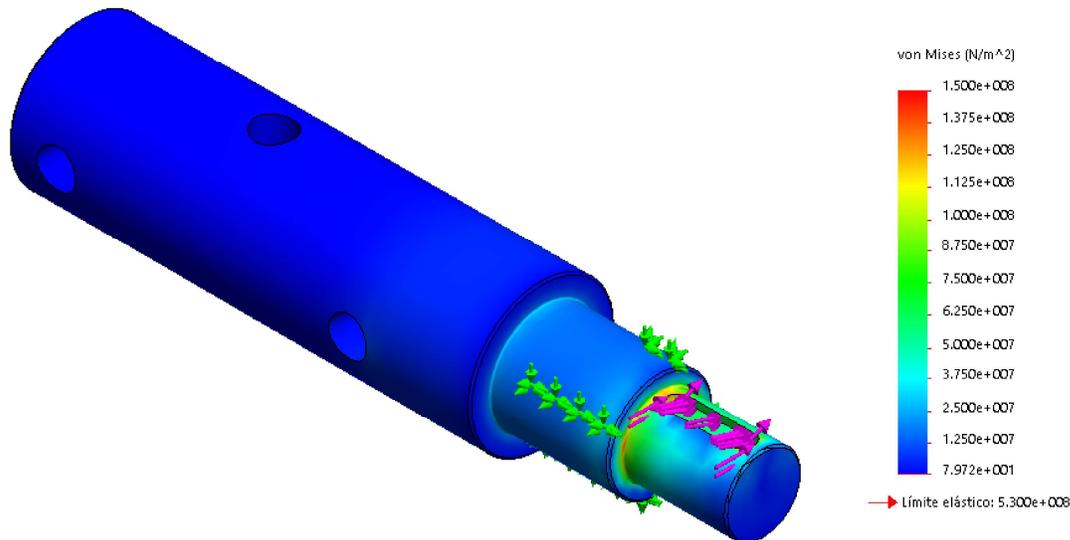


Figura 4.42: Calculo de eje del tornillo de la tolva por elementos finitos.

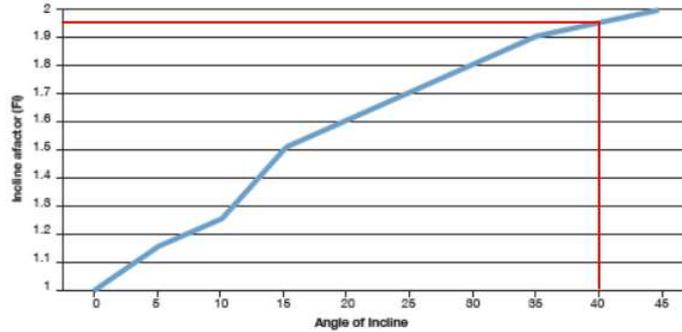


Figura 4.43: Factor de inclinación para 45°.

6. Capacidad de carga:

$$CFH = \frac{0,7854 \cdot (D_s^2 - D_p^2) \cdot P \cdot K \cdot 60 \cdot S}{1728 \cdot CF_0 \cdot CF_1 \cdot CF_2 \cdot CF_3} = \frac{47,124 \cdot 72,6 \text{in}^2 \cdot 9 \text{in} \cdot 0,3 \cdot 100 \frac{\text{r}}{\text{min}}}{1728 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1} =$$

$$CFH = 469,24 \text{ft}^3/\text{h} = 13,29 \text{m}^3/\text{h}$$

$$\dot{m} = CFH \cdot \gamma_C = 13,29 \text{m}^3/\text{h} \cdot 1100 \text{kg}/\text{m}^3 = 14,62 \text{t}/\text{h}$$

7. Potencia:

$$FHP = \frac{DF \cdot HBF \cdot L \cdot S}{1000000} = \frac{31 \cdot 1 \cdot 13,12 \text{ft} \cdot 100 \frac{\text{r}}{\text{min}}}{1000000} = 0,0407 \text{HP}$$

$$MHP = \frac{CFH \cdot \gamma_C \cdot MF \cdot L}{1000000} = \frac{469,24 \text{ft}^3/\text{h} \cdot 68,67 \text{lb}/\text{ft}^3 \cdot 1,4 \cdot 13,12 \text{ft}}{1000000} = 0,592 \text{HP}$$

$$HP = \frac{FHP + MHP \cdot Fi}{e} = \frac{0,0407 \text{HP} + 0,592 \text{HP} \cdot 1,95}{0,98} = 1,22 \text{HP}$$

$$HP_{\text{corregida}} = 2,24 \text{HP}$$

Donde Fi es el factor de inclinación, que se obtiene de la Figura 4.43 para un ángulo de 45°.

8. Torque nominal:

$$TN = \frac{HP \cdot 7121}{S} = \frac{2,24 \text{HP} \cdot 7121}{100 \frac{\text{r}}{\text{min}}} = 159,2 \text{Nm}$$

9. Motor hidráulico: **Danfoss OMP 200** (Fig. 4.44)

10. Acoplamiento: Para $T = 159,2 \text{Nm} \cdot 3 = 477,6 \text{Nm}$ - **Ehrsa PM1**.

11. Rodamientos: **SKF FY 45 TR**.

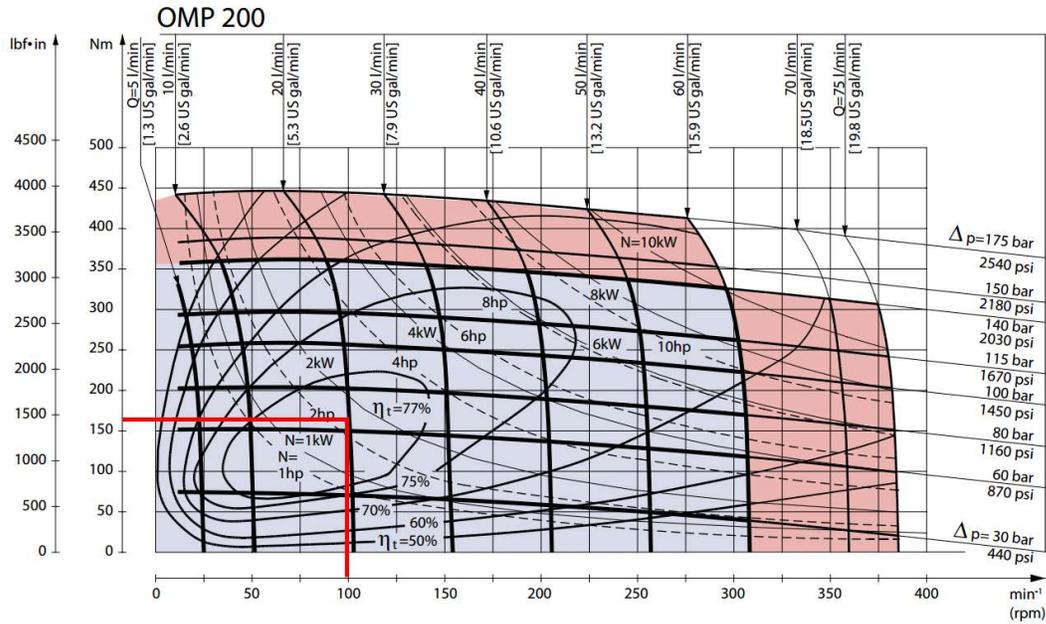


Figura 4.44: Verificación del torque máximo admisible.

12. Dada la longitud de éste sinfín se calcula la flecha máxima a fin de determinar si se utiliza o no un rodamiento intermedio.

$$D = \frac{5 \cdot W \cdot L^3}{384 \cdot (29000000) \cdot I} = \frac{5 \cdot 26,3\text{lb} \cdot 157,5\text{in}}{384 \cdot (29000000) \cdot 1,53} = 0,03\text{in} = 0,77\text{mm}$$

Donde:

- D = Flecha máxima al medio del vano [in].
- W = Peso total del tornillo [lb].
- L = Largo total del tornillo [in].
- I = Momento de inercia del tubo. Tubo 2-1/2" Schedule 40 = 1,53.

Dado que es una flecha muy pequeña, se considera innecesario colocar rodamientos intermedios.

13. Se diseñan los ejes y se verifica el motriz utilizando cálculo por elementos finitos, cuyos resultados se observan en la Figura 4.45 (FS=2,6).

4.5.4. Tolva de pesado

Se diseña una tolva circular que debería contener al menos 250 kg de cemento, es decir unos 230 litros. Sin embargo, ésto resultaría en una tolva de un tamaño muy grande y, para que los ángulos sean suficientes para tener un flujo másico, tener una altura demasiado alta. Por lo tanto se decide una capacidad de aproximadamente la mitad (130L) y que en el funcionamiento sea necesario realizar varias pesadas consecutivas. Las dimensiones del volumen de la tolva se encuentra en la Figura 4.46.

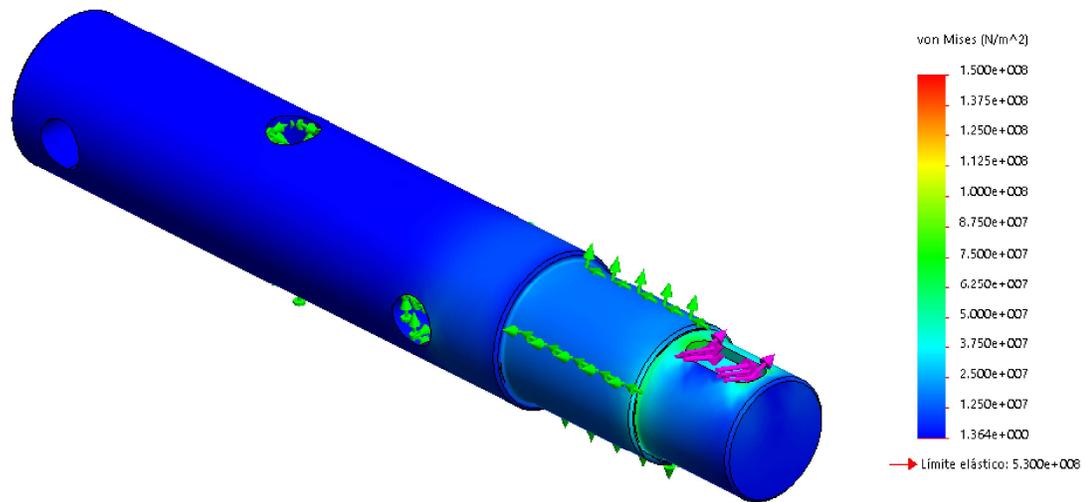


Figura 4.45: Calculo de eje del tornillo elevador por elementos finitos.

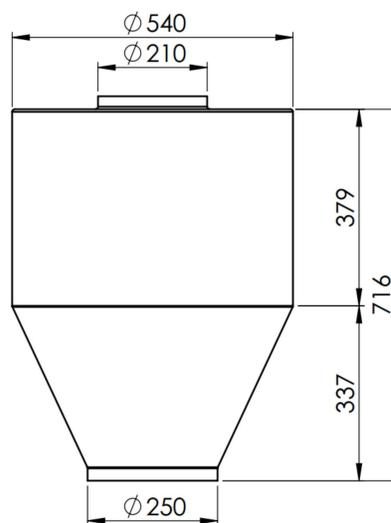


Figura 4.46: Dimensiones de la tolva de pesada de cemento.

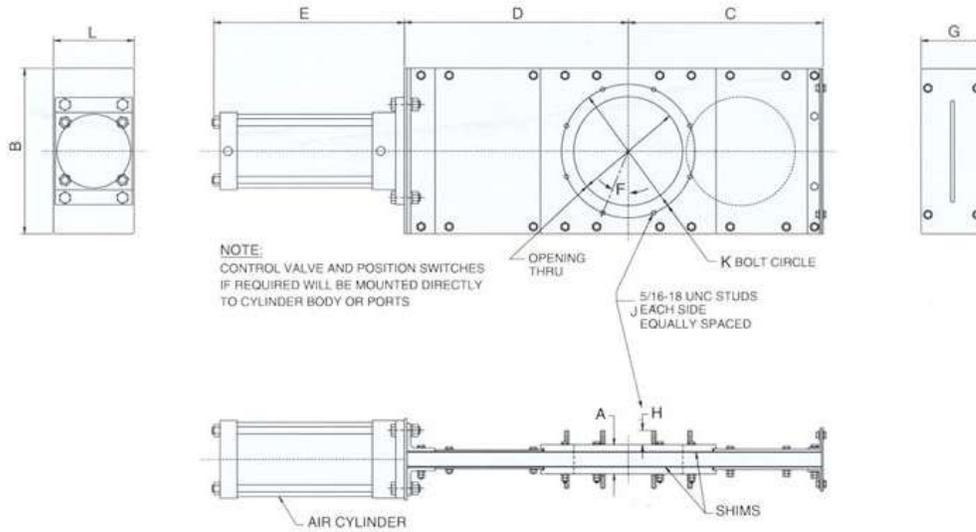


Figura 4.47: Compuerta deslizante Pebco LPSG5-10-PA.

Luego se selecciona una compuerta deslizante de bajo perfil del fabricante **Pebco**, modelo **LPSG5-10-PA** (Fig. 4.47). La compuerta tiene un diámetro de pasaje de 10" (254mm) y accionamiento neumático.

Desde el punto de vista constructivo, se construye en chapa de acero SAE 1045 y espesor 3/16". Incluye en la parte superior un tubo donde ingresa el cemento proveniente del tornillo sinfín. En la descarga, se incluye una brida para hacer la conexión a la compuerta seleccionada. Luego, a la salida se instala un tubo bridado que ingresaría en la planta hormigonera.

4.6. Alimentación de agua.

4.6.1. Depósito de agua

El depósito de agua, como se indicó en la sección 4.3.2, deberá tener al menos 818 litros. Se selecciona un tanque horizontal del fabricante **Rotoplas**, con una capacidad de 1000 litros (Fig. 4.48).



Capacidades (lts)	Altura (cm)	Largo (cm)	Diámetro (lts)	Tapa (cm)	Capas
500	88	125	72	46	Bicapa / Tricapa
1000	110	141	100	46	Bicapa / Tricapa
2000	140	180	125	46	Bicapa
3000	140	256	125	46	Bicapa
5000	156	368	139	46	Bicapa

Figura 4.48: Tanque de agua seleccionado.

4.6.2. Tuberías

Se seleccionan tubos de acero al carbono normalizados por **IRAM-IAS U 500-2502** (Fig. 4.49). Los diámetros de cada sección se establecen mediante la ecuación de diámetro económico:

$$d = 18,8 \cdot \sqrt{\frac{Q}{v}}$$

Donde:

d = Diámetro interior de la tubería [mm].

Q = Caudal [m³/h].

v = Velocidad de circulación del fluido [m/s].

IRAM-IAS U 500-2502					
DIAMETRO NOMINAL		ESPESOR NOMINAL	PESO TEORICO	PRUEBA HIDROSTATICA	CAÑOS POR PAQUETE**
Nominal Diameter		Nominal Wall Thickness	Nominal Weight	Hydrostatic Test	Pipes per Bundle
Pulgadas / Inches	mm	mm	Kg/m	Bar	Negro / black
1/2	21,3	2,35	1,08	50	169
3/4	26,7	2,35	1,39	50	127
1	33,4	2,90	2,20	50	91
1 1/4	42,2	2,90	2,82	50	61
1 1/2	48,3	2,90	3,24	50	61
2	60,3	3,25	4,49	50	37
2 1/2	76,1	3,25	5,73	50	37
3	88,9	3,65	7,55	50	19
4	114,3	4,05	10,80	50	19
5	139,7	4,75	15,80	50	10
6	165,1	4,75	18,78	50	7

**Se considera para el calculo un largo de 6,40 metros por caño.

Figura 4.49: Tubos normalizados seleccionados.

Los resultados de cada tramo se resumen en la siguiente tabla:

Tramo	Nombre	Q [m³/h]	v [m/s]	d [mm]	Tubo seleccionado
AP56-001	Alimentación del tanque	3	1.5	27	3/4"
AA59-002	Aspiración de bomba	25	0.9	99	3"
AP58-003	Presión	25	2	66	2"
AP58-004	Derivaciones mezcladora	12.5	2	47	2"

4.6.3. Accesorios

En cada tramo se requieren ciertos accesorios. Las válvulas se seleccionan del fabricante Valmec y los demás son accesorios normalizados:

- **Caudalímetro (Fig. 4.50):** Se utilizará en la automatización para la medición del agua introducida a la mezcladora. Se selecciona un sensor a turbina de la marca Omega, modelo FTB-1441.

To Order						
Model No.	Connection MNPT	Range			K-Factor Pul/Gal	Lay Length mm (inch)
		LPM	GPM	Barrels/Day		
FTB-1411	½	2.3 to 11.3	0.6 to 3	20 to 100	18,000	76 (3)
FTB-1412	½	2.8 to 28	0.75 to 7.5	25 to 250	13,000	76 (3)
FTB-1413	½	7.6 to 56.7	2 to 15	68 to 515	3300	76 (3)
FTB-1421	1	2.3 to 11.3	0.6 to 3	20 to 100	18,000	76 (3)
FTB-1422	1	2.8 to 28	0.75 to 7.5	25 to 250	13,000	76 (3)
FTB-1423	1	7.6 to 56.7	2 to 15	68 to 515	3300	76 (3)
FTB-1424	1	11.3 to 113	3 to 30	100 to 1000	3100	101 (4)
FTB-1425	1	18.9 to 189	5 to 50	170 to 1700	870	101 (4)
FTB-1431	1½	56.8 to 681	15 to 180	515 to 6000	330	152 (6)
FTB-1441	2	56.8 to 681	15 to 180	515 to 6000	330	152 (6)

Figura 4.50: Selección del caudalímetro.

- **Válvula esférica roscada paso total:** Para interrumpir el flujo para situaciones de mantenimiento o emergencia. En el tramo de entrada se instala una cerca de

la toma y otra cercana al tanque. Otras se ubican antes de los aspersores de la mezcladora.

- **Válvula esférica bridada paso total:** Permiten un fácil desarmado, lo cual las hace ideales para instalar antes y después de la bomba, de tal forma que permita quitarla para mantenimiento.
- **Válvula de flotador:** Se instala en la entrada al tanque para evitar el rebalse. Se selecciona del fabricante **Genebre** en medida 3/4" con rosca gas.
- **Válvula de retención:** Se ubica una luego del caudalímetro para evitar un flujo en sentido inverso que dañe el instrumento.
- **Curvas y tees:** Se utilizan para dirigir el flujo ya sea un cambio de dirección o una bifurcación.
- **Junta de expansión antivibratoria (Fig. 4.51):** Se utilizan para aislar la bomba y evitar transmitir las vibraciones a la línea. Se seleccionan del fabricante **Genebre** con bridas DIN 2501 PN10 para que coincidan con las de la bomba.

Ref	Medida / Size	DN	PN	Dimensiones / Dimensions (mm)							Peso / Weight (Kg)
				ØA	ØB	ØC	ØD	n x ØH	L	E	
2831 07	1 1/4"	32	10	140	100	32	69	4 x 18	95	16	2.86
2831 08	1 1/2"	40	10	150	110	40	69	4 x 18	95	16	3.24
2831 09	2"	50	10	165	125	52	86	4 x 18	105	18	4.10
2831 10	2 1/2"	65	10	185	145	68	106	4 x 18	115	18	4.87
2831 11	3"	80	10	200	160	76	126	8 x 18	130	20	6.20
2831 12	4"	100	10	220	180	103	150	8 x 18	135	20	6.80
2831 13	5"	125	10	250	210	128	180	8 x 18	170	22	9.50

Figura 4.51: Selección de la junta de expansión.

4.6.4. Bomba de agua

Para la selección de la bomba se necesita conocer caudal y presión necesarios. El caudal ya fue establecido en $25 \text{ m}^3/\text{h}$. La presión deberá calcularse como la altura de columna de agua, que representa la pérdida de carga de la instalación. Se calcula en primer lugar la de los tramos rectos, mediante la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$h_f = f \cdot \frac{L \cdot V^2}{D \cdot 2g}$$

Donde:

h_f = Pérdida de carga debida a la fricción [m].

f = Factor de fricción de Darcy.

L = Longitud recta de la tubería [m].

D = Diámetro de la tubería [m].

v = Velocidad media del fluido [m/s].

El factor Darcy se debe determinar en cada caso mediante el diagrama de Moody (Fig. 4.52). Para ello debe calcularse el número de Reynolds de cada tramo:

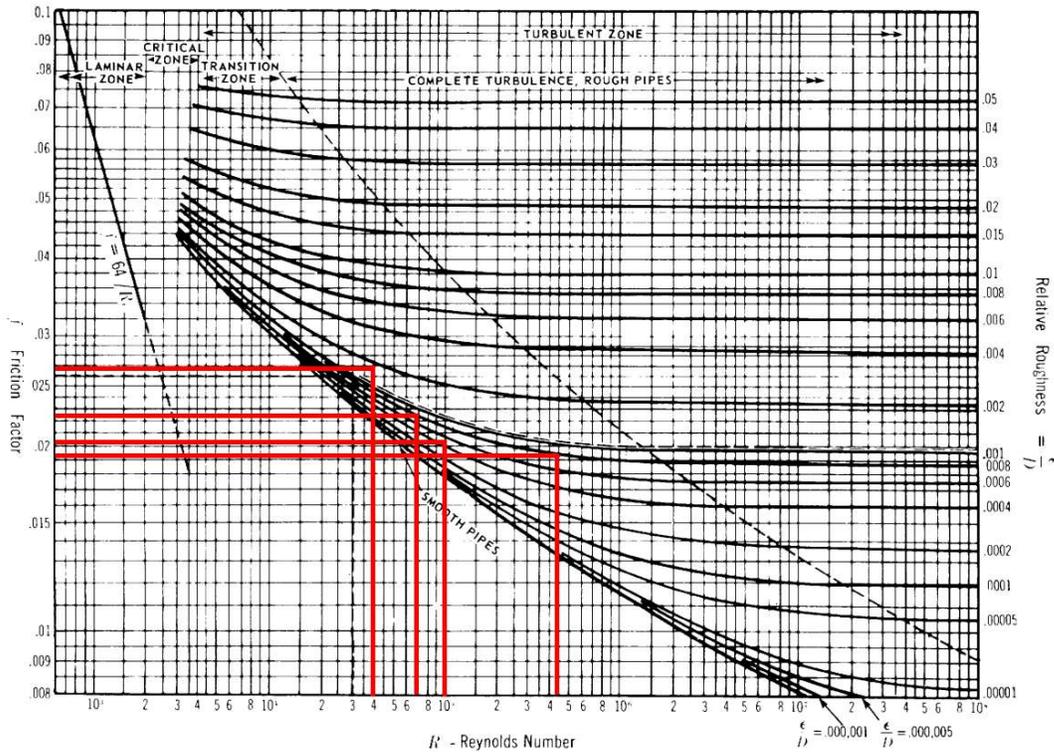


Figura 4.52: Factor de fricción en función del Número de Reynolds y la rugosidad relativa.

$$Re = \frac{\rho \cdot v_s \cdot D}{\mu}$$

Donde:

Re = Número de Reynolds.

ρ = Densidad del fluido, para agua = 1000 [kg/m³].

v_s = Velocidad del fluido [m/s].

D = Diámetro de la tubería [m].

μ = Viscosidad dinámica del fluido, para agua = 0,001 [Pa · s].

De acuerdo con el libro *Cameron Hydraulic Data* de **C.R. Westaway**, la rugosidad absoluta de una tubería de acero como la seleccionada es de $\epsilon = 0,04572\text{mm}$. La rugosidad relativa es igual a ϵ/D y se calculará para cada tramo.

Por lo tanto, la caída de presión en cada tramo se calcula en la siguiente tabla, utilizando las fórmulas y el diagrama definidos anteriormente:

Tramo	D [mm]	v [m/s]	Re	ϵ_R	f	L_R [m]	Hf_R [m]
AP56-001	26,9	1,47	39417	0,0017	0,023	4,5	0,421
AA59-002	88,9	1,12	99393	0,0005	0,02	0,4	0,006
AP58-003	60,3	2,43	146534	0,0008	0,02	6,2	0,620
AP58-004	60,3	1,22	73267	0,0008	0,022	1,1	0,030

En el caso del caudalímetro, la pérdida de carga está determinada por el fabricante del sensor, que permite obtenerla del gráfico de la Figura 4.53. Para 25 m³/h la pérdida

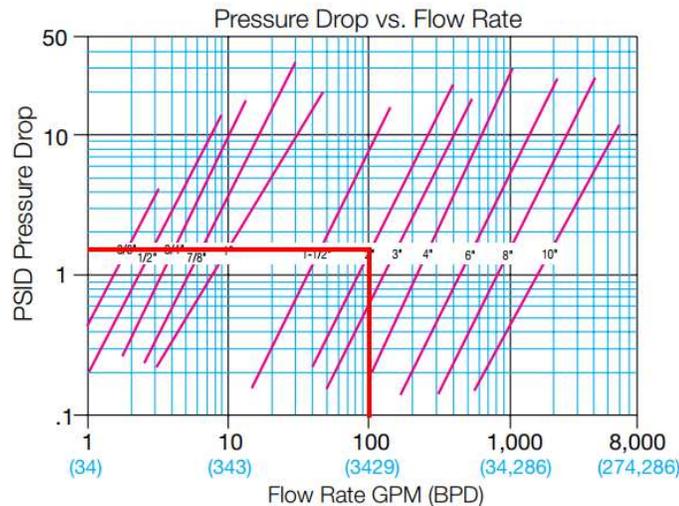


Figura 4.53: Pérdida de carga en el caudalímetro.

de carga es 2 PSI o 1,4 m.

Sin embargo, para las válvulas y los accesorios, se utiliza la ecuación de Darcy-Weisbach reducida a:

$$h_f = K \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Donde el coeficiente K está tabulado en el libro *Cameron Hydraulic Data* para cada accesorios en distintos diámetros de tubería nominal. Los datos necesarios se resumen en la siguiente tabla:

Nombre	3/4"	2"	3"
Válvula esférica	0,08	0,06	0,05
Curva 90°	0,40	0,30	0,26
Tee (paso recto)	0,50	0,38	0,36
Tee (paso 90°)	1,50	1,14	1,08
Válvula de retención	1,30	1,00	0,90

En la siguiente tabla, se calcula la pérdida de carga total, como la suma de los tramos rectos calculados anteriormente y las de accesorios:

Tramo	v [m/s]	Hf _R [m]	Hf _{acc} [m]	Hf _{Total} [m]
AP56-001	1,47	0,421	0,291	0,71
AP59-002	1,12	0,006	0,050	0,06
AP58-003	2,43	0,620	2,977	3,60
AP58-004	1,22	0,030	1,685	1,72

Por lo tanto, la altura de elevación de la bomba deberá ser igual a:

$$H_B = H_{f_{H2'-H3}} + 2 \cdot H_{f_{H3-H4}} = 3,60 \text{ m} + 2 \cdot 1,72 \text{ m} = 7,0 \text{ m}$$

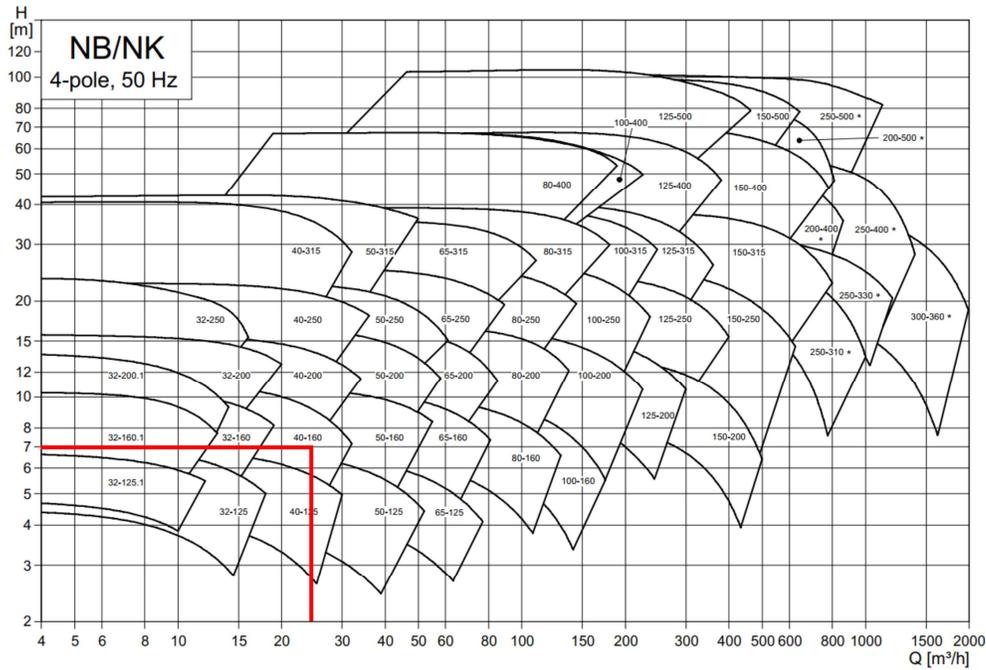


Figura 4.54: Selección de la bomba de agua.

Finalmente se selecciona la bomba para un caudal de 25 m³/h y 7m de columna de agua de presión. Se busca en la línea **NB** con motor de 4 polos del fabricante **Grundfos** (Fig. 4.54). El punto de funcionamiento coincide con el modelo 40-160 y luego observando las curvas específicas de ésta bomba determinamos el tamaño de rodete en 177mm (Fig. 4.55).

Para finalizar la selección de la bomba, se calcula la altura máxima de aspiración para evitar cavitación, mediante la formula suministrada por el catálogo del fabricante **Grundfos**:

$$H = p_b \cdot 10,2 - NPSH - H_f - H_v - H_s = 1 \text{ Bar} \cdot 10,2 - 1,75 \text{ m} - 0,06 \text{ m} - 0,25 \text{ m} - 0,5 \text{ m} =$$

$$H = 7,64 \text{ m}$$

Donde:

- H = Altura máxima de aspiración [m].
- p_b = Presión barométrica = 1[Bar].
- $NPSH$ = *Net Positive Suction Head*. Se obtiene de las curvas características en la bomba seleccionada (Fig. 4.55).
- H_f = Pérdida de carga en la línea de aspiración [m].
- H_v = Presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo, a 20°C es = 0,25[m].
- H_s = Margen de seguridad = 0,5[m]

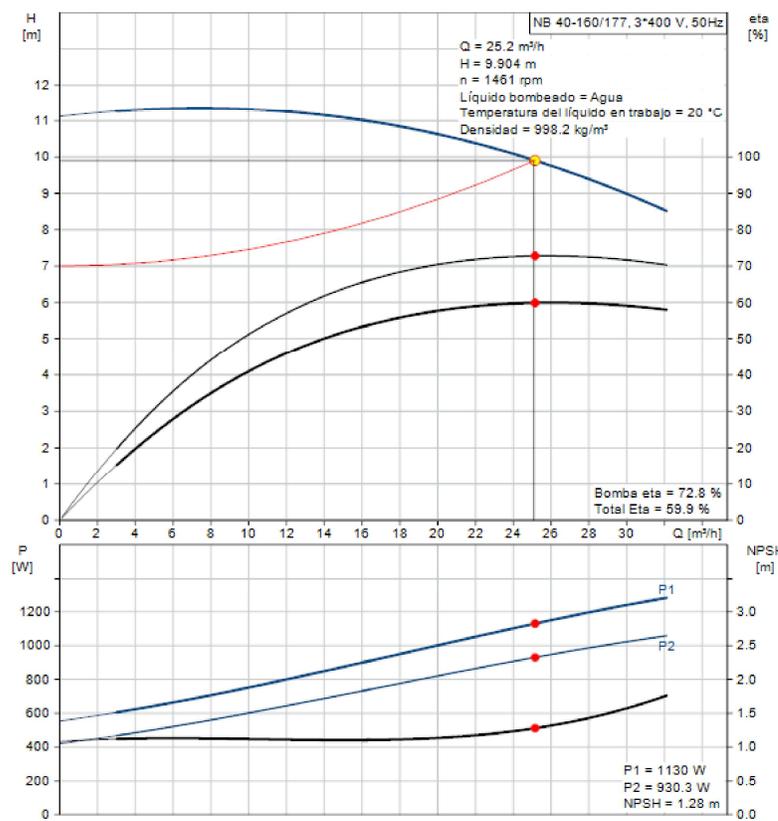


Figura 4.55: Curva de funcionamiento de la bomba.

4.7. Alimentación de aditivos.

4.7.1. Tanque de aditivos

Para almacenar los aditivos, cada depósito deberá contener al menos 41 litros de acuerdo a lo calculado en la sección 4.3.1. A fin de que sea resistente a los aditivos y a la luz solar, se selecciona un tanque de 45 litros, construido en PVC resistente a radiación UV y diseñado originalmente para combustible (Fig. 4.56).



Figura 4.56: Tanque de aditivos.

4.7.2. Tuberías

Dado que el tanque de aditivos se encuentra suspendido de las celdas de carga para determinar su peso, la conexión a la bomba deberá hacerse mediante una manguera a fin de aislar su efecto en el peso. Se selecciona una manguera del fabricante **Plastimet**, modelo **AA20** (Fig. 4.57). Aguas abajo de la bomba, se utilizarán tuberías de acero sin costura.

CÓDIGO	Ø Interior		Ø Exterior	Presión de Rotura	Presión de Trabajo	Longitud
Recylon AA 20	Inch	mm	mm	Bar	Bar	m
11400500005000	3/16	5	10.0	60	20	50
11400600005000	1/4	6	11.2	60	20	50
11400800005000	5/16	8	14.0	60	20	50
11401000005000	3/8	10	15.7	60	20	50
11401300002500	1/2	13	19.3	54	18	25
11401300005000	1/2	13	19.3	54	18	50
11401600002500	5/8	16	24.4	54	18	25
11401600005000	5/8	16	24.4	54	18	50
11401900002500	3/4	19	29.9	48	16	25
11401900005000	3/4	19	29.0	48	16	50
11402500002500	1	25	35.0	48	16	25
11402500005000	1	25	35.0	48	16	50

Figura 4.57: Selección de manguera.

Los diámetros a utilizar se seleccionan en la siguiente tabla, utilizando la misma ecuación que en la sección de agua:

Tramo	Nombre	Q[m ³ /h]	v [m/s]	d[mm]	Tubo seleccionado
QA44-005	Aspiración de bomba	0,5	0,9	13,7	1/2"
QP54-006	Línea de presión	0,5	2	9,2	1/2"

4.7.3. Accesorios

Para la línea de aspiración se seleccionará luego un adaptador de manguera de diámetro 1/2" a la rosca que corresponda a la bomba.

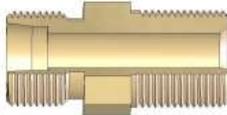
En la línea de presión se requiere una válvula aguja para controlar el caudal y hacer un ajuste fino. Se selecciona del fabricante **Genebre** la válvula 2225N en medida 1/2" (Fig. 4.58).

Ref	Medida / Size	PN (psi)	Dimensiones/Dimensions (mm)					PESO / WEIGHT (Kg)
			E	H	L	M	K	
2225N 02	1/4"	6000	25.5	90	61	55	4	0,365
2225N 03	3/8"	6000	25.5	90	61	55	4	0,355
2225N 04	1/2"	6000	28.5	92	68	55	5	0,440
2225N 05	3/4"	6000	38	98	76	55	6	0,800
2225N 06	1"	6000	44.5	108	85	55	8	1,120

Figura 4.58: Selección de válvula aguja.

Para la conexión de la válvula se requieren adaptadores de rosca 1/2"x14 NPT a una rosca 3/4"x16 UNF (Fig. 4.59), que será la utilizada en las tuercas virola de los tubos (Fig. 4.60).

LÍNEA: ADAPTADORES HIDRÁULICOS
SERIE: ADAPTADORES
TIPO: ALOJAMIENTO VIROLA Y ROSCA CÓNICA



CÓDIGO	ROSCA UNF	Ø EXTERIOR TUBO	ROSCA NPT
706.02.04	7/16" x 20	1/4"	1/4" x 18
706.03.04	1/2" x 20	5/16"	1/4" x 18
706.04.02	9/16" x 18	3/8"	1/8" x 27
706.04.04	9/16" x 18	3/8"	1/4" x 18
706.04.06	9/16" x 18	3/8"	3/8" x 18
706.04.08	9/16" x 18	3/8"	1/2" x 14
706.06.04	3/4" x 16	1/2"	1/4" x 18
706.06.06	3/4" x 16	1/2"	3/8" x 18
706.06.08	3/4" x 16	1/2"	1/2" x 14
706.08.04	7/8" x 14	5/8"	1/4" x 18
706.08.06	7/8" x 14	5/8"	3/8" x 18
706.08.08	7/8" x 14	5/8"	1/2" x 14
706.08.12	7/8" x 14	5/8"	3/4" x 14
706.10.08	1 1/16" x 12	3/4"	1/2" x 14
706.10.12	1 1/16" x 12	3/4"	3/4" x 14
706.10.16	1 1/16" x 12	3/4"	1" x 11 1/2
706.12.12	1 3/16" x 12	7/8"	3/4" x 14
706.12.16	1 3/16" x 12	7/8"	1" x 11 1/2
706.14.16	1 5/16" x 12	1"	1" x 11 1/2
706.16.16	1 5/8" x 12	1 1/4"	1" x 11 1/2

Figura 4.59: Selección de adaptador para válvula.

Finalmente, para la conexión a la línea de agua, se suelda un segmento de tubo de 5/8" en ángulo a cada ramal de entrada de agua a la mezcladora. Al tubo se le suelda un

LÍNEA: ACCEOSRIOS HIDRÁULICOS
SERIE: TUERCAS
TIPO: VIOLA



CÓDIGO	ROSCA UNF	Ø TUBO EXTERIOR
901.01	3/8" x 24	3/16"
901.02	7/16" x 20	1/4"
901.04	9/16" x 18	3/8"
901.06	3/4" x 16	1/2"
901.08	7/8" x 14	5/8"
901.10	1 1/16" x 12	3/4"
901.12	1 3/16" x 12	7/8"
901.14	1 5/16" x 12	1"
901.16	1 5/8" x 12	1 1/4"

Figura 4.60: Selección las tuercas viola.

adaptador de rosca hembra 1/2" NPT. Luego, se utiliza un adaptador idéntico al de la Figura 4.61 para conectarlo a la línea de aditivos.

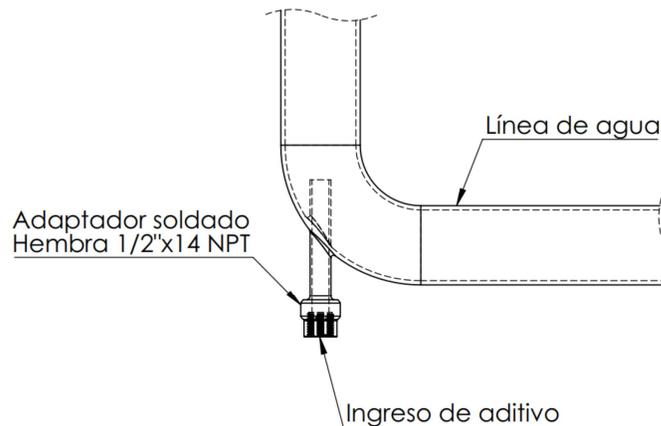


Figura 4.61: Diseño de la conexión al circuito de agua.

4.7.4. Bomba de aditivos

Para la inyección a presión del aditivo en el flujo de agua, se debe seleccionar una bomba. El caudal de ésta bomba deberá ser tal que permita entregar el volumen de aditivo necesario por pastón en un tiempo menor al estimado anteriormente para el agua.

$$V_{Ad'} = \frac{Ad_{batch}}{t_{ad}} = \frac{1,31/batch}{10s} = 0,131/s = 7,81/min$$

Donde:

$V_{Ad'}$ = Capacidad mínima de la bomba de aditivos [l/s].

t_{ad} = Duración del ingreso de aditivos [s]

En cuanto a la presión, se estima que deberá superarse la presión de la línea de agua y además sumarle la caída de presión en las tuberías. Utilizando las mismas ecuaciones que en la instalación de agua, esto resulta igual a:

$$Hf_{Ad} = Hf_R + Hf_{acc} + P_{Agua} = 1,71m + 10,81m + 9,9m = 22,4m = 32,5psi$$

Donde:

Hf_{Ad} = Caída de presión total de la línea de aditivos [m].

Hf_R = Caída de presión de tramos rectos [m]

Hf_{acc} = Caída de presión por accesorios [m]

P_{Agua} = Presión máxima de la línea de agua [m]

Se selecciona una bomba a diafragma de la marca **Shurflo**, sin controles de encendido y apagado. El código de la bomba es **2088-343-170** y sus datos técnicos se encuentran en la Figura 4.62.

Part Number	Max GPM	Max LPM	Max PSI	Max BAR	Port Size	Max Draw	Description	Model	PSI	BAR	GPM	L/min	Amps
2088-343-170	3.3	12.5	50	3.4	1/2" MSPT* Male	9.1	Front Adapter Pump with Electrical Package: Viton® valves, Santoprene® diaphragm, 1/4" FPT adapter mounted on switch port, built-in on/off power switch, fuse holder pre-wired w/2-wire molded connector, no demand switch	2088-343-170	10	0.7	3.00	11.3	5.0
								30	2.1	2.38	9.0	7.5	
								40	2.8	2.14	8.1	8.3	
								50	3.4	1.86	7.0	9.1	
2088-343-500	3.3	12.5	50	3.4	1/2" MSPT* Male	10.1	Front Adapter Pump: Viton® valves, Santoprene® diaphragm, 1/4" FPT adapter mounted on switch port, no demand switch	2088-343-500	10	0.7	2.79	10.6	5.8
								30	2.1	2.26	8.6	8.3	
								40	2.8	1.99	7.5	9.3	
								50	3.4	1.69	6.4	10.1	

* 1/2" - 14 National American Straight Pipe Thread

Figura 4.62: Selección de bomba de aditivos.

4.8. Equipo de mezclado.

4.8.1. Selección del tipo de mezcladora

Existen cuatro tipos fundamentales de equipos para mezclado:

- **De tambor giratorio (Fig. 4.63a):** Consta de un recipiente en cuyo interior se encuentran distribuidas un número de paletas. Éste conjunto gira con respecto a su eje, produciendo el mezclado de su contenido. La carga y descarga se produce por la misma abertura. A su vez, en algunos diseños, todo el tambor gira con respecto a un eje perpendicular, de tal forma que pueda cargarse hacia un lado y descargarse hacia otro.
- **De tornillo sinfín (Fig. 4.63b):** Son constructivamente similares a un transportador a tornillo sinfín. Ésto es un helicoide (que puede tener distintos diseños) que se encuentra alrededor de un eje y dentro de un recipiente que lo envuelve al menos en la mitad inferior. La carga se realiza por encima y la descarga puede ser inferior o lateral, pudiendo tener un segundo tornillo sinfín para dirigir el flujo de hormigón a una distancia mayor.



(a) Mezcladora de tambor.



(b) Mezcladora de tornillo sinfín.



(c) Mezcladora de turbina.



(d) Mezcladora planetaria.

Figura 4.63: Tipos de mezcladora.

- **De turbina (Fig. 4.63c):** Están conformados por un recipiente estático en forma de anillo. Desde el cilindro central surgen barras que poseen en sus extremos paletas, cada una de ellas en contacto con diámetros diferentes del fondo y paredes.

Cuando éstas paletas comienzan a girar con respecto al centro del recipiente, toda la superficie interior es tocada por al menos una paleta, produciendo el mezclado. La carga se realiza por una abertura en la parte superior y la descarga se realiza mediante una tap a giratoria en el fondo.

- **Planetaria (Fig. 4.63d):** El recipiente es cilíndrico y constructivamente similar al de turbina. Por lo general, una o más paletas giran con respecto al centro del recipiente. Las demás giran en un sistema planetario, es decir, una o más paletas (satélites) giran con respecto a un eje (planeta) y a su vez, éste gira con respecto al centro (sol). Dependiendo del tamaño de la mezcladora puede haber diferentes cantidades de paletas fijas, paletas móviles (satélites) y planetas. La carga y descarga de material se realiza de forma idéntica a las mezcladoras de turbina.

Tabla de decisión

Todos éstos mecanismos son de amplia aplicación, por lo que la selección del equipo más adecuado se realizará por una tabla de decisión. Se valorará del 1 al 5 con una ponderación del mismo rango. Los aspectos analizados son los siguientes:

- A. Calidad de mezclado:** Números mayores implican una mejor homogeneidad del hormigón producido. Una baja calidad puede provocar segregación de componentes, burbujas de material no mezclado, fisuras, etc. Dada su gran importancia se le otorga la ponderación máxima de 5.
- B. Costo inicial:** Ésto representa el costo de adquisición del equipo. A mayor número menor es éste costo. La valoración se considera en 1.
- C. Consumo de energía:** Se considera la potencia necesaria en relación al tamaño de las hormigoneras. Mayores números implican menor potencia. La ponderación se establece en 2, ya que el consumo de potencia no es una limitación.
- D. Productividad:** Éste factor considera los volúmenes de producción horarios para equipos de similar tamaño o potencia. Dado que es un factor importante se le da una valoración de 4.
- E. Costo de mantenimiento:** Valores menores implican mayor frecuencia en reemplazo de partes, su costo y disponibilidad de obtención. Su valoración es alta (4) debido a la importancia de la operatividad de la máquina.

	A	B	C	D	E	F
Tambor Giratorio	3	4	4	3	3	51
Tornillo sinfn	1	3	3	2	4	38
De turbina	4	2	2	4	2	50
Planetario	5	1	2	4	2	54

Por lo tanto, se decide diseñar un equipo de mezclado planetario, principalmente debido a su alta calidad de hormigón producido y alta productividad. Sin embargo, ésto radicaré en un equipo mas costoso y un motor más potente. Se supone para éste análisis que ésto es aceptable, considerando los objetivos buscados en la planta hormigonera.

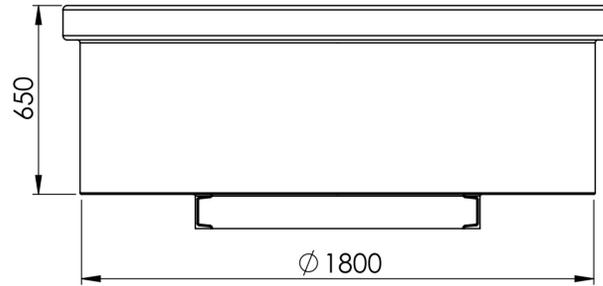


Figura 4.64: Dimensiones de la cuba diseñada.

4.8.2. Cuba de mezclado

Se diseña una cuba capaz de contener en forma holgada $0,5\text{m}^3$ de hormigón y cuyo diámetro no supere el ancho máximo admisible para circular, es decir, $2,6\text{m}$. Además debe poder soportar el peso de hormigón en su interior. El resultado se observa en la Figura 4.64.

Luego se simulan es esfuerzo provocado por el hormigón, a fin de verificar el espesor de cada componente. De los resultados (Fig. 4.65) se decide utilizar chapa SAE 1045 de $1/2''$ de espesor para el fondo y $3/16''$ para el cilindro. También posee una base construida en perfil normal C y un refuerzo en la boca de tubo estructural $120\times 60\times 4.76\text{mm}$.

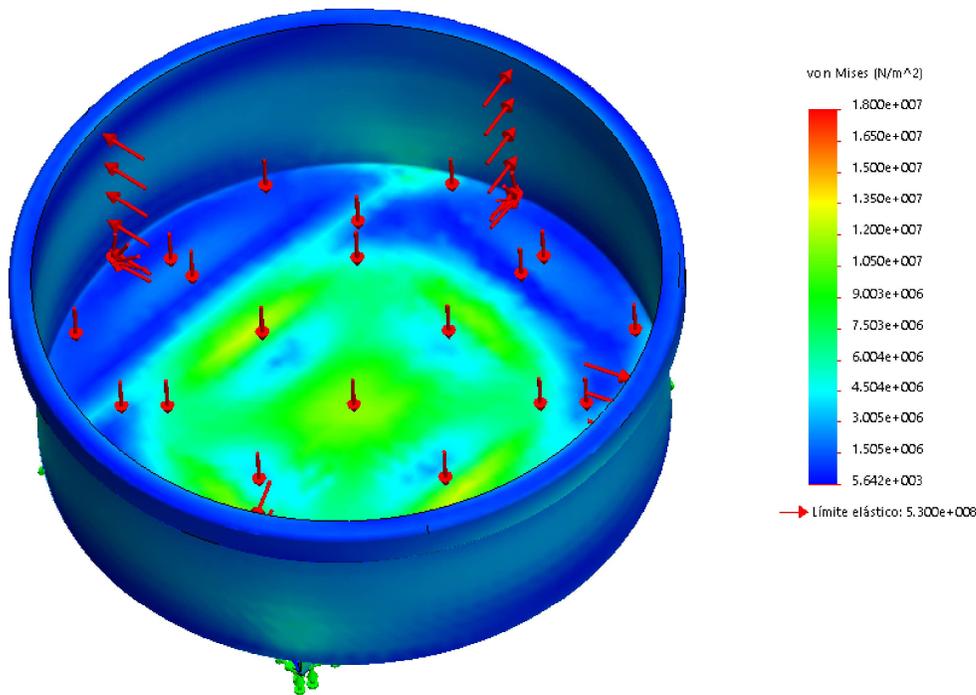


Figura 4.65: Simulación mecánica de la cuba.

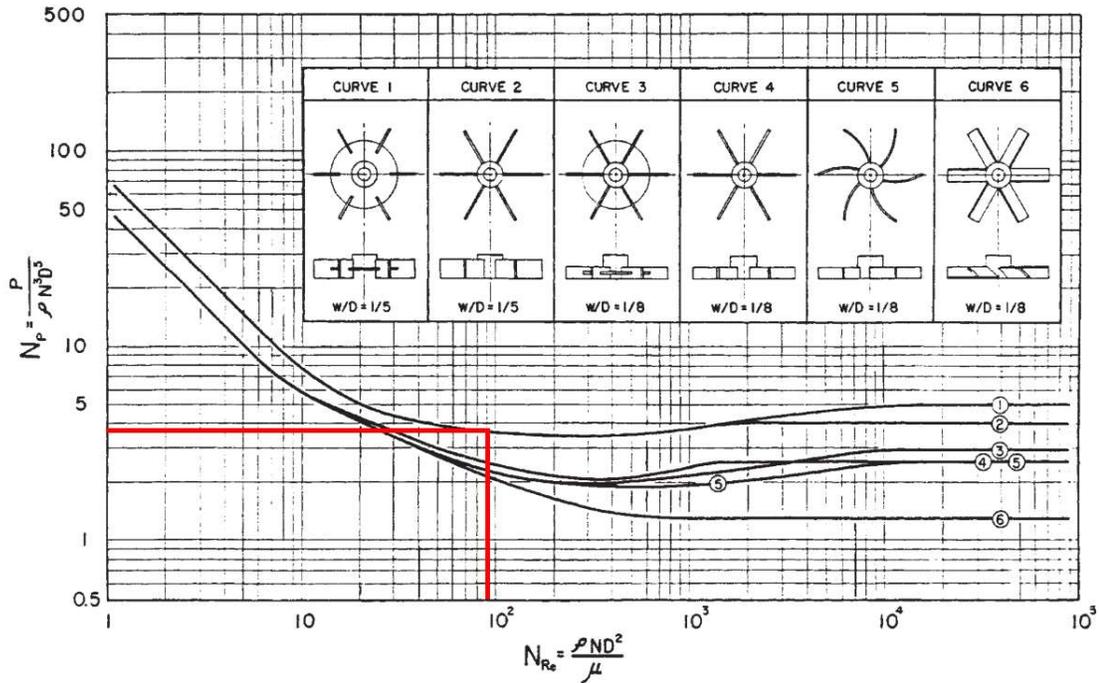


Figura 4.66: Coeficientes de potencia en tanques agitados.

4.8.3. Sistema motriz

En primer lugar, se calcula la potencia necesaria para impulsar la mezcladora. Para ello, se utiliza el método explicado en el libro “Manual del Ingeniero Químico” de Robert H. Perry. El primer paso es calcular el número de Reynolds de cada uno de los impulsores. El equipo contará con dos mezcladores planetarios que girarán cada uno a su vez entre sí y uno general que circulará por la circunferencia más exterior y las paredes.

$$Re_{Ip} = \frac{D_I^2 \cdot N_I \cdot \rho_{H^o}}{\mu_{H^o}} = \frac{1\text{m} \cdot 0,83 \text{ rev/s} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3}{20 \text{ Pa s}} = 100$$

$$Re_{Ie} = \frac{D_{Ie}^2 \cdot N_{Ie} \cdot \rho_{H^o}}{\mu_{H^o}} = \frac{1,8\text{m} \cdot 0,25 \text{ rev/s} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3}{20 \text{ Pa s}} = 97,2$$

Donde:

- Re_{Ip}, Re_{Ie} = Número de Reynolds del impulsor planetario y externo. Adimensional.
- D_{Ip}, D_{Ie} = Diámetro del impulsor planetario y externo. [m]
- N_{Ip}, N_{Ie} = Velocidad de giro del impulsor planetario y externo. Los valores se adoptan de acuerdo a datos de equipos del mercado. [rev/s]
- ρ_{H^o} = Densidad del hormigón. [kg/m³]
- μ_{H^o} = Viscosidad del hormigón. Se obtiene del libro “Simulation of Fresh Concrete Flow”. [Pa s]

Luego se obtiene un coeficiente que depende del tipo de impulsor. Éste se obtiene del nomograma de la Figura 4.66, extraído del libro “Manual del Ingeniero Químico”, para el Número de Reynolds calculado y el tipo de impulsor empleado. Se supone el de la Curva 1, dado que las paletas serán rectas y no llegarán al centro. Los coeficientes se consideran igual a 4 en ambos casos.

Luego se calcula la potencia total, la cual se afecta por un rendimiento de la transmisión estimado en 80 %.

$$P_{Ip} = N_{P-Ip} \cdot \rho_{H^o} \cdot N_{Ip}^3 \cdot D_{Ip}^5 = 4 \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot (0,83 \text{ rev/s})^3 \cdot (1\text{m})^5 = 5556\text{W}$$

$$P_{Ie} = N_{P-Ie} \cdot \rho_{H^o} \cdot N_{Ie}^3 \cdot D_{Ie}^5 = 4 \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot (0,25 \text{ rev/s})^3 \cdot (1,8\text{m})^5 = 2834\text{W}$$

$$P = \frac{2 \cdot P_{Ip} + P_{Ie}}{\eta} = \frac{2 \cdot 5556\text{W} + 2834\text{W}}{0,8 \cdot 1000\text{W/kW}} = 17.4 \text{ kW}$$

Donde:

P_{Ip}, P_{Ie}, P = Potencia en el impulsor planetario, externo y total.
 N_{P-Ip}, N_{P-Ie} = Coeficiente de potencia.

Selección del motor.

Se sabe hasta ahora que se necesita un motor que pueda entregar 17,4 kW a 15 rpm. Como primer instancia se investiga sobre los motores que pueden suministrar el torque necesario, lo cual resulta muy poco eficiente ya que son motores diseñados para potencias mucho mayores. Por lo tanto se decide utilizar un motor de características más normales y un reductor del menor tamaño posible.

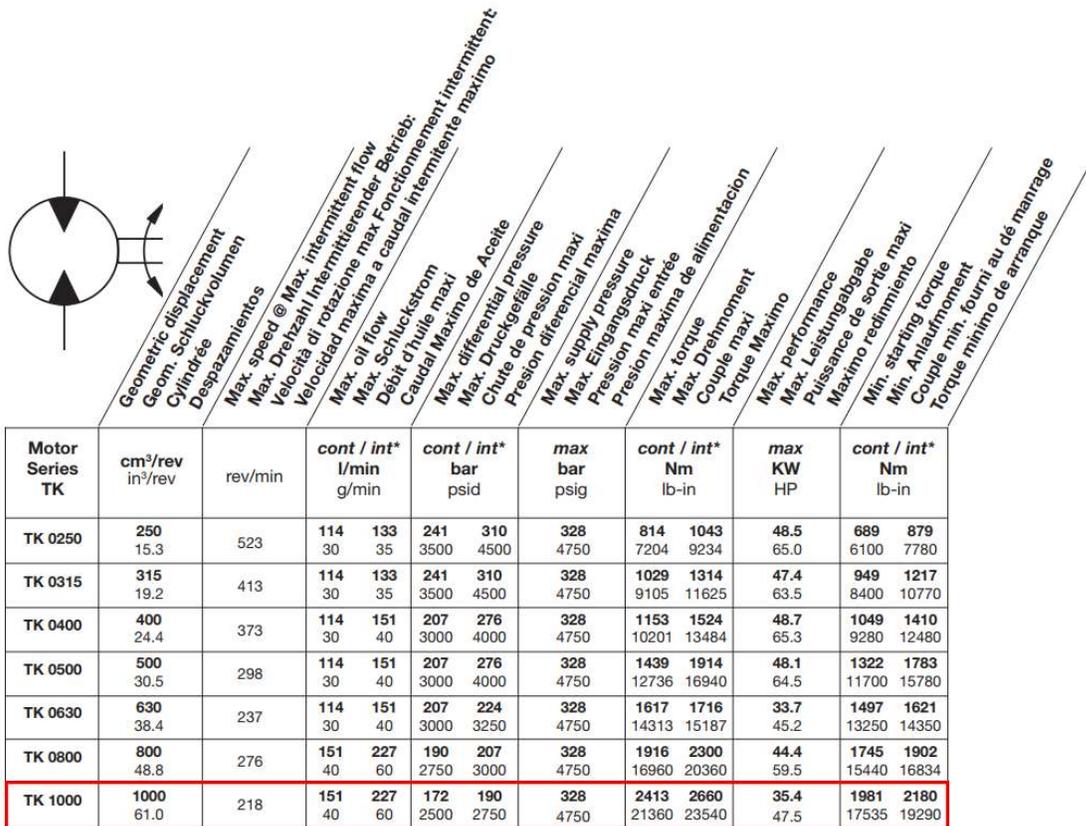


Figura 4.67: Especificaciones Parker Serie TK.

fs		CASE A - T _N values are supplied from Factors f _{sh}		
Case A	Premier moteur / Máquina motriz / Máquina motriz	Machine Opératrice / Máquina Utilizadora / Máquina Utilizadora		
		U	M	S
	Moteurs électriques, Turbines, Moteurs hydrauliques Motores eléctricos, Turbinas, Motores hidráulicos Motores eléctricos, Turbinas, Motores óleo-dinámicos	1.0	1.25	1.75
	Moteurs alternatifs 4-6 cylindres Motores alternativos 4-6 cilindros Motores alternativos 4-6 cilindros	1.25	1.5	2.0
	Moteurs alternatifs 1-3 cylindres Motores alternativos 1-3 cilindros Motores alternativos 1-3 cilindros	1.5	1.75	2.25

Figura 4.68: Determinación del factor de servicio.

Sin embargo, dada la característica de muy baja velocidad de salida necesaria, cuanto mayor sea la cilindrada del motor, menor será la relación de transmisión y por lo tanto de menores dimensiones será el reductor. Por lo tanto, para la selección del motor se decide utilizar un **Parker** de la línea TK, con 1000 cm³/rev (Fig. 4.67).

El motor tiene como estándar la brida SAE CC y conexiones 1-5/16"-12. Se elige un eje estriado de paso diametral 12/24, 1-1/2" de diámetro y 17 dientes. Luego se verificará esta selección, indicando el punto de trabajo según la relación de transmisión necesaria.

Selección del reductor.

El reductor a utilizar será de un gran porte debido al elevado par a transmitir. Para éstos niveles de potencia y considerando la posición de trabajo y el espacio disponible, se decide utilizar un reductor planetario o epicicloidal de la marca **STM Team**. Éstos son compactos, resisten potencias elevadas y son apropiados para condiciones de golpes y sobrecargas.

La selección comienza en el cálculo del par nominal:

$$T_{2n} = \frac{P \cdot 9549}{n_2} = \frac{17,4 \text{ kW} \cdot 9549}{15 \frac{r}{\text{min}}} = 11077 \text{ Nm}$$

Luego se determina el factor de servicio **fs** según las tablas del fabricante (Fig. 4.68). Para una mezcladora de densidad no uniforme (golpes moderados) y un motor hidráulico resulta en 1,25.

Luego se determina el factor de número de encendidos **fv**, que para 5 a 30 arranques por hora en una máquina de golpes moderados resulta igual a 1,12 (Fig. 4.69).

Dém/h - Arranque/h - Arranque/h	U	M	S
Z ≤ 5	1	1	1
5 < Z ≤ 30	1.2	1.12	1.06
30 < Z ≤ 63	1.33	1.2	1.12
63 < Z	1.5	1.33	1.2

Figura 4.69: Determinación del factor de número de encendidos.

El factor de fiabilidad se considera igual 1 ya que se utiliza en casos de necesitar una confiabilidad elevada, lo cual no es necesario en éste caso. Por lo tanto el factor de servicio general **Fs** será igual a:

$$F_s = f_s \cdot f_v \cdot f_{ga} = 1,25 \cdot 1,12 \cdot 1 = 1,4$$

150





1.2 Prestazioni

1.2 Performances

EX		n _z X h						
Stadio Stage Stufe		T _N [Nm]						
ir		10000	20000	50000	100000	500000	1000000	2000000
1	3.72	22750	21448	21447	21443	13822	11227	9119
	4.09	25200	23254	23253	22311	13766	11182	9082
	5.25	20487	18642	18641	18182	13436	10913	8864
	6.23	17390	16199	14593	13485	11226	10373	8651
2	13.39	21457	20229	20228	20049	12371	10048	8162
	14.73	25200	23254	23253	21428	13222	10740	8723
	17.39	24958	23254	23253	21118	13031	10584	8597
	18.90	20487	18642	18641	17343	13436	10913	8864
	22.31	20487	18642	18641	17265	13436	10913	8864
	25.36	18630	18523	16687	15420	12508	10160	8252

Figura 4.70: Selección del reductor.

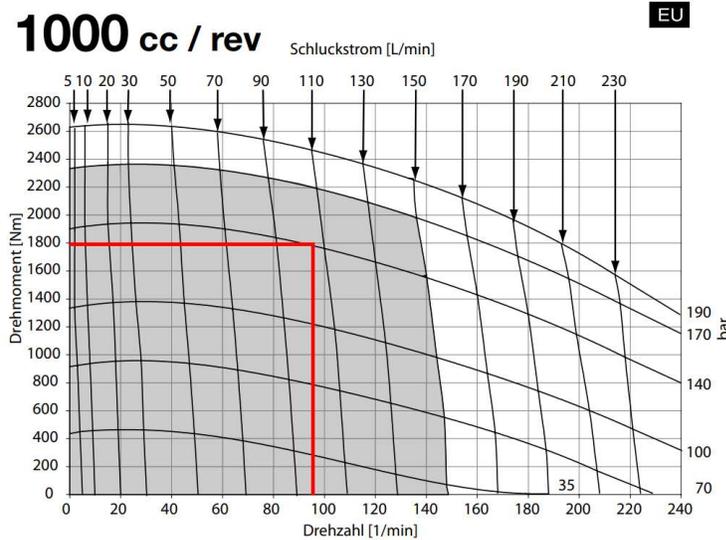


Figura 4.71: Punto de funcionamiento del motor de la mezcladora.

Para la selección del tamaño de reductor, se debe verificar la siguiente relación:

$$T_N \cdot fn \geq T_{2n} \cdot Fs = 11077Nm \cdot 1,4 = 15507Nm$$

Donde el valor de $T_N \cdot fn$ se busca en las tablas de prestaciones. El factor fn es una corrección por número de ciclos. En las tablas se da para valores entre 10000 y 2000000 de horas. Por lo tanto se busca en las tablas de prestaciones un reductor según su relación de transmisión y que verifique el par nominal. Se selecciona el reductor de la serie 150, con 1 etapa, 6,23 de relación de transmisión y un T_N de 17390 a 10000 horas (Fig. 4.70).

Se verifica que la velocidad de entrada máxima está muy por encima de lo necesario. No existen cargas axiales o radiales para considerar.

Con ésta relación de transmisión se obtiene un punto de funcionamiento del motor con margen para sobrecargas y regulación de velocidad según sea necesario. La alimentación resultante es de 105 l/min y 140 bar, para obtener unos 1800 Nm y 195 rpm (Fig. 4.71).

P_{IN}	P	PH	PX	R-L-F-FC-FU FB-FCB	FS FP	H HU	X	T
1501	64.9	54.7	63.5	39.6	26.7	32.7	41.5	58.1
1502	44.4	38.6	43.6	29.9	22.6	26.0	31.0	40.5
1503	28.0	22.5	27.6	19.6	15.3	17.3	20.2	25.8
1504	21.7	19.2	21.4	15.4	12.1	13.6	15.8	20.0

Figura 4.72: Potencia térmica nominal del reductor.

Luego se calcula la potencia térmica nominal, mediante la ecuación:

$$P_1 \leq P_{tN} \cdot f_m \cdot f_a \cdot f_d \cdot f_p \cdot f_f = 39,6\text{kW} \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1,8 \cdot 0,87 \cdot 1 = 43,4\text{kW}$$

$$P_1 = 17,4\text{kW} \leq 43,4\text{kW} \Rightarrow \text{Verifica}$$

Donde:

P_{tn} = Potencia térmica nominal. Se obtiene del catálogo del fabricante (Fig. 4.72).

f_m = Factor de corrección por posición de montaje. Para posición vertical (M3) y velocidades menores a 1000 rpm es igual a 0,7.

f_a = Factor de corrección de altitud. Para altura de 0m es igual a 1.

f_d = Factor de corrección por ciclo de trabajo. Dado que el ciclo de trabajo es muy bajo, ya que el tiempo de mezclado es una corto, se adopta el menor valor, es decir 20 % que equivale a un factor de 1,8.

f_p = Factor de corrección de temperatura ambiente. Dado que va a trabajar a la intemperie se corrige la temperatura a 30°C, lo que equivale a un factor de 0,87.

f_f = Factor de corrección por ventilación. Para ventilación estándar se adopta igual a 1.

Para finalizar la selección del reductor, se configura todo lo restante:

- **Orientación:** En línea.
- **Salida:** RD. Brida estándar con eje macho estriado B 80x74.
- **Entrada:** Para motor hidráulico. Código GAB 14, equivalente a Estándar SAE C.
- **Freno:** Sin freno.
- **Posición de montaje:** M3 (vertical).
- **Material de los sellos:** Estándar.
- **Aceite provisto:** OUTOIL. Sin aceite provisto.
- **Pintura y protección:** TypEX (Estándar).

El código completo del reductor es:

EX-150-1-RD-6.23-I-GAB14-OUTOIL-TypEX-M3

Mecanismo planetario.

Éste mecanismo es un juego de engranajes que permite la combinación del giro de los *satélites* (paletas) alrededor del *planeta* (conjunto de paletas) y de los planetas alrededor del *sol* (centro de la mezcladora).

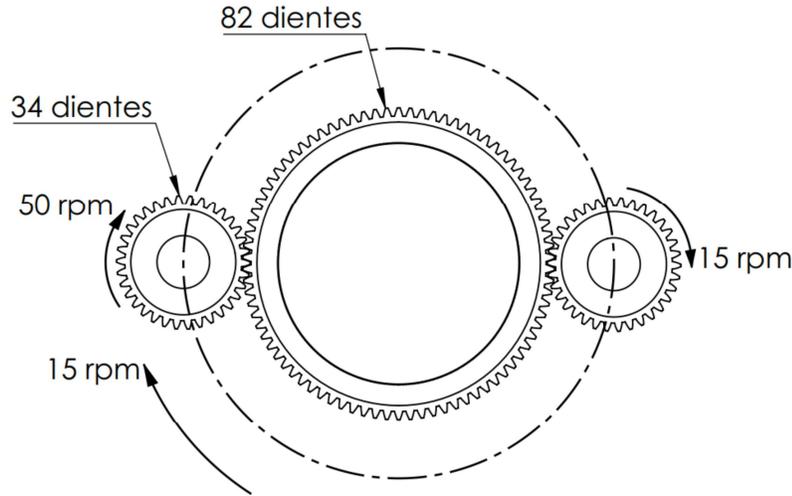


Figura 4.73: Juego de engranajes planetarios.

Éste mecanismo consiste de una placa que gira impulsada por el reductor. A medida que gira, dos engranajes montados sobre ésta placa engranan sobre otro que se encuentra fijo al bastidor. Se diseña la relación de dientes que resulte más conveniente para lograr que los planetas giren alrededor de 50 rpm (Fig. 4.73).

Para realizar el cálculo mecánico de los engranajes, se sigue la norma **DIN 3990**. Para ello se deben verificar las siguientes ecuaciones:

$$\sigma_{FN} \leq \sigma_{FP}$$

$$\sigma_{HN} \leq \sigma_{HP}$$

Donde:

σ_{FN} = Tensión nominal en la raíz del diente [MPa].

σ_{FP} = Tensión admisible del material [MPa].

σ_{HN} = Tensión nominal en el punto de rodadura [MPa].

σ_{HP} = Tensión admisible del material [MPa].

Por lo tanto, se calcula cada una de éstas tensiones a continuación:

$$F_t = \frac{P}{r_{pl} \cdot n} = \frac{17,4\text{kW}}{5,4 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \cdot 0,102\text{ m}} \cdot 1000 \frac{\text{W}}{\text{kW}} = 31663\text{N}$$

$$\sigma_{FN} = \frac{F_t}{b \cdot m_n} \cdot K_A \cdot Y_{Fa} \cdot Y_{Sa} \cdot Y_\epsilon \cdot Y_\beta = \frac{31663\text{ N}}{0,06\text{ m} \cdot 0,006\text{ m}} \cdot 1,35 \cdot 2,1 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 1 = 499\text{ MPa}$$

$$\sigma_{FP} = \frac{\sigma_{FLim}}{S_{Fmin}} \cdot Y_{ST} \cdot Y_{\delta\text{-rel}\cdot T} \cdot Y_{R\text{-rel}\cdot T} \cdot Y_X \cdot Y_{NT} = \frac{320\text{ MPa}}{1,7} \cdot 2 \cdot 1,05 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 1,5 = 623\text{ MPa}$$

$$\sigma_{HN} = \sqrt{\frac{F_t \cdot K_A (u+1)}{b \cdot d_{p1} u}} \cdot Z_E \cdot Z_H \cdot Z_\varepsilon \cdot Z_\beta$$

$$\sigma_{HN} = \sqrt{\frac{31663 \text{ N} \cdot 1,35}{60\text{mm} \cdot 204\text{mm}} \cdot \frac{(3,41+1)}{3,41}} \cdot 189,8 \sqrt{\text{N}/\text{mm}^2} \cdot 2,5 \cdot 1 \cdot 1 = 1008,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{HP} = \frac{\sigma_{HLim}}{S_{Hmin}} \cdot Z_{NT} \cdot Z_L \cdot Z_R \cdot Z_V \cdot Z_W \cdot Z_X = \frac{770 \text{ MPa}}{1,3} \cdot 1,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 = 1039 \text{ MPa}$$

Donde:

- F_t = Fuerza tangencial sobre el diente [N].
 b = Ancho del diente. Se determina en 60mm. [mm] o [m].
 m_n = Módulo según DIN 780. Se elige 6mm. [mm] o [m].
 n_1 = Velocidad angular del piñon [rad/s].
 d_{p1}, r_{p1} = Diámetro y radio primitivos del piñon [mm] o [m].
 u = Relación de transmisión.
 K_A = Factor de servicio. Para un motor hidráulico (choque liviano) y una máquina mezcladora (choque moderado) se sugiere = 1,35.
 Y_{Fa} = Factor de forma. Para un engrane normal $x = 0,5$ y un número de dientes en el piñon de $Z_{n1} = 34$ resulta = 2,1.
 Y_{Sa} = Factor de concentración de tensión. Para $x = 0,5$ y $Z_{n1} = 34$ es = 2.
 Y_ε = Factor de engrane. Para engranajes rectos es = 1.
 Y_β = Factor de inclinación de la hélice. Para engranajes rectos es = 1.
 σ_{Flim} = Esfuerzo pulsante de flexión en la raíz del diente. Para acero DIN Ck45 Bonificado (similar a SAE 1045) es = 320 [MPa]
 S_{Fmin} = Factor de seguridad = 1,7.
 Y_{ST} = Factor de corrección de la tensión para dimensiones de ruedas probadas = 2.
 $Y_{\delta \cdot rel \cdot T}$ = Cifra relativa de apoyo, que considera la sensibilidad a la entalla del material. Para $Y_{Sa} = 2$ y el acero considerado = 1,05.
 $Y_{R \cdot Rel \cdot T}$ = Factor de acabado superficial en el redondeo de la raíz. Para rugosidad media = 3 y el acero considerado = 1,05.
 Y_X = Factor de tamaño. Para módulo 6 es = 1.
 Y_{NT} = Factor de duración. Para 5000 horas y el acero considerado es = 1,5.
 Z_E = Factor de elasticidad. Para el acero considerado es = $189,8 \sqrt{\text{N}/\text{mm}^2}$.
 Z_H = Factor de zona. Para ángulo de presión de 20° y engranaje recto es = 2,5.
 Z_ε = Factor de engrane. Para engranajes rectos es = 1..
 Z_β = Factor de ángulo de la hélice. Para engranajes rectos es = 1..
 σ_{HLim} = Esfuerzo de fatiga en el perfil del diente. Para el acero Ck45 es = 770 [MPa].
 S_{Hmin} = Factor de seguridad para evitar picaduras (*pitting*) = $\sqrt{S_{Fmin}} = 1,3$.
 Z_{NT} = Factor de duración por presión en el flanco. Para el acero utilizado y 5000 horas de vida es = 1,6.
 Z_L = Factor de lubricación. Se adopta una lubricación normal y = 1.
 Z_R = Factor de rugosidad. Para rugosidad media = 3 es = 1.
 Z_V = Factor de velocidad. Para el material seleccionado es = 1.
 Z_W = Factor de apareamiento. Para el material seleccionado es = 1,1.
 Z_X = Factor de tamaño. Para módulo 6 es = 1.

Por lo tanto el sistema de engranajes está completamente definido y dimensionado.

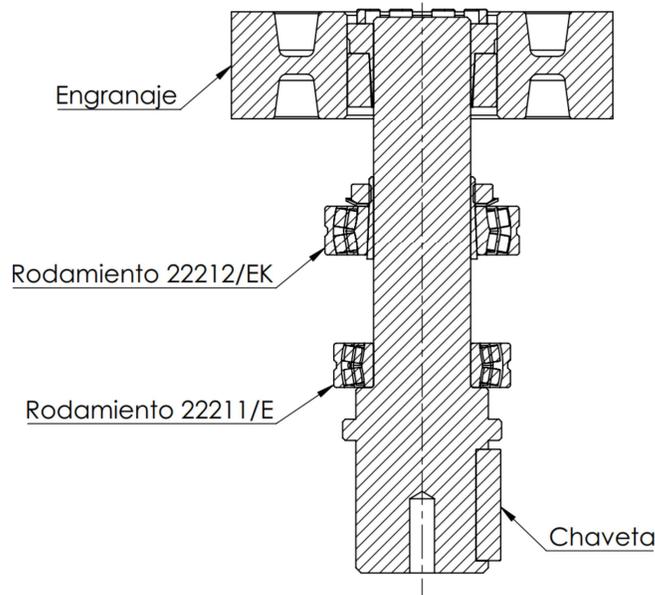


Figura 4.74: Diseño del árbol de transmisión de cada planeta.

Diseño de los árboles

Se diseña un árbol para transmitir el giro del engranaje hacia las paletas. Por lo tanto tendrá en un extremo el momento torsor y la fuerza radial provocado por el engrane. Éstos esfuerzos son iguales a:

$$F_r = F_t \cdot \tan \alpha = 31663 \text{ N} \cdot \tan(20^\circ) = 11525 \text{ N}$$

$$M_t = \frac{P}{n} = \frac{17400 \text{ W}}{5,38 \frac{\text{rad}}{\text{s}}} = 3230 \text{ Nm}$$

Éstos esfuerzos son soportados por un par de rodamientos. En el extremo de salida, se utiliza una unión con chaveta para mover un brazo de paletas. El diseño propuesto del árbol se observa en la Figura 4.74 y cada componente será verificado a continuación.

El árbol se verifica mediante cálculo numérico por elementos finitos, aplicando ambas cargas en la simulación y fijando a conveniencia cada sector del eje. Se verifica la resistencia estática y fatiga. El material a utilizar es acero SAE 4140. Los resultados se observan en la Figura 4.75.

La unión entre el engranaje y el árbol se hace mediante un acople de bloqueo auto-centrante de la marca **Blokear** modelo **130** de dimensiones 55x85mm (diam. interior x diám. exterior). En la Figura 4.76 se verifica que soporta 4180 Nm de torque y por lo tanto es suficiente para ésta aplicación.

Se seleccionan rodamientos de rodillos a rótula. Uno de ellos es un **SKF 22212/EK** que se fija mediante un manguito con tuerca y el otro un **SKF 22211/E** de eje cilíndrico. con La verificación de los rodamientos se realiza mediante la ecuación de vida:

$$Vida \text{ de los rodamientos} = \frac{(C)^p \cdot 10^6}{P \cdot n \cdot 60} = \frac{(156 \text{ kN})^{10/3} \cdot 10^6}{26 \text{ kN} \cdot 51,4 \text{ r/min} \cdot 60} = 134000 \text{ horas}$$

Donde P, es decir el esfuerzo radial al que está sometido el rodamiento más solicitado

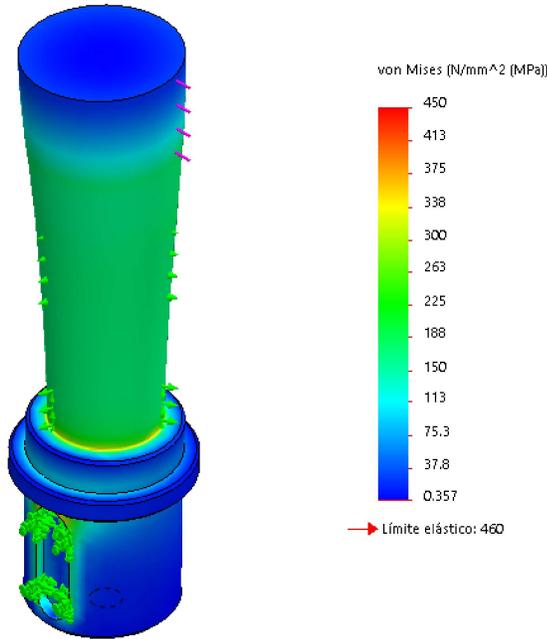


Figura 4.75: Cálculo del árbol de transmisión de cada planeta.

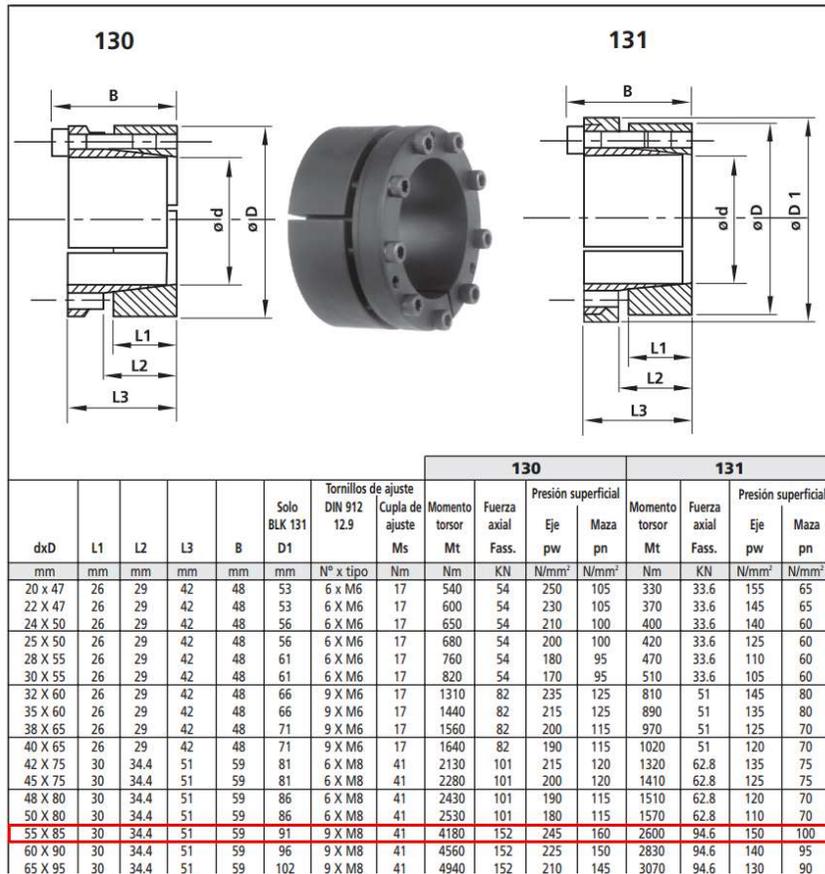


Figura 4.76: Selección de la masa bicónica.

se obtiene de la distribución de fuerzas y reacciones en los apoyos. El resultado del cálculo demuestra que la vida útil de los rodamientos será muy elevada.

Finalmente, se hace el cálculo de la chaveta de salida para el brazo de mezclado. El acero SAE 1020 considerado para los cálculos dado que es el más utilizado. Posee una tensión de fluencia promedio de 315 MPa. La norma utilizada para las chavetas es la DIN 6885.

$$L_{\tau\sigma} = \frac{2 \cdot M_t}{b \cdot D \cdot \sigma_{apl}} = \frac{2 \cdot 3230 \text{ Nm}}{20\text{mm} \cdot 75\text{mm} \cdot 79\text{MPa}} = 55\text{mm}$$

$$L_{\sigma} = \frac{2 \cdot M_t}{y_2 \cdot D \cdot \sigma_{\tau}} = \frac{2 \cdot 3230 \text{ Nm}}{8,8\text{mm} \cdot 75\text{mm} \cdot 158\text{MPa}} = 62\text{mm}$$

Donde:

L_{τ} = Longitud mínima admisible al corte [mm].

L_{σ} = Longitud mínima admisible al aplastamiento [mm].

b = Ancho de la chaveta [mm].

y_2 = Altura del chavetero en la sección más crítica del cubo [mm].

D = Diámetro del eje en la sección [mm].

σ_{τ} = Tensión admisible del material al corte = $\frac{\sigma_f}{4}$ [MPa].

σ_{apl} = Tensión admisible del material al aplastamiento = $\frac{\sigma_f}{2}$ [MPa].

Por lo tanto se utiliza una chaveta de 63mm siendo la más cercana en tamaño. A su vez ésto nos determina el largo del cubo y de la correspondiente sección del árbol.

4.8.4. Mecanismo de mezclado

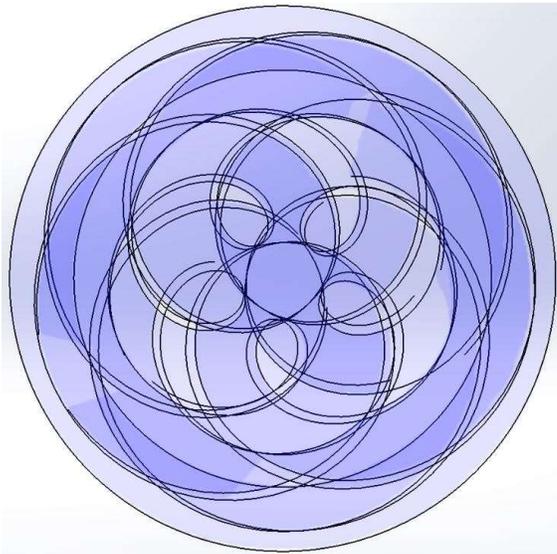


Figura 4.77: Representación del barrido de la mezcladora.

El diseño de éstos componentes es en primer lugar geométrico. Se propone como objetivo que toda la superficie inferior de la mezcladora sea barrida durante una vuelta completa del sistema. Ésto se observa en la Figura 4.77, donde las tonalidades más oscuras indican mayor cantidad de pasadas de las paletas. Cabe mencionar que luego de un ciclo completo de mezclado (unas 25 vueltas) toda la superficie es barrida varias veces.

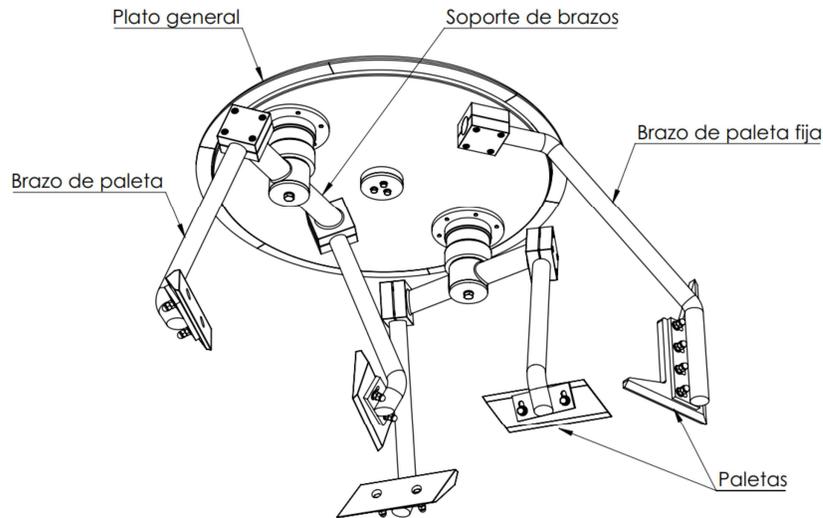


Figura 4.78: Diagrama del sistema de mezclado.

Otra condición importante es que las paletas de cada planeta no se toquen entre sí. El diseño final del sistema de mezclado se observa en la Figura 4.78.

Se verifica mecánicamente cada uno de los componentes, sometidos al par máximo en una condición de bloqueo. Los resultados se observan en la Figura 4.79 y 4.80.

4.8.5. Mecanismo de descarga

La descarga de este tipo de mezcladora se realiza normalmente desde abajo. Se diseña una tapa giratoria que al accionarla libere el contenido a medida que siguen girando las paletas. En la Figura 4.81 se observa el funcionamiento del mecanismo. De éste se hace un primer dimensionamiento geométrico y se determina la carrera del cilindro hidráulico. El área de descarga resulta de 2240 m².

Cilindro hidráulico

Dado que es muy difícil determinar la fuerza necesaria para abrir la compuerta, el diámetro del émbolo se dimensionarán basándose en lo observado en equipos similares y la presión en los niveles usados en otros circuitos.

Por lo tanto, se decide utilizar un cilindro hidráulico de 2" (50,8mm) con un vástago de 1" (25,4mm) que a continuación se calcula la máxima presión utilizable, verificando la carga crítica al pandeo.

$$K_P = \pi^2 \frac{E \cdot I}{S k^2 \cdot C} = \pi^2 \frac{2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2 \cdot 0,0491 \cdot (2,54 \text{ cm})^4}{78 \text{ cm} \cdot 3,5} = 1989 \text{ kg}$$

$$P = \frac{F}{\pi \cdot R^2} = \frac{1989 \text{ kg}}{\pi \cdot (2,54 \text{ cm})^2} = 98 \text{ kg/cm}^2$$

Donde:

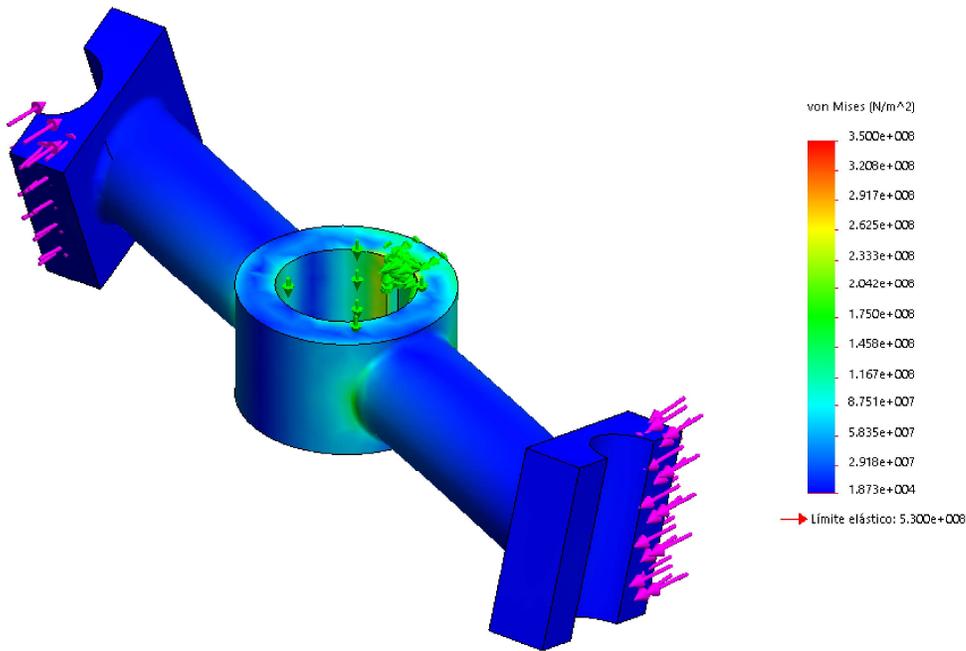


Figura 4.79: Cálculo mecánico de soporte de paletas.

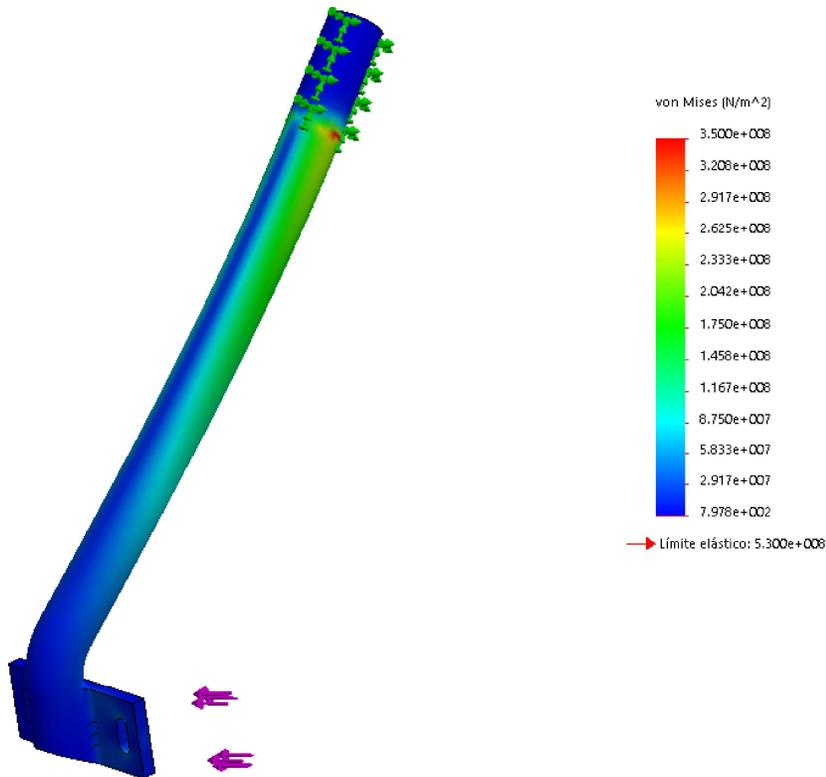


Figura 4.80: Cálculo mecánico del brazo de paleta.

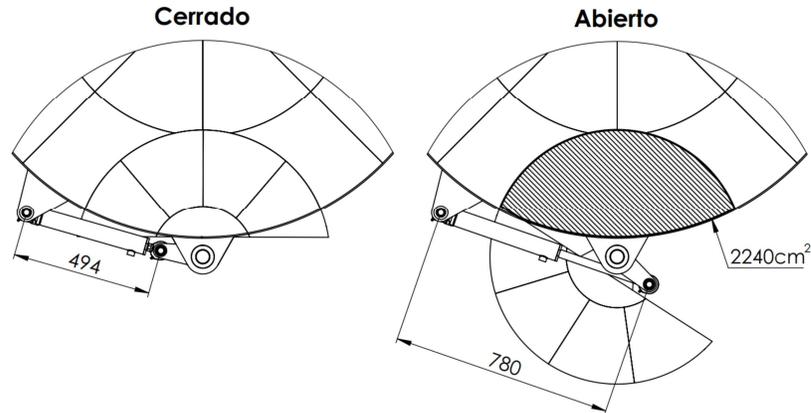


Figura 4.81: Diagrama del mecanismo de descarga.

- K_P = Carga crítica de pandeo [kg].
 E = Modulo de Young del material del vástago [kg/cm²].
 Sk = Longitud libre de pandeo. Para cilindro articulado en los dos extremos es igual a la longitud del cilindro abierto [cm].
 I = Momento de inercia del vástago [cm⁴].
 C = Coeficiente de seguridad.
 P = Presión máxima admisible del cilindro [kg/cm²].
 F = Fuerza máxima ejercida por el cilindro, en éste caso la crítica de pandeo [kg].
 R = Radio del émbolo del cilindro hidráulico [cm].

Pernos

Los pernos se calculan como perfiles redondos de 25mm de diámetro, de acuerdo a lo normal para el tamaño del cilindro. El material será acero **SAE 1045**. Se verificarán para la condición de corte y aplastamiento.

$$\sigma_{Apl} = \frac{F}{A_{apl}} = \frac{20000 \text{ N}}{0,000625 \text{ m}^2} = 31,8 \text{ MPa} < \sigma_{adm.apl}$$

$$\tau = \frac{F}{2 \cdot A_{\tau}} = \frac{20000 \text{ N}}{2 \cdot 0,000491 \text{ m}^2} = 20,3 \text{ MPa} < \tau_{adm}$$

Donde:

- σ_{Apl} = Tensión nominal al aplastamiento [MPa].
 $\sigma_{adm.apl}$ = Tensión admisible al aplastamiento. Para SAE 1045 es igual a 200 [MPa].
 τ = Tensión cortante nominal [MPa].
 τ_{adm} = Tensión cortante admisible. Para SAE 1045 es igual a 100 [MPa].
 A_{apl} = Área efectiva sometida al aplastamiento [m²].
 A_{τ} = Sección transversal sometida al corte [m²].

Por lo tanto los pernos de éstas dimensiones verifican el esfuerzo requerido.

4.9. Hidráulica.

4.9.1. Definiciones

Para comenzar el diseño de la instalación hidráulica, primero se especifican las cargas a alimentar y la simultaneidad de operación entre ellas. Ésto se hace mediante el diagrama de la Figura 4.82 que relaciona cada operación con su duración en un ciclo completo de 8 minutos. En gris se observan los movimientos neumáticos, en azul uno de los circuitos hidráulicos y en verde otro, que necesita operar simultáneamente con el otro. Los tiempos son estimativos, ya que lo importante es representar los momentos en que cada movimiento necesita ser ejecutado.

Proceso\Minutos	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	
Pesada 1er agregado																	
Pesada 2do agregado																	
Descarga agregado																	
Transporte cemento																	
Descarga cemento																	
Mezcladora																	
Cilindro descarga																	

Figura 4.82: Diagrama de simultaneidad de cargas hidráulicas.

A continuación se detallan los requisitos de caudal y presión necesarios en cada consumo, y el circuito al que pertenece.

Motor de cinta transportadora:

- Circuito 1
- Caudal: 55 l/min
- Presión: 125 bar

Motor de sinfín en tolva de cemento:

- Circuito 1 (con reductora de caudal)
- Caudal: 20 l/min
- Presión: 60 bar

Motor de sinfín elevador de cemento:

- Circuito 1 (con reductora de caudal)
- Caudal: 20 l/min
- Presión: 70 bar

Cilindro de descarga:

- Caudal: 50 l/min

- Presión: 125 bar

Motor de mezcladora:

- Circuito 2
- Caudal: 105 l/min
- Presión: 140 bar

Cilindros estabilizadores (4 unidades):

- Circuito 3
- Caudal: 10 l/min
- Presión: 150 bar

Éstos últimos cilindros, se emplearán para elevar el chasis de la máquina, por lo que se seleccionan de tal forma de que entre los cuatro (uno para cada lado) superen el peso total. El caudal de éste circuito conviene que sea bajo para tener una buena precisión de operación y baja potencia.

En el circuito 1, ambos motores que impulsarán los sinfines de cemento se colocarán en serie ya que el funcionamiento deberá ser siempre simultáneo.

4.9.2. Bombas hidráulicas

Tomando los caudales necesarios del capítulo anterior, se seleccionan bombas que puedan suministrar cada circuito. Las bombas se seleccionan del tipo a engranajes y de la marca Turolla (Fig. 4.83).

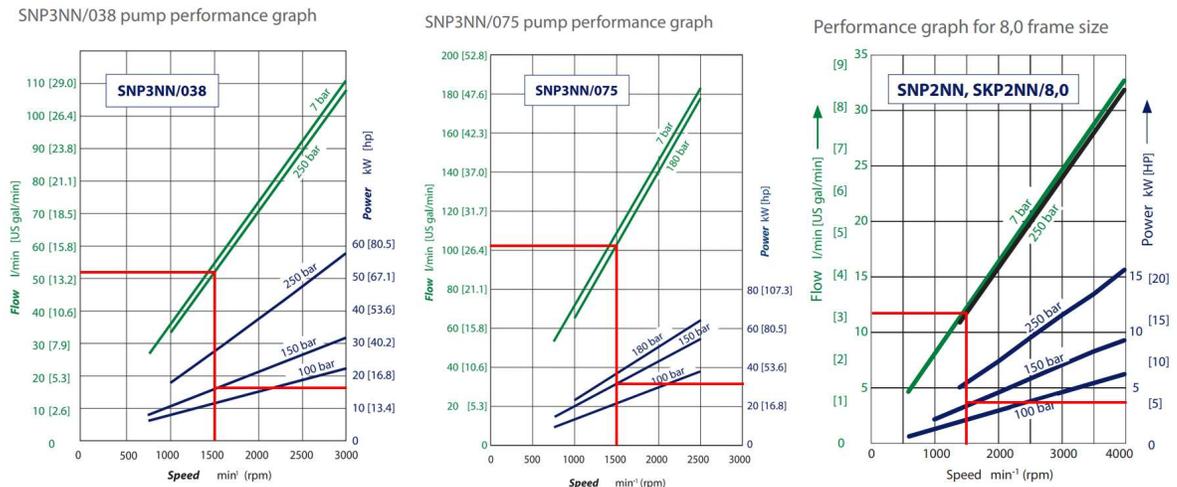


Figura 4.83: Diagramas de funcionamiento de las bombas.

Circuito 1

La cilindrada aproximada se calcula a continuación:

$$c_1 = \frac{Q_1 \cdot 1000}{n} = \frac{55 \text{ l/min} \cdot 1000}{1450 \text{ rpm}} = 37,9 \text{ cm}^3/\text{rev}$$

Donde:

c_1 = Cilindrada de la bomba del circuito 1 [cm^3/rev].

Q_1 = Caudal necesario en el circuito 1 [l/min].

n = Velocidad de giro del motor eléctrico de 4 polos [rpm].

Por lo tanto se selecciona una bomba del Grupo 3 y la cilindrada de $38 \text{ cm}^3/\text{rev}$. Para ésta bomba y las siguientes, se escoge una configuración estándar con brida tipo europea de 4 tornillos (98,4x128,1), eje cónico 1:8 y conexiones bridadas.

Circuito 2

La cilindrada aproximada se calcula a continuación:

$$c_2 = \frac{Q_2 \cdot 1000}{n} = \frac{105 \text{ l/min} \cdot 1000}{1450 \text{ rpm}} = 72,4 \text{ cm}^3/\text{rev}$$

b

Se selecciona una bomba del Grupo 3 y la cilindrada de $75 \text{ cm}^3/\text{rev}$.

Circuito 3

La cilindrada aproximada se calcula a continuación:

$$c_3 = \frac{Q_3 \cdot 1000}{n} = \frac{10 \text{ l/min} \cdot 1000}{1450 \text{ rpm}} = 6,9 \text{ cm}^3/\text{rev}$$

Por lo tanto se selecciona una bomba del Grupo 2 y la cilindrada de $8 \text{ cm}^3/\text{rev}$.

4.9.3. Motores eléctricos

Para impulsar las bombas se seleccionan motores eléctricos trifásicos de 4 polos marca WEG (Fig. 4.84).

Circuito 1

El circuito 1 requiere para el funcionamiento una potencia de:

$$P_1 = \frac{Q_1 \cdot p_1}{450} = \frac{50 \text{ l/min} \cdot 125 \text{ bar}}{450} = 13,8 \text{ HP}$$

Donde:

P_1 = Potencia necesaria para el circuito 1 [cm^3/rev].

p_1 = Presión necesaria en el circuito 1 [l/min].

Por lo tanto se selecciona un motor de 15 HP, lo cual corresponde a una carcasa **160M**.

Potencia		Carcasa	Full Load Torque (kgfm)	Corriente con rotor trabado II/In	Par con rotor trabado TI/Tn	Break-down Torque Tb/Tn	Momento de Inercia J (kgm²)	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB (A)	RPM	400 V						Corriente nominal In (A)	
								Caliente	Frio				% de la potencia nominal			Factor de potencia				
													50	75	100	50	75	100		
kW	HP																			
IV Polos																				
0,12	0,16	63	0,087	3,5	1,8	2,0	0,0003	38	84	5,2	44	1350	46,0	53,0	55,0	0,51	0,64	0,75	0,420	
0,18	0,25	63	0,128	3,8	1,9	1,9	0,0004	16	35	6,2	44	1370	51,0	55,0	57,0	0,52	0,65	0,75	0,610	
0,25	0,33	71	0,178	3,7	1,8	1,9	0,0006	28	62	5,5	43	1370	53,0	58,0	60,0	0,50	0,62	0,73	0,820	
0,37	0,5	71	0,263	3,6	2	2	0,0007	28	62	7,0	43	1370	58,0	62,0	63,0	0,50	0,64	0,73	1,16	
0,55	0,75	80	0,379	4,9	2	2,4	0,0024	8	18	9,5	44	1415	65,0	70,0	71,0	0,57	0,72	0,81	1,38	
0,75	1	80	0,518	4,9	2,1	2,3	0,0030	7	15	10,5	44	1410	70,0	72,0	72,3	0,58	0,72	0,81	1,85	
1,1	1,5	90S	0,749	5,8	2,3	2,4	0,0052	7	15	14,5	49	1430	72,5	75,5	75,5	0,60	0,74	0,82	2,57	
1,5	2	90L	1,04	5,5	1,9	2,4	0,0066	8	18	17,0	49	1410	74,5	77,5	77,5	0,58	0,73	0,82	3,41	
2,2	3	100L	1,52	5,6	2,4	2,6	0,0089	9	20	23,0	53	1410	79,0	80,0	80,0	0,60	0,74	0,82	4,84	
3	4	100L	2,06	6,5	2,5	2,7	0,0105	8	18	30,0	53	1420	79,0	81,5	81,5	0,57	0,72	0,81	6,56	
4	5,5	112M	2,71	6,2	2,1	2,5	0,0181	9	20	33,0	56	1440	82,5	83,5	83,5	0,65	0,77	0,83	8,33	
5,5	7,5	132S	3,66	7,5	2,1	2,5	0,0452	7	15	47,0	60	1465	84,0	85,5	85,5	0,63	0,77	0,84	11,1	
7,5	10	132M	5,00	6,4	2	2,5	0,0601	8	18	64,5	60	1460	85,5	87,0	87,0	0,63	0,75	0,82	15,2	
9,2	12,5	160M	6,14	6,0	2	2,4	0,0767	9	20	93,0	61	1460	86,8	87,5	87,4	0,64	0,76	0,82	18,5	
11	15	160M	7,34	6,0	2,1	2,5	0,0837	9	20	96,0	61	1460	87,0	88,0	88,0	0,64	0,76	0,82	22,0	
15	20	160L	9,97	6,8	2,6	2,8	0,1185	8	18	121	61	1465	89,0	89,7	89,3	0,66	0,76	0,83	29,2	
18,5	25	180M	12,3	6,6	2,4	2,8	0,1398	12	26	152	61	1465	89,7	90,4	90,2	0,67	0,77	0,84	35,2	
22	30	180L	14,6	6,6	2,4	2,9	0,1657	10	22	164	61	1465	90,0	90,8	90,7	0,66	0,77	0,84	41,7	
30	40	200L	19,9	6,3	2,1	2,6	0,2668	13	29	212	65	1470	91,3	91,7	91,5	0,68	0,78	0,84	56,3	
37	50	225S/M	24,4	6,7	2,3	2,7	0,3944	10	22	342	66	1475	92,0	92,4	92,2	0,71	0,81	0,85	68,1	

Figura 4.84: Selección de motores eléctricos.

Circuito 2

El circuito 2 requiere para el funcionamiento una potencia de:

$$P_2 = \frac{Q_2 \cdot p_2}{450} = \frac{981/\text{min} \cdot 140 \text{ bar}}{450} = 30,4 \text{ HP}$$

Por lo tanto se selecciona un motor de 30 HP, lo cual corresponde a una carcasa **180L**.

Circuito 3

El circuito 3 requiere para el funcionamiento una potencia de:

$$P_3 = \frac{Q_3 \cdot p_3}{450} = \frac{101/\text{min} \cdot 150 \text{ bar}}{450} = 3,6 \text{ HP}$$

Por lo tanto se selecciona un motor de 4 HP, lo cual corresponde a una carcasa **100L**.

4.9.4. Válvulas de control

En todo circuito hidráulico se debe instalar una válvula limitadora de presión para evitar daños en la instalación. Se seleccionan de acuerdo al caudal máximo que soportan, por lo que se utilizarán diferentes tamaños en cada circuito, de la marca **Marchesini** modelo **VMP** (Fig. 4.85).

Además, dentro del circuito 1, se necesita una segunda limitadora de presión para evitar exceder de presión los motores en serie para los sinfines. En ese caso se utilizará el modelo **V0700**. Y además, ya que los motores funcionan con un caudal menor, es necesaria una válvula reguladora. Se utiliza una reguladora compensada que deriva el caudal sobrante a tanque, de la misma marca y modelo **RFP3 V1110** (Fig. 4.86).

Por último, en cada cilindro hidráulico de estabilización deberá montarse una válvula de bloqueo doble pilotada, que evite la caída accidental del equipo en caso de fallas en la línea hidráulica. Ésta se selecciona para el caudal del circuito 3, y será el modelo **V0050** de **Marchesini** (Fig. 4.87).

CODICE CODE	SIGLA TYPE	PORTATA MAX. MAX FLOW Lt. / min
V0700	VMP 3/8"	45
V0710	VMP 1/2"	70
V0720	VMP 3/4"	90

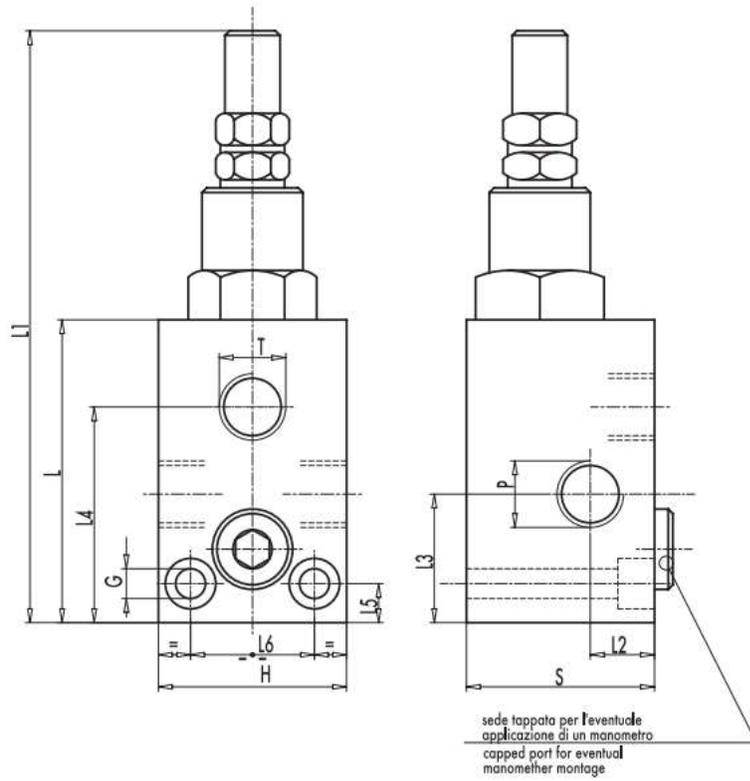


Figura 4.85: Selección de válvulas limitadoras de presión.

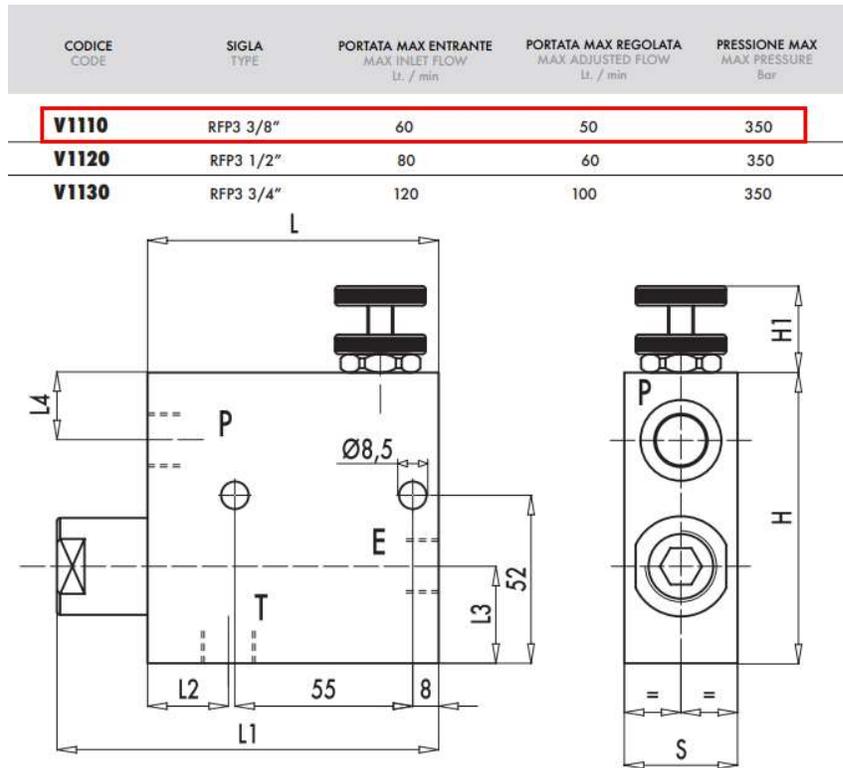


Figura 4.86: Selección de válvulas reguladora de caudal.

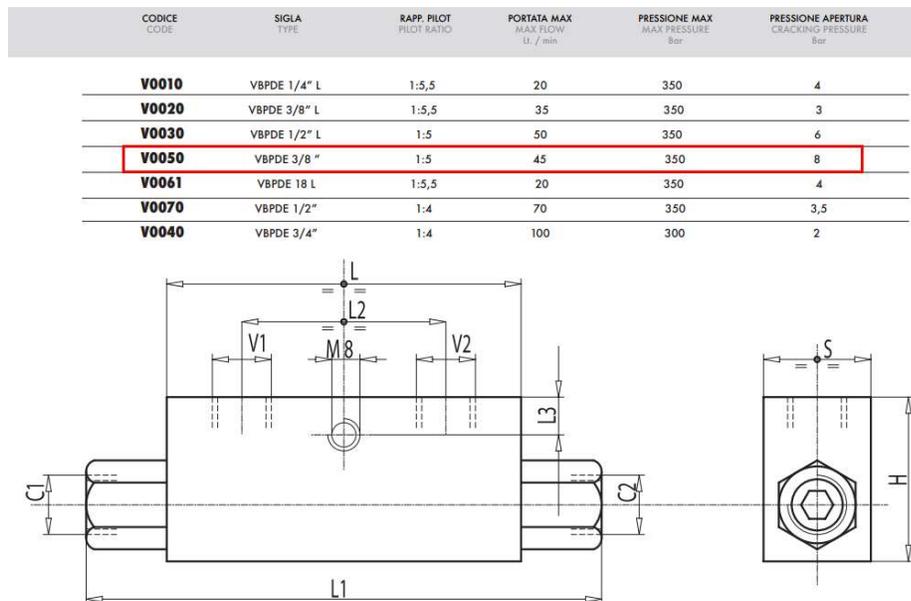
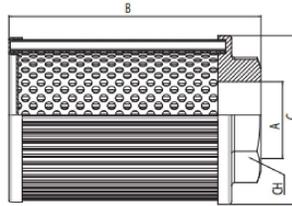


Figura 4.87: Selección de válvula de bloqueo doble pilotada.

4.9.5. Filtros

El principal filtro en circuitos hidráulicos es uno sumergido en el reservorio de aceite a la aspiración de la bomba. Éste se selecciona por caudal máximo, de la marca **OMT**, modelo **SF** y los tamaños se observan en la Figura 4.88.



SF - SP			SF		SP		L/min	
TIPO	A	B	C	CH	C	CH		
046A	014	1/4"	90	46	30	43	25	5
	038	3/8"				46/50***	30/26***	10
	012	1/2"						14
046B	014	1/4"	105	46	30	43	25	5
	038	3/8"				46/50***	30/26***	10
	012	1/2"						14
064A	012	1/2"	109	64	36	64	36	14
	034	3/4"			46		46	25
	100	1"						45
064B	012	1/2"	139	64	36	64	36	14
	034	3/4"			46		46	25
	100	1"						45
086A	100	1"	139	86	60	86	60	45
	114	1 1/4"				86/88***	60/50***	62
	112	1 1/2"				86	60	90
	200	2"				70	70	116
086B	100	1"	220	86	60	86	60	45
	114	1 1/4"				86/88***	60/50***	62
	112	1 1/2"				86	60	90
	200	2"				70	70	116
086C	100	1"	260	86	60	86	60	45
	114	1 1/4"				86/88***	60/50***	62
	112	1 1/2"				86	60	90
	200	2"				70	70	116

Figura 4.88: Selección de filtro de aspiración.

Los otros filtros necesarios se instalan en la tapa del reservorio y también se utiliza para la selección la marca **OMT**. Uno es el tapón de alimentación de aceite (Fig. 4.89) y otros es donde descargan los retornos de cada circuito. Éste ultimo también se selecciona por caudal, de la línea **OMTF**. Se utilizan la series **11**, **17** y **09** para los circuitos 1, 2 y 3 respectivamente.

4.9.6. Reservorio de aceite

De acuerdo a recomendaciones del fabricante de bombas **Turolla**, el reservorio deberá tener entre 1 y 3 veces la capacidad por minuto de la bomba. Por lo tanto, se eligen distintos tanques para cada bomba, del catálogo de **OMT** se elige la línea **CFP-GC** de tanques de acero pre-pintados con resistencia a la corrosión. Las capacidades serán de 90, 205 y 47 litros para cada circuito respectivamente.

Sobre el tanque deberá ir montado un nivel con termómetro para facilitar el mantenimiento del sistema hidráulico. El nivel seleccionado es de la marca **OMT** y modelo **LGN2T**, con cuerpo de acero, 177mm de largo y termómetro de 0 a 100°C.

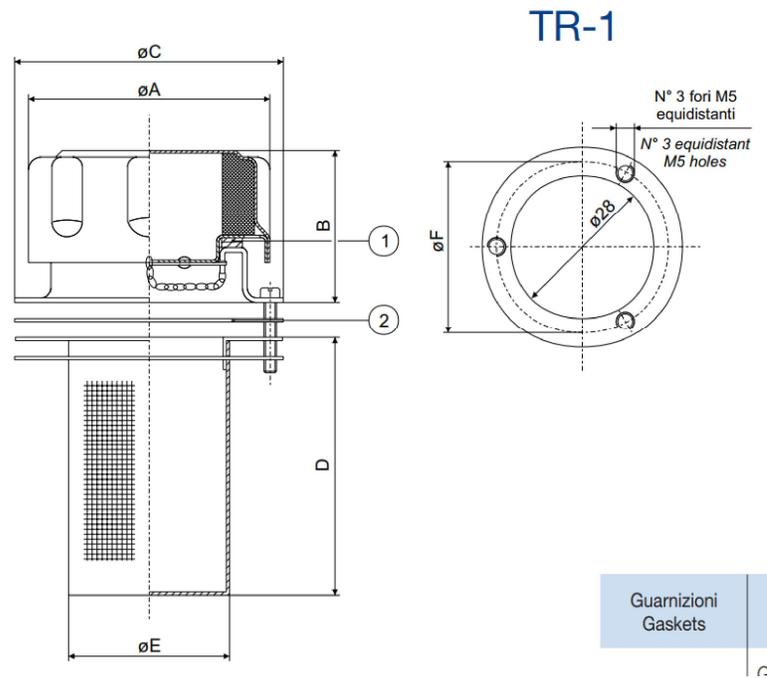


Figura 4.89: Selección de tapón de alimentación de aceite.

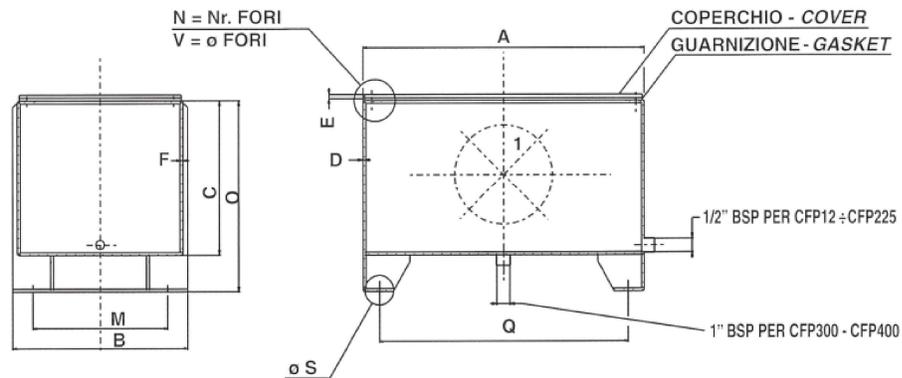


Figura 4.90: Selección del tanque de aceite.

CARATTERISTICHE TECNICHE DEL GRUPPO DI VENTILAZIONE
TECHNICAL FEATURES

Tipologia Type	Frequenza Frequency Hz	Tensione Voltage V	N° Giri/min RPM	Potenza Power kW	Diam. Ventola Ø FAN (mm)	dB (A)	L (mm)	Q air (m³/h)	Cap. (lt)	Peso Weight (kg)	IP
01	50/60	230	2400/2750	0.080/0.090	250	62	178	1080	0.9	11	44
03	50/60	400	1400/1650	0.055/0.052	250	58	178	830	0.9	11	44
14	50	230/400	1350	0.25	250	68	364	1500	0.9	15.5	55
12	60	276/480	1620	0.30	250	68	364	1500	0.9	15.5	55
12	DC	12	3005	0.106	280	74	175	1404	0.9	10	68
24	DC	24	3005	0.106	280	74	175	1477	0.9	10	68
G2	-	-	-	-	250	-	217.5	-	0.9	10	-

Portata olio consigliata da 40 a 120 (lt/min)
Suggested oil flow from 40 to 120 (lt/min)

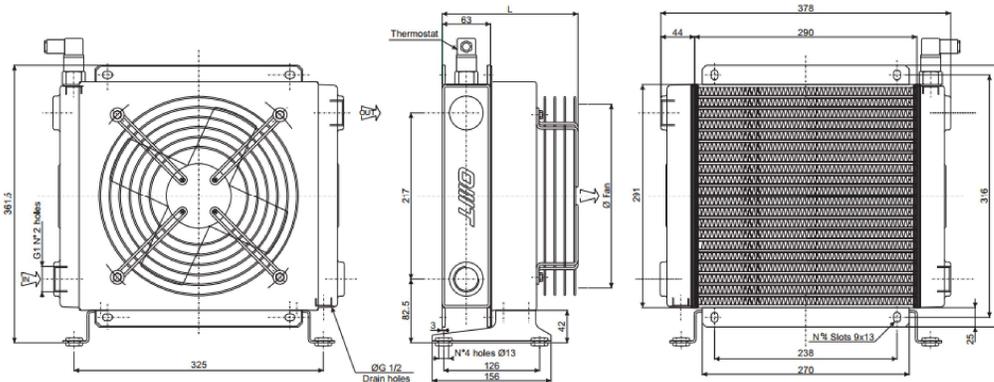


Figura 4.91: Selección del radiador de aceite del circuito 2.

4.9.7. Radiador de aceite

De acuerdo al diagrama de la Figura 4.82 se observa que el circuito 2 es el que trabaja durante más tiempo y además es el de potencia más elevada. Por lo tanto se considera que es el único que requiere un método de enfriado del aceite. Se selecciona de la marca **OMT** un radiador aire-aceite serie **SS24** con ventilador trifásico de 0,25 kW, indicado para un caudal entre 40 y 120 litros por minuto.

4.9.8. Válvulas direccionales

Las válvulas direccionales son las que habilitan o interrumpen el caudal de aceite desde las bombas hacia los consumos. Cada uno de los circuitos tendrá distintos modelos y marcas según las necesidades.

Circuito 1

Los consumos que pertenecen a este circuito son parte del proceso de elaboración de hormigón, por lo que deberán manejarse por el sistema de automatización. Se selecciona una válvula modular de la marca **Valmova** y modelo **CDS 60**, diseñado para un caudal de 60 litros por minuto y una presión de trabajo de 210 bar. La selección consiste en elegir los cuerpos de entrada, salida y 3 cuerpos de trabajo.

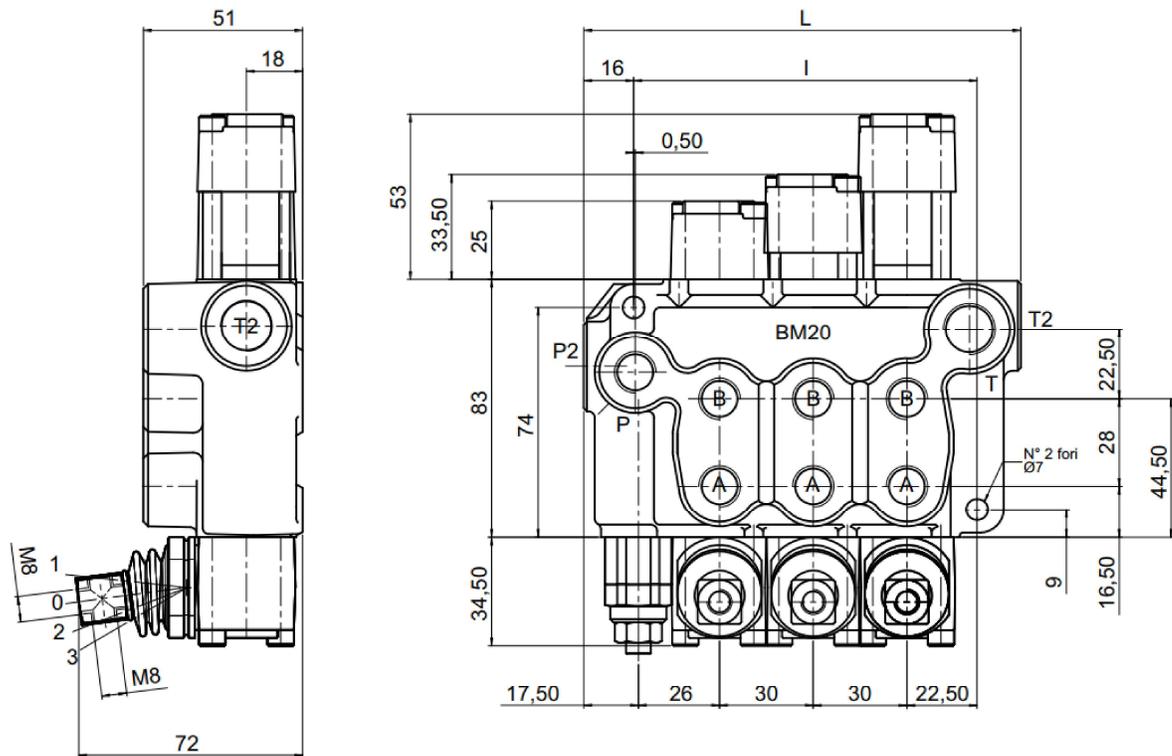


Figura 4.92: Selección del comando para el circuito 3.

Circuito 2

Éste circuito alimenta el motor de la mezcladora, que también es accionado eléctricamente. Se selecciona una válvula modular de la marca **Valmova** y el modelo siguiente al anterior, **CDS 100**, diseñado para un caudal de 100 litros por minuto y una presión de trabajo de 210 bar. En éste caso solo se necesita un cuerpo de trabajo.

Circuito 3

Dado que éste circuito alimentará los cilindros estabilizadores, no será operado en forma automática, sino manualmente mediante palancas. Ésto da sensibilidad y control sobre la velocidad de ascenso y descenso.

El comando elegido es de la marca **BLB Hydraulic**, modelo **BM20** (Fig. 4.92) que tiene un caudal nominal de 17 l/min y 250 bar de presión nominal. Se siguen las recomendaciones del catálogo para seleccionar el comando:

- **Número de cuerpos:** 4
- **Roscas:** BSP (1/4" y 3/8")
- **Válvula de alivio:** Con rango de 80 a 230 bar. Ajustada por defecto en 140 bar.
- **Actuador:** Manual directo con palanca.
- **Vástago:** 4 vías, 3 posiciones. Centro cerrado.
- **Control de vástago:** Retorno por resorte en ambos sentidos.

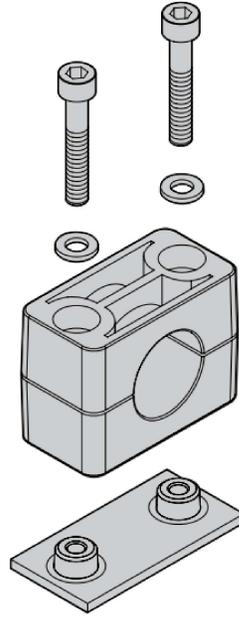


Figura 4.93: Ejemplo del soporte elegido para sujetar los tubos.

4.9.9. Líneas hidráulicas

Las líneas hidráulicas se construirán principalmente en tubos de acero sin costura galvanizados, ya que son más económicos, más duraderos, seguros y liberan más eficientemente el calor durante la conducción. Sin embargo, cuando se deben conectar cilindros hidráulicos se utilizarán mangueras para tener la flexibilidad de movimiento necesaria.

El cálculo de los diámetros se hace simplemente adoptando velocidades de flujo recomendadas por los fabricantes para tuberías de presión (4 m/s), retorno (2 m/s) y aspiración (1 m/s). En la Tabla 4.1 se detallan cada tramo de línea, con el caudal de cada uno, la descripción del uso de esa línea, el tubo o manguera óptimo y la velocidad de diseño.

La manguera seleccionada sería de la marca **Gates**, línea **M3K Mega 3000** con una presión de trabajo de 22.5 MPa.

Para sujetar los tubos al chasis a lo largo de la instalación, se utilizan soportes de polipropileno de la marca **pi.effe.ci** ()

Circuito	Código	Descripción	Caudal [l/min]	Tubo	Manguera	Velocidad [m/s]
1	HA57-009	Aspiración bomba	50	1.1/2"		1
1	HP55-010	Presión	50	3/4"		4.7
1	HT56-011	Tanque lim. C1	50	1"		2.4
1	HP55-012	Entrada comando C1	50	3/4"		4.7
1	HT56-013	Retorno comando C1	50	1"		2.4
1	HP55-014	Presión cinta	50	3/4"		4.7
1	HR56-015	Retorno cinta	50	1"		2.4
1	HP55-016	Presión descarga	50	3/4"		4.7
1	HP44-017	Presión Flex. Descarga	50		5/8"	4.2
1	HR44-018	Ret. Flex. descarga	50		5/8"	4.2
1	HR55-019	Retorno descarga	50	3/4"		4.7
1	HP55-020	Entrada lim. caudal	50	3/4"		4.7
1	HT55-021	Tanque lim. caudal	30	3/4"		2.8

1	HP53-022	Presión Cemento	20	1/2"		4.5
1	HP53-023	Conexión serie	20	1/2"		4.5
1	HT55-024	Tanque lim. cemento	20	3/4"		1.9
1	HR55-025	Retorno cemento	20	3/4"		1.9
1	HT56-026	Tanque general 1	50	1"		2.4
2	HA57-027	Aspiración bomba 2	100	1.1/2"		1.9
2	HP56-028	Presión 2	100	1"		4.8
2	HP56-029	Entrada comando 2	100	1"		4.8
2	HT57-030	Retorno comando 2	100	1.1/2"		1.9
2	HT57-031	Tanque general 2	100	1.1/2"		1.9
2	HT57-032	Tanque lim. 2	100	1.1/2"		1.9
2	HP56-033	Presión mezcladora	100	1"		4.8
2	HR57-034	Retorno mezcladora	100	1.1/2"		1.9
3	HA55-035	Aspiración bomba 3	11	3/4"		1
3	HP53-036	Presión 3	11	1/2"		2.5
3	HP53-037	Entrada comando 3	11	1/2"		2.5
3	HT53-038	Retorno comando 3	11	1/2"		2.5
3	HT53-039	Tanque general 3	11	1/2"		2.5
3	HT53-040	Tanque lim. 2	11	1/2"		2.5
3	HP53-041	Presión estabilizador	11	1/2"		2.5
3	HP42-042	Presión Flex. Estab.	11		3/8"	2.6
3	HR42-043	Retorno Flex. Estab.	11		3/8"	2.6
3	HR53-044	Retorno estabilizador	11	1/2"		2.5

Cuadro 4.1: Listado de tramos de la instalación hidráulica.

4.9.10. Instrumentación

La única instrumentación que se considera necesaria, además de los niveles con termómetros anteriormente mencionados, es un manómetro por cada circuito. Éstos permiten determinar la presión de trabajo en cada momento y así obtener conclusiones sobre el desgaste de los componentes, detectar fallas o mecanismos trabados.

El manómetro elegido para los tres circuitos es el modelo **M637PL/0-160** (Fig. 4.94) de la marca **Italmanometri**, que es un manómetro de 63mm de diámetro, con brida para montar en tablero y escala de 0 a 160 bar.

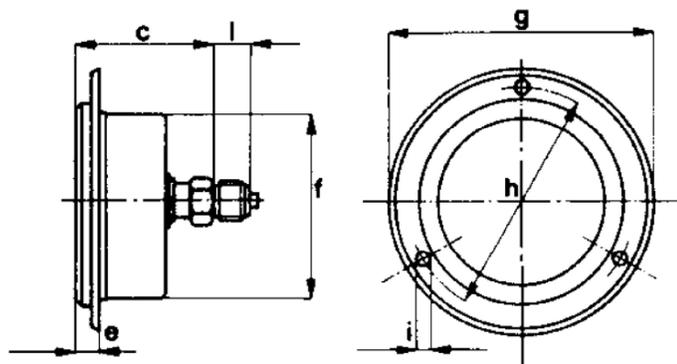


Figura 4.94: Manómetro seleccionado para los circuitos hidráulicos.

4.10. Neumática.

4.10.1. Definiciones

Las cargas neumáticas a alimentar son los cilindros de descarga de tolvas (agregados y cemento). Del catálogo de **Micro**, fabricante de los cilindros neumáticos, se calcula el caudal necesario para uno de los cilindros de mayor tamaño y condiciones ideales:

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot c \cdot n \cdot P \cdot N \cdot 10^{-6} = \frac{\pi}{4} \cdot (40 \text{ mm})^2 \cdot 300 \text{ mm} \cdot 0,25 \cdot 6 \text{ bar} \cdot 2 \cdot 10^{-6} = 1,13 \text{ Nl/min}$$

Donde:

Q = Consumo de aire [Nl/min].

d = Diámetro del cilindro [mm].

c = Carrera del cilindro [mm].

n = Número de ciclos completos por minuto. Se estima una operación completa 2 veces por ciclo.

P = Presión absoluta [bar].

N = Número de efectos del cilindro. Para doble efecto = 2-.

Por lo tanto, cualquier compresor de pequeño tamaño es suficiente para alimentar todas las cargas sin problemas. La presión deberá ser de al menos 5 bar como fue definido al seleccionar los cilindros.

4.10.2. Compresor

Se selecciona un compresor a pistón de uso industrial de la marca **Kaeser**, modelo **Eurocomp EPC 340-100** (Fig. 4.95). Éste compresor entrega 170 litros por minuto a 8 bar por lo que es apropiado. Se utilizará la versión de compresor horizontal.

4.10.3. Válvulas direccionales

Las válvulas direccionales al igual que en el circuito hidráulico, habilitan o impiden el flujo de aire hacia los consumos. Se utilizarán electroválvulas 5/2 con retorno a resorte, que serán operadas por la automatización durante el pesado de los componentes. Se seleccionan del catálogo de la empresa **Micro** y la serie **SB0** (Fig. 4.96), diseñadas para funcionar hasta 420 lpm. Se utilizará tensión continua de 12V.

4.10.4. Líneas neumáticas

Las conexiones a corta distancia, se realizarán utilizando los tubos de poliuretano de la marca **Micro** y la línea de conexiones instantáneas serie 441 y 451. Para la distribución del aire comprimido dentro del equipo, se utilizarán tubos de aluminio y sus accesorios que se seleccionan de la línea **TransAir** de la marca **Parker**. Se utilizarán diámetros iguales para toda la instalación, ya que de todas formas los caudales son bajos y es una red muy pequeña. El diámetro interior recomendado se calcula mediante la siguiente ecuación, del fabricante **Kaeser**.

?

$$D_i = \sqrt[5]{\frac{1,6 \cdot 10^3 \cdot V^{1,85} \cdot L}{\Delta p \cdot p_s}} = \sqrt[5]{\frac{1,6 \cdot 10^3 \cdot (0,00283 \text{ m}^3/\text{s})^{1,85} \cdot 10\text{m}}{100000 \text{ Pa} \cdot 900000 \text{ Pa}}} = 0,0051\text{m} = 5,1 \text{ mm}$$

Equipos EUROCOMP con tanque horizontal

	1 etapa, 10 bar								2 etapas, 15 bar				
	EPC 340-100 γ	EPC 440-100 γ	EPC 630-100 γ	EPC 630-250	EPC 840-100 γ	EPC 840-250	EPC 1100-500	EPC 1500-500	EPC 230-2-100	EPC 420-2-250	EPC 550-2-250	EPC 750-2-500	EPC 1000-2-500
Caudal	340	440	660		840		1100	1500	230	420	550	750	1000
Caudal efectivo ¹⁾ a 6 bar l/min	195	280	410		590		750	1000	–	–	–	–	–
Caudal efectivo ¹⁾ a 8 bar l/min	170	260	375		530		690	900	192	344	460	620	836
Caudal efectivo ¹⁾ a 12 bar l/min	–	–	–		–		–	–	188	336	450	610	820
Capacidad del tanque de almacenamiento de aire comprimido	90		90	250	90	250	500	500	90	250	250	500	500
Tanque de almacenamiento de aire comprimido con revestimiento interior	●	●	●	●	●	●	–	–	●	●	●	–	–
Potencia del motor ²⁾ 400 V kW	1,7	2,4	3		4		5,5	7,5	1,7	3	4	5,5	7,5
Potencia del motor ²⁾ 230 V kW	–	–	–		–		–	–	–	–	–	–	–
Número de cilindros	1	2	2		2		2	2	2	2	2	2	2
Nivel de presión acústica ³⁾ dB(A)	73	75	76		78		80	80	69	76	78	80	80
Ancho mm	1120		1150	1540	1150	1590	2050		1140	1540	1590	2040	2040
Profundidad mm	350	500	570		590	600	700	790	440	570	600	800	820
Altura mm	910	870	950	1130	960	1140	1300	1330	870	1190	1220	1330	1340
Peso kg	73	89	95	166	100	165	235	245	90	175	180	280	285
Versión con capota silenciadora													
Nivel de presión acústica ³⁾ dB(A)	64	67	67		68		70	72	61	67	68	70	72
Ancho mm	1150		1150	1540	1150	1590	2050		1170	1540	1590	2040	
Profundidad mm	470		610		610		730		470	610		730	
Altura mm	1000	1010	1080	1250	1080	1250	1410	1400	1000	1250	1250	1410	
Peso kg	123	125	155	230	160	230	345	352	130	245	247	444	447

Figura 4.95: Compresor a pistón Kaeser Eurocomp.

Tipo..... Válvulas 5/2 de actuación neumática o eléctrica, con actuador manual mono y biestable

Montaje..... Unitario, en uso múltiple mediante Distribuidor de alimentación o Base manifold

Conexiones..... De trabajo: G 1/8" - De pilotaje: M5x0,8

Temperatura ambiente.... -5...50 °C (23...122 °F)

Temperatura del fluido.... -10...60 °C (14...140 °F)

Fluido..... Aire comprimido filtrado (se recomienda lubricación) - Gases inertes

Presión de trabajo Ver para cada tipo de actuación

Caudal nominal..... 420 l/min (0,42 Cv)

Frecuencia..... 24 Hz (con reacción neumática y 6 bar)

Materiales..... Cuerpo de zamac, distribuidor de acero inoxidable, sellos de NBR



Figura 4.96: Válvula direccional seleccionada, Micro SB0.

Donde:

- d_i = Diámetro interior [m].
 V = Flujo volumétrico [m³/s].
 L = Longitud nominal [m].
 Δp = Pérdida de presión [Pa].
 p_s = Presión absoluta del sistema [Pa].

A continuación se detallan las distintas líneas y los tubos utilizados en cada una:

Código	Descripción	Tubo
NP42-046	Conexión válvula 1	Manguera PU 8mm
NP42-047	Conexión válvula 2	Manguera PU 8mm
NP42-048	Conexión válvula 3	Manguera PU 8mm
NP42-049	Salida válvula 1	Manguera PU 8mm
NP42-050	Salida válvula 2	Manguera PU 8mm
NP42-051	Salida válvula 2	Manguera PU 8mm
NP51-052	Línea tolva 1	Tubo aluminio 16.5mm
NP51-053	Línea tolva 2	Tubo aluminio 16.5mm
NP51-054	Línea tolva general	Tubo aluminio 16.5mm
NP51-055	Línea tolva cemento	Tubo aluminio 16.5mm
NP42-056	Alim. Cilindro tolva 1	Manguera PU 8mm
NP42-057	Alim. Cilindro tolva 2	Manguera PU 8mm
NP42-058	Alim. Cilindro general	Manguera PU 8mm
NP42-059	Alim. Cilindro cemento	Manguera PU 8mm
NR42-060	Desc. Cilindro tolva 1	Manguera PU 8mm
NR42-061	Desc. Cilindro tolva 2	Manguera PU 8mm
NR42-062	Desc. Cilindro general	Manguera PU 8mm
NR42-063	Desc. Cilindro cemento	Manguera PU 8mm
NR51-064	Retorno Cilindro tolva 1	Tubo aluminio 16.5mm
NR51-065	Retorno Cilindro tolva 2	Tubo aluminio 16.5mm
NR51-066	Retorno Cilindro general	Tubo aluminio 16.5mm
NR51-067	Retorno Cilindro cemento	Tubo aluminio 16.5mm
NR42-068	Entrada ret. Válvula 1	Manguera PU 8mm
NR42-069	Entrada ret. Válvula 2	Manguera PU 8mm
NR42-070	Entrada ret. Válvula 3	Manguera PU 8mm

Cuadro 4.2: Listado de tramos de la instalación neumática.

4.11. Automatización.

4.11.1. Módulo lógico

Para la selección del módulo lógico (*PLC*) se tienen en cuenta principalmente el número de entradas y salidas necesarias, y su tipo (analógicas o digitales). A continuación se detallan las entradas y sus características:

- Sensores de humedad: 2, uno para cada agregado. Señal analógica 4-20mA.
- Balanzas: Son 5 grupos, cada uno con 2 a 4 celdas. La salida es en mV/V, por lo que se requiere un sumador compensador (para igualar diferencias menores) para unir las señales en una sola y un traductor para convertir esa señal en una señal analógica estándar, como 4-20mA.
- Caudalímetro: Señal digital en pulsos por galón (o pulsos por litro).
- Niveles de agua: Señal digital, se recibe señal cuando el sensor está mojado, se interrumpe si está seco (o hay algún problema eléctrico).

En total son 7 entradas analógicas (AI) y 3 entradas digitales (DI). Con respecto a las salidas, dado que no hay que controlar ningún actuador en forma analógica, serán todas digitales, y se enumeran a continuación todas las necesarias:

- 4 válvulas neumáticas para cilindros.
- 4 válvulas hidráulicas para motores y cilindros.
- Arranque de bomba de agua.
- Arranque de bombas de aditivos.
- Habilitar modo manual.

Por lo tanto, son 12 salidas digitales (DQ) en total.

Teniendo ésto en cuenta se selecciona el PLC. De la marca **Siemens** se busca entre las opciones de la línea **Logo! 8**, que es una de las más básicas pero suficiente para éste equipo. Se escoge la versión **Logo! 12/24 RCE** (Fig. 4.97) por tener entradas analógicas y salida con un relé de mayor corriente.

Ordering data						
Designation	Power supply	DI ¹⁾	DQ ²⁾	AI ³⁾	Outputs	Article No.
LOGO! 8 basic units						
LOGO! 8 Basic with 6-line LCD display and cursor keys, Ethernet interface						
LOGO! 24 CE	24 V DC	8, of which 4 can be used as AI (0...10 V)	4	Up to 4 (0...10 V)	0.3 A transistor	6ED1052-1CC01-0BA8
LOGO! 12/24 RCE	12...24 V DC	8, of which 4 can be used as AI (0...10 V)	4	Up to 4 (0...10 V)	10 A relay	6ED1052-1MD00-0BA8
LOGO! 24 RCE	24 V AC/DC	8	4	–	10 A relay	6ED1052-1HB00-0BA8
LOGO! 230 RCE	115...230 V AC/DC	8	4	–	10 A relay	6ED1052-1FB00-0BA8

Figura 4.97: Selección de PLC Logo! 12/24 RCE.

Dado que éste equipo solo tiene 4 AI, será necesario agregar 2 módulos de expansión **LOGO! AM2** que agregan 2 AI cada uno. Además, son necesarias 8 DQ adicionales por lo que se incorpora un módulo **LOGO! DM16 24 R**, que incorpora 8 DI y 8 DQ con relés de 5A.

4.11.2. Diagrama de automatización

Programar la lógica de la automatización no se encuentra en los alcances del presente proyecto, sin embargo se detalla en diagramas de proceso las secuencias básicas que deberá respetar el programa y la interfaz humano-máquina. Además, basándose en ésta secuencia, se diseña la propuesta de interfaz para la pantalla HMI que se observa en la Figura 3.50. Para mayor orden, el diagrama se divide en 3 etapas:

1. Operación básica (Fig. 4.98): Configuración de producción, recetas y puesta en marcha de la máquina.
2. Preparación de ingredientes sólidos (Fig. 4.99): Transporte y pesada de agregado grueso, fino y cemento.
3. Elaboración de hormigón (Fig. 4.100): Pesada de agua y aditivos, mezclado y descarga.

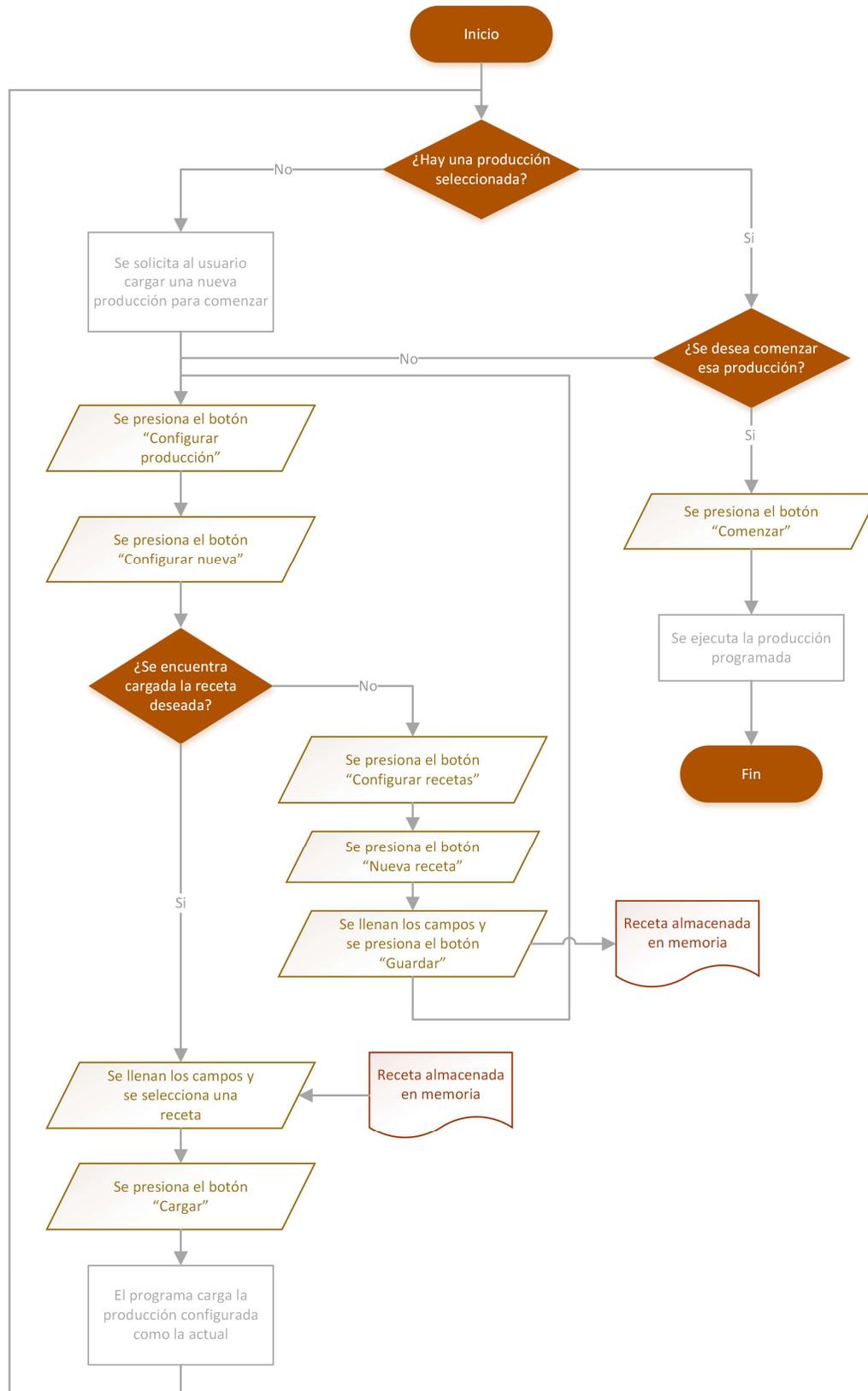


Figura 4.98: Diagrama automatización: Operación básica.

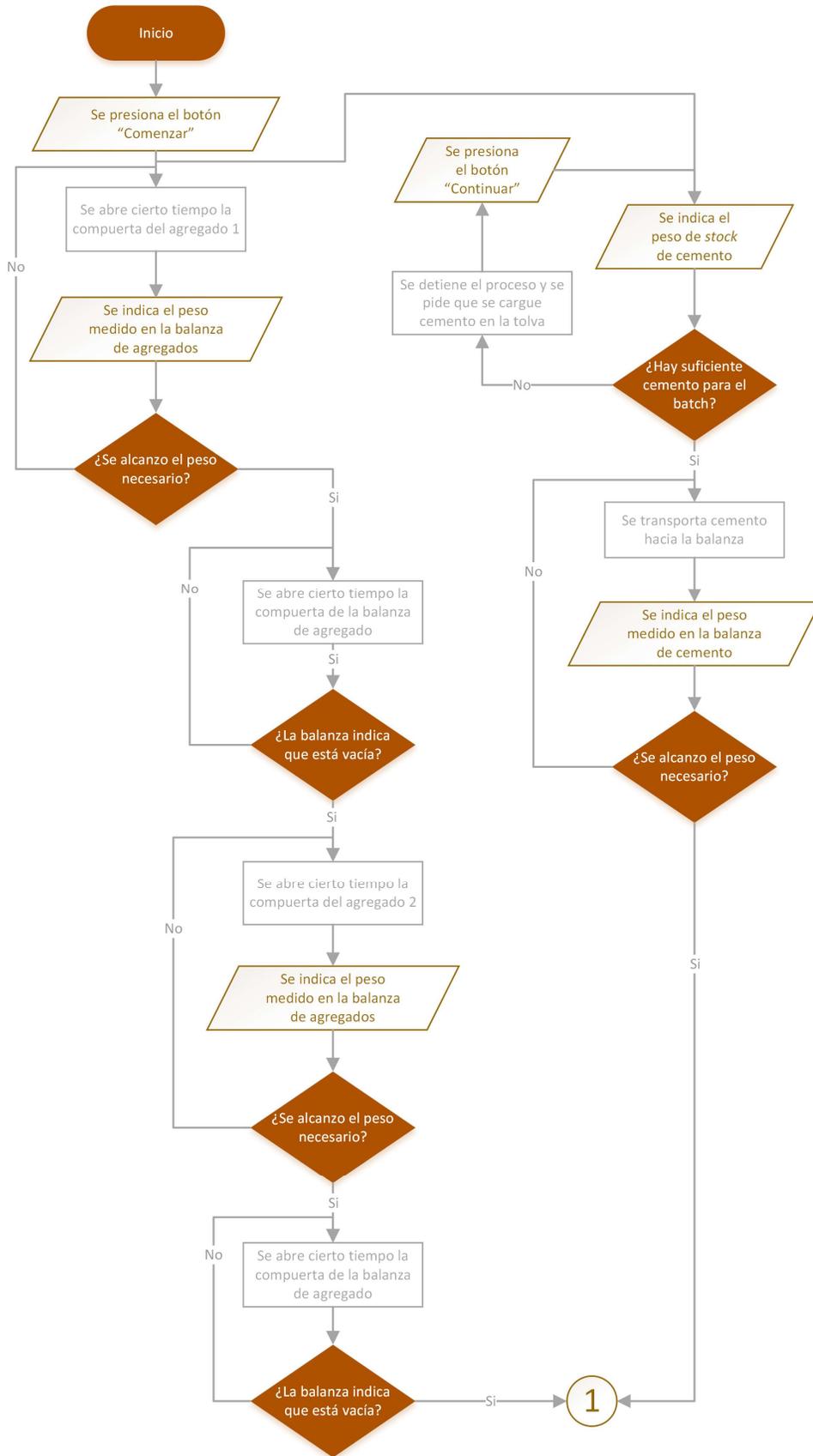


Figura 4.99: Diagrama automatización: Preparación de ingredientes sólidos.

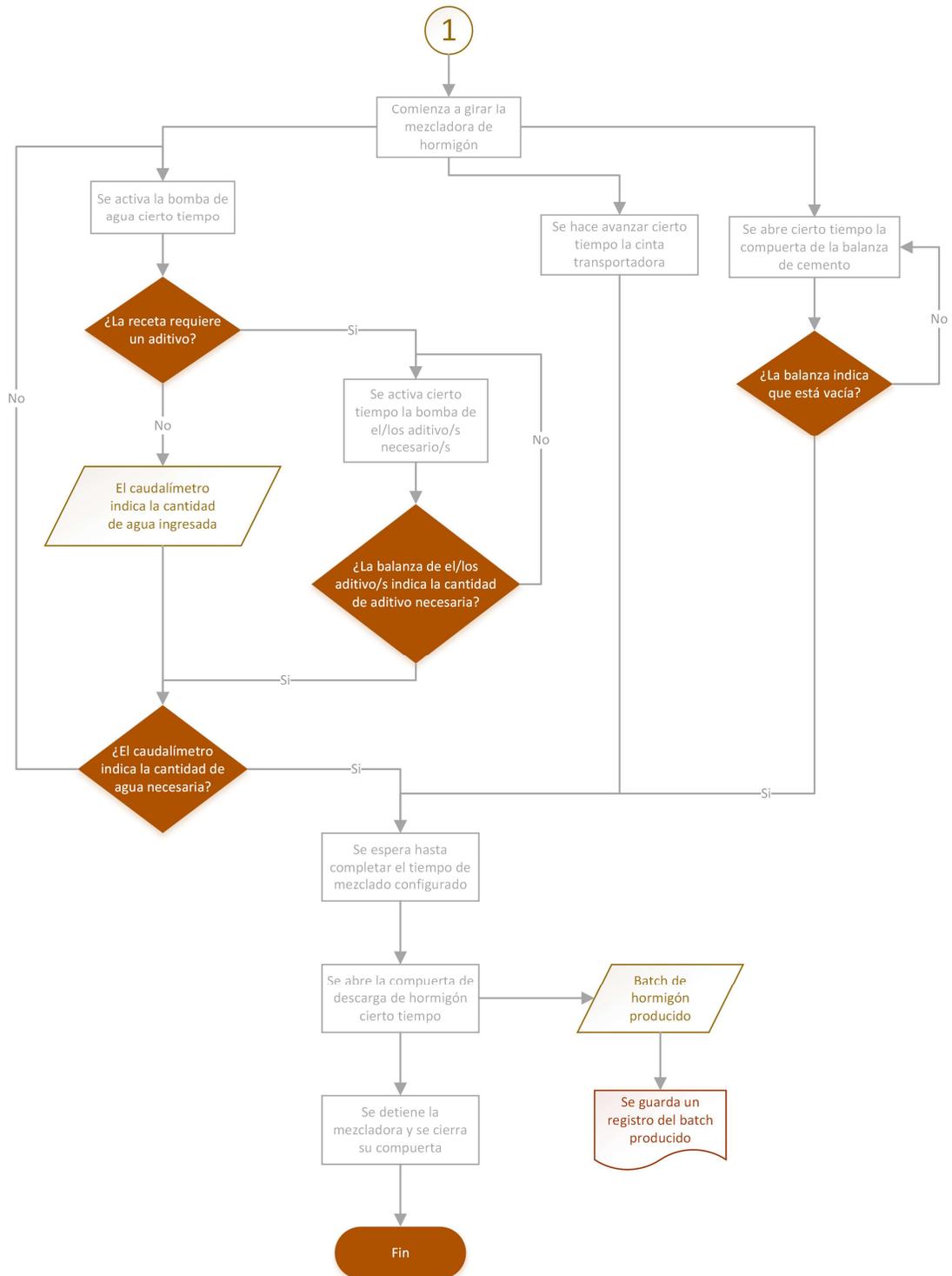
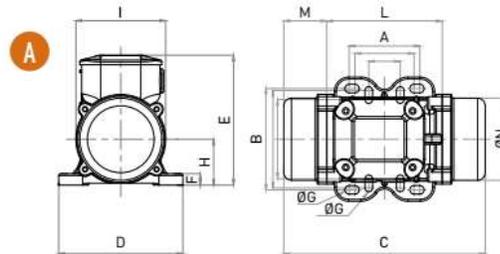


Figura 4.100: Diagrama automatización: Elaboración de hormigón.

4.12. Instalación eléctrica.

4.12.1. Motores de vibración



* Image referred to size 50

Wm (kgcm)		Model		Centrifugal Force (kg)		Weight (kg)		ELECTRICAL SPECIFICATIONS						CERTIFICATE		
50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	Input Power (kW)		Nominal Current A max. (Y)		Ia / In		Cable Gland	Class II Div.2	Ex II3D
1	1	MVE 60/3	MVE 60/36	66	71	4		50Hz	60Hz	50Hz (400V)	60Hz (460V)	50Hz	60Hz	Metric	Temp. Class	Temp. Class
27	19	MVE 1301/3	MVE 1301/36	1,355	1,365	34		1.3	1.4	2.4	2.2	5.2	5.0	M20	T4	100 °C
22	22	MVE 1310/3	MVE 1310/36	1,123	1,616	34		1.3	1.4	2.4	2.2	5.2	5.0	M20	T4	100 °C
31	22	MVE 1600/3	MVE 1600/36	1,601	1,608	52	51	1.6	1.6	2.9	2.6	5.9	6.2	M25	T4	135 °C
37	28	MVE 2000/3	MVE 2000/36	2,027	1,997	53	52	2.0	2.1	3.7	3.4	6.5	6.4	M25	T4	135 °C
46	32	MVE 2300/3	MVE 2300/36	2,302	2,306	54	52	2.4	2.4	4.4	3.9	6.0	6.3	M25	T4	135 °C
68	44	MVE 3200/3	MVE 3200/36	3,252	3,176	103	101	2.9	2.9	5.3	4.6	8.3	8.2	M32	T4	135 °C

Figura 4.101: Selección del motor de vibración.

Para ayudar en la descarga de los agregados en las tolvas, se incorpora un motor de vibración por cada una. Éste será activado simultáneamente con la apertura de las tolvas, asegurando su vaciado, en especial cuando el material tiene características que se lo dificultan, como por ejemplo una humedad elevada. En la tolva de cemento se desaconseja su uso ya que puede producir la compactación del cemento, complicando más la situación.

Para la selección del motor correcto, se sigue la guía del fabricante **OLI**:

1. Elegir las RPM y amplitud “e” apropiadas para la aplicación: Para vaciado de silos/tolvas se aconseja vibración circular, 3000 RPM y una amplitud entre 2,5 y 4 mm.
2. Elegir un modelo de motor y calcular la amplitud: Luego de varias iteraciones se selecciona el motor **MVE 2000/3** y con su momento nominal se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$e = 5 \cdot \frac{n \cdot Wm}{n \cdot M_{mot} + M_{vm}} = 5 \cdot \frac{2 \cdot 37 \text{ kgcm}}{2 \cdot 53 \text{ kg} + 645 \text{ kg}} = 0,49 \text{ mm}$$

Donde:

- e = Amplitud de la vibración [mm].
 n = Número de motores vibratorios.
 Wm = Momento de trabajo [kgcm].
 M_{mot} = Peso de cada motor [kg].
 M_{vm} = Peso de la máquina vibrante (sin carga ni motores) [kg].

3. Comprobar el valor de amplitud: Dado que se encuentra dentro del rango requerido, se considera correctamente seleccionado.

El motor vibratorio seleccionado es de la gama estándar y sus características se observan en la Figura 4.101.

4.12.2. Transformadores

Descripción	Tensión [V]	Corriente [A]	Marca	Código
Bomba aditivo 1	12	8,30	Mean Well	NDR-120-12
Bomba aditivo 2	12	8,30		NDR-120-12
Solenoides hid. 1	12	1,75		NDR-120-12
Solenoides hid. 2	12	1,75		
Solenoides hid. 3	12	1,75		
Solenoides hid. 4	12	1,75		
Solenoides neu. 1	12	0,08		
Solenoides neu. 2	12	0,08		
Solenoides neu. 3	12	0,08		
Solenoides neu. 4	12	0,08		
Contactores	24	0,34		NDR-120-24

Figura 4.102: Selección de transformadores.

Para aquellos consumos que son en tensiones muy bajas de corriente continua se necesitan transformadores que puedan instalarse en un riel DIN de los tableros eléctricos y tengan una potencia adecuada. En la tabla de la Figura 4.102 se observan los consumos en baja tensión y el transformador seleccionado. Se utilizan transformadores de la marca **Mean Well**, que poseen salidas de 10A a 12V o 5A a 24V, por lo que se necesitan uno para cada bomba de aditivo y uno más en cada tensión para el resto de consumos.

4.12.3. Resumen de consumos

Conocidos todos los consumos se resumen éstos en una tabla (Fig. 4.103). En ella se indican los consumos y sus respectivos datos eléctricos en las columnas de 1 a 7. Luego, de acuerdo a la ubicación de cada uno de los consumos, se indica en la octava columna si se conectarán en el tablero principal del área de servicios (*A*) o en un tablero secundario (*B*) que se ubicará aproximadamente en el centro del equipo. En las siguientes columna se selecciona un factor de simultaneidad (*ks*) para cada tablero y uno total, para luego calcular la potencia resultante en cada caso como la suma de las potencias aparentes afectada por éstos factores.

4.12.4. Conductores

Para la selección de conductores se decide el uso de la línea **Sintenax Valio** de **Prysmian**, ya que son adecuados para la distribución de energía en baja tensión, tienen gran

Descripción	Tensión [V]	Potencia aparente [VA]	Potencia activa [W]	Cosφ	Senφ	Corriente [A]	Tablero	ks	Pot. Tablero [kVA]	ks	Potencia total [kVA]
Bomba hid 1	380	14286	11000	0,77	0,64	24,12	A	0,5	25,2	0,90	27,9
Bomba hid 2	380	28947	22000	0,76	0,65	48,87	A				
Bomba hid 3	380	4167	3000	0,72	0,69	7,03	A				
Compresor	380	2329	1700	0,73	0,68	3,93	A				
Transformador 12V-1	220	286	286	1,00	1,00	1,3	A				
Transformador 24V	220	286	286	1,00	1,00	1,3	A				
Transformador 12V-2	220	286	286	1,00	1,00	1,3	B	0,8	5,9		
Transformador 12V-3	220	286	286	1,00	1,00	1,3	B				
Bomba de agua	380	1719	1100	0,64	0,77	2,90	B				
Vibrador 1	380	2435	2000	0,82	0,57	3,7	B				
Vibrador 2	380	2435	2000	0,82	0,57	3,7	B				
Bomba aditivo 1	12	99,6	99,6	1,00	1,00	8,3	B				
Bomba aditivo 2	12	99,6	99,6	1,00	1,00	8,3	B				

Figura 4.103: Resumen de consumos eléctricos.

Sección nominal mm ²	Método B1 y B2 Caño Embutido en pared Caño a la vista		Método C Bandeja no perforada o de fondo sólido		Método E Bandeja perforada	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1,5	14	13	17	15	19	16
2,5	20	17	23	21	26	22
4	26	23	31	28	35	30
6	33	30	40	36	44	37
10	45	40	55	50	61	52
16	60	54	74	66	82	70
25	78	70	97	84	104	88
35	97	86	120	104	129	110
50	-	103	146	125	157	133

Figura 4.104: Corrientes admisibles en conductores Sintenax Valio.

maniobrabilidad y evitan la propagación de incendios. En cuanto a las secciones, se dimensionan en función de la corriente admisible para conductores en caños (Fig. 4.104) y de la caída de tensión máxima, de acuerdo a la ecuación:

$$S_{min} = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot \rho \cdot \cos(\phi)}{\Delta V_{adm}}$$

Donde:

- S_{min} = Sección mínima del conductor [mm²].
- I = Corriente de la carga [A].
- L = Longitud de la línea [m].
- ρ = Conductividad del cobre = 0,017 [Ω mm²/m].
- $\cos \phi$ = Factor de potencia de la carga.
- ΔV_{adm} = Caída de tensión admisible, se adopta un 2%.

En la Figura 4.105 se resume el calculo de los conductores de cada tramo. En el caso

de la línea de entrada al tablero principal, se usaría para el conexionado del interruptor de cabecera. Sin embargo se estiman 10 metros ya que también puede considerarse una sección similar para el conductor flexible que conecte al tablero o el generador que alimente el equipo, pero éste no está dentro de los alcances del proyecto ya que puede resolverse de distintas maneras según el caso. Para todas las líneas menos exigidas se adopta un conductor mínimo de 1,5mm².

Descripción	Corriente [A]	Cosφ	L [m]	Caída de tensión [V]	Sección mínima [mm ²]	Conductor [mm ²]
Bomba hid 1	24,12	0,77	3	7,6	0,22	6
Bomba hid 2	48,87	0,76	3	7,6	0,44	16
Bomba hid 3	7,03	0,72	3	7,6	0,06	2,5
Compresor	3,93	0,73	2	7,6	0,02	1,5
Bomba de agua	2,90	0,64	2	7,6	0,01	1,5
Vibrador 1	3,70	0,82	3	7,6	0,04	1,5
Vibrador 2	3,70	0,82	3	7,6	0,04	1,5
Bomba aditivo 1	8,30	1,00	1	0,24	1,03	1,5
Bomba aditivo 2	8,30	1,00	1	0,24	1,03	1,5
Solenoides hid. 1	1,75	1,00	5	0,24	1,09	1,5
Solenoides hid. 2	1,75	1,00	5	0,24	1,09	1,5
Solenoides hid. 3	1,75	1,00	5	0,24	1,09	1,5
Solenoides hid. 4	1,75	1,00	5	0,24	1,09	1,5
Entrada principal	71,8	0,90	10	7,6	2,82	25
Entre tableros	14,3	0,90	4	7,6	0,22	2,5

Figura 4.105: Resumen de selección de conductores.

4.12.5. Protecciones

Tensión del Motor 220 V ca / 460 V ca

Modelo	Corriente salida A	IEC - 50 Hz		IEC - 60 Hz		NEMA - 60 Hz	
		220 V 230 V	380 V 415 V	220 V 230 V	440 V 460 V	230 V	460 V
		kW	kW	HP	HP	HP	HP
SSW050003T2246	3	0,55	1,1	1	1,5	0,5	1,5
SSW050010T2246	10	2,2	4	3	7,5	3	5
SSW050016T2246	16	4	7,5	5	10	5	10
SSW050023T2246	23	5,5	11	7,5	15	7,5	15
SSW050030T2246	30	7,5	15	10	20	10	20
SSW050045T2246	45	11	22	15	30	15	30
SSW050060T2246	60	15	30	20	40	20	40
SSW050085T2246	85	22	45	30	60	30	60

Figura 4.106: Arranques suaves WEG SSW05.

Como primer protección se seleccionan interruptores termomagnéticos como cabecera de cada tablero. Éstos deberán tener poder de corte y tener una corriente nominal de valor entre la corriente esperada por el consumo y la admisible de los conductores. Dentro del tablero principal se protegen especialmente los motores de las bombas hidráulicas 1 y 2 por ser de gran potencia y costo, por lo que se le instalan arranques suaves (Fig. 4.106) de potencia adecuada. Éstos protegen tanto el motor mediante múltiples protecciones, como la instalación aguas arriba ya que disminuye notablemente la corriente de arranque. También se agrupa el resto de los consumos de éste tablero en un circuito que se protege

mediante otro termomagnético. Para la selección se utilizan los catálogos del fabricante **WEG**. En la tabla de la Figura 4.107 se observa un resumen de la selección de cada protección.

Circuito	Pot. Motor [kW]	IB	In	Iz	Marca	Modelo
Tablero secundario		14	16	17	WEG	MDW-C16-4
Tablero principal		72	80	84	WEG	MDW-C80-4
Bomba Hid. 1	11				WEG	SSW050045T2246
Bomba Hid. 2	22				WEG	SSW050085T2246
General (TP)		11	16	17	WEG	MDW-C16-4

Figura 4.107: Resumen de selección de protecciones.

4.12.6. Contactores y relés

Tripolares de 9 A hasta 80 A (AC-3)

I _s máx. (U _s ≤ 440 V)	I _s = I _n (U _s ≤ 690 V) θ ≤ 55 °C	Potencia nominal de empleo en AC-3 ¹⁾ Motor trifásico - IV polos - 60 Hz - 1.800 rpm					Contactos auxiliares por contactor		Referencia para completar con la tensión de mando	Peso ²⁾ kg
		220 V 230 V	380 V 400 V	415 V 440 V	500 V	660 V 690 V	*3 NA	*1 *2 NC		
9	25	2,2 / 3	3,7 / 5	4,5 / 6	5,5 / 7,5	5,5 / 7,5	1	1	CWB9-11-30 ♦	0,372
12	25	3 / 4	5,5 / 7,5	5,5 / 7,5	7,5 / 10	7,5 / 10	1	1	CWB12-11-30 ♦	0,372
18	32	4,5 / 6	7,5 / 10	9,2 / 12,5	9,2 / 12,5	11 / 15	1	1	CWB18-11-30 ♦	0,372
25	40	5,5 / 7,5	11 / 15	11 / 15	15 / 20	15 / 20	1	1	CWB25-11-30 ♦	0,408
32	50	7,5 / 10	15 / 20	15 / 20	18,5 / 25	18,5 / 25	1	1	CWB32-11-30 ♦	0,408
38	50	9,2 / 12,5	18,5 / 25	18,5 / 25	18,5 / 25	18,5 / 25	1	1	CWB38-11-30 ♦	0,408
40	60	11 / 15	18,5 / 25	22 / 30	22 / 30	30 / 40	1	1	CWB40-11-30 ♦	0,91
50	90	15 / 20	22 / 30	30 / 40	30 / 40	30 / 40	1	1	CWB50-11-30 ♦	0,91
65	110	18,5 / 25	30 / 40	37 / 50	37 / 50	37 / 50	1	1	CWB65-11-30 ♦	0,91
80	110	22 / 30	37 / 50	45 / 60	55 / 75	45 / 60	1	1	CWB80-11-30 ♦	0,91

Figura 4.108: Resumen de selección de contactores.

Los contactores y relés se utilizan para establecer o interrumpir el paso de la corriente hacia consumos, cuando se da tensión a un circuito de mando, ya sea desde un pulsador o desde la salida de un control automático. Se utilizan contactores cuando las cargas tienen consumos importantes, que son del tipo electromecánico, donde se alimenta una bobina que produce la conexión mecánica del circuito de potencia. Para la instalación eléctrica del presente proyecto, los motores de mayor importancia que requieren el uso de contactores son las bombas hidráulicas. Se seleccionan los contactores de la marca **WEG**, modelos **CWB25-11-30-C03**, **CWB50-11-30-C03** y **CWB9-11-30-C03** (Fig. 4.108), para cada bomba respectivamente. Todos ellos se eligen con tensión de mando en corriente continua (24VCC).

Para los demás consumos menores se utilizan relés de estado sólido, los cuales son circuitos eléctricos transistorizados (sin partes móviles) cuyo circuito de potencia esta cerrado cuando hay una señal de mando. Se seleccionan dos modelos de la marca **Schneider Electric**, uno de ellos es el **SSM3A325BD** para riel DIN, de tres fases de CA, corriente admisible hasta 25A y entrada de 4 a 32 VCC, para la activación de la bomba de agua y motores vibratorios. El otro es el **SSM1D212BD** para riel DIN, monofásico CC, corriente admisible hasta 12A y entrada de 4 a 32VCC para controlar las bombas de aditivo.

4.12.7. Tuberías

Se decide utilizar tuberías de acero para que los conductores se protejan de la intemperie y de daños mecánicos. Para ello se seleccionan tubos tipo **Conduit** que se producen bajo norma ANSI C80.1 y tienen un recubrimiento galvanizado. Para decidir el diámetro se calcula el área de los conductores aproximado a pasar en cada línea y sobre eso el reglamento AEA recomienda no exceder 35 % del área del caño. En la tabla de la Figura 4.109 se resume el cálculo. Para reducir la cantidad de medidas empleadas, se aproximan todas las posibilidades a 2 diámetros posibles, 3/4" y 1.1/4".

Conductores	Diám. ext. Conductor [mm]	Área cond. [mm ²]	Área caño [mm ²]	Diám. Teórico [mm]	Caño
3x16	20	314,2	898	34	1.1/4"
3x6	15	176,7	505	25	1.1/4"
4x2,5	12	113,1	323	20	3/4"
4x (2x1,5)	9,9	307,9	880	33	1.1/4"
4x1,5	11	95,0	272	19	3/4"
2x1,5	9,9	77,0	220	17	3/4"

Figura 4.109: Resumen de selección de tuberías.

4.12.8. Tableros

Se seleccionan en el catálogo del fabricante **Roker**, tableros para uso exterior con riel DIN y tapa opaca, lo cual corresponde a la **Línea 456**. Para seleccionar los tableros se determina el número de módulos DIN por cada uno, primero el tablero principal:

- Termomagnéticas: 4
- Arranques suaves: 2
- Contactores: 3
- Transformadores: 2
- PLC: 8
- **TOTAL: 19**

Por lo tanto se selecciona el modelo **PRD 552**, apto para 24 módulos (Fig. 4.110). En el caso del tablero secundario, la cantidad de módulos es:

- Termomagnéticas: 2
- Relés de estado sólido: 8
- Transformadores: 2
- **TOTAL: 12**

Finalmente, se selecciona el modelo **PRD 551**, diseñado para 16 módulos.

Grado de Protección	IP 55
Resistencia al Impacto	Ik 09
Prueba de filamento incandescente	650 °C
Deformación de bola	< 1,4 mm 70 °C
Ensayo de estabilidad termica	70°C 168 hs
Voltaje de aislación (V)	5250 V > 6,5 MΩ
Prueba de compresion	500N 1'
Conforme de norma	IEC 60670-1 (ed. 1.1):2011 IEC 60670-24 (ed. 1):2005
Temperatura durante la instalación	-5 °C hasta +60°C

ART.	MOD.		DIMENSIONES			Maxima Capacidad de Disipacion de Potencia (Watts)
			h	L	P	
PRD 550*	8		230	245	145	58
PRD 551*	16		310	230	150	70
PRD 552*	24		315	330	180	101
PRD 553*	36		465	325	180	135
PRD 554*	54		525	435	210	184
PRD 555	92		550	637	230	259

**Todos los productos vienen con tapa gris o cristal, en este ultimo caso al codigo se le agregaria /1 (por Ej. PRD 550/1)*

Figura 4.110: Tablero Roker Línea 456.

Parte III

Anexos

Anexo A: Normativas de aplicación

A continuación se describen los estándares que se seguirán para los cálculos especificados:

- Ley N° 24.449 y Decreto 79/98: Establecen aspectos obligatorios que debe cumplir la máquina, especialmente la estructura portante y el tren de rodaje, para poder circular por caminos legalmente.
- IRAM 4501 a 4540 - Normas de aplicación para dibujo técnico.
- Cirsoc 201-2005 y normas IRAM mencionadas - Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón.
- *American Concrete Institute (ACI) 211.1-2009 - Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete* - Prácticas estándar para elegir proporciones de hormigón normal, pesado y en masa.
- *Concrete Plant Manufacturers Bureau (CPMB) 100-07 - Concrete Plant Standards.* - Estándares en plantas hormigoneras.
- CPMB 102-00 - *Recommended Guide Specifications for Batching Equipment and Control Systems in Concrete Batch Plants.* Guía de especificaciones recomendadas para equipamiento dosificador y sistemas de control en plantas hormigoneras.
- Eurocódigo UNE-ENV 1991-4: Bases de proyecto y acciones en estructuras. Parte 4: Acciones en silos y depósitos.
- DIN 3990-1: *Calculation of load capacity cylindrical gears.* Cálculos de capacidad de carga en engranajes cilíndricos.
- Reglamento AEA 90364: Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles.

Anexo B: Nomencladores

Durante el desarrollo del proyecto se utilizarán distintas formas de codificación. A continuación se explica como está compuesta cada una.

4.12.9. Codificación de partes

Ésta se utilizará para designar todas las partes, tanto de fabricación como las de adquisición a terceros. En ésta se indica el código de proyecto, sección de la máquina donde se encuentra, área de la ingeniería relacionada, tipo de componente y un número correlativo único.

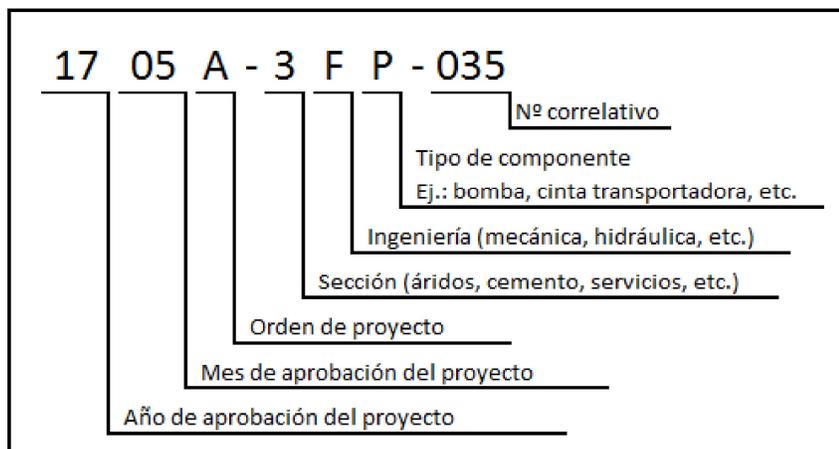


Figura 4.111: Código de ejemplo para partes.

Dado el código de ejemplo de la Figura 4.111, el carácter que representa las secciones de la máquina puede ser:

1. Alimentación de agregados.
2. Alimentación de cemento.
3. Alimentación de agua.
4. Alimentación de aditivos.
5. Estructura portante.
6. Mezcladora.
7. Servicios (electricidad, neumática, etc.)
8. General: partes que por su importancia o tamaño son compartidas entre diferentes secciones.

La letra que representa la ingeniería puede ser: A- Automatización. E- Eléctrica. F- Mecánica de los fluidos. M- Mecánica. Q- Química. S- Estructural. X- Varios.

Finalmente, los tipos de componentes que pueden enumerarse con una letra representativa son:

- A. Transmisión de potencia.
- B. Cinta transportadora.
- C. Estructura.
- D. Partes de desgaste.
- E. Eje/árbol.
- F. Alimentador.
- G. Generador eléctrico.
- H. Válvula.
- I. Instrumento/Sensor.
- J. Bulonería.
- K. Controlador.
- L. Iluminación.
- M. Mecanismo.
- N. Seguridad.
- P. Bomba.
- R. Radiador.
- S. Transporte tornillo.
- T. Tanque.
- U. Conducción.
- V. Recipiente/Tolva.
- W. Grupo impulsor
- X. Varios.
- Y. Tablero eléctrico.
- Z. Actuador (cilindro, motor, etc.).

Cuando éste código se utilice dentro de diagramas o planos se acortará evitando incluir el código del proyecto.

4.12.10. Codificación de líneas

Cómo línea se entiende al segmento de un elemento conductor de un fluido o energía eléctrica, que entre dos puntos mantiene características constructivas y operativas constantes (por ej. caudal o corriente eléctrica). En el código de cada línea se indicará tipo de línea, función, forma constructiva o material, tamaño y un número correlativo único.

En el código de ejemplo (Figura 4.112), la primera de las letras indica el tipo de línea, en función principalmente del material que transmite: A- Agua. E- Energía eléctrica. H- Aceite. I- Señales de instrumentación. N- Aire comprimido. Q- Químicos.

La segunda letra hace referencia a la función que cumple dentro del circuito al cual pertenece:

- A. Aspiración: En transporte de fluidos, línea que va desde el tanque hacia la bomba.
- F. Fase: En líneas eléctricas de corriente alterna, conductor que tiene un potencial con respecto al neutro.
- G. Tierra: En instalaciones eléctricas, línea conectada firmemente a tierra (generalmente a una jabalina enterrada) utilizado como protección eléctrica.

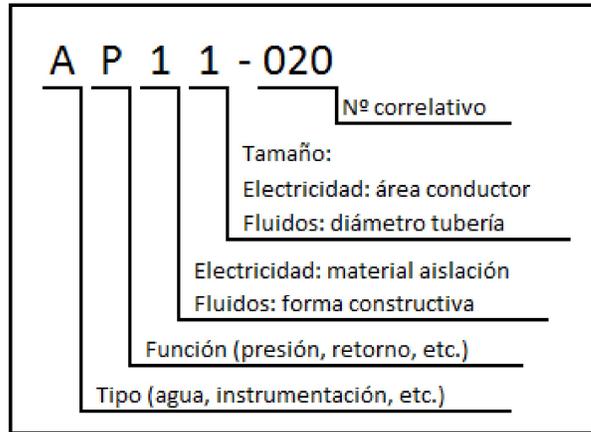


Figura 4.112: Código de ejemplo para líneas.

- N. Negativo/Neutro: En corriente alterna, conductor de referencia con potencial nulo con respecto a tierra. En corriente continua, conductor de potencial negativo.
- P. Presión/Positivo: En transporte de fluidos, línea alimentada directamente por una bomba, por lo tanto que transmite la presión generada por ésta. En corriente continua, conductor con potencial positivo.
- R. Retorno: En fluidos, línea que regresa el caudal hacia el depósito o tanque. En electricidad, conductor que va desde una carga hasta su interruptor.
- S. Señal: Línea de baja potencia (eléctrica, neumática o de instrumentación) que transmite cierta información en forma analógica o digital.
- T. Drenaje: Utilizado en fluidos para la descarga de excedentes o efluentes. Por ejemplo, el drenaje utilizado en motores hidráulicos para liberar a tanque el aceite excedente usado para su lubricación.

Luego, hay un número que indica la forma constructiva básica de la línea, 1 y 2 utilizados para líneas eléctricas y el resto para fluidos: 1- Conductor bipolar. 2- Conductor tripolar. 3- Conductor tetrapolar. 4- Manguera. 5- Tubo de acero. 6- Caño termofusión. 7- Conductor unipolar.

Medidas			
#	Cable	Tubos [mm]	Manguera/Tubos
1	0,75 mm ²	20	1/4"
2	1,0 mm ²	25	5/16"
3	1,5 mm ²	32	3/8"
4	2,5 mm ²	40	1/2"
5	4,0 mm ²	50	5/8"
6	6,0 mm ²	63	3/4"
7	10 mm ²	75	1"
8	16 mm ²	90	1.1/4"

Figura 4.113: Códigos de medidas.

Por último, en la Figura 4.113 se indican los diferentes valores que puede tomar el cuarto dígito, para indicar rápidamente la dimensión fundamental de esa línea, ya sea un diámetro o sección transversal.

4.12.11. Codificación de instrumentos

Los instrumentos o sensores serán encargados de medir ciertas variables en la planta hormigonera, ya sea para indicación directa, para la toma de decisiones del sistema de control automático o por razones de seguridad. Se utilizarán diversos tipos de instrumentos, dependiendo principalmente de la magnitud a medir.

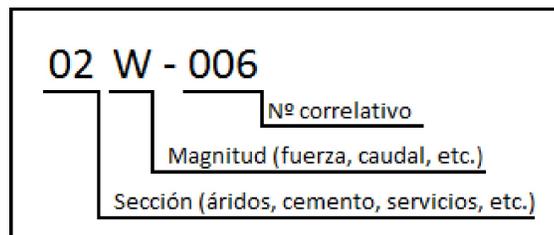


Figura 4.114: Código de ejemplo para instrumentos.

El primer número indica la sección donde se encuentra el instrumento, siendo igual al utilizado en el código de partes. La letra que está a continuación se utilizará para señalar la magnitud medida: F- Caudal. H- Humedad. P- Presión. T- Temperatura. W- Fuerza. X- Posición.

4.12.12. Codificación de planos

Por último, cuando se elaboren los planos técnicos, éstos se codificarán indicando el código de proyecto, formato de hoja empleado según IRAM 4504, a que ingeniería corresponde y un número correlativo. Se incluye también un dígito para indicar el estado en que se encuentra, ya sea que aún esté en elaboración, ya revisado o aprobado, y luego las sucesivas versiones que pueda tener.

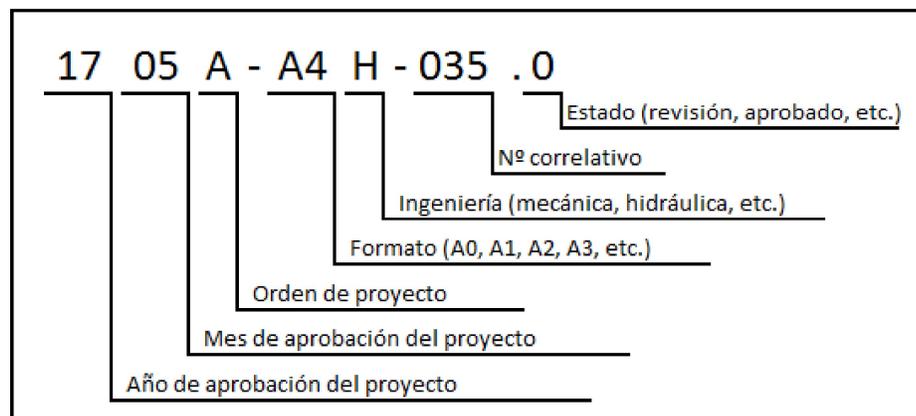


Figura 4.115: Código de ejemplo para planos.

Los primeros caracteres que se utilizarán para el número de proyecto y el que identificará a qué área de la ingeniería corresponde dicho plano, serán análogos a los del código de partes.

Finalmente, luego del número correlativo de plano, se agregará un carácter de estado, que puede tomar los siguientes valores:

- A. Elaboración.
- B. Revisión.
- 0. Aprobado.
- 1. Versión 1.
- 2. Versión 1.
- ...

Anexo C: Glosario

- **Abarquillado:** Es una configuración de estaciones para cintas transportadoras, que consiste en dos rodillos laterales inclinados con respecto a uno horizontal que se encuentra en el centro, lo que le confiere mayor capacidad de transporte. Se conoce también como estación en artesa.
- **Aditivo:** En general cualquier material que se puede agregar al cemento o al hormigón para alterar alguna propiedad, por ejemplo, incorporador de aire.
- **Agregado (hormigón):** Material granular, tal como la arena, grava, piedra molida, etc, empleado junto con un medio de cemento hidráulico para elaborar hormigón. También se conoce como **árido**.
- **Cemento Portland:** Es un conglomerante hidráulico, de estado pulverulento, compuesto predominantemente por silicatos y aluminatos de calcio, que, en reacción con agua y luego de un proceso de fraguado producen el hormigón o concreto. ~ **Normal (CPN):** Uno de los cementos más utilizados y se encuentra prácticamente puro. ~ **Fillerizado (CPF):** Contiene un determinado porcentaje de material calcáreo, que provee mejoras en la reología, cohesión y trabajabilidad del hormigón fresco. ~ **Compuesto (CPC):** Es otro de los más utilizados para uso general en la construcción. Incorpora filler calcáreo y una o más adiciones minerales activas, en determinadas proporciones. ~ **Puzolánico (CPP):** Contiene un determinado porcentaje de puzolana (material rocoso de origen volcánico), que le confiere una evolución de resistencia lenta pero que llega a valores elevados. ~ **de Alto Horno (CAH):** Su componente mayoritario es la escoria de alto horno y se lo utiliza fundamentalmente en estructuras de hormigón masivo. Produce menor calor de hidratación, tiene un buen desempeño frente a ataques químicos y una evolución de resistencia más lenta que otros tipos.
- **Dosificación (de hormigón):** Es una acción que consiste en establecer y medir las proporciones adecuadas de los materiales que componen el hormigón, a fin de obtener la apariencia, resistencia, durabilidad y en general cualquier propiedad requerida.
- **Encofrado:** Armazón temporal o permanente formado por un conjunto de placas de acero, aluminio o madera, convenientemente dispuestas para recibir el hormigón y que, al endurecerse, mantenga una forma previamente buscada.
- **Epicycloidal:** Es un sistema o tren de engranajes consistente en uno o mas engranajes externos (*planetas*) que rotan sobre otro central denominado *sol*. Existen numerosas formas de convertir una rotación de entrada en una salida, variando la disposición de éstos engranajes o incorporando un engranaje anular y/o un brazo sobre el que se monten los planetas.

- **Fluidificante:** Es un aditivo muy utilizado que se utiliza para mejorar la trabajabilidad del hormigón, sin aumentar la cantidad de agua lo que no tiene un efecto sobre la resistencia.
- **Fragüe:** Condición alcanzada por una pasta cementicia u hormigón que ha perdido plasticidad hasta un cierto nivel, generalmente medido en términos de la resistencia a la deformación.
- **Granulometría:** Es la medición de los tamaños de partículas que forman un agregado, dentro de una escala granulométrica obtenida por ensayos.
- **Hormigón:** Es una mezcla homogénea compuesta por una pasta de cemento y agua, con agregados gruesos y finos, que en estado fresco tiene cohesión y trabajabilidad y que luego, por el fraguado y el endurecimiento de la pasta cementicia, adquiere resistencia. Además de estos componentes básicos, también puede contener aditivos químicos y/o adiciones minerales pulverulentas.
- **Pandeo:** Es un fenómeno de inestabilidad elástica que puede darse en elementos esbeltos, es decir, que tienen una dimensión mucho mayor a las otras dos y se manifiesta como un gran desplazamiento en forma transversal la dirección de un esfuerzo de compresión.
- **Pastón:** Cantidad de hormigón que se prepara de una sola vez.
- **Segregación:** Concentración diferencial de los componentes del hormigón mezclado, los agregados o similares que provoca una dosificación no uniforme de la masa.
- **Trabajabilidad:** Propiedad del hormigón fresco que determina la facilidad y homogeneidad con que se puede mezclar, colocar, compactar y acabar.

Anexo D: Bibliografía y Referencias

- Maldonado, N.G. y Carrasco, M.F. (2012), *Ese material llamado hormigón*, Buenos Aires, Argentina: Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón.
- Ing. García Balado, J.F. (1982), *Método para la Dosificación de Hormigones*, Buenos Aires, Argentina: Instituto del Cemento Portland Argentino.
- Kulwiec, R.A. (1985), *Materials Handling Handbook*, Hoboken, Estados Unidos: John Wiley & Sons.
- Jürgen, T., *The influence of Vibrations on Flow Properties of Cohesive Powders*, Magdeburg, Alemania: The Otto-von-Guericke-University
- Çagli, A.S. (2007), *Flow property measurement using the Jenike shear cell for 7 different bulk solids*, Estambul, Turquía: Istanbul Technical University.
- Stiopin, P. (1968), *Resistencia de Materiales*, Moscú, Rusia: Editorial MIR.
- KWS Manufacturing Company Ltd., *Engineering Guides*, <http://www.kwsmfg.com/services/engineering-guides.htm>.
- Automación Micromecánica (2017), *Catálogo General*, Buenos Aires, Argentina.
- Fenner Dunlop (2009), *Conveyor Handbook*, West Footscray, Australia.
- Siegling Transilon (2017), *Technical Information*, Hannover, Alemania.
- WAM Inc (2006), *Screw Conveyors. Engineering Guide & Parts Catalogue*, Fort Worth, Estados Unidos.
- Screw Conveyor Corporation (2010), *Screw Conveyor. Catalog Engineering Manual*, Hammond, Estados Unidos.
- Perry R.H. y Green D.W. (1999), *Chemical Engineers Handbook*, Estados Unidos: McGraw-Hill.
- Roussel, N. y Gram, A. (2014), *Simulation of Fresh Concrete Flow*, París, Francia: Springer.