



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA
Especialidad Mecánica

OPTIMIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN DE BOMBEO DE PARQUE DE POLVORANCA

Autor: Antonio Andrés Pallarés Fernández-Bujarrabal

Director: Íñigo Sanz Fernández

Madrid

Julio 2018

AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN RED DE PROYECTOS FIN DE GRADO, FIN DE MÁSTER, TESIS O MEMORIAS DE BACHILLERATO

1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.

El autor D. Antonio Andrés Pallarás Fdez - Bujarrabal

DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra:

Optimización de la instalación de bombas del Parque de Polvoranca

que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

2º. Objeto y fines de la cesión.

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad, el autor CEDE a la Universidad Pontificia Comillas, de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución y de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra a) del apartado siguiente.

3º. Condiciones de la cesión y acceso

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia habilita para:

- Transformarla con el fin de adaptarla a cualquier tecnología que permita incorporarla a internet y hacerla accesible; incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar "marcas de agua" o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
- Reproducirla en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato.
- Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
- Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
- Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
- Asignar por defecto a estos trabajos un HANDLE (URL persistente).

4º. Derechos del autor.

El autor, en tanto que titular de una obra tiene derecho a:

- Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
- Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.
- Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

5º. Deberes del autor.

El autor se compromete a:

- Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que pudieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e

intereses a causa de la cesión.

- d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

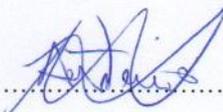
6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.
- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.
- La Universidad se reserva la facultad de retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

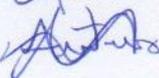
Madrid, a 20 de julio de 2018

ACEPTA

Fdo. 

Motivos para solicitar el acceso restringido, cerrado o embargado del trabajo en el Repositorio Institucional:

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
OPTIMIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN DE
BOURBO DEL PARQUE DE POLVORANCA
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 4º IEM es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es
plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada
de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Antonio Andrés Pallares Fecha: 20 / 07 /
(Nombre del alumno) Fdez - Bujarrabal


Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Enigo Sanz Fernández Fecha: 20 / 07 / 2018
(Nombre del Director)





ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA
Especialidad Mecánica

OPTIMIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN DE BOMBEO DE PARQUE DE POLVORANCA

Autor: Antonio Andrés Pallarés Fernández-Bujarrabal

Director: Íñigo Sanz Fernández

Madrid

Julio 2018

OPTIMIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN DE BOMBEO PARQUE DE LA POLVORANCA

Autor: Pallarés Fdez-Bujarrabal, Antonio

Directores: Sanz Fernández, Íñigo

Entidad Colaboradora: ICAI - Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

Introducción:

El proyecto consiste en realizar la optimización de la instalación de riego existente del Parque de la Polvoranca. El Parque de la Polvoranca forma parte de Bosque Sur, un parque forestal periurbano en el sur de Madrid, y está situado en el municipio de Leganés. El parque tiene una superficie de 150 hectáreas de las cuales se han de regar una superficie de 100 hectáreas.

El parque cuenta con cuatro pozos de los que se extrae toda el agua de riego y con tres grupos de presión que son los encargados de distribuir el agua por toda la red de riego. El objetivo de este proyecto consistirá en diseñar las instalaciones de los pozos de bombeo 1 y 2, que impulsan el agua hacia el depósito 1 (laguna de Mari Pasquala). Además del diseño de la instalación de los dos primeros pozos, también se realizará la optimización de las bombas del grupo de presión principal. Este grupo de presión bombea el agua de la laguna de Mari Pasquala. La red de riego de todo el parque se mantendrá.

Diseño y cálculos:

Para el diseño de la instalación primero se elegirán las bombas que se van a usar. Para los pozos se ha elegido la misma bomba para los dos para poder simplificar cálculos y costes. Ambos pozos bombean un caudal de $35\text{m}^3/\text{h}$ y bombean una altura de 60.26m y 57.89m respectivamente.

Estos datos se han introducido en nuestro software de cálculo ABSEL Pump Selection y se han seleccionado las bombas que se adaptaban mejor a la instalación. Para ambos pozos la opción seleccionada ha sido el modelo XFP101G CB1. Esta bomba sumergible aporta las características que reclama la instalación. De esta bomba se han adquirida tres unidades para mantener una de repuesto en caso de avería.

Después se ha calculado la bomba necesaria para el grupo de presión del lago a partir de un caudal de 120m³/h y de una altura de 130.2 metros. Con el mismo programa ABSEL Pump Selection se han realizado varias iteraciones hasta obtener que la mejor bomba era el modelo NB 125/100-32C. Se ha adquirido una unidad de este modelo.

Presupuesto:

Por último, se ha realizado un presupuesto detallado de todos los factores que influyen en el proyecto. Se han presupuestado todos los elementos utilizados en la instalación, así como la mano de obra y los costes energéticos.

El proyecto se ha realizado buscando reducir los costes económicos pero siempre eligiendo por encima aquellos elementos que la dotaran de mejor funcionamiento, rendimiento y fiabilidad.

TIPO	COSTE
Costes iniciales	115339€
Costes de instalación	2940€
Costes energéticos	349470€
Costes de mantenimiento	1440€
Coste por tiempo de avería	15000€
Costes de retirada	1280€
COSTES TOTALES	485469€

Esta tabla expone todos los gastos del proyecto. El gasto total de todo el proyecto sería de 485469€.

OPTIMIZATION OF THE PUMP INSTALATION FROM PARQUE DE LA POLVORANCA

Author: Pallarés Fdez-Bujarrabal, Antonio

Directors: Sanz Fernández, Íñigo

Collaborating Entity: ICAI - Universidad Pontificia Comillas

Project summary

Introduction:

This project consists of designing the optimization of the water supply installation already working from Parque de la Polvoranca. Parque de la Polvoranca is a forestall park that is included in the Bosque Sur area, which is a urban park created in the South of the city of Madrid. Parque de la Polvoranca has a surface of 150Ha from which 100Ha of the total surface of the park need continuous irrigation.

The park has four water wells from where the water for irrigation is obtained and three pressure sets which are the ones who distribute all the water all over the irrigation net. The main objective of this project will be designing all the installation for the first two water wells (pozo nº1 y pozo nº2) included the bomb that will be used. These two water wells will propel the water to the main lake (laguna de Mari Pasquala) that will act as a tank. The other part that will be designed in this project is the pressure set that works in the main lake.

Design:

The first part of the design of each water well will be choosing the pump. The chosen pump for both wells will be the same so that will simplify the calculation and will reduce the costs. Both pumps will propel a flow of $35\text{m}^3/\text{h}$ and will give a height of 60.26 meters for the first and 57.89 meters for the second.

Once all the data has been obtained, it is introduced in the software ABSEL Pump Selection and the pumps that adapt better to the installation are the selected ones. For both water wells the pump that will be installed is the model XFP101G CB1. This type of pump has all the characteristics that are required for the installation. Three units of this model will be acquired so there is a replacement in case of failure of one of the pumps.

Next part of the project was obtaining the pump that will be installed in the pressure set of the main lake. For this selection the data were a flow of 120m³/h and a height of 130.2 meters. Including these data on the program ABSEL some good options have been obtained. From all the options the best one was the model NB 125/100-32C. One unit of this model was acquired.

Budget:

Finally, a detailed budget of all the costs of the project has been made. All the elements of the installation, the workforce and the energy required by the installation have been included in this budget.

Type of cost	COST
Initial costs	115339€
Installation costs	2940€
Energy costs	349470€
Maintenance costs	1440€
Failure time costs	15000€
Closing costs	1280€
TOTAL COSTS	485469€

This shows the final cost of the project, which will be around 485470€ according to all the calculations that have been made

Índice de documentos

DOCUMENTO I. MEMORIA DESCRIPTIVA

- Introducción
- Estado del arte
- Análisis de la instalación existente y diseño

DOCUMENTO II. CÁLCULOS

- Introducción
- Estudio de la instalación: Pozo N°1 y Pozo N°2
- Estudio de la instalación: Grupo de presión del lago

DOCUMENTO III. PRESUPUESTO

- Coste Inicial
- Coste instalación
- Coste energético
- Coste avería
- Coste ambiental y otros
- Coste de retirada
- Costes totales

DOCUMENTO IV. PLANOS

DOCUMENTO V. BIBLIOGRAFÍA

DOCUMENTO VI. ANEXOS

CAPÍTULO I: **MEMORIA** **DESCRIPTIVA**

ÍNDICE

1.Introducción	9
Descripción.....	9
Motivación.....	9
Geografía.....	9
Localización	9
Terreno	10
Clima.....	11
2.Estado del arte	12
Turbomáquinas	12
Ecuación de Euler.....	13
Bombas hidráulicas: clasificación y componentes	13
Ecuaciones de una bomba	14
Ecuaciones de la instalación: fluidos en conductos y pérdidas	16
Pérdidas de carga primarias.....	17
Pérdidas de carga secundarias	17
Ecuaciones de la instalación.....	17
Tipos de instalación	18
Instalación en seco	18
Instalación sumergible	19
Instalación sumergible en seco	19
Elementos constructivos de la instalación.....	20
Válvulas	20
Tuberías.....	22
Surtidores	24
Alimentación de energía	25
Variador de frecuencia	26
3.Análisis de la instalación existente y diseño	28
Pozos	28
Grupos de presión	29
Red de riego.....	30
Sistemas de alimentación	31

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Localización Parque de la Polvoranca [5].....	10
Ilustración 2: Plano completo del parque [5].....	10
Ilustración 3: Climograma Leganés [5].....	11
Ilustración 4: Datos históricos temperatura Leganés [5].....	11
Ilustración 5: Clasificación de las máquinas de fluido [1]	12
Ilustración 6: Trayectoria del fluido en un rodete axial [1]	13
Ilustración 7: Trayectoria del fluido en un rodete radial [1].....	13
Ilustración 8: Curva característica H-Q de una bomba [1]	15
Ilustración 9: Comparación de las distintas curvas características de una bomba [1]	15
Ilustración 10: Curva H-Q característica de la instalación [1].....	18
Ilustración 11: Corte de las curvas características de la bomba y la instalación [1]	18
Ilustración 12: Instalación sumergible de una bomba [3].....	19
Ilustración 13: Instalación sumergible en seco de una bomba [3]	20
Ilustración 14: Válvula de asiento [3]	21
Ilustración 15: Válvula de compuerta [3]	21
Ilustración 16: Válvula de mariposa [3]	22
Ilustración 17: Tuberías de hormigón [3]	22
Ilustración 18: Tuberías de PEAD [3].....	24
Ilustración 19: Aspersor de impacto [3]	25
Ilustración 20: Generador diésel [3].....	26
Ilustración 21: Variador de frecuencia [3].....	27
Ilustración 22: Acceso pozo nº2 [2]	28
Ilustración 23: Grupo de presión del lago [2]	29
Ilustración 24: Grupo de presión de Sisonés [2]	30
Ilustración 25: Grupo de presión de la ría [2].....	30

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Ecuación de Bernoulli aplicada a una bomba	14
Ecuación 2: Curva característica de una bomba	15
Ecuación 3: Pérdidas hidráulicas en una bomba	16
Ecuación 4: Rendimiento hidráulico de una bomba.....	16
Ecuación 5: Pérdidas volumétricas de una bomba	16
Ecuación 6: Rendimiento volumétrico de una bomba.....	16

Ecuación 7: Rendimiento mecánico de una bomba	16
Ecuación 8: Ecuación de Bernoulli para la instalación	16
Ecuación 9: Ecuación de Darcy-Weisbach para las pérdidas primarias.....	17
Ecuación 10: Ecuación de Colebrook-White.....	17
Ecuación 11: Ecuación para las pérdidas de carga secundarias.....	17
Ecuación 12: Ecuación de Bernoulli aplicada a la instalación	17
Ecuación 13: Curva característica de la instalación	17

1.INTRODUCCIÓN

Descripción

El proyecto consiste en la optimización de la instalación de bombeo del parque de Polvoranca. Este parque forma parte de Bosque Sur, un parque forestal periurbano en el sur de Madrid. El propósito del proyecto es, basándose en las instalaciones existentes, analizarla y proponer las mejoras necesarias para un bombeo más eficiente.

Esta instalación consta de varias partes. La primera parte está compuesta por las bombas cuya función es la de extraer el agua de los tres pozos del parque para transportarla hasta los depósitos. La otra parte de la instalación está formada por los dos grupos de presión, uno por depósito, que se encargan de distribuir el agua por toda la red de riego del parque.

La selección de las bombas y de los elementos necesarios para la nueva instalación se seleccionarán utilizando el modelo LCC (Life Cycle Cost), es decir, se realizará un análisis del Coste del Ciclo de Vida que quedará detallado en el presupuesto junto con el resto de costes.

Motivación

Una de las razones que me llevó a escoger este proyecto fue la gran relación con una de mis asignaturas favoritas de la carrera, Mecánica de Fluidos. Esta asignatura me va a ayudar a profundizar en el trabajo con fluidos y tuberías. Todo esto unido a la asignatura de Turbomáquinas, que también me gustó, hacen que la elección de este trabajo fuera la correcta.

Sin embargo, la principal razón que me llevó a este proyecto fue una distinta. Desde hace ya unos años mi padre lleva la gestión del parque que he elegido. Todo este tiempo el funcionamiento de las bombas no ha sido el deseado ya que muchas tenían una vida útil bastante inferior a lo esperado. Es por ello que me pareció una buena idea estudiar una instalación que no tenía el rendimiento esperado y a la que tendría buen acceso a los datos y a los elementos de la instalación en sí.

Geografía

Localización

El Parque de Polvoranca se encuentra dentro del término municipal de Leganés, en el sur de la Comunidad de Madrid (40° 22' 54" N, 3° 48' 0" W). Dentro del propio término municipal se sitúa en la parte inferior, justo en la linde con el municipio de Alcorcón.



Ilustración 1: Localización Parque de la Polvoranca [5]

Terreno

En su totalidad el Parque de Polvoranca cuenta con una superficie de 150 hectáreas. La zona de riego es de aproximadamente 100 hectáreas dado que el pinar de la zona este del parque no requiere ningún tipo de riego.

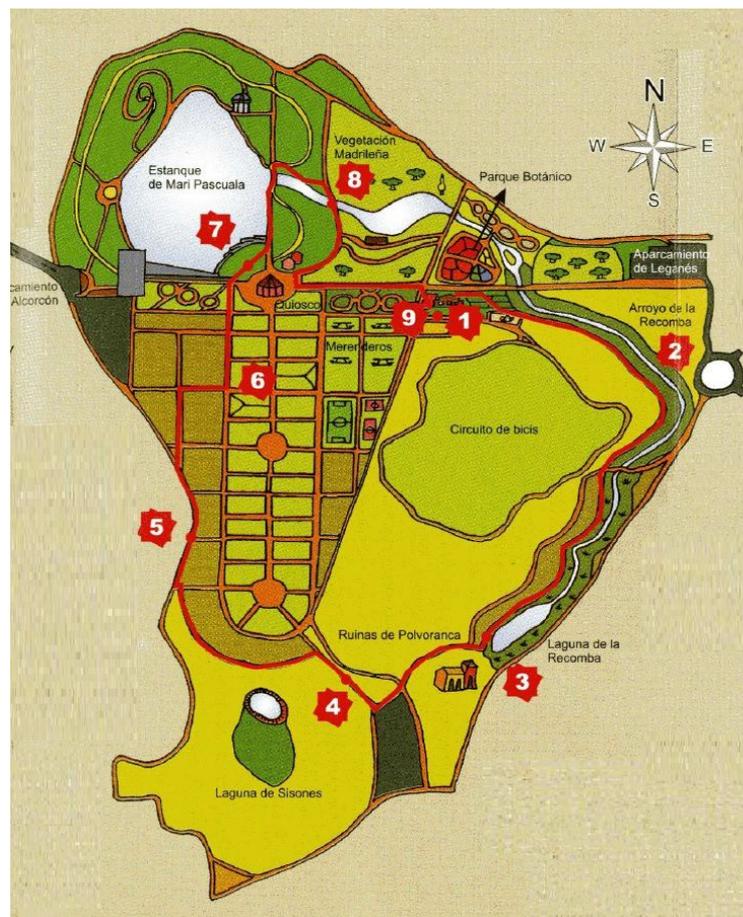


Ilustración 2: Plano completo del parque [5]

La laguna de Mari Pascuala (7) es un estanque artificial que hace a la vez de depósito del agua extraída de los pozos. Son dos pozos los que suministran agua a esta laguna. El tercer pozo suministra agua al otro depósito, la laguna de Sisonés (4). El agua de riego se

distribuye a partir de dos grupos de presión, uno para cada depósito. Un tercer grupo de presión actúa en la ría del norte del parque.

Clima

El clima propio del parque corresponde al clima mediterráneo continentalizado. El clima en Leganés se clasifica como templado. En los meses de invierno hay más precipitaciones que en verano. La temperatura media ronda los 14°C y la precipitación media, los 446mm.

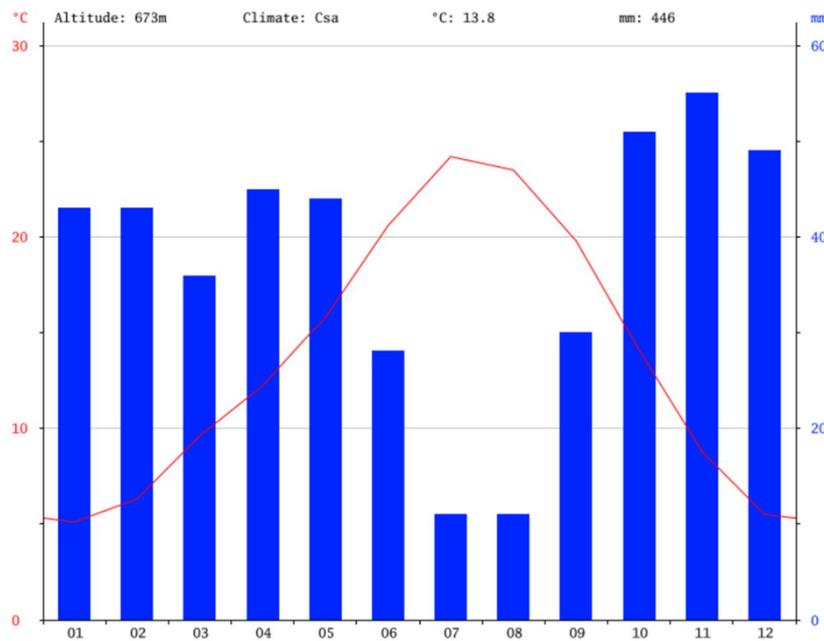


Ilustración 3: Climograma Leganés [5]

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	5.1	6.3	9.6	12.2	15.8	20.6	24.2	23.5	19.8	14.1	8.8	5.5
Temperatura mín. (°C)	1.4	1.7	4.5	6.6	10	14.2	17.3	17.1	14.1	9.4	4.8	2
Temperatura máx. (°C)	8.8	10.9	14.7	17.8	21.7	27	31.1	29.9	25.5	18.9	12.9	9.1

Ilustración 4: Datos históricos temperatura Leganés [5]

2. ESTADO DEL ARTE

Para poder realizar este proyecto es necesario tener ciertos conocimientos técnicos y teóricos. Aquí se definirán las turbomáquinas y las ecuaciones que las definen, las bombas y los tipos de bomba que se utilizarán y todos los elementos que tengan importancia en la instalación

Turbomáquinas

Las turbomáquinas o máquinas rotodinámicas pertenecen al conjunto de las máquinas de fluido. Las máquinas de fluido engloban a todas las máquinas en las que se produce un intercambio de energía entre un órgano mecánico y un fluido. Se pueden distinguir dos grupos dentro de las máquinas de fluido en función de la forma de intercambio de energía, las máquinas volumétricas y las turbomáquinas. Mientras que en las máquinas volumétricas el intercambio de energía se produce por una variación del volumen de la cámara, en las turbomáquinas el intercambio se produce mediante la variación del momento cinético del fluido.

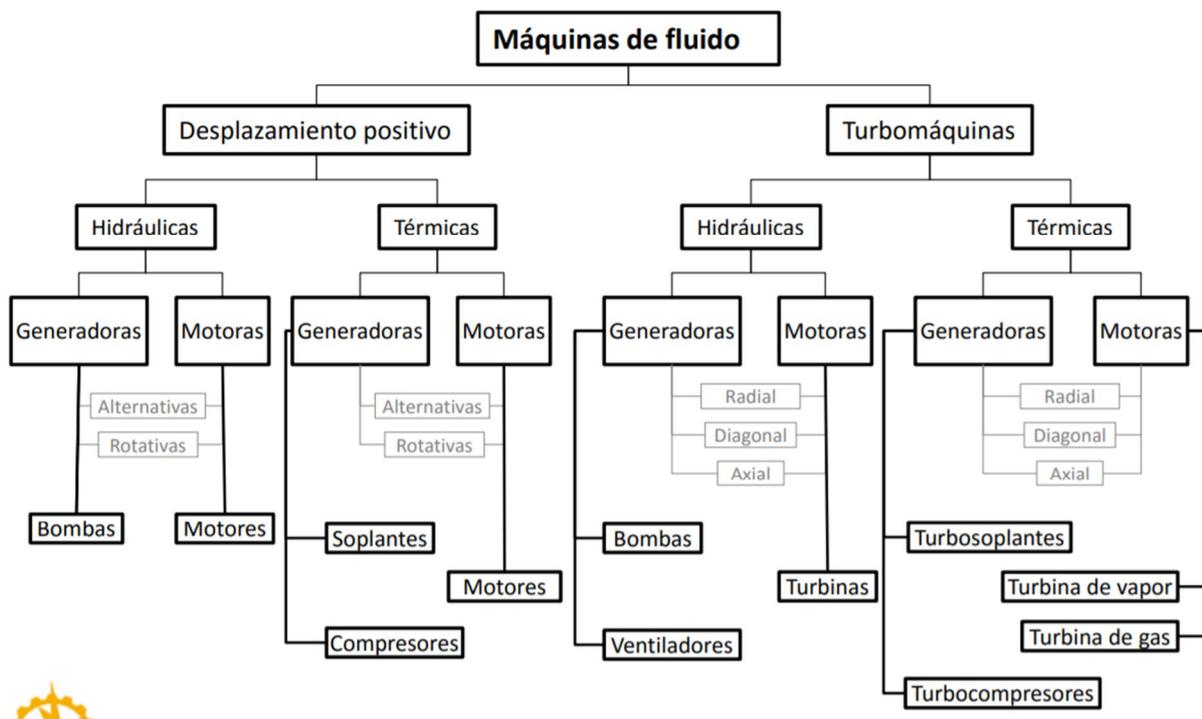


Ilustración 5: Clasificación de las máquinas de fluido [1]

Dentro de las turbomáquinas se distinguen dos grupos, las turbomáquinas hidráulicas y las turbomáquinas térmicas. La diferencia entre ambas radica en la densidad del fluido durante el proceso de intercambio de energía. En las turbomáquinas térmicas sí se producen cambios apreciables en la densidad del fluido mientras que en las hidráulicas, como los cambios de densidad apenas son apreciables, se considera que la densidad es constante. Las bombas que usaremos pertenecen a este segundo grupo ya que trabajan con agua como fluido incompresible.

Ecuación de Euler

Como se dijo anteriormente, el intercambio de energía en una turbomáquina se produce por la variación del momento cinético. Esto se rige por el principio de conservación del momento cinético. Este principio se resume en que si se produce un cambio de velocidad en un fluido, se genera un par. Esto también puede pasar al revés, que sería el caso exacto de lo que ocurre en una bomba hidráulica. Estas ecuaciones que describen el movimiento de un fluido compresible no viscoso se las conoce como ecuaciones de Euler.

Bombas hidráulicas: clasificación y componentes

Hay distintas maneras de clasificar las bombas. Se pueden agrupar según el número de flujos, el número de escalonamientos, la posición del eje, etcétera. La clasificación más importante es según la dirección del flujo en el rodete:

- Bombas axiales: cada partícula de fluido recorre una trayectoria en un cilindro coaxial con el eje de la máquina.

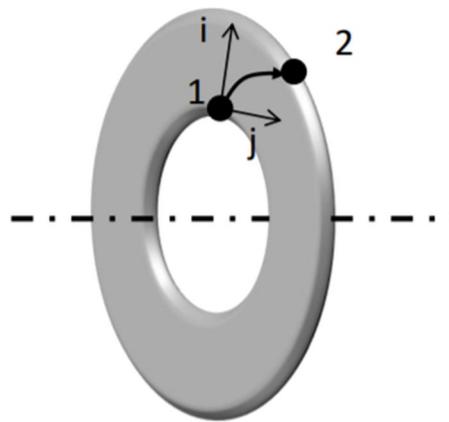


Ilustración 6: Trayectoria del fluido en un rodete axial [1]

- Bombas radiales: el fluido recorre una trayectoria en un plano perpendicular al eje de la bomba.
- Bombas diagonales: su rodete es una combinación de los dos casos anteriores con el fluido moviéndose en todas las direcciones.

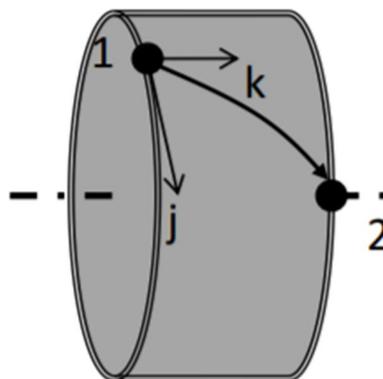


Ilustración 7: Trayectoria del fluido en un rodete radial [1]

Para un correcto conocimiento del funcionamiento de una bomba hidráulica también es importante saber cuáles son los distintos componentes de una bomba:

- Rodete: es el órgano intercambiador de energía (OIT).
- Eje: es el elemento rotativo que transmite la potencia mecánica al rodete desde el motor.
- Sistema difusor: su función es dirigir el fluido a la salida del rodete hasta la salida de la bomba, transformando la energía cinética en presión. Hay distintos tipos: corona directriz, caja espiral...
- Sistemas de estanqueidad: elementos para asegurar el cierre de los compartimentos donde el fluido está a presión. Los hay más económicos pero con peor estanqueidad (prensaestopas) y más caros con mejor rendimiento (cierres mecánicos, juntas tóricas...).
- Cojinetes: son los soportes del eje. Se encargan de que el eje no tenga demasiados esfuerzos y no se deforme.
- Bridas de entrada y salida: son las conexiones de la bomba con las tuberías de admisión e impulsión.
- Motor: es el elemento que se encarga de transmitir la potencia al eje. Generalmente se trata de motores eléctricos, más concretamente de inducción.

Las bombas rotodinámicas son unas las máquinas más empleadas en el mundo por sus múltiples usos y su fácil adaptación a las distintas condiciones.

Ecuaciones de una bomba

Para poder calcular la altura que una bomba es capaz de impulsar se utiliza la ecuación de Bernoulli. Así, al aplicar Bernoulli entre la entrada y la salida de la bomba obtenemos:

$$\frac{P_E}{\rho * g} + \frac{c_E^2}{2 * g} + z_E + H = \frac{P_S}{\rho * g} + \frac{c_S^2}{2 * g} + z_S$$

Ecuación 1: Ecuación de Bernoulli aplicada a una bomba

De esta ecuación y con los valores de presión y velocidad del fluido a la entrada y salida de la bomba se podría despejar la altura bombeada H.

Además de esta ecuación para poder completar los datos de la instalación se necesita conocer la ecuación de la curva característica de la bomba. Esta curva característica proporciona la altura impulsada por la bomba para un determinado caudal. Su forma es:

$$H = A - B * Q^2$$

Ecuación 2: Curva característica de una bomba

Donde:

H es la altura y Q el caudal impulsado por la bomba.

A y B son dos constantes cuyo valor es obtenido mediante ensayos.

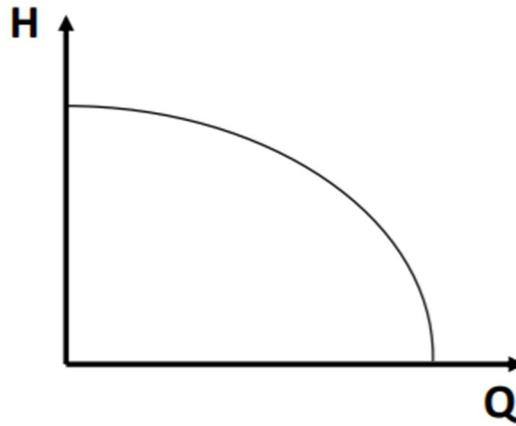


Ilustración 8: Curva característica H-Q de una bomba [1]

Otra de las curvas características de una bomba es la correspondiente al rendimiento respecto del caudal. En esta gráfica se puede ver comparada con la curva H-Q y otras curvas características de una bomba.

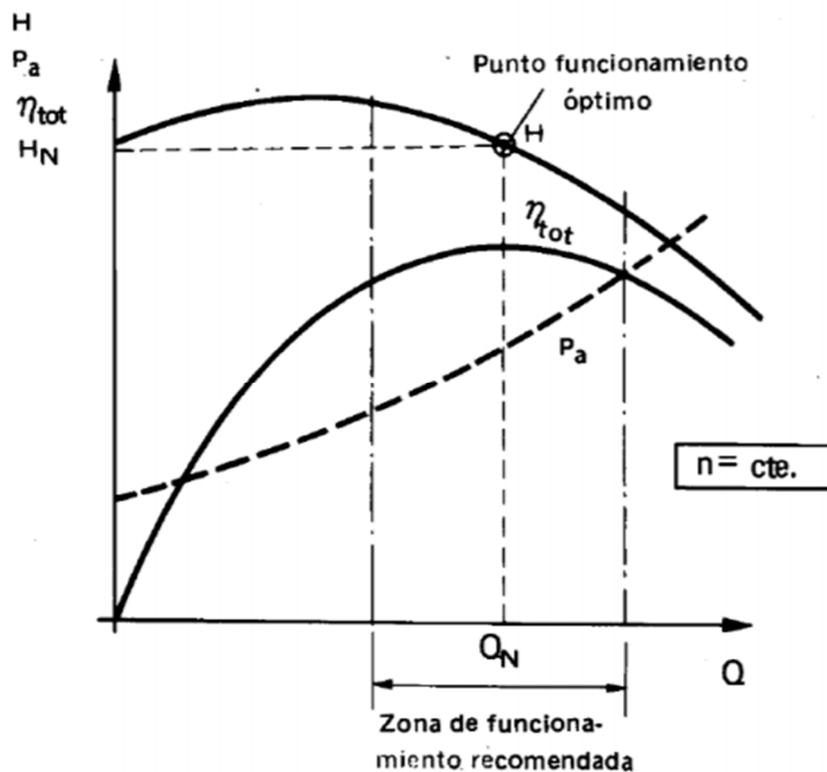


Ilustración 9: Comparación de las distintas curvas características de una bomba [1]

En la imagen se observa como el punto óptimo de funcionamiento de la bomba corresponde al caudal con el que el rendimiento es máximo. Aunque para ese caudal no sea la máxima altura que puede impulsar la bomba, sí que es la más rentable.

Cuando se trabaja con una bomba hay otras ecuaciones específicas a tener en cuenta relacionadas con las pérdidas que se producen en la bomba y con el rendimiento.

$$H = H_u - H_{r-int}$$

Ecuación 3: Pérdidas hidráulicas en una bomba

A raíz de estas pérdidas se puede sacar el rendimiento hidráulico.

$$\eta_h = \frac{H}{H_u}$$

Ecuación 4: Rendimiento hidráulico de una bomba

En cuanto a las pérdidas volumétricas, están directamente relacionadas con el caudal. Estas pérdidas pueden ser externas o internas.

$$Q = Q_{rod} - Q_e - Q_i$$

Ecuación 5: Pérdidas volumétricas de una bomba

Estas pérdidas también quedan definidas en el rendimiento hidráulico.

$$\eta_v = \frac{Q}{Q_{rod}}$$

Ecuación 6: Rendimiento volumétrico de una bomba

Por último, quedan las pérdidas mecánicas. Incluyen todas las pérdidas de energía que se producen en el eje y también suelen incluir las pérdidas por rozamiento de disco. Estas pérdidas quedan definidas a través del rendimiento mecánico.

$$\eta_m = \frac{P_u}{P_a}$$

Ecuación 7: Rendimiento mecánico de una bomba

También hay otras ecuaciones importantes a la hora de trabajar con bombas pero que no serán necesarias en el diseño de esta instalación. Estas son las equivalencias para instalar varias bombas en serie o en paralelo y las leyes de semejanza de las bombas.

Ecuaciones de la instalación: fluidos en conductos y pérdidas

Para trabajar con las distintas pérdidas en los conductos de la instalación también se utiliza la ecuación de Bernoulli. En este caso sería:

$$\frac{P_1}{\rho * g} + \frac{c_1^2}{2 * g} + z_1 + h_f = \frac{P_2}{\rho * g} + \frac{c_2^2}{2 * g} + z_2$$

Ecuación 8: Ecuación de Bernoulli para la instalación

Para obtener las distintas pérdidas de carga que existen en los conductos de la instalación hay varios conceptos a tener en cuenta.

Pérdidas de carga primarias

Las pérdidas de carga primaria son las referidas a la pérdida de la altura impulsada debido a la fricción del fluido con el conducto por el que es conducido. No hay una sola manera de obtener las pérdidas sino que a lo largo de los años han surgido diversos métodos para calcularlas y obtener una solución lo suficientemente exacta.

Para la obtención de las pérdidas h_f se utilizará la ecuación de Darcy-Weisbach, que es la siguiente:

$$h_f = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2 * g}$$

Ecuación 9: Ecuación de Darcy-Weisbach para las pérdidas primarias

Para obtener el factor de fricción f se utilizará la fórmula de Colebrook-White ya que es la aproximación más exacta. Aunque es también la más compleja ya que requiere de varias iteraciones. Como los cálculos se realizarán con el programa no supondrán un problema. La fórmula de Colebrook-White es la siguiente:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \log\left(\frac{\varepsilon/D}{3.7} + \frac{2.51}{Re_d * \sqrt{f}}\right)$$

Ecuación 10: Ecuación de Colebrook-White

Pérdidas de carga secundarias

Estas pérdidas se originan en puntos donde los conductos sufren alteraciones respecto a su flujo principal. Estos casos son válvulas, cambios de diámetro en las tuberías, codos... Como normalmente pueden ser calculados de manera experimental se aproximan a partir de la siguiente fórmula:

$$h_f = K * \frac{v^2}{2 * g}$$

Ecuación 11: Ecuación para las pérdidas de carga secundarias

Los valores del parámetro K varían en función de la alteración que haya sufrido el conducto y están estipulados para los casos más frecuentes.

Ecuaciones de la instalación

Para obtener la curva característica de la instalación el primer paso es obtener las pérdidas en cada tramo de la misma. Aplicando Bernoulli a la instalación se obtiene:

$$H_{inst} = \frac{P_2 - P_1}{\rho * g} + z_2 - z_1 + H_{re-1} + H_{r2-s} = C + D * Q^2$$

Ecuación 12: Ecuación de Bernoulli aplicada a la instalación

Sustituyendo en la ecuación de Bernoulli de la instalación las pérdidas de los conductos en función del caudal obtenemos:

$$H_{inst} = C + D * Q^2$$

Ecuación 13: Curva característica de la instalación

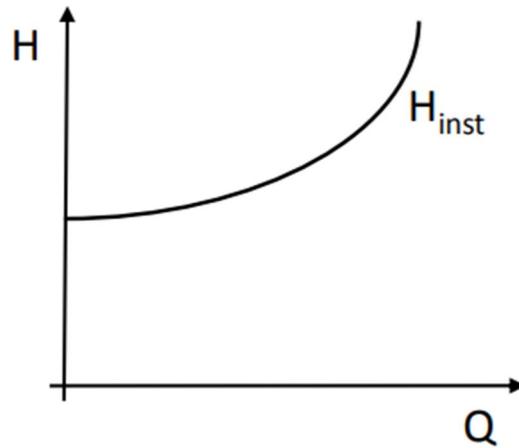


Ilustración 10: Curva H-Q característica de la instalación [1]

Por tanto, para obtener el punto de funcionamiento de una bomba en una determinada instalación habría que superponer ambas curvas y encontrar el punto de corte. Si en ese punto el rendimiento de la bomba es máximo, la bomba también estaría en un punto óptimo de funcionamiento.

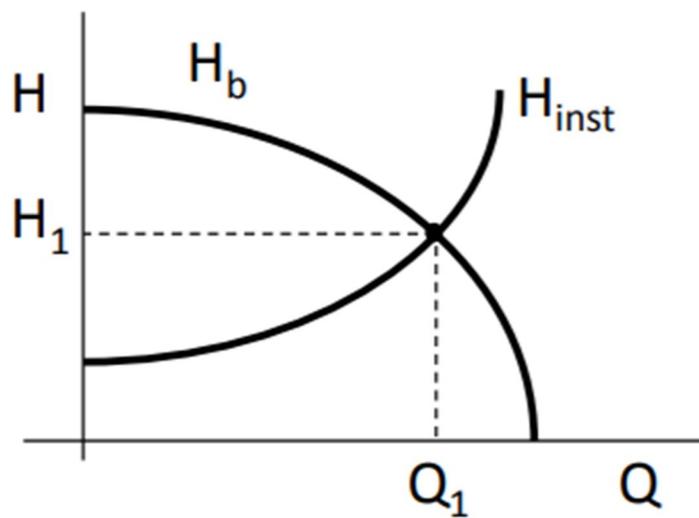


Ilustración 11: Corte de las curvas características de la bomba y la instalación [1]

En este ejemplo el punto de trabajo para la bomba en esa instalación sería en el que impulsa un caudal Q_1 y una altura H_1 .

Tipos de instalación

Cuando el fin de la instalación es extraer agua hay varios puntos a tener en cuenta. Además del uso que se le vaya a dar al agua que se extraiga, hay que tener en cuenta el tipo de instalación que se quiere realizar para la extracción. Generalmente se usan tres opciones:

Instalación en seco

Este tipo de instalación consiste en colocar la bomba al nivel del suelo sobre el pozo y que a través de una tubería esté conectada con el agua del pozo.

Utilizando este tipo de instalación se facilita el mantenimiento de la bomba, ya que al estar en la superficie el acceso de los operarios no tiene problema. Además, esto también abarataría los costes de mantenimiento.

En cambio, el principal inconveniente de colocar la bomba en la superficie de esta manera sería que el consumo de energía sería bastante superior a los otros casos. Otro problema con el que habría que tener mucho cuidado en el diseño es la cavitación en el tubo de aspiración de la bomba, sobre todo para pozos con bastante profundidad.

Instalación sumergible

En este caso la bomba se introduce en el pozo y se sumerge en el agua de manera que no necesite tubería para coger el agua que va a impulsar. No tiene por qué colocarse en el fondo del pozo, puede ponerse a una profundidad menor en la que también se asegure que siempre podrá captar agua. Las bombas usadas en estos casos suelen ser axiales.

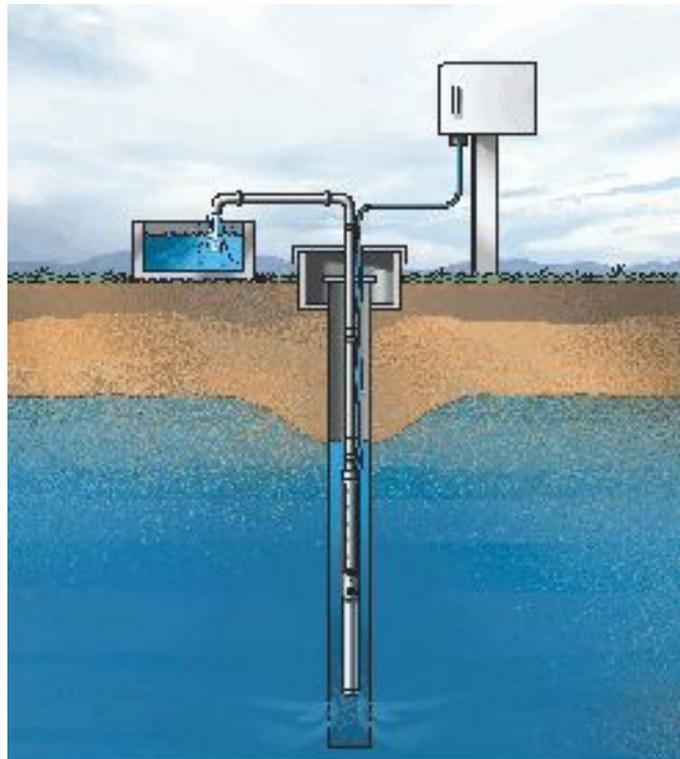


Ilustración 12: Instalación sumergible de una bomba [3]

Estas bombas sumergibles tienen la ventaja de que son capaces de bombear con mayor facilidad y consumiendo menos energía que en el caso anterior.

Sin embargo, su inconveniente es que para el mantenimiento y la revisión habría que extraer siempre la bomba, lo que encarecería la operación.

Instalación sumergible en seco

Este modelo de instalación es una mezcla de los dos tipos anteriores como indica su nombre. Consiste en colocar la bomba a una profundidad en la que pueda captar agua sin necesidad de una tubería vertical y colocándola en un hueco paralelo al pozo. Así reunimos las ventajas de los dos modelos anteriores.

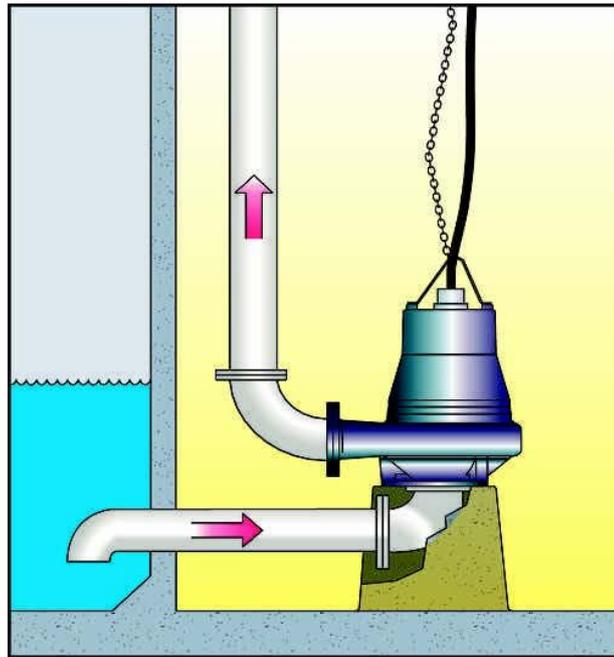


Ilustración 13: Instalación sumergible en seco de una bomba [3]

Como se puede ver en la imagen la bomba captaría el agua mediante una tubería horizontal y la impulsaría como si se encontrara dentro del pozo.

Utilizando este tipo de instalación se consigue que la bomba trabaje más fácilmente y consumiendo menos energía y también se abaratan los costes de mantenimiento ya que no hace falta sacar la bomba para revisarla, los operarios pueden bajar. No obstante, este modelo solo es aconsejable para pozos sin demasiada profundidad dado que sino el acceso de los operarios a la bomba seguiría siendo muy complicado.

Elementos constructivos de la instalación

En una instalación de este tipo hay ciertos elementos de gran importancia para el correcto funcionamiento de la red de bombeo. Los principales elementos a tener en cuenta en este apartado son las válvulas y las tuberías. Además, también se explicarán brevemente los métodos de alimentación de energía del sistema y las formas de variar el régimen de trabajo de las bombas, mediante un variador de frecuencia.

Válvulas

Una válvula es un instrumento de control y regulación del fluido. Se trata de un dispositivo mecánico cuya función es detener, iniciar o regular el flujo de un líquido o gas a través de un conducto mediante la obstrucción o no del propio conducto. Hay muchos tipos de válvulas, los principales son los siguientes:

- **Válvula de asiento o de globo:** el principio de esta válvula consiste principalmente en un tapón cónico con forma de disco que es empujado hacia el agujero por un tornillo a través de una guía hasta que lo tapona totalmente. Sirve tanto para cortar totalmente el paso como para regular el flujo, aunque tiene unas pérdidas de cargas muy elevadas. Entre sus ventajas está la facilidad a la hora de reparar la válvula debido a la sencillez de sus piezas y de su mecanismo.



Ilustración 14: Válvula de asiento [3]

- Válvula antirretorno o de retención: su principal función consiste en cerrar por completo el avance del fluido en circulación en un sentido y deja el paso totalmente libre en el sentido contrario. Su uso más común es para descargar a la alimentación tuberías en las que se desea mantener una cierta presión. Tienen una gran utilidad en los sistemas de bombeo para evitar los golpes de ariete, sobre todo en la tubería de descarga de la bomba.
- Válvula de compuerta: es una válvula que se abre levantando una compuerta o cuchilla, que puede ser redonda o rectangular, para permitir el paso del fluido. Tiene como ventajas su alta capacidad, bajo coste y que proporciona un cierre hermético. También aporta muy poca resistencia a la circulación. Su principal defecto es que no proporciona un control muy preciso de la circulación del fluido.



Ilustración 15: Válvula de compuerta [3]

- Válvula de mariposa: este mecanismo se utiliza para interrumpir o regular el paso de un fluido a través de un conducto aumentando o reduciendo la sección de paso

mediante una placa que gira sobre un eje, a esta placa se la suele denominar mariposa. Su principal ventaja es que cuando están totalmente abiertas apenas producen pérdidas de carga y que son bidireccionales.



Ilustración 16: Válvula de mariposa [3]

Las válvulas aportan un gran control sobre el flujo del fluido por los conductos y permiten aumentar la seguridad de la red pero también tienen algunos inconvenientes como las pérdidas de carga que generan. Estas pérdidas se englobarían dentro de las pérdidas secundarias y estarían también reguladas por la ecuación [6].

Tuberías

En toda instalación la parte más importante después de la extracción mediante la bomba es el transporte del fluido, y para esta parte es imprescindible hacer una buena elección del tipo de conducto que se utilizará.

En la actualidad existen tuberías de muy diversos materiales, cada tipo con unas ventajas u otras según la aplicación a la que se vayan a destinar. Los más importantes en nuestro caso son los siguientes tipos:

- Tuberías de hormigón: las tuberías de hormigón son una opción eficaz, económica y ecológica para conductos de redes hidráulicas que trabajan generalmente a baja presión. Suelen ser de hormigón armado u hormigón pretensado. Como ventajas



Ilustración 17: Tuberías de hormigón [3]

destaca su facilidad para la construcción y para el transporte de los tubos. En cambio, tienen los inconvenientes de ser bastante susceptibles a la corrosión y a las fugas debido al gran número de juntas que suelen tener.

- Tuberías de acero inoxidable: son las tuberías que tienen mayor resistencia de todos los materiales. Son también el tipo de tubería con mayor resistencia frente a la corrosión. Sus ventajas son las grandes resistencias que tiene y su principal inconveniente es el coste.
- Tuberías de acero: es el material con mayor aplicación. Generalmente se usa en la unión de las tuberías debido a su facilidad para la colocación. Su otra principal ventaja es el gran aguante que tiene frente al agua caliente.
- Tuberías de PVC: estas tuberías destacan por su gran resistencia frente a la corrosión y por su fácil aplicación. Sin embargo, su baja resistencia tanto a las altas temperaturas como a las bajas hacen que el material se vuelva muy vulnerable a las fracturas.
- Tuberías de polietileno: el polietileno es un material termoplástico y es, químicamente, el polímero más simple. Se distinguen dos tipos:
 - Polietileno de baja densidad (PEBD): tienen más flexibilidad y menos fragilidad que las tuberías de PVC por lo que se suelen usar para las zonas de la instalación con mayores variaciones de temperatura, que son las zonas que se encuentran al aire libre. Por esta razón su principal aplicación suele ser la red de riego final.
 - Polietileno de alta densidad (PEAD): en comparación con los tubos de PEBD, son tubos más duros y con una mayor rigidez. También se caracterizan por una mayor resistencia a las temperaturas extremas y a la mayoría de agentes químicos.



Ilustración 18: Tuberías de PEAD [3]

Como ocurría con las válvulas, en las tuberías también se producen pérdidas de carga. Las pérdidas de carga en conductos están incluidas en las pérdidas de carga primarias y se modelan a partir de las ecuaciones de Darcy-Weisbach y de Colebrook-White.

Surtidores

Una vez se ha diseñado toda la red de riego el siguiente paso es decidir la manera de distribuir el agua por la superficie que se quiere irrigar. Los surtidores son los elementos de la instalación encargados de repartir el agua y suelen ser la única parte visible de la instalación. Hay muchos tipos de surtidores:

- **Bocas de riego:** son los surtidores más básicos y los que más potencia de salida necesitan. Se suelen utilizar cuando se necesita regar zonas de amplia extensión. Su uso más común es conectando las mangueras a su salida para poder distribuir todo el agua.
- **Aspersores de impacto:** también se suele usar para regar zonas amplias debido a que permite llegar a más de 10 metros de distancia. Distribuye el agua lanzando un chorro mientras va rotando.



Ilustración 19: Aspersor de impacto [3]

- Rociadores: son los más utilizados para zonas medianas ya que llegan sin problema a los 4 metros de distancia.
- Microaspersores: suelen ser una buena alternativa para zonas pequeñas y con alta densidad de plantas, ya que poseen un alcance de un metro.
- Riego por goteo, goteros regulables: este tipo de surtidor permite mojar una zona pequeña a su alrededor. Su principal ventaja es el gran ahorro de agua que tienen frente al resto de opciones. Aunque solo son válidos para zonas donde el caudal de riego es muy pequeño.

Alimentación de energía

Es una parte esencial ya que es la encargada de hacer funcionar la bomba. En esta instalación la bomba será siempre accionada por un motor eléctrico. Pero este motor eléctrico puede obtener su potencia de varias fuentes, aunque las dos opciones principales son:

- Generador eléctrico: se trata de un dispositivo cuya función es conseguir energía eléctrica a partir de otra fuente de energía. Esta fuente de energía puede ser química, mecánica, térmica o de otra forma. El caso más común en este tipo de instalaciones es el del generador diésel. La principal ventaja de estos generadores es para instalaciones en las que no se tiene acceso a la red eléctrica o en los casos en los que se necesita una fuente de energía de manera temporal.



Ilustración 20: Generador diésel [3]

- Red eléctrica: la otra opción pasa por conectar los motores a la red eléctrica de distribución. La red eléctrica es la encargada de suministrar energía eléctrica a todos los consumidores a través de las líneas eléctricas. Gracias a las subestaciones eléctricas se obtiene en cada punto la potencia necesaria para hacer funcionar una instalación. En zonas donde no se tiene ningún problema para acceder a la red eléctrica, es la mejor opción.

En la actualidad han surgido diversas opciones para sustituir a estos dos sistemas de alimentación, la mayoría basadas en las energías renovables. De entre estas nuevas opciones la que tiene más peso es la que está basada en la energía solar, lo que se conoce como el bombeo solar.

Variador de frecuencia

Un variador de frecuencia es un tipo de variador de velocidad. Un variador de frecuencia actúa como sistema de control para la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna por medio del control de la frecuencia de alimentación que se suministra al motor. Su principal ventaja es la mejora de eficiencia energética y la reducción en el consumo de energía de la instalación. Este método puede llegar reducir el consumo energético entre un 20% y un 70% en función de su uso.



Ilustración 21: Variador de frecuencia [3]

3. ANÁLISIS DE LA INSTALACIÓN EXISTENTE Y DISEÑO

Antes de realizar la nueva instalación es muy importante hacer una revisión de la instalación existente para ver cuáles son las partes de la instalación que requieren una mayor mejora y qué elementos pueden aprovecharse en la futura instalación.

Pozos

La instalación global consta de cuatro pozos. Los dos primeros pozos (Pozo nº1 y Pozo nº2) impulsan el agua hacia la laguna de Mari Pasquala, el Pozo nº3 bombea hacia la laguna de Sisiones y el cuarto pozo la impulsa hacia la ría.

Todos los pozos son de unas condiciones similares por lo que en el desarrollo del proyecto solo se realizará el diseño completo de los dos primeros pozos, siendo los otros diseños muy parecidos.

Como estos pozos tienen la capacidad suficiente para extraer



Ilustración 22: Acceso pozo nº2 [2]

Debido a la profundidad de todos los pozos se ha tomado la decisión de realizar la instalación de tipo sumergible en todos ellos. Esto se debe principalmente a que la instalación en seco requeriría más energía para obtener el mismo punto de trabajo y, además, podría tener serios problemas con la cavitación.

La instalación sumergible en seco también queda descartada por la profundidad de los pozos.

Grupos de presión

Los grupos de presión son los encargados de bombear el agua desde los depósitos por toda la red de riego del parque. En toda la instalación del parque se cuenta con tres grupos de presión.

- Grupo de presión del lago: es el más grande. Consta de cuatro bombas centrífugas en paralelo, aunque solo tres de ellas están funcionando a la vez. La otra bomba está conectada en caso de que ocurra una avería en alguna de las otras bombas. Es la instalación de presión más grande y es la que se usará como modelo para diseñar las otras dos instalaciones de presión. Este grupo toma el agua que bombea de la laguna de Mari Pasquala.



Ilustración 23: Grupo de presión del lago [2]

- Grupo de presión de Sisones: utiliza como depósito la laguna de Sisones. Este grupo de presión está compuesto por dos bombas centrífugas en paralelo. Ambas bombas funcionan siempre a la vez para dar el caudal de riego necesario para esa zona del parque.



Ilustración 24: Grupo de presión de Sisones [2]

- Grupo de presión de la ría: toma el agua de la propia ría en la que se encuentra el pozo nº4. Las bombas que forman parte de este grupo de presión son solo dos, conectadas también en paralelo para aumentar el caudal impulsado. Como las del resto de instalaciones, son bombas centrífugas.

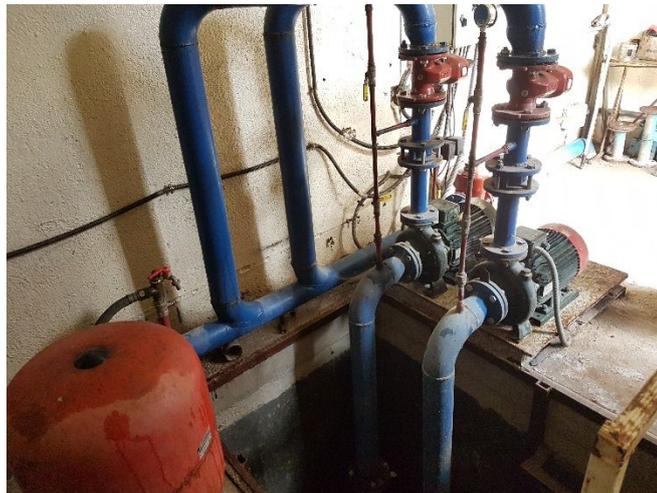


Ilustración 25: Grupo de presión de la ría [2]

Red de riego

La red de riego es la encargada de distribuir toda el agua por el parque para llegar a todas las zonas que se quieren regar. La red actual tiene varios tipos de tuberías.

Las tuberías de riego del grupo de presión del lago son todas de PVC mientras que las tuberías tanto del grupo de presión de Sisones como del grupo de presión de la ría son de polietileno de baja densidad.

Como estas instalaciones fueron renovadas hace dos años o han sido instaladas por primera vez en los últimos meses, se mantendrán en el diseño realizado en este proyecto.

La mayoría de las salidas de la red de riego corresponden a zonas de riego por goteo o a bocas de riego en las que se conectará el surtidor que sea necesario en cada caso. Para diseñar el grupo de presión del lago se usará la presión de salida establecida en las bocas de riego.

Sistemas de alimentación

Los sistemas de alimentación de energía se conservarán como han estado hasta ahora. El principal sistema de alimentación seguirá siendo la red eléctrica. Toda la instalación de control de la red eléctrica también se conservará ya que fue actualizada a finales de 2016 para adaptarse a la normativa actual.

DOCUMENTO II: **CÁLCULOS**

Índice

1.	Introducción.....	8
2.	Estudio de la instalación: pozo nº1 y pozo nº2.....	9
	Caudales.....	9
	Alturas.....	10
	Pérdidas de carga.....	10
	Pozo Nº1.....	10
	Pozo Nº2.....	13
	Elección.....	15
	Preselección de las bombas.....	16
	Pozo nº1.....	16
	Pozo nº2.....	18
	Selección definitiva de las bombas.....	20
	BE 108-0520.....	20
	XFP101G CB1.....	21
	AFP 1035 50Hz.....	22
	XFP101G VX.....	24
	Elección.....	25
	Selección del resto de elementos de la instalación.....	26
	Tuberías.....	26
	Válvulas.....	27
	Sistemas de alimentación.....	29
3.	Estudio de la instalación: Grupo de presión del lago.....	30
	Caudal.....	30
	Altura.....	30
	Preselección de las bombas.....	33
	Selección final de las bombas.....	34
	NK 125/100-32C.....	34
	NB 6X4-13C.....	34
	NB 125/100-32C.....	35
	Elección.....	36
	Selección del resto de elementos de la instalación.....	37

Índice de tablas

Tabla 1: Valores caudales y horas de trabajo actuales	9
Tabla 2: Valores caudales y horas de trabajo propuestos	9
Tabla 3: Valores de los distintos niveles de los pozos	10
Tabla 4: Alturas totales para cada bomba	10
Tabla 5: Elementos de la red del pozo nº1	11
Tabla 6: Elementos de la red del pozo nº2	13
Tabla 7: Valores definitivos de las pérdidas de carga en ambos pozos	15
Tabla 8: Principales valores de las bombas preseleccionadas	25
Tabla 9: Tipos de tubería red del pozo nº1	26
Tabla 10: Tipos de tubería red del pozo nº2	27
Tabla 11: Valores del caudal para el grupo de presión del lago	30
Tabla 12: Principales valores de las bombas preseleccionadas	36

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Pérdidas de carga para diámetro de 50mm en el pozo nº1 [4].....	11
Ilustración 2: Pérdidas de carga para diámetro de 80mm en el pozo nº1 [4].....	12
Ilustración 3: Pérdidas de carga para diámetro de 100mm en el pozo nº1 [4].....	13
Ilustración 4: Pérdidas de carga para diámetro de 50mm en el pozo nº2 [4].....	14
Ilustración 5: Pérdidas de carga para diámetro de 80mm en el pozo nº2 [4].....	14
Ilustración 6: Pérdidas de carga para diámetro de 100mm en el pozo nº2 [4].....	15
Ilustración 7: Datos del fluido [4]	16
Ilustración 8: Tipo de instalación [4].....	16
Ilustración 9: Instalación del pozo nº1 [4]	17
Ilustración 10: Preselección grupo Dewatering pozo nº1 [4]	17
Ilustración 11: Preselección grupo Pulp & Paper pozo nº1 [4].....	17
Ilustración 12: Preselección grupo Wastewater Technology pozo nº1 [4].....	18
Ilustración 13: Instalación del pozo nº2 [4]	18
Ilustración 14: Preselección grupo Pulp & Paper pozo nº2 [4].....	19
Ilustración 15: Condiciones de trabajo grupo Pulp & Paper pozo nº2 [4].....	19
Ilustración 16: Preselección grupo Wastewater Technology pozo nº2 [4].....	19
Ilustración 17: Condiciones de trabajo grupo Wastewater Technology pozo nº2 [4].....	19
Ilustración 18: Esquema bombas de la serie BE [4].....	20
Ilustración 19: Datos característicos de la bomba BE 108-0520 [4].....	21
Ilustración 20: Bomba XFP101G CB1 [3]	21
Ilustración 21: Valores característicos de la bomba XFP101G CB1 [4].....	22
Ilustración 22: Bomba AFP1035 50Hz [3]	23
Ilustración 23: Valores característicos de la bomba AFP1035 50Hz [4]	23
Ilustración 24: Bomba XFP101G VX [3]	24
Ilustración 25: Valores característicos de la bomba XFP101G VX [4]	25
Ilustración 26: Válvula de compuerta AVK seleccionada [3]	28
Ilustración 27: Válvula antirretorno AVK seleccionada [3]	28
Ilustración 28: Zona de riego del grupo de presión del lago	31
Ilustración 29: Cálculos de las pérdidas de carga para el punto más desfavorable [4]	32
Ilustración 30: Valores finales del grupo de presión [4]	32
Ilustración 31: Instalación del grupo de presión del lago [4].....	33
Ilustración 32: Preselección Dewatering para el grupo de presión [4].....	33
Ilustración 33: Preselección Pulp & Paper para grupo de presión [4].....	33
Ilustración 34: Preselección Pulp & Paper para grupo de presión (cont.) [4].....	34

Ilustración 35: Valores de trabajo de la bomba NK 125/100-32C [4]	34
Ilustración 36: Valores de trabajo de la bomba NB 6X4-13C [4].....	35
Ilustración 37: Representación de las bombas de la serie NB con su motor acoplado [3]	35
Ilustración 38: Valores de trabajo de la bomba NB 125/100-32C [4].....	36

1. INTRODUCCIÓN

En este documento se realizarán y analizarán todas las elecciones necesarias para llevar a cabo el funcionamiento de la instalación. También se hará un análisis numérico de todos los valores para realizar una correcta elección de las bombas. Se intentará optimizar al máximo todos los elementos de la red instalada.

Para la simplificación del proyecto solo se realizará de manera exhaustiva la instalación del lago principal (Laguna de Mari Pasquala). Dentro de esta instalación están incluidos dos pozos, cada uno con una bomba, y el grupo de presión de riego del lago, que incluye varias bombas con funcionamiento alterno.

2. ESTUDIO DE LA INSTALACIÓN: POZO N°1 Y POZO N°2

Como los dos pozos tienen valores muy similares en todos los aspectos la selección de las bombas se hará de manera conjunta, diferenciando siempre para qué pozo es cada elemento.

Caudales

Actualmente los valores de los caudales de extracción y los períodos de trabajo de cada bomba son los establecidos por la empresa operadora del parque VELASCO OBRAS Y SERVICIOS S.A. Estos valores son los siguientes:

POZO	CAUDAL ACTUAL	HORAS FUNCIONAMIENTO	
1	18 m ³ /h	Noviembre-Febrero	8 horas/día
		Resto del año	24 horas/día
2	12 m ³ /h	Noviembre-Febrero	8 horas/día
		Resto del año	-

Tabla 1: Valores caudales y horas de trabajo actuales

Como ambos pozos tienen un nivel freático similar y una capacidad regenerativa muy parecida se decide cambiar los caudales y las horas de trabajo para poder aprovechar mejor ambos pozos. Esta medida también se toma para equilibrar las horas de funcionamiento de las bombas ya que con el uso actual la bomba del pozo n°1 trabajaba durante muchas más horas que la del pozo n°2 y tenía un desgaste mucho mayor.

Como la laguna tiene mucha capacidad no hay ningún nivel máximo estipulado para detener la extracción de los pozos ni será necesario establecerlo.

Por tanto las medidas tomadas para obtener un mejor rendimiento de ambos pozos son las siguientes:

POZO	CAUDAL ACTUAL	HORAS FUNCIONAMIENTO
1	35 m ³ /h	8 horas/día todos los meses*
2	35 m ³ /h	8 horas/día todos los meses

*En los meses de verano si el gasto aumenta las bombas pasarán a funcionar 12 horas/día

Tabla 2: Valores caudales y horas de trabajo propuestos

Estos nuevos valores de caudal han sido obtenidos a partir de la suma del caudal anual bombeado según los datos anteriores, pero también ha aumentado considerablemente debido a que ahora se pretende llegar a más zonas de riego con el agua de la laguna.

Alturas

Para la obtención de las alturas hemos utilizado las medidas realizadas por la empresa operadora del parque. Estas medidas fueron realizadas con una sonda en septiembre de 2017 y son las siguientes:

	POZO N°1	POZO N°2
Profundidad del pozo	90 m	85 m
Nivel de agua del pozo	50 m	40 m
Profundidad de la bomba	10 m	10 m

Tabla 3: Valores de los distintos niveles de los pozos

Como el agua de ambas bombas irá a desembocar a la laguna por medio de una cascada, la altura de bombeo de las dos bombas será algo superior a la del pozo. Para evitar problemas, se utilizarán las siguientes alturas:

	ALTURA
POZO N°1	105 m
POZO N°2	100 m

Tabla 4: Alturas totales para cada bomba

Pérdidas de carga

Como ya se han establecido los valores de caudal y las alturas que se utilizarán en la instalación se procede a realizar una estimación de las pérdidas de carga. Para ello se necesita diseñar los conductos que van desde la salida de la bomba hasta el desagüe en la cascada de la laguna.

En esta parte la red de conductos no es igual para ambos pozos. Para cada pozo se realizarán distintas iteraciones con distintos diámetros de tubería para seleccionar el más adecuado en función del coste y de las pérdidas causadas.

Primero se probará con unas tuberías de 50mm de diámetro, después se utilizarán otras de 80mm y por último se comprobarán las pérdidas para un diámetro de 100mm.

Pozo N°1

La estructura de los conductos para la extracción de agua del pozo n°1 es la siguiente:

Elemento de la red	Longitud	Cantidad
--------------------	----------	----------

Tubería	85 m	1
Codo 90° (R/D=2)	-	1
Tubería	125 m	1
Codo 60° (R/D=2)	-	1
Clapeta antirretorno de bola (DN)	-	2
Tubería	30 m	1
Válvula de compuerta plana	-	2

Tabla 5: Elementos de la red del pozo nº1

Una vez se han establecido todos los elementos de la red se pasa a comprobar las pérdidas de carga en función del diámetro. Para este paso se utiliza el software de cálculo de pérdidas de ABSEL.

Fluido bombeado	Water, clean	Número de bombas	1
Caudal	35 m³/h	Tipo de instalación	
Altura geodésica	55 m	Opciones de visualización	Instalación sumergida
Viscosidad	1,005 mm²/s	Modelo de cálculo	Colebrook
Pérdidas de carga			
Tubería común lado impulsión			
Tubería 1 (3)			
Tipo	Valor zeta / longitud	Cantidad	Velocidad de flujo
Tubería: Diámetro interno: 50 mm	85 m	1	4,951 m/s
Codo 90° (R/D=2); Radio del codo: 100 mm	0,3177	1	4,951 m/s
Pérdidas de carga totales			67,87
Tubería 2 (2)			
Tipo	Valor zeta / longitud	Cantidad	Velocidad de flujo
Tubería: Diámetro interno: 50 mm	125 m	1	4,951 m/s
Codo 90° (R/D=2); Radio del codo: 100 mm	0,2486	1	4,951 m/s
Pérdidas de carga totales			95,14
Tubería 3 (3)			
Tipo	Valor zeta / longitud	Cantidad	Velocidad de flujo
Tubería: Diámetro interno: 50 mm	30 m	1	4,951 m/s
Clapeta antirretorno de bola: DN 50	2,339	1	4,951 m/s
Válvula de compuerta plana	0,3	1	4,951 m/s
Pérdidas de carga totales			26,04
Pérdidas de carga			189 m
Pérdidas de carga totales			244 m

Ilustración 1: Pérdidas de carga para diámetro de 50mm en el pozo nº1 [4]

Como se puede apreciar las pérdidas para un diámetro de 50mm son bastante superiores a la propia altura geodésica que debe impulsar la bomba.

Fluido bombeado	Water, clean	Número de bombas	1		
Caudal	35 m ³ /h	Tipo de instalación	Instalación sumergida		
Altura geodésica	55 m	Opciones de visuales	Colebrook		
Viscosidad	1,005 mm ² /s	Modelo de cálculo			
Pérdidas de carga					
Tubería común lado impulsión					
Tubería 1 (3)					
Tipo	Valor zeta / longitud	Cantidad	Velocidad de flujo	Perdida tubería	H / m
Tubería: Diámetro interno: 80 mm	85 m	1	1,934 m/s	0,25 mm	5,53
Codo 90° (R/D=2); Radio del codo: 160	0,3323	1	1,934 m/s		0,0797
Clapeta antirretorno de bola: DN 50	2,339	1	4,951 m/s		2,923
Pérdidas de carga totales					8,532
Tubería 2 (2)					
Tipo	Valor zeta / longitud	Cantidad	Velocidad de flujo	Perdida tubería	H / m
Tubería: Diámetro interno: 80 mm	125 m	1	1,934 m/s	0,25 mm	8,132
Codo 90° (R/D=2); Radio del codo: 160	0,26	1	1,934 m/s		0,06047
Pérdidas de carga totales					8,192
Tubería 3 (3)					
Tipo	Valor zeta / longitud	Cantidad	Velocidad de flujo	Perdida tubería	H / m
Tubería: Diámetro interno: 80 mm	30 m	1	1,934 m/s	0,25 mm	1,952
Clapeta antirretorno de bola: DN 50	2,339	1	4,951 m/s		2,923
Válvula de compuerta plana	0,3	1	1,934 m/s		0,0572
Pérdidas de carga totales					4,931
Pérdidas de carga					21,66 m
Pérdidas de carga totales					76,66 m

Ilustración 2: Pérdidas de carga para diámetro de 80mm en el pozo nº1 [4]

Respecto al caso anterior se puede observar que las pérdidas se reducen notablemente, siendo ahora un valor mucho más razonable.

Fluido bombeado	Water, clean	Número de bombas	1
Caudal	35 m³/h	Tipo de instalación	Instalación sumergida
Altura geodésica	55 m	Opciones de visualización	
Viscosidad	1,005 mm²/s	Modelo de cálculo	
Pérdidas de carga			
Tubería común lado impulsión			
Tubería 1 (3)			
Tipo	Valor zeta / longitud	Cantidad	Velocidad de flujo / pérdida tubería / H / m
Tubería: Diámetro interno: 100 mm	85 m	1	1,238 m/s / 0,25 mm / 1,73
Codo 90° (R/D=2); Radio del codo: 200	0,3405	1	1,238 m/s / 0,03299
Clapeta antirretorno de bola: DN 100	1,862	1	1,238 m/s / 0,1454
Pérdidas de carga totales			1,909
Tubería 2 (2)			
Tipo	Valor zeta / longitud	Cantidad	Velocidad de flujo / pérdida tubería / H / m
Tubería: Diámetro interno: 100 mm	125 m	1	1,238 m/s / 0,25 mm / 2,545
Codo 90° (R/D=2); Radio del codo: 200	0,2664	1	1,238 m/s / 0,02507
Pérdidas de carga totales			2,57
Tubería 3 (3)			
Tipo	Valor zeta / longitud	Cantidad	Velocidad de flujo / pérdida tubería / H / m
Tubería: Diámetro interno: 100 mm	30 m	1	1,238 m/s / 0,25 mm / 0,6108
Válvula de compuerta plana	0,3	1	1,238 m/s / 0,02343
Clapeta antirretorno de bola: DN 100	1,862	1	1,238 m/s / 0,1454
Pérdidas de carga totales			0,7796
Pérdidas de carga			5,258 m
Pérdidas de carga totales			60,26 m

Ilustración 3: Pérdidas de carga para diámetro de 100mm en el pozo n°1 [4]

Aquí las pérdidas de carga han vuelto a disminuir hasta un valor cercano al 10% de la altura geodésica que debe superar la bomba.

Pozo N°2

En el pozo n°2 tenemos que volver a realizar la enumeración de los elementos que forman parte de la red. Respecto a la red del pozo n°1, esta va a ser más directa debido a que se encuentra más cerca de la cascada a la que ambos pozos suministran el agua.

Elemento de la red	Longitud	Cantidad
Tubería	70 m	1
Codo 90° (R/D=2)	-	1
Clapeta antirretorno de bola (DN)	-	2
Válvula de compuerta plana	-	2
Tubería	55 m	1

Tabla 6: Elementos de la red del pozo n°2

Con los elementos ya elegidos se avanza a las iteraciones con el diámetro de los conductos.

Fluido bombeado	Water, clean	Número de bombas	1		
Caudal	35 m³/h	Tipo de instalación	Instalación sumergida		
Altura geodésica	55 m	Opciones de visuales	Colebrook		
Viscosidad	1 mm²/s	Modelo de cálculo			
Pérdidas de carga					
Tubería común lado impulsión					
Tubería 1 (3)					
Tipo	Valor zeta / longitud	Cantidad	Velocidad de flujo	Perdida tubería	H / m
Tubería: Diámetro interno: 50 mm	70 m	1	4,951 m/s	0,25 mm	53,08
Codo 90° (R/D=2); Radio del codo: 100	0,3176	1	4,951 m/s		0,516
Clapeta antirretorno de bola: DN 100	1,862	0	1,238 m/s		
Pérdidas de carga totales					56,5
Tubería 2 (3)					
Tipo	Valor zeta / longitud	Cantidad	Velocidad de flujo	Perdida tubería	H / m
Tubería: Diámetro interno: 50 mm	55 m	1	4,951 m/s	0,25 mm	41,69
Válvula de compuerta plana	0,3	1	4,951 m/s		0,3749
Clapeta antirretorno de bola: DN 100		0	1,238 m/s		
Pérdidas de carga totales					44,99
Pérdidas de carga					101,5 m
Pérdidas de carga totales					156,5 m

Ilustración 4: Pérdidas de carga para diámetro de 50mm en el pozo nº2 [4]

Aunque no tan altas como ocurría en el pozo nº1, las pérdidas para un diámetro de 50mm siguen siendo demasiado altas.

Fluido bombeado	Water, clean	Número de bombas	1		
Caudal	35 m³/h	Tipo de instalación	Instalación sumergida		
Altura geodésica	55 m	Opciones de visuales	Colebrook		
Viscosidad	1 mm²/s	Modelo de cálculo			
Pérdidas de carga					
Tubería común lado impulsión					
Tubería 1 (3)					
Tipo	Valor zeta / longitud	Cantidad	Velocidad de flujo	Perdida tubería	H / m
Tubería: Diámetro interno: 80 mm	70 m	1	1,934 m/s	0,25 mm	4,553
Codo 90° (R/D=2); Radio del codo: 160	0,3321	1	1,934 m/s		0,07967
Clapeta antirretorno de bola: DN 100	1,862	0	1,238 m/s		
Pérdidas de carga totales					4,894
Tubería 2 (3)					
Tipo	Valor zeta / longitud	Cantidad	Velocidad de flujo	Perdida tubería	H / m
Tubería: Diámetro interno: 80 mm	55 m	1	1,934 m/s	0,25 mm	3,578
Válvula de compuerta plana	0,3	1	1,934 m/s		0,0572
Clapeta antirretorno de bola: DN 100		0	1,238 m/s		
Pérdidas de carga totales					3,896
Pérdidas de carga					8,791 m
Pérdidas de carga totales					63,79 m

Ilustración 5: Pérdidas de carga para diámetro de 80mm en el pozo nº2 [4]

Con unas pérdidas ya más cercanas al 10% de la altura de impulsión, las pérdidas de carga para 80mm de diámetro son mucho más aceptables.

Fluido bombeado	Water, clean	Número de bombas	1
Caudal	35 m³/h	Tipo de instalación	Instalación sumergida
Altura geodésica	55 m	Opciones de visualización	
Viscosidad	1 mm²/s	Modelo de cálculo	
Pérdidas de carga			
Tubería común lado impulsión			
Tubería 1 (3)			
Tipo	Valor zeta / longitud	Cantidad	Velocidad de flujo
Tubería: Diámetro interno: 100 mm	70 m	1	1,238 m/s
Codo 90° (R/D=2); Radio del codo: 200	0,3403	1	1,238 m/s
Clapeta antirretorno de bola: DN 100	1,862	1	1,238 m/s
Pérdidas de carga totales			1,603
Tubería 2 (3)			
Tipo	Valor zeta / longitud	Cantidad	Velocidad de flujo
Tubería: Diámetro interno: 100 mm	55 m	1	1,238 m/s
Válvula de compuerta plana	0,3	1	1,238 m/s
Clapeta antirretorno de bola: DN 100	1,862	1	1,238 m/s
Pérdidas de carga totales			1,288
Pérdidas de carga			2,892 m
Pérdidas de carga totales			57,89 m

Ilustración 6: Pérdidas de carga para diámetro de 100mm en el pozo nº2 [4]

Como era de esperar las pérdidas para la tubería de 100mm son menores. Son menores también que las del pozo nº1 para este caso debido a que ahora se tienen menos metros de instalación.

Elección

Aunque las tuberías de un diámetro de 80mm son las más normalizadas se toma la decisión de escoger el diámetro de 100mm como el principal de la instalación. Esta elección se debe a varios factores:

- Aunque las tuberías de 80mm son las más comunes en este tipo de instalaciones, el diámetro de 100mm también es un valor muy normalizado y no supone un coste ni un problema importante.
- Al elegir las tuberías de 100mm las alturas de impulsión totales de ambas bombas son muy cercanas. Esto puede facilitar la búsqueda de una bomba que pueda satisfacer las necesidades de los dos pozos.

Por tanto, las pérdidas de carga que se tendrán en cuenta en la instalación son:

	Pérdidas de carga	Altura total de impulsión
POZO N°1	5.258 m	60.26 m
POZO N°2	2.892 m	57.89 m

Tabla 7: Valores definitivos de las pérdidas de carga en ambos pozos

Preselección de las bombas

Para la elección de las bombas que se utilizarán en la instalación primero se realizará una preselección a partir de los datos de caudal y altura que debe impulsar cada bomba. A partir de esta primera selección se seguirán descartando opciones hasta obtener la bomba ideal para la instalación. Las principales premisas de la instalación son la colocación de dos bombas sumergibles y del mismo tipo para el pozo.

Esta preselección se realizará con el programa de selección de bombas ABSEL. El primer paso es definir las características del fluido que se va a utilizar, que es agua limpia. Son los siguientes valores:

Datos de fluidos		
Fluido bombeado	Water, clean	
Temperatura	20	°C
Viscosidad	1,005	mm ² /s
Densidad	998,3	kg/m ³
Presión de vapor		MPa

Ilustración 7: Datos del fluido [4]

Se define también en el programa el tipo de instalación a realizar. Para cada pozo se instalará una instalación simple que constará de una única bomba sumergible.

Caudal		
Caudal	35	m ³ /h
Tipo de instalación	Bomba simple	

Ilustración 8: Tipo de instalación [4]

Pozo nº1

Para el pozo nº1 los datos del punto de trabajo se introducen en la aplicación. Los datos referentes a las pérdidas de carga en los conductos se establecen a partir de los cálculos realizados en los apartados anteriores para las tuberías de 100 mm de diámetro.

El resto de datos de la instalación también se introducen en el programa:

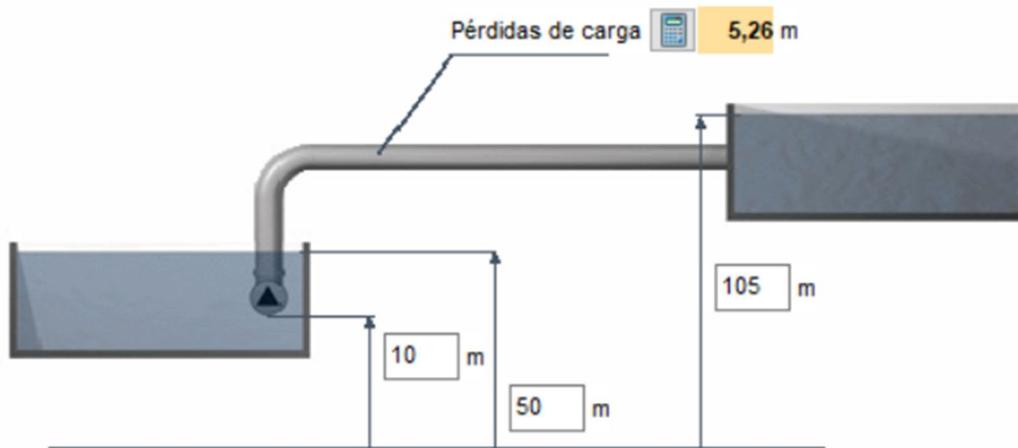


Ilustración 9: Instalación del pozo nº1 [4]

Cuando ya se tienen todos los elementos de la instalación definidos el siguiente paso es realizar la primera selección de bombas. Hay tres grupos de bombas divididos luego en subgrupos: Dewatering, Pulp & Paper, Wastewater Technology.

Primero se realiza una selección en el grupo de Dewatering.

Denominación del producto	Diseño	n 1/min	Ø mm	Q m³/h	H m	P2 kW	η (Bom... ↓ e EUR/a
Recomendación							
J 405 HD		2945	271	76,72	80,24	30,49	55,47 31163,05
J 205 HD		2930	234	45,25	63,77	17,46	45,3 19488,99
J 604 HD		1450	432	27,92	58,35	23,25	17,98 25760,64

Ilustración 10: Preselección grupo Dewatering pozo nº1 [4]

Al realizar la preselección en este primer grupo se observa que ninguna de las bombas recomendadas daría un funcionamiento correcto. La señal de precaución que muestra el programa significa que ninguna de las tres bombas podría funcionar correctamente en el punto de trabajo que se necesita en la instalación. Esto se puede observar fácilmente en los caudales y alturas que proporcionaría cada bomba, distan bastante de los necesitados por la instalación

Se avanza por tanto a realizar una primera selección del segundo grupo, Pulp & Paper.

Denominación del producto	Diámetro nominal	Tipo de rodete	Paso libre (a x b... n 1/min	Ø mm	Q m³/h	H m	P2 kW	η (Bomba) % ↓ NPSH m	e EUR/a
Recomendación									
BE 108-0520	DN80/DN50	Semi-open impeller	14 x 12	2945	207,9	34,99	60,26	9,466 60,81 3,124	10210,81
NB 80/50-20 C	DN80/DN50	Closed multivane ...	17 x 8,2	2950	210,8	35	60,26	9,583 60,21 2,219	9877,48
NB 3X2-8 C	DN80/DN50	Closed multivane ...	17 x 8,2	2950	210,8	35	60,26	9,583 60,21 2,219	9877,48

Ilustración 11: Preselección grupo Pulp & Paper pozo nº1 [4]

En la preselección del grupo Pulp & Paper se obtienen tres bombas. Como se observa las tres pueden trabajar en las condiciones marcadas por el punto de trabajo. Además, las

tres tienen un rendimiento similar y también consumen una potencia en el eje muy parecida. En la descripción del producto se puede observar que las bombas de la serie NB se utilizan generalmente en la industria para procesos con líquidos corrosivos y productos químicos. Por lo que la bomba BE 108-0520 se queda como la principal opción dentro de este grupo.

Se realiza ahora la preselección del último grupo, Wastewater Technology.

Denominación del producto	Diámetro nom...	Tipo de rodete	Paso libre (a x... n 1/min		Ø mm	Q m³/h	H m	P2 kW	η (Bomba)	NPSH m	e EUR/a
Recomendación											
XFP101G CB1	DN100	Contrabloc imp...	50	2955	215	34,28	60,03	13,01	43,36	2,235	13634,69
AFC 1035 50Hz	DN100	Vortex impeller	64	2950	255	39,75	61,8	20,75	32,47	3,119	20820,56
FV 50/50-20 RV	DN50	Recessed vort...	50	2950	211	33,35	59,78	17,45	31,29	4,639	20867,50

Ilustración 12: Preselección grupo Wastewater Technology pozo n°1 [4]

Al igual que en el apartado anterior, las bombas recomendadas por el programa del grupo Wastewater Technology son capaces de acercarse mucho a las condiciones del punto de trabajo. Las tres bombas podrían funcionar sin ningún problema en la instalación diseñada.

Con el primer acercamiento realizado ya se han obtenido opciones de bombas suficiente para seguir avanzando en el proyecto.

Pozo n°2

Una vez ha sido realizado la preselección del primer pozo, se comienza la del segundo pozo con el mismo procedimiento.

Con los datos de pérdidas de carga realizados anteriormente para unas tuberías de 100 mm de diámetro, se introducen el resto de datos de la instalación en el programa.

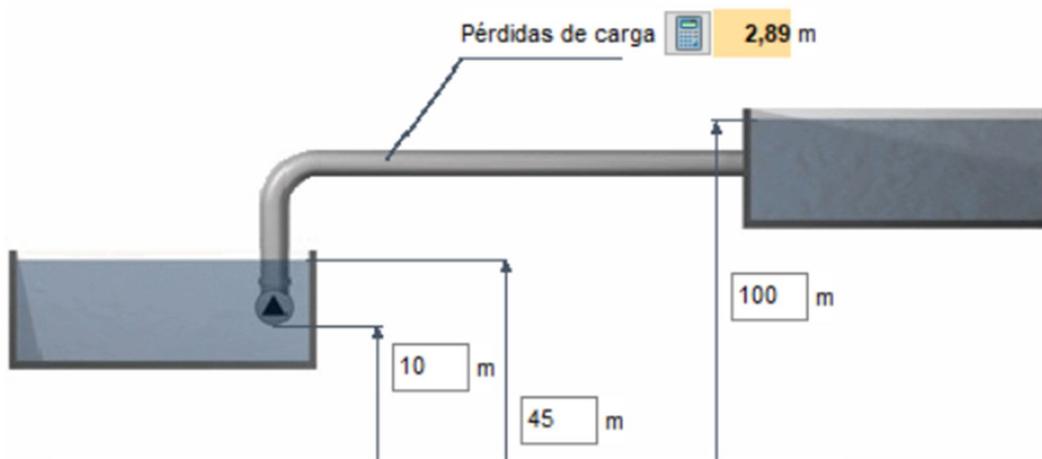


Ilustración 13: Instalación del pozo n°2 [4]

Con todos los datos ya introducidos, se comienza la primera selección con el grupo de Dewatering. Al igual que ocurría en el pozo n°1, se obtienen las mismas bombas con los mismos inconvenientes. Todas las bombas trabajarían en condiciones muy alejadas de las del punto de trabajo.

En el grupo de Pulp & Paper, la primera selección es la siguiente:

Denominación del producto	Diámetro nomin	Tipo de rodete	Paso libre (a x b... n 1/min
Recomendación			
BE 108-0520	DN80/DN50	Semi-open impeller	14 x 12 2945
NB 3X2-8 C	DN80/DN50	Closed multivane...	17 x 8,2 2950
NB 80/50-20 C	DN80/DN50	Closed multivane...	17 x 8,2 2950

Ilustración 14: Preselección grupo Pulp & Paper pozo n°2 [4]

Se obtienen también las mismas bombas que para el pozo n°2 con unas condiciones de trabajo algo distintas.

Ø mm	Q m³/h	H m	P2 kW	η (Bomba) %	NPSH m	e EUR/a
204,7	35	57,89	9,035	61,18	3,136	9709,64
206,7	35	57,89	9,158	60,53	2,219	9410,83
206,7	35	57,89	9,158	60,53	2,219	9410,83

Ilustración 15: Condiciones de trabajo grupo Pulp & Paper pozo n°2 [4]

Como en el apartado anterior, la opción más factible de entre estas bombas es el modelo BE 108-0520.

En cuanto al grupo Wastewater Technology, las opciones propuestas para el pozo n°2 son:

Denominación del producto	Diámetro nom...	Tipo de rodete	Paso libre (a x... n 1/min
Recomendación			
XFP101G CB1	DN100	Contrabloc imp...	50 2953
AFC 1035 50Hz	DN100	Vortex impeller	64 2946
XFP101G VX	DN100	Rodete vortex	64 2940

Ilustración 16: Preselección grupo Wastewater Technology pozo n°2 [4]

Las opciones vuelven a ser las mismas que para la instalación del pozo n°1, con los valores de operación variando ligeramente.

Ø mm	Q m³/h	H m	P2 kW	η (Bomba)	NPSH m	e EUR/a
215	39,06	58,58	13,42	46,8	2,376	13876,31
255	48,18	60,49	22,07	36,12	3,266	21587,87
255	43,43	59,44	20,89	33,59	2,934	21586,15

Ilustración 17: Condiciones de trabajo grupo Wastewater Technology pozo n°2 [4]

Una vez se ha llevado a cabo la primera selección se eligen las bombas más adecuadas para seguir avanzando en la selección hasta obtener la bomba óptima final. Dado que las bombas obtenidas en la preselección han sido las mismas para ambos pozos, la siguiente fase de selección se realizará de manera conjunta para las dos instalaciones. Las bombas que se seguirán estudiando son:

- BE 108-0520
- XFP101G CB1
- AFC 1035 50Hz
- XFP101G VX

Selección definitiva de las bombas

En esta sección se realizará un estudio más detallado de cada una de las bombas obtenidas en la preselección. Al final se realizará la elección de la bomba definitiva.

BE 108-0520

La bomba BE 108-0520 pertenece a la serie BE de bombas de Sulzer. Se trata de una bomba muy versátil en concordancia con los requisitos de la norma ISO5199. Las bombas de la serie BE se usan especialmente para aguas abrasivas y lodos en general, aunque también se puede utilizar para líquidos limpios como ocurre en esta instalación.

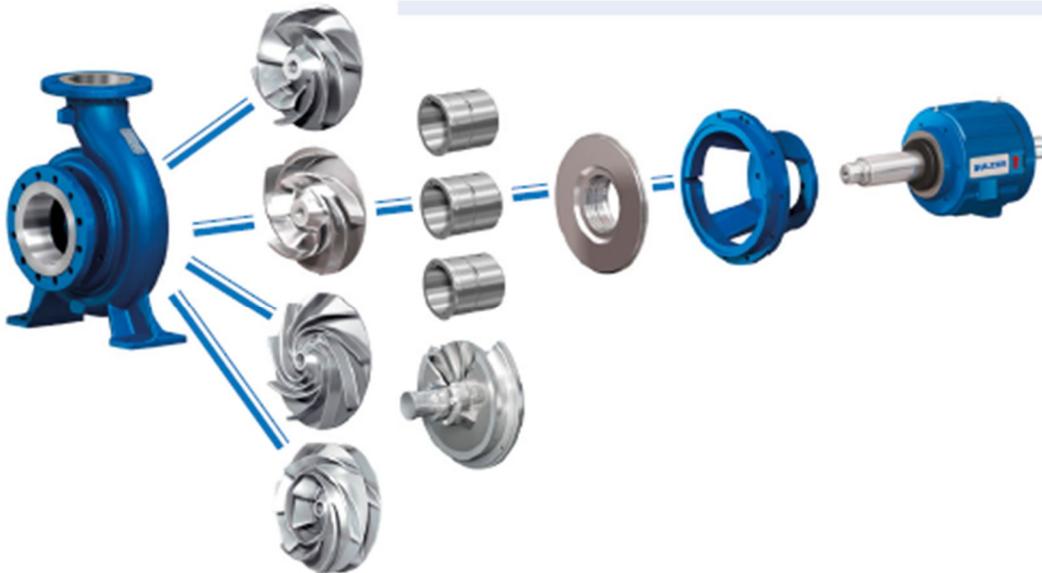


Ilustración 18: Esquema bombas de la serie BE [4]

Las bombas de la serie BE son bombas centrífugas diseñadas siguiendo el esquema superior. En el caso de la bomba BE 108-0520 se trata de una bomba con rodete semiabierto. Los rodetes se escogen conociendo la aplicación para aumentar el rendimiento de la bomba lo máximo posible. Generalmente se usan en instalaciones en seco.

Capacity	20 - 6500 m ³ /h
Head	5 - 160 m
Temperature	max. 190°C
Pressure	PN 10, 16
Technical data	
Delivery rate	: 35 m ³ /h
Delivery head	: 57,89 m
Hydr. efficiency	: 61,18 %
Shaft power	: 9,035 kW
NPSH	: 3,136 m
Speed	: 2945 1/min
Impeller type	: Semi-open impeller
Impeller diameter	: 204,7 mm
Motor output	:
Voltage	:
Frequency	:
Suction inlet	: DN80 PN 10
Discharge outlet	: DN50 PN 10

Ilustración 19: Datos característicos de la bomba BE 108-0520 [4]

La potencia que tendrá que consumir la bomba no superará los 10 KW en ningún momento, por lo que necesitamos un motor que al menos pueda generar esos 10KW. Contando con el coste del motor el precio de esta bomba sería de 4750€.

XFP101G CB1

Las bombas XFP pertenecen a la gama ABS Effex de Sulzer. Este grupo de bombas están diseñadas para el bombeo rentable y fiable de aguas limpias, residuales y también para aguas contaminadas. Son de uso frecuente tanto en aplicaciones urbanas como en industriales. Están accionadas mediante motor con máxima eficiencia que se conecta en carga continua independientemente del tipo de instalación instalada.



Ilustración 20: Bomba XFP101G CB1 [3]

En esta imagen de la bomba se puede observar se trata de una bomba que puede trabajar tanto en instalaciones sumergibles como en instalaciones en seco.

50 Hz	
Caudales hasta 750 m ³ /h	
Altura máx. 74 m	
60 Hz	
Caudales hasta 3.500 galones EE.UU.	
Altura máx. 330 pies	
Modelo: XFP101G CB1	
Datos técnicos	
Caudal	: 39,06 m ³ /h
Altura de impulsión	: 58,58 m
Rendimiento hidráulico	: 46,8 %
Rendimiento total	: 43,58 %
Potencia en el eje	: 13,42 kW
Velocidad	:
Tipo de impulsor	: Contrabloc impeller, 1 vane
Potencia del motor	: 18,5 kW
Tensión	: 400 V
Frecuencia	: 50 Hz
Orificio de aspiración	: DN100
Salida de descarga	: DN100

Ilustración 21: Valores característicos de la bomba XFP101G CB1 [4]

La potencia consumida en el eje no superará los 15KW en ninguno de los pozos. Por tanto, el motor de 18,5KW que viene de serie con la bomba es más que suficiente para la instalación. Incluyendo el motor, el precio total de la bomba sería de 8527€.

AFP 1035 50Hz

Se trata de una bomba utilizada comúnmente utilizada para bombear aguas residuales urbanas en edificios. También puede ser utilizada en instalaciones privadas, industriales, comerciales o en zonas municipales.



Ilustración 22: Bomba AFP1035 50Hz [3]

Esta bomba se puede instalar tanto en instalaciones horizontales como verticales y viene con un motor acoplado. Este motor puede suministrar una potencia entre 3KW y 22KW en función de la demanda de la instalación.

Capacity up to	720 M3/h
Head, max.	70m
Type: AFC 1035 50Hz	
Technical data	
Delivery rate	: 48,18 m ³ /h
Delivery head	: 60,49 m
Hydr. efficiency	: 36,12 %
Total efficiency	: 33,08 %
Shaft power	: 22,07 kW
Speed	:
Impeller type	: Vortex impeller
Motor output	: 22 kW
Voltage	: 400 V
Frequency	: 50 Hz
Suction outlet	: DN100
Discharge outlet	: DN100

Ilustración 23: Valores característicos de la bomba AFP1035 50Hz [4]

Esta bomba necesitará en el eje una potencia de 22KW, que es justo la potencia que llega a suministrar el motor que viene acoplado a la bomba. El precio conjunto de la bomba más el motor es de 9320€.

XFP101G VX

Esta bomba también pertenece a la gama ABS Effex de Sulzer. Está englobada en el mismo grupo que la bomba XFP101G CB1, por lo que sus utilidades y su funcionamiento son los mismos que los de esa bomba.



Ilustración 24: Bomba XFP101G VX [3]

La bomba tiene un aspecto casi idéntico a la bomba XFP101G CB1, pero con valores característicos de funcionamiento distintos.

50 Hz	
Caudales hasta 750 m ³ /h	
Altura máx. 74 m	
60 Hz	
Caudales hasta 3.500 galones EE.UU.	
Altura máx. 330 pies	
Modelo: XFP101G VX	
Datos técnicos	
Caudal	: 43,43 m ³ /h
Altura de impulsión	: 59,44 m
Rendimiento hidráulico	: 33,59 %
Rendimiento total	: 31,23 %
Potencia en el eje	: 20,89 kW
Velocidad	:
Tipo de impulsor	: Rodete vortex
Potencia del motor	: 25 kW
Tensión	: 400 V
Frecuencia	: 50 Hz
Orificio de aspiración	: DN100
Salida de descarga	: DN100

Ilustración 25: Valores característicos de la bomba XFP101G VX [4]

La potencia necesaria en el eje para esta bomba es de 20.89KW, por lo que el motor acoplado a la bomba de 25KW es suficiente para suministrar esa energía. El precio de la bomba XFP101G VX más el motor acoplado es de 11450€.

Elección

A la hora de la elección final hay varios datos a tener en cuenta. Los principales valores importantes de cada bomba son el precio total del conjunto motor-bomba y la energía que consumirá cada bomba en el eje. Estos datos son:

BOMBAS	PRECIO	POTENCIA EN EL EJE (media)
BE 108-0520	4750€	9 KW
XFP101G CB1	8527€	13 KW
AFX 1035 50Hz	9320€	22 KW
XFP101G VX	11450€	20 KW

Tabla 8: Principales valores de las bombas preseleccionadas

Las bombas anteriormente seleccionadas son aquellas que se acercan de mejor manera al punto de trabajo necesitado por la instalación. Sin embargo, hay más factores de la instalación a tener en cuenta.

En cuanto al precio de la bomba y la energía consumida la elección estaría clara, la bomba BE 108-0520. Sin embargo, este tipo de bombas solo pueden utilizarse en seco, y

dado que nuestra instalación debe ser una instalación sumergible debido a las condiciones explicadas anteriormente, esta bomba queda totalmente descartada.

Lo mismo ocurre con el modelo AFX 1035 50Hz, es una bomba centrífuga diseñada para trabajar sobre una instalación en seco. Por esto mismo queda descartada también.

Los dos modelos restantes, la bomba XFP101G CB1 y la XFP101G VX, son bombas con el mismo diseño y las mismas funciones por lo que las dos serían válidas para una instalación sumergible. Entre estas dos bombas la decisión se toma en función de los datos incluidos en la tabla.

El modelo XFP101G CB1 cuesta 8527€ mientras que el modelo XFP101G VX vale 11450€. Pero el precio de la bomba no es el precio más influyente en la decisión, sino que lo es la energía consumida por la bomba. Esta energía será a medio-largo plazo el principal gasto de la instalación. En cuanto a gasto de energía, la XFP101G CB1 consume alrededor de 13KW en el eje mientras que la XFP101G VX supera los 20KW. Son estos valores los que llevan a elegir como mejor solución la bomba **XFP101G CB1**.

Además, el modelo XFP101G CB1 tiene un rendimiento del 46.8%, superior al de las otras opciones.

Para acabar se confirma la adquisición de tres bombas del modelo XFP101G CB1. La tercera bomba se guardará como repuesto en caso de que haya que realizar alguna reparación o mejora en la instalación o en una de las bombas.

Selección del resto de elementos de la instalación

Tuberías

Las tuberías se elegirán en función de la zona en la que se coloquen y de los esfuerzos a los que estén sometidas. Todas las tuberías de la instalación de ambos pozos se escogerán entre dos materiales.

Las tuberías se distribuyen de la siguiente manera para el pozo nº1.

POZO N°1		
ELEMENTOS DE LA RED	Tubería impulsión de la bomba	Tubería desagüe cascada
LONGITUD	85 m	125 m + 30 m
MATERIAL	Acero inoxidable	PEAD

Tabla 9: Tipos de tubería red del pozo n°1

Mientras que para el segundo pozo la red es la siguiente.

POZO N°2		
ELEMENTOS DE LA RED	Tubería impulsión de la bomba	Tubería desagüe cascada

LONGITUD	70 m	55 m
MATERIAL	Acero inoxidable	PEAD

Tabla 10: Tipos de tubería red del pozo n°2

La elección de distintos tipos de tubería para cada parte se debe a varios motivos:

- Para los tramos que conectan la salida de la bomba con el exterior del pozo se han elegido tuberías de acero inoxidable ya que son las tuberías con mayor resistencia. Aunque son más caras, compensa instalarlas ya que irán colocadas en la parte de la instalación con menos acceso.
- Para el resto de tuberías, las que van por la superficie o ligeramente enterradas se ha elegido polietileno de alta densidad. Esta elección se debe a que son tubos resistentes y que, sobre todo, soportan muy bien los cambios de temperatura.

Con esto ya quedan seleccionados todos los tipos de tuberías que se van a utilizar en esta parte de la instalación.

Todos los codos y uniones se adquirirán del material del que sean las tuberías en esa sección para evitar problemas en las juntas de unión de los distintos tramos.

Válvulas

Las válvulas son unos elementos de gran importancia en la instalación por lo que es necesario escoger unos modelos que aseguren fiabilidad y durabilidad. Principalmente se adquirirán dos modelos de válvulas: válvulas de compuerta y válvulas antirretorno.

Estas dos válvulas se elegirán del catálogo de AVK. Todos los modelos que se escojan serán para un diámetro nominal de 100 mm, que fue el diámetro determinado en apartados anteriores como mejor opción para la instalación.

- Como válvulas de compuerta se elegirá una válvula de compuerta AVK. Se ha seleccionado la VÁLVULA DE COMPUERTA, EMBRIDADA, PN10/16 diseñada según la normativa EN 558-2, S.14/DIN F4, DN 40-600. Con diámetro nominal de 100mm, que entra dentro del rango posible. Esta válvula es válida para líquidos a una temperatura menos de 70°C por lo que no habrá ningún problema.



Ilustración 26: Válvula de compuerta AVK seleccionada [3]

- En cuanto a las válvulas antirretorno, se selecciona la VÁLVULA RETENCIÓN DE BOLA AVK, PN 10 fabricada en fundición dúctil. Diseño según EN 12050-4. Se elige también para un diámetro de 100mm.



Ilustración 27: Válvula antirretorno AVK seleccionada [3]

Con los dos tipos de válvulas ya seleccionadas tendríamos todos los elementos de control de la instalación.

Sistemas de alimentación

Como se dijo anteriormente, cada bomba estará accionada con un motor eléctrico acoplada a ella. Los cuadros eléctricos con los que se regulará cada bomba serán los que están actualmente instalados en el parque ya que fueron renovados el año pasado.

3. ESTUDIO DE LA INSTALACIÓN: GRUPO DE PRESIÓN DEL LAGO

Para esta instalación el modelo de estructura para realizar el proyecto será similar al de la instalación de los pozos. Los cambios principales serán el número de bombas que trabajarán a la vez y el método para el cálculo de la altura de bombeo.

Caudal

Como la finalidad del grupo de presión del lago es bombear el agua de riego por la red de alimentación del parque, es necesario saber la superficie que se va a regar y el tipo de riego que se va a realizar.

La empresa operadora del parque VELASCO OBRAS Y SERVICIOS S.A. facilitó los datos de trabajo de todas las bombas de la instalación para la realización del nuevo diseño. Los datos necesarios para la estimación del caudal total para el que diseñar la instalación son los siguientes.

NÚMERO DE BOMBAS	CAUDAL	CAUDAL TOTAL
(3)	(40m ³ /h)	120m ³ /h

Tabla 11: Valores del caudal para el grupo de presión del lago

El caudal total corresponde a la suma del caudal individual de cada bomba ya que las tres bombas están conectadas en paralelo en la instalación. En la instalación se colocará una cuarta bomba por si hay algún problema por esto la cuarta no suma al caudal total.

Se ha tomado la decisión de mantener los caudales proporcionados por la empresa en la instalación actual ya que este caudal satisface las demandas sin ningún problema. Este grupo de presión solo funcionará durante la época de riego, es decir, entre los meses de mayo y septiembre.

Altura

La altura es el otro elemento esencial que hay que obtener para poder realizar la selección de las bombas de manera correcta. En este caso la manera de obtenerlo es distinta a la utilizada en la selección de los pozos. Mientras que en los pozos la mayoría de la altura impulsada era geodésica, en el caso del grupo de presión la altura quedará determinada por las pérdidas de carga en los conductos y por la presión necesaria a la salida en las bocas de riego.

Por tanto, el primer paso consiste en establecer la presión de salida más alta que se necesitará en la instalación. Como las bocas de riego irán destinadas a ser utilizadas con mangueras de 15 metros, la presión de salida del agua va a ser mayor que si se colocará riego por aspersión.

Según las estimaciones realizadas y la presión de la red actual, se concluye que la presión necesaria en las bocas de riego debe ser alrededor de 10bar. Por esto la instalación se diseñará para obtener una presión de salida de 8 bar en el punto más alejado. Queda establecer este punto más alejado que será el más desfavorable.



Ilustración 28: Zona de riego del grupo de presión del lago [5]

Como se ve en la imagen superior el punto más desfavorable corresponde al punto donde se necesita una mayor cantidad de metros de tuberías para llegar. Como las tuberías bordean el lago, ese es el punto más desfavorable de la instalación.

Ahora queda calcular los metros de tubería que ha de recorrer el agua hasta llegar a ese punto. Contando con los distintos tipos de tuberías de la instalación salen los siguientes cálculos.

ELEMENTO DE LA RED	LONGITUD
Tubería fibrocemento Ø300	300 m
Codo 90° (R/D=2)	-
Tubería de fibrocemento Ø250	125 m
Codo 30° (R/D=2)	-
Tubería fibrocemento Ø250	125 m
Codo 80° (R/D=2)	-
Tubería fibrocemento Ø200	250 m

Codo 90° (R/D=2)	-
Tubería PVC Ø100	20 m
Codo 90° (R/D=2)	-
Tubería PVC Ø80	50m

Estos son todos los valores necesarios para realizar el cálculo de las pérdidas de carga para llegar hasta ese punto de la red hidráulica. Con el programa de selección ABSEL se obtendrán las pérdidas de carga.

		Velocidad de flujo / m/s	Pérdidas de carga / m
Tubería común lado aspiración	Tubería 1 (1)	2,7	0,144
Tubería común lado impulsión	Tubería 1 (3)	2,7	0,5455
	Tubería 2 (2)	0,47 .. 1,1	0,2412
	Tubería 3 (2)	0,68 .. 4,2	0,2536
	Tubería 4 (2)	0,68 .. 1,1	0,2579
	Tubería 5 (3)	1,1	1,608
	Tubería 6 (1)	4,2	4,632
	Tubería 7 (2)	6,6	37,8
Total		-	45,48

Ilustración 29: Cálculos de las pérdidas de carga para el punto más desfavorable [4]

Estos son las pérdidas de carga obtenidas en todos los tramos de la red hasta llegar al punto más alejado de la red. El tramo de tubería común de aspiración tiene pérdidas de carga nulas porque se ha decidido que cada bomba coja el agua del depósito directamente.

Como se observa en la imagen de la tabla del programa ABSEL, el último tramo es el que condiciona todas las pérdidas de carga representando el 83% de todas las pérdidas. Esto se debe a que el diámetro de esta tubería es de 80mm, por lo que recorrer 50 metros por esa tubería es muy costoso. Es una de las desventajas de tener bocas de riego tan alejadas de la zona de impulsión.

A estas pérdidas de carga hay que sumarle la altura de impulsión estática, que se debe mayormente a la presión estática de 10 bar que se necesitan en la boca de riego.

Resultados cálculo	
NPSH disponible	7,858 m
Pérdidas de carga	45,48 m
altura de impulsión estática	84,65 m
Altura de imp. total	130,1 m

Ilustración 30: Valores finales del grupo de presión [4]

Añadiendo la altura de impulsión estática se obtiene la altura de impulsión total que es de 130,1 metros.

Preselección de las bombas

Como ya se tienen todos los datos que se necesitan para elegir la bomba más adecuada, se procede a realizar una preselección de la misma manera que se realizó en la instalación de los dos pozos.

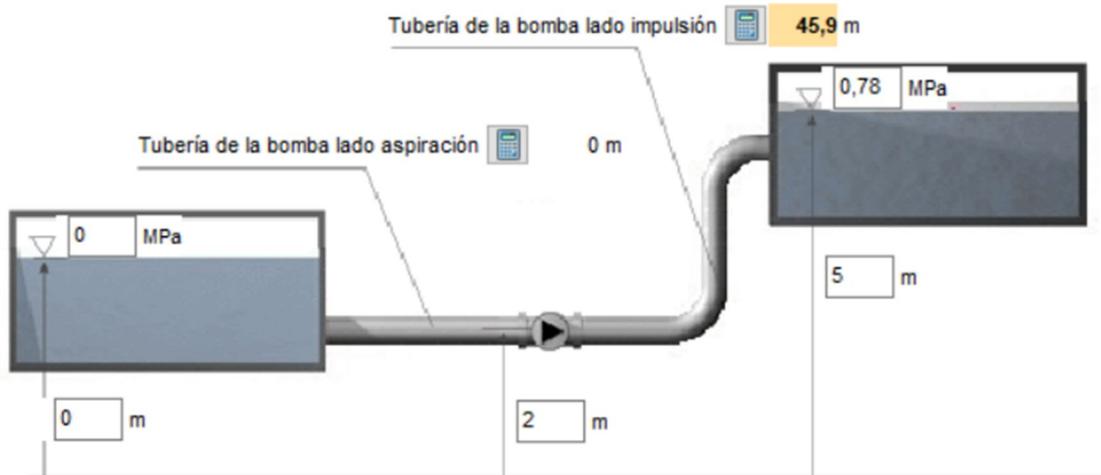


Ilustración 31: Instalación del grupo de presión del lago [4]

Primero se introducirán los valores calculados en los distintos grupos y luego se proseguirá analizando las mejores opciones obtenidas. Se analizarán los tres grupos: Dewatering, Pulp & Paper y Wastewater Technology.

Primero se analiza el grupo Dewatering. Se obtienen los siguientes resultados.

Denominación del producto	Diseño	n 1/min	Ø mm
Recomendación			
XJS 80 D		2920	195

Ilustración 32: Preselección Dewatering para el grupo de presión [4]

El grupo de Dewatering solo nos da una recomendación para nuestra instalación. Sin embargo, debemos descartar este modelo de bomba. El símbolo de precaución que aparece al lado del nombre del modelo de bomba nos indica que no tiene curva de NPSH. Esto significa que, aunque la bomba pondría llegar a impulsar agua en esta instalación, cavitaria y se acabaría estropeando en poco tiempo.

Se introducen los datos para el siguiente grupo, el grupo Pulp & Paper, y se analizan os resultados.

Denominación del producto	Diámetro nomin	Tipo de rodete	Paso libre (a x b... n 1/min
Recomendación			
NK 125/100-32 C	DN125/DN100	Closed multivane...	34 x 13,5 2950
NB 6X4-13 C	DN125/DN100	Closed multivane...	34 x 13,5 2950
NB 125/100-32 C	DN125/DN100	Closed multivane...	34 x 13,5 2950

Ilustración 33: Preselección Pulp & Paper para grupo de presión [4]

En este grupo sí que se obtienen varias bombas, las tres encajarían sin problema en la instalación. Las tres bombas funcionan a 2950 rpm que, aunque cerca, son valores

inferiores a las 3000rpm de velocidad máxima que tienen todas estas bombas y dentro de los valores de seguridad.

El resto de valores de las bombas son estos.

Ø mm	Q m ³ /h	H m	P2 kW	η (Bomba) % ↓ _A ^Z	NPSH m	e EUR/a
307,6	120	130,1	65,77	65,48	4,777	64718,94
311,9	120	130,1	65,94	65,25	4,68	65439,58
311,9	120	130,1	65,94	65,25	4,68	65439,58

Ilustración 34: Preselección Pulp & Paper para grupo de presión (cont.) [4]

Aquí se puede ver como las tres bombas trabajarían sin problemas en el punto de trabajo, por lo que funcionarían de manera totalmente correcta en la instalación.

En cuanto al último grupo, el grupo Wastewater Technology, los resultados que se obtienen son negativos. Ninguna de las bombas de este grupo satisface las necesidades de la instalación. Como ningún modelo es capaz de trabajar en las condiciones del punto de diseño, quedan todas las bombas descartadas.

Por tanto, la elección final se realizará a partir de las tres bombas del grupo Pulp & Paper. Las bombas que se investigarán más a fondo son:

- NK 125/100-32C
- NB 6X4-13C
- NB 125/100-32C

Selección final de las bombas

Se analizará de manera más profunda cada una de las opciones para acabar eligiendo la que se adapte mejor a la instalación en todos los aspectos.

NK 125/100-32C

El modelo NK 125/100-32C es una bomba centrífuga de gran fiabilidad diseñada para instalaciones en seco de uso industrial generalmente. Los valores de trabajo de la máquina son exactamente los valores del punto de trabajo que necesita la instalación.

Q m ³ /h	H m	P2 kW	η (Bomba) % ↓ _A ^Z	NPSH m	e EUR/a
120	130,2	65,81	65,48	4,777	64764,70

Ilustración 35: Valores de trabajo de la bomba NK 125/100-32C [4]

El precio de este modelo incluyendo el motor eléctrico necesario para el funcionamiento será de 84000€.

NB 6X4-13C

Modelo perteneciente a la serie NB de Scangepump. Esta bomba también tiene una excelente fiabilidad y se rige por las normas ISO 2858 y 5199. Se puede solicitar en

distintos materiales en función de la aplicación para la que se vayan a utilizar: productos químicos, lodos ligeros, agua, etc.

Las bombas de la serie NB ofrecen altos rendimientos para todas las aplicaciones y una gran resistencia a la corrosión lo que garantiza un bombeo eficaz sin problemas y permite minimizar los costes de funcionamiento.

Caudal	2 - 1,000 m ³ /h
Altura	3 - 160 mts.
Temperatura, máx.	190°C, para aceites calientes 280°C
Presión	PN 10,16
Datos técnicos	
Caudal	: 120 m ³ /h
Altura de descarga	: 130,2 m
Rendimiento hidráulico	: 65,25 %
Potencia en el eje	: 65,98 kW
NPSH	: 4,68 m
Velocidad	: 2950 1/min
Tipo de impulsor	: Closed multivane impeller
Diámetro del impulsor	: 312 mm

Ilustración 36: Valores de trabajo de la bomba NB 6X4-13C [4]

Como se observa en esta imagen, la bomba puede funcionar sin problemas en el punto de trabajo de la instalación. Además, trabajaría con un rendimiento bueno del 65.25%.

Debido a la potencia necesaria en el eje para el funcionamiento de la bomba, el precio total del conjunto bomba-motor también se encarecería. Al necesitar 65.98KW para accionar la bomba, el precio final sería de 86000€.

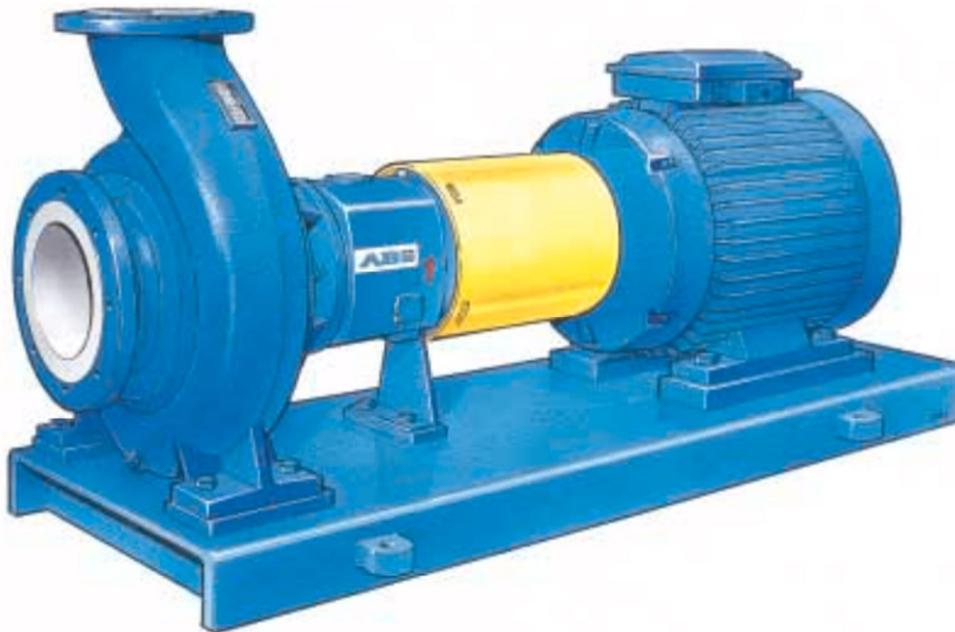


Ilustración 37: Representación de las bombas de la serie NB con su motor acoplado [3]

NB 125/100-32C

Este modelo también pertenece a la serie NB de Scarpump. Se rige por las mismas normas para su fabricación y también da la posibilidad de ser fabricada en distintos

materiales en función de la aplicación en la que se utilice. En el caso de esta instalación, los presupuestos de las dos bombas de la serie NB se han obtenido para el supuesto de que ambas bombas sean fabricadas en acero inoxidable doble. Es por esto que sus precios son más elevados.

Caudal	2 - 1,000 m ³ /h
Altura	3 - 160 mts.
Temperatura, máx.	190°C, para aceites calientes 280°C
Presión	PN 10,16

Datos técnicos

Caudal	: 120 m ³ /h
Altura de descarga	: 130,2 m
Rendimiento hidráulico	: 65,25 %
Potencia en el eje	: 65,98 kW
NPSH	: 4,68 m
Velocidad	: 2950 1/min
Tipo de impulsor	: Closed multivane impeller
Diámetro del impulsor	: 312 mm

Ilustración 38: Valores de trabajo de la bomba NB 125/100-32C [4]

En esta imagen también se observa que se adapta perfectamente a las condiciones de trabajo de la instalación. Tiene los mismos valores que la otra bomba de la serie NB, funciona con el mismo rendimiento y necesita la misma potencia.

Es también debido a los 65.98KW que necesita la bomba en el eje que esta bomba se encarece. El conjunto bomba-motor en este caso vale 84500€.

Elección

Las opciones para elegir la bomba han quedado reducidas a las siguientes. De entre estas opciones saldrá la bomba definitiva.

BOMBAS	PRECIO	POTENCIA EN EL EJE
NK 125/100-32C	84000€	65.81 KW
NB 6X4-13C	86000€	65.98 KW
NB 125/100-32C	84500€	65.98 KW

Tabla 12: Principales valores de las bombas preseleccionadas

Aunque la table anterior representa los valores más importantes, el precio de la bomba y la energía que necesita para funcionar, hay otros factores a tener en cuenta.

Las tres bombas pertenecen al grupo Pulp & Paper, que suelen ser bombas diseñadas para su uso en industrias. La serie NK es una serie en desuso y, aunque sería la bomba más barata, en caso de avería o sustitución de alguna pieza su coste de reparación y de mantenimiento sería superior. Por ello dado que la diferencia de precio con las otras dos bombas no es muy grande, la mejor opción es descartar el modelo NK 125/100-32C.

En lo que respecta a las otras dos bombas, al ser de la misma serie sus costes de reparación o de recambio de piezas son casi idénticos. Al igual que su funcionamiento y sus costes de mantenimiento. Por esto, al decidir entre estas bombas sí que hay que regirse por los valores de precio y de gasto de energía de cada bomba.

Ambas bombas consumen la misma potencia en el eje, 65.98KW. El único factor en el que ambas bombas difieren es en el precio del conjunto motor-bomba. Es por esto que se decide elegir el modelo NB 125/100-32C ya que su precio es ligeramente inferior.

En conclusión, el modelo final elegido para la instalación del grupo de presión del lago es la bomba **NB 125/100-32C**.

Selección del resto de elementos de la instalación

Como se dijo al inicio del diseño de la instalación del grupo de presión del lago, la única parte que se va a diseñar de esta instalación es la de la elección de las bombas más adecuadas para impulsar el agua por toda la zona de riego del parque.

El resto de elementos de la instalación (válvulas, tuberías, sistemas de alimentación...) van a mantenerse como se encuentran en la instalación actual del parque ya que cuando se realizó la revisión de la instalación existente se vio que funcionaban sin ningún problema.

DOCUMENTO III:
PRESUPUESTO

Índice

Introducción	5
Costes iniciales.....	6
Costes de instalación	8
Costes energéticos	9
Costes de mantenimiento	10
Costes de tiempo de avería	10
Costes medioambientales.....	11
Costes de retirada	11
Costes totales.....	12

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Esquema de los costes según la metodología LCC [5]	5
Ilustración 2: Desglose costes iniciales [5]	6

Índice de tablas

Tabla 1: Gastos iniciales de las bombas	6
Tabla 2: Gastos iniciales en tuberías	7
Tabla 3: Gastos iniciales en válvulas	7
Tabla 4: Gastos iniciales totales	7
Tabla 5: Coste instalación hidráulica	8
Tabla 6: Horas de trabajo de la instalación	9
Tabla 7: Gasto anual de energía de la instalación	9
Tabla 8: Costes revisiones anuales de la instalación	10
Tabla 9: Costes de tiempo de avería	11
Tabla 10: Costes de retirada de la instalación	11
Tabla 11: Costes totales de la instalación	12

INTRODUCCIÓN

Una parte importante en todo proyecto es el momento de cuantificar cuáles serán los costes totales de llevar a cabo dicho proyecto. Para realizar todos los cálculos del presupuesto se utilizará como análisis el método LCC (Life Cycle Costs).

¿En qué consiste el método LCC? El LCC o el coste de la vida de cualquier equipo es el coste total de toda su vida que incluye la compra, la instalación, el funcionamiento, el mantenimiento y la retirada de dicho equipo. Para determinar este coste ha de seguirse una metodología que identifique y cuantifique todos los elementos que entrarían a formar parte de esta ecuación global del coste.

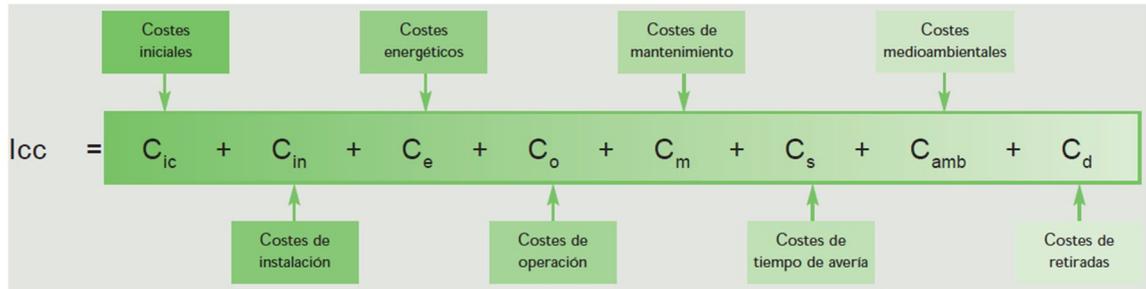


Ilustración 1: Esquema de los costes según la metodología LCC [6]

Por ello se realizará un análisis por separado de cada uno de los costes para luego obtener una visión conjunta con el coste total. Se realizará alguna simplificación ya que no todos los apartados han sido realizados en este proyecto.

COSTES INICIALES

Estos costes están compuestos por todas las decisiones que hay que tomar durante el diseño de la instalación. Todos los elementos de la instalación que se vayan a seleccionar estarán incluidos en estos costes.

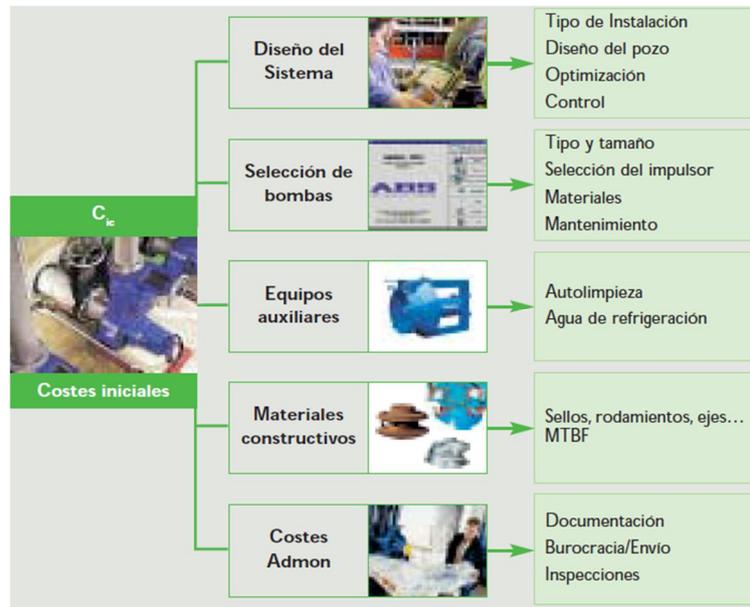


Ilustración 2: Desglose costes iniciales [6]

Como estos costes explicados en la imagen serían los de un proyecto convencional hay algunos costes que no son necesarios. Los costes de administración y de diseño del sistema son nulos al igual que los costes de equipos auxiliares ya que estos no son necesarios en la instalación.

Los principales gastos iniciales de la instalación son los correspondientes a la selección de bombas.

Modelo	Potencia	Rendimiento	Cantidad	Precio/ud	Precio total
XPF101G CB1	13 KW	46.8%	3	8527€	25581€
NB 125/100- 32C	66 KW	65.25%	1	84500€	84500€
TOTAL					110081€

Tabla 1: Gastos iniciales de las bombas

En cuanto a los materiales constructivos hay que tener en cuenta el resto de elementos de la instalación. De la instalación del grupo de presión del lago la única parte que ha sido diseñada es la bomba por lo que no hay más materiales que añadir. Sin embargo, en el diseño de los pozos también se ha seleccionado otros elementos además de las bombas.

Pozo	Distancia	Distancia total	Material	Diámetro	Precio/metro	Precio total
1	85 m	155 m	Acero inoxidable	100 mm	14€	2170€
2	70 m					
1	155 m	210 m	PEAD	100 mm	10€	2100€
2	55 m					
TOTAL						4270€

Tabla 2: Gastos iniciales en tuberías

Por último, en los costes iniciales también se incluyen las válvulas que se van a instalar.

Modelo	Diámetro	Cantidad	Precio/ud	Precio total
Válvula de compuerta AVK	100 mm	2	192€	384€
Válvula de retención de bola AVK	100 mm	4	151€	604€
TOTAL				988€

Tabla 3: Gastos iniciales en válvulas

Los costes iniciales totales se resumen en la siguiente tabla.

	Coste
Bombas	110081€
Tuberías	4270€
Válvulas	988€
TOTAL	115339€

Tabla 4: Gastos iniciales totales

COSTES DE INSTALACIÓN

Los costes de instalación y puesta en marcha incluye todo lo relacionado con la construcción de la instalación, la colocación de las tuberías y de las válvulas y el arranque de toda la instalación.

La instalación hidráulica será llevada a cabo por la empresa que proporcionará las bombas. En el precio de operario por hora se incluyen todos los gastos de desplazamiento, transporte del material y de los elementos necesarios.

Instalación	Operarios	Horas	Precio/hora	Precio total
Desmantelación instalación anterior	2	6	70€	840€
Bombas pozos	2	4	70€	840€
Bomba grupo de presión	2	3	70€	420
Tuberías y resto de elementos	2	8	70€	1120€
TOTAL				2940€

Tabla 5: Coste instalación hidráulica

Los operarios de la empresa están especializados en este tipo de instalación por lo que no habría gastos en formación. Como la instalación eléctrica se mantiene tampoco se tendrían en cuenta sus gastos.

El principal ahorro de la instalación se debe a que, como ya había una instalación anterior, los gastos de la obra civil son nulos. De lo contrario el precio ascendería rápidamente.

COSTES ENERGÉTICOS

Los costes energéticos representan el gasto de energía que producirá la instalación durante todo el tiempo que esté en funcionamiento. Suelen ser el gasto más elevado de la instalación. Hay varios elementos que influyen en este coste:

- Uno de los factores a tener en cuenta es el número de horas que trabajará la instalación. Como en este caso el funcionamiento de las bombas será continuo, se simplificarán los cálculos energéticos.

Bomba	Horas/día	Período de trabajo	Horas/año
Bomba pozo 1	8	Todo el año	2920
Bomba pozo 2	8	Todo el año	2920
Bomba grupo de presión	12	Mayo-Septiembre	1836
TOTAL			7676 horas

Tabla 6: Horas de trabajo de la instalación

- El otro factor a tener en cuenta para realizar un buen cálculo de la energía en el presupuesto es el tiempo que estará la instalación en funcionamiento, es decir, su vida útil. Esta instalación ha sido diseñada para estar en funcionamiento continuado durante 10 años.

Habiendo especificado estos valores se puede pasar a realizar el cálculo del gasto total de energía de la instalación. Se utilizará para ello el coste de la energía a día de hoy, que para el consumo habitual es de 0.128€/KWh.

Bombas	Horas/año	Potencia consumida	Precio/KWh	Precio total
Bombas pozos	5840	26KW	0.128€/KWh	19436€
Bomba grupo de presión	1836	66KW	0.128€/KWh	15511€
TOTAL/AÑO				34947€

Tabla 7: Gasto anual de energía de la instalación

Para realizar el computo total de la energía consumida por la instalación también se debe añadir el número de años de vida útil de la instalación.

Consumo total/año	Vida útil	Consumo TOTAL
39947€	10 años	349470€

COSTES DE MANTENIMIENTO

Para conseguir una vida óptima de trabajo de una bomba, se requiere un servicio regular y eficiente. Por esto es necesario llevar al día el estado de funcionamiento de la instalación. Para ello se realizarán varias funciones de mantenimiento.

Hay varios tipos de mantenimiento, mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo. Las labores que se llevarán a cabo en esta instalación serán fundamentalmente de mantenimiento preventivo. Para ello se establecerán un número de revisiones al año de todas las bombas para intentar detectar algún problema, si es que existen.

Tipo de mantenimiento	Nº de operarios	Precio/hora	Nº de horas	Revisiones/año	Precio total
Revisión	2	45€	8	2	1440€

Tabla 8: Costes revisiones anuales de la instalación

Además, como mantenimiento predictivo se pueden añadir algunos datos que son facilitados por el fabricante de las bombas. El principal factor de mantenimiento predictivo a tener en cuenta es la sustitución de todos los rodamientos de la instalación una vez han superado las 10000 horas de funcionamiento.

COSTES DE TIEMPO DE AVERÍA

El coste de tiempo de avería es el coste por tiempo inesperado de parada y la consecuente pérdida de actividad en la producción. Puede ser un valor muy relevante a la hora de analizar el coste de ciclo de vida de una instalación.

Una manera de minimizar este coste es instalando bombas en paralelo en la instalación que entren en funcionamiento cuando una de las bombas falle. En esta instalación se ha adquirido una bomba de repuesto del modelo XPF101G CB1 que se instalará en el caso de que la bomba de alguno de los pozos deje de funcionar correctamente.

El coste de tiempo de avería depende del tiempo de parada de la instalación y varía en función de cada caso. Se destinará un presupuesto orientativo para paliar esas pérdidas de actividad en caso de fallo de la instalación.

Coste de tiempo de avería	
Predicción del coste en función del tiempo de reparación	15000€

Tabla 9: Costes de tiempo de avería

COSTES MEDIOAMBIENTALES

Los costes medioambientales marcan el impacto que tendría la instalación en el medioambiente. Aunque algunos costes no son cuantificables, hay algunas normativas que legislan el uso de las redes de riego y que en caso de incumplimiento de alguna de sus normas supondrá una penalización económica.

Como el fluido de la instalación es agua, no se deben tomar precauciones especiales con el bombeo del fluido.

Dado que la instalación lleva vigente muchos años y como se seguirán respetando los principios y las instalaciones principales de la instalación actual, **no se prevé ningún coste medioambiental.**

COSTES DE RETIRADA

En cuanto termina la vida útil de la instalación, se procede a desmantelarla. Como esta instalación de riego pertenece a un parque público, la única parte que habrá que retirar de la instalación serán las partes cuya vida útil ha terminado. Esta parte son las bombas, y el coste de retirada de las bombas sería:

Acción	Operarios	Precio/hora	Horas	Precio total
Retirada de las bombas	2	80€	8	1280€

Tabla 10: Costes de retirada de la instalación

Estos costes de retirada incluyen el desmantelamiento de las bombas, su transporte y la limpieza de las zonas que han sido afectadas por la instalación.

COSTES TOTALES

Por último, queda hacer un cómputo global de todos los gastos para obtener el presupuesto final. Este presupuesto incluirá todos los gastos de la instalación.

TIPO	COSTE
Costes iniciales	115339€
Costes de instalación	2940€
Costes energéticos	349470€
Costes de mantenimiento	1440€
Coste por tiempo de avería	15000€
Costes de retirada	1280€
COSTES TOTALES	485469€

Tabla 11: Costes totales de la instalación

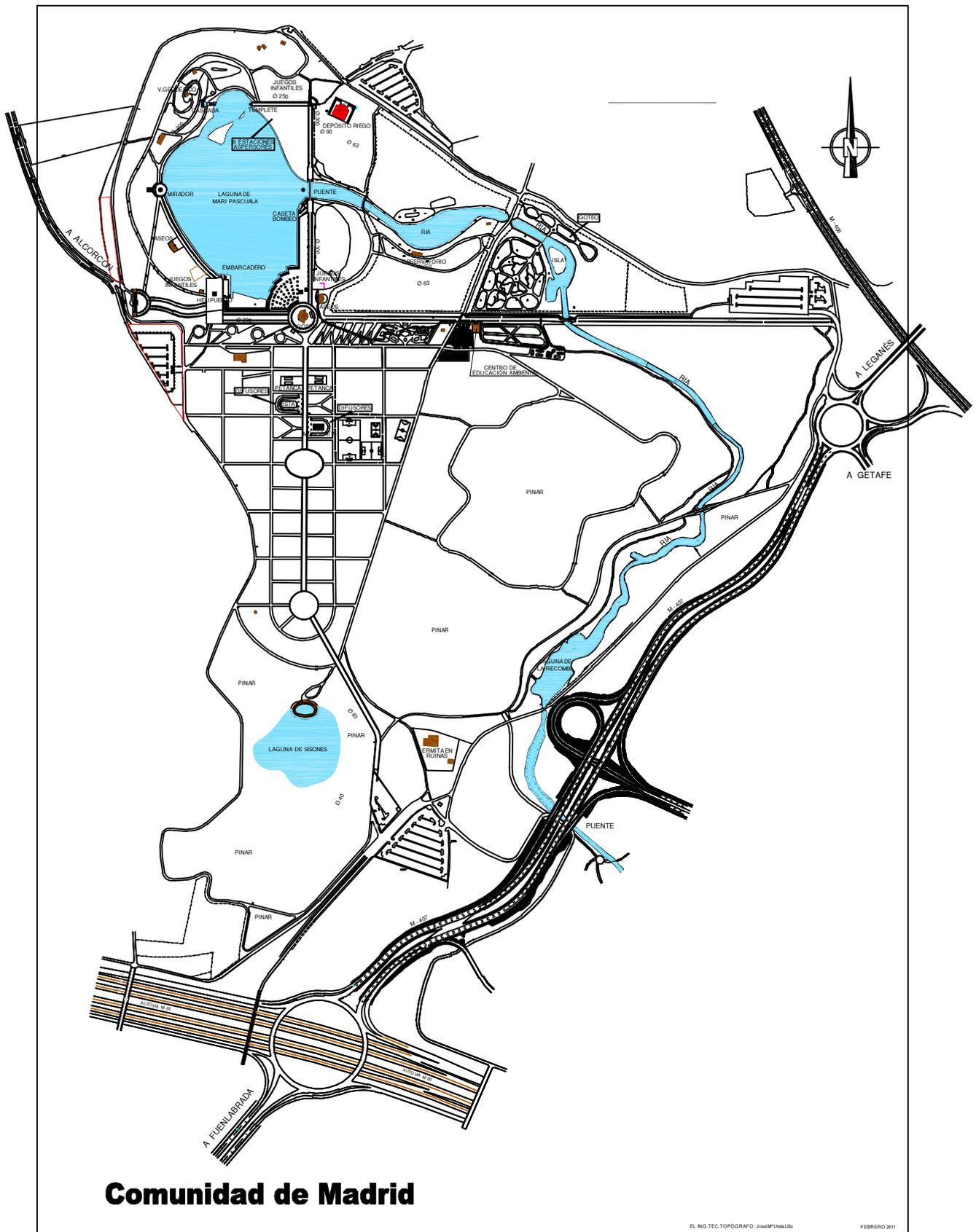
Para concluir, se observa como la gran mayoría de los costes dependen de los costes iniciales y del gasto energético de la instalación. Es por esto que los principales puntos a la hora del diseño de una instalación es la elección de la bomba más adecuada para la instalación.

DOCUMENTO IV:

PLANOS

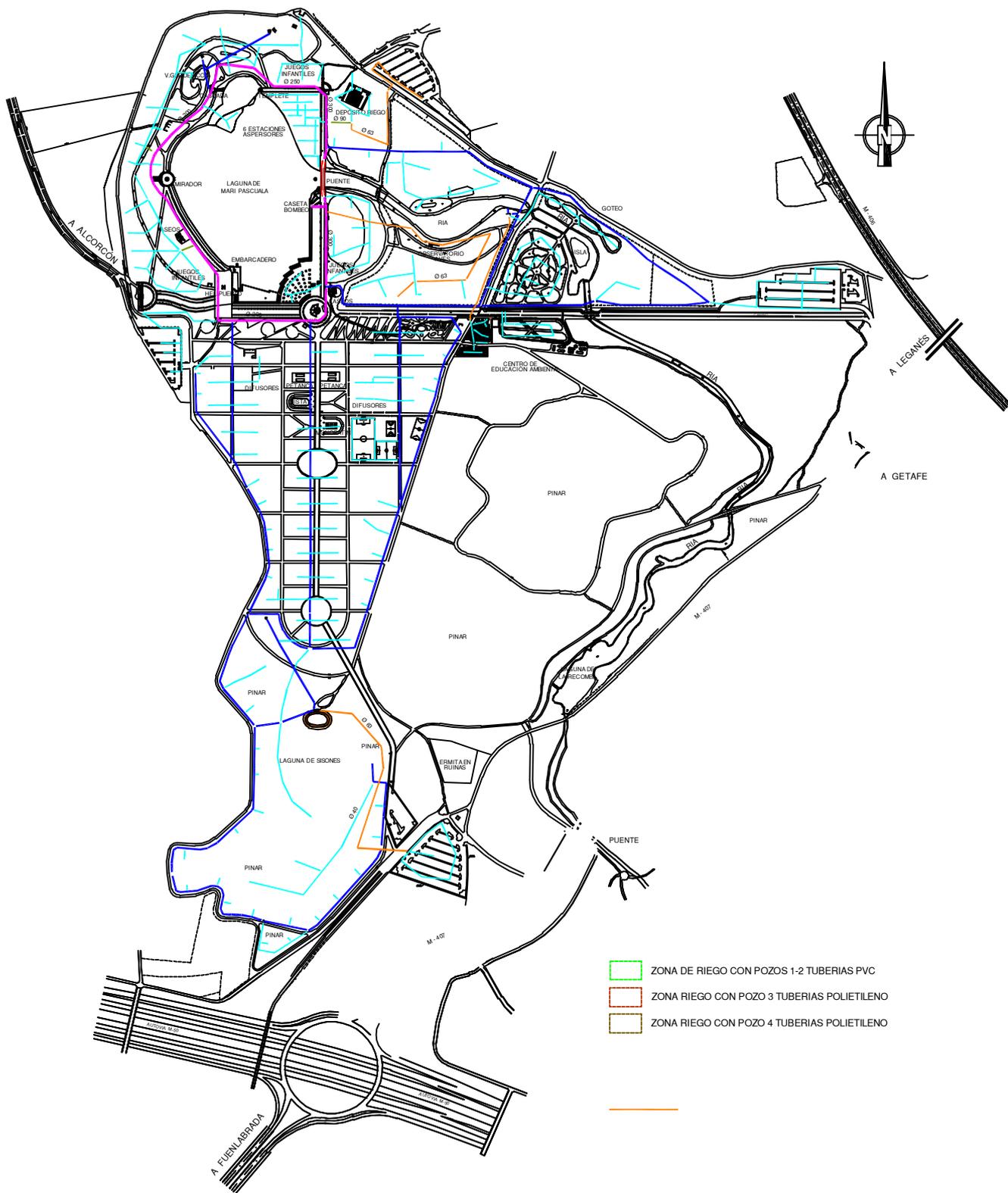
Índice

Plano 1: Plano general del parque.....	3
Plano 2: Plano redes de bombeo.....	4
Plano 3: Plano pozos de bombeo	5
Plano 4: Plano detalle de los pozos.....	6
Plano 5: Plano detalle de la válvula de compuerta.....	7
Plano 6: Esquema unifilar equivalente.....	8
Plano 7: Red hidráulica pozos nº1 y nº2	9



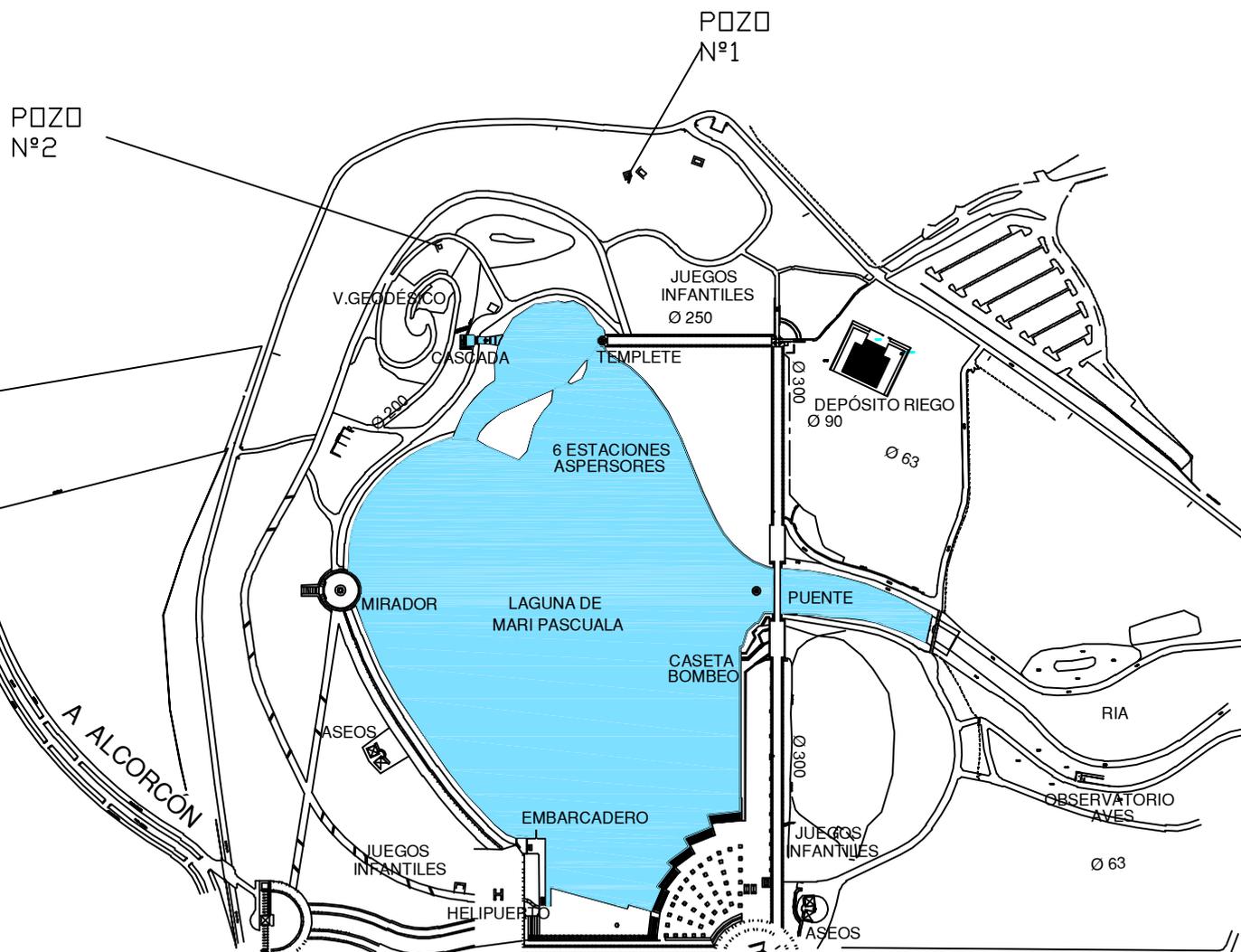
Comunidad de Madrid

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	<i>Universidad pontificia de Comillas</i> ICAI-ICADE
<i>Dibujado</i>	15-5-2018	APFB		
<i>Comprobado</i>	23-5-2018	ISF		
<i>id. s. normas</i>				
<i>Escala:</i>	PLANO GENERAL DEL PARQUE			PLANO N°1
				<i>N. Alumno: 201405064</i>
				<i>Curso: 4º IEM</i>

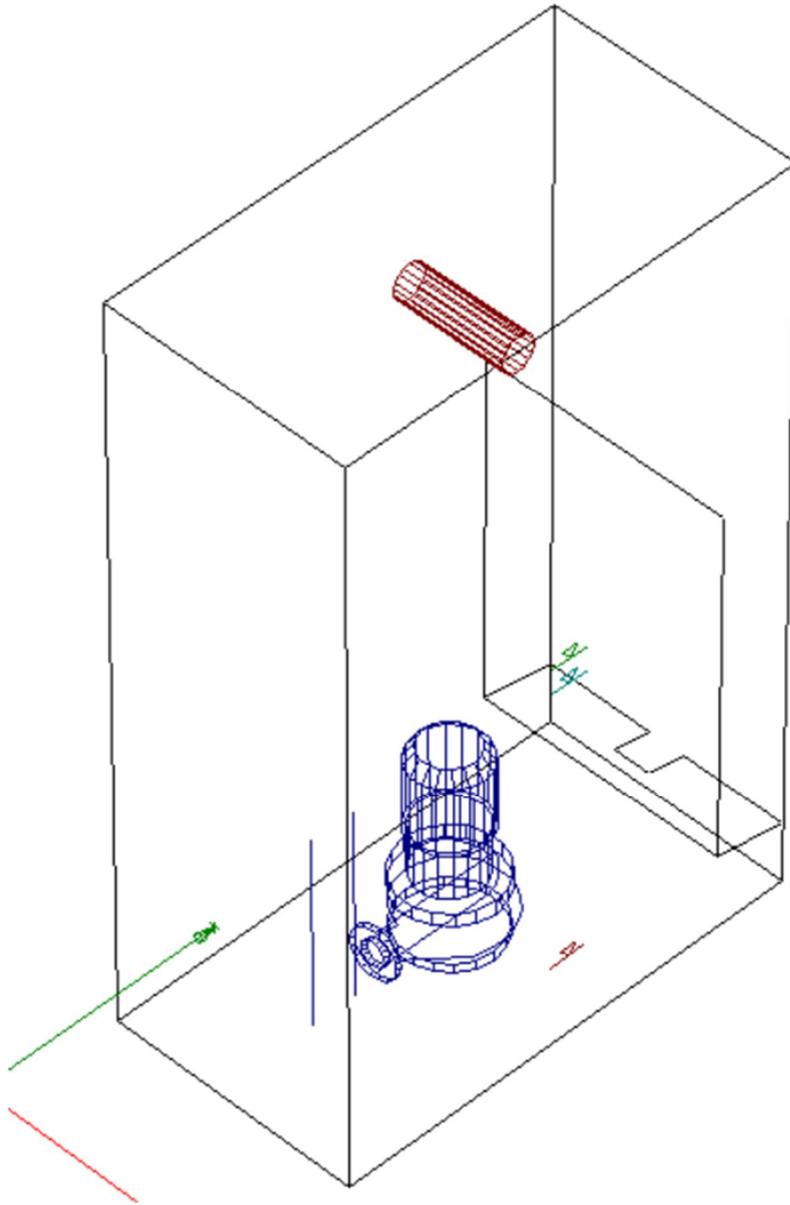


- ZONA DE RIEGO CON POZOS 1-2 TUBERIAS PVC
- ZONA RIEGO CON POZO 3 TUBERIAS POLIETILENO
- ZONA RIEGO CON POZO 4 TUBERIAS POLIETILENO

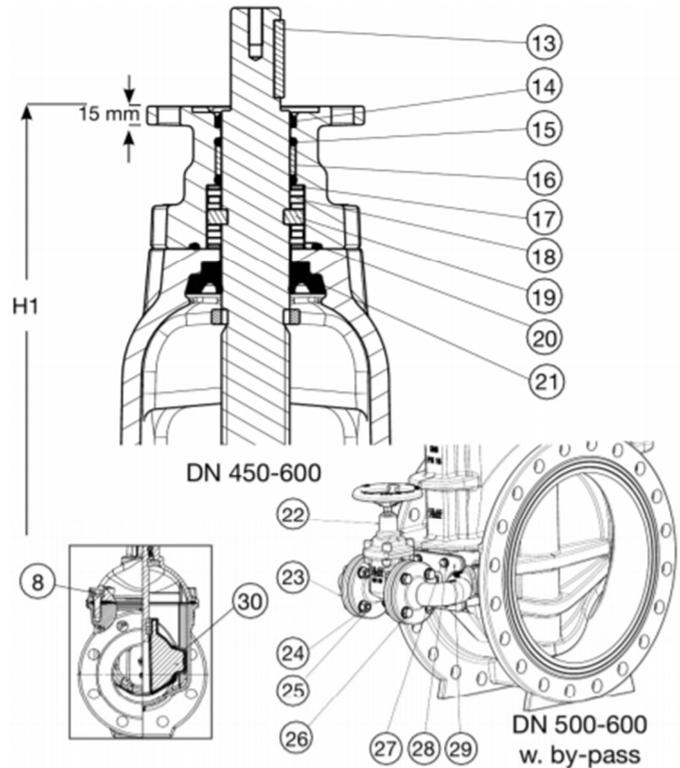
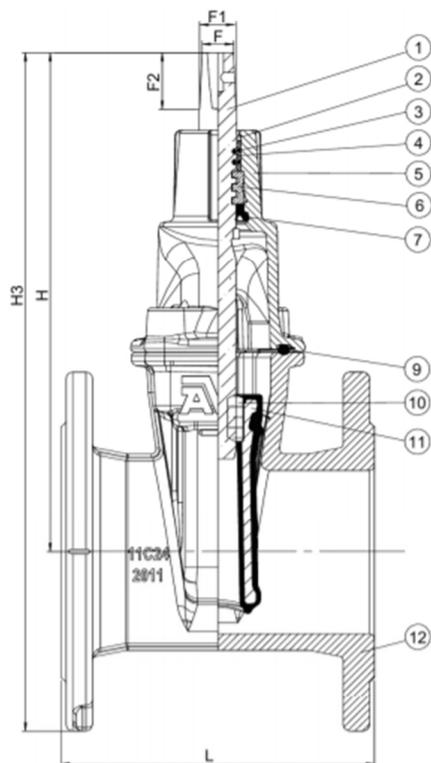
	Fecha	Nombre	Firma:	
<i>Dibujado</i>	15-5-2018	APFB	<i>Universidad pontificia de Comillas</i> ICAI-ICADE	
<i>Comprobado</i>	23-5-2018	ISF		
<i>id. s. normas</i>				
<i>Escala:</i>	PLANO REDES DE BOMBEO			PLANO N° <i>N. Alumno: 201405064</i> Curso: 4º IEM



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	<i>Universidad pontificia de Comillas</i> ICAI-ICADE
<i>Dibujado</i>	15-5-2018	APFB		
<i>Comprobado</i>	23-5-2018	ISF		
<i>id. s. normas</i>				
<i>Escala:</i>	PLANO POZOS DE BOMBEO			PLANO Nº 3
				<i>N. Alumno:</i> 201405064
				<i>Curso:</i> 4º IEM



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	<i>Universidad pontificia de Comillas</i> <i>ICAI—ICADE</i>
<i>Dibujado</i>	30-6-2018	APFB		
<i>Comprobado</i>	15-7-2018	ISF		
<i>id. s. normas</i>				
<i>Escala:</i>	PLANO DETALLE DE LOS POZO		PLANO N° 4 <hr/> <i>N. Alumno: 201405064</i> <hr/> <i>Curso: 4° IEM</i>	



Despiece:

1. Eje	Acero inoxidable 1.4104 (430F)	16. Cojinete	Poliamida
2. Sellado superior	Caucho NBR	17. Arandela de empuje	Acero inoxidable 1.4104 (430F)
3. Junta tórica	Caucho NBR	18. Cojinete de rodillos	Acero inoxidable
4. Cojinete	Poliamida	19. Collarín de empuje	Acero inoxidable 1.4104 (430F)
5. Tapa	Fundición dúctil GJS-500-7 (GGG-50)	20. Junta tórica	Caucho NBR
6. Collarín de empuje	Latón CW602N, RDZ	21. Manguito inferior	Caucho EPDM
7. Manguito inferior	Caucho EPDM	22. Válvula del by-pass	Fundición dúctil GJS-500-7 (GGG-50)
8. Tornillo de la tapa	Acero inox A2, sellado con silicona	23. Codo del by-pass	Fundición dúctil GJS-500-7 (GGG-50)
9. Junta de la tapa	Caucho EPDM	24. Arandela	Acero inoxidable A2
10. Tuerca integrada	Latón CW626N, RDZ	25. Tuerca	Acero inoxidable A2
11. Compuerta	Fundición dúctil, encapsulada en EPDM	26. Tornillo	Acero inoxidable A2
12. Cuerpo	Fundición dúctil GJS-500-7 (GGG-50)	27. Tornillo	Acero inoxidable A2
13. Chaveta	Acero inoxidable	28. Arandela	Acero inoxidable A2
14. Sellado superior	Caucho NBR	29. Placa para by-pass	Fundición dúctil GJS-500-7 (GGG-50)
15. Junta tórica	Caucho NBR	30. Guía de la compuerta	Poliamida

Los componentes pueden ser sustituidos por materiales de clase equivalente o superior sin previo aviso.

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	<i>Universidad pontificia de Comillas</i> <i>ICAI-ICADE</i>
<i>Dibujado</i>	30-6-2018	APFB		
<i>Comprobado</i>	15-7-2018	ISF		
<i>id. s. normas</i>				
<i>Escala:</i>	PLANO DETALLE DE LA VÁLVULA DE COMPUERTA			PLANO Nº 5
				<i>N. Alumno: 201405064</i>
				<i>Curso: 4ª IEM</i>

Cuadro eléctrico

R S T N

VFD

R S T N

R S T N

R S T N

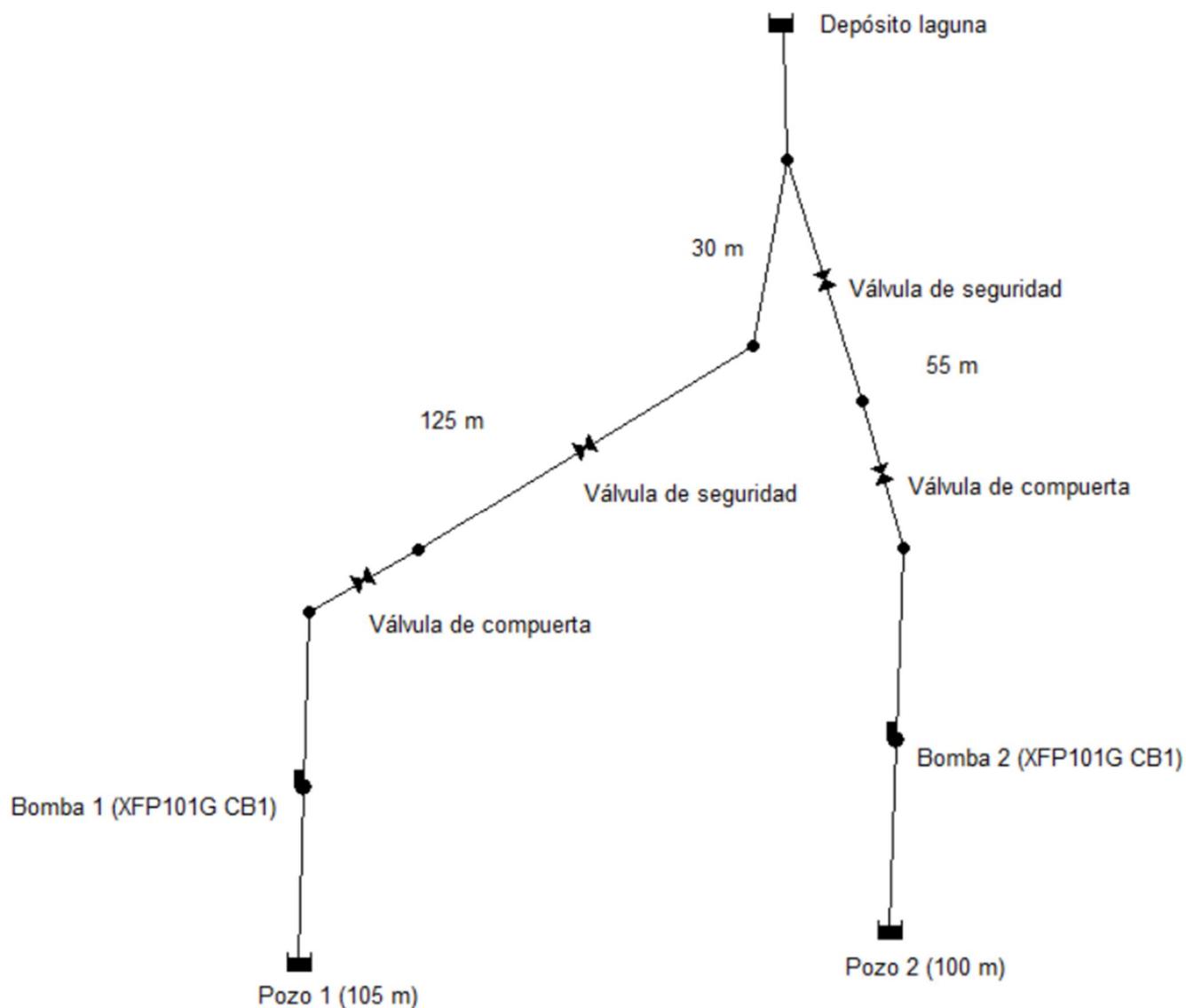
R S T N

XPF101G CB1

XPF101G CB1

NB 125/100-32C

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	Universidad pontificia de Comillas <i>ICAI—ICADE</i>
<i>Dibujado</i>	30-6-2018	APFB		
<i>Comprobado</i>	15-7-2018	ISF		
<i>id. s. normas</i>				
<i>Escala:</i>	ESQUEMA UNIFILAR EQUIVALENTE			PLANO Nº 6 <hr/> <i>N. Alumno: 201405064</i> <hr/> <i>Curso: 4º IEM</i>



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	Universidad pontificia de Comillas <i>ICAI-ICADE</i>
<i>Dibujado</i>	30-6-2018	APFB		
<i>Comprobado</i>	15-7-2018	ISF		
<i>id. s. normas</i>				
<i>Escala:</i>	RED HIDRÁULICA POZOS N°1 Y N°2			PLANO N° 7 <hr/> <i>N. Alumno: 201405064</i> <hr/> <i>Curso: 4º IEM</i>

DOCUMENTO V:

BIBLIOGRAFÍA

- Información de situación
 - https://www.google.es/intl/es_es/earth/
 - http://www.madrid.org/cs/Satellite?c=CM_InfPractica_FA&cid=1354317838354&language=es&pagename=ComunidadMadrid%2FEstructura&pv=1354317851587

- Información del estado del arte
 - <http://turbomaquinastermicasct3412.blogspot.com.es/p/conceptos-b.html>
 - <https://ingelibreblog.wordpress.com/2014/04/04/fundamentos-de-las-turbomaquinas/>
 - <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/maquinashidraulicas/clasificacionbombashidraulicas/clasificaciondelasbombashidraulicas.html>
 - <https://sifo.comillas.edu/course/view.php?id=20292>
 - https://moodle.institutmontilivi.cat/pluginfile.php/118007/mod_resource/content/1/clasificacion.PDF
 - <http://www.bdigital.unal.edu.co/11934/51/3353962.2007.Parte11.pdf>
 - <http://www.lawebdefisica.com/dicc/bernoulli/>
 - <http://www.territorioverde.cl/servicios/guiariego.pdf>
 - Claudio Mataix, Turbomáquinas Hidráulicas, Universidad Pontificia Comillas, 2ª edición, 2009

- Información elementos de diseño de la red
 - <http://www.avkvalvulas.com/>
 - <https://www.sulzer.com/en>
 - <http://epanet.info/descargas/epanet2-es/>
 - ABS, Manuel Para El Proyectista
 - <http://www.comercialbastos.com/pdf/tarifas.pdf>
 - <https://tarifaluzhora.es/>

- Referencias de las ilustraciones:

[1] Imágenes obtenidas de las diapositivas de las asignaturas de Mecánica de Fluidos y Turbomáquinas en el Moodle de la universidad.

[2] Imágenes tomadas por el autor en la visita a las instalaciones actuales del Parque de Polvoranca.

[3] Imágenes obtenidas de Google imágenes de las siguientes páginas web:

- <https://www.sulzer.com/es-es/shared/products/2017/03/28/12/59/submersible-sewage-pump-type-abs-xfp-1-3-30-kw> (todas las imágenes de bombas pertenecen a archivos de Sulzer ABS)
- <http://calderasformacion.com/valvulas-de-asiento-ventajas-e-inconvenientes/>
- <http://www.grupoalmagromur.es/productos/valvula-compuerta/>
- <https://cematic.com/producto/valvula-mariposa-tipo-wafer-nbr/>
- <http://www.tuboscolmenar.es/>
- <https://sp.depositphotos.com/112399308/stock-photo-hdpe-potable-pipe-hdpe-pipeline.html>
- <https://www.traxco.es/tienda/aspersores-sectoriales>
- <https://www.indoostrial.com/generador-diesel-kipor-1500-rpm-kde14s-3397.html>
- <https://frs-cnc.com/electronica-cnc/variadores/monofasicos/574/variador-monofasico-0-2kw-detail>
- <http://www.avkvalvulas.com/>

[4] Imágenes obtenidas a partir del software ABSEL V2 Pump Selection Program.

[5] Imágenes sobre la localización del parque obtenidas de Wikipedia.

[6] Imágenes obtenidas del artículo “El coste de ciclo de vida en las bombas” de Íñigo Sanz Fernández.

DOCUMENTO VI:

ANEXOS

SERVICIO de CONSERVACIÓN y LIMPIEZA del PARQUE de POLVORANCA en LEGANÉS		Nº orden: 18_01
VELASCO	EQUIPOS DE BOMBEO	
		FECHA emisión: feb-18

CÓDIGO: P2_B1		BOMBA de IMPULSIÓN	
Denominación	POZO Nº2 (profundidad 85 m) /	Fabricante:	SACI (instalación agosto 2017)
Equipo:	1 Bomba		
Ubicación	Parcela nº 1 / Alimenta Cascada	Modelo:	Bomba axial + motor Franklin
Equipo:			
Uso:	Mes de nov al mes de febrero 8 horas	Datos Técnicos:	6" 20 HP 660V - 30 Cv

1.- MANTENIMIENTO CORRECTIVO / Reparaciones

Tipo / origen o antecedentes	Operaciones previstas y/o finalizadas	Fecha
La bomba lleva tiempo sin funcionar. No saca agua ni funciona el motor (no hay consumo)	Se extrae la bomba y se lleva a taller.	may-17
Diagnosís del estado de la Bomba	Motor quemado / Bomba destrozada / No reparable / Cuadro eléctrico inservible	jun-17
Instalación nueva bomba	Instalación bomba + motor + Cuadro completo + Válvulas y juntas + Cable seguridad, etc. / (Se mantiene la tubería)	ago-17

2.- Otras Actuaciones / Observaciones

Tipo	Operaciones previstas y/o finalizadas	Fecha
La nueva bomba extrae agua durante un máximo de 4 minutos antes de pararse	Comprobar nivel del pozo y estado del sondeo (¿posible colmatación?)	ago-17
Medida nivel piezométrico del pozo	Medida: 41 metros (en reposo) Baja 20-25 m tras primera parada de la bomba	sep-17

SERVICIO de CONSERVACIÓN y LIMPIEZA del PARQUE de POLVORANCA en LEGANÉS		Nº orden: 18_01
VELASCO	EQUIPOS DE BOMBEO	
		FECHA emisión: feb-18

CÓDIGO: P3_B1 (Pozo de la Ría)		BOMBA de IMPULSIÓN	
Denominación	POZO de la Ría (Nº3)	Fabricante:	<i>Ideal</i>
Equipo:	(profundidad 107 m) / 1 Bomba	Modelo:	
Ubicación	Parcela nº 8 / Alimenta Ría y	Datos Técnicos:	20 Cv, 17m3/h
Equipo:	riega: Dalieda, Arboreto, Rosaleda y pradera Rosaleda		
Uso:	24 horas del día todo el año		

1.- MANTENIMIENTO CORRECTIVO / Reparaciones

Tipo / origen o antecedentes	Operaciones previstas y/o finalizadas	Fecha
	Se instalan dos manómetros de 0-6 Kg	oct-17

2.- Otras Actuaciones / Observaciones

Tipo	Operaciones previstas y/o finalizadas	Fecha
Medida nivel piezométrico del pozo	Medida: 61 metros (tanto en reposo como con la bomba en marcha)	sep-17

SERVICIO de CONSERVACIÓN y LIMPIEZA del PARQUE de POLVORANCA en LEGANÉS		Nº orden: 18_01
VELASCO	EQUIPOS DE BOMBEO	
		FECHA emisión: feb-18

CÓDIGO: P4_B1 (Pozo de Sisonos)		BOMBA de IMPULSIÓN	
Denominación	POZO Nª4 (profundidad 80 m) /	Fabricante:	
Equipo:	1 Bomba	Modelo:	
Ubicación	Parcela nº 65 / Alimenta Laguna	Datos Técnicos:	10 Cv, 10m3/h
Equipo:	de Sisonos		
Uso:	Según necesidades del riego, en la época de riego (6 meses) 24 h.		

1.- MANTENIMIENTO CORRECTIVO / Reparaciones

Tipo / origen o antecedentes	Operaciones previstas y/o finalizadas	Fecha
La bomba dejó de funcionar con Talher y se cambió con Licuas		año 2014
El motor funciona, pero la bomba no saca agua (impulsa, pero no sube lo suficiente)	Hay que sacar la bomba para hacer diagnóstico	feb-18
	Se instala manómetro 0-16 Kg	oct-17

2.- Otras Actuaciones / Observaciones

Tipo	Operaciones previstas y/o finalizadas	Fecha
Medida nivel piezométrico del pozo	Medida: 68 metros (tanto en reposo como con la bomba en marcha)	sep-17

SERVICIO de CONSERVACIÓN y LIMPIEZA del PARQUE de POLVORANCA en LEGANÉS		Nº orden: 18_01
VELASCO	EQUIPOS DE BOMBEO	
		FECHA emisión: feb-18

CÓDIGO: GP1_B1-4 (Grupo de Presión Lago)		GRUPO DE PRESIÓN
Denominación	Grupo de Presión del Lago / 4	Fabricante:
Equipo:	Bombas	Modelo:
Ubicación	Parcela nº 16 / Riego anillo del	Datos Técnicos:
Equipo:	Lago, jardín de Arbustos y 1/2	4 bombas de 25 Cv, caudal de 40m3/h
Uso:	Jardín Siempreverde.	(normalmente funcionan tres)
	En época de riego 12 horas diarias	

1.- MANTENIMIENTO CORRECTIVO / Reparaciones

Tipo / origen o antecedentes	Operaciones previstas y/o finalizadas	Fecha
Motor de una de las bombas quemado	Bobinado motor 25 CV 400/600V 3000 rpm	ago-16
Placa de bornas quemadas	Sustitución 3 Uds	jul-17
	Se colocan 3 manómetros de 0-10 Kg	oct-17
	Se coloca un manómetro de 0-16 Kg	nov-17
Las bombas 2 y 3 suenan mal	Hay que cambiar rodamientos	feb-18

2.- Otras Actuaciones / Observaciones

Tipo	Operaciones previstas y/o finalizadas	Fecha

EQUIPOS DE BOMBEO

CÓDIGO: GP2_B1-2 (Grupo de Presión de la Ría)		GRUPO DE PRESIÓN	
Denominación	Grupo de Presión de la Ría / 2	Fabricante:	<i>Ideal</i>
Equipo:	Bombas	Modelo:	RNF - 52.200/15
Ubicación	Parcela nº / Alimenta bocas	Datos Técnicos:	2 bombas de 15 Cv, caudal de 15m3/h
Equipo:	de riego parcelas 3, 8, 7, 5, 6, 69, 20, 25, 70, 1/2 parcela 20		(normalmente funciona una)
Uso:	En época de riego 12 horas diarias		
1.- MANTENIMIENTO CORRECTIVO / Reparaciones			
Tipo / origen o antecedentes	Operaciones previstas y/o finalizadas		Fecha
	Se instalan dos manómetros de 0-10 Kg		oct-17
2.- Otras Actuaciones / Observaciones			
Tipo	Operaciones previstas y/o finalizadas		Fecha

EQUIPOS DE BOMBEO

CÓDIGO: GP3_B1-2 (Grupo de Presión Sisones)

GRUPO DE PRESIÓN

Denominación	Grupo de Presión de Sisones / 2 Bombas	Fabricante:	<i>Ideal</i>
Equipo:	Parcela nº / Alimenta Fase 2, dos lados Cmno Fuenlabrada,	Modelo:	RNF - 52.200/15
Ubicación	PkAlcorcón, merenderos, pistas, etc.	Datos Técnicos:	2 bombas de 15 Cv, caudal de 15m3/h
Equipo:			(normalmente funciona una)
Uso:	En época de riego 12 horas diarias		

1.- MANTENIMIENTO CORRECTIVO / Reparaciones

Tipo / origen o antecedentes	Operaciones previstas y/o finalizadas	Fecha
	Se colocan dos manómetros de 0-10 Kg	oct-17

2.- Otras Actuaciones / Observaciones

Tipo	Operaciones previstas y/o finalizadas	Fecha

SULZER

Massblatt XFP 80C-CB1 Nassinstallation

Dimension sheet WET-WELL Installation

Dimensioni Installazione sommersa

Hoja de dimensiones instalación sumergida

Plan d'encombrement Installation noyee

No: AN-M.22.554 -01

Drawn: 11.05.09 / D.Whelan

Issue Date: 29/03/2011

Anderungen vorbehalten

Technical changes reserved

Con riserva di modifiche

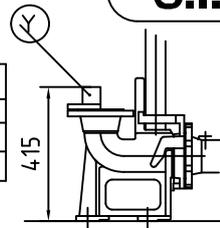
Con reserva de modificaciones

Sous réserve de modification

50 Hz

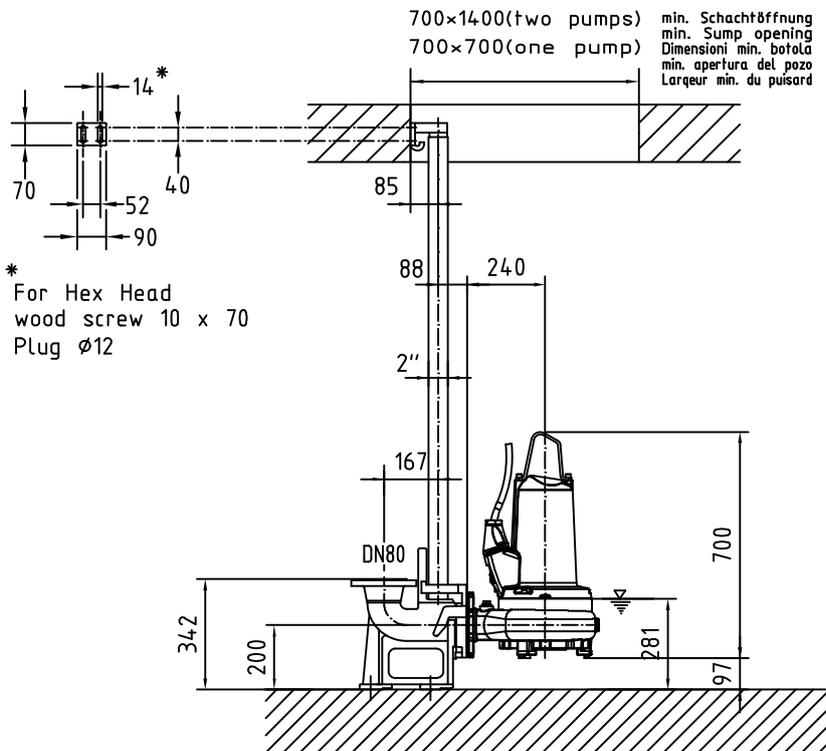
Typ Type Tipo	Gewicht Weight Poids Peso (kg)
PE 13/6	95.5
PE 22/4	97.5
PE 29/4	100

Part No.	Y(mm)
DN 80	
6 232 0649	
6 232 0650	∅ 90

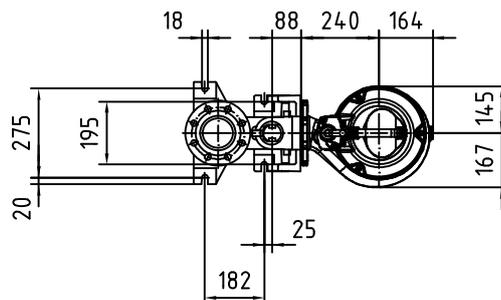
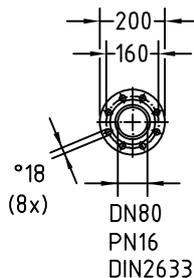


60 Hz

Typ Type Tipo	Gewicht Weight Poids Peso (kg)
PE 28/4	97.5
PE 28/4W	97.5
PE 20/6	100
PE 20/6W	100
PE 35/4	100



* For Hex Head wood screw 10 x 70 Plug ∅12



Gewicht: Beinhaltet Pumpe und Halterung
Weight: Includes pump and slider bracket
Il peso include il pezzo intermedio
Peso: Incluye bomba y uña
Poids: Pompe et coulisseau

Guss-Allgemeintoleranzen nach DIN1680 - GTB16
General tolerances for castings in acc. to DIN1680-GTB16
Tolleranze generali delle fusioni secondo DIN1680-GTB16
Tolerancias generales para la fundición seg. de DIN1680-GTB16
Tolérance générale de la fonderie selon DIN1680-GTB16

SULZER

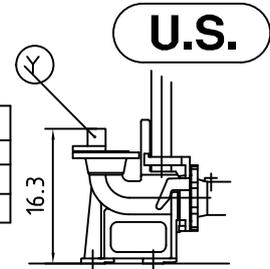
Massblatt XFP 80C-CB1 Nassinstallation
 Dimension sheet WET-WELL Installation
 Dimensioni Installazione sommersa
 Hoja de dimensiones instalación sumergida
 Plan d'encombrement Installation noyee

No: AN-M.22.554 -01
 Drawn: 11.05.09 / D.Whelan
 Issue Date: 29/03/2011
 Änderungen vorbehalten
 Technical changes reserved
 Con riserva di modifiche
 Con reserva de modificaciones
 Sous réserve de modification

50 Hz

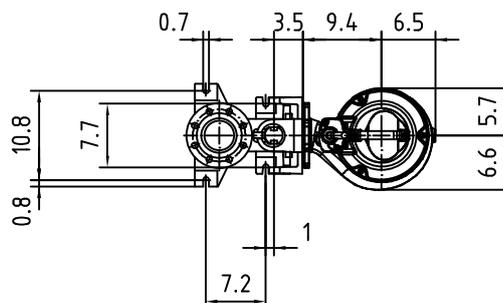
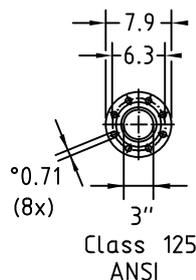
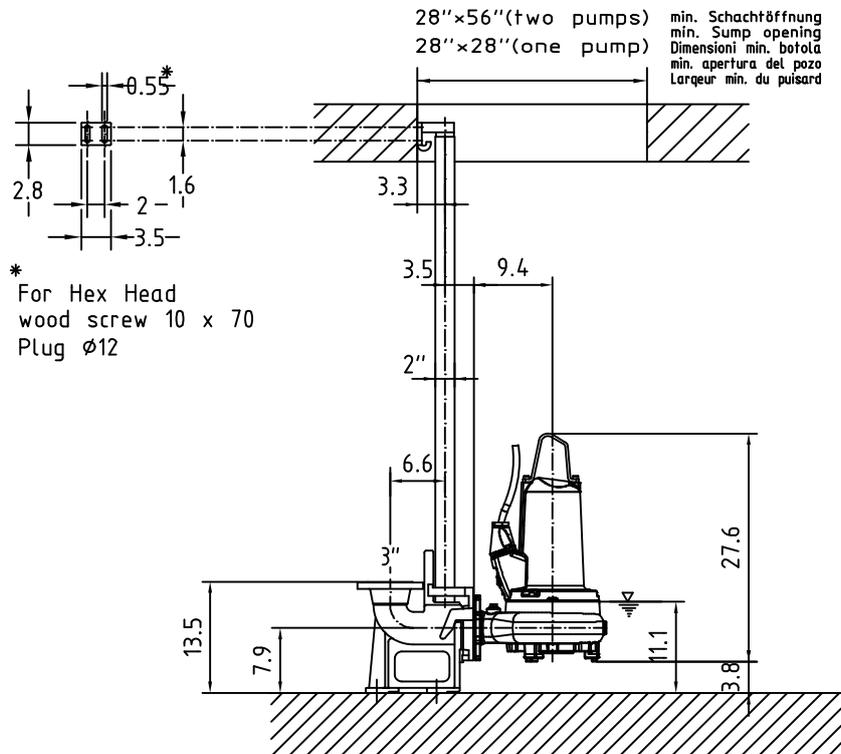
Typ Type Tipo	Gewicht Weight Poids Peso (lbs)
PE 13/6	211
PE 22/4	215
PE 29/4	221

Part No.	Y(mm)
DN 80	
6 232 0649	
6 232 0650	∅ 90



60 Hz

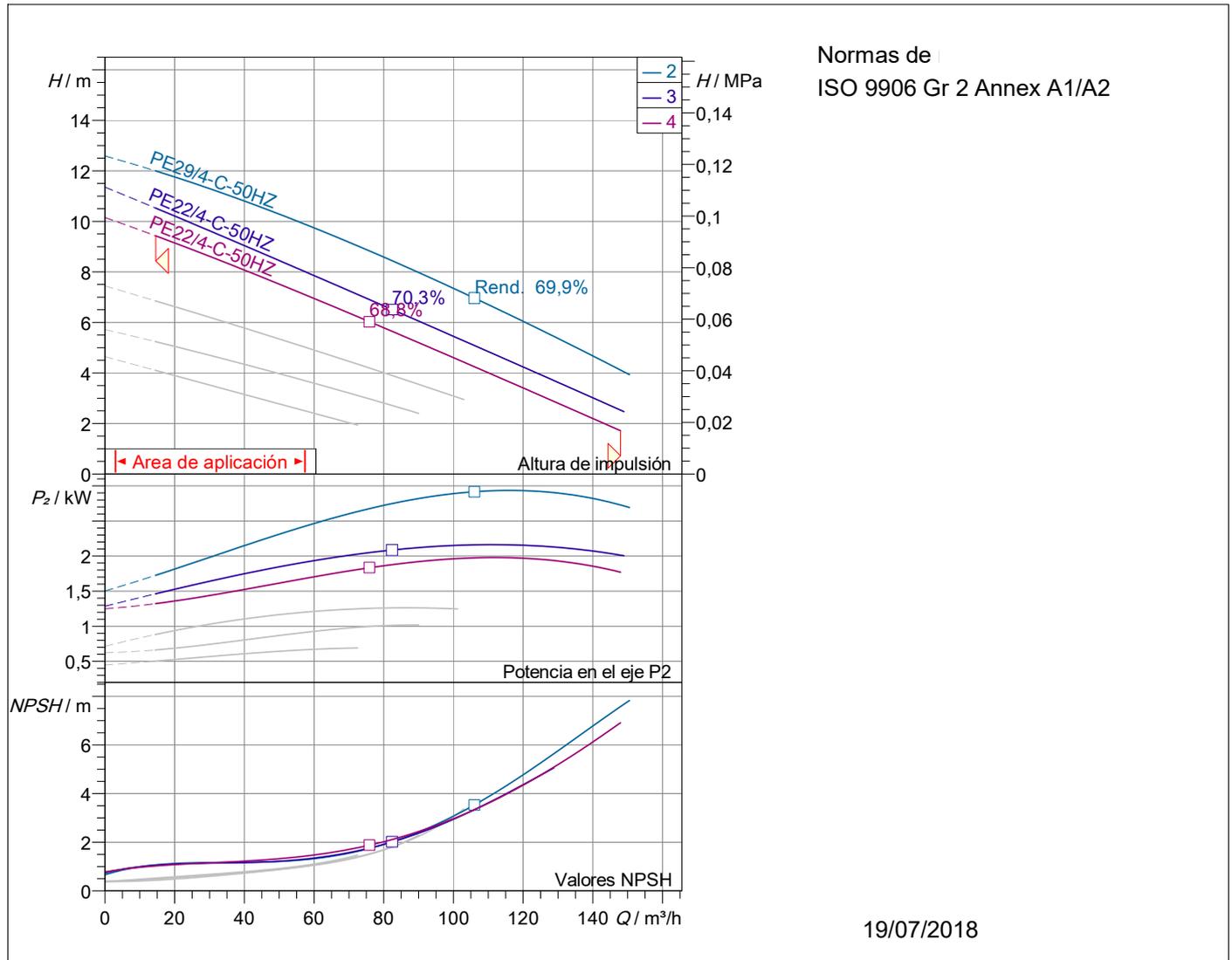
Typ Type Tipo	Gewicht Weight Poids Peso (kg)
PE 28/4	215
PE 28/4W	215
PE 20/6	221
PE 20/6W	221
PE 35/4	221



Gewicht: Beinhaltet Pumpe und Halterung
 Weight: Includes pump and slider bracket
 Il peso include il pezzo intermedio
 Peso: Incluye bomba y uña
 Poids: Pompe et coulisseau

Guss-Allgemeintoleranzen nach DIN1680 - GTB16
 General tolerances for castings in acc. to DIN1680-GTB16
 Tolleranze generali delle fusioni secondo DIN1680-GTB16
 Tolerancias generales para la fundición seg. de DIN1680-GTB16
 Tolérance générale de la fonderie selon DIN1680-GTB16

XFP 80C CB1 50HZ



Punto de diseño Caudal Rendimiento NPSH Temperatura 20 °C N° de bombas 1		Altura Potencia absorbida Fluido Water Tipo de instalación Bomba simple	
Datos de la bomba Tipo XFP 80C CB1 50HZ Serie XFP PE1-PE3 N° de paletas 1 Paso de sólidos 75 mm Boca impulsión DN80		Marca ABS Rodete Contrabloc Plus impeller, 1 vane Diámetro de rodete 180 mm Boca aspiración DN100	
Datos del motor Tensión nominal 400 V Potencia nominal P2 2,2 kW N° de polos 4 Factor de potencia 0,8 Corriente de arranque 29,8 A Par de arranque 21,2 Nm Clase de aislamiento H		Frecuencia 50,0 Hz Régimen nominal 1440 1/min Rendimiento 86,8 % Corriente nominal 4,6 A Par nominal 14,6 Nm Grado de protección IP 68	

Sulzer reserves the right to change any data and dimensions without prior notice and can not be held responsible for the use of information contained in this software.

Spaix® 4, Versión 4.0.13 - 2012/11/28 (Build 334)
 Versión de datos Dec-2012

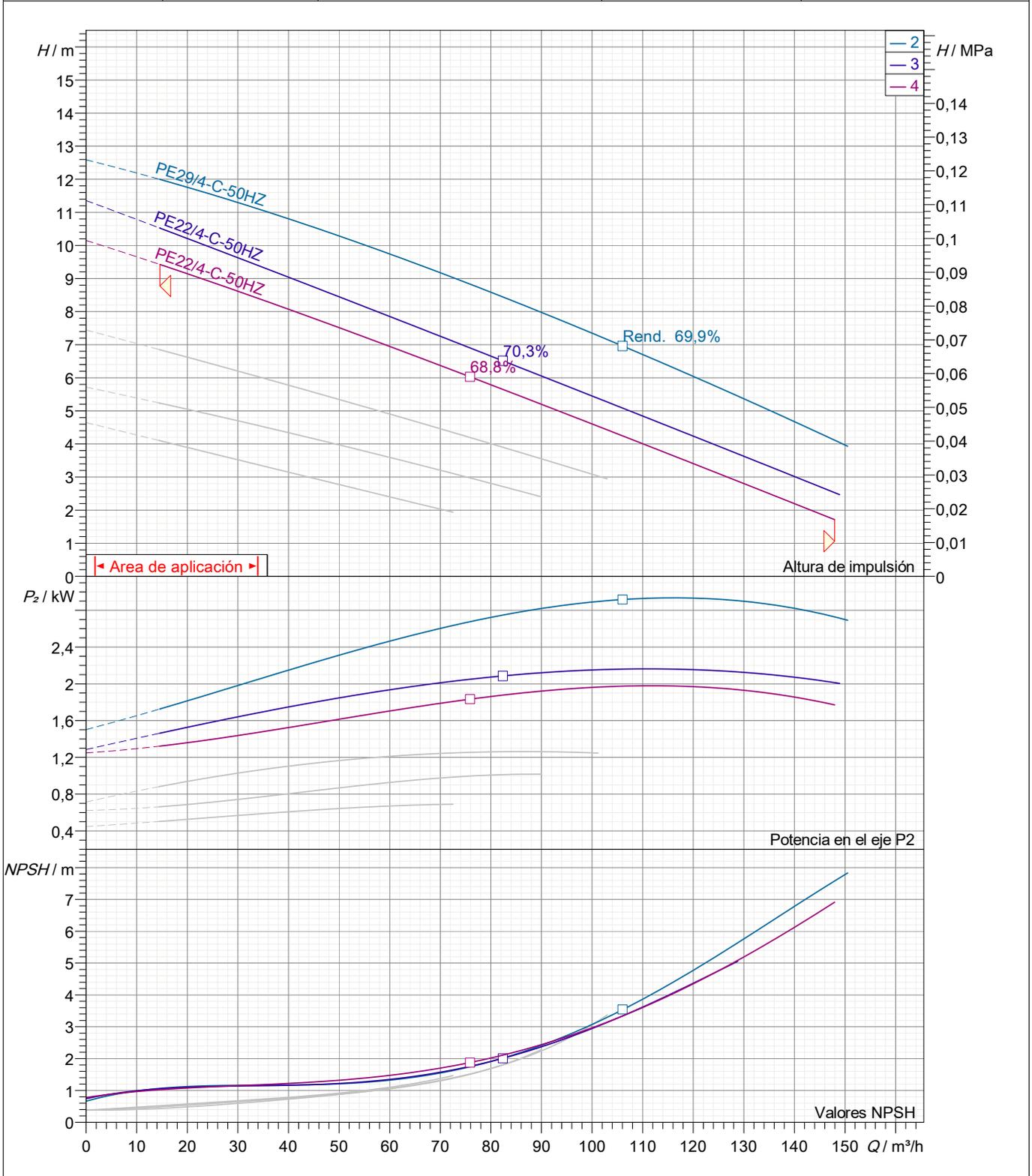
Nº curva
Curva de referencia
XFP80C-CB

Curva de performance bomba

XFP 80C CB1 50HZ



			Boca impulsión DN80	Frecuencia 50 Hz
Densidad 998,3 kg/m ³	Viscosidad 1,005 mm ² /s	Normas de referencia ISO 9906 Gr 2 Annex A1/A2	Velocidad nominal 1450 1/min	Fecha 19/07/2018
Caudal	Altura	Potencia nominal	Rendimiento hidráulico	NPSH



Diámetro de rodete 180 mm	Nº de paletas 1	Rodete Contrabloc Plus impeller, 1 vane	Diámetro cuerpos soplados 75 mm	Diámetro de impulsión 80 mm
------------------------------	--------------------	--	------------------------------------	--------------------------------

Sulzer reserves the right to change any data and dimensions without prior notice and can not be held responsible for the use of information contained in this software.

Spaix® 4, Versión 4.0.13 - 2012/11/28 (Build 334)
Versión de datos Dec-2012

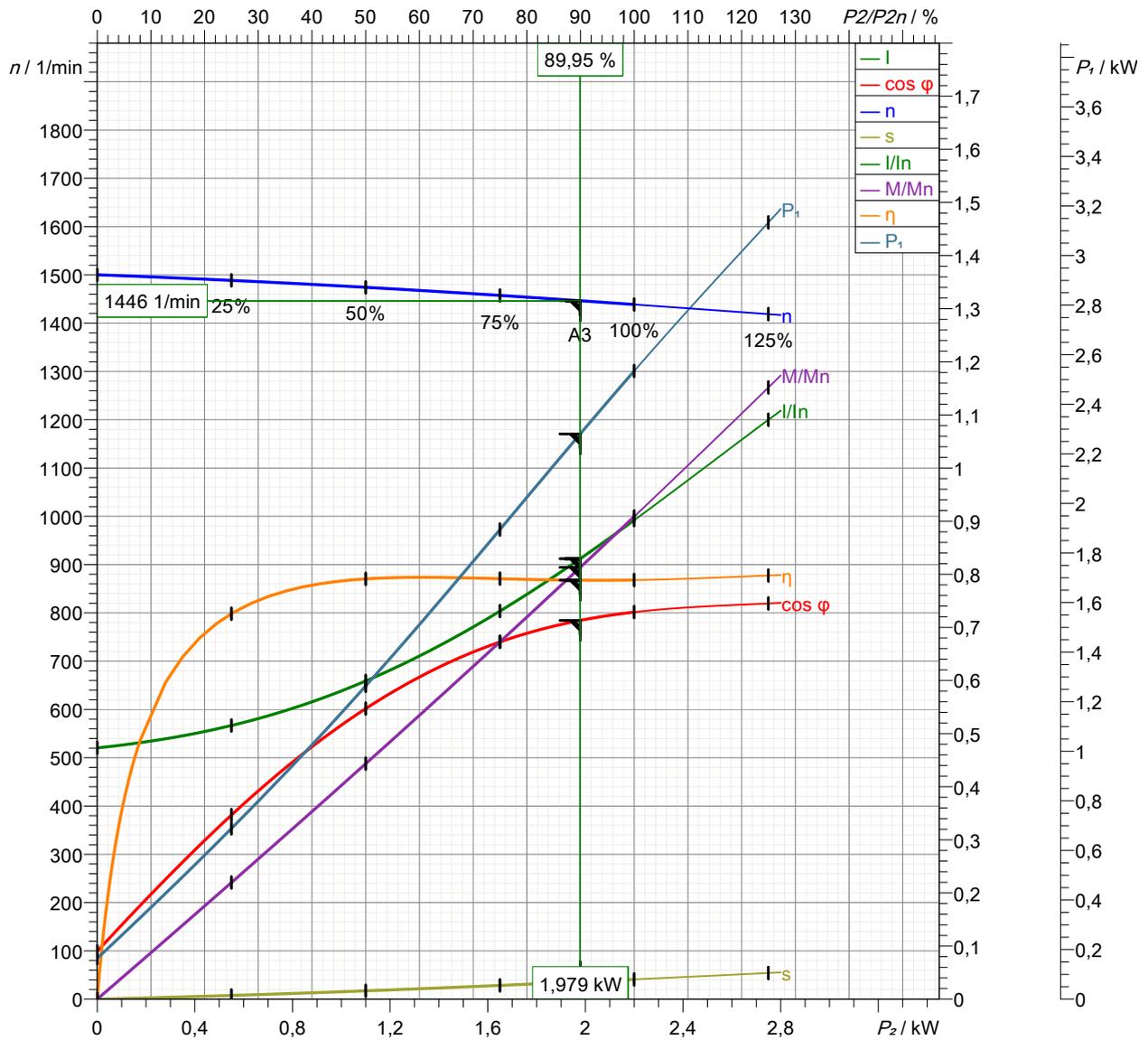


Frecuencia
50 Hz

Curvas motor PE22/4-C-50HZ

SULZER

Potencia nominal 2,2 kW	Factor de servicio 1	Régimen nominal 1440 1/min	Nº de polos 4	Tensión nominal 400 V	Fecha 19/07/2018
----------------------------	-------------------------	-------------------------------	------------------	--------------------------	---------------------



Symbol	En vacío	25 %	50 %	75 %	100 %	125 %
P_1 / kW	0,1646	0,6888	1,264	1,895	2,535	3,134
P_2 / kW	0	0,55	1,1	1,65	2,2	2,75
I / A	2,394	2,608	3,031	3,697	4,564	5,52
$\cos \phi$	0,09926	0,3813	0,6017	0,7398	0,8016	0,8195
n / 1/min	1500	1489	1474	1457	1439	1419
s / %	-0,00727	0,7639	1,719	2,839	4,09	5,418
η / %	0	79,81	87,03	87,08	86,81	87,74

Tolerancia la VDE 0530 T1 12.84 potencia según

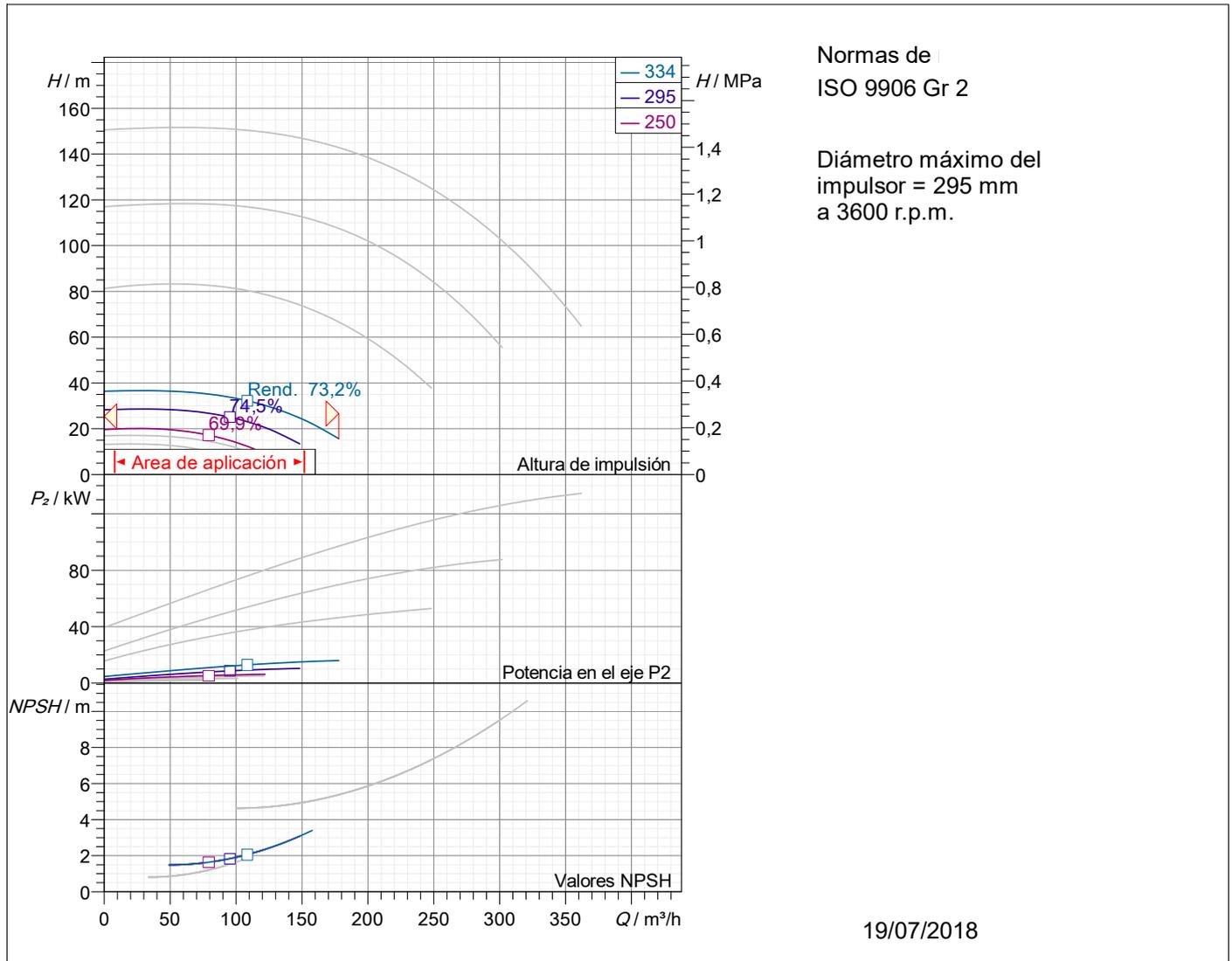
Corriente de arranque 29,8 A	Par de arranque 21,2 Nm	Momento de inercia 0,003 kg m ²	
---------------------------------	----------------------------	---	--

Sulzer reserves the right to change any data and dimensions without prior notice and can not be held responsible for the use of information contained in this software.

Spaix® 4, Versión 4.0.13 - 2012/11/28 (Build 334)
Versión de dato Dec-2012

abs

NB 125/100-32 C

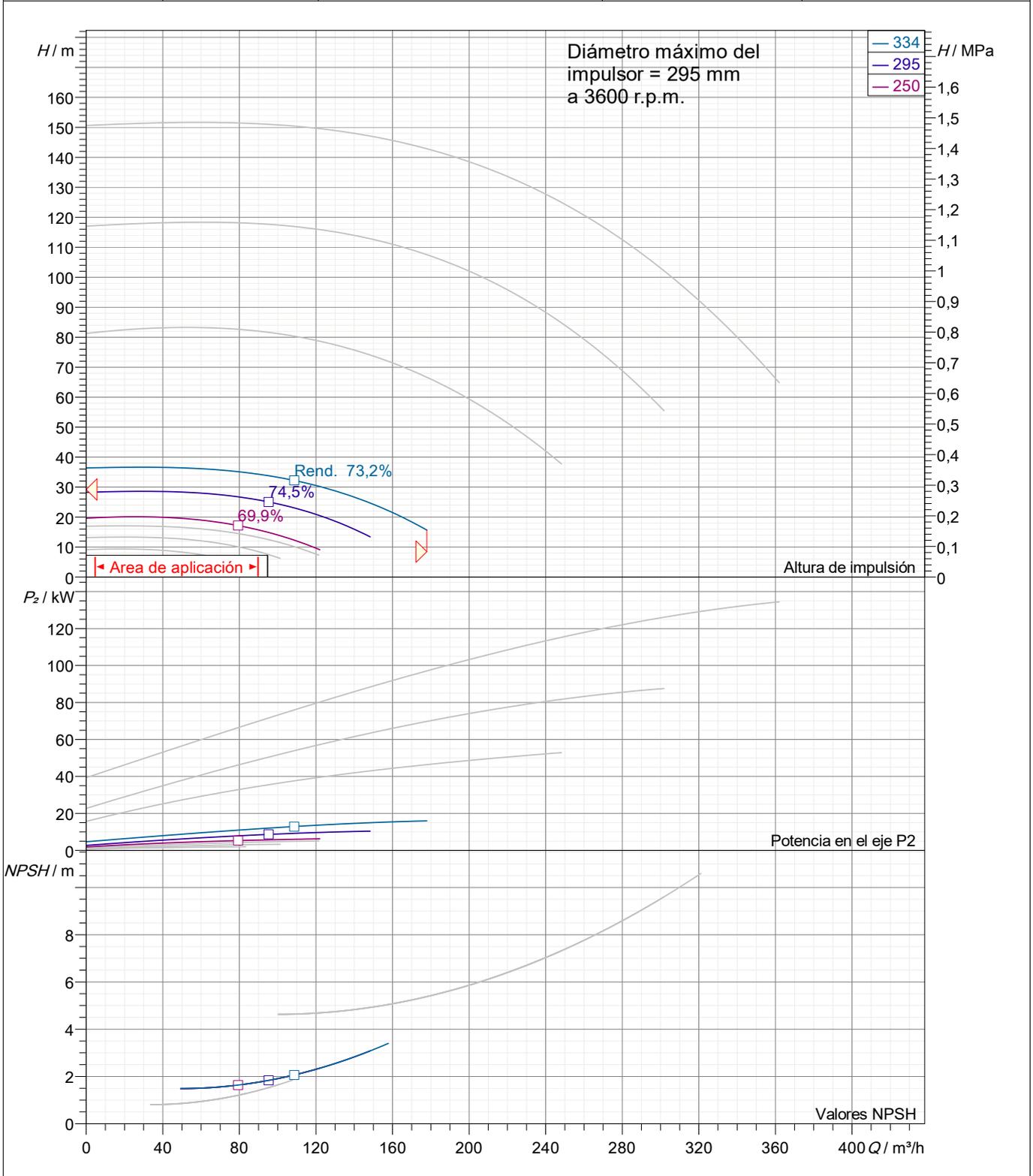


Punto de diseño Caudal Rendimiento NPSH Temperatura 20 °C N° de bombas 1		Altura Potencia absorbida Fluido Agua Tipo de instalación Bomba simple	
Datos de la bomba Tipo NB 125/100-32 C Serie NB N° de paletas 5 Paso de sólidos 34 x 13,5 mm Boca impulsión DN100		Marca ABS Rodete Closed multivane impeller Diámetro de rodete 334 mm Boca aspiración DN125	
Datos del motor Tensión nominal Potencia nominal P2 N° de polos Factor de potencia Corriente de arranque Par de arranque Clase de aislamiento		Frecuencia Régimen nominal Rendimiento Corriente nominal Par nominal Grado de protección	

Nº curva	Curva de performance bomba NB 125/100-32 C
Curva de referencia 3025-2	



			Boca impulsión DN100	Frecuencia 50 Hz
Densidad 998,3 kg/m³	Viscosidad 1,005 mm²/s	Normas de referencia ISO 9906 Gr 2	Velocidad nominal 1450 1/min	Fecha 19/07/2018
Caudal	Altura	Potencia nominal	Rendimiento hidráulico	NPSH



Diámetro de rodete 334 mm	Nº de paletas 5	Rodete Closed multivane impeller	138678	Diámetro cuerpos sólidos 34 x 13,5 mm	Impulsión 125/100-32 C
------------------------------	--------------------	-------------------------------------	--------	--	---------------------------