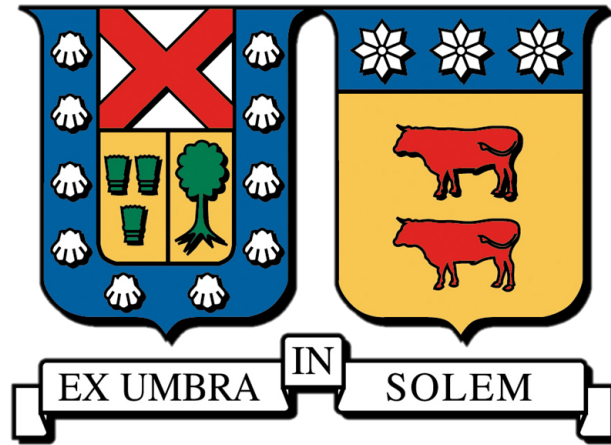




Universidad Técnica Federico Santa María

---

**Aumento de la capacidad de bombeo de  
una bomba undimotriz, cálculo de  
rendimiento y diseño en CAD.**

---

MEMORIA DE TÍTULO PRESENTADA POR:  
**JAVIER IGNACIO MORALES MORALES**

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE: **Ingeniero  
Civil Mecánico**

PROFESOR GUÍA: DIPL. ING. UDO RHEINSCHMIDT.

PROFESOR CORREFERENTE: PH. D. ALEJANDRO PACHECO  
SANJUAN

17 de junio de 2025



## CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

### 1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

**Tipo de monografía (marcar una opción):** ☒ Memoria o trabajo de título; ☐ Tesis de Postgrado;

**Título del trabajo:** Aumento de la capacidad de bombeo de una bomba undimotriz, cálculo de rendimiento y diseño en CAD.

**Nombre del candidato(a):** Javier Ignacio Morales Morales

**Carrera / Grado:** Ingeniería civil mecánica

**Campus:** Casa Central Valparaíso ; **Departamento:** Departamento ingeniería mecánica

### 2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Udo Rheinschmidt, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución

### 3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL

☒ El trabajo **NO contiene información que amerite confidencialidad** y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (embargo) por:

☐ 6 meses; ☐ 12 meses; ☐ 2 años; ☐ 3 años; ☐ 5 años; ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

### 4.- FIRMAS

**Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:**

**Fecha:** 25-06-2025

**; Firma:**

**Estudiante o Candidato(a):**

**Fecha:** 25-06-2025

**; Firma:**

*Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.*



TÍTULO DE LA TESIS:

**AUMENTO DE LA CAPACIDAD DE BOMBEO DE UNA BOMBA  
UNDIMOTRIZ, CÁLCULO DE RENDIMIENTO Y DISEÑO EN CAD.**

AUTOR

**JAVIER IGNACIO MORALES MORALES**

TRABAJO DE TESIS, presentado en cumplimiento parcial de los requisitos para el título de Ingeniero Civil Mecánico de la Universidad Técnica Federico Santa María

Profesor Dipl. Ing. Udo Rudolf Rheinschmidt \_\_\_\_\_

Profesor Ph. D. Alejandro Pacheco Sanjuan \_\_\_\_\_

Valparaíso, Chile, Abril de 2025

# Índice

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Índice de figuras                                                                           | 6  |
| Índice de tablas                                                                            | 8  |
| 1 Nomenclatura                                                                              | 9  |
| 2 Resumen                                                                                   | 10 |
| 3 Abstract                                                                                  | 11 |
| 4 Agradecimientos                                                                           | 12 |
| 5 Objetivos                                                                                 | 13 |
| 5.1 Objetivo general . . . . .                                                              | 13 |
| 5.2 Objetivos específicos . . . . .                                                         | 13 |
| 6 Introducción                                                                              | 14 |
| 6.1 Motivación del proyecto . . . . .                                                       | 14 |
| 6.2 Cambio climático en Chile . . . . .                                                     | 15 |
| 6.3 Cambio climático en la región de Valparaíso . . . . .                                   | 16 |
| 6.4 Proyectos de desalinización en Chile . . . . .                                          | 19 |
| 7 Marco teórico                                                                             | 21 |
| 7.1 Dispositivos de resonancia (OWC) . . . . .                                              | 24 |
| 7.1.1 Planta de energía undimotriz de Mutriku . . . . .                                     | 24 |
| 7.2 Movimiento oscilante(PA, ATT, TER) . . . . .                                            | 25 |
| 7.2.1 Pelamis . . . . .                                                                     | 27 |
| 7.2.2 Terminador Oyster . . . . .                                                           | 27 |
| 7.2.3 Aqua Buoy . . . . .                                                                   | 28 |
| 7.3 Overtopping devices(OD) . . . . .                                                       | 28 |
| 7.3.1 Wabe Dragon . . . . .                                                                 | 29 |
| 7.4 Proyectos en Chile . . . . .                                                            | 30 |
| 7.5 Proyecto Wasserdrachen . . . . .                                                        | 31 |
| 7.6 Comparación de potencias equipos undimotrices . . . . .                                 | 33 |
| 8 Metodología                                                                               | 34 |
| 8.1 Principio de funcionamiento . . . . .                                                   | 34 |
| 8.2 Herramientas y software utilizados . . . . .                                            | 36 |
| 8.3 Objetivos, alcance, especificaciones y requerimientos de diseño del<br>equipo . . . . . | 36 |
| 8.3.1 Objetivos de diseño: . . . . .                                                        | 36 |
| 8.3.2 Alcance del diseño . . . . .                                                          | 37 |

|           |                                                                     |           |
|-----------|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| 8.3.3     | Especificaciones de diseño . . . . .                                | 38        |
| 8.3.4     | Requerimientos de diseño . . . . .                                  | 38        |
| 8.4       | Normas y estándares considerados . . . . .                          | 38        |
| 8.5       | Criterios de selección de materiales . . . . .                      | 39        |
| 8.5.1     | Pistón [200.200.000] . . . . .                                      | 39        |
| 8.5.2     | Flotadores y jaula [200.300.000] . . . . .                          | 39        |
| 8.5.3     | Estructura de soporte [200.400.000] . . . . .                       | 40        |
| 8.5.4     | Material de los sellos[200.250.010]: . . . . .                      | 40        |
| 8.6       | Desarrollo del diseño . . . . .                                     | 41        |
| 8.7       | Estimación de insumos . . . . .                                     | 48        |
| 8.7.1     | Elementos de PVC . . . . .                                          | 48        |
| 8.7.2     | Perfiles metálicos . . . . .                                        | 48        |
| 8.7.3     | Elementos de unión . . . . .                                        | 49        |
| 8.7.4     | Listado de herramientas: . . . . .                                  | 49        |
| 8.7.5     | Percibibles . . . . .                                               | 49        |
| 8.7.6     | Búsqueda y selección de distribuidores . . . . .                    | 51        |
| 8.8       | Cálculos y simulaciones realizadas . . . . .                        | 52        |
| 8.8.1     | Modelo flotador único . . . . .                                     | 52        |
| 8.8.2     | Modelo WSD . . . . .                                                | 54        |
| 8.9       | Cálculo de eficiencia . . . . .                                     | 56        |
| 8.9.1     | Resultados de las simulaciones y análisis . . . . .                 | 59        |
| 8.10      | Cálculos en base a los datos entregados por los gráficos: . . . . . | 64        |
| 8.10.1    | Cálculo del caudal: . . . . .                                       | 64        |
| 8.10.2    | Cálculo de eficiencia: . . . . .                                    | 64        |
| <b>9</b>  | <b>Resultados</b>                                                   | <b>67</b> |
| 9.1       | Render del diseño . . . . .                                         | 67        |
| 9.2       | Ubicación WSDV . . . . .                                            | 67        |
| 9.3       | Fabricación: . . . . .                                              | 68        |
| 9.3.1     | Primera etapa: Trabajo en el taller. . . . .                        | 68        |
| 9.3.2     | Segunda etapa: Trabajo en terreno. . . . .                          | 74        |
| 9.3.3     | Tercera etapa: Instalación WSD5. . . . .                            | 75        |
| 9.3.4     | Método CPM o de ruta crítica . . . . .                              | 76        |
| 9.4       | Análisis económico . . . . .                                        | 78        |
| <b>10</b> | <b>Conclusiones</b>                                                 | <b>79</b> |
| 10.1      | Sugerencias . . . . .                                               | 80        |
| <b>11</b> | <b>Anexos</b>                                                       | <b>81</b> |
| 11.1      | Tratamiento con pintura epóxica . . . . .                           | 81        |
| 11.2      | Instalación bridas . . . . .                                        | 82        |
| 11.3      | Almacenamiento materiales: . . . . .                                | 83        |
| 11.4      | Postulación a fondos IDEA+ . . . . .                                | 84        |

|                    |                                               |            |
|--------------------|-----------------------------------------------|------------|
| 11.4.1             | Tipos de entidades involucradas . . . . .     | 84         |
| 11.4.2             | Presupuestos a postular . . . . .             | 85         |
| 11.4.3             | Ejemplo de postulación: . . . . .             | 87         |
| 11.5               | Códigos . . . . .                             | 89         |
| 11.5.1             | Código simulación Wassendrachen IV: . . . . . | 89         |
| 11.5.2             | Código simulación Wassendrachen V: . . . . .  | 93         |
| 11.6               | Tablas de precios distribuidores. . . . .     | 97         |
| 11.7               | Evaluación distribuidores . . . . .           | 101        |
|                    | Planos . . . . .                              | 112        |
| <b>Referencias</b> |                                               | <b>146</b> |

## Índice de figuras

|    |                                                                                                                   |    |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1  | Franjas de mayor riqueza recurso undimotriz[5], potencia promedio en $[\frac{kW}{m}]$ . . . . .                   | 14 |
| 2  | Precipitaciones registradas en Chile periodo 2023 a 2024[18]. . . . .                                             | 15 |
| 3  | Embalse el Yeso como testimonio del avance de la sequía entre 2016 y 2020 en la región Metropolitana[27]. . . . . | 16 |
| 4  | Predicción precipitaciones registradas a 6 y 12 meses en Chile periodo 2023 a 2024[18]. . . . .                   | 17 |
| 5  | Predicción precipitaciones registradas en Chile a 24, 36 y 48 meses, periodo 2023 a 2024[18]. . . . .             | 18 |
| 6  | Catástro de proyectos y plantas desalinizadoras de agua de mar en Chile[7]. . . . .                               | 19 |
| 7  | A: Movimiento partícula en aguas profundas, B: Movimiento de una partícula al acercarse a la costa[10] . . . . .  | 21 |
| 8  | Etapas de generación energía undimotriz [30, page 3] . . . . .                                                    | 22 |
| 9  | Esquema grados de libertad flotador [30, page 3] . . . . .                                                        | 23 |
| 10 | Clasificación por ubicación del dispositivo.[8] . . . . .                                                         | 23 |
| 11 | Esquema método de las columnas oscilantes [22] . . . . .                                                          | 24 |
| 12 | Planta Mutriku e instalación de rompeolas en las costa de Vizcaya, en el país Vasco Español[20] . . . . .         | 25 |
| 13 | Esquema sistemas point absorber[23] . . . . .                                                                     | 25 |
| 14 | Tipos de dispositivos oscilantes por su configuración[8, page 99–151] . . . . .                                   | 26 |
| 15 | Pelamis P2, Actualmente propiedad de Orkney island council[8] . . . . .                                           | 27 |
| 16 | Diseño en CAD Oyster 800 [25] . . . . .                                                                           | 27 |
| 17 | Pelamis P2, Actualmente propiedad de Orkney island council[9] . . . . .                                           | 28 |
| 18 | Esquema sistemas de reflexión de olas. sistema fijo a la derecha, sistema flotante a la izquierda. [10] . . . . . | 28 |
| 19 | Principales componentes equipo Wabe Dragon. [28] . . . . .                                                        | 29 |
| 20 | Equipo PB3 PowerBuoy, frente a la costa de Valparaíso, a dos kilómetros de Las cruces [26]. . . . .               | 30 |
| 21 | Imagen isométrica diseño CAD WSDIV[4, p. 69] . . . . .                                                            | 31 |
| 22 | Canal de olas Laguna Verde. Largo: 15[m], Ancho: 4.5[m](sector más estrecho). . . . .                             | 32 |
| 23 | Ubicación geográfica para instalación WSDIV [3] . . . . .                                                         | 32 |
| 24 | Modelo simplificado. Elaboración propia. . . . .                                                                  | 34 |
| 25 | Principio de funcionamiento equipo. Elaboración propia. . . . .                                                   | 35 |
| 26 | Ciclo de bombeo equipo Wasserdrachen IV instalado en Curaumilla. . . . .                                          | 36 |
| 27 | Compilación bosquejos elaborados a mano alzada. . . . .                                                           | 41 |
| 28 | Unión mediante múltiples reducciones. . . . .                                                                     | 42 |
| 29 | Válvula HDPE. . . . .                                                                                             | 42 |
| 30 | Diseño de la parrilla para la jaula con flotadores. . . . .                                                       | 43 |

|    |                                                                                                        |    |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 31 | Bosquejos barra mariposa previo modelo CAD. . . . .                                                    | 44 |
| 32 | Pieza resultante modelada en CAD. . . . .                                                              | 44 |
| 33 | Unión entre caja y émbolo. . . . .                                                                     | 45 |
| 34 | Bosquejo estructura. . . . .                                                                           | 45 |
| 35 | Parrilla superior estructura de soporte. . . . .                                                       | 46 |
| 36 | Render WSDV . . . . .                                                                                  | 47 |
| 37 | Modelo flotador con fuerzas aplicadas. . . . .                                                         | 52 |
| 38 | Definición alturas involucradas . . . . .                                                              | 53 |
| 39 | Modelo WSDIV con fuerzas aplicadas. . . . .                                                            | 55 |
| 40 | Ciclo de bombeo pistón único. . . . .                                                                  | 57 |
| 41 | WSDIV: Comportamiento del centro de masa y la sección sumergida. . . . .                               | 60 |
| 42 | WSDIV: Velocidad y aceleración del centro de masa. . . . .                                             | 60 |
| 43 | WSDIV: Fuerza sobre los flotadores y potencia generada por los<br>flotadores. . . . .                  | 61 |
| 44 | WSDV: Comportamiento del centro de masa y la sección sumergida. . . . .                                | 61 |
| 45 | WSDV: Velocidad y aceleración del centro de masa. . . . .                                              | 62 |
| 46 | WSDV: Fuerza sobre los flotadores y potencia generada por los flotadores. . . . .                      | 62 |
| 47 | Velocidad y aceleración promedio en el ascenso del centro de masa<br>WSDIV. . . . .                    | 63 |
| 48 | Velocidad y aceleración promedio en el ascenso del centro de masa<br>WSDV. . . . .                     | 63 |
| 49 | Gráfico cálculo eficiencia volumétrica[17]. . . . .                                                    | 65 |
| 50 | Render WSDV, en su punto de instalación. . . . .                                                       | 67 |
| 51 | Ubicación geográfica para instalación WSDIV (-33.093760, -71.720597)[3] . . . . .                      | 67 |
| 52 | Imagen referencial, conjunto [200.310.000]. . . . .                                                    | 68 |
| 53 | Imagen referencial, conjunto [200.100.000]. . . . .                                                    | 69 |
| 54 | Imagen referencial, conjunto [200.110.000]. . . . .                                                    | 70 |
| 55 | Imagen referencial, conjunto [200.200.200]. . . . .                                                    | 71 |
| 56 | Imagen referencial, conjunto [200.350.000]. . . . .                                                    | 72 |
| 57 | Imagen referencial pieza [200.250.010] en color amarillo dentro del<br>conjunto [200.250.000]. . . . . | 73 |
| 58 | Orientación para la fabricación. . . . .                                                               | 74 |
| 59 | Procedimiento de traslado por el mar. . . . .                                                          | 76 |
| 60 | Alzamiento sobre el puente del equipo WSD-IV. . . . .                                                  | 76 |
| 61 | CPM o ruta crítica. Elaboración propia. . . . .                                                        | 77 |
| 62 | Patrón apriete tuercas para la instalación de bridas.[16] . . . . .                                    | 82 |
| 63 | Investigación y desarrollo en acción(IDeA)[6]. . . . .                                                 | 84 |
| 64 | Ítems financiables IDeA[6]. . . . .                                                                    | 86 |
| 65 | Gastos en personal IDeA[6]. . . . .                                                                    | 87 |

## Índice de tablas

|    |                                                                                    |     |
|----|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1  | Tabla resumen principales proyectos undimotrices en el mundo [13, p. 49] . . . . . | 33  |
| 2  | Estimación materiales de PVC . . . . .                                             | 48  |
| 3  | Estimación de perfiles metálicos . . . . .                                         | 48  |
| 4  | Estimación de elementos de unión . . . . .                                         | 49  |
| 5  | Resultados de evaluación por categoría y distribuidor . . . . .                    | 51  |
| 6  | Tabla de datos WSD-IV . . . . .                                                    | 59  |
| 7  | Tabla de datos WSD-V . . . . .                                                     | 59  |
| 8  | Datos extraídos de los gráficos elaborados . . . . .                               | 64  |
| 9  | Evaluación económica. . . . .                                                      | 78  |
| 10 | Tabla de aceros . . . . .                                                          | 97  |
| 11 | Tabla de elementos de unión . . . . .                                              | 98  |
| 12 | Tabla de tuberías y accesorios de PVC . . . . .                                    | 99  |
| 13 | Tabla de insumos consumibles . . . . .                                             | 100 |
| 14 | Evaluación perfiles metálicos: Otero . . . . .                                     | 101 |
| 15 | Evaluación perfiles metálicos: Perfimet . . . . .                                  | 101 |
| 16 | Evaluación perfiles metálicos: Kupfer . . . . .                                    | 101 |
| 17 | Evaluación elementos de unión: Pernostock . . . . .                                | 102 |
| 18 | Evaluación elementos de unión: Pernoval . . . . .                                  | 102 |
| 19 | Evaluación elementos de unión: Sodimac . . . . .                                   | 102 |
| 20 | Evaluación elementos de unión: Pernopolis . . . . .                                | 103 |
| 21 | Evaluación tuberías y accesorios PVC: Hidroshop . . . . .                          | 103 |
| 22 | Evaluación tuberías y accesorios PVC: Cosmoplas . . . . .                          | 103 |

## 1. Nomenclatura

- OWC: Dispositivos de columnas de resonancia.
- PA-WEC: Dispositivos de absorción puntual.
- OD-WEC: Dispositivos de reflexión.
- PTO: Toma de potencia.
- ATT-WEC: Equipo de conversión energía undimotriz tipo atenuador.
- TER-WEC: Equipo de conversión energía undimotriz tipo terminador.
- WECs: Convertidores de energía de las olas.
- DOF: Grados de libertad.
- MD-WEC: Multi-DOF wave energy converters. Convertidores de energía de las olas con múltiples grados de libertad.
- O-WEC: Overtopping WEC: Convertidores de energía de las olas mediante dispositivos de reflexión.
- WSD: Wasserdrachen, Dragón de agua.
- HSS: High speed steel. Herramienta de mecanizado de acero rápido.
- ACADES: Asociación Chilena de Desalación y reúso A.G.
- SPEI: Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index.
- WRI: Instituto de recursos mundiales.
- AG: Asociación gremial.
- IDEA+: Investigación y desarrollo en acción.
- DGA: Dirección general de aguas.

## 2. Resumen

Los océanos son una fuente renovable de recursos, con una gran cantidad de energía limpia e infinita a disposición. Es así que, en Chile, tenemos la oportunidad de ser pioneros en aprovechar este recurso inagotable que baña nuestros 4.300 km de litoral. La tecnología undimotriz tiene el potencial de aprovechar este recurso, usando el vaivén de las olas en beneficio del país.

El presente trabajo tiene como objetivo principal aumentar el caudal del proyecto undimotriz Wasserdrachen; esto se llevó a cabo aumentando las dimensiones del pistón del sistema de bombeo desde unos 120[mm] a unos 200[mm], y con ello se espera que el caudal aumente desde  $1.65 \left[ \frac{L}{s} \right]$  a un caudal de  $20.5 \left[ \frac{L}{s} \right]$ .

Se estimó la eficiencia del equipo mediante un modelo unidimensional del problema, lo cual nos entregó una eficiencia del equipo Wasserdrachen V de un 13 %, comparado con un 2 % del diseño previo Wasserdrachen IV.

Se determinó que los costos asociados a la adquisición de los materiales para la fabricación del equipo ascienden a 11 millones de CLP. Se sugiere como financiamiento la postulación a fondo concursable IDEA+ y se entrega ejemplo de postulación enfocado en el proyecto.

Se realizaron planos detallados, se establecieron los pasos a seguir para la fabricación e instalación del equipo, métodos de aplicación y almacenamiento de los materiales basados en el trabajo en terreno del equipo Wasserdrache IV.

El estudio realizado para estimar el tiempo de fabricación mediante el método de ruta crítica entregó que el equipo puede ser fabricado en cerca de un mes de trabajo continuo por un equipo calificado.

**Palabras clave:** Energías renovables, energía undimotriz, recursos energéticos, desarrollo sostenible, convertidor undimotriz, Valparaíso, cálculo de eficiencia de sistema undimotriz.

### 3. Abstract

The oceans are a renewable source of clean, virtually infinite energy. Wave energy takes advantage of this potential by converting the motion of waves into usable power. With 4,300 km of coastline, our country has a unique opportunity to pioneer the sustainable use of this untapped resource.

The primary objective of this work is to improve the flow rate of the Wasserdrachen wave energy project. This was achieved by increasing the piston diameter from 120 mm to 200 mm, which is expected to raise the flow rate from  $1.65 \left[ \frac{L}{s} \right]$  to  $20.5 \left[ \frac{L}{s} \right]$ . Estimations using a one-dimensional model indicate a 13 % efficiency for the Wasserdrachen V design, compared to just 2 % for its predecessor, the Wasserdrachen IV, when evaluated under the same criteria.

It was determined that the material acquisition costs for equipment manufacturing amount to 11 million CLP. Submission to the competitive fund IDEA+ is suggested as a financing option, along with a provided application example specifically tailored for the project.

Detailed engineering drawings were developed, outlining the manufacturing and installation processes, material handling protocols, and storage requirements derived from field operations of the Wasserdrache IV prototype. The study conducted to estimate manufacturing time using the critical path method (CPM) determined that the equipment can be fabricated by a qualified team in approximately one month of continuous work.

**Keywords :** Renewable resources, wave energy, energy resources, sustainable growth, wave energy converter, Valparaíso, Point absorber converter, wave power system efficiency calculation.

## 4. Agradecimientos

Cuando comencé con este trabajo, me atrajo la robustez del mecanismo y principio de funcionamiento; me pareció que algo así de intuitivo tendría un futuro prometedor. Esa simpleza me motivó a enfrentar las complicaciones que surgieron; el pensar en costas llenas de equipos similares extrayendo agua de mar me parecía vanguardista. Me gustaría dedicar el presente trabajo a mi familia por acompañarme en este enorme desafío de convertirme en un profesional; muchas gracias por todo su apoyo.

A mis amigos y conocidos de mi pueblo Litueche por darme ánimo en los momentos que lo necesité.

A mis amigos y colegas de la universidad que, con sus ocurrencias, hicieron el tiempo pasado en la universidad más ameno.

A los profesores y asistentes de la educación del plantel de mecánica por ayudarme durante mi paso por la universidad.

«Al fin y al cabo, somos lo que hacemos para cambiar lo que somos»

~Eduardo Galeano

## 5. Objetivos

### 5.1. Objetivo general

El objetivo de la presente memoria es incrementar la capacidad de bombeo del proyecto 'Wassendrachen', con el fin de aprovechar la energía undimotriz para el proceso de desalinización de agua de mar, así como un análisis de rendimiento de este modelo. Este proyecto se llevará a cabo en colaboración con la Universidad Técnica Federico Santa María, con el fin de fabricar prototipos de bombas que aprovechen la energía undimotriz.

### 5.2. Objetivos específicos

- Establecer el contexto climático en Chile y el estado de proyectos de desalinización.
- Recabar información sobre el uso y distribución del recurso undimotriz.
- Establecer las bases sobre las que se realizará el diseño del equipo.
- Proponer un modelo que permitan establecer parámetros de estudio del equipo.
- Estimar los costos asociados a los materiales necesarios para la fabricación del equipo.
- Presentar resultados de análisis de eficiencia del sistema.
- Generar planos de fabricación para nuevo modelo Wasserdrachen V.
- Especificar proceso de fabricación a seguir del equipo.
- Evaluar económicamente la fabricación del equipo.
- Proponer fuentes de financiamiento para el proyecto.

## 6. Introducción

### 6.1. Motivación del proyecto

En los últimos años, el mundo ha visto cómo las fuentes de agua dulce han disminuido su disponibilidad en lugares donde había existido desde siempre en forma abundante, todo esto a causa del proceso de desertificación propiciado por el avance del cambio climático. Este informe está enfocado en un equipo que busca reducir los gastos y la contaminación asociados a combustibles en el proceso de agua de mar para su desalinización.

El proyecto Wasserdrachen desde el año 2016 ha estado enfocado en el aprovechamiento de un recurso energético abundante, del que no se habla mucho: la energía undimotriz. La energía undimotriz se encuentra distribuida de manera desigual a lo largo del globo, siendo Chile uno de los países que cuenta con una de las costas más ricas en este recurso del mundo, solo comparable con las costas de Nueva Zelanda, Reino Unido, Portugal, España y Estados Unidos.[29] Es este recurso el que se planea utilizar para mover el agua de los procesos de desalinización florecientes en el territorio chileno.

Pero ¿cómo se consigue aprovechar esta energía?. Para hacer uso de la energía undimotriz es necesario un equipo que transforme la energía potencial de las olas en energía mecánica aprovechable para el uso humano.

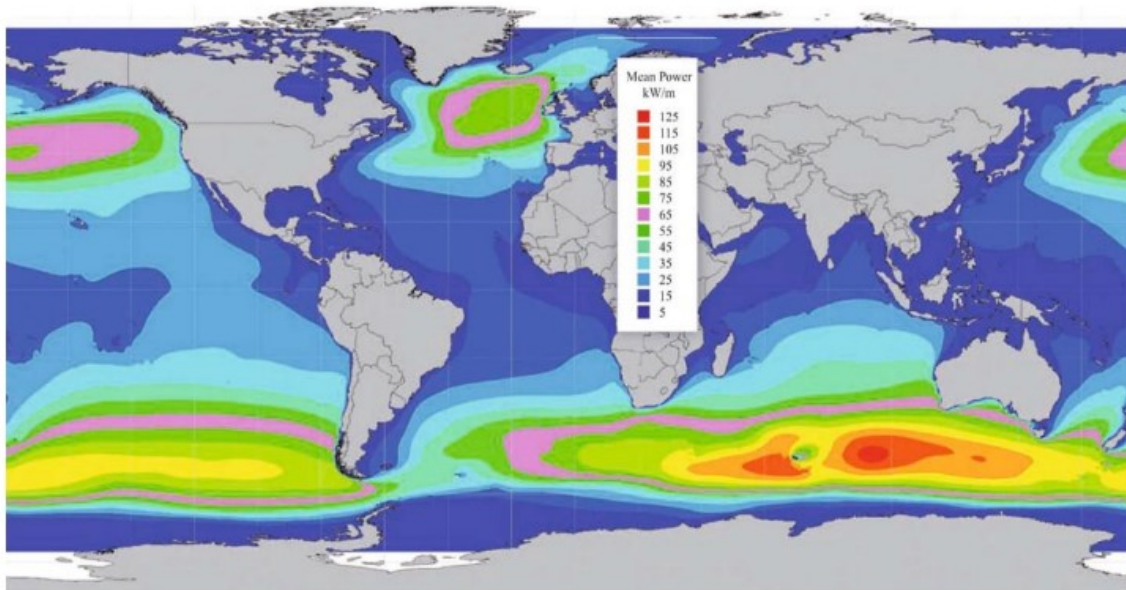


Figura 1: Franjas de mayor riqueza recurso undimotriz[5], potencia promedio en  $[\frac{kW}{m}]$ .

## 6.2. Cambio climático en Chile

Chile se ha propuesto cerrar sus 28 centrales eléctricas de carbón para el año 2040, y como reemplazo, generar electricidad con energías renovables, buscando para el año 2050 la neutralidad total de emisiones de carbono.

Para el año 2025 el país busca obtener un 20 % de su energía de fuentes renovables, garantizando un suministro limpio, económico y escalable para su venta en mercados internacionales.

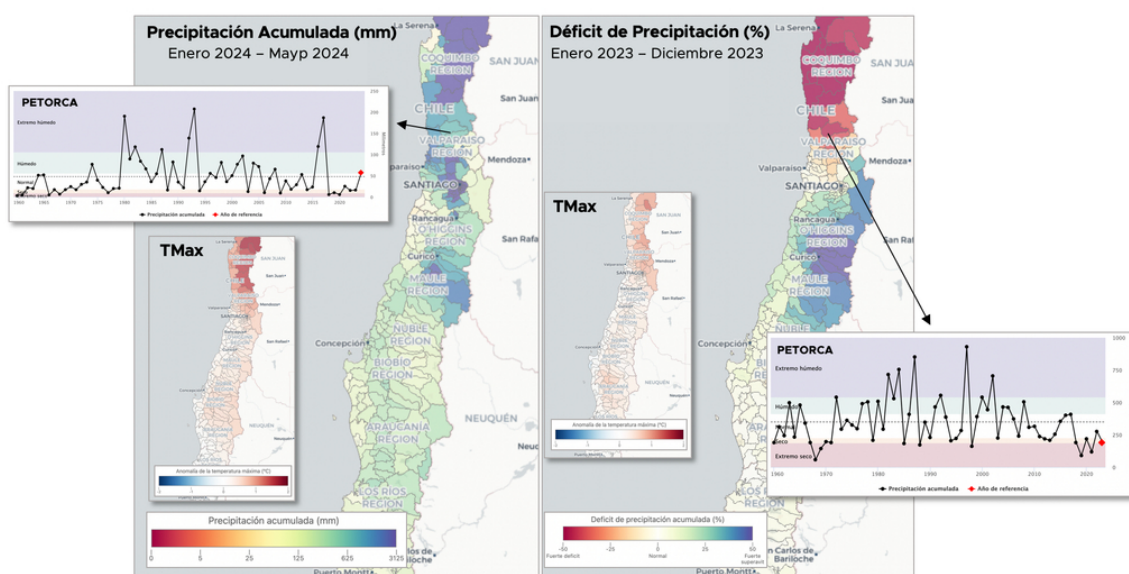


Figura 2: Precipitaciones registradas en Chile periodo 2023 a 2024[18].

Estas medidas tomadas a nivel país y responden a la situación climática que afecta a todo el territorio. A pesar de que solo emite el 0.36 % de emisiones de CO<sub>2</sub> del mundo, Chile ha experimentado en los últimos 15 años una gran sequía, numerosos incendios forestales, derretimiento de sus glaciares y aumento de temperaturas.

De hecho, el Instituto de Recursos Mundiales (WRI) predice que para el año 2040 Chile podría ser el país con mayor escasez de agua del hemisferio occidental. Como dato adicional, Chile se encuentra entre los 18 países con mayor riesgo de sufrir estrés hídrico y el primero en Latinoamérica.

Éste estado de escasez hídrica afecta la biodiversidad y ha hecho que se decrete en

numerosas ocasiones estado de emergencia agrícola por déficit hídrico. El último en marzo de 2025, afectando a cuatro regiones del país.



Figura 3: Embalse el Yeso como testimonio del avance de la sequía entre 2016 y 2020 en la región Metropolitana[27].

En 2019 tan solo se registraron 6,6 milímetros de lluvia en la capital, lo cual representa un 77 % del déficit hídrico para la capital, mientras que en el resto del país se registró un déficit del 80 % anual respecto a años anteriores.

Más de 6 millones de chilenos (38 % de la población) están afectados por la desertificación. El 72 % de la superficie de Chile sufre sequía en algún grado; 156 de las 345 comunas presentan riesgo de desertificación[14].

### 6.3. Cambio climático en la región de Valparaíso

Lo más preocupante de la mega sequía en Chile es que, además de su impresionante extensión territorial (durante el año 2024 se registraron al menos unas 58 comunas con escasez hídrica, afectando prácticamente a todo el país), es su extensión temporal; desde 2010 aproximadamente. Por esta razón es que debemos mirar indicadores de mayor extensión[19].

En mayo de 2024 se realizó un estudio mediante el índice SPEI (Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index, por sus siglas en inglés), el cual evalúa el fenómeno de la sequía mediante los parámetros de déficit de precipitación y aumentos de temperatura. El estudio abarcó todo Chile, pero se centra en la comuna de Petorca en la región de Valparaíso.

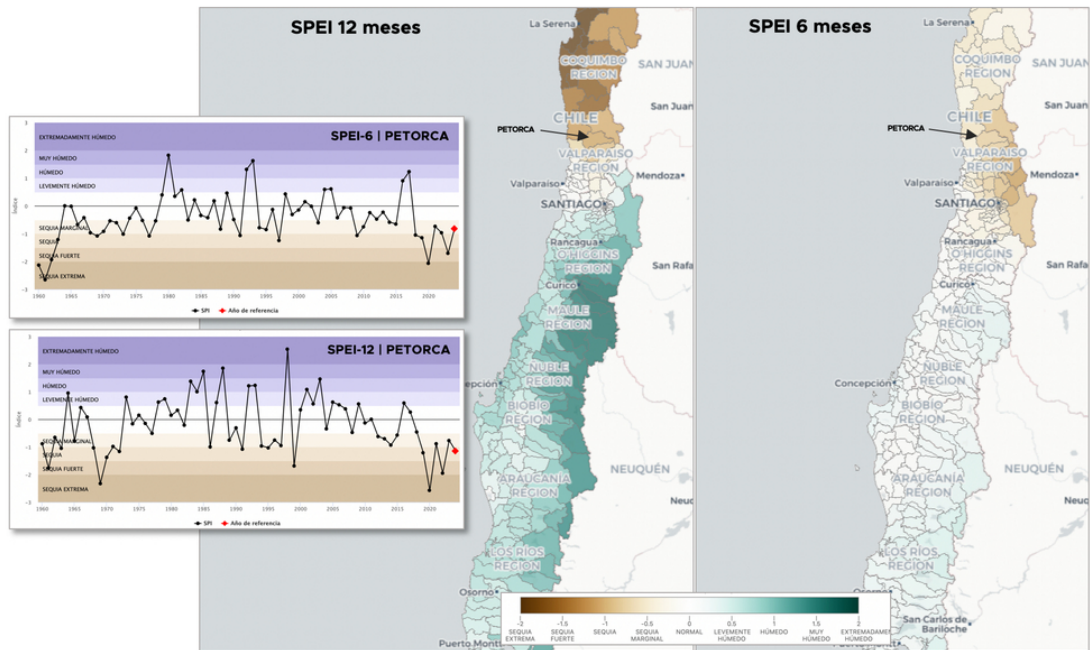


Figura 4: Predicción precipitaciones registradas a 6 y 12 meses en Chile periodo 2023 a 2024[18].

Si se observa el SPEI a 6 meses, los valores negativos en la mayoría de la zona central indican un estado de sequía, pero si miramos al sur, los valores son normales e incluso positivos. Si se estira el análisis hasta 12 meses, se puede ver la influencia de las lluvias a comienzos del 2024 en la zona centro y sur del país. En Petorca, en cambio, los valores son negativos en ambos casos.

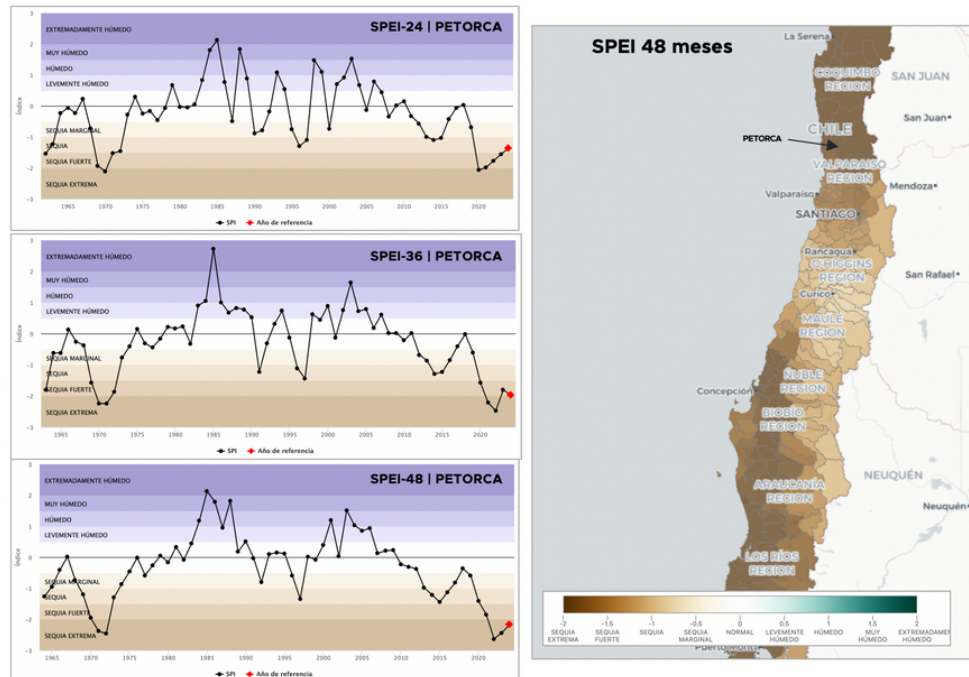


Figura 5: Predicción precipitaciones registradas en Chile a 24, 36 y 48 meses, periodo 2023 a 2024[18].

La sequía se mantiene en valores negativos en la comuna de Petorca para análisis SPEI a 12 meses, 24, 36 y 48. Y, aunque el resto del país tiene cifras más positivas, de igual forma se ubican bajo la línea.

Lo observado en Petorca es extrapolable a buena parte de la zona centro y sur de Chile frente al avance de la desertificación[18].

#### 6.4. Proyectos de desalinización en Chile

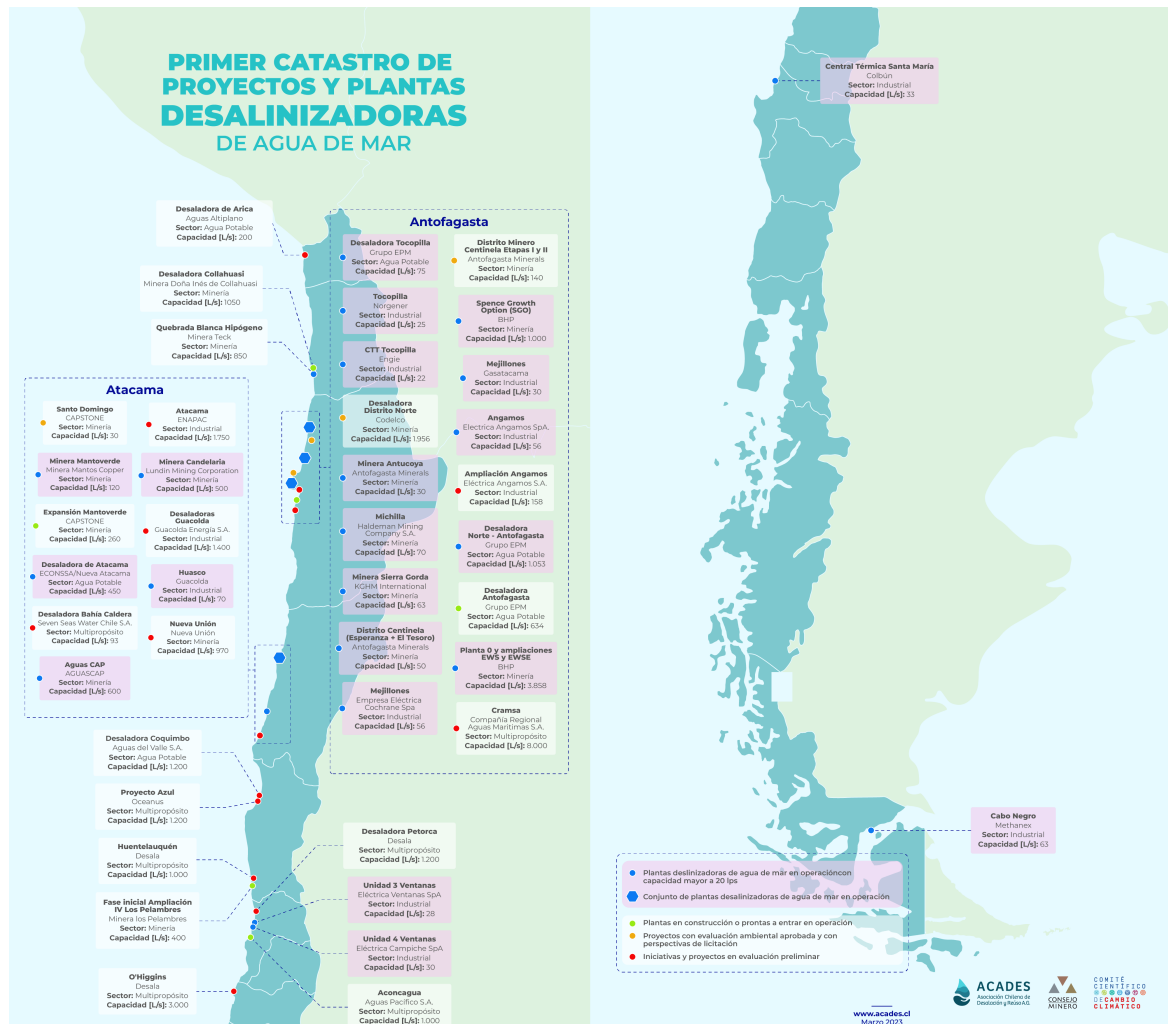


Figura 6: Catástro de proyectos y plantas desalinizadoras de agua de mar en Chile[7].

La creciente necesidad hídrica en el país ha incentivado numerosos proyectos de plantas de desalinización en el norte de Chile para su uso civil o en minería. De esta forma, durante el año 2024 el estado promovió una ley que facilita al MOP (Ministerio de Obras Públicas) financiar la construcción de desaladoras con fines de consumo humano.

Gracias a esto, se anunció la inversión de más de 300 millones de dólares en una planta desalinizadora que beneficiará a más de 540.000 personas, en la región de Coquimbo.

En este contexto que ACADES (Asociación Chilena de Desalación y Reúso A.G) ha efectuado el primer catastro de plantas de desalación en Chile. Este catastro

considera proyectos con una capacidad igual o superior a los 20 litros por segundo  $[l/s]$ , de los cuales:

- 22 proyectos se encuentran en operación.
- 6 proyectos están en construcción.
- 3 están en proceso de aprobación ambiental.
- 12 se encuentran en evaluación preliminar.

De las 22 plantas en operación:

- 9 desaladoras suministran agua a operaciones mineras, sumando un total de  $5.801 \left[\frac{L}{s}\right]$ .
- 10 son destinadas a otro tipo de actividades industriales no relacionadas directamente con la minería, que acumulan una capacidad conjunta de  $476 \left[\frac{L}{s}\right]$  y se encuentran en las regiones de Antofagasta, Atacama, Valparaíso, Concepción y Magallanes.
- 3 plantas operan para producir agua potable para uso civil con una capacidad de  $2.221 \left[\frac{L}{s}\right]$ , con esto se busca ofrecer seguridad hídrica a la población en zonas más afectadas por la mega sequía.

Como se vio, la creciente demanda hídrica a causa de la desertificación fomenta la proliferación de tecnologías relacionadas con la desalinización. Esta tendencia refleja una necesidad fundamental y una oportunidad única para implementar soluciones tecnológicas innovadoras, como es el uso de energía undimotriz, capaz de transformar este desafío en un modelo sostenible y escalable.

## 7. Marco teórico

Para evitar confusiones es necesario aclarar las diferencias entre energía undimotriz y energía mareomotriz. Por un lado, la energía undimotriz es la producida por el movimiento vertical de las olas respecto al centro terrestre, mientras que la energía mareomotriz usa el movimiento horizontal.

A medida que la ola se acerca más a la costa, su movimiento se vuelve horizontal, hasta descansar sobre la costa y ser absorbida por la arena.

Las olas se vuelven más fuertes a medida que aumenta la profundidad a la que se generan; además, por su comportamiento sinusoidal, se pueden sumar o anular entre sí. Esto explica el fenómeno de generación de súper olas, olas gigantes en mar profundo que se dan por la superposición de olas en su máxima amplitud.

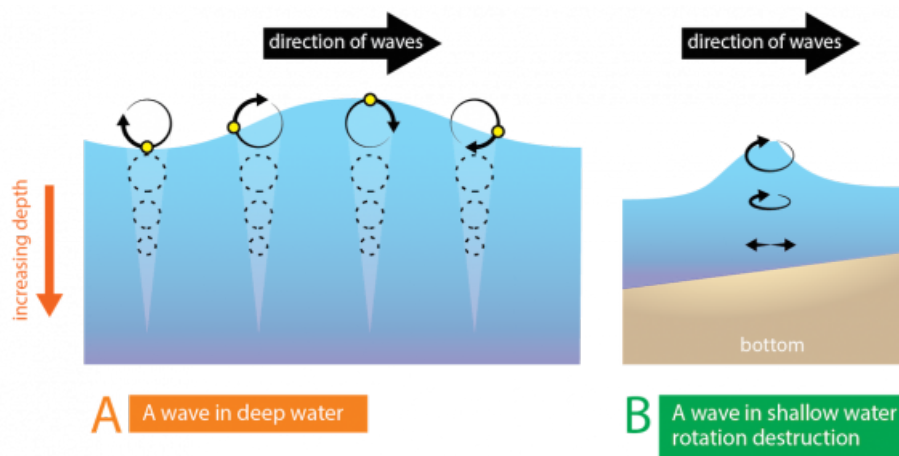


Figura 7: A: Movimiento partícula en aguas profundas, B: Movimiento de una partícula al acercarse a la costa[10]

También conocida como *wave energy* en inglés, la energía undimotriz es una forma de energía renovable que se obtiene del movimiento oscilatorio de las olas. Esta energía puede ser capturada y convertida en formas útiles de energía mecánica o eléctrica mediante dispositivos llamados "Wave Energy Converters". El uso de la energía undimotriz para producir electricidad considera tres etapas:

1. **La primera etapa** consiste en la conversión de la energía de las olas en energía potencial mecánica o neumática.
2. **Durante la segunda etapa** se efectúa la transformación de la energía mecánica obtenida en algo útil mediante un PTO.
3. **Finalmente en la tercera etapa** se transforma la energía mecánica en energía

eléctrica mediante un generador. En la siguiente figura se muestran algunos ejemplos para diferentes sistemas undimotrices.

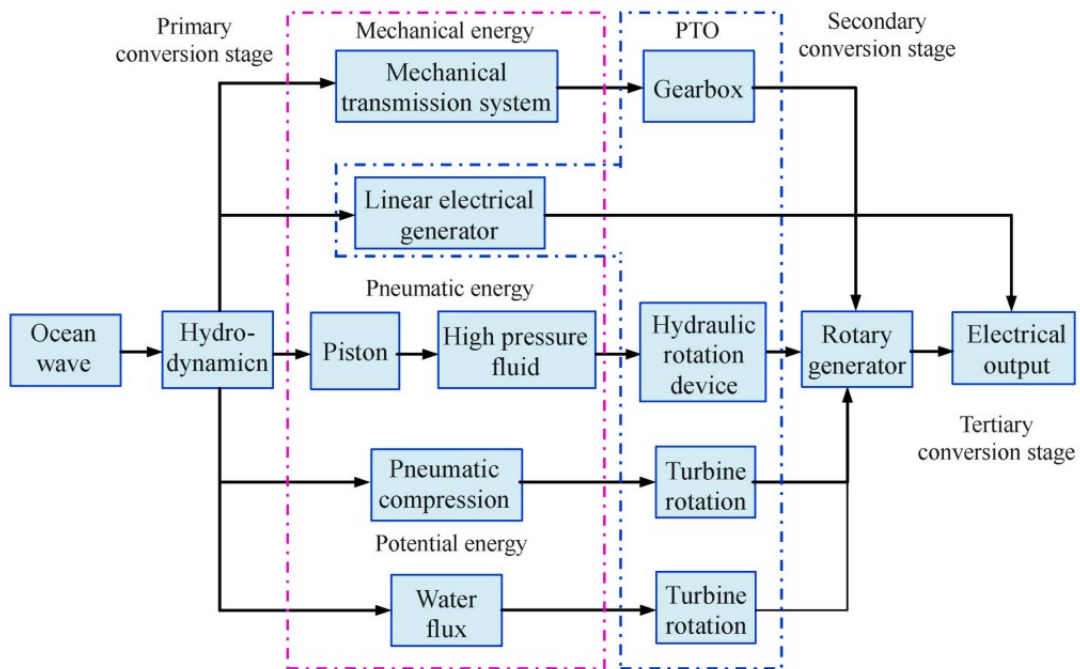


Figura 8: Etapas de generación energía undimotriz [30, page 3]

El mar se modela como la superposición de ondas que representan las olas del mar; estas ondas se pueden superponer y anular entre sí. Por esto, normalmente para el caso de flotadores se considera que tienen 6 grados de libertad.

El siguiente es un esquema de que muestra los grados de libertad para un flotador, el sistema PTO para convertir la energía potencial en mecánica, el generador para convertir la energía mecánica en eléctrica y la unión con el fondo marino [30].

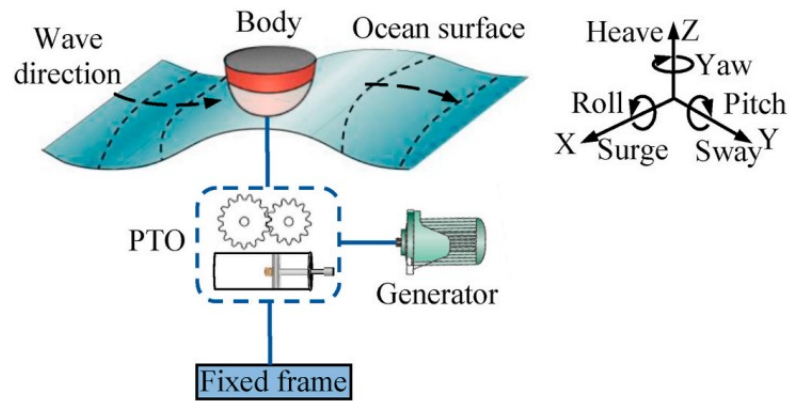


Figura 9: Esquema grados de libertad flotador [30, page 3]

Adicionalmente, dependiendo de la ubicación de los dispositivos, estos se pueden clasificar en *Offshore*, *Nearshore* y *Onshore*, como se muestra en la siguiente figura:

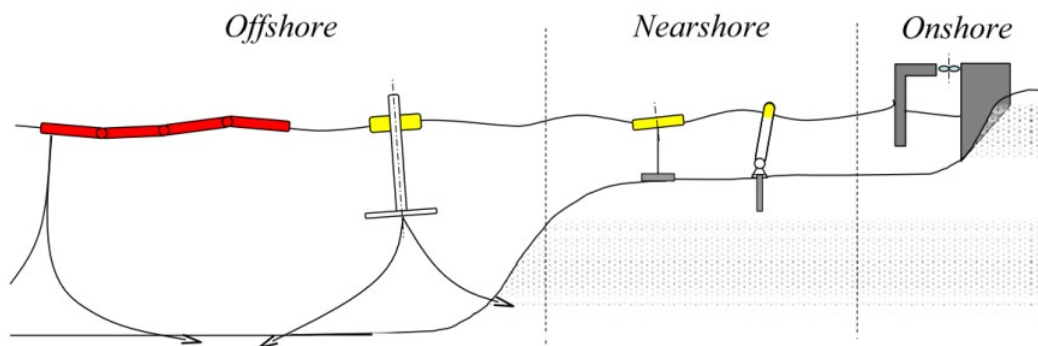


Figura 10: Clasificación por ubicación del dispositivo.[8]

Hay diferentes enfoques para aprovechar las fuentes de energía undimotriz:

### 7.1. Dispositivos de resonancia (OWC)

Usa el ascenso y descenso de las olas para comprimir aire dentro de una cámara. El flujo de aire atraviesa una turbina que genera electricidad.

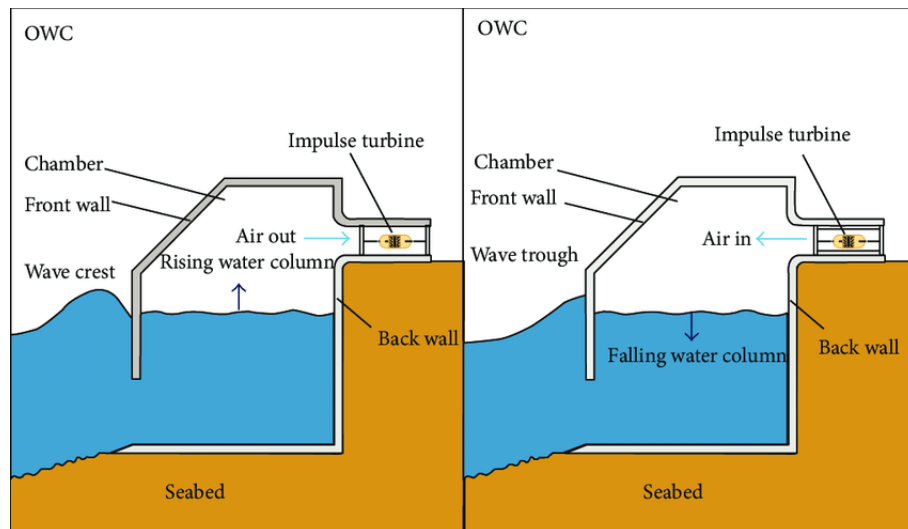


Figura 11: Esquema método de las columnas oscilantes [22]

Los principales componentes de este equipo son:

- **Un compartimiento conectado con el mar**, de esta forma aprovecha el movimiento de las olas para comprimir el aire y hacerlo pasar a través de una turbina. Cuando las olas se retiran la turbina gira en sentido opuesto.
- **Una turbina** para convertir la energía mecánica del aire en energía eléctrica.
- **Un generador** que convierte la energía rotacional de la turbina en energía eléctrica.
- **Un regulador de frecuencia** para regular la frecuencia y voltaje de la electricidad producida y conectar el equipo al sistema.

#### 7.1.1. Planta de energía undimotriz de Mutriku

La central undimotriz de Mutriku fue inaugurada en julio de 2011 por el Ente Vasco de Energía(EVE), agencia española. La planta instalada en un rompeolas, costó 3.3 millones de dólares y se espera que genere de manera continua 296 kW de potencia.



Figura 12: Planta Mutriku e instalación de rompeolas en las costa de Vizcaya, en el país Vasco Español[20]

## 7.2. Movimiento oscilante(PA, ATT, TER)

Estos equipos usan una boya o flotador que se mueve con las olas y utiliza la energía cinética de las olas para generar energía. Mediante este mecanismo se puede aprovechar la energía de las olas para el bombeo de agua o la generación de energía.

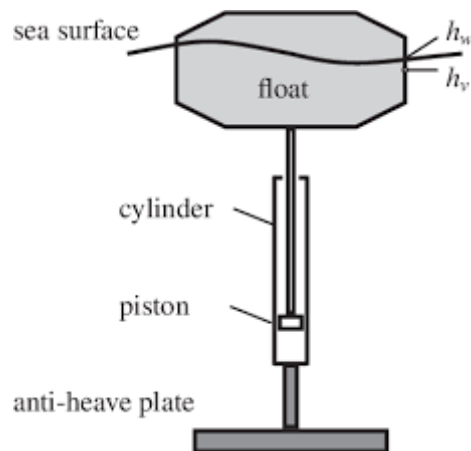


Figura 13: Esquema sistemas point absorber[23]

Estos sistemas pueden ser únicos o múltiples; algunos están capacitados para su uso en mar abierto, donde las olas son más poderosas.

Los principales componentes de esta clase de equipos son:

- **El flotador o boya**, éste es el principal componente de este tipo de sistemas y se encarga de absorber la energía de las olas.
- **Un sistema Power take-off(PTO)** este sistema convierte la energía generada por el movimiento de la boya en energía aprovechable. Las tomas de fuerza pueden ser mecanismos hidráulicos, neumáticos o mecánicos.
- **Un sistema de anclado** generalmente con cadenas, sogas o anclas para evitar que el equipo flote a la deriva.
- **El sistema de control** que regula la operación del sistema asegurándose que la boya está en la posición óptima para absorber la energía de las olas. Este es opcional.
- **Sistema eléctrico** considera los elementos necesarios para transmitir la electricidad generada por el sistema.

El prototipo WSDIV es un sistema tipo PAWECs. Éstos equipo son variados y versátiles en su uso, y pueden ser modificados dependiendo de los materiales disponibles, el comportamiento marino y el uso que se le desee dar.

Por ejemplo dependiendo de su orientación y tamaño los equipos que hacen uso de flotadores para absorber la energía potencial de las olas se puede clasificar como se ve en la siguiente imagen.

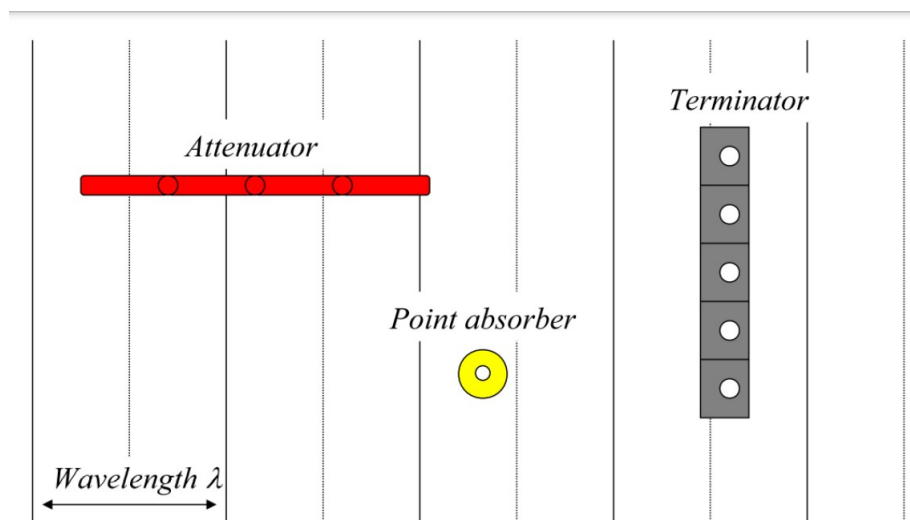


Figura 14: Tipos de dispositivos oscilantes por su configuración[8, page 99–151]

### 7.2.1. Pelamis

En 2006, Ocean Power desarrolló la serpiente marina Pelamis; este es un dispositivo de 30 metros de longitud con un diámetro de 4 metros, 4 segmentos y 3 tomas de potencia que permiten a este equipo generar aproximadamente 750 kW de potencia.



Figura 15: Pelamis P2, Actualmente propiedad de Orkney island council[8]

### 7.2.2. Terminador Oyster

El equipo "Terminador Oyster" fue desarrollado en 2001 por el profesor Trevor Whittaker de la Queen's University de Belfast. El sistema Oyster está fijado al lecho marino, cerca de la costa a una profundidad no mayor de los 15 metros. El equipo permite que las olas pasen a través de los flotadores y estos empujan un sistema hidráulico para generar energía mecánica. Se han fabricado dos prototipos: Oyster I(2009) de 315 kW y el Oyster II(2011) de 800 kW.[30]

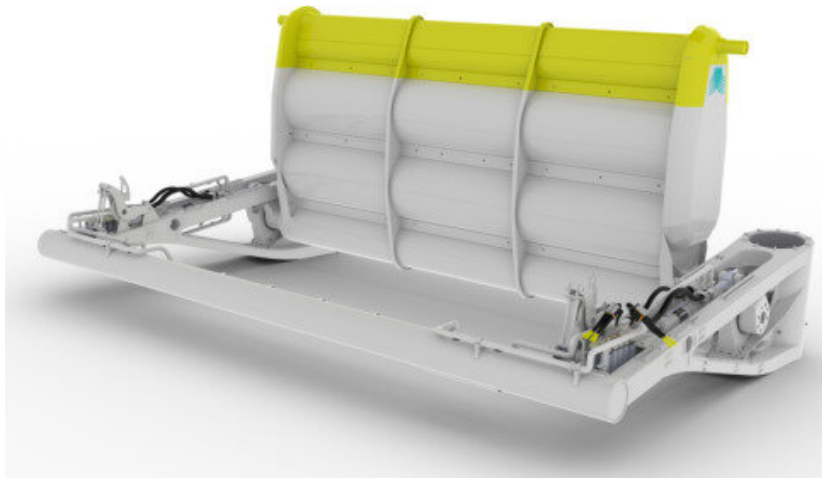


Figura 16: Diseño en CAD Oyster 800 [25]

### 7.2.3. Aqua Buoy

Este equipo usa la energía de las olas para levantar agua por tuberías en su interior, la que se usa para alimentar una turbina, como se ve en la figura 17 .

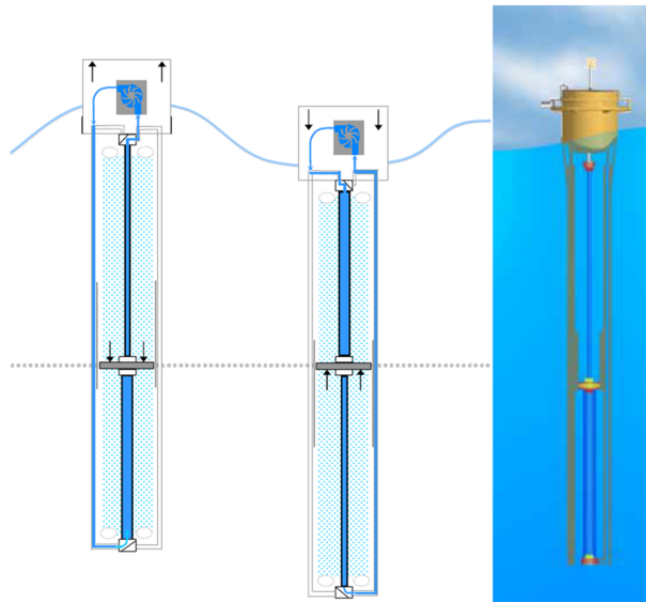


Figura 17: Pelamis P2, Actualmente propiedad de Orkney island council[9]

### 7.3. Overtopping devices(OD)

Estos equipos son estructuras flotantes o estáticas en las costas que permiten la entrada de agua a un compartimiento mediante la variación en la altura de las olas; esta agua sube sobre la estructura y alimenta una turbina que genera electricidad. Estos equipos se dividen en dos tipos: flotantes y fijos. Los dispositivos fijos se usan como rompeolas.

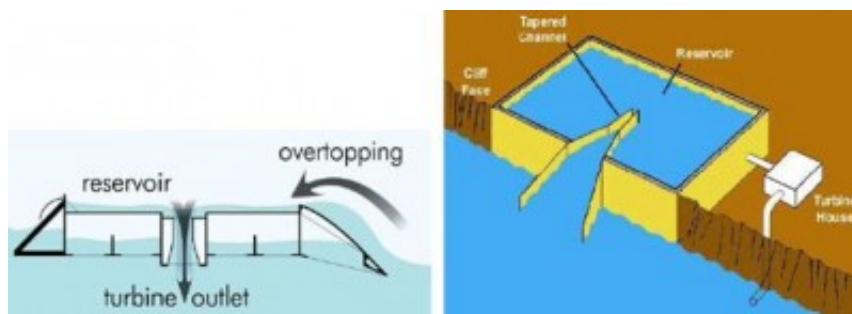


Figura 18: Esquema sistemas de reflexión de olas. sistema fijo a la derecha, sistema flotante a la izquierda. [10]

Los principales componentes de este tipo de equipos son:

- El principal componente es el **reflector de olas**, este componente redirige la energía de las que pasan sobre él. Es generalmente un muro o rampa.
- El **depósito** o estanque es una piscina generalmente ubicada sobre el reflector que sirve como reservorio para el agua redirigida.
- La **turbina** es el equipo encargado de transformar la energía del agua recolectada en energía mecánica. Este equipo generalmente se ubica en la base del depósito.
- El **sistema de control** es usado para controlar el nivel en el depósito optimizando la generación de energía.
- El **sistema de transmisión eléctrico**

#### 7.3.1. Wabe Dragon

Wave Dragon es una tecnología única y escalable basada en tecnologías probadas que combina turbinas hidroeléctricas y eólicas, lo que resulta en una producción de energía altamente rentable. Se trata de una plataforma estable de gran tamaño, esencialmente una central hidroeléctrica flotante, que ofrece una fiabilidad excepcional en la producción y el mantenimiento de energía[28].

El equipo de 237 toneladas fue probado por primera vez en marzo de 2003 en el "Centro danés de pruebas de energía undimotriz", donde se realizaron ensayos hasta que en 2005 fue dañado por una tormenta. El prototipo modificado fue instalado en 2009 generando 20[kW] de potencia hasta que fue dañado por hielo a la deriva en 2010.

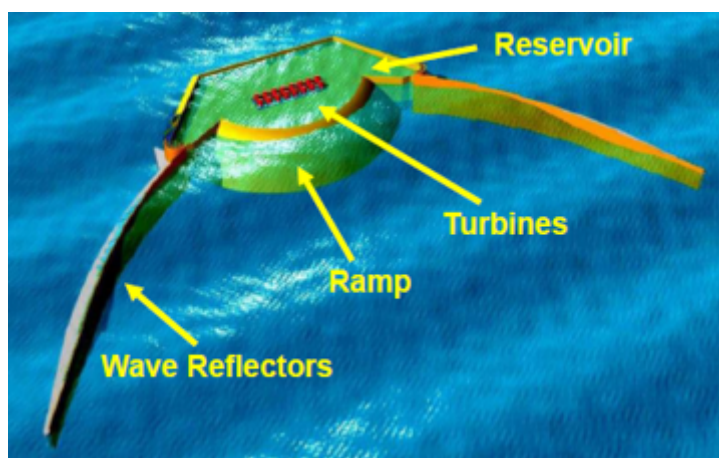


Figura 19: Principales componentes equipo Wabe Dragon. [28]

## 7.4. Proyectos en Chile

PB3 Power Buoy fue instalado por el *centro tecnológico de Meric y Enel Green Power*. El equipo proporcionado por *Ocean Power Technologies* en E.E.U.U está instalado a 1.2 [Km] de la costa, tiene 14 [m] de largo y pesa 10 toneladas, diseñado para operar a una profundidad de 20 [m]. Actualmente opera a 35 [m] de profundidad.[26]



Figura 20: Equipo PB3 PowerBuoy, frente a la costa de Valparaíso, a dos kilómetros de Las cruces [26].

## 7.5. Proyecto Wasserdrachen

El proyecto Wasserdrachen es un conjunto de memorias aplicadas dedicadas al diseño, construcción y prueba de prototipos de sistemas de extracción de agua usando energía undimotriz.

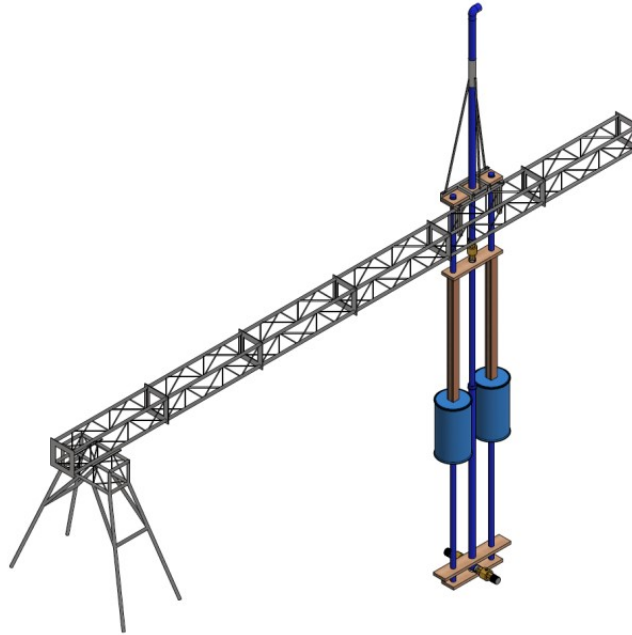


Figura 21: Imagen isométrica diseño CAD WSDIV[4, p. 69]

Esta serie de memorias ha estado centrada en aprovechar la energía de un canal de olas natural ubicado en el sector de Curaumilla, Laguna Verde, región de Valparaíso (Coordenadas: **33°05'38.0"S 71°43'19.0"W**[21, p. 21]) La instalación del dispositivo WASSERDRACHEN IV se realizó dentro del canal mostrado en la **figura 22**, las dimensiones se demarcan sobre la superficie del agua. Es necesario señalar que existen rocas que presentan una limitación para el diseño e instalación de los equipos.



Figura 22: Canal de olas Laguna Verde. Largo: 15[m], Ancho: 4.5[m](sector más estrecho). .

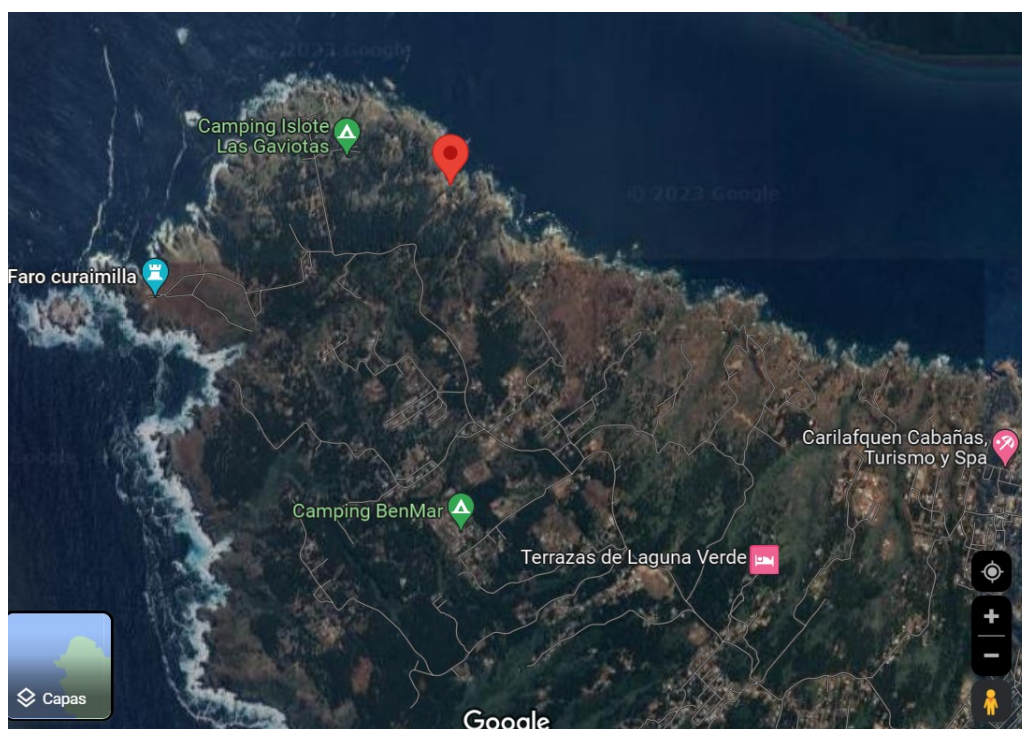


Figura 23: Ubicación geográfica para instalación WSDIV [3]

## 7.6. Comparación de potencias equipos undimotrices

Respecto de las diferentes tecnologías presentadas previamente, los principales proyectos y sus potencias generadas se listan en la siguiente figura. La totalidad de estos trabajos busca la generación de energía eléctrica, pero es posible comparar los conceptos de diseño usados en función de la potencia generada por estos, donde se observó que **los equipos de mayor generación de potencia y menores dimensiones son los que aprovechan el movimiento oscilante generado por las olas.**

Tabla 1: Tabla resumen principales proyectos undimotrices en el mundo [13, p. 49]

| Central           | Fase        | Tecnología                | Tipo       | Potencia |
|-------------------|-------------|---------------------------|------------|----------|
| MK3               | Prototipo   | Columna de agua oscilante | Flotante   | 2.5 MW   |
| Mighty Whale      | Escala real | Columna de agua oscilante | Flotante   | 110 kW   |
| LIMPET            | Escala real | Columna de agua oscilante | Fijo       | 400 kW   |
| Mutriku           | Escala real | Columna de agua oscilante | Fijo       | 296 kW   |
| AquaBuoy          | Prototipo   | Movimiento oscilante      | Puntual    | 150 kW   |
| Manchester Bobber | Prototipo   | Movimiento oscilante      | Puntual    | 12.5 MW  |
| Pelamis           | Escala real | Movimiento oscilante      | Atenuador  | 750kW    |
| Oyster            | Escala real | Movimiento oscilante      | Terminador | 800kW    |
| Wabe Dragon       | Prototipo   | Desbordamiento            | Flotante   | 20kW     |
| TAPCHAN           | Escala real | Desbordamiento            | Fijo       | 350 kW   |

## 8. Metodología

### 8.1. Principio de funcionamiento

A continuación se presentará un modelo simplificado para facilitar la explicación del principio de funcionamiento del equipo a diseñar:

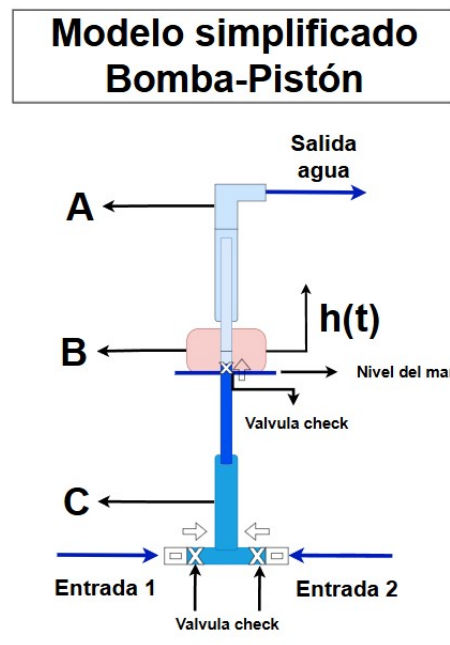


Figura 24: Modelo simplificado. Elaboración propia.

El equipo es posible dividirlo en tres partes, señaladas en la **figura 24** mediante las letras **A**, **B** y **C**, donde:

- **A** es la camisa superior **fija**.
- **B** es el émbolo con los flotadores **móvil**.
- **C** es la camisa inferior junto con las entradas de agua marina; al igual que **A** se encuentra **fija**.
- Dibujado sobre las válvulas check se encuentra una flecha que señala la dirección en la cual permite el flujo de agua marina.
- El nivel del mar se encuentra representada por una línea azul bajo el flotador.
- Finalmente  **$h(t)$**  es la función que describe el movimiento del émbolo a lo largo del tiempo. Como se señala en la imagen se define el movimiento positivo hacia arriba.

Con esto en mente, pasemos a analizar cómo funciona el equipo:

La siguiente imagen presenta las diferentes etapas de un ciclo de bombeo nombradas como  $t_0, t_1, t_2, t_3, t_4$ :

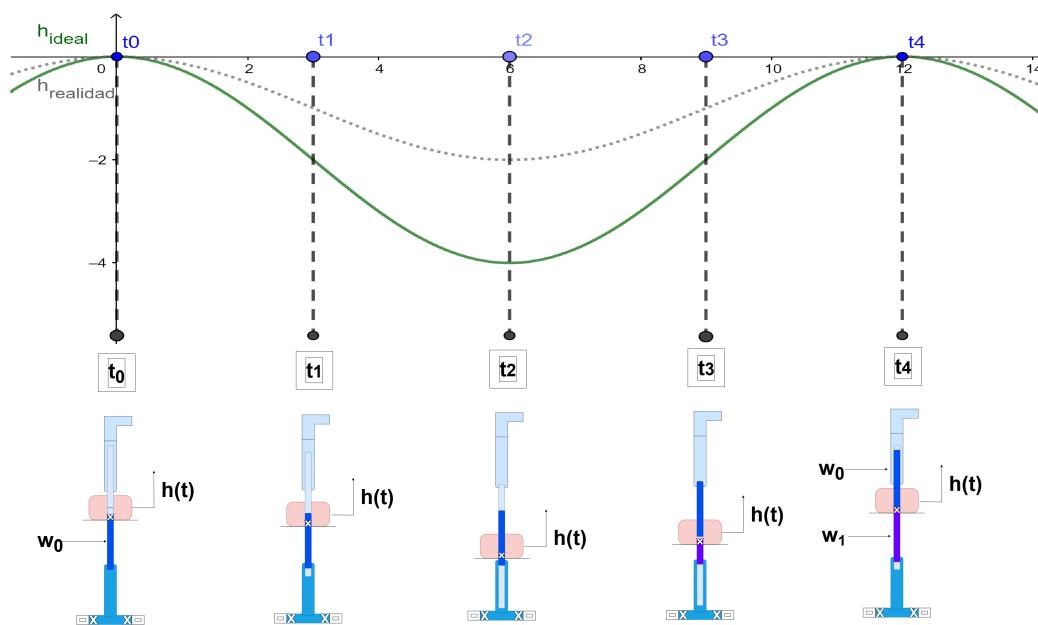


Figura 25: Principio de funcionamiento equipo. Elaboración propia.

1. En el instante  $t_0$  la altura de la ola incidente es la máxima teórica esperada para el sistema. El émbolo (cuerpo **B**) se encuentra en la parte superior de su movimiento permitido y se ha extraído una columna de agua  $w_0$  previamente señalada en la figura anterior con color azul.
2. En el instante  $t_1$  el émbolo se desplaza ligeramente hacia abajo, pero como se señaló previamente, la válvula check solo permite el desplazamiento de agua hacia arriba por la boquilla de **A**, por lo que el agua comienza a avanzar hacia arriba dentro del émbolo hasta el instante  $t_2$ .
3. En el instante  $t_2$  el émbolo se encuentra en la parte inferior de su recorrido la columna de agua  $w_0$  se encuentra completamente sobre la válvula check y el sistema está listo para que ingrese una nueva columna de agua.
4. En el instante  $t_3$  se comienza a generar una nueva columna de agua  $w_1$  (señalada en color morado en la **figura 25**) al ascender el émbolo por la presión ejercida por el mar sobre los flotadores. Las válvulas check inferiores permiten la entrada de agua hacia en interior de la camisa inferior o cuerpo **C**.
5. Finalmente en el instante  $t_4$  el ciclo vuelve a iniciar, ahora con la columna  $w_0$  sobre la válvula check del émbolo y una columna  $w_1$  recién generada.

## 8.2. Herramientas y software utilizados

- El software principal que se uso en el diseño del equipo fue Autodesk Inventor Profesional 2022.
- Para calcular las potencias involucradas y poder determinar la eficiencia de los equipos se uso MATLAB 2024.
- Para el diseño de diagramas del modelo se uso la página draw.io [12].
- Se uso como referencia el proceso de ensamblado, instalación y pruebas realizadas en terreno del prototipo de bomba anterior "Wasserdrachen IV", instalado en laguna verde.



Figura 26: Ciclo de bombeo equipo Wasserdrachen IV instalado en Curaumilla.

## 8.3. Objetivos, alcance, especificaciones y requerimientos de diseño del equipo

### 8.3.1. Objetivos de diseño:

- Para el proyecto presente se busca usar la energía de las olas incidentes para generar un alza en la presión y poder de este modo levantar agua para su posterior uso.

- Aumentar el caudal que pueda entregar el equipo respecto de el equipo anterior WSDIV.
- Diseñar un modelo matemático que describa el comportamiento del equipo y permita sacar parámetros de diseño.
- **Nuestro objetivo principal es utilizar el agua extraída mediante el equipo en procesos de desalinización en el norte de Chile minimizando el uso de combustibles fósiles y la contaminación que conllevan.**

### 8.3.2. Alcance del diseño

- **No se contempla en éste diseño la utilización del sistema de bombeo para generar electricidad**, solo levantamiento de agua.
- Los nombres de los componentes siguen la nomenclatura "Máster ítem"[100.000.000], donde los primeros 3 dígitos corresponden al conjunto general, los siguientes 3 dígitos a los subconjuntos y los siguientes 3 las piezas que componen los subconjuntos. El equipo se compone de cuatro subconjuntos generales:
  1. **200.000.000:** Conjunto general Wasserdrachen V.
  2. **200.200.000:** Camisas superior e inferior con válvulas check de 250 [mm].
  3. **200.250.000:** Pistón interior que desliza dentro de las camisas superior e inferior.
  4. **200.300.000:** Jaula metálica y flotadores.
  5. **200.400.000:** Estructura de soporte encargada de darle estabilidad y dirigir el movimiento de los flotadores.
- El alcance del trabajo de memoria incluye la elaboración de planos, pero no la construcción del equipo.
- El diseño no considera el equipo desalinizador.
- No se considera la instalación de los pesos muertos en el suelo marino necesarios para fijar la estructura al fondo del mar.
- No se contempla el diseño del puente, solo de la bomba. La estructura de puente que se muestra en el escrito es parte de un trabajo previo del proyecto Wasserdrachen.
- Finalmente, no se considera el diseño del sistema de unión con el nuevo puente.

### 8.3.3. Especificaciones de diseño

Las especificaciones de diseño del equipo son los parámetros que definen cómo debe ser el equipo. Para el sistema de bombeo a fabricar se consideraron las siguientes especificaciones de diseño:

- Aumentar el caudal teórico conseguido por equipos undimotrices anteriores del proyecto Wasserdrachen. Actualmente los cálculos entregan un caudal teórico  $1[\frac{L}{s}][4]$ .
- Fabricación con materiales resistentes a la corrosión del agua salada y a la vida marina.
- Mantener un peso de subconjuntos abordable para el transporte del equipo en terreno; bajo los 25[Kg] por pieza. Para los sub-ensamblajes se buscará mantener un peso bajo los 100[Kg].
- Los componentes hidráulicos deben ser PN10.
- Resistencia a la abrasión causada por el desplazamiento de arena en el agua.
- Elección de los materiales y uniones tal que el equipo sea desmontable.

### 8.3.4. Requerimientos de diseño

Los parámetros que se consideran dentro de los requerimientos de diseño contemplan lo que debe ser capaz de hacer el equipo. Para el diseño presentado se consideraron los siguientes requerimientos de diseño:

- El equipo debe bombear agua de mar hacia la salida superior del sistema.
- Sistema de filtrado para evitar el ingreso de sedimentos y vida marina al equipo.
- Diseñar para facilitar el mantenimiento del equipo y acceso a los componentes.
- Minimizar el impacto ambiental del equipo.
- Equipo resistente al ambiente marino.

## 8.4. Normas y estándares considerados

En esta sección se nombran las normas utilizadas de forma directa o incidental en el diseño del equipo Wasserdrachen V:

1. Norma ISO 7005:1 e ISO 7005:2 para el diseño CAD de las bridas.
2. Nch399/2011 y Nch1721 para el diseño CAD de las tuberías.
3. Norma ISO 12944-2 para determinar los espesores de pintura.
4. Norma ISO 8501 para la preparación de superficies a pintar.

5. Norma DIN 2768 para las tolerancias de los planos.

## **8.5. Criterios de selección de materiales**

Dado el ambiente hostil en el cual debe desenvolverse, los materiales deben ser capaces de resistir la inclemencia del sol, el mar y el viento.

La siguiente sección se abordará en base a los subconjuntos mencionados en la introducción y tiene como objetivo explicar el razonamiento detrás de la selección de los materiales del equipo.

### **8.5.1. Pistón [200.200.000]**

El sistema de bombeo se encontrará semi-sumergido en el mar, en la parte central del mecanismo, captando agua marina por su parte inferior mediante dos válvulas check y liberándola por la parte superior. Debido a su propósito de desplazar agua se usarán los siguientes materiales:

- Válvulas check: Las válvulas check deben ser de fácil ensamblaje, disponibles en el mercado, en lo posible bajo precio, resistente a la radiación UV. Un material plástico inerte al agua de mar, de no ser posible usar bronce y en última instancia usar válvulas de acero pues requieren tratamiento con pintura epóxica. La selección de una buena válvula check es crítico para el correcto funcionamiento del equipo.
- Tuberías y uniones: Se buscarán tuberías de PVC hidráulicas para uso domiciliario. Se seleccionarán en base a la sección de especificaciones (8.3.3); la ficha técnica se dejará en la sección de anexos.

### **8.5.2. Flotadores y jaula [200.300.000]**

La jaula y los flotadores, tendón y músculo del equipo se encuentran en el centro del equipo, cumpliendo la función de mover el pistón interno de la bomba. Se encuentran en contacto directo con el mar, semi-sumergidos debido al peso de la jaula. Debido a su contacto directo con el mar y las olas, se consideran los siguientes puntos clave en la elección de los materiales:

- Flotadores: Los flotadores deben elegirse en base a su disponibilidad en el mercado, resistencia a la abrasión, corrosión, un bajo peso, resistencia a la intemperie y la radiación UV y deben ser reemplazables por lo que deben tener un precio bajo.
- Jaula metálica: Se optó por el uso de acero al carbono, no se usará acero inoxidable por su mayor precio y pocas ventajas en el ambiente marino. Para brindar protección a la jaula, se debe revestir con pintura epóxica con el fin de aumentar su durabilidad.

### 8.5.3. Estructura de soporte [200.400.000]

La estructura de soporte le entrega integridad a la estructura; es el esqueleto sobre el cual se levanta el equipo. La estructura debe estar fija sobre un puente en su parte superior, mientras que abajo se debe anclar al fondo marino. Con esto en mente, los materiales deben ser resistentes, durables e inertes a los diferentes tipos de desgaste generados por el océano:

- Pilares[200.410.000]: Para los pilares se usarán perfiles tubulares de acero, para proteger los perfiles del agua salada se introducirán en tuberías hidráulicas de  $\phi 75[mm]$ . Para fijar las tuberías con los perfiles de acero se unirán con pernos autoperforantes de acero inoxidable; se debe sellar la perforación para evitar el ingreso de agua.
- Parrilla inferior y superior[200.320.000]: Se fabricarán con perfiles cuadrados de 30x30 para fabricar la estructura, y tuberías de acero para permitir el paso de los pilares en el proceso de fabricación.

### 8.5.4. Material de los sellos[200.250.010]:

El material plástico Technyl fue seleccionado para la fabricación de la pieza [200.250.010], ya que cumple con el diámetro requerido y presenta una buena maquinabilidad en torno.

Dado que el costo del material se calcula en función del peso, se contempla la posibilidad de reemplazarlo por un cilindro hueco del mismo material u otro polímero de características similares, en caso de que se presente la oportunidad.

Solicitar al comprar el material que venga cortado por la mitad y, en caso de ser posible, perforado para reducir el tiempo de fabricación.

## 8.6. Desarrollo del diseño

El proceso de diseño fue iterativo. Las piezas del equipo debían tener disponibilidad en el mercado local para reducir costos de transporte, tiempos de espera y reducir los costos asociados al mantenimiento del equipo.

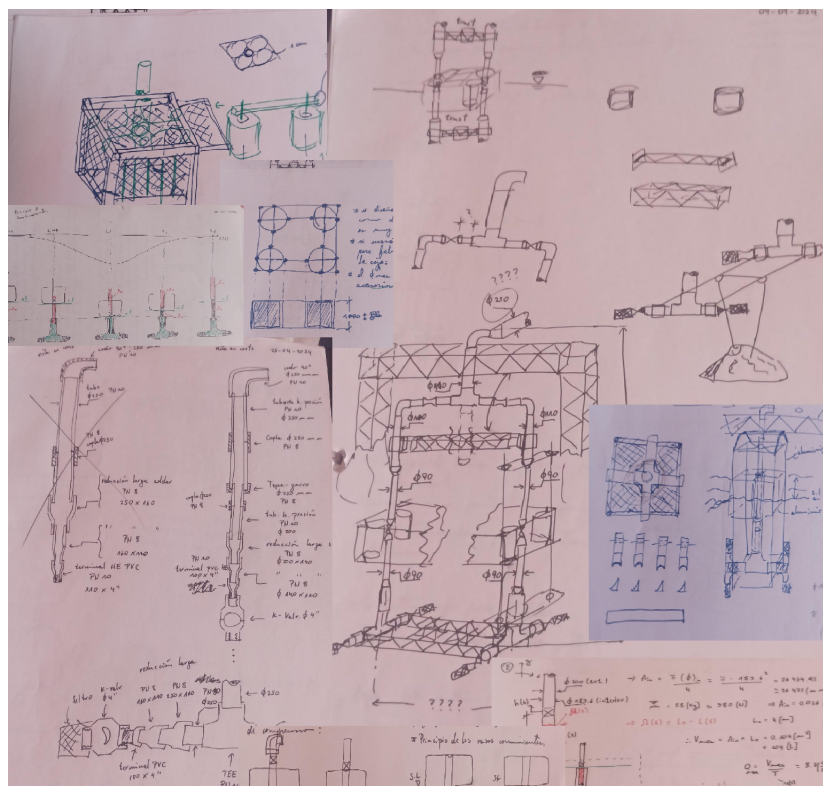


Figura 27: Compilación bosquejos elaborados a mano alzada.

Para aumentar el caudal que puede entregar el equipo se buscó aumentar el diámetro de la tubería central que genera la succión, a la vez que se aumentaba el tamaño de los flotadores, aumentando de esta forma la potencia generada.

Para aumentar el diámetro de la tubería se necesitaba revisar la disponibilidad de accesorios para el diámetro solicitado.

Uno de los primeros problemas fue encontrar un método de unión para las válvulas check, ya que no existen terminales de hilo exterior sobre los 110[mm] por lo que se optó por buscar opciones alternativas.

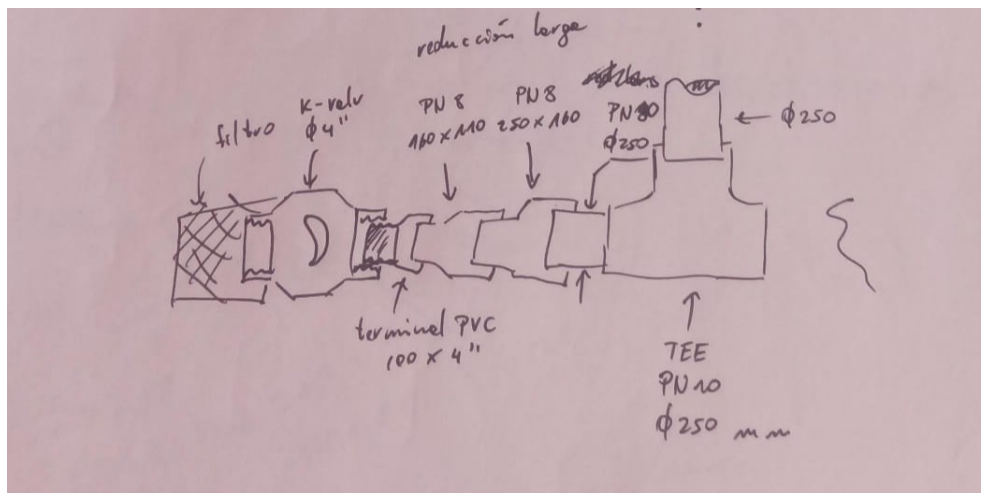


Figura 28: Unión mediante múltiples reducciones.

Se consideró la opción de usar múltiples reducciones, pero la idea fue rápidamente desechada, al igual que la idea de tener bombas en paralelo para mejorar la continuidad del caudal.

La siguiente opción fue el uso de uniones bridadas. Las bridas son ampliamente usadas para entregar soluciones de transporte de fluidos sobre los 110[mm] de diámetro.

Ésta solución requería un método de unión entre la tubería y la brida. Por ésta razón se consultó con el equipo de ventas de COSMOPLAS, quienes recomendaron el uso de bridas plásticas ensamblables.

Igualmente se consultó por la existencia de válvulas Check de materiales plásticos, lo que nos llevó al uso de válvulas HDPE. El distribuidor COSMOPLAS facilitó una ficha técnica con las características de esta válvula, disponible en la sección 11.5.2, de los Anexos.

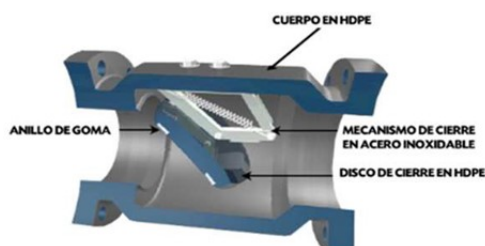


Figura 29: Válvula HDPE.

Con estos elementos críticos seleccionados se pasó al dimensionamiento de la jaula de los flotadores.

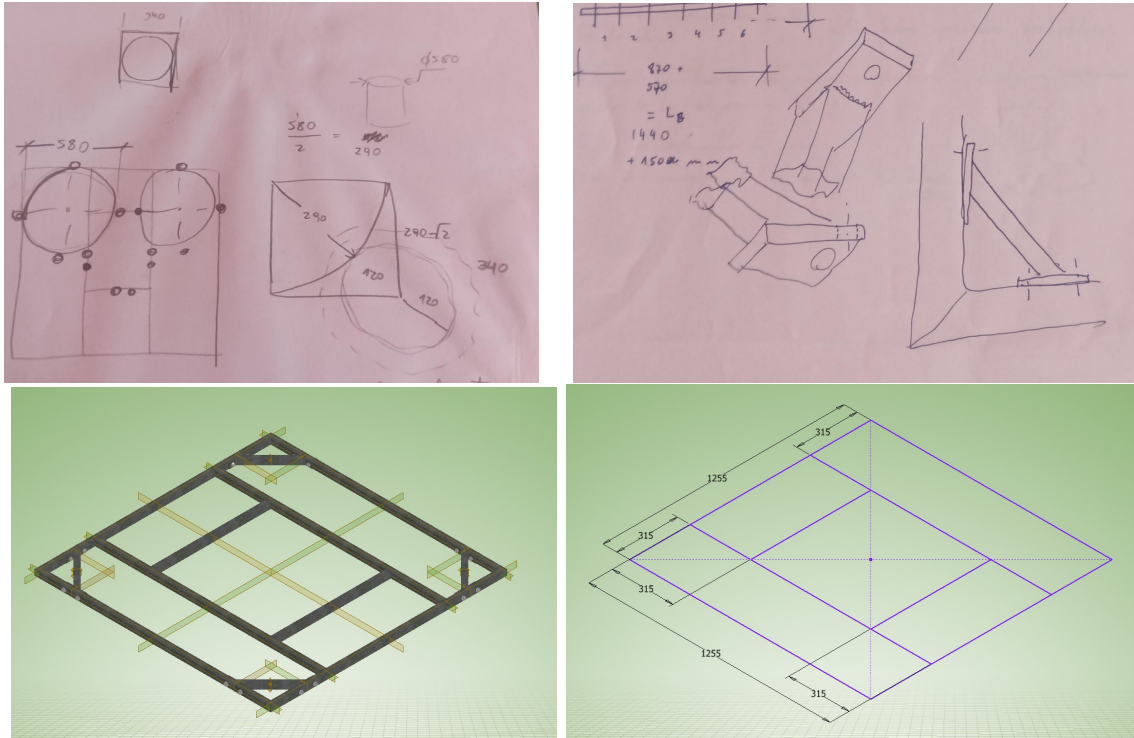


Figura 30: Diseño de la parrilla para la jaula con flotadores.

Se tomó como geometrías restrictivas para el diseño de la jaula los flotadores y las dimensiones de la C.V HDPE.

Los flotadores podrán extraerse por un costado de la jaula mediante barras removibles fijas con pernos y aseguradas con tuercas tipo mariposa.

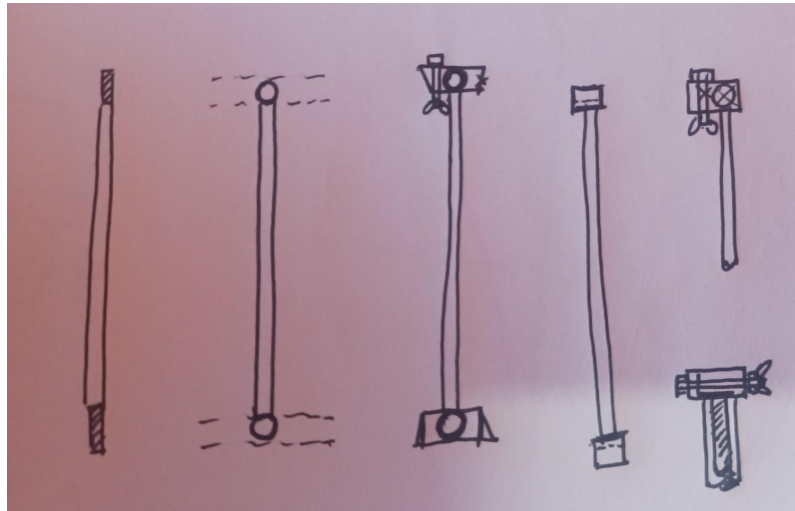


Figura 31: Bosquejos barra mariposa previo modelo CAD.

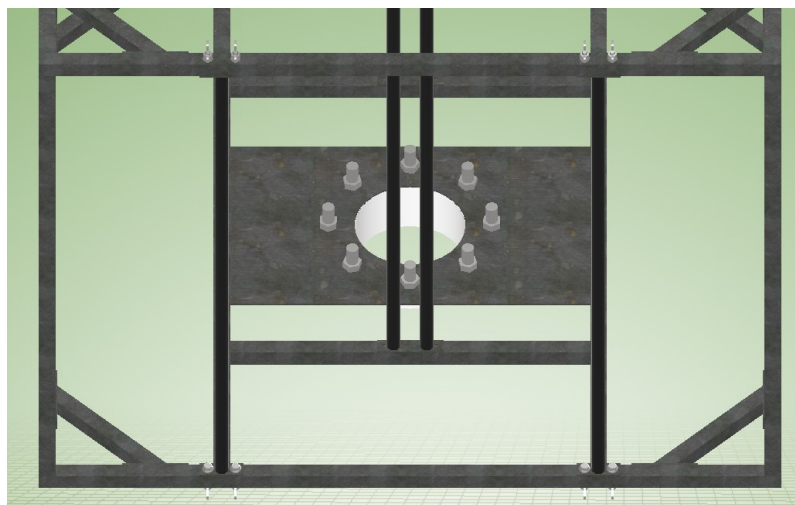


Figura 32: Pieza resultante modelada en CAD.

El siguiente paso fue unir la jaula con los flotadores al pistón central. Para esto se pensó en una placa metálica unida al conjunto de bridas plásticas ensamblables por medio de pernos. A su vez, la placa será soldada a la parrilla.

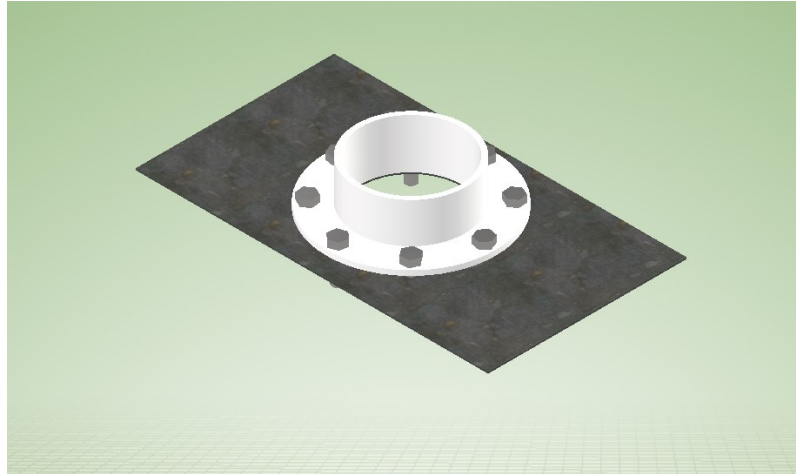


Figura 33: Unión entre caja y émbolo.

La estructura se fabricó en base a las parrillas de la jaula, la altura se hizo coincidir con el largo de la unión de dos tuberías de 75[mm].

Se descartó el uso de un soporte para estabilizar la salida de la tubería, dejando la salida de agua a la altura de la parte superior del puente.

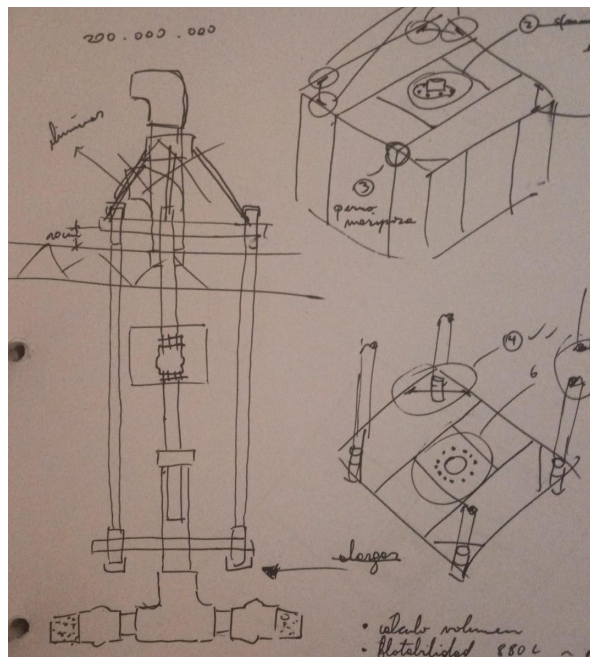


Figura 34: Bosquejo estructura.

A diferencia de la parrilla de la jaula, las parrillas de la estructura cuentan con tuberías de acero de 3" que fijan los pilares de PVC de 75[mm] en su sitio con pernos autoperforantes.

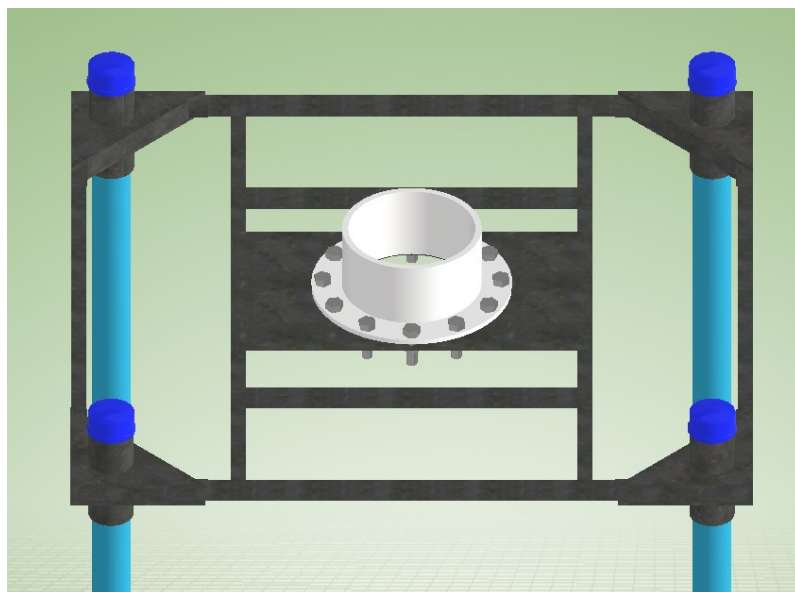


Figura 35: Parrilla superior estructura de soporte.



Figura 36: Render WSDV

## 8.7. Estimación de insumos

### 8.7.1. Elementos de PVC

Revisando los planos del modelo CAD elaborado en inventor se contaron las tuberías, uniones, tapas y válvulas check involucradas en el diseño, entregando los siguientes resultados:

Tabla 2: Estimación materiales de PVC

| ELEMENTO                                | N° |
|-----------------------------------------|----|
| BRIDA O FLANGE 250MM                    | 4  |
| BRIDA O FLANGE 200MM                    | 4  |
| CODO PVC SOLDAR                         | 1  |
| MANGUITO PORTA BRIDA 200MM              | 4  |
| MANGUITO PORTA BRIDA 250MM              | 4  |
| EMPAQUETADURA 200MM                     | 4  |
| EMPAQUETADURA 250MM                     | 4  |
| VÁLVULA RETENCIÓN HDPE C/FLANGE DIN 8"  | 1  |
| VÁLVULA RETENCIÓN HDPE C/FLANGE DIN 10" | 2  |
| CANASTILLO HDPE BRIDA 10"               | 2  |
| TUBO PRESIÓN 200 MM PN 10 x 6 M         | 2  |
| TUBO PRESIÓN 250 MM PN 10 x 6 M         | 2  |
| TUBO PRESION 75 MM PN 10 x 6 M          | 8  |
| TEE PVC SOLDAR 250MM HIDROTEN           | 1  |
| TAPA-GORRO CEMENTAR 250 MM              | 2  |
| TAPA GORRO PVC CEM 75 MM                | 8  |

### 8.7.2. Perfiles metálicos

Los perfiles a usar en el dispositivo se estimaron en base al diseño CAD en Inventor. Se midieron las dimensiones de la jaula de los flotadores y la altura de los pilares:

Tabla 3: Estimación de perfiles metálicos

| ELEMENTO                     | N° |
|------------------------------|----|
| BARRA REDONDA (5/8") 6M      | 2  |
| PERFIL CUADRADO 30x30x2MM 6M | 8  |
| TUBERÍA 3" 6M                | 1  |
| TUBERÍA 2½" 6M               | 1  |
| PLANCHA 3MM 6M               | 1  |

### 8.7.3. Elementos de unión

Los elementos de unión se pueden obtener en el listado de materiales disponibles en los planos que se adjuntan al final del presente documento, lo que se presenta en esta sección es un resumen:

Tabla 4: Estimación de elementos de unión

| ELEMENTO                    | N°  |
|-----------------------------|-----|
| PERNOS+TUERCAS+GOLILLAS M22 | 104 |
| PERNOS+TUERCA+GOLILLAS M10  | 80  |
| TUERCAS MARIPOSA M10        | 16  |

Al seleccionar los elementos de unión se tuvo en consideración el paso(hilo) de los pernos por grupo de compra, en caso de hacer algún cambio en las compras tenerlo en consideración.

### 8.7.4. Listado de herramientas:

Las adquisiciones de herramientas no se considerarán dentro de los costes asociados a la fabricación del equipo, pues se supondrá que se usarán las instalaciones de la universidad para la fabricación del mismo. En caso de solicitarse para la postulación a alguna clase de ayuda del gobierno, se pueden considerar como un activo en uso o un recurso no pecuniario al proyecto. Dicho lo anterior, el listado de herramientas es el siguiente:

1. Juego de dados + chicharra.
2. Sierra para metales.
3. Taladro.
4. Soldadora al arco.
5. Escuadra.
6. Cinta métrica.
7. Nivel.
8. Esmeril angular.
9. Limpiador de alta presión.
10. Máquina granalladora.
11. Máquina para pintar espray.
12. Comparador de carátula.
13. Pie de metro y micrómetro.

### 8.7.5. Perecibles

También se consideró dentro de la cotización la adquisición de los perecibles necesarios para la fabricación del equipo:

- |                                  |               |
|----------------------------------|---------------|
| 1. Lija.                         | 4. Pintura.   |
| 2. Sellador de silicona acética. | 5. Soldadura. |
| 3. Tiza para marcar metal.       |               |

En base al modelo se estimó una longitud de soldadura de unos  $\approx 30[m]$ . Considerando las 2 parrillas superior e inferior de  $\approx 11[m]$  c/u, la jaula que usará unos  $\approx 8[m]$  de cordón de soldadura y la soldadura para unir la sección media de los pilares de  $\approx 1600[mm]$ . Aproximando el resultado, nos entrega unos  $30[m]$  de cordón de soldadura. La masa de soldadura se calcula como sigue:

- |                              |                                            |
|------------------------------|--------------------------------------------|
| 1. Espesor: $S=0.3[cm]$      | 3. Densidad: $G=7.85[\frac{g}{cm^3}][2]$ . |
| 2. Eficiencia: $E=55\%[1]$ . | 4. Cordón de soldadura: $L = 3000[cm]$     |

Suponiendo que el área de la sección de soldadura es un triángulo, tenemos que:

$$A = \frac{S^2}{2}[cm^2] = 0.045[cm^2] \quad (1)$$

Por lo tanto, la masa de soldadura requerida para fabricar los componentes es aproximadamente:

$$\begin{aligned} MS &= A[cm^2] \cdot L[cm] \cdot \frac{G[\frac{g}{cm^3}]}{E[\%]} \\ &\approx 2000[g] \end{aligned} \quad (2)$$

### 8.7.6. Búsqueda y selección de distribuidores

Luego de buscar entre los distribuidores disponibles establecidos en la región, se elaboraron las tablas 10, 11, 12 y 13.

Algunas piezas no se encuentran disponibles con un distribuidor, pero sí con otro. Se deja la información disponible en caso de ser necesaria en el momento de la compra. Se evaluó la selección de un distribuidor en una escala del 1 al 10, siendo 10 excelente y 1 mala opción. Los criterios de selección son en base a disponibilidad, cercanía, precio y servicio al cliente. Tanto la ponderación como las tablas se encuentran disponibles en la sección 11.6 de los Anexos.

En el caso del distribuidor COSMOPLAS se deja el código de producto para el documento web disponible en referencias[11].

Tabla 5: Resultados de evaluación por categoría y distribuidor

| <b>Categoría</b>             | <b>Distribuidor</b> | <b>Puntuación</b> |
|------------------------------|---------------------|-------------------|
| Perfiles metálicos           | OTERO               | 5,5               |
| Perfiles metálicos           | PERFIMET            | 5,7               |
| Perfiles metálicos           | KUPFER              | 8,3               |
| Elementos de unión           | PERNOSTOCK          | 5,8               |
| Elementos de unión           | PERNOVAL            | 6,1               |
| Elementos de unión           | SODIMAC             | 6,3               |
| Elementos de unión           | PERNOPOLIS          | 6,9               |
| Tuberías y accesorios de PVC | HIDROSHOP           | 7,4               |
| Tuberías y accesorios de PVC | COSMOPLAS           | 9,2               |

## 8.8. Cálculos y simulaciones realizadas

### 8.8.1. Modelo flotador único

El objetivo de esta sección es determinar una forma de comparar los prototipos WSDIV y WSDV. Para esto necesitamos una forma de describir el caudal y la potencia generada por los equipos:

Primero debemos ver si los flotadores elegidos permiten generar la potencia necesaria para mover el agua a la altura requerida, para eso describiremos la potencia en función de parámetros medibles/conocidos:

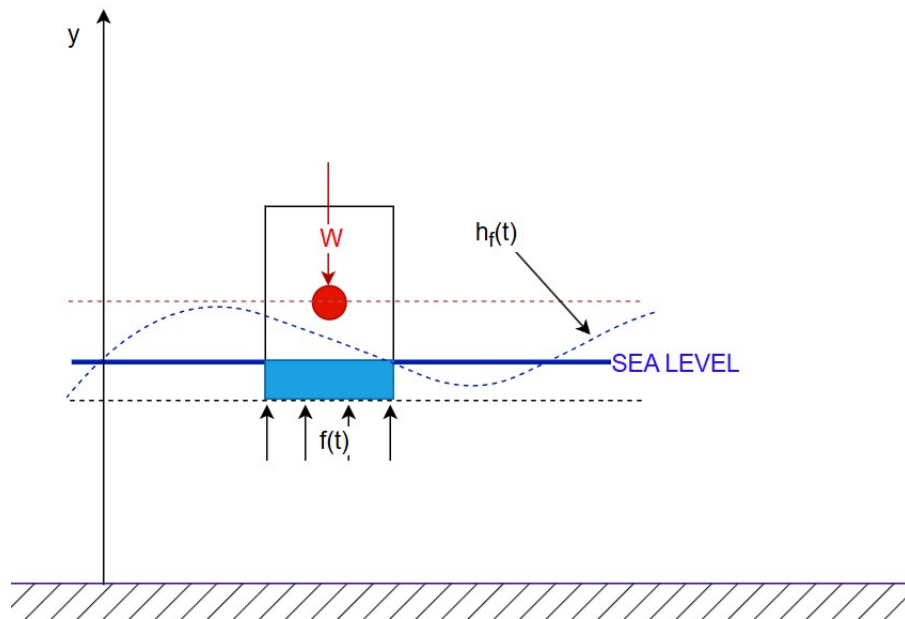


Figura 37: Modelo flotador con fuerzas aplicadas.

Para ésto se verá cuál es la influencia de la función de olas  $h_f(t) = B \cdot \sin(w \cdot t) + \tilde{h}_f$  sobre un flotador y luego se usarán esos resultados del análisis para nuestro caso de estudio.

La potencia necesaria para poder levantar una columna de agua de altura  $O$  viene dada por:

$$\{Potencia\} = P(t) = \gamma_{H_2O} \cdot g \cdot \dot{Q}(t) \cdot O(t) \left[ \frac{J}{s} \right] \quad (3)$$

Donde  $O[m]$  es la altura que se desplaza el émbolo,  $\dot{Q}[\frac{m^3}{s}]$  es el caudal en función del tiempo,  $\rho_{H_2O}[\frac{kg}{m^3}]$  la densidad del agua de mar y  $g[\frac{m}{s^2}]$  la constante de gravedad.

También es posible describir la potencia en función de la velocidad del émbolo como:

$$P(t) = F(t) \cdot v(t) \quad (4)$$

Por el momento desconocemos expresiones para las variables dependientes del tiempo de las expresiones anteriores. Para encontrar estas expresiones empezaré analizando un caso simple de un flotador sobre el agua:

Por equilibrio de fuerzas en el eje "y" tenemos que:

$$(+)\uparrow \sum F_y : f(t) - m \cdot g = m \cdot \ddot{y} \quad (5)$$

Como la fuerza generada por el mar depende del fluido desplazado, tenemos que:

$$f(t) = \gamma_{H_2O} \cdot A_f \cdot h(t) \quad (6)$$

Donde  $h(t)$  es la sección sumergida del flotador, y  $A_f$  es el área de la base de los flotadores.

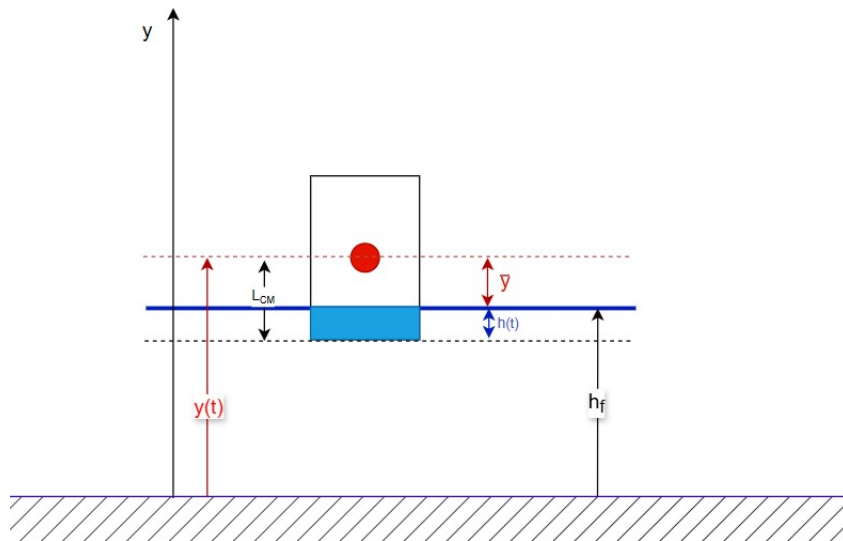


Figura 38: Definición alturas involucradas

Adicionalmente en el equilibrio tenemos que:

$$(+)\uparrow \sum F_y : f(t) - m \cdot g = 0 \quad (7)$$

Lo que nos entrega la altura a la cual se sumerge el flotador debido a su propio peso ( $h_0$ ):

$$h_0 = \frac{m \cdot g}{A_t \cdot \gamma_{H_2O}} \quad (8)$$

Donde  $y_g$  es la altura desde la base al centro de masa del flotador,  $h_f$  es la altura de las olas,  $L_{CM}$  es la altura desde la base del flotador al centro de masa y  $\bar{y}$  es la altura desde el centro de masa a la superficie del agua:

$$\bar{y} = y_g(t) - h_f(t) \quad \bar{y} + h(t) = L_{CM} \quad (9)$$

Con lo que obtenemos la siguiente expresión para representar la altura sumergida del flotador:

$$h(t) = L_{CM} + h_f(t) - y_g(t) \quad (10)$$

Utilizando este resultado podemos obtener la ecuación diferencial (5) que describe el movimiento del centro de masa del flotador:

$$\gamma \cdot A_f \cdot h(t) - m \cdot g = m \cdot \ddot{y} \quad \text{con } \dot{y} = 0; \quad y = y_0 \quad (11)$$

Usando la expresión despejada en (10) para  $h(t)$  obtenemos la siguiente expresión diferencial:

$$\ddot{y}(t) + y(t) \left( \frac{\gamma \cdot A_f}{m} \right) = \left( \frac{\gamma \cdot A_f}{m} \right) (L_{CM} + h_f(t)) - g \quad (12)$$

### 8.8.2. Modelo WSD

Para el modelo completo del equipo WSD es necesario considerar la influencia de la fuerza de roce entre las tuberías del pistón interior y la camisa superior(C) e inferior(D). Se considera el peso de la válvula check, flotadores, tuberías y tablas que se sostienen sobre los flotadores. No se considera la influencia de la viscosidad y el análisis se restringe al eje "y". Bajo las anteriores suposiciones, el modelo queda como sigue:

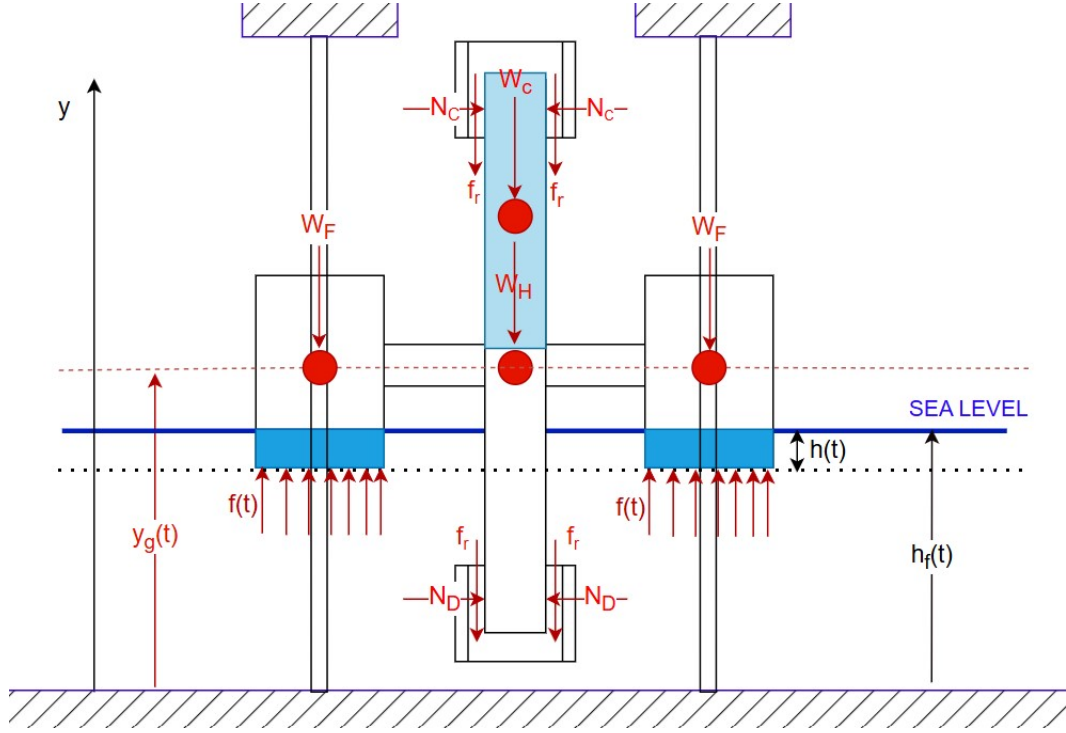


Figura 39: Modelo WSDIV con fuerzas aplicadas.

Con éste modelo en mente y realizando sumatoria de fuerzas en el eje "y" tenemos que:

$$\begin{aligned}
 (+) \uparrow \sum F_y : 2 \cdot W_F - (2 \cdot M_F + M_H) \cdot g \\
 - \gamma \cdot A_t \cdot H - f_f = (2 \cdot M_F + M_H) \cdot \ddot{y}
 \end{aligned} \quad (13)$$

Las fuerzas generadas por el mar sobre ambos flotadores se consideran dentro del término  $W_F = \gamma \cdot A_b \cdot h(t)$ , el peso del émbolo y los flotadores se considera dentro de  $(2 \cdot M_F + M_H) \cdot g$ . El término  $W_c = \gamma \cdot A_t \cdot H$  representa el peso generado por la columna de agua dentro de la tubería hasta la válvula check en la salida de la bomba por la parte superior. Las fuerzas de roce están consideradas dentro del término  $f_f = \sum N \cdot \mu_c$ .

Al dividir la expresión anterior por  $(2 \cdot \gamma \cdot A_b)$ :

$$h(t) - \underbrace{\frac{(2 \cdot M_b + M_H)}{2 \cdot \gamma \cdot A_b} \cdot g}_{\tilde{H}} - \underbrace{\frac{1}{2} \frac{A_t}{A_b} \cdot H}_{H_G} - \underbrace{\frac{f_f}{2 \cdot \gamma \cdot A_b}}_{H_f} = \underbrace{\frac{(2 \cdot M_b + M_H)}{2 \cdot \gamma \cdot A_b}}_{\tau^2} \cdot \ddot{y} \quad (14)$$

Utilizando la expresión  $h(t) = L_{CM} + h_f(t) - y(t)$  deducida en (10) y encapsulando términos para simplificar el trabajo algebraico:

$$h_f(t) - y(t) + \underbrace{L_{CM} - \tilde{H} - H_g - H_f}_{H_{eff}} = \tau^2 \cdot \ddot{y} \quad (15)$$

Como se explicó en la sección anterior  $h_f(t) = B \cdot \sin(w_f \cdot t) + \tilde{h}_f$  representa el comportamiento del mar. Finalmente, reordenando, obtenemos la siguiente ecuación diferencial:

$$\ddot{y}(t) + \frac{1}{\tau^2} \cdot y(t) = \frac{1}{\tau^2} (H_{eff} + \tilde{h}_f + B \cdot \sin(w_f \cdot t)) \quad (16)$$

Es esta ecuación final la que se resolverá para el equipo WSDIV y WSDV con las modificaciones correspondientes usando el software MATLAB. Se adjuntan en la sección 11.5 el código utilizado y en la sección 8.9.1 los datos ingresados en la simulación.

## 8.9. Cálculo de eficiencia

Primero se nombrarán algunas características de los equipos de desplazamiento positivo:

- Las bombas de desplazamiento positivo a diferencia de las bombas centrífugas no desarrollan presión directamente, sino que generan un flujo de fluido, la presión es en cambio generada por la oposición al flujo.
- Pueden trabajar en un amplio rango de velocidades. Su rendimiento no depende de la presión en la descarga, por lo que continúan entregando flujo independientemente del sistema, pudiendo causar fallas mecánicas si la presión supera los límites de diseño. Por ello, es esencial instalar dispositivos de alivio de presión en el sistema.
- El número de pistones de sistemas de bombeo de desplazamiento positivo tiene influencia sobre que tan continua es la entrega de caudal, por ésta razón éstos equipos suelen tener más de un pistón.

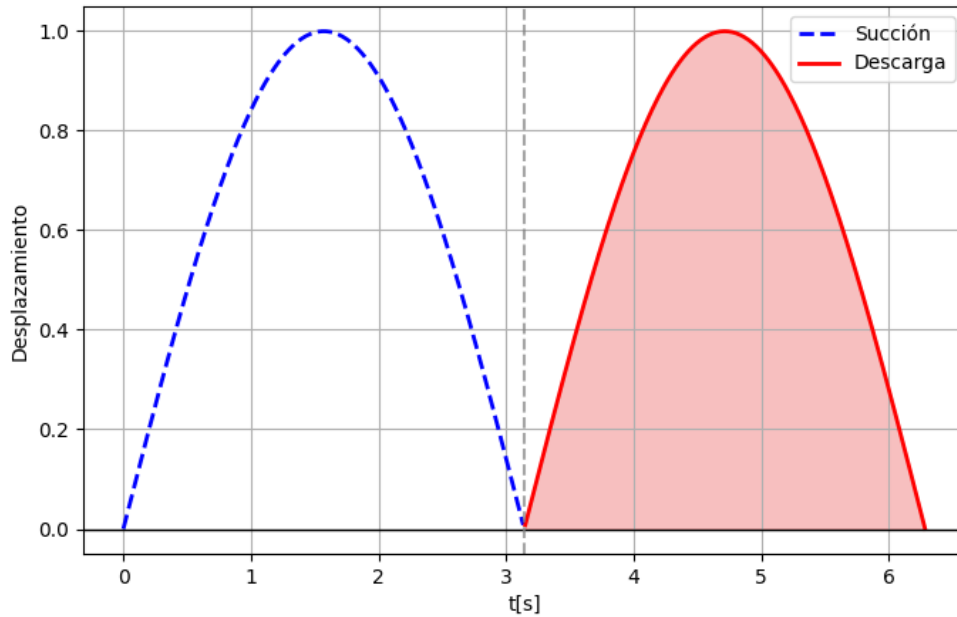


Figura 40: Ciclo de bombeo pistón único.

- Las bombas de desplazamiento positivo son autocebantes lo que quiere decir que no necesitan tener agua en su interior para comenzar a bombear fluido.

La eficiencia real de equipos de desplazamiento positivo se calcula como resultado de las siguientes variables:

- Eficiencia volumétrica,  $\eta_v$ :

La eficiencia volumétrica es la razón entre el fluido descargado ( $Q$ ) y el fluido bombeado por el equipo ( $Q_T$ ) más pérdidas por fugas internas ( $Q_L$ ) o externas en el equipo.

$$\eta_v = \frac{Q_T - Q_L}{Q_T} = 1 - \frac{Q_L}{Q_T} \quad (17)$$

- Eficiencia mecánica,  $\eta_m$ :

Considera pérdidas mecánicas a causa del roce. Para el caso en estudio, suponiendo un desplazamiento  $\delta$  se obtiene que:

$$\eta_m = \frac{\delta \cdot (F - F_r)}{\delta \cdot F} = \frac{F - F_r}{F} \quad (18)$$

- Eficiencia hidráulica,  $\eta_h$ :

Se relaciona con las pérdidas de presión en los conductos internos de la bomba,

debido a que la presión generada dentro de la cámara de bombeo,  $P_c$ , es mayor que la presión de salida  $P$ .

$$\eta_H = \frac{Q \cdot P}{Q \cdot P_c} = \frac{P}{P_c} \quad (19)$$

Esta eficiencia es despreciable si la bomba funciona a menos de 50[rev/s], y una velocidad media del aceite menor a 5[m/s].

Siendo la eficiencia real resultado de la multiplicación de éstas tres eficiencias:

$$\eta_T = \eta_v \cdot \eta_m \cdot \eta_h \quad (20)$$

Para un estudio más detallado, véase Pump Handbook [17], sección 3.1.

Para ambos equipos, la eficiencia mecánica se calculará como sigue:

$$\eta_M = \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad (21)$$

Donde la potencia de entrada disponible será la potencia promedio en un intervalo igual para ambas bombas y la potencia de salida aprovechable será la potencia necesaria para levantar una columna de agua " $w_n$ " (sección 8.1).

$$P_{out} = \rho \underbrace{\left[ \frac{kg}{m^3} \right] \cdot A_t[m^2] \cdot \delta_{min}[m] \cdot a_{prom} \left[ \frac{m}{s^2} \right]}_{F[N]} \cdot v_{prom} \left[ \frac{m}{s} \right] \quad P_{in} = P_{prom}[W] \quad (22)$$

### 8.9.1. Resultados de las simulaciones y análisis

A continuación se mostrarán los resultados obtenidos usando lo obtenido en la sección 8.8.2. Los datos que se usaron dentro de la ecuación se listan en las tablas 6 y 7. La mayoría son datos extraídos del modelo CAD, exceptuando el periodo que se obtuvo del informe marino[24],  $h_f$  que fue medido in situ,  $\gamma$  y  $\mu_c$  que se extrajo de Internet.

Tabla 6: Tabla de datos WSD-IV

| Etiqueta                | Variable | Valor                        |
|-------------------------|----------|------------------------------|
| Masa bolla              | $M_b$    | 19 [kg]                      |
| Masa émbolo             | $M_h$    | 55 [kg]                      |
| Área sección bolla      | $A_b$    | 0.24 [m <sup>2</sup> ]       |
| Área sección tubería    | $A_t$    | 0.0056 [m <sup>2</sup> ]     |
| Alt. col. de agua       | $H$      | 6 [m]                        |
| Altura C.M flotador     | $L_{CM}$ | 0.5 [m]                      |
| Coef. fricción cinético | $\mu_c$  | 0.3 [-]                      |
| Peso específico         | $\gamma$ | 10163.16 [ $\frac{N}{m^3}$ ] |
| Alt. prom. olas         | $h_f$    | 3 [m]                        |
| Amplitud olas           | $B$      | 1.35 [m]                     |
| Periodo de las olas     | $T$      | 11.37 [s]                    |

Tabla 7: Tabla de datos WSD-V

| Variable | Valor                        |
|----------|------------------------------|
| $M_b$    | 19 [kg]                      |
| $M_h$    | 156 [kg]                     |
| $A_b$    | 0.24 [m <sup>2</sup> ]       |
| $A_t$    | 0.026 [m <sup>2</sup> ]      |
| $H$      | 7.8 [m]                      |
| $L_{CM}$ | 0.5 [m]                      |
| $\mu_c$  | 0.3 [-]                      |
| $\gamma$ | 10163.16 [ $\frac{N}{m^3}$ ] |
| $h_f$    | 8 [m]                        |
| $B$      | 3 [m]                        |
| $T$      | 12.37 [s]                    |

En base a estos datos se fabricaron los siguientes gráficos que se encuentran disponibles en las siguientes páginas.

Debido a la definición de la potencia en la ecuación 4 solo se consideró la potencia generada por el equipo para levantar el émbolo a causa del mar, no la generada al bajar bajo la acción de la gravedad.

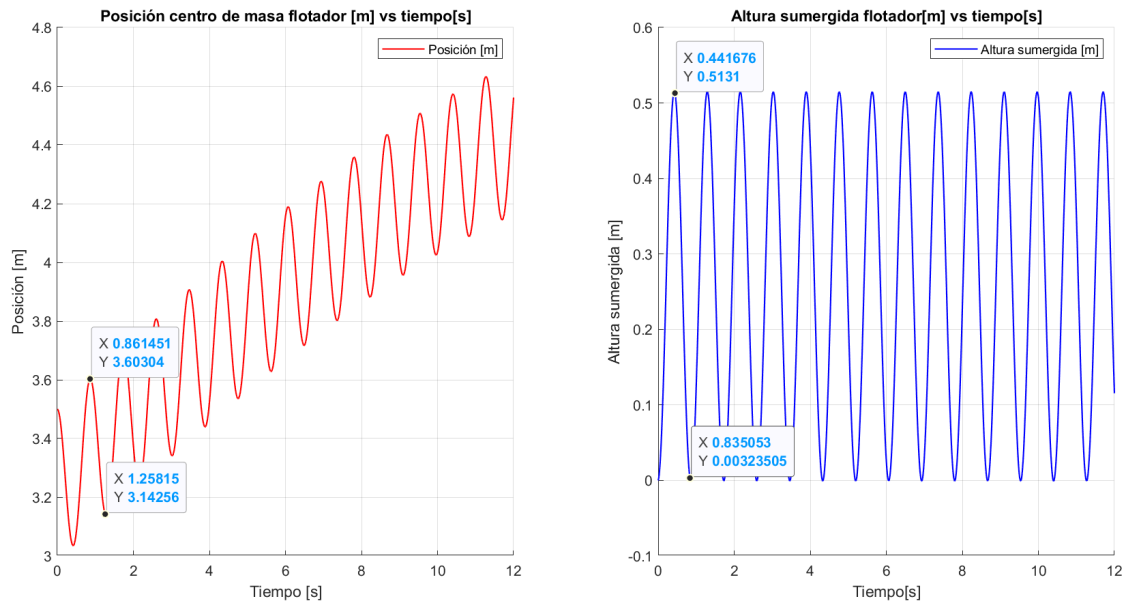


Figura 41: WSDIV: Comportamiento del centro de masa y la sección sumergida.

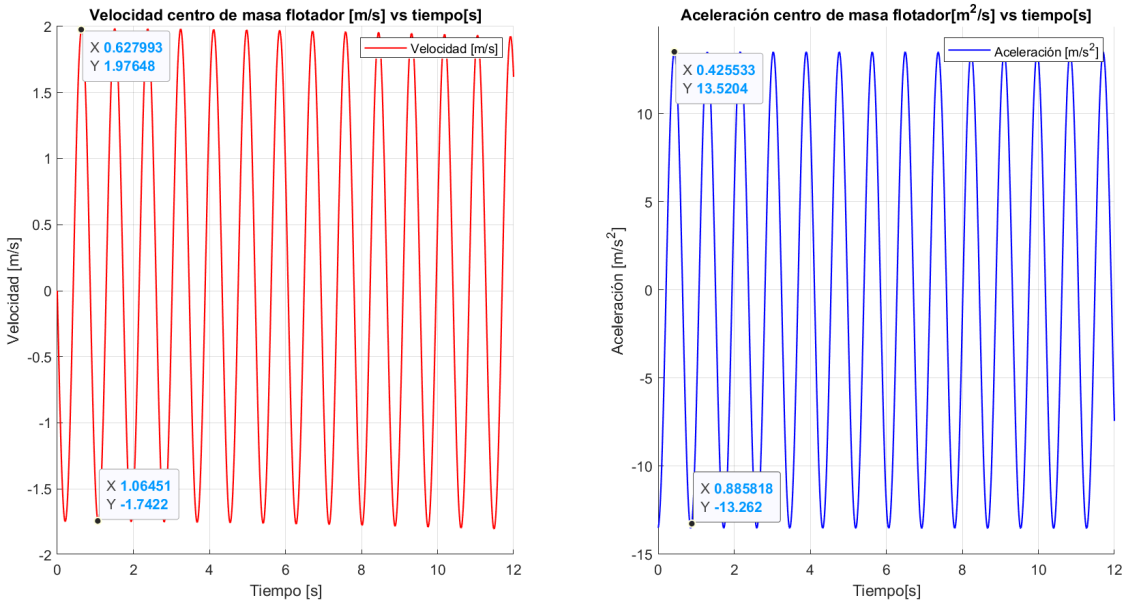


Figura 42: WSDIV: Velocidad y aceleración del centro de masa.

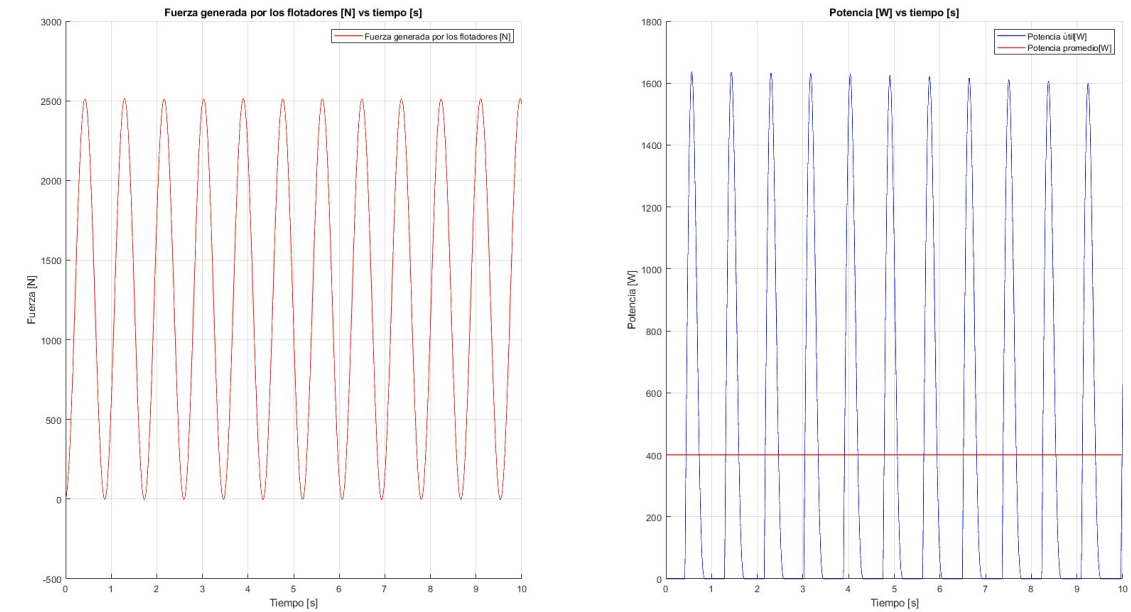


Figura 43: WSDIV: Fuerza sobre los flotadores y potencia generada por los flotadores.

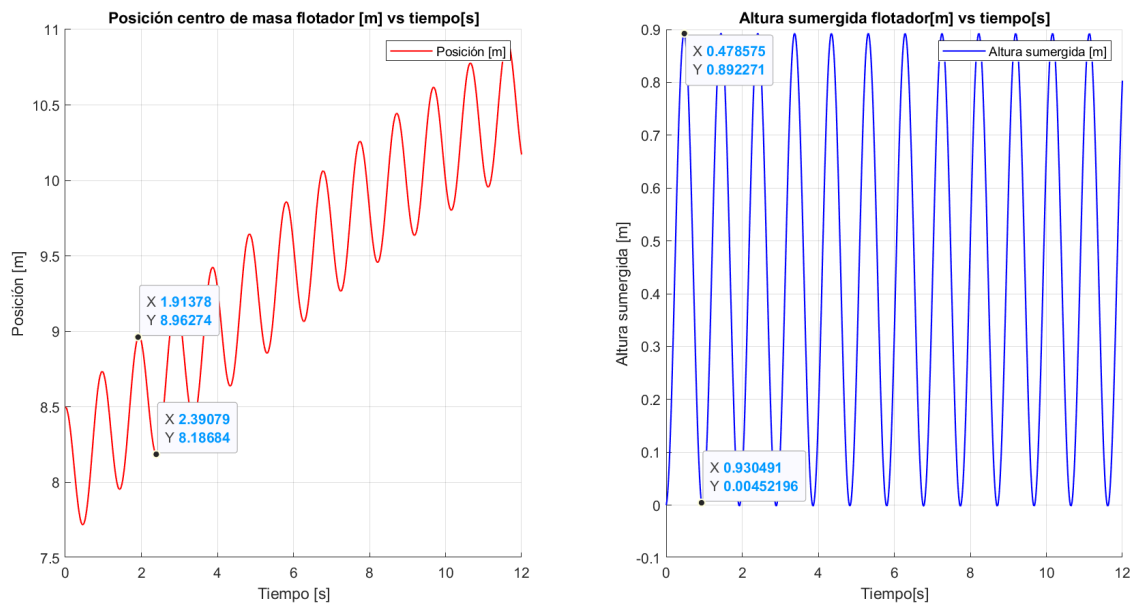


Figura 44: WSDV: Comportamiento del centro de masa y la sección sumergida.

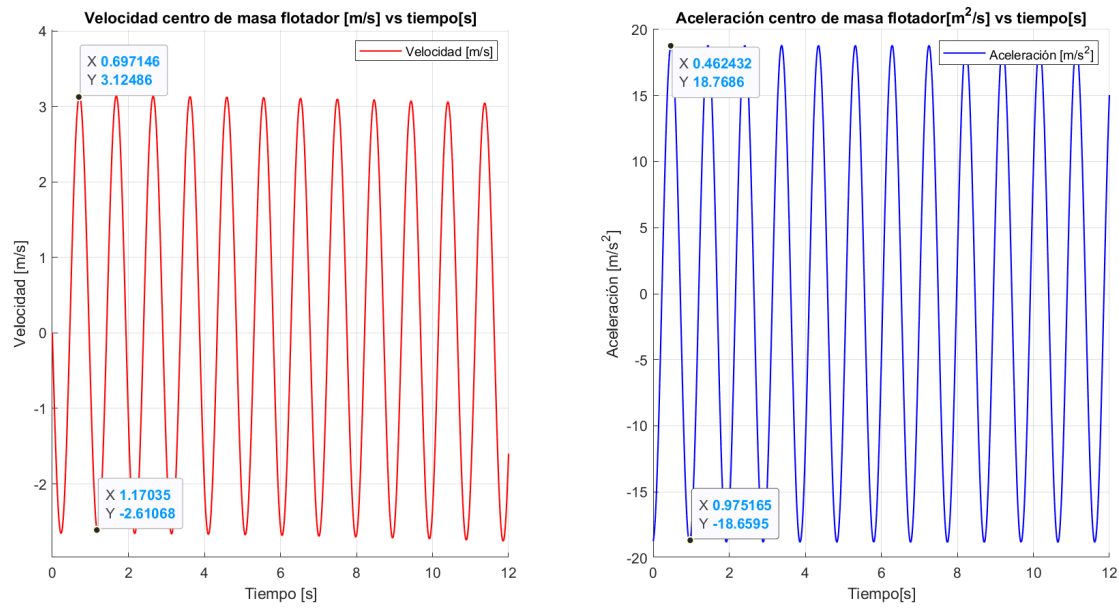


Figura 45: WSDV: Velocidad y aceleración del centro de masa.

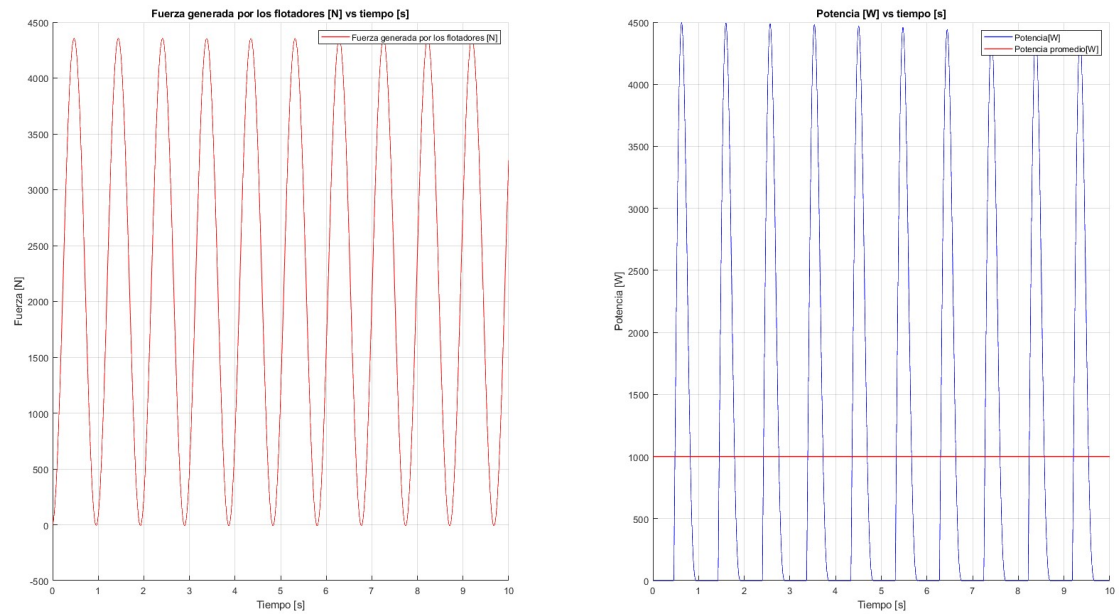


Figura 46: WSDV: Fuerza sobre los flotadores y potencia generada por los flotadores.

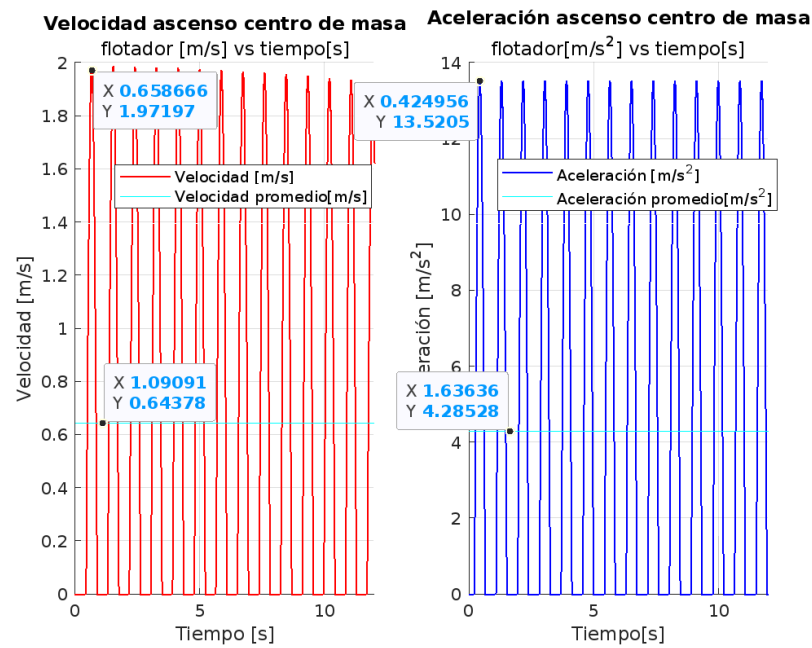


Figura 47: Velocidad y aceleración promedio en el ascenso del centro de masa WSDIV.

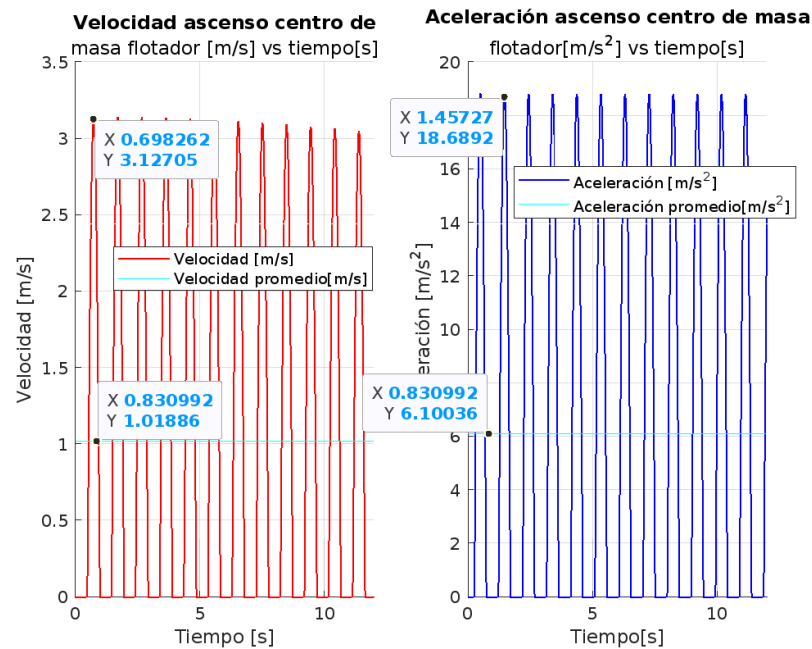


Figura 48: Velocidad y aceleración promedio en el ascenso del centro de masa WSDV.

## 8.10. Cálculos en base a los datos entregados por los gráficos:

Desde las figuras 47 y 49 se obtuvo tanto la aceleración como la velocidad promedio; desde las figuras 41 y 44 el desplazamiento por ciclo de bombeo para el cálculo de caudal.

Con los datos obtenidos en las gráficas se fabricó el siguiente cuadro resumen de ambas bombas:

Tabla 8: Datos extraídos de los gráficos elaborados

| Variable       | WSD4                  | WSD5                  |
|----------------|-----------------------|-----------------------|
| $V_{max}$      | $1.97[\frac{m}{s}]$   | $3.12[\frac{m}{s}]$   |
| $V_{prom}$     | $0.64[\frac{m}{s}]$   | $1.01[\frac{m}{s}]$   |
| $a_{max}$      | $13.5[\frac{m}{s^2}]$ | $18.8[\frac{m}{s^2}]$ |
| $a_{prom}$     | $4.29[\frac{m}{s^2}]$ | $6.1[\frac{m}{s^2}]$  |
| $h_{max}$      | $0.51[m]$             | $0.9[m]$              |
| $F_{max}$      | $2500[N]$             | $4350[N]$             |
| $P_{prom}$     | $400[W]$              | $1000[W]$             |
| $P_{max}$      | $1640[W]$             | $4500[W]$             |
| $\delta_{min}$ | $0.46[m]$             | $0.78[m]$             |

### 8.10.1. Cálculo del caudal:

El caudal se calculará como sigue para ambos equipos:

$$Q = \delta_{min} \cdot A_t \cdot v_{prom} \quad (23)$$

Esto nos entrega un caudal por equipo de:

$$Q_{WSD4} = 1.65 \left[ \frac{L}{s} \right] \quad Q_{WSD5} = 20.5 \left[ \frac{L}{s} \right] \quad (24)$$

Por lo tanto, debido a los cambios realizados, se espera que el nuevo modelo entregue 12 veces más caudal que el modelo previo.

### 8.10.2. Cálculo de eficiencia:

La **eficiencia volumétrica** previamente mencionada en la sección 8.9 se puede estimar usando el siguiente gráfico:

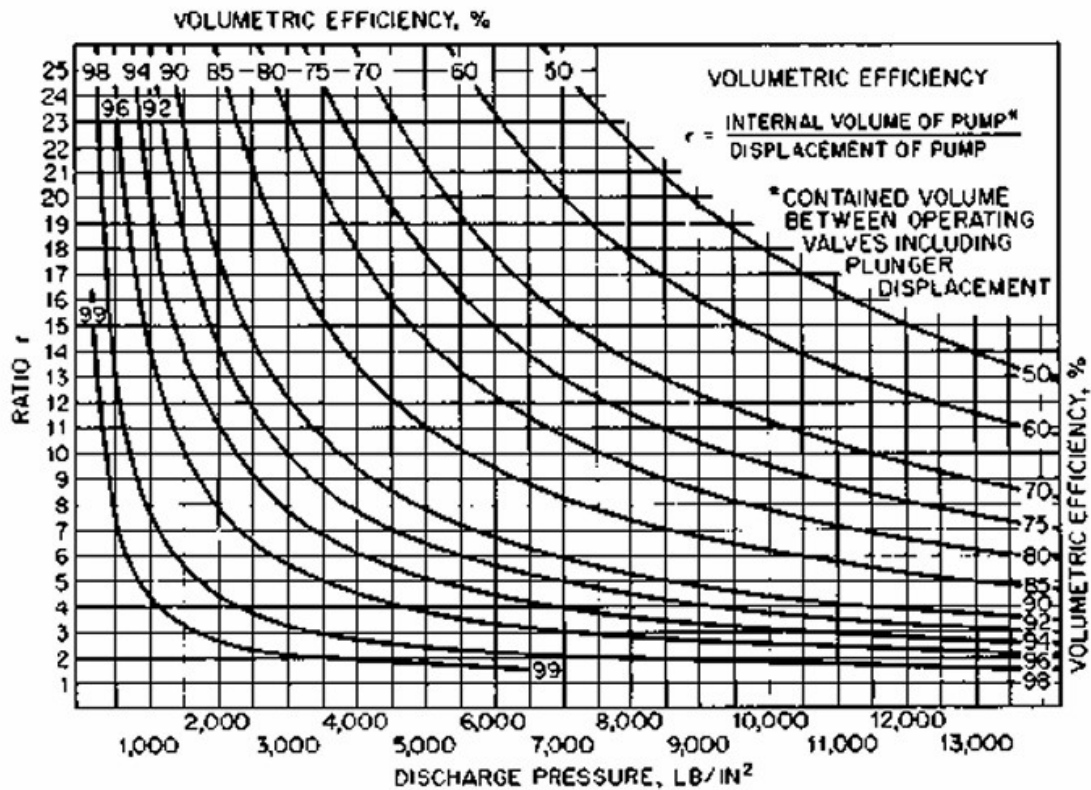


Figura 49: Gráfico cálculo eficiencia volumétrica[17].

Dado que el equipo fue diseñado para operar a presión atmosférica, el cálculo del radio no afecta la eficiencia volumétrica, la cual se mantiene en un 100% independiente del valor resultante.

Por otro lado, la **eficiencia hidráulica** como se mencionó previamente, es 100% para equipos que funcionen a menos de  $50 \left[ \frac{rev}{s} \right]$ [17].

**Cálculo de la eficiencia mecánica:**

Todos los valores promedio se obtuvieron integrando las funciones resultantes en un periodo  $T=10[s]$ . Para una variable cualquiera  $x(t)$  tenemos que:

$$x_{prom} = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) dt \quad ej : v_{prom} = \frac{1}{T} \int_0^T v(t) dt \quad (25)$$

El área bajo la curva de las diferentes funciones resultantes se calculó en MATLAB usando la función  $\text{quad}(x(t), 0, T)$ . Los cálculos sobre 10 segundos tomaron su tiempo y los valores no variaban de lo entregado en la tabla 8.

Considerando  $\rho = 1036 \left[ \frac{kg}{m^3} \right]$  es posible calcular las eficiencias teóricas de ambos equipos.

Basándonos en las ecuaciones 21 y 22 obtenemos que la eficiencia mecánica esperada para el equipo WSDIV es:

$$\eta_{WSD4} = \frac{7.327[W]}{400[W]} \approx 2 \% \quad (26)$$

De manera similar, la eficiencia teórica del equipo WSDV es:

$$\eta_{WSD5} = \frac{129.44[W]}{1000[W]} \approx 13 \% \quad (27)$$

## 9. Resultados

### 9.1. Render del diseño



Figura 50: Render WSDV, en su punto de instalación.

### 9.2. Ubicación WSDV

El equipo se ubicará en las dependencias de "Marine farms S.A.", una granja marina que exporta mariscos y crustáceos a China. Desde el inicio, esta empresa ha apoyado el proyecto como parte de su compromiso con la protección del medio ambiente.

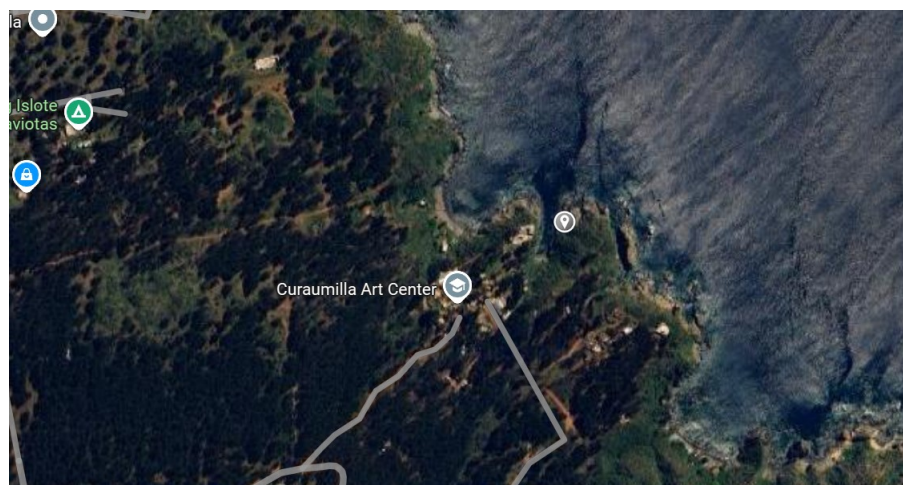


Figura 51: Ubicación geográfica para instalación WSDIV (-33.093760, -71.720597)[3]

### 9.3. Fabricación:

La fabricación se abordará por etapas y subconjuntos. Los planos se encuentran en la sección 11.5.2, de los Anexos.

Las tolerancias se encuentran estipuladas dentro de la norma DIN 2768 y se supondrá que todas las piezas han sido dimensionadas correctamente para la fabricación de c/u de los subconjuntos. Por lo tanto, para cada pieza se ha:

- Cortado los perfiles a dimensiones estipuladas por planos.
- Hecho limpieza de asperezas y rebabas.
- Verificado la alineación de la piezas con una escuadra.

Con esto en claro, se procede a la etapa de trabajo en el taller.

#### 9.3.1. Primera etapa: Trabajo en el taller.

1. Fabricación subconjunto Parrilla base [200.310.000]x4:  
Se necesitan 4 de estos elementos: 2 para la jaula y 2 para la estructura de soporte. Pueden ser fabricados dentro del taller antes de su ensamblaje definitivo.
  - a) Fijar los perfiles con puntos de soldadura.
  - b) Soldar a discreción, evitando deformaciones por temperatura.

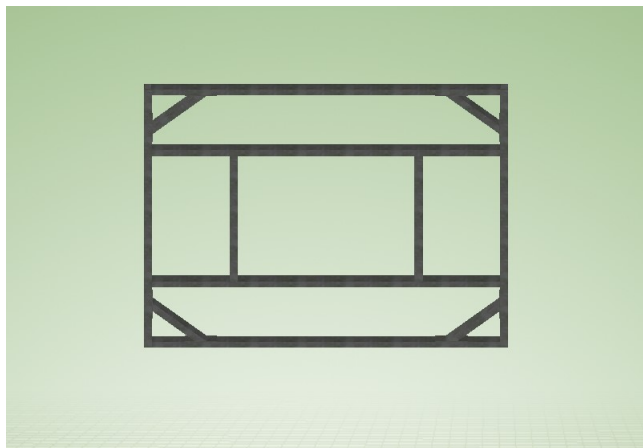


Figura 52: Imagen referencial, conjunto [200.310.000].

2. Adicionalmente, previo a pintar, se debe ensamblar el conjunto [200.320.000] que son las parrillas de la estructura de soporte:
  - El conjunto se fabricará en base al conjunto [200.310.000].

- Dos de las parrillas resultantes se debe soldar las esquinas por donde pasarán los pilares de la estructura, compuestas por las piezas [200.320.010] y [200.320.020].
  - La soldadura en éstos subconjuntos debe ser sobre todo el perímetro de la unión para evitar que el agua entre a zonas sin protección de pintura.
3. Fabricación subconjunto puerta flotadores [200.100.000] con tuerca mariposa y subconjunto [200.110.000] separadores de los flotadores:
- a) Una vez dimensionados los perfiles, soldar las piezas.
  - b) El conjunto [200.100.000], requiere perforaciones previas.



Figura 53: Imagen referencial, conjunto [200.100.000].

- c) El conjunto [200.110.000] es soldado, no requiere perforaciones.

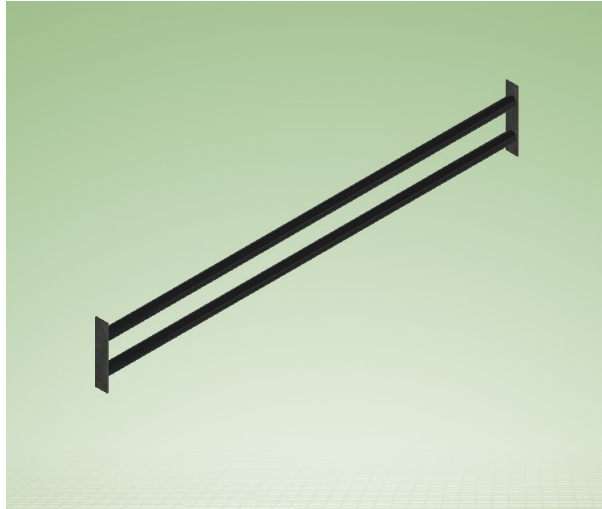


Figura 54: Imagen referencial, conjunto [200.110.000].

4. Ensamblaje de C.V. y uniones:

- a) C.V 200MM Émbolo [200.200.200], y conjunto C.V 250MM + canastillo [200.200.250]x2:
  - 1) Pegar con Vinilit el Manguito porta brida con la pieza Brida o flange.
  - 2) Alinear adecuadamente las bridas e insertar los sellos antes de apretar los pernos.
  - 3) Al ser bridas plásticas se debe tener cuidado con la fuerza de apriete para no dañarlas. Seguir procedimiento sección 11.2.

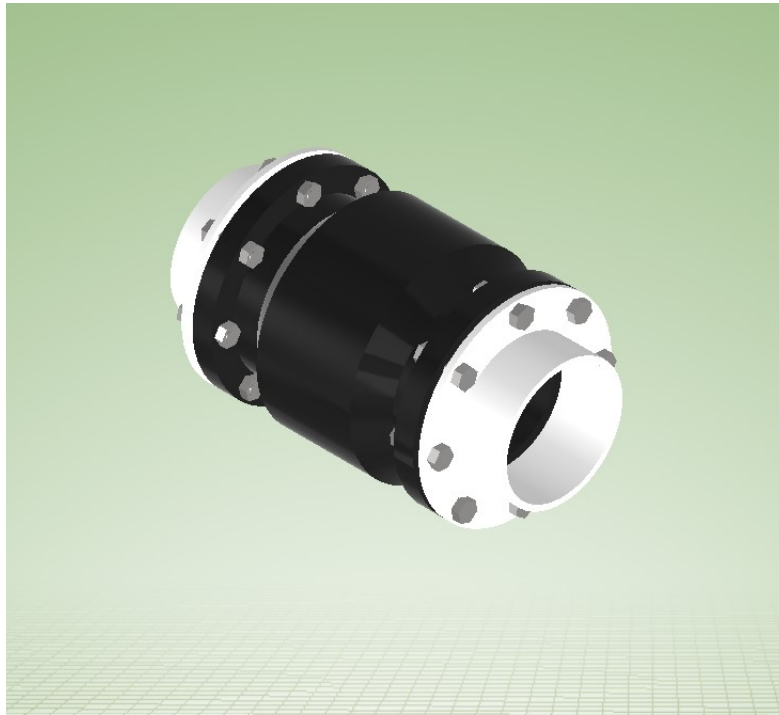


Figura 55: Imagen referencial, conjunto [200.200.200].

5. Unión caja y émbolo [200.350.000], y unión soporte y bomba [200.340.000]:
- a) Pegar con Vinilit el Manguito porta brida con la pieza Brida o flange.
  - b) Dimensionar la plancha metálica en base a planos. El número de perforaciones para pernos varia en cada subconjunto.
  - c) Alinear adecuadamente las bridas e insertar los sellos antes de apretar los pernos.
  - d) Al ser bridas plásticas se debe tener cuidado con la fuerza de apriete para evitar dañarlas. Seguir procedimiento sección 11.2, para el apriete de pernos.
  - e) **Importante:** El ensamblaje final de los elementos de PVC se debe hacer luego de que las piezas metálicas sean tratadas con pintura.

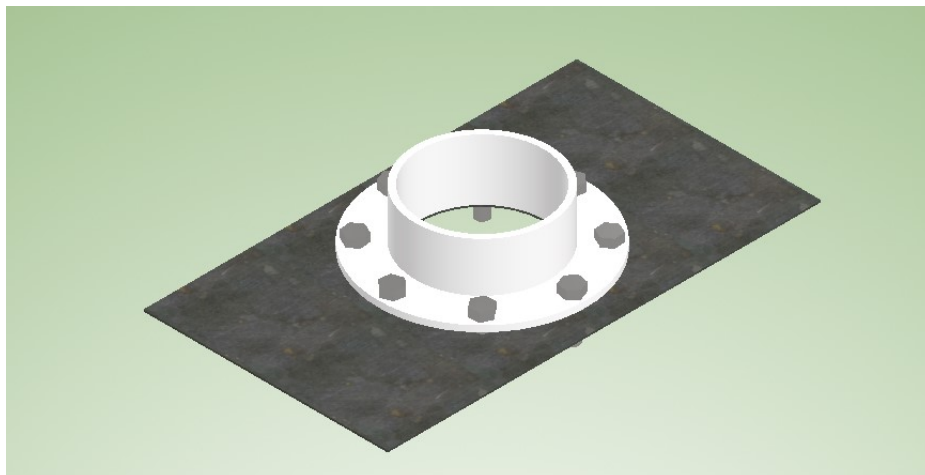


Figura 56: Imagen referencial, conjunto [200.350.000].

6. Fabricación jaula [200.300.000]:

El subconjunto [200.300.000] se debe pintar en un ambiente controlado, por lo tanto, es necesario que este trabajo se haga en el taller:

- a) Se usarán los subconjuntos [200.310.000]x2, [200.350.000]x2, [200.100.000]x4, [200.110.000] y la pieza [200.310.040]x8 dimensionada previamente.
- b) Lo primero es fijar con soldadura la pieza [200.350.010] del conjunto [200.350.000] a las parrillas [200.310.000].
- c) Segundo se fijaran los subconjuntos [200.110.000] y piezas [200.310.040] con puntos de soldadura sobre una parrilla [200.310.000], luego se fijará de la parrilla superior. Una vez en su posición definitiva, terminar el cordón de soldadura.
- d) Una vez todas las soldaduras estén finalizadas se pintará la jaula en base a los establecido en la sección 11.1.

7. La pieza [200.250.010] debe ser mecanizada. Es una pieza costosa; debe ser tratada con cuidado.

Máxima herramienta de perforación disponible en taller de mecanizado  $\phi 38[\text{mm}]$  y largo máximo de  $114[\text{MM}]$ . Velocidad de corte máxima de  $1000[\frac{m}{min}]$ , para evitar fundición material plástico.

- a) Se debe cortar la pieza comprada a la mitad, a unos  $250[\text{mm}]$  usando una sierra de banda de 4 a 7 dientes por pulgada, o bien usando una lama de carburo metálico.
- b) Preparar la pieza por el extremo para sujeción con cabezal. Para evitar

que el material se quiebre por el apriete del cabezal se dejara material extra para agarrar cada pieza, de una extensión de 50[mm].

- c) Fijar la pieza, por el cabezal.
- d) Elegir la herramienta, se recomienda el uso de herramienta HSS.
- e) Desbaste interior, velocidad de avance de  $v_c = 400[m/min]$ .
- f) Acabado interior a dimensión final.
- g) Desbaste exterior, velocidad de avance de  $v_c = 400[m/min]$ .
- h) Acabado exterior a dimensión final.

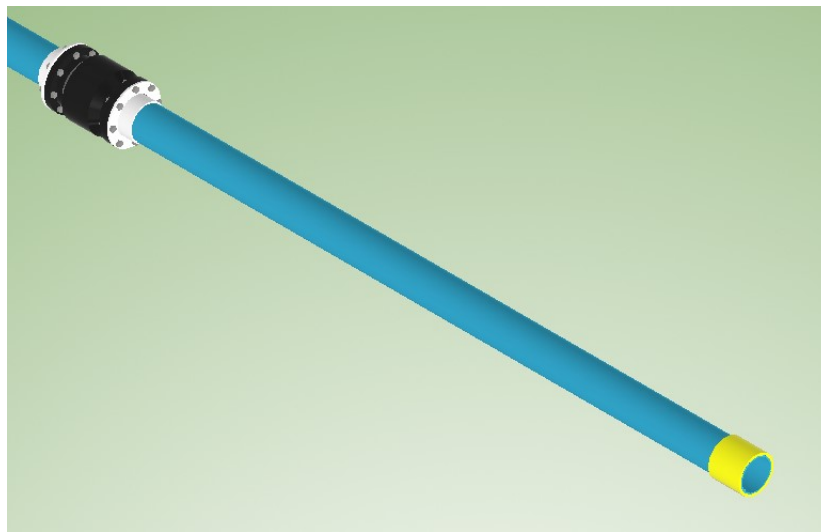


Figura 57: Imagen referencial pieza [200.250.010] en color amarillo dentro del conjunto [200.250.000].

#### 8. Dimensionado elementos de PVC:

- a) Se deben dimensionar todos los elementos de PVC antes de su ensamblaje final en terreno.
- b) Verificar que todas las piezas calcen entre sí. En ésto se hace referencia a conjuntos:[200.200.250], [200.200.200], piezas [200.250.010], [200.200.125], codos, tapas, TEE normalizadas y las superficies de las tuberías donde se deban fijar accesorios de PVC.

### 9.3.2. Segunda etapa: Trabajo en terreno.

Se requerirá el uso de un equipo de soldadura al arco para ésta etapa, así que es necesario tomar las consideraciones correspondientes para usar el equipo en la costa, desde el suministro eléctrico hasta riesgos de incendio.

El equipo se ensamblará acostado, como se muestra en la siguiente imagen, mediante los pasos que se señalan a continuación:

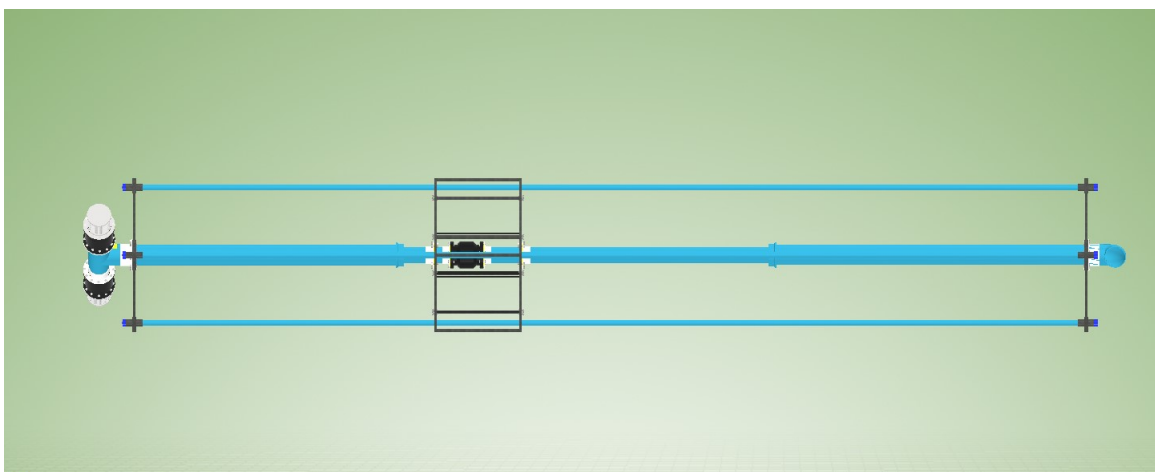


Figura 58: Orientación para la fabricación.

1. Pilares de la estructura[200.410.000]:
  - a) Se deben unir dos cañerías por pilar con soldadura a tope. Se necesitan 4 pilares.
  - b) Cada pilar está recubierto por 2 tuberías de PVC de 75MM.
  - c) Las tuberías se unen entre si con pegamento epóxico.
  - d) Los extremos de las cañerías se fijan con las tuberías con pegamento epóxico, se debe dejar espacio para colocar las tapas de 75MM.
  - e) **Importante:** El último paso es sellar el pilar con las tapas de 75MM, una vez esté listo el equipo para su instalación.
2. Ensamblaje final jaula [200.300.000]:
  - a) La jaula debe ubicarse recostada, preferentemente con los flotadores en su interior.
  - b) Se debe terminar la instalación del conjunto [200.350.000] fijando los pernos en su posición final.
3. Ensamblaje elementos de PVC [200.200.000] y [200.250.000]:

- a) Verificar calce de las piezas previo al uso del pegamento vinilit.
- b) En caso de problemas con el calce de las piezas repasar la superficie con una lija.
- c) **Importante:** Para evitar robos, las válvulas deben ser instaladas al final.

### 9.3.3. Tercera etapa: Instalación WSD5.

Para el proceso de instalación se usará el ejemplo constatado en terreno de la instalación del equipo WSDIV.

En resumen, existen tres pasos a seguir para instalar el equipo una vez ensamblado en la costa: Acercarlo a la costa, trasladarlo por el mar hasta el lugar de instalación y alzarlo sobre la estructura para instalarlo.

#### 1. Acercarlo a la costa:

Para este trabajo se requerirá de al menos unas 10 personas.

Sería óptimo limpiar el camino para facilitar el transporte a la costa.

- a) Correcciones finales y revisión estado de componentes.
- b) Instalación de flotadores en la jaula. Será necesario instalar flotadores extra en los extremos del equipo.
- c) Se debe fijar la jaula a una parrilla de la estructura con una soga para evitar que se mueva y dañe a alguien.
- d) Colocar varas de madera por debajo de los pilares superiores para poder asir el equipo de forma cómoda mirando hacia el frente. Fijar las varas de madera con amarras plásticas cruzadas.

#### 2. Traslado por el mar:

Se requiere al menos dos personas con habilidades de buceo. Lo ideal es obtener una lancha para acercar el equipo a la entrada del sector de instalación; de no ser así, se debe acercar con cuidado por la costa usando sogas, mientras los buzos dirigen el equipo. Para más detalles, revisar figura 59.

#### 3. Alzamiento sobre el puente:

- Para ésta etapa se necesitará usar al menos dos tecles. Uno mantendrá el peso del equipo mientras se cambian los agarres.
- Un voluntario se subirá al equipo para ir cambiando los agarres de los tecles. Para más detalles revisar figura 60.



Figura 59: Procedimiento de traslado por el mar.



Figura 60: Alzamiento sobre el puente del equipo WSD-IV.

#### 9.3.4. Método CPM o de ruta crítica

Usando la información discutida en la sección presente se elaboró un diagrama CPM o de ruta crítica que permite determinar cuáles son los pasos críticos para la fabricación del equipo y poder realizar un control del proceso:

1. Primera etapa:

- a) A: Fabricación parrillas; [200.310.000].
- b) B: Fabricación subconjuntos puerta mas separadores; [200.100.000] y [200.110.000].
- c) C: Ensamblaje C.V[200.200.200] y[200.200.250].
- d) D: Uniones caja émbolo[200.350.000] y soporte bomba[200.340.000].
- e) E: Ensamblaje jaula [200.300.000].
- f) F: Fabricación pieza [200.250.010].
- g) G: Dimensionamiento elementos de PVC.

2. Segunda etapa:

- H: Transporte piezas.
- I: Fabricación pilares estructura[200.410.000].

- J: Ensamblaje final jaula[200.300.000].
- K: Ensamblaje elementos de PVC.
- L: Instalación.

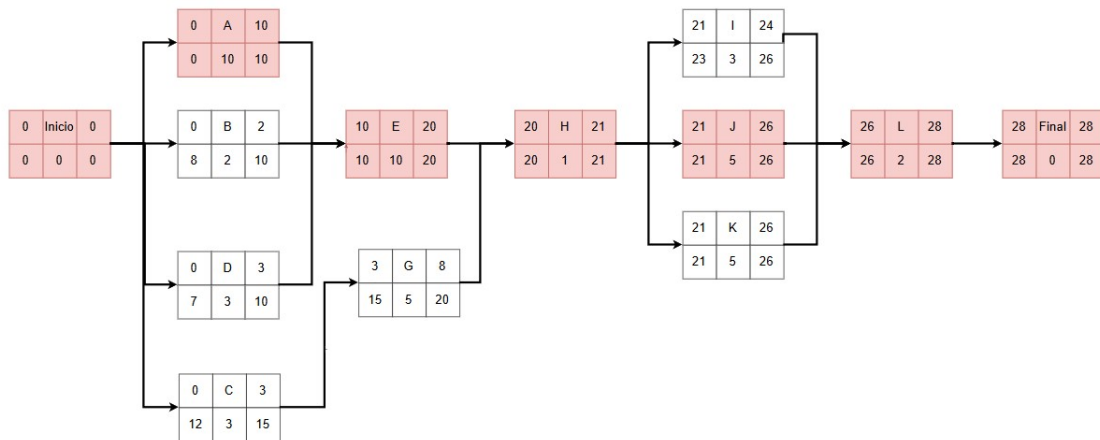


Figura 61: CPM o ruta crítica. Elaboración propia.

El estudio de la ruta crítica entrega que el equipo, dadas condiciones ideales, puede ser fabricado en menos de un mes.

Por otro lado, para una única persona realizando todas las tareas, el equipo tardaría más de 10 semanas laborales de trabajo continuo. Éste resultado se obtiene como la suma del tiempo que toma ejecutar todas las tareas por separado.

## 9.4. Análisis económico

En base a la sección 8.7 se elaboró la siguiente tabla de materiales a comprar. Solo se considera el IVA sobre los productos comprados en COSMOPLAS; los demás distribuidores consideran IVA:

Tabla 9: Evaluación económica.

| DISTRIBUIDOR       | DETALLE                                                        | P. UNITARIO | N°  | SUBTOTAL     |
|--------------------|----------------------------------------------------------------|-------------|-----|--------------|
| COSMOPLAS          | BRIDA O FLANGE PVC 250MM                                       | \$94.227    | 4   | \$376.908    |
| COSMOPLAS          | BRIDA O FLANGE PVC 200MM                                       | \$29.078    | 4   | \$116.312    |
| COSMOPLAS          | CODO PVC SOLDAR 250MM HIDROTEEN                                | \$187.804   | 1   | \$187.804    |
| COSMOPLAS          | MANGUITO PORTA BRIDA 200MM                                     | \$30.942    | 4   | \$123.768    |
| COSMOPLAS          | MANGUITO PORTA BRIDA 250MM                                     | \$96.627    | 4   | \$386.508    |
| COSMOPLAS          | EMPAQUETADURAS 200MM                                           | \$4.547     | 4   | \$18.188     |
| COSMOPLAS          | EMPAQUETADURAS 250MM                                           | \$23.431    | 4   | \$93.724     |
| COSMOPLAS          | VÁLVULA RETENCIÓN HDPE C/FLANGE DIN 8"                         | \$692.902   | 1   | \$692.902    |
| COSMOPLAS          | VÁLVULA RETENCIÓN HDPE C/FLANGE DIN 10"                        | \$666.087   | 2   | \$1.332.174  |
| COSMOPLAS          | CANASTILLO HDPE BRIDA 10"                                      | \$565.706   | 2   | \$1.131.412  |
| COSMOPLAS          | TUBO PRESIÓN 250 MM PN 10 x 6 M                                | \$264.379   | 2   | \$528.758    |
| COSMOPLAS          | TUBO PRESIÓN 200 MM PN 10 x 6 M                                | \$194.440   | 2   | \$388.880    |
| COSMOPLAS          | TUBO PRESIÓN 75 MM PN 10 x 6 M                                 | \$35.394    | 8   | \$283.152    |
| COSMOPLAS          | TEE PVC SOLDAR 250MM HIDROTEEN                                 | \$233.671   | 1   | \$233.671    |
| COSMOPLAS          | TAPA-GORRO CEMENTAR 250 MM                                     | \$47.400    | 2   | \$94.800     |
| COSMOPLAS          | TAPA GORRO PVC CEM 75 MM                                       | \$1.401     | 8   | \$11.208     |
| COSMOPLAS          | ADHESIVO TRADICIONAL 470 CC                                    | \$13.357    | 2   | \$26.714     |
| PERNOPOLIS         | PERNO HEX. 22 X 80 P-2.5 G-8.8                                 | \$3.690     | 110 | \$405.900    |
| PERNOPOLIS         | TUERCA C/SEGURO 22 P-2.5                                       | \$1.200     | 110 | \$132.000    |
| PERNOPOLIS         | PERNO HEX. 7/8 X 4 NC G-2 ZINC                                 | \$2.730     | 80  | \$218.400    |
| PERNOPOLIS         | GOLLILLA PLANA 7/8 INOX                                        | \$530       | 80  | \$42.400     |
| PERNOPOLIS         | TUERCA HEX. C/SEGURO 7/8 NC.                                   | \$1.300     | 80  | \$104.000    |
| PERNOPOLIS         | TORNILLO TIRAFONDO 3/8 X 1.1/2                                 | \$169       | 16  | \$2.704      |
| PERNOPOLIS         | PERNO PARKER 10 X 110 CAB. CILÍNDRICA P-1.5 G-12.9             | \$940       | 16  | \$15.040     |
| PERNOPOLIS         | TUERCA MARIPOSA 10 P-1.5 ZINC                                  | \$329       | 16  | \$5.264      |
| KUPFER             | PERFIL CUADRADO 30x30 2.0 mm 6000 mm                           | \$10.905    | 8   | \$87.240     |
| KUPFER             | CANERÍA SIN COSTURA A106-B 2-1/2" SCH40 5.19 mm NEGRA (6M)     | \$54.615    | 1   | \$54.615     |
| KUPFER             | CANERÍA CON COSTURA A53-B 3" SCH40 5.49 mm NEGRA BISELADA (6M) | \$68.519    | 1   | \$68.519     |
| KUPFER             | PLANCHA LAMINADO CALIENTE A-36 3000x1500x3 mm                  | \$107.178   | 1   | \$107.178    |
| KUPFER             | BARRA REDONDA ASTM A36 15.9 mm (5/8") 6 MTS                    | \$13.209    | 2   | \$26.418     |
| SODIMAC            | ELECTRODO 6011 3/32" 1 KG                                      | \$6.990     | 3   | \$20.970     |
| SODIMAC            | AISLANTE TÉRMICO 3/4" 2MTS PARA CANERÍA DE COBRE MIMBRAL       | \$4.990     | 4   | \$19.960     |
| SODIMAC            | LIIJA PARA FIERROS Y METALES N°80                              | \$440       | 30  | \$13.200     |
| SODIMAC            | SOLDADURA EPÓXICA EN FRÍO NEGRO                                | \$10.990    | 2   | \$21.980     |
| MERCADO LIBRE      | TIZA MARCA FIERRO METAL MECÁNICA CAJA 144 UNDS 125MM X 12MM    | \$19.990    | 1   | \$19.990     |
| TAMBORES METÁLICOS | TAMBOR PLÁSTICO 200 LTS                                        | \$4.500     | 4   | \$18.000     |
| PLASTIGEN          | TECHNIL BLANCO BARRA DIAM. 230 MM MED 50CM                     | \$613.854   | 1   | \$613.854    |
| DIQSA              | ESMALTE EPOXICO IPONLAC 331 COLOR PARTE B                      | \$69.250    | 1   | \$69.250     |
| DIQSA              | CATALIZADOR EPOXICO IPONLAC331 PARTE A                         | \$15.157    | 1   | \$15.157     |
| DIQSA              | EPOLON 300LT ANTICORROSIVO EPOXICO ROJO OXIDO                  | \$119.800   | 1   | \$119.800    |
| DIQSA              | CATALIZADOR EPOLON300 1/4 GALÓN                                | \$83.600    | 1   | \$83.600     |
| DIQSA              | MACROPOXY 646 PREP PARTE A                                     | \$114.190   | 1   | \$114.190    |
| DIQSA              | CATALIZ. MACROPOXY 646 - COALTAR 388                           | \$92.740    | 1   | \$92.740     |
| DIQSA              | DILUYENTE EPOXICO ESTÁNDAR                                     | \$59.800    | 1   | \$59.800     |
| TRANSPORTE         | ESTIMACIÓN COSTES DE TRANSPORTE MATERIALES                     | \$500.000   | 1   | \$500.000    |
| <b>NETO</b>        |                                                                |             |     | \$9.807.006  |
| <b>IVA(19 %):</b>  |                                                                |             |     | \$1.145.108  |
| <b>Total:</b>      |                                                                |             |     | \$10.952.114 |

Para financiar estos gastos se propone postular al programa del gobierno IDEA+. Para más información, revisar la sección 11.4, disponible en Anexos.

## 10. Conclusiones

El modelo presentado para los cálculos realizados es falible; no considera el efecto de viscosidad o roce de la parte interna de la tubería con el agua de mar y está limitado a una dimensión, pero permite una estimación sensata de la eficiencia del equipo. Queda como propuesta la elaboración de nuevos estudios mediante herramientas computacionales más sofisticadas como ANSYS.

El coste de materiales del equipo (11 millones de CLP) es elevado comparado con el diseño anterior (2 millones de CLP), pero la mejora de diseño implementada en el Wasserdrachen V permite un incremento del 1200 % en el caudal respecto a su predecesor (Wasserdrachen IV).

Para medidas sobre los 120 [mm] la disponibilidad de repuestos comerciales para el equipo se encarece y requiere de métodos más sofisticados para su fabricación.

El uso de pintura epóxica y bridas hace que la fabricación, ensamblaje e instalación del presente equipo sean más complejas que en su predecesor, pero es una medida necesaria para permitir que el equipo resista su entorno de trabajo.

La fabricación de los sellos plásticos mediante mecanizado es considerablemente más cara y compleja que en su diseño previo, y está limitada a la materialidad disponible en términos de plásticos.

Queda mucho trabajo por delante para que este proyecto llegue a materializarse, faltan pasos importantes como el establecimiento de fundaciones para fijar la estructura al lecho marino o la construcción del nuevo puente que sostenga la estructura, pero los resultados se darán con constancia y dedicación.

## 10.1. Sugerencias

- Instalar un sistema de alivio para evitar sobrecargas en el sistema: como se señaló en la sección de cálculo de eficiencia, los sistemas de desplazamiento positivo se encargan de mover el fluido de trabajo y pueden generar fallas catastróficas si se obstruyen las cañerías.
- Se necesita calcular costes, pérdidas de presión y elementos necesarios que permitirán la conexión entre la máquina y el estanque que se alimentará con el equipo.
- Es necesario definir la instalación de los pesos muertos que fijarán la estructura al lecho marino.
- Se sugiere un estudio de AMFE para identificar la causa por la cual el equipo WSDIV no alcanza la altura de bombeo prevista.
- Se propone realizar un estudio en laboratorio para ver si tiene influencia que la válvula check esté sumergida, en caso de ser así se puede corregir instalando una C.V en la entrada del émbolo.
- Se sugiere agregar un medio para poder subir al equipo desde la jaula de los flotadores, como por ejemplo una escalera de cuerdas de venta general.
- Es necesaria la fabricación de otro puente para instalar el equipo, o en su defecto, usar el ya existente modificado.
- Es necesario pensar en un sistema de apagado de emergencia para el equipo en caso de marejadas.
- Se debe limitar el movimiento de la jaula mediante un sistema de topes, por medio de cuerdas o tablas como el modelo Wasserdrachen IV.
- Los gastos de transporte de los materiales son una estimación y variarán respecto de la realidad.
- El modelo para el equipo Wasserdrachen V se puede perfeccionar más aún. Para futuros trabajos se puede considerar el efecto del roce del agua dentro de la tubería y la influencia de la viscosidad del agua en los flotadores.
- El coste de la pintura es alto pero es un gasto puntual y se puede usar para otras piezas metálicas que requieran protección en el proyecto, como sería el caso de piezas que no estén contempladas en el diseño actual, un nuevo puente o modificaciones y mantenimiento del equipo en un futuro.

## 11. Anexos

### 11.1. Tratamiento con pintura epóxica

La estructura emplazada en las costas de Curaumilla fue dañada severamente por el mar en el transcurso de menos de un año. Debido a que la estructura a fabricar se encuentra semi-sumergida en el mar, es indispensable protegerla adecuadamente; por lo tanto, la aplicación de pintura protectora cobra vital importancia para el caso en estudio.

Las siguientes sugerencias se basan en la experiencia práctica adquirida en la maestría MAEFAR, dedicada al mantenimiento de embarcaciones en el puerto de San Antonio. La selección de las pinturas es la adecuada para la obra muerta en un barco de práctico.

**Importante:**

- Después de cada aplicación de pintura, se debe medir el espesor de la capa y, una vez dentro del rango estipulado, dejar secar antes de aplicar la siguiente mano de pintura.
- Es fundamental medir la temperatura de la superficie antes de la aplicación del recubrimiento.
- El rango de temperatura adecuado dependerá de las especificaciones de la pintura a usar.

El espesor de pintura es de acuerdo a la norma ISO 12944 para ambientes con abrasión grado C5.

**Procedimiento:**

1. Limpieza superficie con agua a presión.
2. Pulido mecánico de la superficie a tratar grado SA 2.5 según norma ISO 8501.
3. Preparación y aplicación de IPONLAC331, espesor de 80 a 100 micras.
4. Preparación y aplicación EPOLON300, espesor de 120 a 170 micras.
5. Preparación y aplicación MACROPROXY646, espesor de 50 a 80 micras.

Para mayores detalles, favor de revisar las normas ISO 12944 para protección de estructuras de acero e ISO 8501 para la preparación de superficies previo a la aplicación de pintura [15].

## 11.2. Instalación bridas

El procedimiento para la instalación de uniones bridadas se adjunta al final. Por facilitar la comprensión, se adjunta un recorte del procedimiento de apriete de pernos.

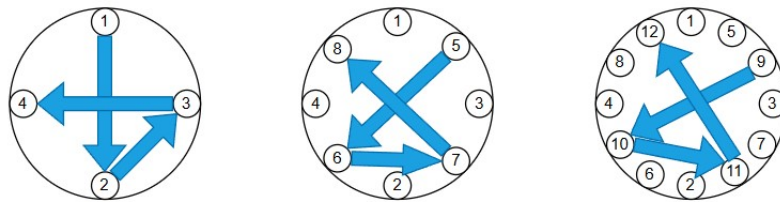


Figura 62: Patrón apriete tuercas para la instalación de bridas.[16]

1. Apriete con llave garantizando que queden 2 o 3 pasos de rosca sobre la tuerca.
2. Apriete cada uno de los pernos hasta un tercio del torque requerido siguiendo el patrón.
3. Incremente el torque hasta dos tercios siguiendo el patrón.
4. Incremente el torque hasta el torque total siguiendo el patrón.
5. Ejecute un pase final en cada perno trabajando en sentido de las agujas del reloj desde el perno 1, hasta el torque completo final.

Para más detalles, revisar Norma ISO 7005-1: bridas de acero [16] y Norma ISO 7005-2: bridas de fundición.

### 11.3. Almacenamiento materiales:

El almacenamiento correcto de los materiales cobra importancia cuando son guardados por mucho tiempo. Por esta razón, en esta sección se sugieren medidas de cuidado para los materiales adquiridos.

1. Tuberías y elementos de PVC:

- Las tuberías de PVC se pueden pandear si son mal almacenadas, se recomienda guardarlas sobre una superficie plana de preferencia.
- Mantener las tuberías bajo techo evitará que el material se degrade al ser expuesto a los rayos UV.
- No colocar cargas pesadas sobre las tuberías.
- En caso de almacenarlas a la intemperie cubrir con una carpa para protegerlas de la intemperie.

2. Acero tratado con pintura:

- Almacenar en un área seca y ventilada para evitar la acumulación de humedad.
- Proteger de golpes o raspaduras, y evitar el contacto con solventes que puedan dañar la capa de pintura.
- En caso de almacenarse en exteriores, mantener cubierto con una lona.

3. Acero sin tratar:

- Almacenar protegido de la humedad, evitando el suelo, separando los perfiles con separadores para evitar condensación.
- Inspeccionar de vez en cuando y aplicar recubrimientos temporales para evitar la formación de óxido en caso de ser necesario.

4. Pernos y elementos de fijación:

- Etiquetar cajas para evitar confusión en medidas y pasos.
- Mantener en un lugar seguro para evitar sustracción de elementos.
- Proteger de la humedad en caso de pernos sin recubrimiento.
- Pernos con recubrimiento de zinc se deben almacenar lejos de productos ácidos o alcalinos.

## 11.4. Postulación a fondos IDEA+

El programa IDEA+ es un concurso que apoya el financiamiento de proyectos de investigación e innovación científica y tecnológica. Su objetivo es desarrollar tecnologías que puedan generar impactos económicos, sociales y productivos en el país [6].



Figura 63: Investigación y desarrollo en acción(IDeA)[6].

### 11.4.1. Tipos de entidades involucradas

#### ■ Entidad beneficiaria:

- Es una entidad elegible para recibir el fondo ANID.
- Pueden ser 1 o 2 entidades beneficiarias, siempre y cuando exista una principal y una secundaria que reciba al menos un 20 % del subsidio ANID.
- Importante: Si es que aún no se tiene resolución como entidad elegible se deben enviar los documentos solicitados en las bases con al menos 30 días de antelación al cierre.
- Un ejemplo de entidad beneficiaria es "Marine farms".

#### ■ Entidad asociada:

- Son entidades que dan pertenencia al proyecto, pueden ser posibles receptores de la tecnología.
- Obligatoriamente deben ser inscritas entre 1 a 3 entidades asociadas.

- Instituciones que participan activamente en el desarrollo del proyecto, aportando capacidades técnicas o estratégicas.
- Un ejemplo de entidad asociada es la UTFSM.

■ **Entidad colaboradora:**

- Son de carácter opcional en la postulación. Pueden ser como mínimo 1 y máximo 3.
- Universidades extranjeras entran dentro de esta categoría.
- Organizaciones que aportan recursos específicos, asesoría puntual o validación técnica al proyecto.
- Un ejemplo de entidad colaboradora sería la Dirección general de aguas(DGA).

#### 11.4.2. Presupuestos a postular

Existen dos presupuestos principales para postular dentro del proceso del año 2025:

1. I+D genérico.
2. **I+D temático:**
  - a) **Resiliencia crisis climática.**
  - b) Des-carbonización.
  - c) Ciber seguridad, TI, sofisticación productiva.
  - d) Convivencia, cohesión social, seguridad

De entre los dos presupuestos, correspondería postular a **I+D temático, resiliencia ante crisis climática.**

Resiliencia ante crisis climática tiene las siguientes sublíneas temáticas:

1. Soluciones para la gestión eficiente del agua, especialmente en territorios afectados por la escasez hídrica.
2. Uso y desarrollo de energías limpias y renovables, como la solar, eólica, undimotriz, entre otras
3. Diseño de sistemas de alerta temprana, monitoreo o prevención de riesgos frente a desastres naturales.
4. Infraestructura resiliente, capaz de soportar eventos extremos como inundaciones, incendios, sismos, etc.
5. Soluciones para la recuperación de ecosistemas degradados, restauración de suelos, reforestación, etc.

6. Economía circular y gestión de residuos para reducir el impacto ambiental.
7. Educación ambiental y herramientas que promuevan cambios de hábitos sostenibles en comunidades.
8. Tecnologías de monitoreo climático y ambiental para la toma de decisiones.
9. Agricultura sostenible y adaptativa al cambio climático.
10. Movilidad sustentable y reducción de emisiones en transporte.
11. Soluciones enfocadas en la equidad climática, que apoyen a comunidades más vulnerables frente a la crisis.

Para más información de las líneas temáticas, revisar el anexo 3 de las bases de postulación IDEA+ 2025.



Figura 64: Ítems financiados IDeA[6].

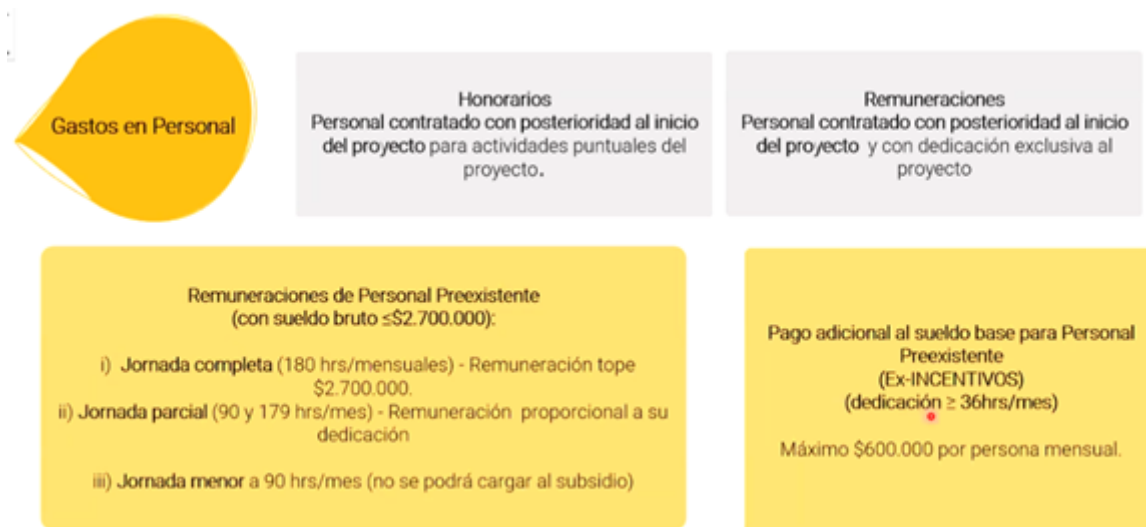


Figura 65: Gastos en personal IDEA[6].

El año 2025 el subsidio ANID fue de \$227.700.000, lo cual permite financiar los materiales necesarios para la fabricación del Wasserdrachen V, así como los gastos en personal, transporte y equipamiento necesarios para poder construirlo.

#### 11.4.3. Ejemplo de postulación:

**Nombre del proyecto:** Proyecto Wasserdrachen: Energía undimotriz aplicada al transporte de agua para desalinización.

**Profesor guía:** Dipl. Ing. Udo Rheinschmidt - Departamento de Ingeniería Civil Mecánica.

#### Documentos necesarios:

- Formulario de postulación completo.
- Carta de compromiso firmada por todos los integrantes.
- Certificado de alumno regular de cada integrante.
- Carta de respaldo del docente guía.

#### Integrantes del equipo(mínimo 2, máximo 5):

1. Nombre alumno - Carrera afín -Institución en la que cursa estudios.
2. ej: Javier Morales-Ingeniería Civil Mecánica-Universidad Técnica Federico Santa María.

**Problema detectado:** Existe una creciente necesidad hídrica en el norte de Chile; esto, sumado a la progresiva transformación de la matriz energética del país orientada al uso de energías renovables, entrega como solución patente el uso de energía undimotriz para la movilización del agua a los centros de desalinización que se instalen en el territorio.

**Propuesta de solución:** Diseñar, construir y probar un prototipo funcional de un sistema undimotriz, de bajo costo, fácil de escalar y mantener, pensado para entornos rurales y con condiciones costeras activas. Se busca integrar materiales resistentes y duraderos.

**Categoría del concurso:** Resiliencia y Crisis Climática:

- Uso y desarrollo de energías limpias y renovables (energía undimotriz).
- Infraestructura resiliente ante eventos climáticos.
- Soluciones para la gestión eficiente del agua, especialmente en territorios afectados por la escasez hídrica.

**Viabilidad técnica:** El equipo ha sido probado en laboratorio con un modelo a escala y en terreno con un prototipo inicial Wasserdrachen IV en la costa del sector de Curaumilla desde febrero hasta abril del año 2025.

Corresponde a un nivel de desarrollo tecnológico mínimo de TLR 3. El mínimo requerido es de TLR 2 para realizar la postulación.

**Cronograma tentativo de desarrollo:** Se puede fabricar un cronograma basado en el contenido de la sección 9.3.4.

**Puntos extra:**

El comité de evaluación entrega puntos adicionales a grupos de trabajo que cumplan con los siguientes criterios:

1. Equipo multidisciplinario: con miembros de diferentes carreras, universidades y lugares.
2. Director del proyecto mujer: el director no se puede cambiar durante la duración del proyecto.

## 11.5. Códigos

### 11.5.1. Código simulación Wassendrachen IV:

```

clear;
clc;
format long;

%WSD-IV

%Suposiciones:
%{
1.No se considera el efecto de la viscosidad.
2.Solo se estudia el efecto de fuerzas en el eje y.
3.La masa de los componentes se truncó al entero más cercano.
%}

%Datos
M_b=19;      %[kg]      Masa flotadores
M_h=55;      %[kg]      Masa émbolo, sin flotadores
A_b=0.24;    %[m^2]     Área transversal flotadores
A_t=0.0056;  %[m^2]     Área transversal tubería
H=5.966;    %[m]       Altura desde C.V hasta salida agua
L_cm=0.5;    %[m]       Altura desde la base del flotador al centroide
miu_c=0.3;   %[-]       Valor intermedio entre pvc-acero, acero-acero
N=10;        %[N]       Hay que ver como influencia en comportamiento
gamma=10163.16; %[N/m^3]  Peso específico agua de mar
g=9.81;      %[m/s^2]   Constante de gravedad
%Variables de interes

Hvirg=((2*M_b+M_h)/(2*gamma*A_b))*g; %[m]Perdidas debido al peso de los
    ↪ flotadores
H_g=(0.5*(A_t/A_b))*(H);            %[m]Componente geométrico de las
    ↪ perdidas
H_f=(miu_c*N)/(2*gamma*A_b);         %[m]Perdida de altura causada por el
    ↪ roce
tau2=(2*M_b+M_h)/(2*gamma*A_b);      %[s]Coef. con unidades de tiempo

Heff=L_cm-Hvirg-H_g-H_f;             %Suma de constantes en la ecuación

%Power function
syms y(t);
Hprom=3;                             %[m]Altura promedio canal de holas
T=11.33;                             %[s] Periodo
B=1.35;                              %[m]Amplitud de la ola
h_f=B*sin(t/T)+Hprom;                %[m] Comportamiento de la ola

```

```
%Constantes a, b, c de ecuación diferencial
%el término u puede ser una función o constante.
a=1;b=0;c=1/tau2;u=(1/tau2)*(Heff+h_f);

eqn=a*diff(y,t,2)+b*diff(y,t,1)+c*y==u;

dy=diff(y,t);

%valores iniciales
%Se propone que el equipo parte del reposo dy=0
%Se propone que la posición inicial es Hprom+L_cm
%[velocidad ini., posición inicial]
ic=[dy(0);y(0)]=[0;Hprom+L_cm];

%función para resolver ecuaciones lineales

y(t)=dsolve(eqn, ic); %altura en función del tiempo

dy=diff(y); %velocidad en función del tiempo

d2y=diff(dy); %aceleración en función del tiempo

%Fuerza y potencia involucrada
gamme=[0,10]; %Rango de tiempo estudio

h=L_cm+h_f-y; %Altura sumergida del flotador.

F=2*gamma*A_b*h; %Fuerza generada por los flotadores.

pot=dy*gamma*A_b*h; %Potencia generada por el mar
% para desplazar los flotadores.

% Crea una función sinusoidal con valores negativos

% Elimina los valores negativos
pot_salida = max(pot, 0); %[W]
pot_prom=400; %[W]

%La potencia promedio se calculó con el siguiente comando
%Se tarda mucho en ejecutar
%tic
%Pot_prom=upla(quad(pot_salida,0,10))/10;
%toc
```

```
%Gráficas y figuras

figure(1)
subplot(1,2,1)
hold on
%gráfica de la velocidad
fplot(dy,gamme,'r','LineWidth',1)

legend('Velocidad [m/s]')
title('Velocidad centro de masa flotador [m/s] vs tiempo[s]')
xlabel('Tiempo [s]')
ylabel('Velocidad [m/s]')
grid on
hold off

subplot(1,2,2)
hold on
%gráfica aceleración
fplot(d2y,gamme,'b','LineWidth',1)

legend('Aceleración [m/s^2]')
title('Aceleración centro de masa flotador[m^2/s] vs tiempo[s]')
xlabel('Tiempo[s]')
ylabel('Aceleración [m/s^2]')
grid on
hold off

print('WSD4_acelVelo','-dpng')
%}

figure(2)
subplot(1,2,1)
hold on
%gráfica de la altura flotador
fplot(y,gamme,'r','LineWidth',1)

legend('Posición [m]')
title('Posición centro de masa flotador [m] vs tiempo[s]')
xlabel('Tiempo [s]')
ylabel('Posición [m]')
grid on
hold off

subplot(1,2,2)
```

```
hold on
%gráfica altura sumergida flotador
fplot(h,gamme,'b','LineWidth',1)

legend('Altura sumergida [m]')
title('Altura sumergida flotador[m] vs tiempo[s]')
xlabel('Tiempo[s]')
ylabel('Altura sumergida [m]')
grid on
hold off

print('WSD4_alturas','-dpng')

figure(3)
subplot(1,2,1)
hold on
%gráfica fuerza generada por los flotadores
fplot(F, gamme,'r','LineWidth',1)

legend('Fuerza generada por los flotadores [N]')
title('Fuerza generada por los flotadores [N] vs tiempo [s]')
xlabel('Tiempo [s]')
ylabel('Fuerza [N]')
grid on
hold off

subplot(1,2,2)
hold on
%gráfica potencias flotadores
fplot(pot_salida,gamme,'b','LineWidth',1)
fplot(pot_prom, gamme, 'r','LineWidth',1)

title('Potencia [W] vs tiempo [s]')
legend('Potencia útil[W]', 'Potencia promedio[W]')
xlabel('Tiempo [s]')
ylabel('Potencia [W]')
grid on
hold off

print('WSD4_FuePot','-dpng')
```

### 11.5.2. Código simulación Wassendrachen V:

```

clear;
clc;
format long;

%WSD-v

%Suposiciones:
%{
1.No se considera el efecto de la viscosidad.
2.Solo se estudia el efecto de fuerzas en el eje y.
3.La masa de los componentes se truncó al entero más cercano.
4.
%}

%Datos
M_b=19;      %[kg]      Masa flotadores
M_h=156.034; %[kg]      Masa émbolo, sin flotadores
A_b=0.24;    %[m^2]     Área transversal flotadores
A_t=0.026;   %[m^2]     Área transversal tubería
H=7.827;     %[m]       Altura desde C.V hasta salida agua
L_cm=0.5;    %[m]       Altura desde la base del flotador al centroide
miu_c=0.3;   %[-]       Valor intermedio entre pvc-acero, acero-acero
N=10;        %[N]       Hay que ver como influencia en comportamiento
gamma=10163.16; %[N/m^3] Peso específico agua de mar, revista natura
g=9.81;      %[m/s^2]   Constante de gravedad

%Variables de interes

Hvirg=((4*M_b+M_h)/(4*gamma*A_b))*g;    %[m]Perdidas debido al peso de
↳ los flotadores
H_g=(0.25*(A_t/A_b))*(H);              %[m]Componente geométrico de las
↳ pérdidas
H_f=(miu_c*N)/(4*gamma*A_b);            %[m]Perdida de altura causada por
↳ el roce
tau2=(4*M_b+M_h)/(4*gamma*A_b);         %[s]Coef. con unidades de tiempo

Heff=L_cm-Hvirg-H_g-H_f;                %

%Power function
syms y(t);
Hprom=8;                                %[m]Altura promedio canal de holas
T=12.37;                                %[s] Periodo
B=3;                                     %[m]Amplitud de la ola

```

```

h_f=B*sin(t/T)+Hprom;    %[m] Comportamiento de la ola

%Constantes a, b, c de ecuación diferencial
%El término u puede ser una función o constante.
a=1;b=0;c=1/tau2;u=(1/tau2)*(Heff+h_f);

eqn=a*diff(y,t,2)+b*diff(y,t,1)+c*y==u;

dy=diff(y,t);

%valores iniciales
%Se define la velocidad inicial como dy=0
%Se define que la posición inicial del
%Centro de masa sea y=Hprom+L_CM
ic=[dy(0);y(0)]==[0;Hprom+L_cm]; %[velocidad ini., posición inicial]

%función para resolver ecuaciones lineales

y(t)=dsolve(eqn, ic);    %altura en función del tiempo

dy=diff(y);              %velocidad en función del tiempo

d2y=diff(dy);            %aceleración en función del tiempo

%Fuerza y potencia involucrada
gamme=[0,10];           %Rango de tiempo estudio

h=L_cm+h_f-y;           %Altura sumergida del flotador.

F=2*gamma*A_b*h;        %Fuerza generada por los flotadores.

%Potencia generada por el mar para desplazar los flotadores.
pot=dy*gamma*A_b*h;

% Eliminando valores negativos
pot_salida = max(pot, 0);
pot_prom=1000;

%La potencia promedio se calculó con el siguiente comando
%Se tarda mucho en ejecutar
%tic
%Pot_prom=vpa(quad(pot_salida,0,10.5))/10.5;
%toc

%Gráficas y figuras

```

```
figure(1)
subplot(1,2,1)
hold on
%gráfica de la velocidad
fplot(dy,gamme,'r','LineWidth',1)

legend('Velocidad [m/s]')
title('Velocidad centro de masa flotador [m/s] vs tiempo[s]')
xlabel('Tiempo [s]')
ylabel('Velocidad [m/s]')
grid on
hold off

subplot(1,2,2)
hold on
%gráfica aceleración
fplot(d2y,gamme,'b','LineWidth',1)

legend('Aceleración [m/s^2]')
title('Aceleración centro de masa flotador[m^2/s] vs tiempo[s]')
xlabel('Tiempo[s]')
ylabel('Aceleración [m/s^2]')
grid on
hold off

print('WSD5_acelVelo','-dpng')

figure(2)
subplot(1,2,1)
hold on
%gráfica altura flotador
fplot(y,gamme,'r','LineWidth',1)

legend('Posición [m]')
title('Posición centro de masa flotador [m] vs tiempo[s]')
xlabel('Tiempo [s]')
ylabel('Posición [m]')
grid on
hold off

subplot(1,2,2)
hold on
%gráfica altura sumergida flotador
fplot(h,gamme,'b','LineWidth',1)
```

```
legend('Altura sumergida [m]')
title('Altura sumergida flotador[m] vs tiempo[s]')
xlabel('Tiempo[s]')
ylabel('Altura sumergida [m]')
grid on
hold off
print('WSD5_alturas','-dpng')

figure(3)
subplot(1,2,1)
hold on
%gráfica fuerza generada por los flotadores
fplot(F, gamme,'r','LineWidth',1)

legend('Fuerza generada por los flotadores [N]')
title('Fuerza generada por los flotadores [N] vs tiempo [s]')
xlabel('Tiempo [s]')
ylabel('Fuerza [N]')
grid on
hold off

subplot(1,2,2)
hold on
%gráfica potencias flotadores
fplot(pot_salida,gamme,'b','LineWidth',1)
fplot(pot_prom, gamme, 'r','LineWidth',1)

title('Potencia [W] vs tiempo [s]')
legend('Potencia[W]','Potencia promedio[W]')
xlabel('Tiempo [s]')
ylabel('Potencia [W]')
grid on
hold off

print('WSD5_FuePot','-dpng')
```

## 11.6. Tablas de precios distribuidores.

.En las tablas de distribuidores, se resalta en negrita el distribuidor seleccionado, basado en el análisis multicriterio.

Tabla 10: Tabla de aceros

| DISTRIBUIDOR  | DETALLE                                                        | P. UNITARIO | LINK         |
|---------------|----------------------------------------------------------------|-------------|--------------|
| OTERO         | PERFIL ACERO INOXIDABLE 304 30x30x2                            | \$51.161    | Ver producto |
| OTERO         | CAÑERIA ASTM A106 SIN COSTURA 2 1/2"                           | \$103.719   | Ver producto |
| OTERO         | CAÑERIA ASTM A106 SIN COSTURA 3" 30 x 30 x 2.0 mm x 6 m        | \$135.642   | Ver producto |
| OTERO         | PLANCHA LAMINADA EN CALIENTE 1500x1000x3                       | \$229.408   | Ver producto |
| PERFIMET      | PERFIL DE ACERO CUADRADO 30 x 30 x 2.0 mm x 6 m                | \$26.875    | Ver producto |
| PERFIMET      | TUBO DE ACERO REDONDO 2 1/2" x 1.5 mm x 6 m                    | \$49.232    | Ver producto |
| PERFIMET      | TUBO DE ACERO REDONDO 3" x 2.0 mm x 6 m                        | \$22.600    | Ver producto |
| <b>KUPFER</b> | PERFIL CUADRADO 30x30 2.0 mm 6000 mm                           | \$10.905    | Ver producto |
| <b>KUPFER</b> | CAÑERIA SIN COSTURA A106-B 2-1/2" SCH40 5.19 mm NEGRA (6M)     | \$54.615    | Ver producto |
| <b>KUPFER</b> | CAÑERIA CON COSTURA A53-B 3" SCH40 5.49 mm NEGRA BISELADA (6M) | \$68.519    | Ver producto |
| <b>KUPFER</b> | PLANCHA LAMINADO CALIENTE A-36 3000x1500x3 mm                  | \$107.178   | Ver producto |
| <b>KUPFER</b> | BARRA REDONDA ASTM A36 15.9 mm (5/8") 6 MTS                    | \$13.209    | Ver producto |

Tabla 11: Tabla de elementos de unión

| DISTRIBUIDOR | DETALLE                                                        | P. UNITARIO | LINK         |
|--------------|----------------------------------------------------------------|-------------|--------------|
| PERNOSTOCK   | DIN 933 S.S.A4 (316) PERNO HEXAGONAL M22-2.50 X 70 MM          | \$1.614     | Ver producto |
| PERNOSTOCK   | DIN 934 CLASE 8 TUERCA HEXAGONAL M22-2.50 CINCADA              | \$509       | Ver producto |
| PERNOSTOCK   | 100 AISI 316 ASME B18.21.1 GOLILLA PLANA 7/8" (23.8X44.4X3.0)  | \$25.752    | Ver producto |
| PERNOVAL     | TUERCA HEXAGONAL AC.INOX. 316 7/8" NC                          | \$1.955     | Ver producto |
| PERNOVAL     | GOLLILLA PLANA AC.INOX 316 7/8"                                | \$887       | Ver producto |
| PERNOVAL     | PERNO HEXAGONAL C 8.8 ZINCADO M10-1.50 X 40 PRV                | \$226       | Ver producto |
| PERNOVAL     | TIRAFONDO HEXAGONAL 3/8" X 2" PERNOVAL                         | \$139       | Ver producto |
| SODIMAC      | PERNO HEXAGONAL MÉTRICO ACERO INOXID. C/TUERCA M10 X 60 1 UNID | \$1.690     | Ver producto |
| SODIMAC      | GOLLILLA PLANA ACERO INOXIDABLE M10 2 UNID                     | \$490       | Ver producto |
| SODIMAC      | TUERCA MARIPOSA 3/8" 1 UNIDAD                                  | \$790       | Ver producto |
| SODIMAC      | PERNO COCHE 3/8" X 6" PAVONADO 2 UNIDADES                      | \$2.990     | Ver producto |
| SODIMAC      | TORNILLO TIRAFONDO CABEZA HEXAGONAL MADERA 2" 3/8" 2 UNIDADES  | \$1.890     | Ver producto |
| PERNOPOLIS   | PERNO HEX. 22 X 80 P-2.5 G-8.8                                 | \$3.690     | Ver producto |
| PERNOPOLIS   | TUERCA C/SEGURO 22 P-2.5                                       | \$1.200     | Ver producto |
| PERNOPOLIS   | TUERCA HEX. C/SEGURO 7/8 NC.                                   | \$1.300     | Ver producto |
| PERNOPOLIS   | PERNO HEX. 7/8 X 4 NC G-2 ZINC                                 | \$2.730     | Ver producto |
| PERNOPOLIS   | GOLLILLA PLANA 7/8 INOX                                        | \$530       | Ver producto |
| PERNOPOLIS   | TUERCA MARIPOSA 10 P-1.5 ZINC                                  | \$329       | Ver producto |
| PERNOPOLIS   | TUERCA C/SEGURO 10MM P-1.5                                     | \$130       | Ver producto |
| PERNOPOLIS   | PERNO PARKER 10 X 110 CAB. CILINDRICA P-1.5 G-12.9             | \$940       | Ver producto |
| PERNOPOLIS   | TORNILLO TIRAFONDO 3/8 X 1.1/2                                 | \$169       | Ver producto |

Tabla 12: Tabla de tuberías y accesorios de PVC

| DISTRIBUIDOR | DETALLE                                  | P. UNITARIO | LINK         |
|--------------|------------------------------------------|-------------|--------------|
| HIDROSHOP    | CODO PVC 90 ° 250 MM PN 10               | \$60.990    | Ver producto |
| HIDROSHOP    | TUBERÍA PVC PN10 250 MM - TIRAS DE 6 MTS | \$188.490   | Ver producto |
| HIDROSHOP    | TUBERÍA PVC PN10 200 MM- TIRAS DE 6 MTS  | \$127.490   | Ver producto |
| HIDROSHOP    | TAPA GORRO SOLDAR CONF SOLDAR 250 MM     | \$44.490    | Ver producto |
| HIDROSHOP    | TEE PVC 250 MM                           | \$103.490   | Ver producto |
| HIDROSHOP    | ADHESIVO PVC VINILIT 470 CC              | \$11.990    | Ver producto |
| HIDROSHOP    | TUBERÍA PVC PN10 75 MM - TIRAS DE 6 MTS  | \$17.990    | Ver producto |
| HIDROSHOP    | TAPA GORRO PVC 75 MM                     | \$1.200     | Ver producto |
| COSMOPLAS    | CODO PVC SOLDAR 250MM HIDROTEN           | \$187.804   | 18180111     |
| COSMOPLAS    | TUBO PRESION 250 MM PN 10 x 6 M          | \$264.379   | 18000356     |
| COSMOPLAS    | TUBO PRESION 200 MM PN 10 x 6 M          | \$194.440   | 18000271     |
| COSMOPLAS    | TAPAGORRO CEMENTAR 250 MM                | \$47.400    | 18180034     |
| COSMOPLAS    | TEE PVC SOLDAR 250MM HIDROTEN            | \$233.671   | 18180129     |
| COSMOPLAS    | ADHESIVO TRADICIONAL 470 CC              | \$13.357    | 18400002     |
| COSMOPLAS    | TUBO PRESION 75 MM PN 10 x 6 M           | \$35.394    | 18000264     |
| COSMOPLAS    | TAPA GORRO PVC CEM 75 MM                 | \$1.401     | 18180560     |
| COSMOPLAS    | VALVULA RETENCION HDPE C/FLANGE DIN 8"   | \$692.902   | 18840016     |
| COSMOPLAS    | VALVULA RETENCIÓN HDPE C/FLANGE DIN 10"  | \$666.087   | 237312       |
| COSMOPLAS    | CANASTILLO HDPE BRIDA 10"                | \$565.706   | 237260       |
| COSMOPLAS    | MANGUITO PORTA BRIDA 250MM               | \$96.627    | 18180182     |
| COSMOPLAS    | EMPAQUETADURAS 250MM                     | \$23.431    | 18880013     |
| COSMOPLAS    | BRIDA O FLANGE PVC 250MM                 | \$94.227    | 18180199     |
| COSMOPLAS    | MANGUITO PORTA BRIDA 200MM               | \$30.942    | 18180181     |
| COSMOPLAS    | EMPAQUETADURAS 200MM                     | \$4.547     | 18880012     |
| COSMOPLAS    | BRIDA O FLANGE PVC 200MM                 | \$29.078    | 18180198     |

Tabla 13: Tabla de insumos consumibles

| DISTRIBUIDOR | DETALLE                                                     | P. UNITARIO | LINK         |
|--------------|-------------------------------------------------------------|-------------|--------------|
| SODIMAC      | Electrodo 6011 3/32”1 kg                                    | \$6.990     | Ver producto |
| SODIMAC      | Aislante térmico 3/4”2m para cañería de cobre Mimbral       | \$4.990     | Ver producto |
| SODIMAC      | Lija para fierros y metales N°80                            | \$440       | Ver producto |
| SODIMAC      | Soldadura epóxica en frío negra                             | \$10.990    | Ver producto |
| SODIMAC      | Tiza marca fierro metal mecánica caja 144 unds 125mm x 12mm | \$19.990    | Ver producto |
| SODIMAC      | Tambor plástico 200 litros                                  | \$4.500     | Ver producto |
| DIQSA        | Esmalte epoxico iponlac 331 color parte B                   | \$69.250    | Ver producto |
| DIQSA        | Catalizador epoxico iponlac331 parte A                      | \$15.157    | Ver producto |
| DIQSA        | Epolon 300lt anticorrosivo epoxico rojo oxido               | \$119.800   | Ver producto |
| DIQSA        | Catalizador epolon300 1/4 galón                             | \$83.600    | Ver producto |
| DIQSA        | MACROPOXY 646 PREP PARTE A                                  | \$114.190   | Ver producto |
| DIQSA        | CATALIZ. MACROPOXY 646 - COALTAR 388                        | \$92.740    | Ver producto |
| DIQSA        | Diluyente epoxico estándar                                  | \$59.800    | Ver producto |

## 11.7. Evaluación distribuidores

Tabla 14: Evaluación perfiles metálicos: Otero

| N°           | CRITERIO DE EVALUACIÓN             | PESO RELATIVO | PUNTUACIÓN | PESO ABSOLUTO |
|--------------|------------------------------------|---------------|------------|---------------|
| 1            | Precio del producto                | 40 %          | 1          | 0.4           |
| 2            | Disponibilidad y plazos de entrega | 20 %          | 8          | 1.6           |
| 3            | Servicio al cliente y soporte      | 10 %          | 8          | 0.8           |
| 4            | Ubicación y logística              | 30 %          | 9          | 2.7           |
| <b>TOTAL</b> |                                    |               |            | <b>5.5</b>    |

Tabla 15: Evaluación perfiles metálicos: Perfimet

| N°           | CRITERIO DE EVALUACIÓN             | PESO RELATIVO | PUNTUACIÓN | PESO ABSOLUTO |
|--------------|------------------------------------|---------------|------------|---------------|
| 1            | Precio del producto                | 40 %          | 5          | 2.0           |
| 2            | Disponibilidad y plazos de entrega | 20 %          | 3          | 0.6           |
| 3            | Servicio al cliente y soporte      | 10 %          | 4          | 0.4           |
| 4            | Ubicación y logística              | 30 %          | 9          | 2.7           |
| <b>TOTAL</b> |                                    |               |            | <b>5.7</b>    |

Tabla 16: Evaluación perfiles metálicos: Kupfer

| N°           | CRITERIO DE EVALUACIÓN             | PESO RELATIVO | PUNTUACIÓN | PESO ABSOLUTO |
|--------------|------------------------------------|---------------|------------|---------------|
| 1            | Precio del producto                | 40 %          | 9          | 3.6           |
| 2            | Disponibilidad y plazos de entrega | 20 %          | 8          | 1.6           |
| 3            | Servicio al cliente y soporte      | 10 %          | 7          | 0.7           |
| 4            | Ubicación y logística              | 30 %          | 8          | 2.4           |
| <b>TOTAL</b> |                                    |               |            | <b>8.3</b>    |

Tabla 17: Evaluación elementos de unión: Pernostock

| N°           | CRITERIO DE EVALUACIÓN             | PESO RELATIVO | PUNTUACIÓN | PESO ABSOLUTO |
|--------------|------------------------------------|---------------|------------|---------------|
| 1            | Precio del producto                | 40 %          | 5          | 2.0           |
| 2            | Disponibilidad y plazos de entrega | 20 %          | 4          | 0.8           |
| 3            | Servicio al cliente y soporte      | 10 %          | 6          | 0.6           |
| 4            | Ubicación y logística              | 30 %          | 8          | 2.4           |
| <b>TOTAL</b> |                                    |               |            | <b>5.8</b>    |

Tabla 18: Evaluación elementos de unión: Pernoal

| N°           | CRITERIO DE EVALUACIÓN             | PESO RELATIVO | PUNTUACIÓN | PESO ABSOLUTO |
|--------------|------------------------------------|---------------|------------|---------------|
| 1            | Precio del producto                | 40 %          | 8          | 3.2           |
| 2            | Disponibilidad y plazos de entrega | 20 %          | 2          | 0.4           |
| 3            | Servicio al cliente y soporte      | 10 %          | 4          | 0.4           |
| 4            | Ubicación y logística              | 30 %          | 7          | 2.1           |
| <b>TOTAL</b> |                                    |               |            | <b>6.1</b>    |

Tabla 19: Evaluación elementos de unión: Sodimac

| N°           | CRITERIO DE EVALUACIÓN               | PESO RELATIVO | PUNTUACIÓN | PESO ABSOLUTO |
|--------------|--------------------------------------|---------------|------------|---------------|
| 1            | Precio del producto                  | 40 %          | 3          | 1.2           |
| 2            | Disponibilidad y plazos de entrega   | 20 %          | 8          | 1.6           |
| 3            | Servicio al cliente y soporte (10 %) | 10 %          | 5          | 0.5           |
| 4            | Ubicación y logística (30 %)         | 30 %          | 10         | 3.0           |
| <b>TOTAL</b> |                                      |               |            | <b>6.3</b>    |

Tabla 20: Evaluación elementos de unión: Pernopolis

| N°           | CRITERIO DE EVALUACIÓN             | PESO RELATIVO | PUNTUACIÓN | PESO ABSOLUTO |
|--------------|------------------------------------|---------------|------------|---------------|
| 1            | Precio del producto                | 40 %          | 7          | 2.8           |
| 2            | Disponibilidad y plazos de entrega | 20 %          | 10         | 2.0           |
| 3            | Servicio al cliente y soporte      | 10 %          | 9          | 0.9           |
| 4            | Ubicación y logística              | 30 %          | 4          | 1.2           |
| <b>TOTAL</b> |                                    |               |            | <b>6.9</b>    |

Tabla 21: Evaluación tuberías y accesorios PVC: Hidroshop

| N°           | CRITERIO DE EVALUACIÓN               | PESO RELATIVO | PUNTUACIÓN | PESO ABSOLUTO |
|--------------|--------------------------------------|---------------|------------|---------------|
| 1            | Precio del producto                  | 40 %          | 9          | 3.6           |
| 2            | Disponibilidad y plazos de entrega   | 20 %          | 8          | 1.6           |
| 3            | Servicio al cliente y soporte (10 %) | 10 %          | 7          | 0.7           |
| 4            | Ubicación y logística (30 %)         | 30 %          | 5          | 1.5           |
| <b>TOTAL</b> |                                      |               |            | <b>7.4</b>    |

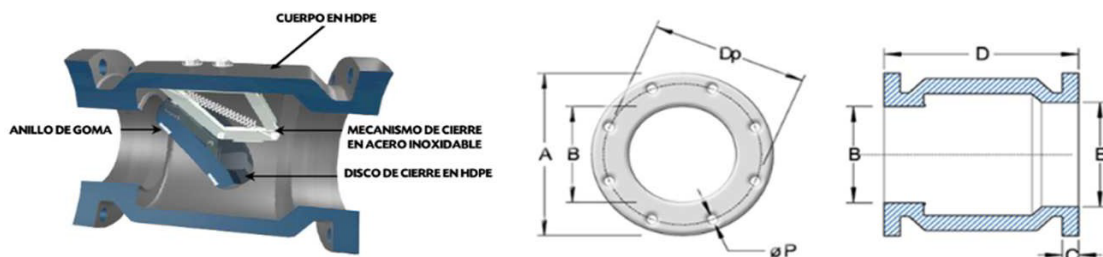
Tabla 22: Evaluación tuberías y accesorios PVC: Cosmoplas

| N°           | CRITERIO DE EVALUACIÓN               | PESO RELATIVO | PUNTUACIÓN | PESO ABSOLUTO |
|--------------|--------------------------------------|---------------|------------|---------------|
| 1            | Precio del producto                  | 40 %          | 9          | 3.6           |
| 2            | Disponibilidad y plazos de entrega   | 20 %          | 8          | 1.6           |
| 3            | Servicio al cliente y soporte (10 %) | 10 %          | 10         | 1.0           |
| 4            | Ubicación y logística (30 %)         | 30 %          | 10         | 3.0           |
| <b>TOTAL</b> |                                      |               |            | <b>9.2</b>    |

# FICHA TÉCNICA

## Válvula de retención

edr



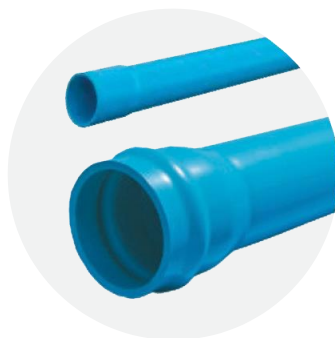
### DIMENSIONES PRINCIPALES

| Nominal | A   | B   | C  | D   | E   | Dp | N°    | D. Perf. | Peso |
|---------|-----|-----|----|-----|-----|----|-------|----------|------|
| Pulg.   | mm  | mm  | mm | mm  | mm  | mm | Perf. | mm       | Kg.  |
| 3"      | 200 | 75  | 25 | 255 | 102 | 19 | 8     | 160      | 2,7  |
| 4"      | 220 | 100 | 25 | 280 | 126 | 18 | 8     | 180      | 4    |
| 5"      | 250 | 126 | 27 | 280 | 126 | 18 | 8     | 210      | 5    |
| 6"      | 285 | 140 | 30 | 360 | 170 | 23 | 8     | 240      | 8,3  |
| 8"      | 340 | 190 | 35 | 400 | 224 | 23 | 8     | 295      | 13   |
| 10"     | 395 | 252 | 38 | 440 | 257 | 23 | 12    | 350      | 14,7 |
| 12"     | 445 | 252 | 50 | 460 | 257 | 23 | 12    | 400      | 27,3 |

- El cuerpo de la Válvula fabricado en polietileno de alta densidad (HDPE) Totalmente resistente a todo tipo de corrosión.
- El mecanismo de cierre está diseñado para cerrarse un instante antes de invertirse el flujo, esto disminuye el ruidoso martilleo del golpe de ariete.
- La chapaleta no puede trabarse en posición abierta.
- Todo el mecanismo de trabajo está construido en acero inoxidable.
- El cierre lo forma un contacto de HDPE con goma, eliminando el desgaste.
- Disco de asiento de válvula hecho de HDPE extra durable, no gotea ni se pega.
- El amplio diseño del cuerpo de la válvula permite el flujo sin restricciones.
- Independientemente de la posición en que se instale, horizontal, vertical o inclinada, la Válvula de Retención opera normal y efectivamente.
- Fácil mantención e inspección debido a su diseño simple.
- Presión de trabajo máximo de 150 PSI (10,5 bar).
- El mecanismo de cierre abre con menos de 5 PSI de presión.



# Tubería Hidráulica PVC-U



## Descripción

El sistema para la conducción de agua potable a presión se compone de tuberías y fittings de PVC con amplio rango de diámetros y presiones

nominales.

- Fittings:** Inyectados y conformados
- Diámetros:** desde 20mm a 400 mm
- Presión nominal:** PN8 - PN10 - PN12,5 - PN16
- Sistemas de unión:** Cementar con adhesivo o Unión con campana tipo Anger con lubricante (desde 63 mm)
- Aplicación:** Conducción de agua potable fría en redes domiciliarias y sistemas de riego.

## Dimensiones

| Presión nominal PN basada en el coeficiente de diseño C=2,0 (a) |        |         |         |           |         |           |         |           |         |           |         |           |
|-----------------------------------------------------------------|--------|---------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|
| Diámetro                                                        |        | Campana | PN 6    |           | PN 8    |           | PN 10   |           | PN 12,5 |           | PN 16   |           |
| mm                                                              | NOM.   |         | em (mm) | PESO (kg) | em (mm) | PESO (kg) | em (mm) | PESO (kg) | em (mm) | PESO (kg) | em (mm) | PESO (kg) |
| 20                                                              | 1/2"   | CC      | --      | --        | --      | --        | --      | --        | --      | --        | 1,7     | 0,841     |
| 25                                                              | 3/4"   | CC      | --      | --        | --      | --        | --      | --        | 1,7     | 1,070     | 2,1     | 1,299     |
| 32                                                              | 1"     | CC      | --      | --        | 1,7     | 1,393     | 1,8     | 1,470     | 2,1     | 1,698     | 2,7     | 2,103     |
| 40                                                              | 1 1/4" | CC      | 1,7     | 1,762     | 1,8     | 1,861     | 2,1     | 2,154     | 2,7     | 2,678     | 3,3     | 3,232     |
| 50                                                              | 1 1/2" | CC      | 1,8     | 2,350     | 2,3     | 2,911     | 2,7     | 3,399     | 3,3     | 4,116     | 4,0     | 4,985     |
| 63                                                              | 2"     | CG      | 2,2     | 3,663     | 2,8     | 4,537     | 3,3     | 5,318     | 4,1     | 6,613     | 5,1     | 8,014     |
| 75                                                              | 2 1/2" | CG      | 2,6     | 5,063     | 3,2     | 6,203     | 3,9     | 7,600     | 4,9     | 9,325     | 6,0     | 11,347    |
| 90                                                              | 3"     | CG      | 3,1     | 7,273     | 3,8     | 8,984     | 4,7     | 10,885    | 5,8     | 13,394    | 7,2     | 16,247    |

| Presión nominal PN basada en el coeficiente de diseño C= 2,5 (a) |        |         |         |           |         |           |         |           |         |           |         |           |
|------------------------------------------------------------------|--------|---------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|
| Diámetro                                                         |        | Campana | PN 6    |           | PN 8    |           | PN 10   |           | PN 12,5 |           | PN 16   |           |
| mm                                                               | NOM.   |         | em (mm) | PESO (kg) | em (mm) | PESO (kg) | em (mm) | PESO (kg) | em (mm) | PESO (kg) | em (mm) | PESO (kg) |
| 110                                                              | 4"     | CG      | 3,0     | 8,673     | 3,7     | 10,802    | 4,6     | 13,178    | 5,7     | 16,328    | 7,1     | 19,935    |
| 125                                                              | 4 1/2" | CG      | 3,4     | 11,365    | 4,2     | 13,947    | 5,2     | 16,967    | 6,4     | 20,866    | 7,9     | 25,432    |
| 140                                                              | 5"     | CG      | 3,8     | 14,243    | 4,7     | 17,321    | 5,8     | 21,421    | 7,2     | 26,142    | 8,9     | 31,944    |
| 160                                                              | 6"     | CG      | 4,4     | 18,664    | 5,3     | 22,395    | 6,7     | 28,111    | 8,2     | 34,314    | 10,1    | 41,736    |
| 180                                                              | 6"     | CG      | 4,8     | 22,976    | 5,9     | 28,775    | 7,4     | 35,026    | 9,2     | 43,150    | 11,4    | 52,837    |
| 200                                                              | 8"     | CG      | 5,4     | 28,775    | 6,7     | 35,528    | 8,2     | 43,459    | 10,2    | 53,496    | 12,6    | 65,249    |
| 250                                                              | 8"     | CG      | 6,7     | 44,881    | 8,2     | 54,990    | 10,2    | 67,838    | 12,6    | 82,962    | 15,7    | 101,723   |
| 315                                                              | 12"    | CG      | 8,2     | 70,122    | 10,3    | 87,478    | 12,9    | 108,223   | 15,9    | 132,166   | 19,8    | 162,543   |
| 355                                                              | 14"    | CG      | 9,3     | 89,411    | 11,6    | 110,902   | 14,4    | 137,121   | 17,9    | 168,255   | 22,3    | 207,430   |
| 400                                                              | 16"    | CG      | 10,4    | 113,544   | 13,1    | 141,508   | 16,2    | 174,238   | 20,2    | 214,999   | 25,0    | 262,730   |

### Notas:

em: espesor medio.

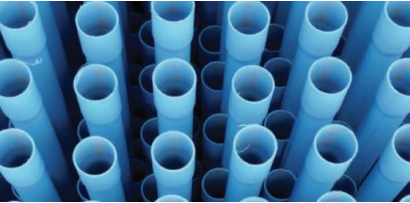
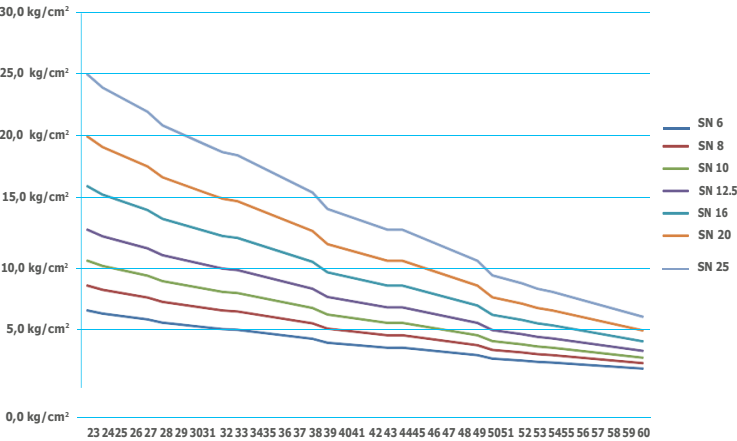
Los espesores nominales de pared cumplen con ISO 4065.

Los valores de PN 6 para s 20 y s 16 se calculan con el número normal 6,3.

Medida tubería 6 metros.

|                                    |                                                                 |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Certificaciones                    | ISO Casco 5                                                     |
| Peso específico                    | 1,36 - 1,40 gr/cm³ a 23°                                        |
| Variación longitudinal max         | 5%                                                              |
| Coefficiente de dilatación térmica | 0,08 mm/°C/m                                                    |
| Inflamabilidad                     | n=0,009 Manning - C=150 Hazen - Williams                        |
| Coefficiente de fricción           | ≥ 80°C                                                          |
| Punto vicat                        | 50/60 ciclos: 4 - 800 ciclos: 3,4 - sobre 1 millón de ciclos: 3 |
| Constante dieléctrica              | 450 - 550 kg/cm²                                                |
| Resistencia a la compresión        | 610 kg/cm²                                                      |
| Resistencia al impacto             | Método ensayo NCh744, sin presentar grietas ni roturas          |
| Resistencia a la flexión           | 100 kg/cm²                                                      |
| Resistencia dieléctrica            | 20 Kw/mm                                                        |
| Absorción de agua                  | Inferior a 4 mg/cm² (NCh769)                                    |
| Módulo de elasticidad              | 30.000 kg/cm²                                                   |
| Conductividad térmica              | 35 • 10² cal • cm / (cm² • S • °C)                              |

| Máxima temperatura de servicio | Multiplicar presión de trabajo de tubería por |
|--------------------------------|-----------------------------------------------|
| C°                             |                                               |
| 23                             | 1,00                                          |
| 27                             | 0,88                                          |
| 32                             | 0,75                                          |
| 38                             | 0,62                                          |
| 43                             | 0,50                                          |
| 49                             | 0,40                                          |
| 54                             | 0,30                                          |
| 60                             | 0,22                                          |



El sistema de tuberías y accesorios hidráulicos, cumple con todos los requisitos normativos actuales, bajo la norma Nch399/2011 y NCh 1721.





CASA MATRIZ: Río Refugio 9652, F: (56) 22598 7000, Pudahuel, Santiago  
SUCURSAL: Antofagasta, Pedro Aguirre Cerda 8236 (56) 22598 7380, Antofagasta, Antofagasta  
SUCURSAL: La Serena, Gerónimo Méndez 1759 F: (56) 22598 7320, Coquimbo, Coquimbo  
SUCURSAL: Viña del Mar, Camino Internacional 5465 F: (56) 22598 7330, Viña del mar, Viña del mar  
SUCURSAL: Santiago Centro, Arauco 627 F: (56) 22598 7300, Santiago, Santiago  
SUCURSAL: Santiago Oriente, Tabancura 1468 F: (56) 22598 7310, Vitacura, Santiago  
SUCURSAL: C. D. Noviciado, Avenida Vizcaya 16700-2, Pudahuel, Santiago  
SUCURSAL: Concepción, Colón 9765 F: (56) 22598 7340, Hualpén, Concepción  
SUCURSAL: Temuco, Av. San Martín 117 Local 101 F: (56) 22598 7350, Temuco, Temuco  
SUCURSAL: Talca, 17 Norte 2680 F: (56) 22598 7393, Talca, Talca  
SUCURSAL: Puerto Montt, Ruta 5 Sur, Km 1025, Megacentro local 5 F: (56) 22598 7360, Puerto Montt, Puerto Montt  
SERVICIO TÉCNICO: Los Maitenes Poniente 1286 F: (56) 22598 7103, Pudahuel, Santiago  
EMail : [ventas@cosmoplas.cl](mailto:ventas@cosmoplas.cl)  
**Rut : 81.187.800-6**

Señor(es)  
CLIENTES VARIOS VIÑA DEL MAR (10000025)  
CAMINO INTERNACIONAL 5465  
VALPARAÍSO / VIÑA DEL MAR  
225987330  
[cliente@cliente.cl](mailto:cliente@cliente.cl)  
**Presente**

Cotización Venta  
Numero 10138876  
viernes, 13 de diciembre de 2024

Estimados señores:  
De acuerdo a lo solicitado, tenemos el agrado de cotizar lo siguiente:

| Código   | Descripción                                | Cant | Precio<br>Lista | Dcto<br>% | Precio<br>Neto | Total                   |
|----------|--------------------------------------------|------|-----------------|-----------|----------------|-------------------------|
| 18180111 | CODO PVC SOLDAR 250MM HIDROTEN             | 1    | \$ 187.804      | 30,00     | 131.463,00     | \$ 131.463              |
| 18000356 | TUBO PRESION 250 MM PN 10 x 6 M            | 3    | \$ 264.379      | 30,00     | 185.065,33     | \$ 555.196              |
| 18000271 | TUBO PRESION 200 MM PN 10 x 6 M            | 2    | \$ 194.440      | 30,00     | 136.108,00     | \$ 272.216              |
| 18210016 | COPLA REPARACION ANGER 250 MM              | 2    | \$ 100.724      | 30,00     | 70.507,00      | \$ 141.014              |
| 18210015 | COPLA REPARACION ANGER 200 MM              | 2    | \$ 59.250       | 30,00     | 41.474,50      | \$ 82.949               |
| 18210039 | REDUCCION LARGA 200MMX160                  | 2    | \$ 21.066       | 30,00     | 14.746,50      | \$ 29.493               |
| 18210038 | REDUCCION LARGA 160MMX140                  | 2    | \$ 13.167       | 30,00     | 9.216,50       | \$ 18.433               |
| 18210040 | REDUCCION LARGA 250MMX200                  | 2    | \$ 52.008       | 30,00     | 36.405,50      | \$ 72.811               |
| 18210039 | REDUCCION LARGA 200MMX160                  | 2    | \$ 21.066       | 30,00     | 14.746,50      | \$ 29.493               |
| 18210036 | REDUCCION LARGA 160MMX110 CEMENTAR         | 2    | \$ 13.167       | 30,00     | 9.217,00       | \$ 18.434               |
| 18180034 | TAPAGORRO CEMENTAR 250 MM                  | 2    | \$ 47.400       | 30,00     | 33.179,50      | \$ 66.359               |
| 18180481 | TERMINAL PVC HE CEM 110 X 4"               | 4    | \$ 4.867        | 30,00     | 3.407,25       | \$ 13.629               |
| 18180129 | TEE PVC SOLDAR 250MM HIDROTEN              | 1    | \$ 233.671      | 30,00     | 163.570,00     | \$ 163.570              |
| 18770096 | K-VALV.CHECK C/FIL.REM CHINA 4"            | 4    | \$ 112.440      | 30,00     | 78.708,00      | \$ 314.832              |
| 18400002 | ADHESIVO TRADICIONAL 470 CC                | 2    | \$ 13.357       | 30,00     | 9.350,00       | \$ 18.700               |
| 18000264 | TUBO PRESION 75 MM PN 10 x 6 M             | 12   | \$ 35.394       | 30,00     | 24.775,50      | \$ 297.306              |
| 18180560 | TAPA GORRO PVC CEM 75 MM                   | 16   | \$ 1.401        | 30,00     | 980,94         | \$ 15.695               |
| 18840016 | VALVULA RETENCION HDPE C/FLANGE DIN 8"     | 2    | \$ 692.902      | 30,00     | 485.031,50     | \$ 970.063              |
| 22060100 | K.VALV.RET.VERT.C/BRIDA Y CANASTILLO 10"   | 4    | \$ 666.087      | 30,00     | 466.261,25     | \$ 1.865.045            |
| 22260050 | ADAPTADOR BRIDA UNIVERSAL DN 200 8<br>PERF | 2    | \$ 61.363       | 30,00     | 42.954,50      | \$ 85.909               |
| 22260051 | ADAPTADOR BRIDA UNIVERSAL DN 250           | 2    | \$ 88.569       | 30,00     | 61.998,00      | \$ 123.996              |
|          |                                            |      |                 |           |                | Valor Neto \$ 5.286.606 |
|          |                                            |      |                 |           |                | IVA \$ 1.004.455        |
|          |                                            |      |                 |           |                | Total \$ 6.291.061      |

#### Condiciones de Venta

Forma de Pago :Efectivo  
Observación :



CASA MATRIZ: Río Refugio 9652, F: (56) 22598 7000, Pudahuel, Santiago  
SUCURSAL: Antofagasta, Pedro Aguirre Cerda 8236 (56) 22598 7380, Antofagasta, Antofagasta  
SUCURSAL: La Serena, Gerónimo Méndez 1759 F: (56) 22598 7320, Coquimbo, Coquimbo  
SUCURSAL: Viña del Mar, Camino Internacional 5465 F: (56) 22598 7330, Viña del mar, Viña del mar  
SUCURSAL: Santiago Centro, Arauco 627 F: (56) 22598 7300, Santiago, Santiago  
SUCURSAL: Santiago Oriente, Tabancura 1468 F: (56) 22598 7310, Vitacura, Santiago  
SUCURSAL: C. D. Noviciado, Avenida Vizcaya 16700-2, Pudahuel, Santiago  
SUCURSAL: Concepción, Colón 9765 F: (56) 22598 7340, Hualpén, Concepción  
SUCURSAL: Temuco, Av. San Martín 117 Local 101 F: (56) 22598 7350, Temuco, Temuco  
SUCURSAL: Talca, 17 Norte 2680 F: (56) 22598 7393, Talca, Talca  
SUCURSAL: Puerto Montt, Ruta 5 Sur, Km 1025, Megacentro local 5 F: (56) 22598 7360, Puerto Montt, Puerto Montt  
SERVICIO TÉCNICO: Los Maitenes Poniente 1286 F: (56) 22598 7103, Pudahuel, Santiago  
EMail : [ventas@cosmoplas.cl](mailto:ventas@cosmoplas.cl)  
**Rut : 81.187.800-6**

Señor(es)  
CLIENTES VARIOS VIÑA DEL MAR (10000025)  
CAMINO INTERNACIONAL 5465  
VALPARAÍSO / VIÑA DEL MAR  
225987330  
cliente@cliente.cl  
**Presente**

**Cotización Venta**  
Numero 10149661  
lunes, 13 de enero de 2025

Estimados señores:  
De acuerdo a lo solicitado, tenemos el agrado de cotizar lo siguiente:

| Código                | Descripción                    | Cant | Precio<br>Lista | Dcto<br>% | Precio<br>Neto | Total      |
|-----------------------|--------------------------------|------|-----------------|-----------|----------------|------------|
| 18180182              | MANGUITO PORTA BRIDA 250MM HID | 2    | \$ 96.627       | 30,00     | 67.639,00      | \$ 135.278 |
| 18880013              | EMPAQUETADURA P/VAL.MARI 250MM | 2    | \$ 23.431       | 30,00     | 16.401,50      | \$ 32.803  |
| 18180199              | BRIDA PVC 250MM HIDROTEN       | 2    | \$ 94.227       | 30,00     | 65.959,00      | \$ 131.918 |
| 18180181              | MANGUITO PORTA BRIDA 200MM HID | 2    | \$ 30.942       | 30,00     | 21.659,50      | \$ 43.319  |
| 18880012              | EMPAQUETADURA P/VAL.MARI 200MM | 2    | \$ 4.547        | 30,00     | 3.183,00       | \$ 6.366   |
| 18180198              | BRIDA PVC 200MM HIDROTEN       | 2    | \$ 29.078       | 30,00     | 20.354,50      | \$ 40.709  |
| Valor Neto \$ 390.393 |                                |      |                 |           |                |            |
| IVA \$ 74.175         |                                |      |                 |           |                |            |
| Total \$ 464.568      |                                |      |                 |           |                |            |

Condiciones de Venta

Forma de Pago :Efectivo

Observación :

Atentos a cualquier consulta al respecto les saluda, muy cordialmente a Uds.

Tapia Cisternas Ignacio

### **Términos Legales en cotizaciones Cosmoplas**

- Esta Cotización tiene una validez de 7 días corridos, luego de ese período debe volver a cotizar.
- Esta cotización no asegura el stock del producto.
- El tipo de cambio en la cotización es de carácter referencial. El tipo de cambio se determinará de acuerdo al valor observado en las fechas de emisión de las facturas.
- Al momento de emitir una orden de compra, debe indicar el número de cotización, la cual debe estar en los mismos términos (Condiciones y moneda) que la cotización. Antes discrepancia de la orden de compra del cliente prevalecerá las condiciones de esta cotización.

**PRESUPUESTO / NP N°022543**

Santiago, 19 de Febrero 2025

Señor  
**Javier Morales**  
Presente

Tenemos el agrado de cotizar lo siguiente:

| PRODUCTO DESCRIPCION                          | CANTIDAD            | Valor Unitario | Total        |
|-----------------------------------------------|---------------------|----------------|--------------|
| Epolon 300lt anticorrosivo epoxico rojo oxido | 1 Galón<br>(3.02lt) | \$69.250.-     | \$ 69.250.-  |
| Catalizador epolon300 ¼ galón                 | ¼ Galón             | \$15.157.-     | \$ 15.157.-  |
| Esmalte epoxico iponlac 331 color parte B     | 1 Galón             | \$119.800.-    | \$ 119.800.- |
| Catalizador epoxico iponlac331 parte A        | 1 Galón             | \$83.600.-     | \$ 83.600.-  |
| <b>MACROPOXY 646 PREP PARTE A</b>             | 1 Galón             | \$114.190.-    | \$ 114.190.- |
| <b>CATALIZ. MACROPOXY 646 - COALTAR 388</b>   | 1 Galón             | \$92.740.-     | \$ 92.740.-  |
| Diluyente epoxico estándar                    | 2 Galón             | \$29.900.-     | \$ 59.800.-  |

**Condiciones generales**

**1. Los valores indicados son más I.V.A.**

**2. Solo despacho.**

**3. Forma de pago transferencia depósito cuenta empresa.**

**4. Validez de Cotización 15 días.**

**5. Plazo de entrega 3 días hábiles color según carta RAL en Stgo. Desde confirmada la transferencia**

Despacho a regiones por pagar Starken, Pullman Cargo o la empresa de transporte que usted indique, cualquier empresa de su preferencia para el traslado a su domicilio.

Dado que no tenemos control o injerencia alguna en el traslado, o posibilidad de observación sobre la manipulación de estos productos no aceptamos responsabilidad alguna sobre daños que se pudieran ocasionar por el mal trato o trato descuidado en el traslado de estos productos, nuestra responsabilidad está limitada solo hasta el momento de la entrega en el transporte

**6. Se menciona en la facturación este número de presupuesto NPN°022543 (considerada nota de pedido) como aceptación de las condiciones generales y observaciones. Adicional a su número de OC**

**Observaciones**

**1. El rendimiento indicado por el fabricante es teórico lo que no es posible precisar debido a las variables que intervienen en el proceso de aplicación cantidad de capas, dilución, tipo de superficie, método de aplicación equipo rodillo brocha, entre otras variables.**

**2. Las personas que por fines particulares o por encargo de alguna empresa usen el producto sin realizar indagaciones adicionales respecto a su idoneidad para el uso previsto lo hacen por su cuenta y riesgo. Sherwin Williams no acepta ninguna responsabilidad sobre el mal uso del producto o ante cualquier pérdida o daño que surja de este mal uso.**



**PERNOSTOCK LIMITADA**  
**RUT: 78.012.550-0**

OFERTA DE VENTA N°

**353.436**



Santiago, 10 de enero 2025

**Señores:** COTIZACION NACIONAL  
**Rut:** 55555555-5  
**Giro:** IMPORTACION Y COMERCIALIZACION  
**Dirección Facturación:** AV LOS LIBERTADORES 16  
**Comuna:** COLINA **Ciudad:** SANTIAGO  
**Teléfono:** +56226366100  
**Referencia:**

**Válida Hasta:** 20/01/2025  
**Forma de Pago:** CONTADO-EFECTIVO  
**Flete:** SIN FLETE  
**Mod. de Entrega:** RETIRA CLIENTE

**Realizada Por:** Fanny Velazquez  
**Vendedor:** 8 ZONA SIN VENTA  
**Correo:** agalaz@pernostock.cl  
**Teléfono:** +56226366170

**At Sr(a):** .  
**Teléfono:**  
**Correo:** ventas@pernostock.cl

| Item | Item Cte                                                                           | Cod. Cliente | Producto                                                     | Cantidad | Precio Unidad | Total (\$) |
|------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------|----------|---------------|------------|
| 1    |   |              | DIN 933 S.S.A4 (316) PERNO HEXAGONAL M22-2.50 X 70 MM.       | 100      | \$ 1.613,71   | 161.371    |
|      |                                                                                    | Entrega:     | 10/01/2025                                                   |          |               |            |
| 2    |   |              | 100 AISI 316 ASME B18.21.1 GOLILLA PLANA 7/8 (23.8X44.4X3.0) | 1        | \$ 25.752,05  | 25.752     |
|      |                                                                                    | Entrega:     | 10/01/2025                                                   |          |               |            |
| 3    |  |              | DIN 934 AISI 316 TUERCA HEXAGONAL M22 -2.50                  | 100      | \$ 509,38     | 50.938     |
|      |                                                                                    | Entrega:     | 10/01/2025                                                   |          |               |            |

|                 |            |
|-----------------|------------|
| <b>Subtotal</b> | \$ 238.061 |
| <b>IVA</b>      | \$ 45.232  |
| <b>Total</b>    | \$ 283.293 |

**Monto mínimo de facturación \$100.000 Neto.**

**Por favor indicar este número de oferta en su orden de compra.**

Esta oferta puede incluir productos en stock y por llegar. Por favor revisar fecha de entrega para cada ítem.

Si un producto no es ofertado, éste no se encuentra en stock o no forma parte de nuestra línea de productos.

Plazo de entrega puede variar según fecha de recepción de su orden de compra. Ésta oferta de venta no reserva stock.

Precios válidos solo por los productos incluidos en esta oferta. Las imágenes son referenciales

**Aceptación de Cliente:**

**Nombre:** \_\_\_\_\_ **RUT:** \_\_\_\_\_ **Fecha:** \_\_\_\_\_ **Firma:** \_\_\_\_\_

# PLASTIGEN

Soluciones en Polímeros

R.U.T.96.501.500-0  
COTIZACIÓN  
Activa  
N° QUO-55873-J4R7R4

**Señores** : UNIVERSIDAD TEC. F. SANTA MARIA  
(valparai)  
**Dirección** : AVDA. ESPAÑA #1680  
**Ciudad** : VALPARAISO  
**Rut** : 81668700-4-06  
**At** :

**Fecha** : 14-03-25 19:30  
**Vendedor** : Karen Helena Castellanos García  
**Cod. Vend.** : KCG  
**Fono** :  
**Email** : kcastellanos@plastigen.cl

| Item    | Description                                  | Unid. | Cant. | Precio Unit. | Desc. | Precio Unit. c/ Desc. | Total     |
|---------|----------------------------------------------|-------|-------|--------------|-------|-----------------------|-----------|
| TCBB230 | TECHNYL BLANCO BARRA<br>DIAM.230 mm Med 50CM | UND   | 1     | \$515.844    | 0%    | \$515.844             | \$515.844 |

Válidez : 15 Dias

Condición de pago : A convenir

Plazo de entrega : A confirmar una vez  
recepcionada la Orden Compra

Obs :

Vendedor  
Karen Helena Castellanos García

|               |           |
|---------------|-----------|
| Subtotal      | \$515.844 |
| Desc ( 0,00%) | \$0       |
| Neto          | \$515.844 |
| IVA           | \$98.010  |
| TOTAL         | \$613.854 |

Nota: Emitir pagos a Nombre de Plastigen SpA

WWW. PLASTIGEN.CL

## SUCURSALES :

### Casa Matriz

Lo. Boza 370, Pudahuel  
Fono: 2 2332 3900  
2 2222 2666  
ventas@plastigen.cl

### Quilicura

Av. Américo Vespucio 0850  
Bodega Central-Quilicura  
Fono: 2 2332 3952  
2 2332 3949  
quilicura@plastigen.cl

### Cerrillos

Camino Melipilla 7003  
Fono: 2 2332 3917  
2 2332 4004  
cerrillos@plastigen.cl

### Viña del Mar

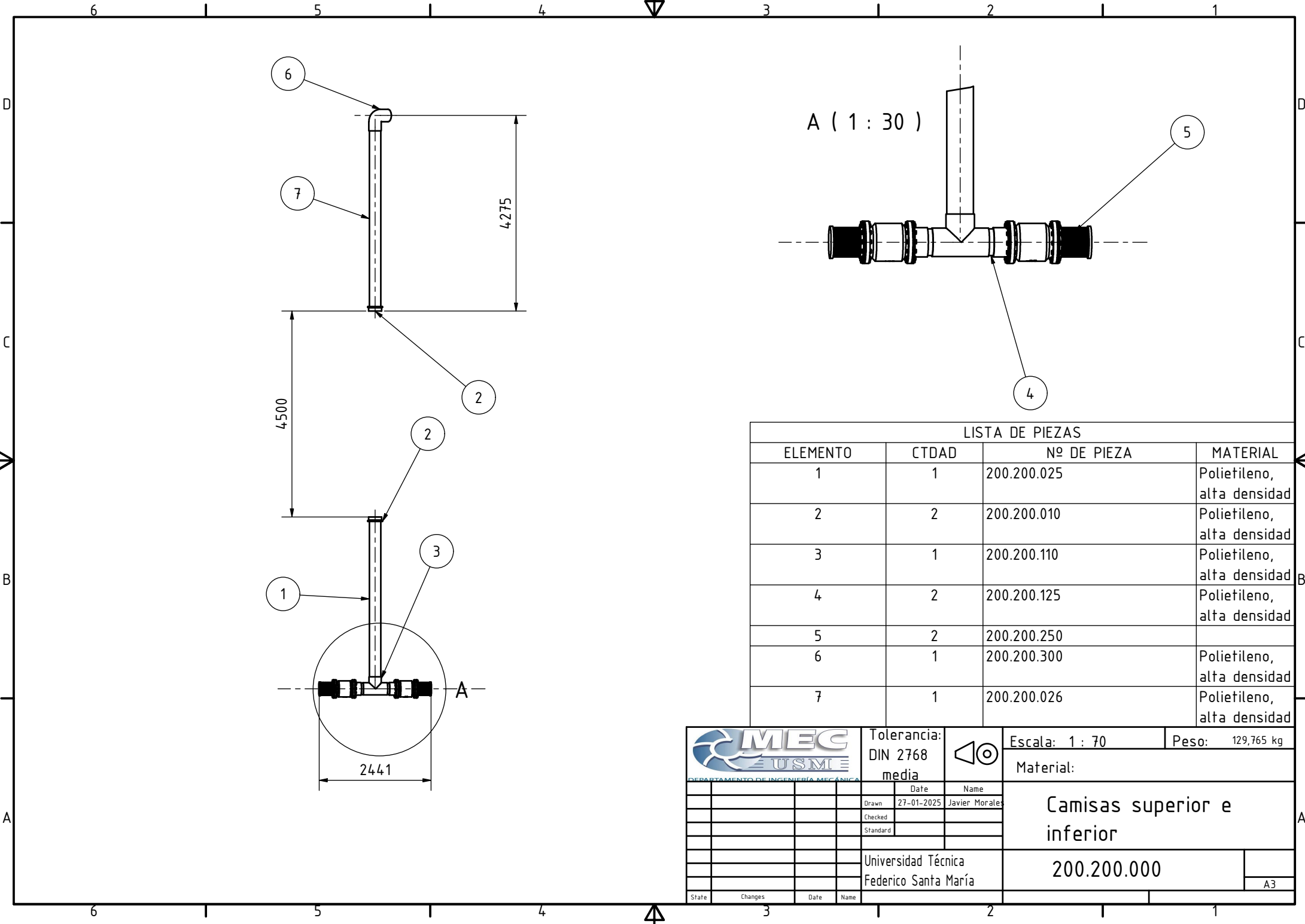
Calle Quillota 801  
Fono: 2 2332 3976  
2 2332 3977  
vinadelmar@plastigen.cl

### Curicó

Av. Manso de Velasco 327  
Fono: 2 2332 3980  
2 2332 3981  
curico@plastigen.cl

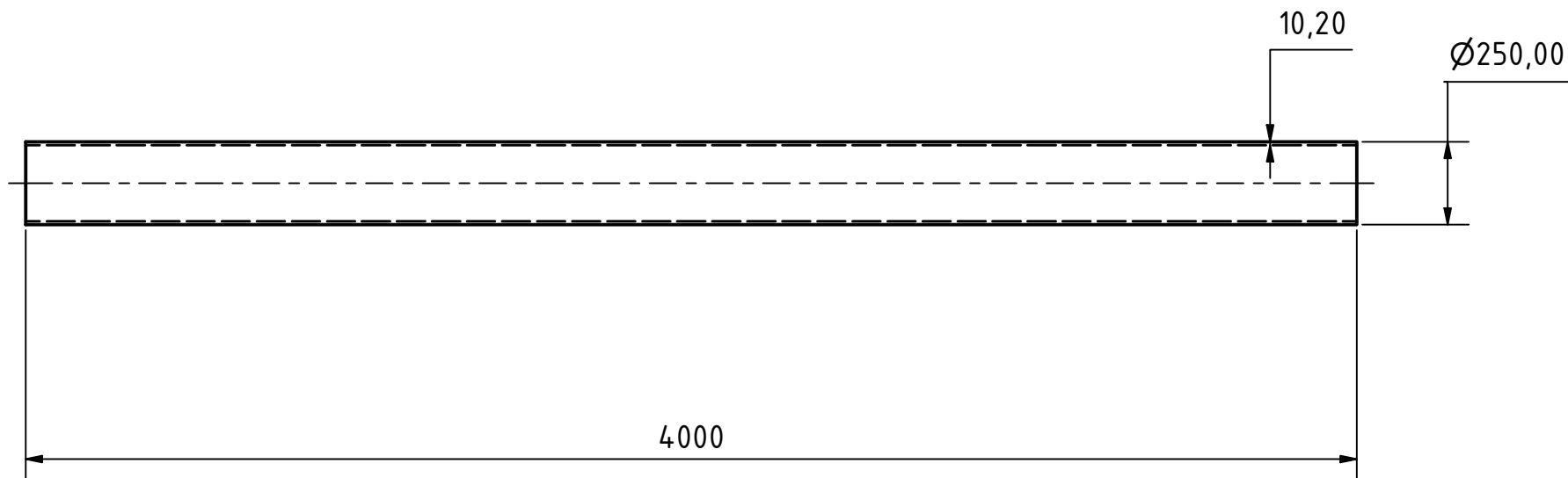
# Planos



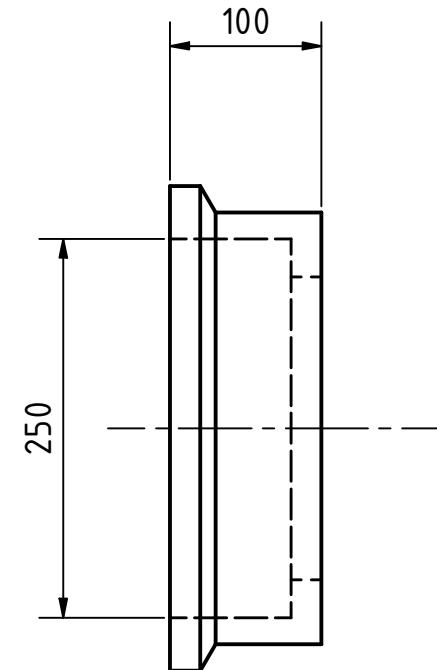
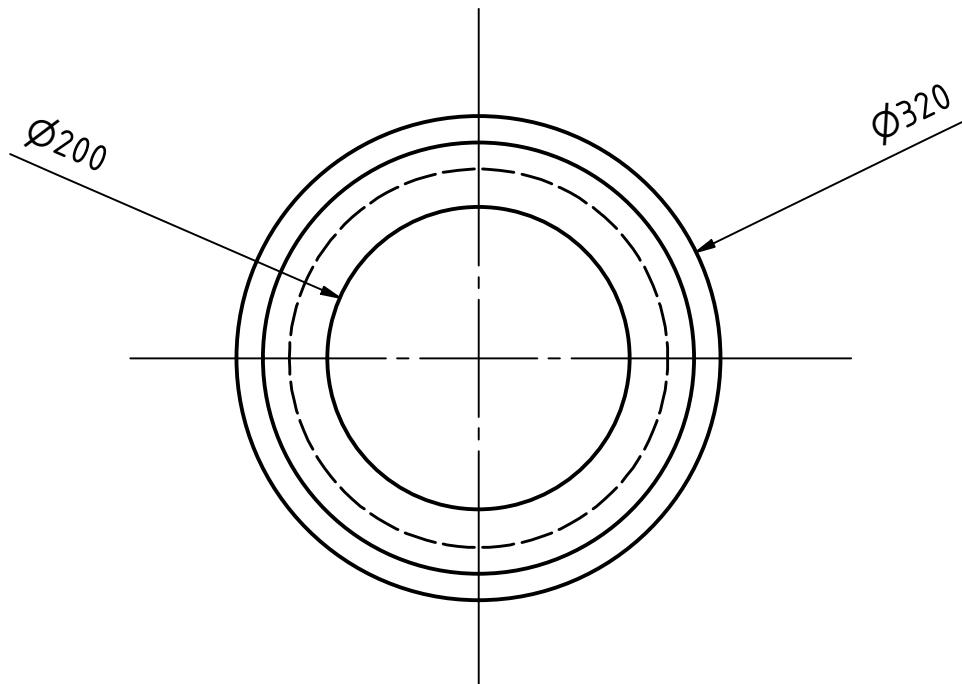


| LISTA DE PIEZAS |       |             |                            |
|-----------------|-------|-------------|----------------------------|
| ELEMENTO        | CTDAD | Nº DE PIEZA | MATERIAL                   |
| 1               | 1     | 200.200.025 | Polietileno, alta densidad |
| 2               | 2     | 200.200.010 | Polietileno, alta densidad |
| 3               | 1     | 200.200.110 | Polietileno, alta densidad |
| 4               | 2     | 200.200.125 | Polietileno, alta densidad |
| 5               | 2     | 200.200.250 |                            |
| 6               | 1     | 200.200.300 | Polietileno, alta densidad |
| 7               | 1     | 200.200.026 | Polietileno, alta densidad |

|                                                                                                                                                                         |  |                                          |  |                                                                                       |                |                  |                |         |  |  |          |  |  |                             |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------|----------------|---------|--|--|----------|--|--|-----------------------------|--|
| <br>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA                                            |  | Tolerancia: DIN 2768 media               |  |  | Escala: 1 : 70 | Peso: 129,765 kg |                |         |  |  |          |  |  |                             |  |
|                                                                                                                                                                         |  | Date: 27-01-2025<br>Name: Javier Morales |  |                                                                                       | Material:      |                  |                |         |  |  |          |  |  |                             |  |
| <table><tr><td>Drawn</td><td>27-01-2025</td><td>Javier Morales</td></tr><tr><td>Checked</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Standard</td><td></td><td></td></tr></table> |  |                                          |  |                                                                                       | Drawn          | 27-01-2025       | Javier Morales | Checked |  |  | Standard |  |  | Camisas superior e inferior |  |
|                                                                                                                                                                         |  |                                          |  |                                                                                       | Drawn          | 27-01-2025       | Javier Morales |         |  |  |          |  |  |                             |  |
|                                                                                                                                                                         |  |                                          |  |                                                                                       | Checked        |                  |                |         |  |  |          |  |  |                             |  |
| Standard                                                                                                                                                                |  |                                          |  |                                                                                       |                |                  |                |         |  |  |          |  |  |                             |  |
| Universidad Técnica Federico Santa María                                                                                                                                |  | 200.200.000                              |  |                                                                                       |                |                  |                |         |  |  |          |  |  |                             |  |
| State: Changes: Date: Name:                                                                                                                                             |  |                                          |  |                                                                                       |                |                  |                |         |  |  |          |  |  |                             |  |
|                                                                                                                                                                         |  |                                          |  |                                                                                       | A3             |                  |                |         |  |  |          |  |  |                             |  |



|                                                                                                                             |         |      |      |             |  |                                                                                       |                                      |                          |                 |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------|------|-------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|-----------------|--|
| <br>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA |         |      |      | Tolerancia: |  |  | Escala: 1 : 20                       |                          | Peso: 29,261 kg |  |
|                                                                                                                             |         |      |      | DIN 2768    |  |                                                                                       | Material: Polietileno, alta densidad |                          |                 |  |
|                                                                                                                             |         |      |      | Date        |  | Name                                                                                  |                                      | CAMISA 250MM<br>SUPERIOR |                 |  |
|                                                                                                                             |         |      |      | 27-01-2025  |  | Javier Morales                                                                        |                                      |                          |                 |  |
|                                                                                                                             |         |      |      | Checked     |  |                                                                                       |                                      |                          |                 |  |
|                                                                                                                             |         |      |      | Standard    |  |                                                                                       |                                      |                          |                 |  |
|                                                                                                                             |         |      |      |             |  |                                                                                       |                                      | 200.200.026              |                 |  |
|                                                                                                                             |         |      |      |             |  |                                                                                       |                                      |                          |                 |  |
|                                                                                                                             |         |      |      |             |  |                                                                                       |                                      |                          |                 |  |
|                                                                                                                             |         |      |      |             |  |                                                                                       |                                      | A4                       |                 |  |
| State                                                                                                                       | Changes | Date | Name |             |  |                                                                                       |                                      |                          |                 |  |



Tolerancia:  
DIN 2768  
media



Escala: 1 : 5

Peso: 2,131 kg

Material: Polietileno, alta densidad

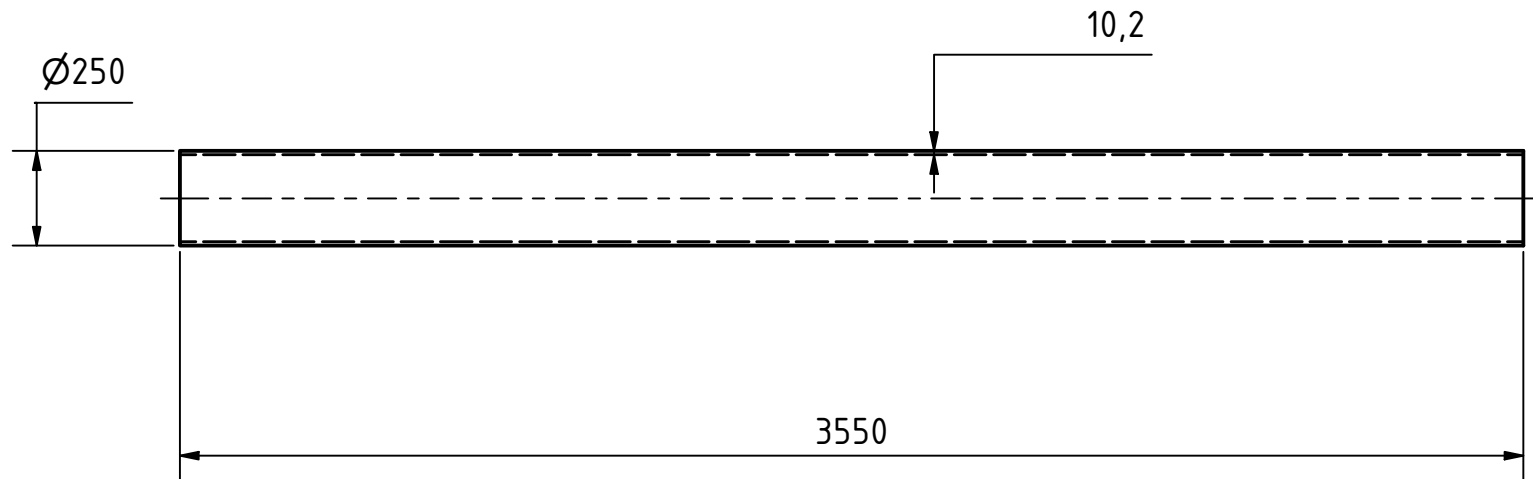
TAPAS 250MM  
PERFORADAS

200.200.010

A4

| State | Changes | Date | Name |
|-------|---------|------|------|
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |

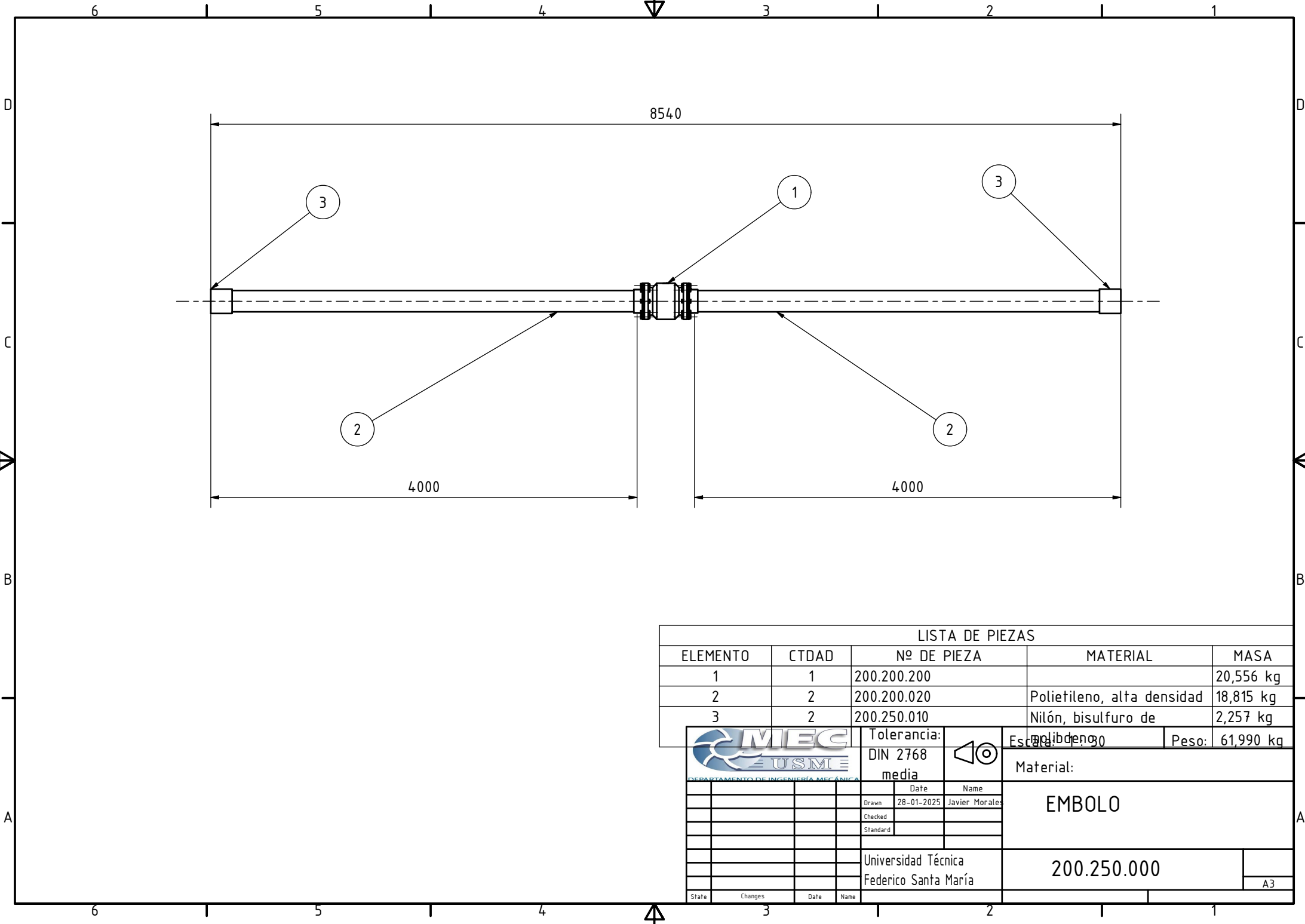
| Drawn                                       | Date | Name |
|---------------------------------------------|------|------|
|                                             |      |      |
| Checked                                     |      |      |
| Standard                                    |      |      |
| Universidad Técnica<br>Federico Santa María |      |      |



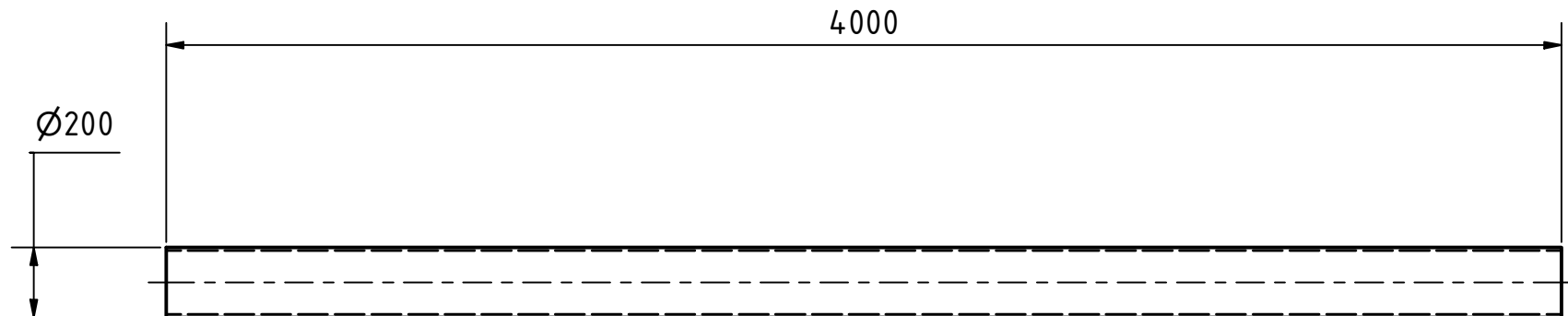
|                                                                                                                             |         |      |      |                      |            |                                                                                       |                                      |  |                 |  |                |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------|------|----------------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--|-----------------|--|----------------|--|
| <br>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA |         |      |      | Tolerancia:          |            |  | Escala: 1 : 20                       |  | Peso: 25,970 kg |  |                |  |
|                                                                                                                             |         |      |      | DIN 2768             |            |                                                                                       | Material: Polietileno, alta densidad |  |                 |  |                |  |
|                                                                                                                             |         |      |      | Date                 | Name       |                                                                                       | Camisa 250MM<br>INFERIOR             |  |                 |  |                |  |
|                                                                                                                             |         |      |      | Drawn                | 27-01-2025 |                                                                                       |                                      |  |                 |  | Javier Morales |  |
|                                                                                                                             |         |      |      | Checked              |            |                                                                                       |                                      |  |                 |  |                |  |
|                                                                                                                             |         |      |      | Standard             |            |                                                                                       |                                      |  |                 |  |                |  |
|                                                                                                                             |         |      |      | Universidad Técnica  |            |                                                                                       | 200.200.025                          |  |                 |  |                |  |
|                                                                                                                             |         |      |      | Federico Santa María |            |                                                                                       |                                      |  |                 |  |                |  |
|                                                                                                                             |         |      |      |                      |            |                                                                                       | A4                                   |  |                 |  |                |  |
| State                                                                                                                       | Changes | Date | Name |                      |            |                                                                                       |                                      |  |                 |  |                |  |



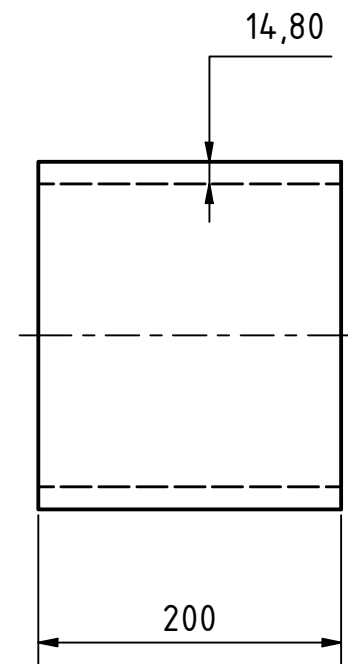
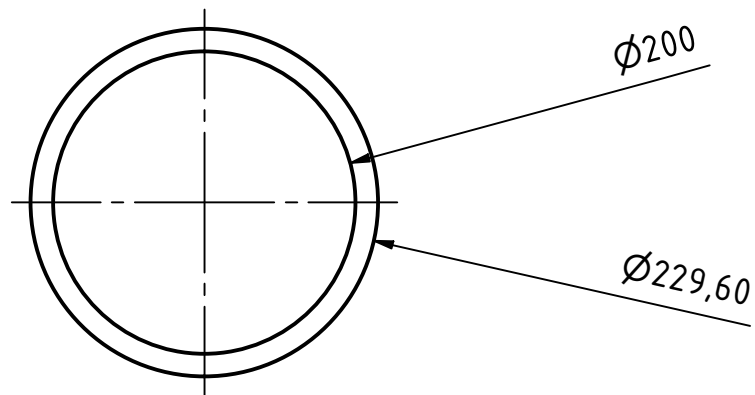




| LISTA DE PIEZAS |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|-----------------|--|----------|-------------|--|----------------------------|--|--------------|-----------|-----------------|--|
| ELEMENTO        |  | CTDAD    | Nº DE PIEZA |  | MATERIAL                   |  |              | MASA      |                 |  |
| 1               |  | 1        | 200.200.200 |  |                            |  |              | 20,556 kg |                 |  |
| 2               |  | 2        | 200.200.020 |  | Polietileno, alta densidad |  |              | 18,815 kg |                 |  |
| 3               |  | 2        | 200.250.010 |  | Nilón, bisulfuro de        |  |              | 2,257 kg  |                 |  |
|                 |  |          | Tolerancia: |  |                            |  | Escala: 1:20 |           | Peso: 61,990 kg |  |
|                 |  |          | DIN 2768    |  |                            |  | Material:    |           |                 |  |
|                 |  |          | media       |  | Date                       |  | Name         |           | EMBOLO          |  |
|                 |  |          |             |  | Drawn                      |  | 28-01-2025   |           |                 |  |
|                 |  | Checked  |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  | Standard |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |
|                 |  |          |             |  |                            |  |              |           |                 |  |

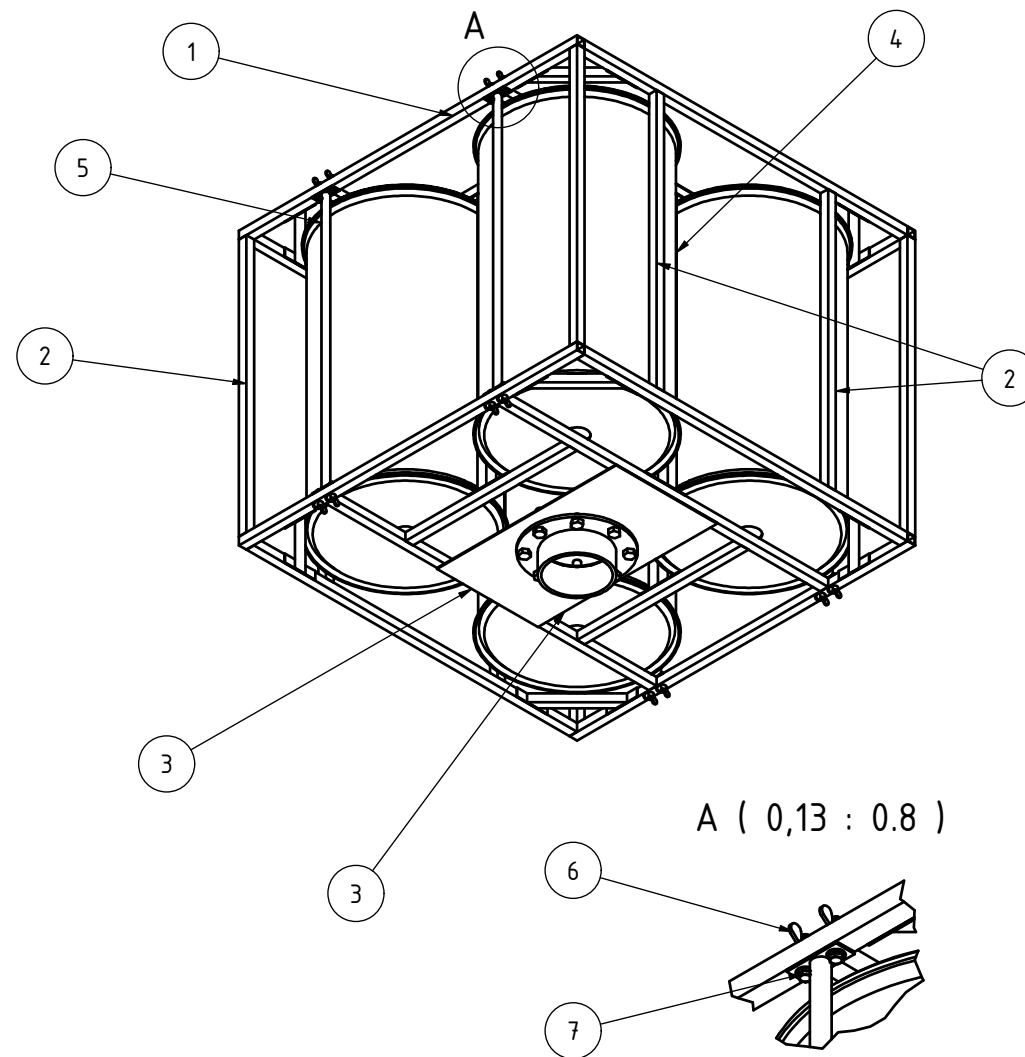
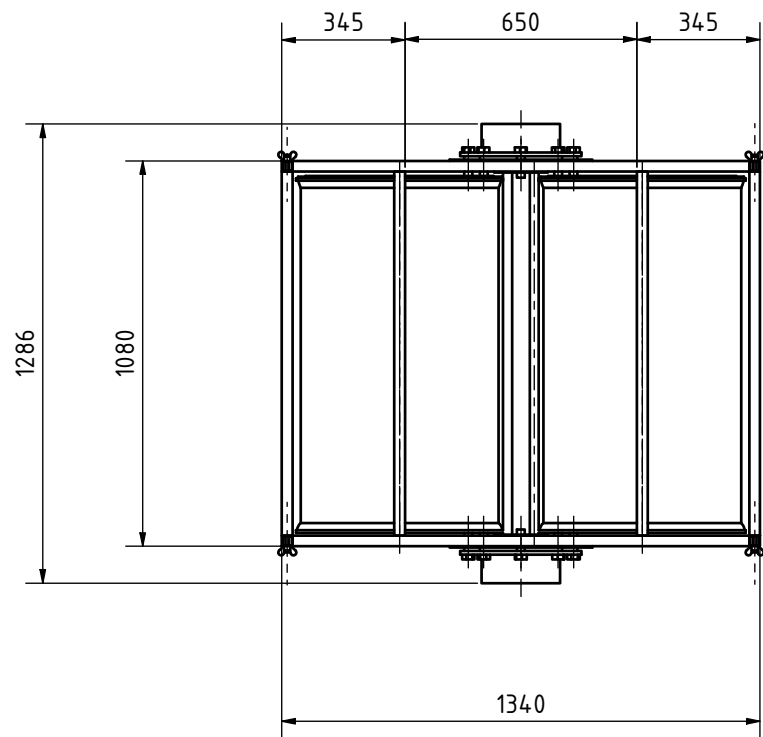


|                                                                                                                             |         |      |      |                      |                           |                                                                                       |                                      |  |                 |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------|------|----------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--|-----------------|--|
| <br>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA |         |      |      | Tolerancia:          |                           |  | Escala: 1 : 20                       |  | Peso: 18,815 kg |  |
|                                                                                                                             |         |      |      | DIN 2768             |                           |                                                                                       | Material: Polietileno, alta densidad |  |                 |  |
|                                                                                                                             |         |      |      | Date                 | Name                      |                                                                                       | Tubería émbolo                       |  |                 |  |
|                                                                                                                             |         |      |      | Drawn                | 22-02-2025 Javier Morales |                                                                                       |                                      |  |                 |  |
|                                                                                                                             |         |      |      | Checked              |                           |                                                                                       |                                      |  |                 |  |
|                                                                                                                             |         |      |      | Standard             |                           |                                                                                       |                                      |  |                 |  |
|                                                                                                                             |         |      |      |                      |                           |                                                                                       |                                      |  |                 |  |
|                                                                                                                             |         |      |      | Universidad Técnica  |                           |                                                                                       | 200.200.020                          |  |                 |  |
|                                                                                                                             |         |      |      | Federico Santa María |                           |                                                                                       |                                      |  |                 |  |
|                                                                                                                             |         |      |      |                      |                           |                                                                                       | A4                                   |  |                 |  |
| State                                                                                                                       | Changes | Date | Name |                      |                           |                                                                                       |                                      |  |                 |  |



|       |         |      |      |                                             |            |               |                                         |  |                |  |                |
|-------|---------|------|------|---------------------------------------------|------------|---------------|-----------------------------------------|--|----------------|--|----------------|
|       |         |      |      | Tolerancia:<br>DIN 2768<br>media            |            |               | Escala: 1 : 5                           |  | Peso: 2,257 kg |  |                |
|       |         |      |      |                                             |            |               | Material: Nilón, bisulfuro de molibdeno |  |                |  |                |
|       |         |      |      | Date                                        | Name       | Camisa embolo |                                         |  |                |  |                |
|       |         |      |      | Drawn                                       | 23-02-2025 |               |                                         |  |                |  | Javier Morales |
|       |         |      |      | Checked                                     |            |               |                                         |  |                |  |                |
|       |         |      |      | Standard                                    |            |               |                                         |  |                |  |                |
|       |         |      |      |                                             |            |               |                                         |  |                |  |                |
|       |         |      |      | Universidad Técnica<br>Federico Santa María |            |               | 200.250.010                             |  |                |  |                |
|       |         |      |      |                                             |            |               |                                         |  |                |  |                |
|       |         |      |      |                                             |            |               |                                         |  |                |  |                |
| State | Changes | Date | Name |                                             |            |               |                                         |  | A4             |  |                |





LISTA DE PIEZAS

| ELEMENTO | CTDAD | Nº DE PIEZA         | MASA      |
|----------|-------|---------------------|-----------|
| 1        | 2     | 200.310.000         | 18,438 kg |
| 2        | 8     | 200.310.040         | 1,794 kg  |
| 3        | 2     | 200.350.000         | 10,059 kg |
| 4        | 4     | 200.110.000         | 3,933 kg  |
| 5        | 4     | 200.100.000         | 1,966 kg  |
| 6        | 16    | CNS 4373 - M 10     | 0,036 kg  |
| 7        | 16    | DIN 6921 - M10 x 50 | 0,049 kg  |
| 8        | 4     | 100.200.004         | 19,067 kg |



Tolerancia:  
DIN 2768  
media



Escala: 1 : 15

Peso: 172,572  
kg

Material:

Jaula flotadores

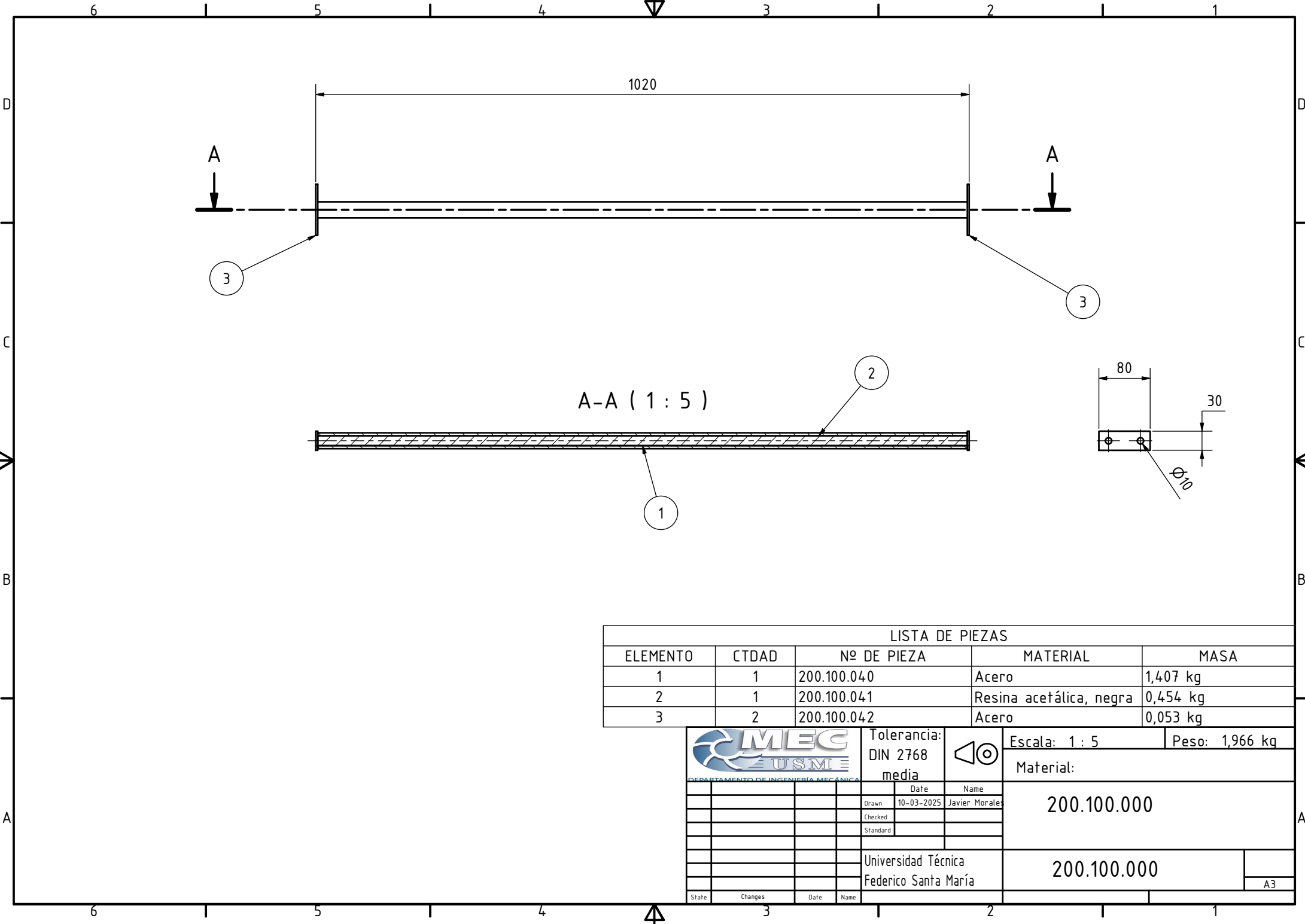
Drawn: 22-02-2025, Javier Morales  
Checked:  
Standard:

Universidad Técnica  
Federico Santa María

200.300.000

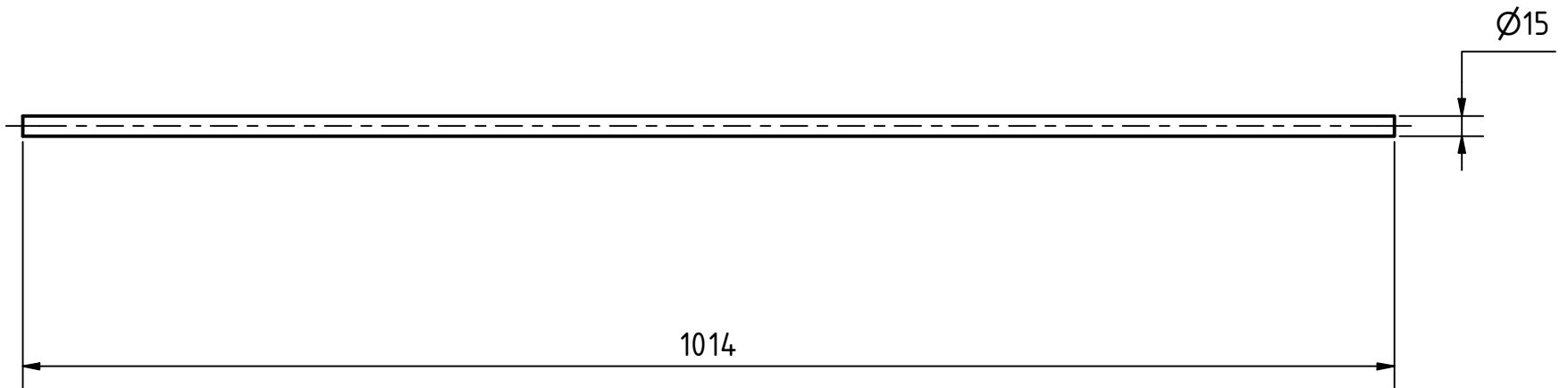
A3

State: Changes: Date: Name:

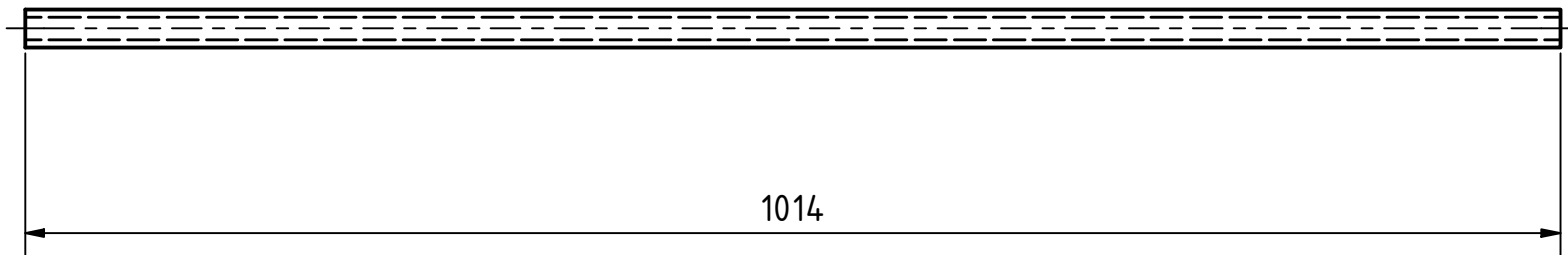


| LISTA DE PIEZAS |       |             |                         |          |
|-----------------|-------|-------------|-------------------------|----------|
| ELEMENTO        | CTDAD | Nº DE PIEZA | MATERIAL                | MASA     |
| 1               | 1     | 200.100.040 | Acero                   | 1,407 kg |
| 2               | 1     | 200.100.041 | Resina acetática, negra | 0,454 kg |
| 3               | 2     | 200.100.042 | Acero                   | 0,053 kg |

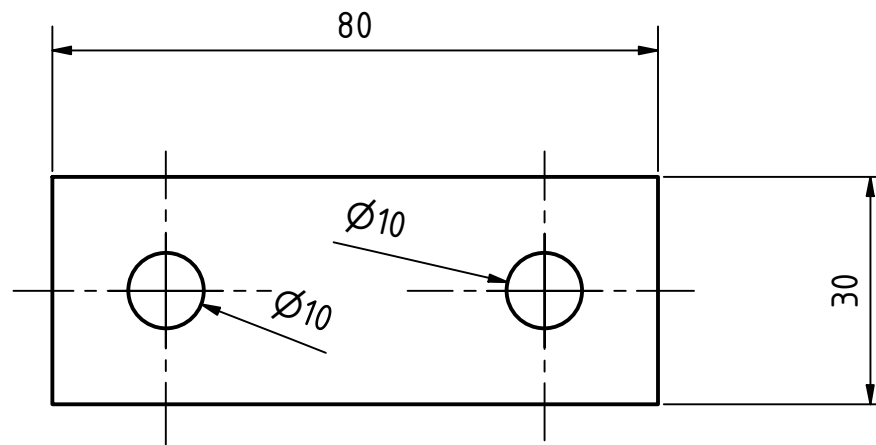
|                                                                                                                              |                                  |      |                                                                                       |               |                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------|
| <br>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA | Tolerancia:<br>DIN 2768<br>media |      |  | Escala: 1 : 5 | Peso: 1,966 kg |
|                                                                                                                              |                                  |      |                                                                                       | Material:     |                |
|                                                                                                                              |                                  |      |                                                                                       | 200.100.000   |                |
|                                                                                                                              |                                  |      |                                                                                       |               |                |
|                                                                                                                              |                                  |      |                                                                                       |               |                |
|                                                                                                                              |                                  |      |                                                                                       | 200.100.000   |                |
|                                                                                                                              |                                  |      |                                                                                       | A3            |                |
| State                                                                                                                        | Changes                          | Date | Name                                                                                  |               |                |



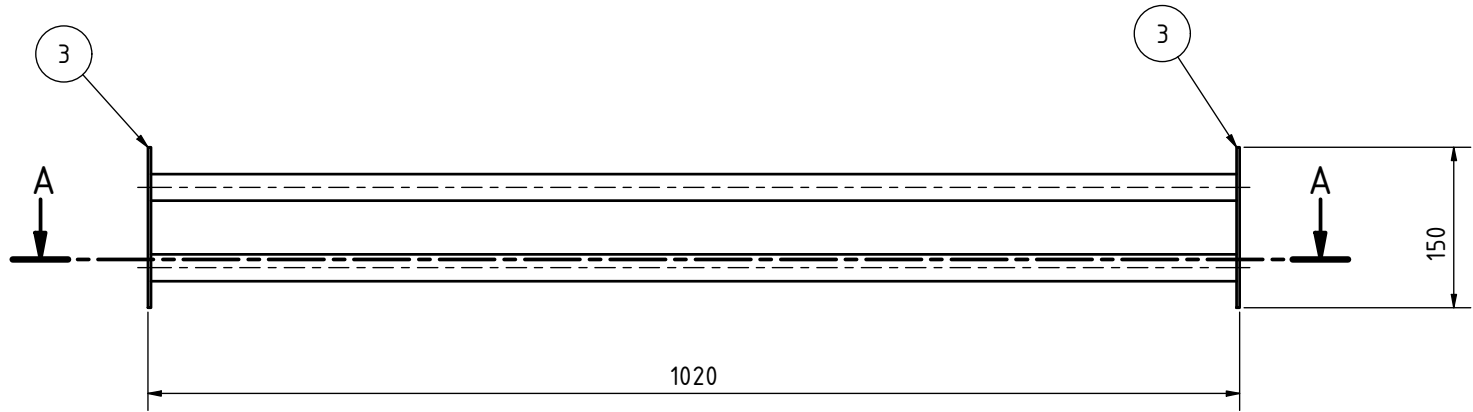
|                                                                                      |         |      |      |                                             |  |                                                                                       |                 |             |                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------|------|------|---------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------|----------------|----|
|  |         |      |      | Tolerancia:<br>DIN 2768<br>media            |  |  | Escala: 1 : 5   |             | Peso: 1,407 kg |    |
|                                                                                      |         |      |      |                                             |  |                                                                                       | Material: Acero |             |                |    |
|                                                                                      |         |      |      | Date                                        |  | Name                                                                                  |                 | 200.100.040 |                |    |
|                                                                                      |         |      |      | Drawn 10-03-2025                            |  | Javier Morales                                                                        |                 |             |                |    |
|                                                                                      |         |      |      | Checked                                     |  |                                                                                       |                 |             |                |    |
|                                                                                      |         |      |      | Standard                                    |  |                                                                                       |                 |             |                |    |
|                                                                                      |         |      |      |                                             |  |                                                                                       |                 | 200.100.040 |                |    |
|                                                                                      |         |      |      |                                             |  |                                                                                       |                 |             |                |    |
|                                                                                      |         |      |      |                                             |  |                                                                                       |                 |             |                |    |
|                                                                                      |         |      |      | Universidad Técnica<br>Federico Santa María |  |                                                                                       |                 | 200.100.040 |                | A4 |
| State                                                                                | Changes | Date | Name |                                             |  |                                                                                       |                 |             |                |    |



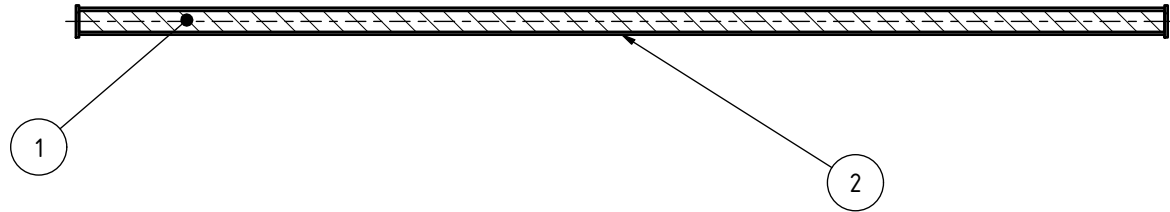
|                                                                                                                             |         |      |      |                                             |            |                                                                                       |                                   |  |                |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------|------|---------------------------------------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|--|----------------|----|
| <br>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA |         |      |      | Tolerancia:<br>DIN 2768<br>media            |            |  | Escala: 1 : 5                     |  | Peso: 0,454 kg |    |
|                                                                                                                             |         |      |      |                                             |            |                                                                                       | Material: Resina acetálica, negra |  |                |    |
|                                                                                                                             |         |      |      | Drawn                                       | 10-03-2025 | Javier Morales                                                                        | Recubrimiento<br>barras           |  |                |    |
|                                                                                                                             |         |      |      | Checked                                     |            |                                                                                       |                                   |  |                |    |
|                                                                                                                             |         |      |      | Standard                                    |            |                                                                                       |                                   |  |                |    |
|                                                                                                                             |         |      |      |                                             |            |                                                                                       |                                   |  |                |    |
|                                                                                                                             |         |      |      | Universidad Técnica<br>Federico Santa María |            |                                                                                       | 200.100.041                       |  |                |    |
| State                                                                                                                       | Changes | Date | Name |                                             |            |                                                                                       |                                   |  |                | A4 |



|                                                                                      |         |      |      |                      |  |                                                                                       |                 |                                   |                |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------|------|------|----------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------|----------------|--|
|  |         |      |      | Tolerancia:          |  |  | Escala: 1 : 1   |                                   | Peso: 0,053 kg |  |
|                                                                                      |         |      |      | DIN 2768             |  |                                                                                       | Material: Acero |                                   |                |  |
|                                                                                      |         |      |      | Date                 |  | Name                                                                                  |                 | Pletina puerta<br>tuerca mariposa |                |  |
|                                                                                      |         |      |      | 10-03-2025           |  | Javier Morales                                                                        |                 |                                   |                |  |
|                                                                                      |         |      |      | Checked              |  |                                                                                       |                 |                                   |                |  |
|                                                                                      |         |      |      | Standard             |  |                                                                                       |                 |                                   |                |  |
|                                                                                      |         |      |      |                      |  |                                                                                       |                 | 200.100.042                       |                |  |
|                                                                                      |         |      |      |                      |  |                                                                                       |                 |                                   |                |  |
|                                                                                      |         |      |      |                      |  |                                                                                       |                 |                                   |                |  |
|                                                                                      |         |      |      | Universidad Técnica  |  |                                                                                       |                 | A4                                |                |  |
|                                                                                      |         |      |      | Federico Santa María |  |                                                                                       |                 |                                   |                |  |
| State                                                                                | Changes | Date | Name |                      |  |                                                                                       |                 |                                   |                |  |

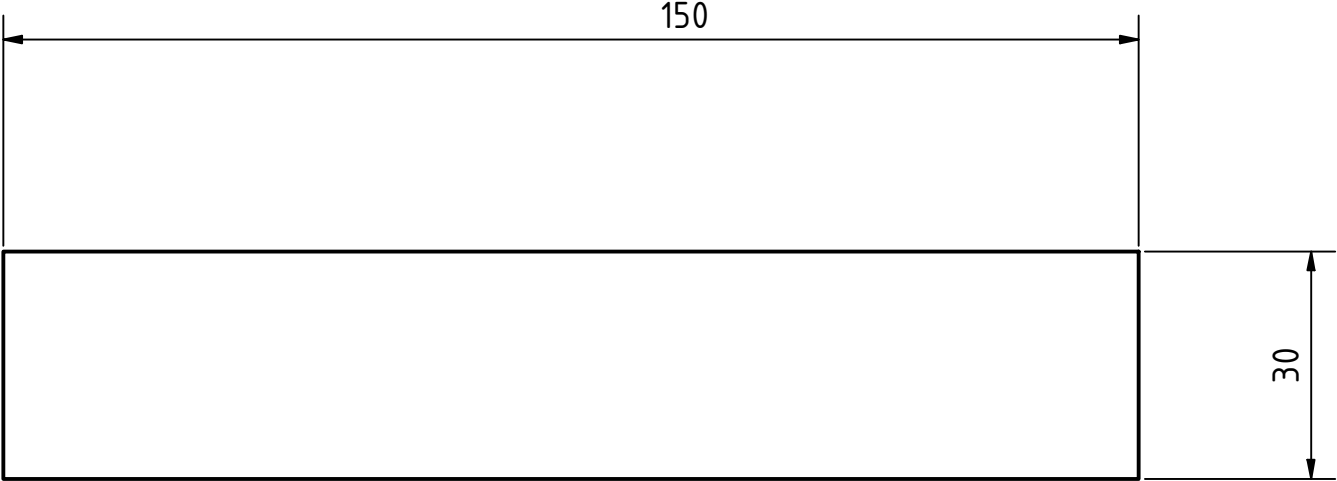


A-A ( 1 : 5 )



| LISTA DE PIEZAS |       |             |          |                         |
|-----------------|-------|-------------|----------|-------------------------|
| ELEMENTO        | CTDAD | Nº DE PIEZA | MASA     | MATERIAL                |
| 1               | 2     | 200.100.040 | 1,407 kg | Acero                   |
| 2               | 2     | 200.100.041 | 0,454 kg | Resina acetática, negra |
| 3               | 2     | 200.100.043 | 0,106 kg | Acero                   |

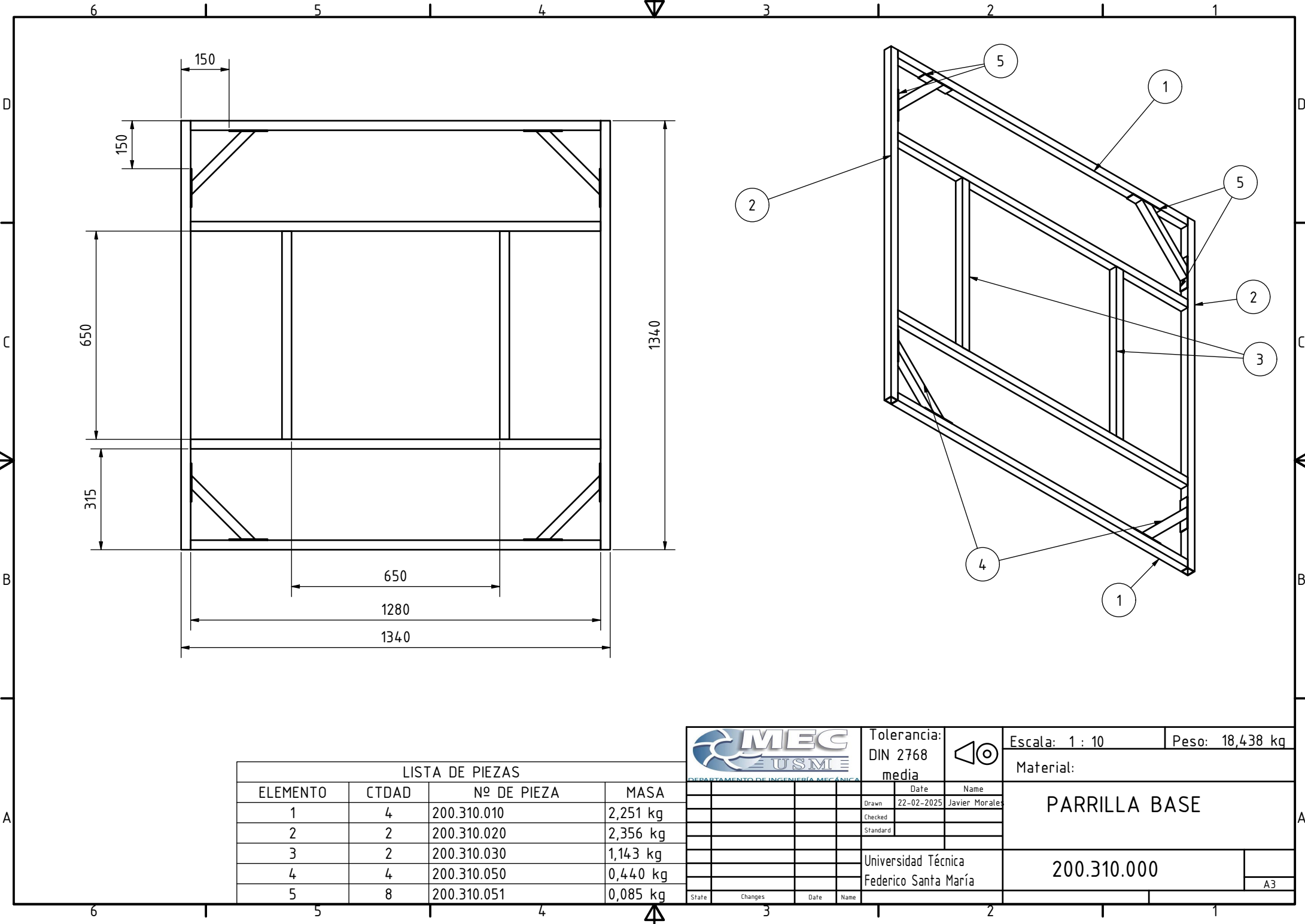
|                                                                                                                              |         |      |      |                                             |            |                                                                                       |             |               |  |                |    |                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------|------|---------------------------------------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------|--|----------------|----|----------------|
| <br>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA |         |      |      | Tolerancia:<br>DIN 2768<br>media            |            |  |             | Escala: 1 : 5 |  | Peso: 3,933 kg |    |                |
|                                                                                                                              |         |      |      |                                             |            |                                                                                       |             | Material:     |  |                |    |                |
|                                                                                                                              |         |      |      | Date                                        | Name       | Barrotes centrales<br>jaula                                                           |             |               |  |                |    |                |
|                                                                                                                              |         |      |      | Drawn                                       | 10-03-2025 |                                                                                       |             |               |  |                |    | Javier Morales |
|                                                                                                                              |         |      |      | Checked                                     |            |                                                                                       |             |               |  |                |    |                |
|                                                                                                                              |         |      |      | Standard                                    |            |                                                                                       |             |               |  |                |    |                |
|                                                                                                                              |         |      |      | Universidad Técnica<br>Federico Santa María |            |                                                                                       | 200.110.000 |               |  |                |    |                |
|                                                                                                                              |         |      |      |                                             |            |                                                                                       |             |               |  |                | A3 |                |
| State                                                                                                                        | Changes | Date | Name |                                             |            |                                                                                       |             |               |  |                |    |                |

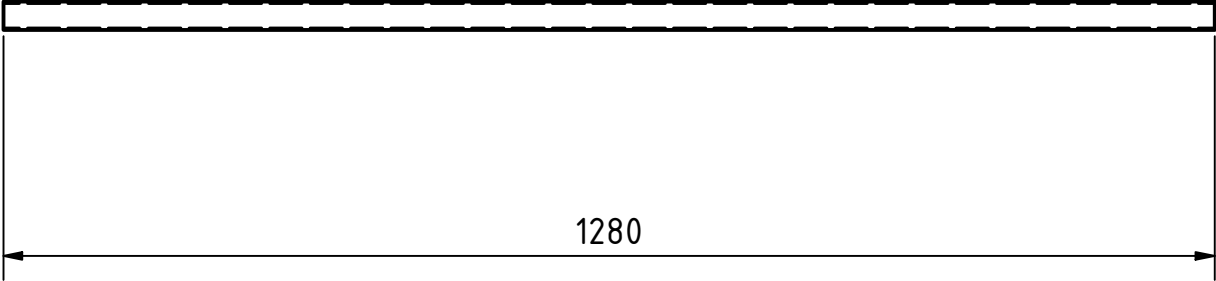


| State | Changes | Date | Name |
|-------|---------|------|------|
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |

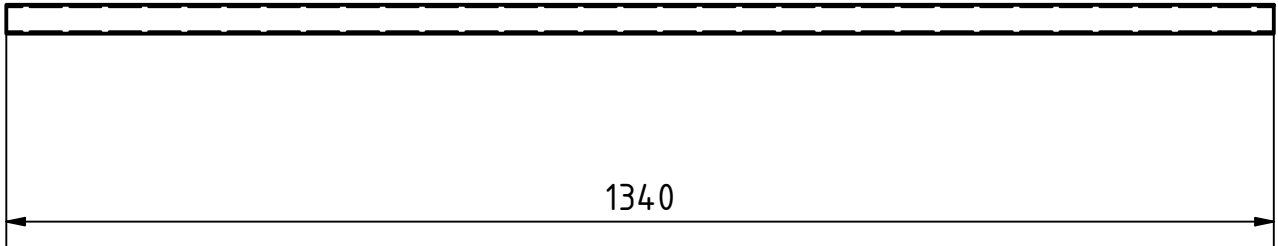
|                                             |            |                |  |
|---------------------------------------------|------------|----------------|--|
| Tolerancia:<br>DIN 2768<br>media            |            |                |  |
|                                             | Date       | Name           |  |
| Drawn                                       | 10-03-2025 | Javier Morales |  |
| Checked                                     |            |                |  |
| Standard                                    |            |                |  |
| Universidad Técnica<br>Federico Santa María |            |                |  |

|                                    |                |
|------------------------------------|----------------|
| Escala: 1 : 1                      | Peso: 0,106 kg |
| Material: Acero                    |                |
| Pletina barras<br>interiores jaula |                |
| 200.100.043                        |                |
|                                    | A4             |
|                                    |                |





|                                                                                                                             |         |      |      |                                             |            |                                                                                       |                  |  |                |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------|------|---------------------------------------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------|--|----------------|----|
| <br>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA |         |      |      | Tolerancia:<br>DIN 2768<br>media            |            |  | Escala: 1 : 8    |  | Peso: 2,251 kg |    |
|                                                                                                                             |         |      |      |                                             |            |                                                                                       | Material: Acero  |  |                |    |
|                                                                                                                             |         |      |      | Drawn                                       | 10-03-2025 | Javier Morales                                                                        | Perfil N10 30x30 |  |                |    |
|                                                                                                                             |         |      |      | Checked                                     |            |                                                                                       |                  |  |                |    |
|                                                                                                                             |         |      |      | Standard                                    |            |                                                                                       |                  |  |                |    |
|                                                                                                                             |         |      |      |                                             |            |                                                                                       |                  |  |                |    |
|                                                                                                                             |         |      |      | Universidad Técnica<br>Federico Santa María |            |                                                                                       | 200.310.010      |  |                |    |
|                                                                                                                             |         |      |      |                                             |            |                                                                                       |                  |  |                | A4 |
| State                                                                                                                       | Changes | Date | Name |                                             |            |                                                                                       |                  |  |                |    |



| State | Changes | Date | Name |
|-------|---------|------|------|
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |

Tolerancia:  
DIN 2768  
media

|          | Date       | Name           |
|----------|------------|----------------|
| Drawn    | 10-03-2025 | Javier Morales |
| Checked  |            |                |
| Standard |            |                |

Universidad Técnica  
Federico Santa María

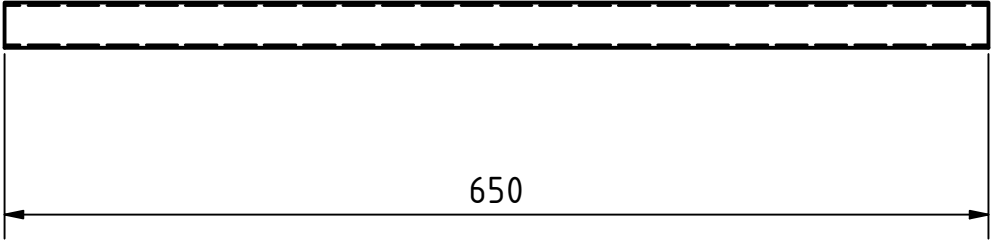


Escala: 1 : 8      Peso: 2,356 kg

Material: Acero

Perfil N20 30x30

200.310.020      A4



|       |         |      |      |
|-------|---------|------|------|
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
| State | Changes | Date | Name |

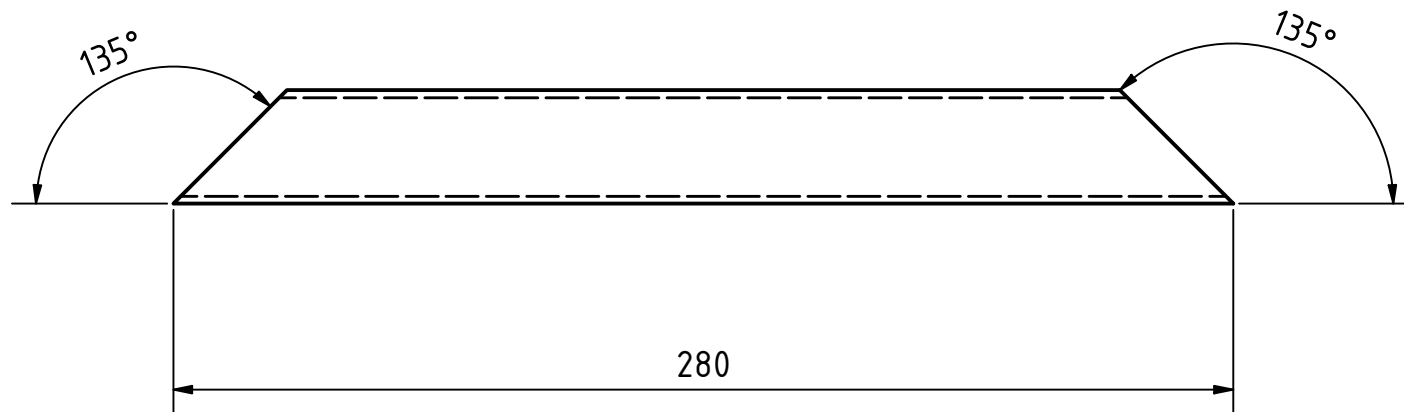
Tolerancia:  
DIN 2768  
media

|          |            |                |
|----------|------------|----------------|
|          | Date       | Name           |
| Drawn    | 10-03-2025 | Javier Morales |
| Checked  |            |                |
| Standard |            |                |

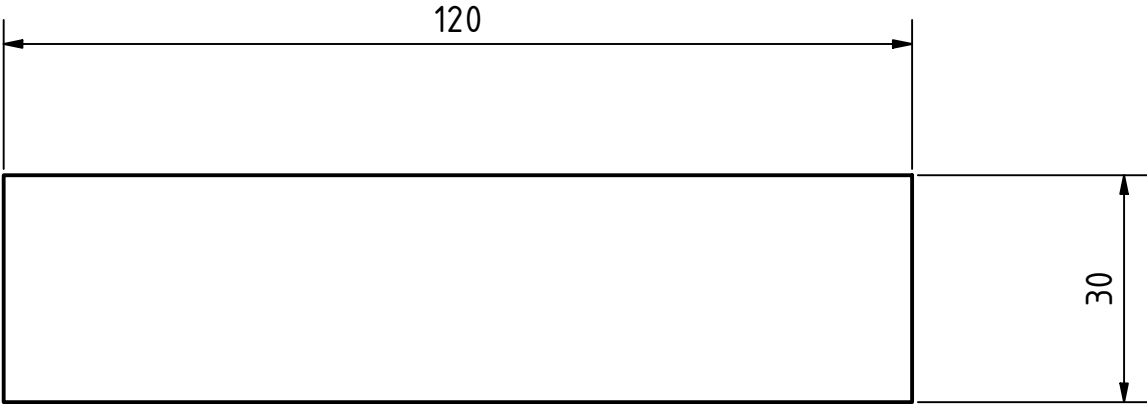
Universidad Técnica  
Federico Santa María



|                  |                |
|------------------|----------------|
| Escala: 1 : 5    | Peso: 1,143 kg |
| Material: Acero  |                |
| Perfil N30 30x30 |                |
| 200.310.030      |                |
|                  | A4             |



|                                                                                                                             |         |      |      |                      |  |                                                                                       |                 |                  |                |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------|------|----------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------|----------------|--|
| <br>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA |         |      |      | Tolerancia:          |  |  | Escala: 1 : 2   |                  | Peso: 0,440 kg |  |
|                                                                                                                             |         |      |      | DIN 2768             |  |                                                                                       | Material: Acero |                  |                |  |
|                                                                                                                             |         |      |      | Date                 |  | Name                                                                                  |                 | Perfil N50 30x30 |                |  |
|                                                                                                                             |         |      |      | 10-03-2025           |  | Javier Morales                                                                        |                 |                  |                |  |
|                                                                                                                             |         |      |      | Checked              |  |                                                                                       |                 |                  |                |  |
|                                                                                                                             |         |      |      | Standard             |  |                                                                                       |                 |                  |                |  |
|                                                                                                                             |         |      |      |                      |  |                                                                                       |                 | 200.310.050      |                |  |
|                                                                                                                             |         |      |      |                      |  |                                                                                       |                 |                  |                |  |
|                                                                                                                             |         |      |      |                      |  |                                                                                       |                 |                  |                |  |
|                                                                                                                             |         |      |      | Universidad Técnica  |  |                                                                                       |                 | A4               |                |  |
|                                                                                                                             |         |      |      | Federico Santa María |  |                                                                                       |                 |                  |                |  |
| State                                                                                                                       | Changes | Date | Name |                      |  |                                                                                       |                 |                  |                |  |



| State | Changes | Date | Name |
|-------|---------|------|------|
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |
|       |         |      |      |

Tolerancia:  
DIN 2768  
media

|          | Date       | Name           |
|----------|------------|----------------|
| Drawn    | 10-03-2025 | Javier Morales |
| Checked  |            |                |
| Standard |            |                |

Universidad Técnica  
Federico Santa María



Escala: 1 : 1      Peso: 0,085 kg

Material: Acero

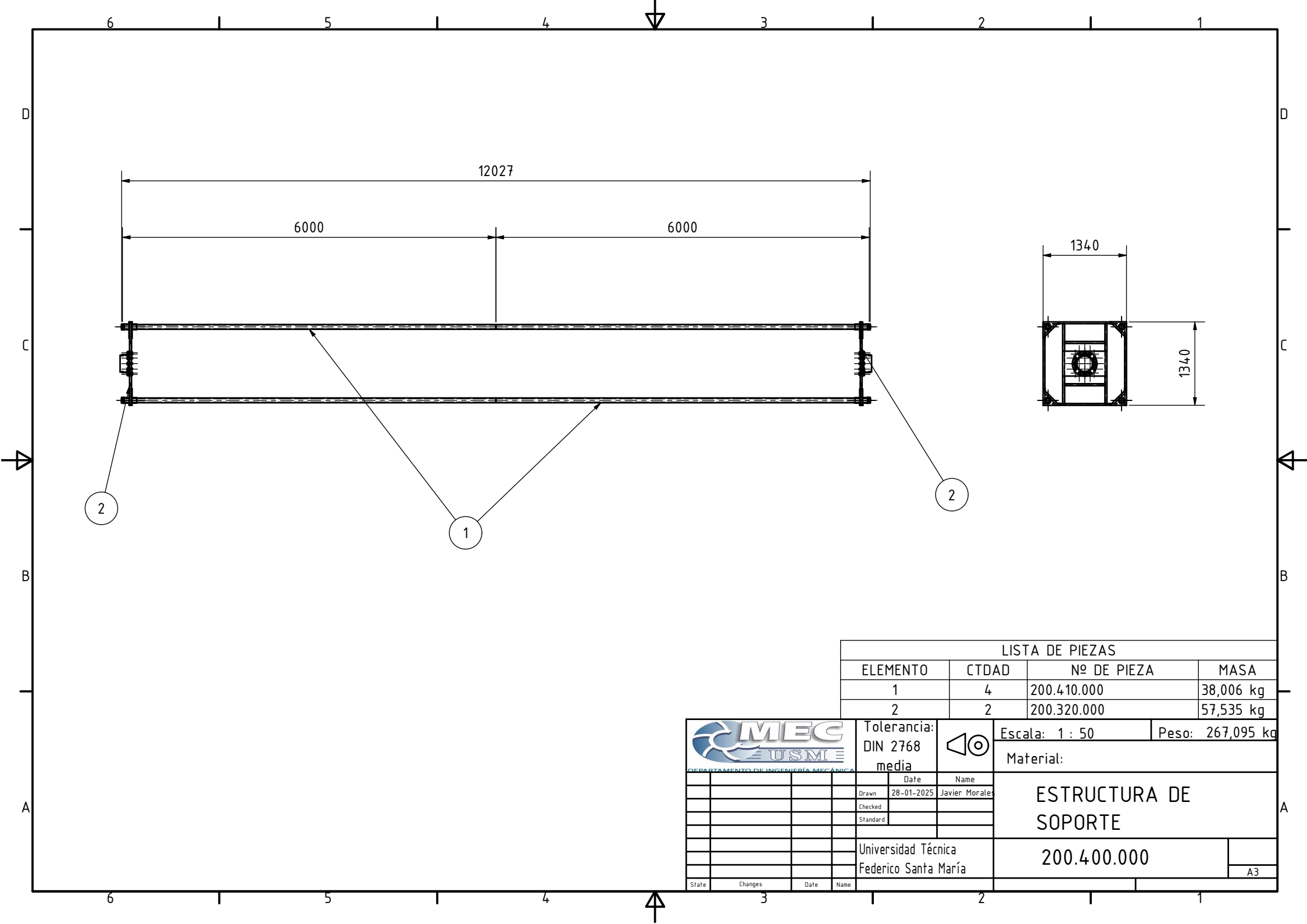
Pletina N51

200.310.051

A4

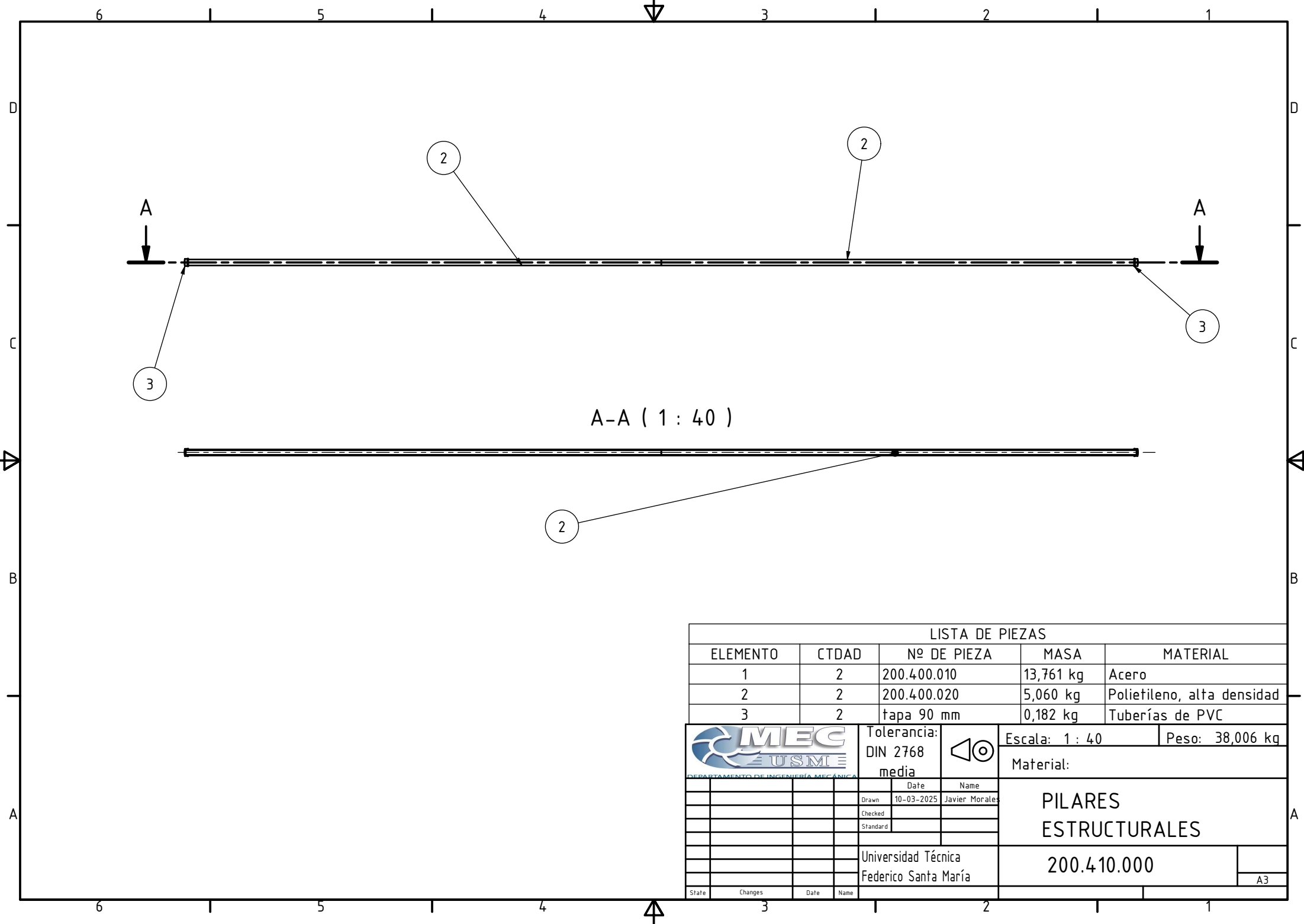




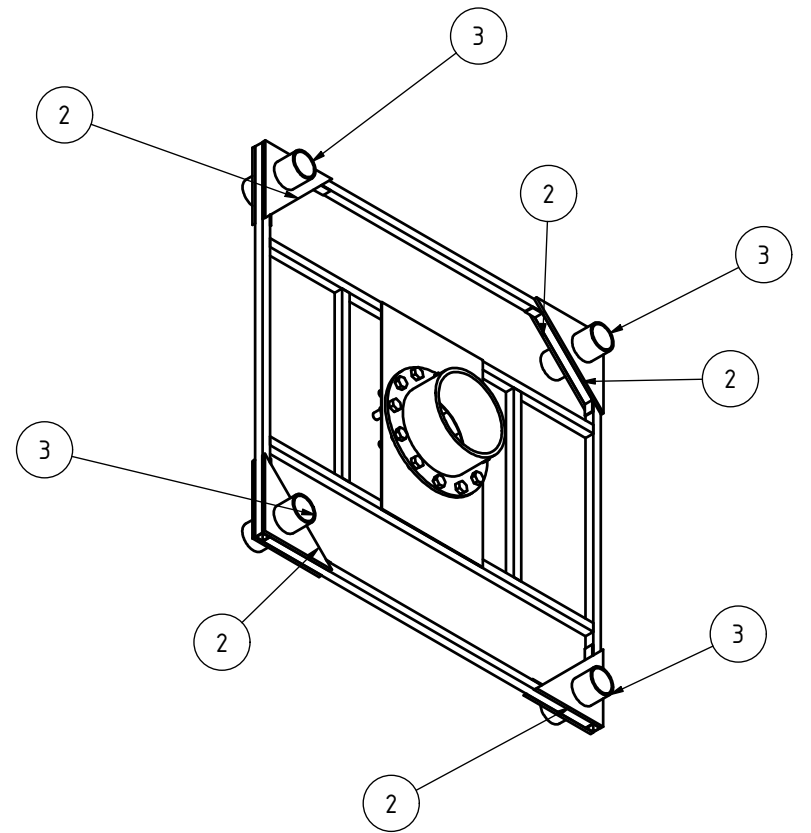


| LISTA DE PIEZAS |       |             |           |
|-----------------|-------|-------------|-----------|
| ELEMENTO        | CTDAD | Nº DE PIEZA | MASA      |
| 1               | 4     | 200.410.000 | 38,006 kg |
| 2               | 2     | 200.320.000 | 57,535 kg |

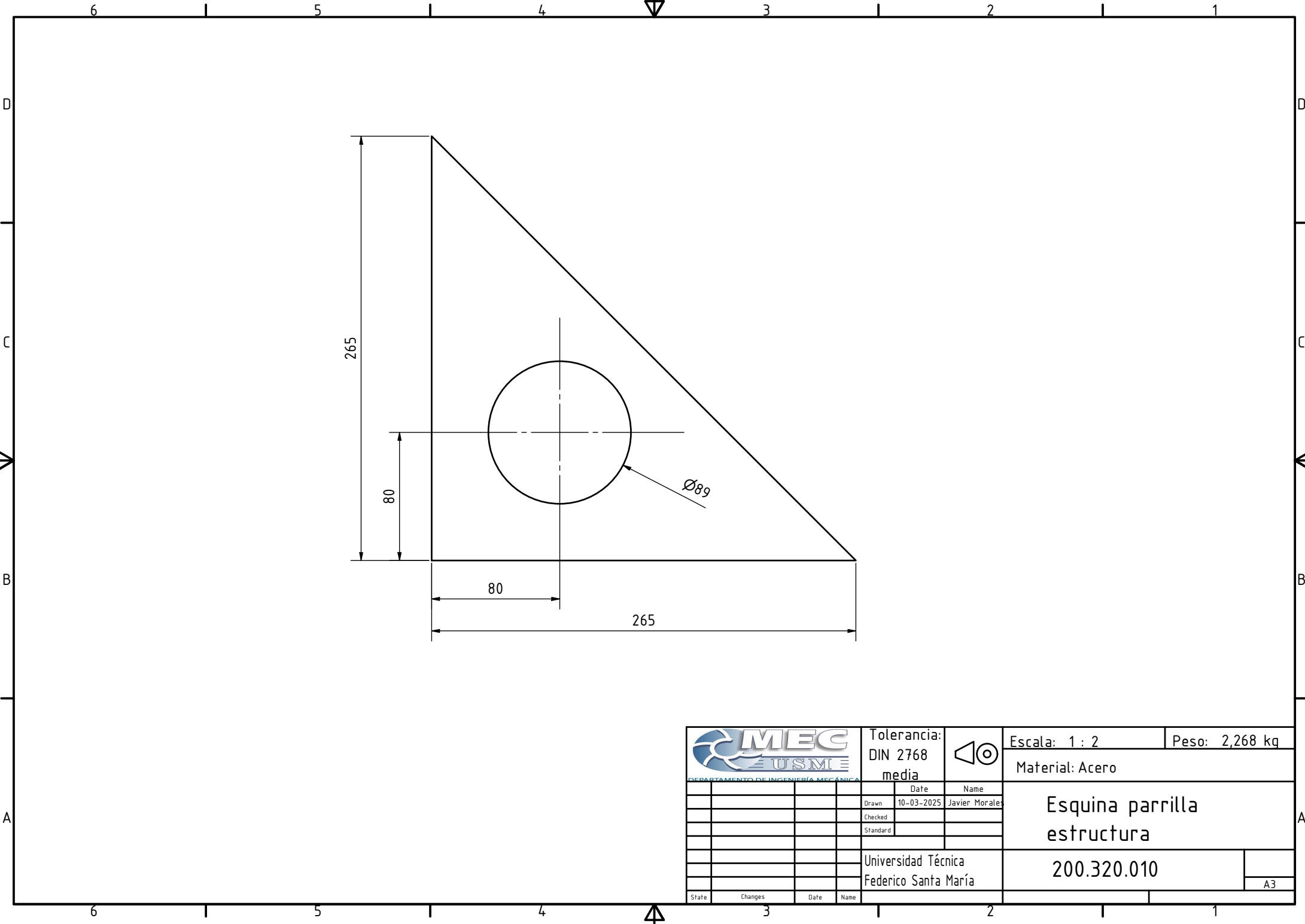
|                                                                                                                              |                                  |      |                                                                                       |                          |                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------|
| <br>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA | Tolerancia:<br>DIN 2768<br>media |      |  | Escala: 1 : 50           | Peso: 267,095 kg |
|                                                                                                                              |                                  |      |                                                                                       | Material:                |                  |
|                                                                                                                              |                                  |      |                                                                                       | ESTRUCTURA DE<br>SOPORTE |                  |
|                                                                                                                              |                                  |      |                                                                                       |                          |                  |
|                                                                                                                              |                                  |      |                                                                                       |                          |                  |
|                                                                                                                              |                                  |      |                                                                                       |                          |                  |
|                                                                                                                              |                                  |      |                                                                                       | 200.400.000              |                  |
|                                                                                                                              |                                  |      |                                                                                       | A3                       |                  |
| State                                                                                                                        | Changes                          | Date | Name                                                                                  |                          |                  |



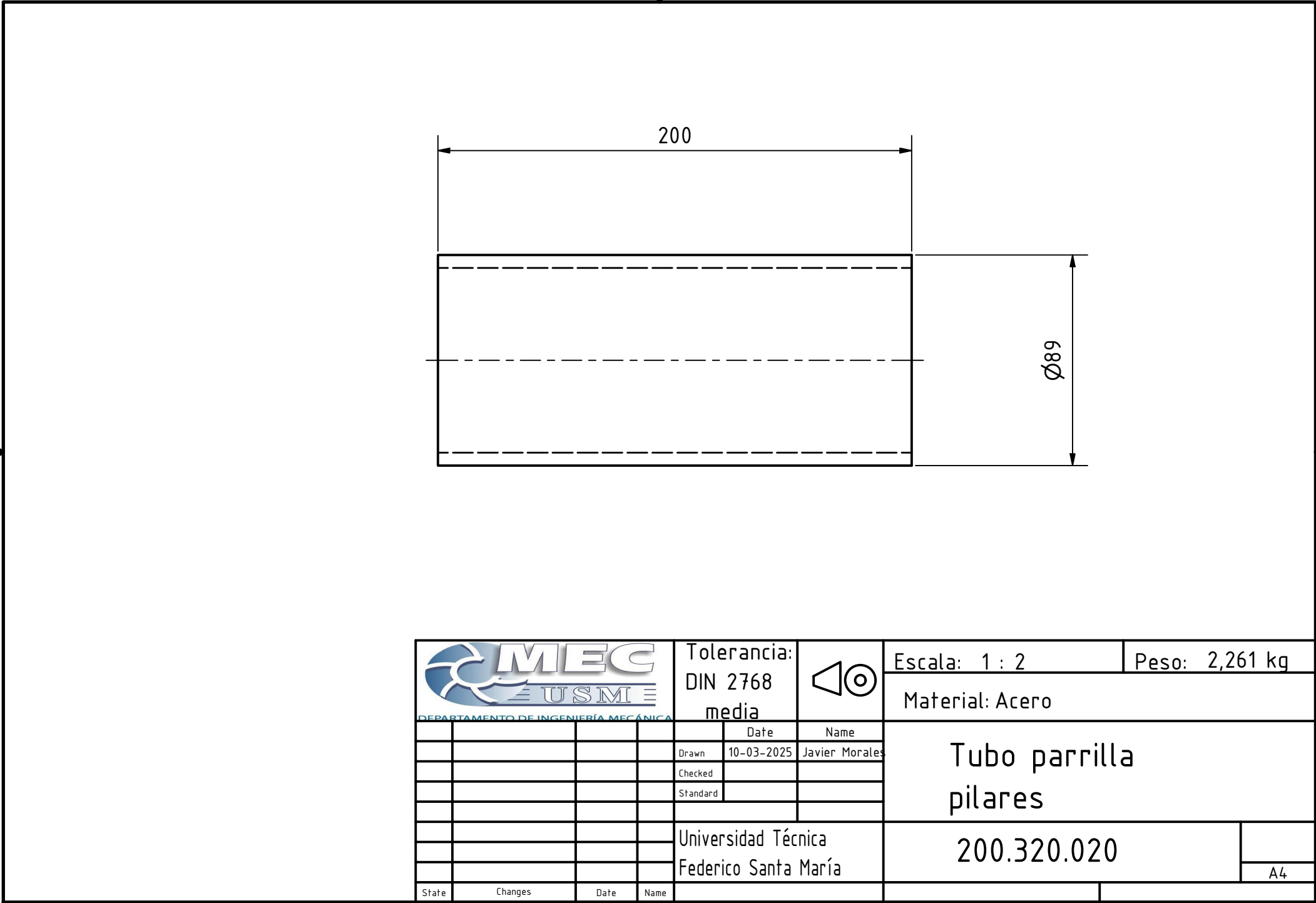
| LISTA DE PIEZAS                                                                                                              |         |       |      |                      |            |                                                                                       |                          |                            |                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------|------|----------------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------|
| ELEMENTO                                                                                                                     |         | CTDAD |      | Nº DE PIEZA          |            | MASA                                                                                  |                          | MATERIAL                   |                 |
| 1                                                                                                                            |         | 2     |      | 200.400.010          |            | 13,761 kg                                                                             |                          | Acero                      |                 |
| 2                                                                                                                            |         | 2     |      | 200.400.020          |            | 5,060 kg                                                                              |                          | Polietileno, alta densidad |                 |
| 3                                                                                                                            |         | 2     |      | tapa 90 mm           |            | 0,182 kg                                                                              |                          | Tuberías de PVC            |                 |
| <br>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA |         |       |      | Tolerancia:          |            |  | Escala: 1 : 40           |                            | Peso: 38,006 kg |
|                                                                                                                              |         |       |      | DIN 2768             |            |                                                                                       | Material:                |                            |                 |
|                                                                                                                              |         |       |      | media                |            |                                                                                       |                          |                            |                 |
|                                                                                                                              |         |       |      | Date                 |            |                                                                                       | Name                     |                            |                 |
|                                                                                                                              |         |       |      | Drawn                | 10-03-2025 | Javier Morales                                                                        | PILARES<br>ESTRUCTURALES |                            |                 |
|                                                                                                                              |         |       |      | Checked              |            |                                                                                       |                          |                            |                 |
|                                                                                                                              |         |       |      | Standard             |            |                                                                                       |                          |                            |                 |
|                                                                                                                              |         |       |      |                      |            |                                                                                       |                          |                            |                 |
|                                                                                                                              |         |       |      | Universidad Técnica  |            |                                                                                       | 200.410.000              |                            | A3              |
|                                                                                                                              |         |       |      | Federico Santa María |            |                                                                                       |                          |                            |                 |
| State                                                                                                                        | Changes | Date  | Name |                      |            |                                                                                       |                          |                            |                 |



|                                                                                       |         |      |      |                                             |            |                                                                                       |  |                |  |                 |  |                |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------|------|------|---------------------------------------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--|----------------|--|-----------------|--|----------------|
|  |         |      |      | Tolerancia:<br>DIN 2768<br>media            |            |  |  | Escala: 1 : 15 |  | Peso: 57,535 kg |  |                |
| DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA                                                   |         |      |      |                                             |            |                                                                                       |  | Material:      |  |                 |  |                |
|                                                                                       |         |      |      | Date                                        | Name       | PARRILLA ESTRUCTURA<br>SOPORTE                                                        |  |                |  |                 |  |                |
|                                                                                       |         |      |      | Drawn                                       | 28-01-2025 |                                                                                       |  |                |  |                 |  | Javier Morales |
|                                                                                       |         |      |      | Checked                                     |            |                                                                                       |  |                |  |                 |  |                |
|                                                                                       |         |      |      | Standard                                    |            |                                                                                       |  |                |  |                 |  |                |
|                                                                                       |         |      |      |                                             |            | 200.320.000                                                                           |  |                |  |                 |  |                |
|                                                                                       |         |      |      |                                             |            |                                                                                       |  |                |  |                 |  |                |
|                                                                                       |         |      |      | Universidad Técnica<br>Federico Santa María |            | A3                                                                                    |  |                |  |                 |  |                |
|                                                                                       |         |      |      |                                             |            |                                                                                       |  |                |  |                 |  |                |
| State                                                                                 | Changes | Date | Name |                                             |            |                                                                                       |  |                |  |                 |  |                |



|                                                                                                                              |         |      |      |                                             |            |                                                                                       |                                |                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------|------|---------------------------------------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------|
| <br>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA |         |      |      | Tolerancia:<br>DIN 2768<br>media            |            |  | Escala: 1 : 2                  | Peso: 2,268 kg |
|                                                                                                                              |         |      |      | Drawn                                       | 10-03-2025 | Javier Morales                                                                        | Esquina parrilla<br>estructura |                |
|                                                                                                                              |         |      |      | Checked                                     |            |                                                                                       |                                |                |
|                                                                                                                              |         |      |      | Standard                                    |            |                                                                                       |                                |                |
|                                                                                                                              |         |      |      | Universidad Técnica<br>Federico Santa María |            |                                                                                       | 200.320.010                    | A3             |
| State                                                                                                                        | Changes | Date | Name |                                             |            |                                                                                       |                                |                |







## Referencias

- [1] El abc de la soldadura con arco, 2024. URL [https://www.kobelco-welding.jp/espanol/education-center/abc/ABC\\_2004-02.html](https://www.kobelco-welding.jp/espanol/education-center/abc/ABC_2004-02.html).
- [2] Education-center, 2024. URL <https://www.kobelco-welding.jp/espanol/education-center/references/references01.html#s02>.
- [3] Google maps, Accedido en 2023. URL <https://www.google.com/maps>.
- [4] J. A. J. V. (2022). Fabricación sistema de bombeo undimotriz proyecto 'was-serdrachen iv'(memoria de título). Universidad Técnica Federico Santa Maria (UTFSM), 2022.
- [5] E. Al Shami, R. Zhang, and X. Wang. Point absorber wave energy harvesters: A review of recent developments. *Energies*, 12(1):47, 2018.
- [6] ANID. Concurso IDEA ID 2025, 2025. URL <https://anid.cl/concursos/concurso-idea-id-2025/>.
- [7] Asociación Chilena de Energías Renovables y Almacenamiento (ACADES). Catastro de plantas y proyectos de energías renovables en chile. Sitio web institucional, 2023. URL <https://www.acades.cl/catastro-plantas-y-proyectos/>. Último acceso: Último acceso: 31 de marzo de 2025.
- [8] A. Babarit. Working principles and technologies of wave energy conversion. *Wave Energy Conversion; Babarit, A., Ed.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands*, pages 99–151, 2017.
- [9] M. N. Berenjkoob and M. Ghiasi. Design and analysis a new converter for extraction of low-height wave energy in persian gulf. *Research in Marine Sciences*, pages 34–49, 2017.
- [10] G. Bevilacqua and B. Zanuttigh. Overtopping wave energy converters: general aspects and stage of development. 2011.
- [11] COSMOPLAS. Catalogo julio, 2023. URL <https://www.cosmoplas.com/wp-content/uploads/2023/07/Catalogo-Julio-2023.pdf>.
- [12] Diagrams.net. Diagrams.net - herramienta de diagramación en línea, 2024. URL <https://app.diagrams.net/>. Último acceso: 23 de febrero de 2024.
- [13] A. Espejo Sabariego. Estado del arte de la tecnología de generación eléctrica oceánica. 2021.
- [14] Fundación Aquae. Chile lidera la lucha contra el cambio climático, 2023. URL <https://www.fundacionaquae.org/wiki/chile-lidera-la-lucha-contr-el-cambio-climatico/>.

- [15] Hempel A/S. *Cómo seleccionar el sistema de pintura adecuado: Guía según ISO 12944*. Hempel A/S, 2019. URL <https://www.hempel.com/es-ar/-/media/Files/Local/EU/Brochures/ES/How-To-Select-The-Right-Paint-System-ISO-12944-ES.pdf>. Guía técnica.
- [16] International Organization for Standardization. Bidas de tuberías — Parte 1: Bidas de acero para sistemas de tuberías industriales y de servicio general. Technical Report ISO 7005-1:2011, International Organization for Standardization, 2011. URL <https://www.iso.org/standard/42467.html>.
- [17] I. J. Karassik and J. P. Messina. *Pump Handbook*. McGraw-Hill, 3rd edition, 2001. ISBN 0-07-034032-3.
- [18] Meteored Chile. Estado de la megasequía en Chile: Lluvias extremas no necesariamente acabarán con la crisis hídrica nacional. *Meteored Chile*, 2023. URL <https://www.meteored.cl/noticias/ciencia/estado-de-la-megasequia-en-chile-lluvias-extremas-no-necesariamente-acabaran-c>html. Último acceso: 31 de marzo de 2025.
- [19] Ministerio de Agricultura de Chile. Emergencia agrícola por déficit hídrico, 2023. URL <https://minagri.gob.cl/emergencia-agricola-por-deficit-hidrico/>. Último acceso: 31 de marzo de 2025.
- [20] Power Magazine. Commercial oscillating water column marine power plant commissioned. *Power Magazine*, July 2011. URL <https://www.powermag.com/commercial-oscillating-water-column-marine-power-plant-commissioned/>. Último acceso: 17 de junio de 2025.
- [21] H. F. S. RAMIREZ. Diseño de un sistema de bomba undimotriz proyecto 'wasserdrachen 02'(memoria de título). Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM), 2020.
- [22] Researchgate. Schematic layout of oscillating water column (owc) system, 2015. URL [https://www.researchgate.net/figure/Schematic-layout-of-oscillating-water-column-OWC-system\\_fig1\\_276915186](https://www.researchgate.net/figure/Schematic-layout-of-oscillating-water-column-OWC-system_fig1_276915186).
- [23] Researchgate. Types of point absorbers [source alternative energy tutorials], 2018. URL [https://www.researchgate.net/figure/Types-of-point-absorbers-source-Alternative-energy-tutorials\\_fig2\\_329185339](https://www.researchgate.net/figure/Types-of-point-absorbers-source-Alternative-energy-tutorials_fig2_329185339).

- [24] F. A. F. RODRÍGUEZ. Cálculo y fabricación de una estructura portante para la implementación de una bomba undimotriz, proyecto wasserdrachen iii (memoria de título). Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM), 2022.
- [25] P. Schmitt, C. Windt, J. Nicholson, and B. Elsässer. Development and validation of a procedure for numerical vibration analysis of an oscillating wave surge converter. *European Journal of Mechanics-B/Fluids*, 58:9–19, 2016.
- [26] R. sostenible. Energía undimotriz: Instalan en Chile el primer convertidor de energía de olas a escala completa, 2021. URL <https://acortar.link/pYH8no>.
- [27] Universidad de Chile. Variación del embalse el yeso 2016-2020, 2020. URL [https://portaluchile.uchile.cl/.imaging/stk/uchile/nav-lateral-ancho/dam/imagenes/Geofisica/imagenes-noticias/162965\\_1\\_yeso-2016-2020\\_L/jcr:content/yeso-2016-2020.jpg.jpg](https://portaluchile.uchile.cl/.imaging/stk/uchile/nav-lateral-ancho/dam/imagenes/Geofisica/imagenes-noticias/162965_1_yeso-2016-2020_L/jcr:content/yeso-2016-2020.jpg.jpg). Último acceso: 31 de marzo de 2025.
- [28] Wave Dragon ApS. Wave dragon – offshore wave energy converter. Sitio web oficial del proyecto, 2023. URL <https://www.wavedragon.com/>. Último acceso: 17 de junio de 2025.
- [29] A. Westwood. Ocean power: Wave and tidal energy review. *Refocus*, 5(5):50–55, 2004.
- [30] Y. Zhang, Y. Zhao, W. Sun, and J. Li. Ocean wave energy converters: Technical principle, device realization, and performance evaluation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 141:110764, 2021.