



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN
SISTEMA DE DOSIFICACIÓN QUÍMICA
PARA LA CENTRAL DE CICLO
COMBINADO LOS MINA
(REPÚBLICA DOMINICANA)**

Autor: Miguel Álvarez Fernández
Director: Pablo Raso Murillo

Madrid
Agosto 2016

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

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

El autor D. Miguel Álvarez Fernández, DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: **Diseño y construcción de un Sistema de Dosificación Química para la Central de Ciclo Combinado Los Mina (República Dominicana)**, 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:

- a) 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.
- b) 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.
- c) Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
- d) Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
- e) Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
- f) 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:

- a) Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
- b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.
- d) 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:

- 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.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- c) 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 23 de Agosto de 2016

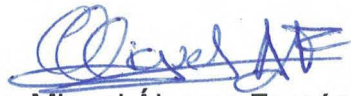
ACEPTA



Fdo. Miguel Álvarez Fernández

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 **Diseño y construcción de un Sistema de Dosificación Química para la Central de Ciclo Combinado Los Mina (República Dominicana)** en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el curso académico **2015-16** 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.: Miguel Álvarez Fernández

Fecha: 23 / 08 / 2016

Autorizada la entrega del proyecto
EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: Pablo Raso Murillo

Fecha: 23 / 08 / 2016

Vº Bº del Coordinador de Proyectos

Fdo.: José Ignacio Linares Hurtado

Fecha: / /

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE DOSIFICACIÓN QUÍMICA PARA LA CENTRAL DE CICLO COMBINADO LOS MINA (REPÚBLICA DOMINICANA)

Autor: Álvarez Fernández, Miguel.

Director: Raso Murillo, Pablo.

Entidad colaboradora: Fluideco Equipos Industriales S.L.

RESUMEN DEL PROYECTO

Introducción

En una central de ciclo combinado, el agua utilizada en los circuitos de refrigeración posee una serie de niveles químicos que se ven modificados conforme más uso se le dé a la misma agua. La calidad de esta agua ha de ser controlada para poder asegurar la vida útil de la central y sus equipos.

La corrosión, la acumulación de incrustaciones y el crecimiento biológico son los principales problemas que surgen el deterioro de la calidad química del agua. Éstos afectan notablemente a la central y sus equipos, reduciendo su rendimiento y pudiendo llegar a dejarlos fuera de funcionamiento. Ya que estos equipos tienen un alto coste y que la inactividad de la central conlleva también altas pérdidas, resulta de suma importancia un control químico adecuado de las propiedades del agua de circulación en las centrales de ciclo combinado.

El objetivo de este sistema es llevar a cabo la dosificación de diversos químicos para controlar las propiedades nocivas de dicha agua. Para el diseño de un sistema de dosificación química hay que tener en cuenta muchos factores, entre los cuales, destacan las características a controlar, los materiales del sistema y los químicos a dosificar.

En este proyecto se diseñará un sistema de dosificación para controlar 4 aspectos diferentes del agua, pero relacionados entre sí:

Crecimiento biológico

Algas, limo, hongos, y sobre todo el crecimiento de microorganismos como la legionela, que son de gran peligro para la salud pública. Se combate con biocidas, entre los cuales destaca el cloro, por ser de bajo coste y estar disponible en formas sólida, líquida o gaseosa.

Se selecciona el hipoclorito de sodio diluido (12-15%) como químico a dosificar, con un valor de cloro libre (Cl_2) objetivo de 0.5ppm en el agua en circulación.

Este químico provoca un aumento del pH, por lo que el siguiente aspecto será el control del pH y la alcalinidad

Control de pH y alcalinidad

Un ajuste del pH correcto no solo es el método más común para permitir que los demás tratamientos no vean reducida su efectividad, sino que además también reduce la corrosión en los sistemas de distribución de agua.

El pH y la alcalinidad están relacionados ya que un incremento en el pH indica un incremento en la alcalinidad y viceversa. Las aguas ácidas son generalmente corrosivas, debido a la alta concentración de iones hidronio, pero un pH muy básico es igualmente perjudicial, aumentando el potencial de incrustaciones.

Mediante la adición de ácido sulfúrico se busca contrarrestar la subida de pH por el hipoclorito de sodio y mantenerlo en un nivel aceptable (habitualmente 8,6).

Se selecciona el ácido sulfúrico (98% concentración) para mantener un pH de 8,3

Incrustaciones

Las incrustaciones son depósitos de minerales en una tubería. El proceso se inicia cuando la concentración de minerales rompe el límite de solubilidad y el agua no los puede mantener disueltos, precipitando como lodos. A medida que pasa el tiempo, los lodos se cristalizan formando una estructura química muy dura y por consecuencia disminuye la capacidad de transferencia de calor de las tuberías. Además, estas incrustaciones pueden desprenderse y ocasionar averías en otros equipos.

Para combatir las incrustaciones hay que identificar los minerales más limitantes, que en este caso son el calcio y el magnesio.

Se selecciona un tratamiento con químico comercial y una concentración de desincrustante objetivo de 15 ppm en agua de circulación

Corrosión

Es la reacción entre un metal y el medio, que provoca la degradación y pérdida de sus propiedades. Esta degradación comienza en la superficie y se propaga al interior,

haciendo que el material pierda espesor y desprenda material que puede acumularse en otros puntos de la instalación.

La corrosión puede ser controlada agregándole químicos al agua que formen una película protectora sobre la superficie de una tubería y proporcionen una barrera entre ésta y el agua. Estos químicos, llamados inhibidores, reducen la corrosión o limitan la solubilidad del metal.

Se selecciona un tratamiento con químico comercial y una concentración de inhibidor de corrosión objetivo de 15 ppm en agua de circulación

Diseño

Cada químico tendrá su sistema de dosificación individual, aunque todos irán montados sobre una única losa de hormigón de obra civil (por otros)

Para diseñar los equipos que compondrán cada subsistema, se utilizan como criterios los requerimientos del cliente, la normativa local e internacional aplicable y los criterios técnicos y de calidad de la entidad colaboradora.

En conjunto con una empresa química, se calculan las cantidades a dosificar de cada químico, lo que permite poder calcular el caudal de las bombas dosificadoras y tras ello, utilizar este dato para calcular por un lado el tamaño de las líneas, asegurándose que la velocidad no sobrepase los 2 m/s, y por otro, el volumen de los depósitos en función de la autonomía solicitada por el cliente. Este último dato también nos sirve para calcular el caudal de las bombas de llenado, cuya condición es que tengan el necesario para llenar los depósitos en menos de 1 hora.

Se diferencian dos tipos de diseños de sistemas:

- Ácido sulfúrico e hipoclorito de sodio, que dispondrán cada uno de un depósito de almacenaje de 12000L, una bomba centrífuga de llenado para el depósito y 3 bombas dosificadoras (caudales de 53,8 l/h para sulfúrico y 26,7 l/h para hipoclorito). Cada sistema estará instalado en su propio armario de dosificación, con la bomba de llenado en un armario a parte.
- Desincrustante e inhibidor de corrosión, que disponen cada uno de un depósito comercial de 1000L, de tipo IBC, sin bomba de llenado y solo 2 bombas dosificadoras (caudales de 2,05 l/h para desincrustante y 1,7 l/h para inhibidor). Ambos sistemas están instalados dentro de un mismo armario de dosificación. Cada IBC tiene su cubeto de contención de 1000L de volumen.

Además, cada sistema dispondrá de un transmisor de presión utilizado para transmitir una señal al sistema de control distribuido (DCS por sus siglas en inglés) indicando el nivel de químico en el depósito, amortiguadores de pulsaciones para reducir el efecto ariete de las bombas dosificadoras, manómetros para controlar la presión, columna de

calibración para verificar el caudal de las bombas dosificadoras, filtro que evitará que lleguen impurezas a dichas bombas, y válvulas (de diafragma, antirretorno, de seguridad y de contrapresión), todo ello adecuado a las características de cada sistema (presión, caudal, compatibilidad química, etc.) para asegurar su correcto funcionamiento.

El material de las tuberías, válvulas y elementos en contacto con el químico serán:

- PVDF para ácido sulfúrico
- PVC-C para los demás

Control

Los sistemas están diseñados para ser controlados desde DCS. Cada armario de dosificación dispone de una junction box propia, y los cuatro sistemas comparten un cuadro de control. Estos dos elementos se encargan de gobernar el funcionamiento del sistema, transmitiendo las instrucciones dadas por el personal de la central y recopilando la información relativa al estado de operación.

Mediante señales desde DCS se puede seleccionar los comandos de arranque y parada de cada bomba dosificadora (aunque siempre debe haber una en reserva) y comando de setpoint, que envía el resultado de un algoritmo, utilizado para calcular el punto de funcionamiento de la bomba, a la bomba en cuestión.

Desde los equipos se envía a DCS las señales de “bomba disponible” y “bomba en funcionamiento”, un aviso de cuando se están arrancando o parando las bombas de llenado y una señal analógica indicando el nivel de químico en el depósito. Esta última señal se utilizará para los bucles de control de la siguiente manera:

- Si la señal llega a su nivel alto, se avisa a los operarios de que se deben parar las bombas de llenado para evitar el rebose.
- Si la señal llega a su nivel bajo, se avisa a los operarios de que se precisa más químico (relleno en los depósitos de 12000 L y recambio en los comerciales)
- Si la señal llega a su nivel muy bajo, el propio sistema para las bombas dosificadoras automáticamente para evitar que estas funcionen en seco y se estropeen.

Además, sobre el cuadro de control hay únicamente un botón/seta de emergencia cuyo cometido es cortar automáticamente toda la alimentación eléctrica del sistema en caso de emergencia.

Pruebas, embalaje y envío

Una vez ensamblado el sistema, se comprueba su funcionamiento y tras resultar satisfactorio, se realizan las pruebas FAT (Factory Acceptance Test) en presencia del cliente, el cual se muestra satisfecho tanto con el diseño como con los resultados de las pruebas.

Tras finalizar las pruebas de funcionamiento, se preparan los sistemas para el envío. Cada armario se envuelve en plástico negro y embala en una jaula de madera. Debido a su tamaño, los depósitos se envían por separado. Adicionalmente, se cuenta con una caja de madera en la que se incluyen todos los accesorios necesarios, así como las conexiones de los puntos terminales que no se han instalado.

Se realiza una entrega tipo FCA, es decir, la entidad colaboradora prepara los embalajes y los monta en el transporte enviado por el cliente. Una vez montados en el transporte, la responsabilidad pasa al cliente.

Por petición del cliente se asistirá en la instalación y puesta en marcha de los equipos mediante la presencia de un técnico de la entidad colaboradora durante ambos procesos (un único viaje).

Conclusiones

El diseño se ha llevado a cabo cumpliendo las normas locales e internacionales aplicables, así como las condiciones especificadas por el cliente.

Las pruebas de funcionamiento se llevaron a cabo sin ninguna incidencia y el cliente las aprobó sin solicitar repetición de ninguna de ellas.

Se completa satisfactoriamente el pedido del cliente en el menor plazo de tiempo posible y dentro del presupuesto inicial.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería I.C.A.I.

Diseño y construcción de un Sistema de Dosificación Química para la Central de Ciclo
Combinado Los Mina (República Dominicana)

CHEMICAL DOSING SYSTEM DESIGN AND ASSEMBLY FOR LOS MINA CC POWER PLANT (DOMINICAN REPUBLIC)

Author: Álvarez Fernández, Miguel.

Supervisor: Raso Murillo, Pablo.

Collaborating entity: Fluideco Equipos Industriales S.L.

PROJECT SUMMARY

Introduction

In a Combined Cycle Power Plant, the water used in the cooling circuits has several chemical levels that are modified as longer use is given to it. The quality of this water must be controlled to ensure the service life of the plant and its components.

Corrosion, scaling and biological growth are the main problems arising from the deterioration of the water's chemical quality. These problems affect significantly to the plant and its equipment, reducing its performance and even reaching them out of operation. Since these devices are expensive and plant inactivity also carries high losses, an adequate chemical control of the properties of circulating water in combined cycle power plants is extremely important.

The objective of this system is to carry out dosing of chemicals in order to control the harmful properties of such water. For the design of a chemical dosing system, it must be taken into account many factors, among which include the parameters to control, system materials and chemicals dosed.

In this project a metering system is designed to control 4 different aspects of water, but interrelated:

Biological growth

Algae, slime, fungi, and especially the growth of microorganisms such as Legionella, which represents a great danger to public health. It is fought with biocides, among

which highlights chlorine, being of low cost and available in solid, liquid or gaseous forms.

Dilute sodium hypochlorite (12-15%) is selected, with a target value of free chlorine (Cl_2) of 0,5 ppm in the circulating water

This chemical causes a pH increase, so next step is pH and alkalinity control

pH and alkalinity control

A proper pH adjustment is not only the most common method to allow other treatments see unreduced their effectiveness but also reduces corrosion in the water distribution systems.

The pH and alkalinity are linked because an increase in pH indicates an increase in alkalinity and vice versa. Acid waters are generally corrosive, due to the high concentration of hydronium ions, but a very basic pH is equally harmful, increasing the scale potential.

By adding sulfuric acid it is seeked to counteract the rise of pH by sodium hypochlorite and keep an acceptable level (typically 8,6).

Sulfuric acid (98% concentration) is selected to maintain a pH of 8,3

Scale

Scales are mineral deposits in a pipeline. The process begins when the mineral concentration breaks the limit of solubility and water can not keep them dissolved, precipitating as sludge. As time passes, sludge crystallize forming a hard chemical structure and consequently decreases the heat transfer capability of the pipes. In addition, these incrustations can break off and cause damage to other equipment.

To combat scaling is necessary to identify the most limiting mineral, which in this case are calcium and magnesium.

Treatment with commercial chemical and a target concentration of antiscalant in ciruclating wáter of 15 ppm is selected

Corrosion

It is the reaction between a metal and its medium, causing degradation and loss of their properties. This degradation starts at the surface and propagates inside, causing the material to lose thickness and peel material that may accumulate in other parts of the installation..

Corrosion may be controlled by adding chemicals to water to form a protective film on the surface of a pipe and provide a barrier between it and the water. These chemicals, called inhibitors reduce corrosion or limit metal solubility.

Treatment with commercial chemical and a target concentration of corrosión inhibitor in circulating water of 15 ppm is selected

Design

Cada químico tendrá su sistema de dosificación individual, aunque todos irán montados sobre una única losa de hormigón de obra civil (por otros)

Each chemical will have its individual dosing system, although all will be assembled on a single civil works concrete slab (by others)

To design the equipment that form each subsystem, customer requirements, applicable local and international regulations and technical and quality criteria of the collaborating entity are used as criteria.

In collaboration with a chemical company, the amounts of each chemical to be metered are calculated, allowing to calculate the flow rate of the metering pumps and thereafter use this data to calculate one hand, the size of the lines, ensuring that the speed doesn't exceed 2 m/s, and on the other, the volume of the tanks depending on the autonomy requested by the client. This last figure also serves to calculate the flow of filling pumps, whose condition is having the need to fill its tank in less than 1 hour.

Two types of system designs are distinguished:

- Sulfuric acid and sodium hypochlorite, which each have a 12000L storage tank, a filling centrifugal pump for the tank and 3 dosing pumps (flow of 53.8 l / h for sulfuric acid and 26.7 l / h for hypochlorite). Each system will be installed in its own dosing panel dosing with the filling pump in a different panel
- Antiscalant and corrosion inhibitor, which each have a 1000L commercial tank, IBC type, without filling pump and only two metering pumps (flow rates of 2.05 l / h for antiscalant and 1.7 l / h for inhibitor). Both systems are installed in the same dosing panel. Each IBC has its own, 1000L volumen, spillage bun.

In addition, each system will have a pressure transmitter used to transmit a signal to the Distributed Control System (DCS) indicating the level of chemical in the tank, pulsation dampers to reduce the ram effect of dosing pumps, pressure indicators for pressure control, calibration column to verify the flow of the dosing pumps, filter preventing the arrival of impurities to pumps, and valves (diaphragm, check, safety and backpressure), all suited to the characteristics of each system (pressure, flow, chemical compatibility, etc.) to ensure its proper operation.

The material of the pipes, valves and components in contact with the chemical are:

- PVDF for sulfuric acid
- PVC-C for others

Control

The systems are designed to be controlled from DCS. Each dosing panel has a junction box itself and the four systems share a control panel. These two elements are in charge of controlling system operation, transmitting the instructions given by the staff of the plant and gathering information on the status of operation.

Using signals from DCS commands start and stop of each dosing pump (although it should always be a reserve) and command setpoint, which sends the result of an algorithm used to calculate the operating point of a pump, to such pump, can be selected.

From equipment to DCS are sent the signals of "pump available", "pump running", a warning when filling pumps are being started or stopped, and an analog signal indicating the level of chemical in the tank. The latter signal is used for control loops as follows:

- If the signal reaches its high level, it is notified that operators must stop filling pumps to avoid overflow.
- If the signal reaches its low level, operators are notified that more chemical is required (fill in 12000 L tanks and exchange in the commercial ones)
- If the signal reaches its low low level, the system itself automatically stops dosing pumps to prevent these to dry-run and spoil.

In addition, on the control panel there is one emergency mushroom whose purpose is to automatically cut all power to the system in case of emergency.

Testing, packaging and shipping

Once the system is assembled, operation is checked and after being satisfactory, the FAT (Factory Acceptance Tests) are performed in the presence of the client, which is satisfied with both the design and the results of the tests.

After completing the performance tests, the systems are prepared for shipment. Each panel is wrapped in black plastic and packed in a wooden crate. Because of its size, tanks are shipped separately. Additionally, there is a wooden crate in which all the necessary accessories and connections endpoints which were not installed, are included.

FCA delivery type is performed, ie, the collaborating entity prepares packaging and load everything on the transport sent by the client. Once loaded in transport, responsibility passes to the client.

By client's request, assistance for installation and commissioning of equipment will be given, by the on-field presence of a technician of the collaborating entity during both processes (single trip).

Conclusions

The design has been carried out in compliance with local and international applicable standards and conditions specified by the customer.

Performance tests were conducted without incident and the client approved without any retesting request.

Clients order was successfully completed in the shortest time possible and within the initial budget.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN
SISTEMA DE DOSIFICACIÓN QUÍMICA
PARA LA CENTRAL DE CICLO
COMBINADO LOS MINA
(REPÚBLICA DOMINICANA)**

Autor: Miguel Álvarez Fernández
Director: Pablo Raso Murillo

Madrid
Agosto 2016

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	MEMORIA	7
1.1	MEMORIA	8
1.1.1	Abreviaturas	8
1.1.2	Introducción	10
1.1.3	Motivación	14
1.1.4	Conociendo el problema	15
1.1.5	Condiciones iniciales	18
1.1.5.1	Condiciones ambientales.....	19
1.1.5.2	Torre de refrigeración	19
1.1.6	Tratamiento químico.....	21
1.1.7	Selección de los materiales	24
1.1.8	Diseño	27
1.1.8.1	Criterios.....	30
1.1.8.2	Depósitos.....	31
1.1.8.3	Tuberías.....	32
1.1.8.4	Bombas.....	35
1.1.8.5	Equipamiento asociado e Instrumentación.....	38
1.1.8.6	Valvulería.....	48
1.1.9	Descripción funcional	50
1.1.10	Pruebas de funcionamiento	54
1.1.11	Conclusiones	55
1.2	CÁLCULOS	56
1.2.1	Cálculos para bombas	56
1.2.2	Cálculos del volumen para depósitos y cubetos	56
1.2.3	Cálculos para líneas	57
1.2.4	Cálculos para instrumentos	58
	 Anejo I: Embalaje, envío y puesta en marcha	 60
	 Anejo II: Códigos y estándares aplicables.....	 61

2	PLANOS	63
2.1	LISTADO DE PLANOS.....	64
2.2	PLANOS.....	65
3	PLIEGO DE CONDICIONES	95
3.1	PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES Y ECONOMICAS	96
3.1.1	Precio	96
3.1.2	Comienzo y formas de pago	96
3.1.3	Garantías de calendario.....	96
3.1.4	Pruebas de finalización y garantías de rendimiento	98
3.1.5	Daños y perjuicios por retrasos y rendimientos garantizados	99
3.2	PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS Y PARTICULARES.....	101
3.2.1	Alcance extranjero	101
3.2.1.1	Precios.....	101
3.2.1.2	Términos de entrega	102
3.2.1.3	Plazo de entrega	102
3.2.1.4	Daños y perjuicios	103
3.2.1.5	Términos y Condiciones de pago	103
3.2.1.6	Garantía bancaria	104
3.2.1.7	Periodo de garantía	104
3.2.1.8	Lugar de fabricación.....	104
3.2.1.9	Lugar de inspección.....	104
3.2.1.10	Almacenamiento	104
3.2.1.11	Solución de controversias – interpretación y arbitraje	105
3.2.2	Alcance local.....	105
3.2.2.1	Precios.....	105
3.2.2.2	Términos de entrega	106
3.2.2.3	Plazo de entrega.....	107
3.2.2.4	Daños y perjuicios	107
3.2.2.5	Términos y Condiciones de pago	107

3.2.2.6	Garantía bancaria	107
3.2.2.7	Periodo de garantía	107
3.2.2.8	Lugar de fabricación	107
3.2.2.9	Lugar de inspección	108
3.2.2.10	Almacenamiento	108
3.2.2.11	Solución de controversias – interpretación y arbitraje	108
4	PRESUPUESTO	109
4.1	RECURSOS	110
4.2	PRECIOS UNITARIOS	112
4.3	SUMAS PARCIALES	115
4.4	PRESUPUESTO GENERAL	117
5	BIBLIOGRAFÍA	119

Lista de tablas

Tabla 1-1. Condiciones ambientales.....	19
Tabla 1-2. Condiciones de diseño del agua de servicio.....	20
Tabla 1-3. Suministro eléctrico.....	20
Tabla 1-4. Compatibilidad de materiales con el ácido sulfúrico.....	25
Tabla 1-5. Compatibilidad de materiales con el hipoclorito de sodio.....	25
Tabla 1-6. Compatibilidad de materiales con el desincrustante.....	25
Tabla 1-7. Compatibilidad de materiales con el inhibidor de corrosión.....	25
Tabla 1-8. Selección de materiales.....	26
Tabla 1-9. Condiciones de diseño.....	26
Tabla 1-10. Conexiones TP.....	26
Tabla 1-11. Volúmenes de los depósitos.....	31
Tabla 1-12. Caudal de operación de las bombas.....	35
Tabla 1-13. Características de las bombas dosificadoras.....	37
Tabla 1-14. Relación señal 4-20 / caudal.....	38
Tabla 1-15. Materiales en contacto con el fluido en las bombas.....	38
Tabla 1-16. Lista de señales del cuadro de control.....	41
Tabla 1-17. Lista de señales de las JB.....	42
Tabla 1-18. Alarmas para el nivel del depósito de ácido sulfúrico e hipoclorito de sodio..	50
Tabla 1-19. Definiciones del algoritmo para ácido sulfúrico.....	51
Tabla 1-20. Definiciones del algoritmo para hipoclorito de sodio.....	52
Tabla 1-21. Alarmas para el nivel del depósito de desincrustante e inhibidor.....	53
Tabla 1-22. Definiciones para el algoritmo de desincrustante.....	53
Tabla 1-23. Definiciones para el algoritmo de inhibidor.....	54
Tabla 1-24. Consumo químico.....	56
Tabla 1-25. Autonomía y volumen de los depósitos.....	56
Tabla 1-26. Rangos del transmisor de nivel.....	58
Tabla 1-27. Volumen de los amortiguadores de pulsaciones.....	59
Tabla 1-28. Volumen de las columnas de calibración.....	59

Tabla 4-1. Recuento de bombas.....	110
Tabla 4-2. Recuento de depósitos	110
Tabla 4-3. Recuento de instrumentación	110
Tabla 4-4. Recuento de válvulas	111
Tabla 4-5. Recuento de tuberías.....	111
Tabla 4-6. Recuento de armarios y control.....	111
Tabla 4-7. Precio de bombas.....	112
Tabla 4-8. Precio de depósitos.....	112
Tabla 4-9. Precios de instrumentación.....	112
Tabla 4-10. Precios de válvulas.....	113
Tabla 4-11. Precios de tuberías.....	114
Tabla 4-12. Precios de armarios y control.....	114
Tabla 4-13. Costes parciales por tipo de equipo.....	115
Tabla 4-14. Costes parciales por sistema.....	115
Tabla 4-15. Presupuesto General.....	117

Lista de figuras

Figura 1-1. Central de ciclo combinado.....	11
Figura 1-2. Esquema de funcionamiento de un ciclo combinado.....	11
Figura 1-3. Esquema de una torre de refrigeración.....	13
Figura 1-4. Corrosión.....	16
Figura 1-5. Bloqueo de una tubería por incrustaciones.....	17
Figura 1-6. Detalle de las conexiones TP.....	27
Figura 1-7. Diseño gráfico 3D del sistema de dosificación.....	29
Figura 1-8. Fotos de los depósitos.....	32
Figura 1-9. Conjunto motor-bomba de llenado.....	36
Figura 1-10. Bomba dosificadora.....	37
Figura 1-11. Armario de dosificación.....	39
Figura 1-12. Armario para bombas de llenado.....	40
Figura 1-13. Interior del cuadro eléctrico.....	42
Figura 1-14. Manómetro con separador de membrana.....	44
Figura 1-15. Amortiguador de pulsaciones.....	45
Figura 1-16. Columna de calibración.....	46
Figura 1-17. Sensor de ausencia de flujo.....	47
Figura 1-18. Filtro Y.....	47
Figura 1-19. Válvula de diafragma.....	48
Figura 1-20. Válvula antirretorno.....	49
Figura 1-21. PSV.....	49
Figura 4-1. Diagrama del peso económico por sistema.....	116
Figura 4-1. Diagrama del presupuesto general.....	117

1 MEMORIA

1.1 MEMORIA

1.1.1 Abreviaturas

AI / AO: Analog Input / Analog output

AC: Alternating Current

ANSI: American National Standards Institute

API: American Petroleum Institute

ASME: American Society of Mechanical Engineers

ASTM: American Society for Testing and Materials

ATEX: Atmosphères Explosives

BS: British Standard

C.C.: Ciclo Combinado

CE: Conformidad Europea

COSHH: Control of Substances Hazardous to Health

CTG: Combustion Turbine Generator

DC: Direct Current

DCS: Distributed Control System

DI / DO: Digital Input / Digital output

DIN: Deutsches Institut für Normung

DVS: Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren

EPDM: Etileno Propileno Dieno tipo M

EPRI: Electric Power Research Institute

EU: European Union

FAC: Flow Accelerated Corrosion

FAT: Factory Acceptance Test

FCA: Free Carrier

GRP: Glass Reinforced Plastic

H: Conexión hembra

HDPE: High Density Polyethylene

HLA: High Level Alarm

HRSG: Heat Recovery Steam Generator

IBC: Intermediate Bulk Container

IBLOG: Irrevocable Bank Letter Of Guarantee

IEC: International Electromechanical Commission

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers

IP: Ingress Protection

ISO: International Organization for Standardization

JB: Junction Box

LLA: Low Level Alarm

LLLA: Low Low Level Alarm

M: Conexión macho

MCC: Motor Control Center

MSS: Manufacturers Standardization Society

NACE: National Association of Corrosion Engineers

NFPA: National Fire Protection Association

NPSH: Net Positive Suction Head

P&ID: Piping and Instrumentation Diagram

PP: Polipropileno

PP-H: Polipropileno Homopolímero

PSV: Pressure Safety Valve

PTFE: Politetrafluoroetileno/Teflón

PVC: Policloruro de Vinilo

PVDF: Polyvinylidene Difluoride.

REACH: Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals

SI: Sistema Internacional

s.n.m.: sobre el nivel del mar

SS: Stainless Steel

TP: Terminal Point

UNE: Una Norma Española

UNESA: Unidad Eléctrica S.A. (Asociación Española de la Industria Eléctrica)

1.1.2 Introducción

El objetivo de este proyecto es el diseño y fabricación de un equipo de dosificación química para el sistema de la torre de refrigeración de lo que será la central de ciclo combinado. Este equipo se encargará de añadir químicos al circuito para mantener la calidad del agua circulante en el sistema de la torre de refrigeración, y de esa forma evitar la degradación de los elementos del sistema por factores de origen químico, además de controlar el crecimiento biológico.

La central térmica de Los Mina en Santo Domingo, República Dominicana genera electricidad mediante la combustión de gases. Este proyecto se encuadra dentro de la obra de reconversión a ciclo combinado por la cual está atravesando. La central añadirá a las dos turbinas de gas (CTG por sus siglas en inglés) ya existentes, dos calderas de recuperación de calor (HRSG), de esta manera la central aumentará su rendimiento al aprovechar el calor de los gases resultantes de la combustión, pasando de generar 216 MW a generar 330 MW.

Además, al aumentar el rendimiento de la central y reducir la temperatura de los gases emitidos, la empresa gestora de la central también busca comprometerse con los objetivos del protocolo de Kioto (que se encuentra actualmente en su segundo periodo 2013-2020) de tomar políticas que ayuden a reducir el cambio climático.

Funcionamiento de una central de ciclo combinado

Una central de ciclo combinado es una central eléctrica en la que la energía térmica del combustible es transformada en electricidad mediante dos ciclos termodinámicos: el correspondiente a una turbina de gas (ciclo Brayton) y el convencional de agua/turbina vapor (ciclo Rankine). El primero trabaja con gases de combustión y opera a alta temperatura. El segundo lo hace con agua/vapor y a menor temperatura. Ambos están conectados a través de un HRSG. La unión de los dos ciclos supone la obtención de mayor rendimiento global en comparación con el de una central térmica convencional con un solo ciclo.

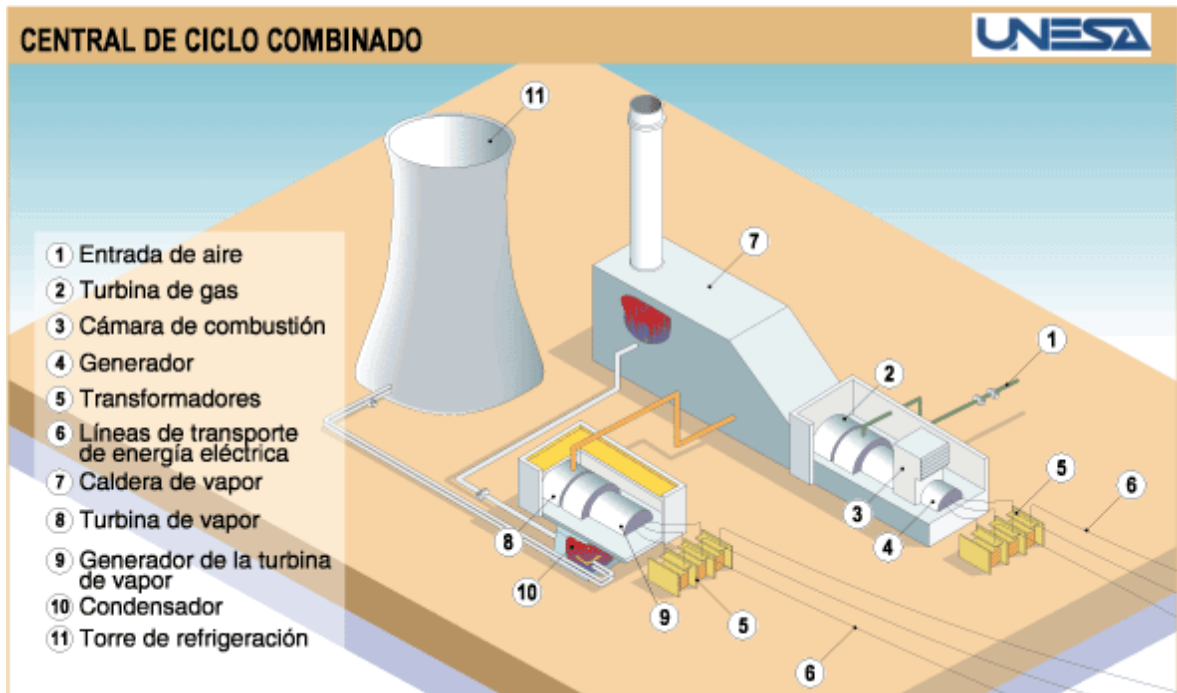


Figura 1-1. Central de ciclo combinado

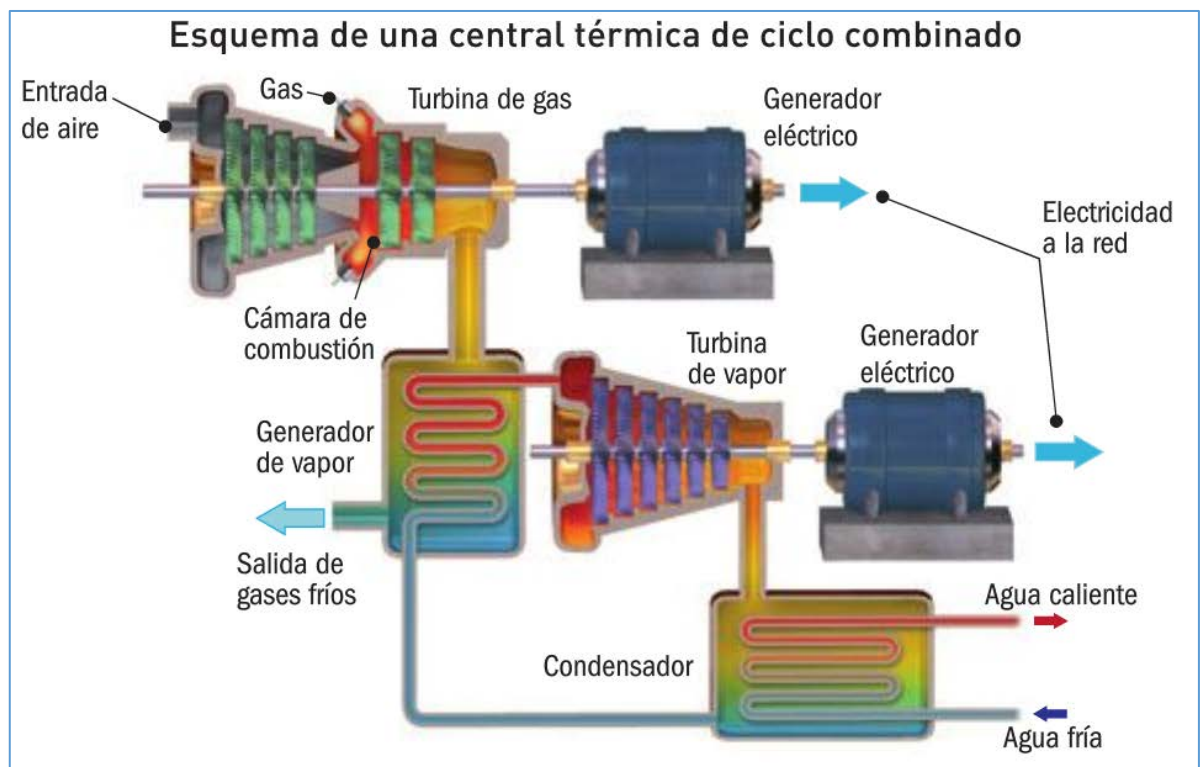


Figura 1-2. Esquema de funcionamiento de un ciclo combinado

Como se muestra en la **Figura 1-2** la turbina de gas consta de un compresor de aire, una cámara de combustión y la cámara de expansión. El compresor comprime el aire a alta presión para mezclarlo posteriormente en la cámara de combustión con el gas. En esta cámara se produce la combustión del combustible en unas condiciones de temperatura y presión que permiten mejorar el rendimiento del proceso, con el menor impacto ambiental posible.

A continuación, los gases de combustión se conducen hasta la turbina de gas para su expansión. La energía se transforma, a través de los álabes, en energía mecánica de rotación que se transmite a su eje. Parte de esta potencia es consumida en arrastrar el compresor y el resto mueve el generador eléctrico, que está acoplado a la turbina de gas para la producción de electricidad.

A la salida de la turbina de gas, los gases se encuentran todavía a una temperatura elevada por lo que se dirigen a una caldera de recuperación para su utilización en el ciclo de agua/vapor. En la caldera se produce una transferencia de calor de los gases de escape de la turbina a un fluido (agua desmineralizada), que circula por los tubos, transformándose en vapor.

A continuación, el vapor se expande en la turbina de vapor accionando el rotor de otro generador eléctrico que se encuentra acoplado en el mismo eje de la turbina. Este generador transforma la energía mecánica de rotación en electricidad de media tensión.

A la salida de la turbina, el vapor se dirige al condensador, donde se condensa mediante un foco frío (agua de río o del mar), que posteriormente se devuelve a su origen si se trata de un ciclo abierto, o pasa por torres de refrigeración para su enfriamiento si se trata de un ciclo cerrado.

Torre de refrigeración

Las torres de refrigeración son sistemas mecánicos destinados a enfriar masas de agua en procesos que requieren una disipación de calor.

El principio de enfriamiento de estos equipos se basa en la evaporación, el equipo produce una nube de gotas de agua bien por pulverización, bien por caída libre que se pone en contacto con una corriente de aire. La evaporación superficial de una pequeña parte del agua

inducida por el contacto con el aire, da lugar al enfriamiento del resto del agua que cae en la balsa a una temperatura inferior a la de pulverización.

El uso más habitual de estos equipos está asociado a los sistemas de refrigeración, tanto en aire acondicionado como en producción de frío (hostelería, alimentación, laboratorios, etc.), sin embargo, en el ámbito industrial estos equipos se usan para el enfriamiento de cualquier parte de un proceso que genere calor y deba ser disipado (por ejemplo, procesos de molienda que generan calor por fricción, enfriamiento de reacciones exotérmicas o disipación de calor residual en centrales de producción de energía eléctrica como es el caso).

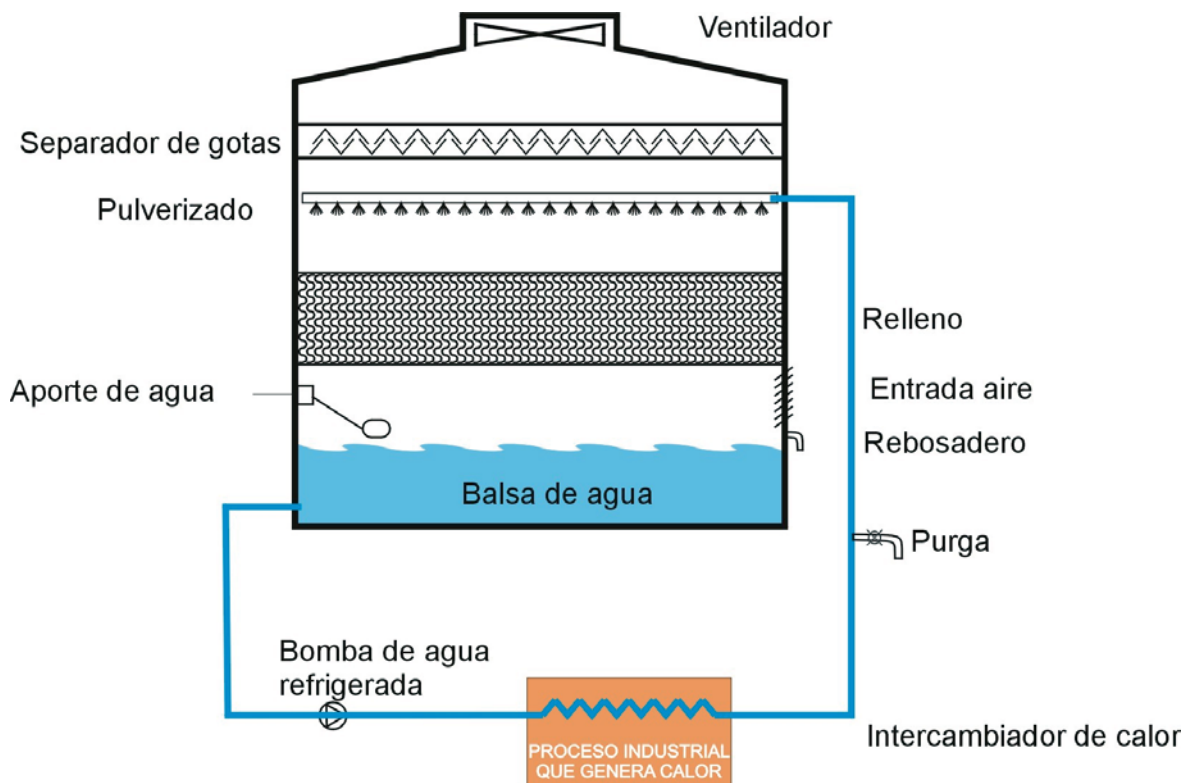


Figura 1-3. Esquema de una torre de refrigeración

En la **Figura 1-3** se aprecia un único circuito de agua que realiza constantemente un ciclo en el que se produce una pulverización para promover su evaporación parcial y por tanto disminuir su temperatura al caer a la balsa. El agua de la balsa refrigerada se envía al punto del proceso industrial que se desea refrigerar y se pone en contacto a través de un intercambiador de calor o sistema similar, normalmente no se produce mezcla del agua con

los elementos a refrigerar, sino que se realiza un contacto indirecto a través de tuberías, intercambiadores, camisas de refrigeración, baños, etc.

Después de un número determinado de ciclos, se debe remover el agua para evitar los problemas que se exploran en el **apartado 1.1.4**

1.1.3 Motivación

El objetivo principal de una central de ciclo combinado, al igual que en cualquier central, es sacar beneficio de la producción de energía eléctrica. Para ello se busca continuamente el mayor rendimiento de los procesos de generación

Con la implantación de nuevas tecnologías, los sistemas consiguen generar una mayor cantidad de energía eléctrica o mejoran la eficiencia de los procesos existentes. Pero para que esto sea efectivo también hay que asegurarse que los elementos que componen el sistema se mantengan dentro de sus parámetros de calidad y así asegurar que den el rendimiento que se espera de ellos. Un mal mantenimiento de los sistemas puede provocar una bajada drástica de la producción e incluso dejar el sistema fuera de funcionamiento, pudiendo llegar a parar la producción de la central.

La implantación de estos desarrollos hace que los sistemas se vayan haciendo más y más complejos, lo que complica el mantenimiento de los equipos implicados.

Los principales problemas que surgen en el sistema de la torre de refrigeración son:

- Fallos en las bombas de agua de reposición a la torre.
- Roturas y obstrucciones en el circuito de reposición y en el de purga de la torre, y en válvulas de dichos circuitos.
- Fallos en bombas de impulsión al condensador.
- Roturas y obstrucciones en el circuito de impulsión al condensador, y en válvulas de dicho circuito.
- Corrosiones e incrustaciones en el circuito.

Además, el caso de la corrosión, no solo es capaz de dejar un equipo inutilizado por sí misma, sino que al dejar partículas en suspensión que son transportadas por el flujo, puede provocar que otros equipos resulten dañados por éstas.

De todos los factores que pueden provocar la degradación de los equipos, según estudios realizados por el Instituto de Investigación de la Energía Eléctrica (EPRI por sus siglas en inglés), el 80% de ellos se pueden reducir mediante un control químico y es por eso que la implantación de un equipo de dosificación química en el circuito del agua resulta de tal importancia en una central. Mantener la calidad del agua mediante un tratamiento químico será el objetivo del sistema de dosificación.

1.1.4 Conociendo el problema (Corrosión, incrustaciones, crecimiento biológico)

Las torres de enfriamiento son estructuras que se utilizan para enfriar el agua que proviene de cualquier proceso, disipando el calor hacia la atmósfera mediante la evaporación o conducción. Cuando una torre de enfriamiento trabaja, sus tuberías son afectadas por las incrustaciones, la corrosión y el crecimiento microbológico que las deterioran y disminuyen la eficiencia de operación. Los tratamientos químicos aseguran trabajar dentro de los parámetros adecuados y evitar estos problemas.

“Todas las aguas son corrosivas en cierto grado. La tendencia corrosiva del agua dependerá de sus características químicas y físicas. También, es importante, la naturaleza del material con el cual el agua entra en contacto. Los inhibidores añadidos al agua pueden proteger un material particular, y ser perjudicial para otros. Las interacciones químicas y físicas entre los materiales de la tubería y el agua pueden causar corrosión. Los desarrollos biológicos en un sistema de distribución también originan corrosión al proveer un ambiente donde pueden ocurrir interacciones físicas y químicas. Los mecanismos reales de la corrosión en un sistema de distribución de agua son usualmente una combinación interrelacionada y compleja de los procesos biológicos, físicos y químicos. Ellos dependen en gran parte de los materiales en sí y de las propiedades químicas del agua” [LETT01]

La corrosión

Podemos definir la corrosión como la reacción química o electroquímica que se produce entre un metal y el medio, que provoca su degradación y la pérdida de sus propiedades. Esta corrosión se produce por el oxígeno disuelto en el agua, por el dióxido de carbono o por ácidos. El ataque químico comienza en la superficie y se propaga hacia el interior. Diferentes zonas de la superficie metálica actúan como ánodo y cátodo. Los iones metálicos, por difusión a través de la matriz metálica, se oxidan en la zona anódica y los electrones, difundidos de igual modo, reaccionan con el oxígeno disuelto en la zona catódica.

El resultado de la corrosión es la pérdida de espesor y de cualidades mecánicas, así como el desprendimiento de material que puede acumularse en ciertos puntos de la instalación.

Las torres y los intercambiadores tienen elementos metálicos los cuales reaccionan con el agua tendiendo a ser corrosivos, por eso el tratamiento además de ser anti incrustante debe tener un tratamiento anticorrosivo. Puede haber corrosión por tenerse un medio muy ácido, por lo que se recomienda manejar un pH por encima de 7 pero con un límite máximo de 11 para evitar que disminuya la solubilidad del agua y que se precipiten los minerales (habitualmente 8,6). Parte de la vida útil de un sistema enfriamiento consiste en mantener un pH adecuado para evitar el desgaste. Otros factores que contribuyen a la corrosión son el

exceso de oxígeno disuelto, el aumento de temperatura por encima de 50°C, los sólidos disueltos y la alta velocidad del flujo que genera un efecto abrasivo.



Figura 1-4. Corrosión

Las incrustaciones

Las incrustaciones son depósitos de minerales en una tubería. El proceso se inicia cuando la concentración de minerales rompe el límite de solubilidad y el agua no los puede mantener disueltos, precipitando como lodos. A medida que pasa el tiempo, los lodos se cristalizan formando una estructura química muy dura y por consecuencia disminuye la capacidad de transferencia de calor de las tuberías. Los efectos directamente ocasionados son:

- La reducción del coeficiente de transmisión de calor
- La reducción de la sección libre de paso de fluido
- La rotura de tubos por sobrecalentamiento, al ser el intercambio de calor menor
- El aumento del consumo eléctrico por obligar a los equipos a trabajar forzosamente

Las incrustaciones o depósitos también pueden afectar a partes en movimiento, principalmente válvulas y álabes de turbina de vapor, provocando falta de estanqueidad en válvulas, degradación acelerada de álabes y desequilibrios en el rotor de la turbina de vapor.

Los principales minerales que provocan las incrustaciones son el calcio y el magnesio. La concentración de estos en el agua depende del tipo de suelo de donde provenga el agua. Hay que tener claro que la solubilidad de los minerales disminuye al aumentar la temperatura y el pH, estos factores provocan su precipitación.

Para compensar este evento se diseña un tratamiento anti-incrustante, identificando el mineral limitante o el que genera más riesgo según las condiciones a las que va a someterse el agua, de este modo se mantienen disueltas las partículas y se evita que precipiten.

Se permite tener cierta cantidad de minerales dentro del agua que el químico pueda manejar, sin embargo, la reconcentración de minerales es inevitable por lo que es necesario evacuar constantemente pequeñas cantidades de agua del sistema para mantener estable la concentración de sales por medio de purgas. El caudal de agua de purga es un dato a tener en cuenta para los cálculos. La reposición adecuada y el tratamiento químico específico para la calidad de agua de suministro permitirán mantener el equipo protegido de incrustaciones.



Figura 1-5. Bloqueo de una tubería por incrustaciones

Crecimiento biológico

Finalmente, en las torres se dan las condiciones ideales para que en el agua se genere el crecimiento microbiológico, ya que se mantienen temperaturas adecuadas, con pH balanceados, la balsa de la torre es un lugar con agua casi estancada y al sol por lo cual se pueden desarrollar algas, hongos bacterias y moho.

- **ALGAS:** Son microorganismos clorofílicos capaces de multiplicarse rápidamente y producir grandes masas de materia vegetal. Las especies de algas que son de principal importancia se encuentran localizadas en lugares donde tienen acceso a la luz solar y al aire. En presencia de la luz solar se lleva a cabo el proceso de fotosíntesis, con la consecuente liberación de oxígeno.
- **LIMO:** El limo indica una presencia excesiva de bacterias.
- **HONGOS:** Microorganismos no clorofílicos.

Un control microbiológico pobre trae problemas de corrosión, incrustación y daños a la salud de las personas cercanas al sistema. Entre ellos, los brotes de legionela son de los más preocupantes por provocar problemas de salud pública a gran escala.

La formación de algas genera una capa que consume oxígeno, cuando crece se vuelve gruesa y las capas inferiores no reciben oxígeno. Éstas se adaptan pasando a ser crecimientos anaeróbicos que consumen el carbono presente en las superficies de acero y produciendo desechos ácidos; cuando se remueve esta suciedad se puede apreciar un desgaste o corrosión. Las algas también pueden formar obstrucciones en el sistema de circulación restringiendo el flujo de agua y afectando a las temperaturas y el rendimiento.

La presencia de excesivos limos y bacterias puede producir olores desagradables. El limo puede causar obstrucción de mallas filtrantes. Los hongos pueden causar deterioro de los materiales con los que se construyen algunas torres de enfriamiento.

Otros problemas que son causados por la presencia de este tipo de organismos en el agua de la torre de refrigeración son entre otros: el incremento de las sales debido a la evaporación, la acidificación del agua (desarrollo de ácido carbónico) y materia orgánica flotante en el aire.

Buscando la solución

Una vez que se ha determinado la presencia de aguas agresivas o incrustantes, el siguiente objetivo es el diseño de un sistema para contrarrestar sus efectos y mantener un control de su calidad.

La forma más común de lograr el control es aplicar un tratamiento químico para modificar la calidad del agua. Pero para asegurarnos de la efectividad del tratamiento no vale sólo con la adición del químico, también hace falta tener en cuenta lo siguiente:

- Es necesario seleccionar apropiadamente el químico de manera que sean compatibles con los materiales del sistema,
- Durante el diseño del sistema mismo se ha de estar enfocado en conseguir mantener los valores del agua, conseguir una larga vida útil y un bajo coste. Se suele buscar también que el sistema sea accesible para poder realizar tareas como por ejemplo el mantenimiento de los equipos que lo constituyen,
- Ya que el tratamiento busca mantener la calidad del agua dentro de unos parámetros, es preciso tener un programa de monitoreo que nos permita reaccionar a los cambios que surjan lo más rápidamente posible (Sistema de muestreo proporcionado por el cliente)

1.1.5 Condiciones iniciales

Para poder iniciar el diseño del sistema de dosificación lo primero que se ha de tener en cuenta son los datos de partida de la central:

- Las condiciones ambientales de su localización
- Las características del sistema de la torre de refrigeración
- Servicios disponibles

Para el caso particular de la planta de Los Mina serían los indicados en la **Tabla 1-1** y en el **apartado 1.1.5.2.**

1.1.5.1 Condiciones ambientales

CARACTERÍSTICA	VALOR
Localización	Santo Domingo, República Dominicana
Temperatura	
Temperatura media anual	25,6 °C
Temperatura mínima	13 °C
Temperatura máxima	39,5 °C
Elevación (s.n.m.)	40 m
Precipitaciones	
Media anual	1600 mm
Mayor actividad	De Mayo a Octubre
Humedad relativa	83%
Carga sísmica	
Categoría de riesgo	III
Clase	D & E
Nieve	No se considera
Viento	
Velocidad media	14 km/h
Velocidad máxima	240 km/h
Dirección	Oeste
Categoría de estructura	IV
Categoría de exposición	C
Factor de importancia	1.15

Tabla 1-1. Condiciones ambientales

1.1.5.2 Torre de refrigeración

Estas son las características de la torre de refrigeración:

- El circuito de agua circulante de refrigeración está compuesto por una (1) torre de refrigeración, está fabricado en GRP (plástico reforzado con fibras de vidrio) con relleno de PVC, y utiliza agua bruta concentrada como medio de refrigeración.
- La torre de refrigeración operará con 3 ciclos de concentración, con un máximo de 4 esporádicamente.
- El caudal de purga de la torre de refrigeración para 3 ciclos de concentración es de unos 157 m³/h. El caudal de purga deberá estar controlado por la medida de conductividad realizada en la balsa de la torre de refrigeración.
- El caudal de agua de aporte es de unos 471 m³/h, para unas condiciones ambientales promedio. El valor máximo es de unos 550 m³/h.
- El volumen del sistema de agua circulante es de unos 2800 m³.

- El punto más caliente del circuito es la salida del condensador. En condiciones de operación normales, la temperatura del agua en este punto es de 43,82 °C (con un valor máximo de 48,41 °C).
- Lo principales materiales del circuito de refrigeración son: Hormigón (la balsa de la torre de refrigeración), GRP (estructura de la torre de refrigeración y tuberías) y titanio (los tubos del condensador), con presencia de acero al carbono (bombas de recirculación)
- El caudal de agua circulante es de 16.500 m³/h.

Servicios disponibles

La central de ciclo combinado posee una serie de servicios de los cuales dispondremos para el funcionamiento de los sistemas de dosificación, los enumeramos a continuación

- **Agua de servicio:** se utilizará de manera discontinuada para el lavado de los sistemas de dosificación. Será conectada a las tuberías de nuestro diseño por medio de una manguera.

CONCEPTO	VALOR
Presión de operación	6 barg
Temperatura de operación	50°C

Tabla 1-2. Condiciones de diseño del agua de servicio

- **Alimentación eléctrica:** utilizada para la alimentación del cuadro, las cajas de conexiones (JB de ahora en adelante por sus siglas en inglés), las bombas dosificadoras y las bombas de llenado.

CONCEPTO	VALOR
DC	125 V
AC	
Frecuencia	60 Hz
Voltaje 1	480 V
Voltaje 2	120 V

Tabla 1-3. Suministro eléctrico

- **Centro de Control de Motores** (MCC de ahora en adelante por sus siglas en inglés): Será el sistema encargado de la alimentación del cuadro eléctrico y de las bombas de llenado (corre a cargo del cliente).

- **Sistema de Control Distribuido** (DCS de ahora en adelante por sus siglas en inglés): Es el sistema encargado de enviar instrucciones a nuestros equipos a la vez que monitoriza los sistemas, recopilando la información de operación (por otros).
- **Sistema de muestreo**: Es un sistema de analizadores que recoge muestras de diferentes puntos del sistema de la torre de refrigeración para medir una serie de parámetros del agua como el pH o la conductividad específica entre otros. Algunas de las medidas que realiza este sistema serán utilizadas para el control automático de la dosificación (por otros)

1.1.6 Tratamiento químico

La función principal de los tratamientos químicos es mantener las propiedades del agua y de los materiales que componen el circuito, además de evitar el crecimiento microbiológico. Esto permite que los elementos funcionen de manera fiable y eficiente a lo largo de su ciclo de vida. Mediante tratamientos químicos se puede controlar y limitar los factores que provocan la degradación de los equipos de la central.

Control biológico

Los factores de control más importantes son:

- Tipos y cantidades de organismos microbiológicos: su concentración será una indicación de la efectividad del programa de tratamiento microbiológico.
- Signos de problemas microbiológicos tales como madera podrida, depósitos de limo y corrosión.
- Características de operación del sistema: temperatura, velocidad del flujo de agua y composición del agua.
- Fuentes de contaminación, tales como: organismos y nutrientes introducidos al sistema. Aquellos factores pueden influenciar el crecimiento de organismos que causan problemas y afectan el tratamiento de control microbiológico.

Los tratamientos microbiológicos son seleccionados por análisis de muestras representativas de agua y limo, para determinar los tipos de organismos presentes. Se escogen los biocidas específicos más tóxicos a los organismos predominantes y los tratamientos pueden ser variados si cambia algún factor importante.

Los productos químicos denominados biocidas oxidantes literalmente "quemán" cualquier microbio que entre en contacto directo con ellos. Los biocidas oxidantes más comunes son: cloro, dióxido de cloro, bromo, ozono y compuestos órgano clorados de liberación lenta.

El cloro es un biocida de bajo costo, ampliamente usado y está disponible en forma líquida, gaseosa o sólida.

Para el control del crecimiento biológico en la torre de refrigeración se utilizará **hipoclorito de sodio diluido (12-15%)**.

<i>Valor de Cloro libre (Cl_2) objetivo en el agua en circulación: 0,5 ppm</i>

Al usar hipoclorito de sodio nos encontramos con que este aumenta el pH por lo que se deberá buscar compensar este efecto.

Ajuste de pH y la alcalinidad

Como se ha nombrado anteriormente, un ajuste del pH correcto no solo es el método más común para permitir que los demás tratamientos no vean reducida su efectividad, sino que además también reduce de la corrosión en los sistemas de distribución de agua.

El pH del agua es el principal factor que determina la solubilidad de la mayoría de los materiales de la tubería y las películas que se forman de los productos secundarios de la corrosión (entre estos materiales destacan los ya nombrados magnesio y calcio)

Para algunos de los minerales se ha demostrado mediante estudios que para poder facilitar su eliminación el pH del agua bruta debía incrementarse desde pH 8 hasta un pH superior a 9.

Los iones hidronio (H^+) actúan como receptores de electrones y entran rápidamente en las reacciones de corrosión electroquímicas. Las aguas ácidas son generalmente corrosivas, debido a la alta concentración de iones hidronio, pero un pH muy básico es igualmente perjudicial.

El pH y la alcalinidad están relacionados ya que un incremento en el pH indica un incremento en la alcalinidad y viceversa. Así como el pH, una alcalinidad por debajo del rango recomendado incrementa la probabilidad de corrosión; rangos por encima de lo recomendado incrementa la probabilidad de formación de incrustaciones. En el agua de enfriamiento dos formas de alcalinidad juegan un rol clave, ellas son la alcalinidad de carbonatos (CO_3^{2-}) y la alcalinidad de bicarbonatos (HCO_3^-).

Para la reducción de pH y alcalinidad de la torre de refrigeración se utilizará **ácido sulfúrico de alta concentración (98%)**

<i>Valor de pH objetivo: 8,3</i>

Control de la incrustación

Las formas básicas de controlar las incrustaciones, son:

- Limitar la concentración de minerales formadores de incrustaciones, por control de los ciclos de concentración o por remoción de los minerales antes que estos entren al sistema. Los ciclos de concentración es la relación entre el contenido de un ion en el agua de purga y su contenido en el agua de reposición.
- Interferir a los iones potencialmente incrustadores. Se adiciona un ácido para mantener disueltos los minerales formadores de incrustaciones, tales como el carbonato de calcio y prevenir el crecimiento de cristales. La adición de ácido sulfúrico transforma los bicarbonatos en sulfatos, previniendo la precipitación como carbonato de calcio.
- Hacer cambios mecánicos en el sistema para reducir la probabilidad de formación de incrustaciones. El incremento del flujo de agua en intercambiadores con grandes áreas superficiales es un ejemplo de esto.
- Tratamiento con productos químicos diseñados para prevenir las incrustaciones.

Los tratamientos con inhibidores químicos de incrustaciones más usados, son:

- Los acondicionadores de incrustaciones: modifican la estructura del cristal de las incrustaciones, creando un lodo pesado y transportable en vez de un cristal duro, que puede continuar creciendo. Entre los acondicionadores de incrustaciones tenemos: Ligninas, taninos, compuestos poliméricos.
- Los inhibidores químicos de tratamiento umbral: previenen la formación de incrustaciones, manteniendo en solución los minerales formadores de incrustaciones y no permitiendo que se formen depósitos. Entre los inhibidores de tratamiento umbral tenemos: fosfatos orgánicos, polifosfatos, compuestos poliméricos.

Al igual que en la corrosión, el control del programa químico y del sistema de agua de enfriamiento permite asegurar que la formación de incrustaciones no llegue a ser un problema.

Para el tratamiento de la planta se dosificará un **químico desincrustante comercial**.

<i>Concentración de desincrustante objetivo en el agua en circulación: 15 ppm</i>

Control de la corrosión

La corrosión puede ser controlada agregándole químicos al agua que formen una película protectora sobre la superficie de una tubería y proporcionen una barrera entre ésta y el agua. Estos químicos, llamados inhibidores, reducen la corrosión o limitan la solubilidad del metal, pero no la previenen totalmente.

El éxito de cualquier inhibidor de corrosión depende de la habilidad del operador del agua en: Aplicar el doble y el triple de la dosis de diseño del inhibidor durante las aplicaciones iniciales para construir una capa base protectora que prevenga picaduras (nótese que las capas iniciales típicamente toman varias semanas para formarse.); mantener dosis del

inhibidor continuas y suficientemente altas para prevenir la redisolución de la capa protectora;

Las interrupciones en la adición del inhibidor pueden causar pérdida de las películas protectoras por la disolución y bajar las concentraciones podría prevenir la formación de las capas protectoras en toda la superficie. Además, manteniendo un pH apropiado y las características de la calidad del agua, el control de la corrosión dependerá de la alimentación del inhibidor.

“En la práctica, la mayoría de los inhibidores son basados en composiciones binarias constituidas por un elemento activo, generalmente zinc, para las zonas catódicas y polifosfato, cromato o un producto orgánico sintético, para las zonas anódicas. La acción de los inhibidores se estabiliza, refuerza o amplifica por combinación con otros productos, tales como, sales amortiguadoras, catalizadores, dispersantes, entre otros” (MADD01)

Para el tratamiento de la planta se dosificará pues, un químico **inhibidor de corrosión comercial**

<i>Concentración de inhibidor de la corrosión objetivo en el agua en circulación: 15 ppm</i>
--

1.1.7 Selección de los materiales

Los materiales convencionales para tuberías de distribución de agua tienen ventajas y desventajas en cuanto al grado de confiabilidad. Cada material posee un grado de vulnerabilidad durante su transporte, instalación y funcionamiento en el tiempo.

Algunos materiales para tuberías son más resistentes a la corrosión que otros en un ambiente específico. Mientras menos reactivo sea el material con su ambiente tendrá más resistencia a la corrosión. Colocar materiales inadecuados en un servicio de tuberías puede causar serios problemas en la calidad del agua y eso también perjudicaría la inversión realizada.

Para proteger las inversiones realizadas, no solo se tiene en cuenta las características del material. Además, para evaluar su viabilidad se debe tener en cuenta el coste considerando el control de la corrosión del sistema de distribución a través de operaciones de limpieza, revestimiento o reemplazo.

Para los químicos seleccionados para el tratamiento se presenta a continuación una lista de compatibilidades con los materiales de construcción más habituales para estos sistemas de dosificación.

Ácido sulfúrico (98%)

Material	Compatibilidad
PVC-C	C – Efectos moderados
PVC-U	D – Efectos severos
PVDF	A - Excelente
SS316	D – Efectos severos
PTFE (Juntas)	A – Excelente
FKM (Juntas)	A – Excelente
EPDM (Juntas)	B - Buena

Tabla 1-4. Compatibilidad de materiales con el ácido sulfúrico.Hipoclorito de Sodio (12-15%)

Material	Compatibilidad
PVC-C	A - Excelente
PVC-U	A - Excelente
PVDF	A - Excelente
SS316	C – Efectos moderados
PTFE (Juntas)	A – Excelente
FKM (Juntas)	A – Excelente
EPDM (Juntas)	B - Buena

Tabla 1-5. Compatibilidad de materiales con el hipoclorito de sodio.Desincrustante

Material	Compatibilidad
PVC-C	A - Excelente
PVC-U	B - Buena
PVDF	B - Buena
SS316	C – Efectos moderados
PTFE (Juntas)	A – Excelente
FKM (Juntas)	B - Buena
EPDM (Juntas)	D – Efectos severos

Tabla 1-6. Compatibilidad de materiales con el desincrustante.Inhibidor de la Corrosión

Material	Compatibilidad
PVC-C	A - Excelente
PVC-U	B - Buena
PVDF	B - Buena
SS316	A - Excelente
PTFE (Juntas)	A – Excelente
FKM (Juntas)	D – Efectos severos
EPDM (Juntas)	A - Excelente

Tabla 1-7. Compatibilidad de materiales con el inhibidor de corrosión.

Utilizando esta lista de compatibilidades y la experiencia aportada por la entidad colaboradora, se decide lo siguiente:

Químico	Material
Ácido Sulfúrico	PVDF
Hipoclorito de Sodio	PVC-C
Desincrustante	PVC-C
Inhibidor de corrosión	PVC-C

Tabla 1-8. Selección de materiales

Condiciones de operación y destinos de dosificación

Las condiciones de diseño de cada subsistema se muestran a continuación. Esta información es obtenida de las características de los puntos terminales (o TP por sus siglas en inglés) a los cuales realizaremos las conexiones de nuestro sistema.

Químico	Temperatura	Presión
Ácido sulfúrico	50 °C	4 barg
Hipoclorito de sodio	50 °C	6 barg
Desincrustante	50 °C	6 barg
Inhibidor de corrosión	50 °C	6 barg

Tabla 1-9. Condiciones de diseño

Se entiende como puntos terminales o límites de batería los puntos finales de conexión del sistema, es decir, donde acaba el alcance de suministro de este proyecto. Lo que se conecte a continuación no forma parte del sistema de dosificación y depende del cliente.

TP	Químico	Destino	Tamaño
TP 20	Inhibidor de corrosión	Sistema de la torre de refrigeración	d20
TP 21	Desincrustante	Sistema de la torre de refrigeración	d20
TP 22	Hipoclorito de sodio	Balsa de la torre de refrigeración	d20
TP 23	Hipoclorito de sodio	Foso de coagulación	d20
TP 24	Ácido sulfúrico	Balsa de la torre de refrigeración	d20
TP 25	Ácido sulfúrico	Planta de tratamiento de aguas residuales	d20

Tabla 1-10. Conexiones TP

Para la posterior conexión de nuestros equipos a los sistemas de la central, dichos TP se quedarán terminados en una brida del material correspondiente a cada químico.

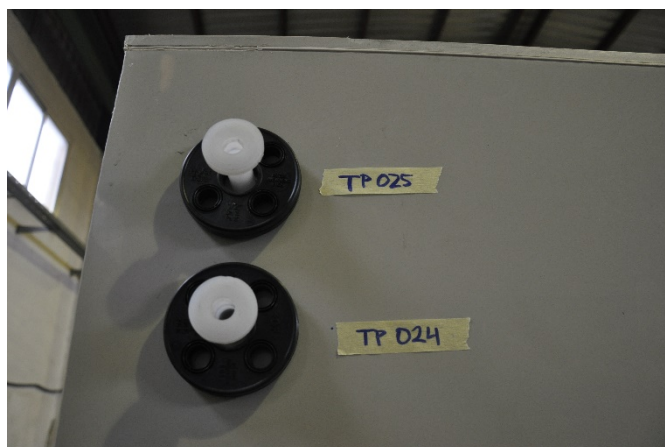


Figura 1-6. Detalle de las conexiones TP

1.1.8 Diseño

Los cuatros subsistemas comparten la gran mayoría de las características de su diseño, pero debido a la cantidad de químico consumido, se diferencian dos diseños diferentes según el tipo de adquisición de químico al subsistema:

- Los subsistemas de ácido sulfúrico e hipoclorito de sodio rellenarán su depósito de químico por medio de bombas de llenado conectadas a camiones cisterna localizados en la central.
- Los subsistemas de desincrustante e inhibidor de la corrosión obtendrán el químico de contenedores comerciales tipo IBC, suministrados por el fabricante del químico, que se situarán junto a su armario de dosificación respectivo y serán conectados por medio de una manguera.

Subsistema de dosificación de ácido sulfúrico

Este subsistema debe dosificar el químico a dos destinos distintos:

- Balsa de la torre de refrigeración
- Planta de tratamiento de aguas residuales

El sistema contará con los siguientes elementos para llevar a cabo su cometido:

- Bomba de llenado.
- Depósito de almacenamiento fabricado en GRP + PVC-EN
- Armario de dosificación que incluye:
 - Una (1) bomba dosificadora para dosificar a la balsa de la torre de refrigeración

- Una (1) bomba dosificadora para dosificar a la planta de tratamiento de aguas residuales
- Una (1) bomba dosificadora en reserva, con la capacidad de dosificar a ambos destinos.
- Instrumentación asociada
- Tuberías y accesorios.

Material de las tuberías, válvulas y elementos en contacto con el químico: PVDF

Subsistema de dosificación de hipoclorito de sodio

Este subsistema debe dosificar el químico a dos destinos distintos:

- Balsa de la torre de refrigeración
- Foso de coagulación

El sistema contará con los siguientes elementos para llevar a cabo su cometido:

- Bomba de llenado.
- Depósito de almacenamiento fabricado en GRP
- Un armario de dosificación que incluye:
 - Una (1) bomba dosificadora para dosificar a la balsa de la torre de refrigeración
 - Una (1) bomba dosificadora para dosificar al foso de coagulación.
 - Una (1) bomba dosificadora en reserva, con la capacidad de dosificar a ambos destinos.
 - Instrumentación asociada
 - Tuberías y accesorios.

Material de las tuberías, válvulas y elementos en contacto con el químico: PVC-C

Subsistema de dosificación de desincrustante

Este subsistema debe dosificar el químico a un único destino:

- Sistema de la torre de refrigeración

El sistema contará con los siguientes elementos para llevar a cabo su cometido:

- Depósito comercial tipo IBC (suministrado por el cliente) con cubeto de contención.
- Armario de dosificación que incluye:
 - Dos (2) bombas dosificadoras (una en operación y otra en reserva) para dosificar al sistema de la torre de refrigeración
 - Instrumentación asociada
 - Tuberías y accesorios.

Material de las tuberías, válvulas y elementos en contacto con el químico: PVC-C

Subsistema de dosificación de inhibidor de corrosión

Este subsistema debe dosificar el químico a un único destino:

- Sistema de la torre de refrigeración

El sistema contará con los siguientes elementos para llevar a cabo su cometido:

- Depósito comercial tipo IBC (suministrado por el cliente) con cubeto de contención.
- Armario de dosificación que incluye:
 - Dos (2) bombas dosificadoras (una en operación y otra en reserva) para dosificar al sistema de la torre de refrigeración
 - Instrumentación asociada
 - Tuberías y accesorios.

Material de las tuberías, válvulas y elementos en contacto con el químico: PVC-C

Los sistemas de dosificación de los cuatro químicos estarán montados en un único emplazamiento, sobre una losa de hormigón de obra civil (por otros).

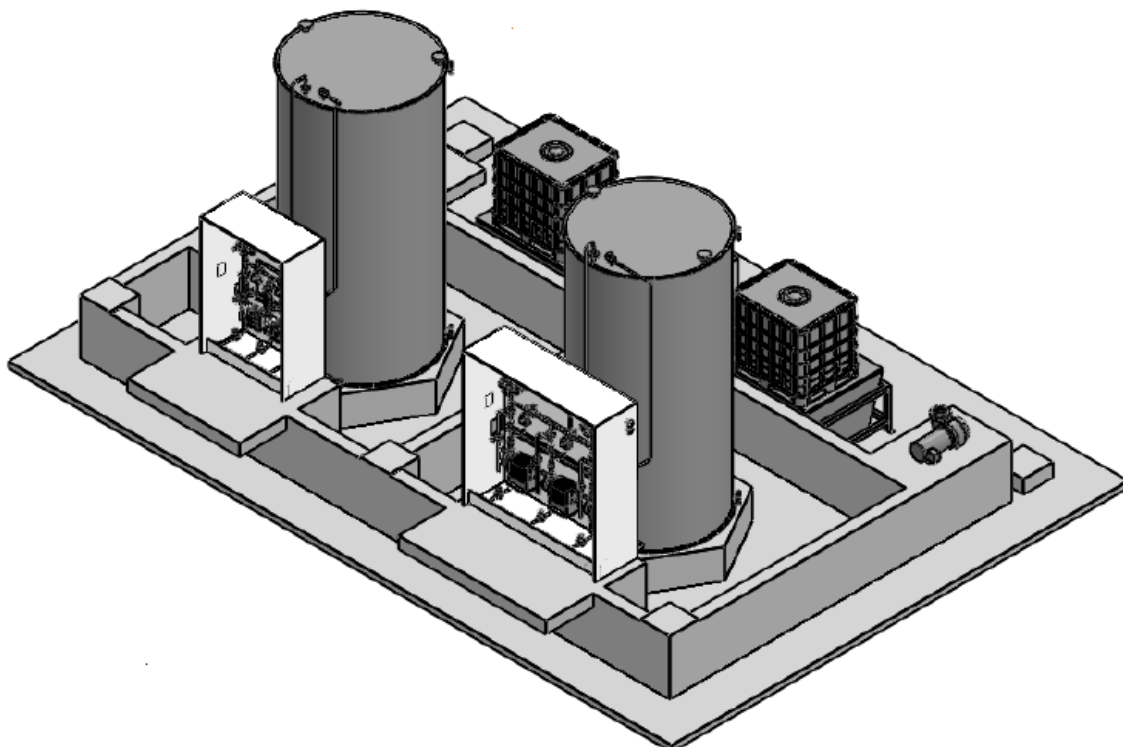


Figura 1-7. Diseño gráfico 3D del sistema de dosificación.

Éste incluirá unos cubetos de retención para los depósitos de ácido sulfúrico e hipoclorito de sodio como medida de seguridad ante fugas. Según la normativa de almacenamiento de productos químicos para depósitos de más de 1 m³, los cubetos deben ser capaces de almacenar como mínimo el 110% del volumen del depósito y dejar una distancia mayor de un metro entre el depósito y la pared.

Junto a los equipos irá montado también el panel de control, un elemento de vital importancia para el funcionamiento de los subsistemas, que actúa como intermediario de la información y órdenes transmitidas entre el DCS y el equipo, además de alimentar la mayoría de los elementos instalados.

1.1.8.1 Criterios

Tras haberse decidido el tratamiento químico a aplicar y los materiales y equipos para la construcción de cada uno de los sistemas de dosificación, el siguiente paso es describir los criterios que se siguen en el diseño y compra de los equipos.

Para comenzar se han de tener en cuenta todas las normas y estándares que afecten a los elementos involucrados, impuestas tanto por organismos competentes, locales o internacionales, como por el propio cliente.

Una vez se han tenido en cuenta las restricciones impuestas por dichas normas, el siguiente criterio aplicado para la elección de equipamiento y proveedores es el coste y plazo de entrega. Se busca el menor precio y plazo, asegurándose que la calidad se encuentre dentro de lo requerido.

Un problema a tener en cuenta es que, para los elementos más grandes como las bombas, el cuadro de control o los depósitos con un plazo de entrega significativo, no se puede contabilizar únicamente el coste del producto, sino también hay que tener en cuenta dicho plazo, ya que un retraso en estos elementos puede suponer un retraso en el ensamblaje por parte de la entidad colaboradora y, por consiguiente, suponer un retraso en la fecha de entrega al contratista, con su correspondiente penalización económica.

Para evitar posibles retrasos, al suministrador se le solicita un control del proceso de producción del equipo, actualizando la información sobre su estado periódicamente (la frecuencia dependerá de la amplitud del tiempo de fabricación)

Por último, aunque aplicado en todo momento, se tiene en cuenta la experiencia previa de la entidad colaboradora con equipos de ésta índole, así como con la calidad del servicio ofrecido por los proveedores. Aun así, para la compra de cada elemento se consideran varios suministradores, de esa forma, aun basándose en la experiencia, se posee un conocimiento actualizado de las opciones en el mercado.

Por norma, siempre se consideran varias opciones en cuanto a suministradores para cada elemento. Las descripciones de los elementos que se enumeran a continuación se refieren a las características disponibles una vez seleccionado el suministrador.

1.1.8.2 Depósitos

Del **apartado 1.2.2** dentro de los cálculos del proceso, obtenemos el volumen deseado para los depósitos (**Tabla 1-25**)

Químico	Volumen
Ácido sulfúrico	12.000 litros
Hipoclorito de sodio	12.000 litros
Desincrustante	1.000 litros (IBC)
Inhibidor de la corrosión	1.000 litros (IBC)

Tabla 1-11. Volúmenes de los depósitos

Ya que los subsistemas de desincrustante e inhibidor de la corrosión harán uso de depósitos comerciales, en las próximas líneas se describe únicamente los depósitos para ácido sulfúrico e hipoclorito de sodio.

Para el diseño de ambos depósitos principalmente hay que tener en cuenta la compatibilidad de materiales. Junto con la empresa suministradora de los depósitos, se decide fabricarlos en GRP, y para el caso del ácido sulfúrico, añadirle una capa interior de PVC-EN para darle resistencia química, ya que el GRP no es compatible con el químico.

Para las dimensiones hemos de tener en cuenta el reducido tamaño del soporte reservado por el cliente donde irá instalado (losa de obra civil), que limita el diámetro a menos de 2.200 mm, pero puesto que no hay restricciones de altura, no supone un problema para los volúmenes manejados. El único inconveniente es el proceso de llenado del químico, para el cual necesitaremos una bomba de llenado de mayor capacidad para sobreponer la diferencia de altura.

Las dimensiones finales de los depósitos son de **2000x4000 mm (diámetro x altura)**

Debido a la altura de los depósitos hay que añadir una escalera para poder alcanzar la parte superior del depósito, además de orejetas y placas de anclaje para su manejo e instalación.

Cada uno de los depósitos incluye las siguientes características:

- Depósito cilíndrico vertical
- Boca de hombre
- Entrada de químico
- Salida de químico hacia las bombas.
- Retorno de las válvulas de seguridad (PSV)
- Retorno de la columna de calibración
- Venteo
- Drenaje
- Rebose (línea en común con el drenaje)

- Indicador de nivel tipo boya
- Conexión para transmisor de presión (utilizado como transmisor de nivel)
- Escalera
- Orejetas y placas de anclaje



Figura 1-8. Foto de los depósitos

Para el desincrustante y el inhibidor de corrosión se utilizarán unos depósitos comerciales de tipo IBC, los cuales tienen unas medidas estándar de 1.200×1.000×1.170 mm, e irán situados sobre unos cubetos de retención fabricados en polietileno. Estos cubetos de retención tienen el mismo objetivo que los contruidos por el contratista y descritos anteriormente, contener químico en caso de drenaje o fuga, para un volumen al menos igual al del depósito.

1.1.8.3 Tuberías

El diseño de los tubos y las líneas pueden ser tan importantes como la selección de los materiales de construcción. Un diseño defectuoso puede causar severa corrosión, aún en materiales que podrían ser altamente resistentes a ella.

A continuación, se indican algunas consideraciones de diseño para los sistemas de tuberías de todos los tamaños:

- seleccionar una velocidad de flujo apropiada y un espesor del material;

- reducir las tensiones mecánicas;
- proveer fácil acceso a la estructura para la inspección periódica, mantenimiento y reemplazo de las partes dañadas
- evitar las porciones de tuberías con químico estancado;
- proporcionar un drenaje y venteo adecuado;

Para el diseño de las líneas y sus accesorios correspondientes (codos, tes, reducciones, etc) de cada subsistema se utiliza únicamente el material indicado en la tabla 1-5 de selección de materiales.

En cuanto al tamaño, cuanto menor sea el diámetro de la conexión menor es el coste del elemento, salvo que se trate de tamaños poco habituales. En el diseño se intenta utilizar siempre el menor diámetro que cumpla los requerimientos para un correcto funcionamiento y rigidez del sistema. En otros elementos como los instrumentos y otros equipos se adaptan los tamaños de los fabricantes a los de las líneas a los que van conectados.

Ácido sulfúrico

El material de fabricación para las líneas y accesorios de este subsistema es el PVDF.

El tamaño de los puntos terminales es media pulgada (d20), y ya que este tamaño cumple que la velocidad de flujo es menor de 2m/s, se decide fabricar los entramados de tuberías desde el depósito hasta los TP en este tamaño.

Por otro lado, la línea de entrada de químico al depósito y el rebose y drenaje del mismo poseerán un diámetro mayor que permiten realizar las tareas de llenado y vaciado del depósito en menos tiempo.

- Para la línea de aspiración de la bomba de llenado utilizamos un diámetro d63 por ser el diámetro de conexión de la bomba.
- Para la línea de impulsión de la bomba de llenado/entrada del químico al depósito se utiliza un diámetro igual al de la conexión de entrada del depósito, es decir, d40, añadiendo una reducción a la salida de la impulsión de la bomba de llenado.
- Para las líneas de rebose y drenaje del depósito se utilizará un diámetro de línea igual o superior al de entrada (d40), para que en caso de rebose entre y salga lo mismo. Se escoge d63 para conseguir un vaciado rápido del depósito.

Hipoclorito de sodio

El material de fabricación para las líneas y accesorios de este subsistema es el PVC-C.

El tamaño de los puntos terminales es media pulgada (d20), y ya que este tamaño cumple que la velocidad de flujo es menor de 2m/s, se decide fabricar los entramados de tuberías desde el depósito hasta los TP en este tamaño.

Por otro lado, la línea de entrada de químico al depósito y el rebose y drenaje del mismo poseerán un diámetro mayor que permiten realizar las tareas de llenado y vaciado del depósito en menos tiempo.

- Para la línea de aspiración de la bomba de llenado utilizamos un diámetro d63 por ser el diámetro de conexión de la bomba.
- Para la línea de impulsión de la bomba de llenado/entrada del químico al depósito se utiliza un diámetro igual al de la conexión de entrada del depósito, es decir, d40, añadiendo una reducción a la salida de la impulsión de la bomba de llenado.
- Para las líneas de rebose y drenaje del depósito se utilizará un diámetro de línea igual o superior al de entrada (d40), para que en caso de rebose entre y salga lo mismo. Se escoge d63 para conseguir un vaciado rápido del depósito.

Además, el subsistema de hipoclorito de sodio tiene disponible una conexión de agua de servicio para las tareas de lavado. La línea de lavado tiene un diámetro d20 por estar conectada a la línea de salida del depósito hacia las bombas dosificadoras (que posee este mismo tamaño). La línea de lavado tiene en su extremo una conexión a manguera donde podremos enganchar la manguera que nos suministra el agua de servicio.

Desincrustante

El material de fabricación para las líneas y accesorios de este subsistema es el PVC-C.

El tamaño de los puntos terminales es media pulgada (d20), y ya que este tamaño cumple que la velocidad de flujo es menor de 2m/s, se decide fabricar los entramados de tuberías desde el depósito hasta los TP en este tamaño.

Este subsistema no cuenta con líneas de drenaje ni rebose, ni con bomba de llenado.

También dispone de una conexión de agua de servicio para las tareas de lavado. La línea de lavado tiene un diámetro d20 por estar conectada a la línea de salida del depósito hacia las bombas dosificadoras (que posee este mismo tamaño). La línea de lavado tiene en su extremo una conexión a manguera donde podremos enganchar la manguera que nos suministra el agua de servicio.

Inhibidor de corrosión

El material de fabricación para las líneas y accesorios de este subsistema es el PVC-C.

El tamaño de los puntos terminales es media pulgada (d20), por lo que se decide fabricar los entramados de tuberías desde el depósito hasta los TP en este tamaño.

Este subsistema no cuenta con líneas de drenaje ni rebose, ni con bomba de llenado.

También dispone de una conexión de agua de servicio para las tareas de lavado. La línea de lavado tiene un diámetro d20 por estar conectada a la línea de salida del depósito hacia las bombas dosificadoras (que posee este mismo tamaño). La línea de lavado tiene en su extremo una conexión a manguera donde podremos enganchar la manguera que nos suministra el agua de servicio.

1.1.8.4 Bombas

Existen dos tipos de bombas en este sistema de dosificación: las bombas de llenado que como su propio nombre indican, su objetivo es llenar el depósito con el químico, y las bombas dosificadoras, que se encargan de enviar el químico a los destinos donde se quiere dosificar.

Además de utilizar todos los criterios nombrados en el **apartado 1.1.8.1**, para el cálculo de las características de las bombas se necesitan los siguientes datos:

- Presión de diseño (obtenido de la **Tabla 1-9**)
- Temperatura de diseño (obtenido de la **Tabla 1-9**)
- Caudal de operación de las bombas (obtenido en el apartado de cálculos y representado en la **Tabla 1-12**)

Bombas	Caudal
Ácido sulfúrico	
B. dosificadoras	53,8 l/h
Hipoclorito	
B. dosificadoras	26,7 l/h
Desincrustante	
B. dosificadoras	2,05 l/h
Inhibidor de corrosión	
B. dosificadoras	1,7 l/h

Tabla 1-12. Caudal de operación de las bombas

Bombas de llenado

Éstas se encargan del trasvase del químico desde los camiones cisterna hasta los depósitos de los sistemas de dosificación, teniendo que sobreponerse a la diferencia de altura entre la salida de la bomba y la entrada de químico del depósito.

Por especificaciones del contratista, estas bombas deben llenar el depósito en menos de una hora, ha de ser de tipo centrifuga, acoplamiento magnético y con un margen de velocidad de un 15% extra sobre el punto de operación esperado.

Se decide utilizar unas bombas centrífugas con un caudal de 25 m³/h. Sin embargo, estas bombas no tendrán capacidad para ajustar su caudal, trabajando siempre al nivel indicado.

La alimentación de estas bombas se realiza desde el MCC. La bomba es accionada por un motor que precisa de una alimentación trifásica de 460 V, 60 Hz. El conjunto bomba-motor ofrece una protección IP55.

No disponen de señal de control por lo que sólo se podrán operar en modo local.



Figura 1-9. Conjunto motor - bomba de llenado

Debido a que este tipo de bombas no debe funcionar en vacío (sin fluido), se requiere que vayan acompañadas de un sensor de ausencia de flujo que avise cuando ocurra dicha incidencia. De no instalar esta medida, la bomba sufriría al trabajar en esas condiciones, pudiendo llegar a quedar fuera de funcionamiento permanentemente.

Bombas dosificadoras

Las bombas dosificadoras son las encargadas de dosificar el químico que se encuentra en el depósito hacia el o los destinos deseados. Las características de estas bombas serán las siguientes:

- Las bombas dosificadoras serán de desplazamiento positivo, tipo membrana.
- Deben tener un margen de caudal del 50% entre el punto de operación y el caudal máximo de la bomba.
- Debe ser posible manejar su caudal entre (al menos) el 10% y el 100% por medio de una señal 4-20 mA.

Mediante el uso de un motor eléctrico, el cual describiremos a continuación, las bombas de membrana utilizan la variación de presión sobre una membrana elástica para variar el volumen de la cámara, aumentándolo y disminuyéndolo alternativamente. Unas válvulas

antirretorno controlan que el movimiento del fluido se realice de la zona de menor presión a la de mayor presión.

Ofrecen ciertas ventajas frente a otros tipos de bombas, ya que no poseen cierres mecánicos ni empaquetaduras que son las principales causas de rotura de los equipos de bombeo en condiciones severas. Estas bombas son autocebantes, es decir, no es necesario llenar la columna de aspiración de líquido para que funcionen, por lo que pueden ser utilizadas para sacar líquido de depósitos aspirando, aunque la tubería de aspiración esté llena de aire inicialmente.

Como en todos los subsistemas la presión de trabajo es baja (6 barg máx.), se opta por una línea de bombas utilizada habitualmente con éxito por la entidad colaboradora y que ofrece unas prestaciones adecuadas al servicio que se requiere. Resultan económicas y sus dimensiones son reducidas, lo que supone una ventaja, ya que el espacio disponible en el armario de dosificación es reducido.

Utilizando conjuntamente la información de la **Tabla 1-9** y la **Tabla 1-12**, se elige el modelo concreto de estas bombas:

Bombas dosificadoras	Caudal		Presión de diseño	Potencia
	Operación	Diseño		
Ácido sulfúrico	53,8 l/h	150 l/h	4 barg	0,07 kW
Hipoclorito de sodio	26,7 l/h	375 l/h	10 barg	0,24 kW
Desincrustante	2,05 l/h	7,5 l/h	10 barg	0,024 kW
Inhibidor de corrosión	1,7 l/h	7,5 l/h	10 barg	0,024 kW

Tabla 1-13. Características de las bombas dosificadoras

A pesar de que el ácido sulfúrico precisa un mayor caudal de operación en comparación con el hipoclorito de sodio, se selecciona una bomba de mayor caudal de diseño (caudal máximo alcanzable por la bomba) debido a que el cliente solicitó poder dosificar choques (grandes cantidades en poco tiempo) de hipoclorito de sodio.



Figura 1-10. Bomba dosificadora

Son bombas de membrana con motor eléctrico monofásico acoplado. La alimentación es de 120V, monofásica y con una frecuencia de 60 Hz. Son bombas de tipo electromagnético con motor de pasos, de pequeño tamaño que ofrecen una protección IP65 y control de caudal de dos tipos, manualmente en la propia bomba mediante el display con botonera disponible o mediante una señal 4-20 mA proporcional al caudal.

Bombas dosificadoras	Límite 4 mA	Límite 20 mA
Ácido sulfúrico	0,19 l/h	150 l/h
Hipoclorito de sodio	0,49 l/h	375 l/h
Desincrustante	0,0025 l/h	7,5 l/h
Inhibidor de corrosión	0,0025 l/h	7,5 l/h

Tabla 1-14. Relación señal 4-20 / caudal

Cabe destacar que, con la elección de estas bombas, se cumple con margen el requisito de manejar un caudal mínimo de al menos el 10% del caudal de diseño, pudiendo regularse 1:800 a 1:3000 (según el modelo)

Al manejar el fluido, las partes de la bomba que estén en contacto con el químico deben ser compatibles con éste.

Químico	Material diafragma	Material junta
Ácido sulfúrico	PTFE	PTFE
Hipoclorito de sodio	PTFE	FKM
Desincrustante	PTFE	PTFE
Inhibidor de corrosión	PTFE	EPDM

Tabla 1-15. Materiales en contacto con el fluido en las bombas

1.1.8.5 Equipamiento asociado e Instrumentación

Armario de dosificación

Un armario de dosificación es una estructura que alberga los equipos de dosificación para protegerlos de las condiciones ambientales. Se trata de un armario fabricado con láminas de PP-H, soldadas entre sí. Para que el armario proteja adecuadamente se ha de realizar soldadura continua y no a base de parches, asegurando de esta forma el sellado.

Se diseña un armario por cada subsistema excepto para el desincrustante y el inhibidor de corrosión que comparten un único armario, con una placa de separación vertical en el medio.



Figura 1-11. Armario de dosificación

Como se puede ver en la **Figura 1-11**, para el fácil acceso a los elementos resguardados, se incluyen en los armarios dos puertas de bisagra, fabricadas en plástico transparente. Esto resulta imperativo para el manejo de válvulas durante la operación, al igual que para las tareas de reparación, sustitución o mantenimiento.

Además de proteger de las condiciones ambientales, la base del armario hace las veces de cubeto de contención en caso de fugas en las líneas o bombas dosificadoras. El volumen que pueden contener es bastante reducido en comparación con los cubetos de contención contemplados para los depósitos

Como se describió en la introducción del **apartado 1.1.8**, dentro del armario irán instalados los equipos situados aguas abajo de los depósitos:

- Columna de calibración
- Bombas dosificadoras
- Instrumentación (manómetros y amortiguadores de pulsaciones)
- Líneas y válvulas tras la salida del químico del depósito.

Las líneas y válvulas asociadas al rebose, drenaje y transmisor de nivel del depósito no serán instaladas en el armario de dosificación, sino que irán junto al depósito y en la intemperie.

Por otro lado, también se ha incluido un armario de menor tamaño para resguardar las bombas de llenado. Estas bombas son elementos de vital importancia para el funcionamiento del sistema y poseen un coste elevado, pero a diferencia de las bombas dosificadoras no poseen otra bomba en paralelo para sustituirla en caso de fallo. Por este motivo también se decide resguardarlas de las condiciones ambientales en armarios de PP-H con las mismas características de material y sellado que los anteriores.

Los elementos que irán instalados en estos armarios (uno por cada bomba de llenado) son:

- Bomba centrífuga junto con su motor
- Sensor de ausencia de flujo
- Líneas y válvulas desde la entrada de químico al sistema hasta la válvula de entrada de químico al depósito



Figura 1-12. Armario para bombas de llenado

Puesto que los elementos resguardados en los armarios se instalarán en los talleres de la empresa colaboradora antes del envío, los armarios también servirán como medio de transporte para todos esos equipos. Hay que asegurarse que, tras el desembalaje de los armarios en la central de Los Mina, haya un método de manejo y traslado seguro. Por ello, al suministrados se le solicita que ambos tipos de armarios lleven cáncamos de sujeción para su traslado y placas de anclaje para asegurar los armarios al suelo una vez localizados en su destino final de operación.

Cuadro de control y JB

El cuadro de control y las JB se encargan de gobernar el funcionamiento del sistema. Transmiten las instrucciones dadas por el personal de la central y recopila la información relativa al estado de operación. En el skid se instalarán una JB por cada armario y un único cuadro de control, común para todos los equipos de dosificación.

Su actividad se centra en el control de las bombas dosificadoras, el transmisor de presión del depósito y el sensor de ausencia de flujo.

Para el diseño de estos elementos se han seguido las especificaciones del contratista y las normativas pertinentes. Se encarga su fabricación a un proveedor con experiencia en este tipo de aplicaciones.

El contratista solicita que el control sea únicamente desde DCS, excepto para las bombas de llenado que han de incluir una botonera con arranque y parada instalada en el lateral de sus armarios. El resultado final es:

- Un único cuadro de control que se encarga de la alimentación de las bombas dosificadoras e instrumentación (incluye un transformador para suministrar 24 V de continua) y de la transmisión señales en ambas direcciones entre DCS y el skid. Sobre él posee únicamente un botón/seta de emergencia cuyo cometido es cortar automáticamente toda la alimentación eléctrica del sistema en caso de emergencia. En el interior estarán cableadas las siguientes señales

Descripción	AI	AO	DI	DO
Seta de emergencia activada	-	-	1	-
Bomba dosificadora en funcionamiento	-	-	10	-
Bomba dosificadora disponible	-	-	10	-
Arranque bomba dosificadora	-	-	-	10
Parada bomba dosificadora	-	-	-	10

Tabla 1-16. Lista de señales del cuadro de control

“Bomba dosificadora en funcionamiento” es una señal digital de aviso, en la que se notifica en DCS que una bomba en concreto está dosificando en este momento.

“Bomba dosificadora disponible” es una señal digital de aviso, en la que se notifica a DCS si una bomba está disponible. Si la señal se apaga, indica que ha habido un fallo o rotura de cable.

“Arranque bomba dosificadora” y “Parada bomba dosificadora” son dos comandos que llegan desde DCS y se envían a una bomba en concreto para ordenar el arranque de la dosificación de la bomba o la parada de ésta respectivamente.

“Seta de emergencia activada” es la señal de alarma que se envía a DCS cuando se pulsa la seta de emergencia del cuadro. Esta señal deberá provocar el apagado de todos los aparatos eléctricos del skid.



Figura 1-13. Interior del cuadro eléctrico.

- Una JB por cada armario, es decir 3 para armarios de dosificación y 2 para armarios de bombas de llenado. En su interior estarán cableadas el resto de las señales según se indica en la siguiente tabla

Descripción	AI	AO	DI	DO
JB ácido sulfúrico				
Nivel del depósito	1	-	-	-
Setpoint bomba dosificadora	-	3	-	-
JB bomba de llenado ácido sulfúrico				
Botón Arranque	-	-	1	-
Botón Parada	-	-	1	-
Anomalía sensor ausencia de flujo	-	-	1	-
JB hipoclorito de sodio				
Nivel del depósito	1	-	-	-
Setpoint bomba dosificadora	-	3	-	-
JB bomba de llenado hipoclorito de sodio				
Botón Arranque	-	-	1	-
Botón Parada	-	-	1	-
Anomalía sensor ausencia de flujo	-	-	1	-
JB desincrustante e inhibidor de corrosión				
Nivel del depósito	2	-	-	-
Setpoint bomba dosificadora	-	4	-	-

Tabla 1-17. Lista de señales de las JB

“Nivel del depósito” es una señal analógica 4-20 mA que notifica de forma continua en DCS el volumen contenido en el depósito en concreto.

“Setpoint bomba dosificadora” es una señal analógica 4-20 mA que se envía desde DCS para elegir el punto de funcionamiento (caudal) de la bomba dosificadora deseada.

“Botón arranque” y “Botón parada” son señales de aviso para indicar en DCS que los botones de arranque o parada de las botoneras situadas en los armarios de las bombas de llenado han sido pulsados y se deben arrancar/parar las bombas en MCC

“Anomalía sensor ausencia de flujo” es una señal de alarma enviada a DCS indicando que el sensor en cuestión no detecta flujo y que por tanto la bomba de llenado está operando en vacío, teniendo que cortarse la alimentación en MCC.

Como aclaración, la **Tabla 1-16** y la **Tabla 1-17** describen las señales comunicadas con el subsistema de dosificación desde su propio punto de vista. Esto significa que las señales entrantes (analógicas -AI- y digitales -DI-) son las que le llegan desde los equipos y son transmitidas, y las a DCS salientes (analógicas -AO- y digitales -DO-) son las que ellos envían a los equipos tras haberles llegado a ellos desde DCS.

Transmisor de nivel

La tarea de este elemento es mantener informado a DCS del nivel de químico dentro del depósito para poder configurar las alarmas de nivel de protección del equipo.

Se decide seleccionar un tipo de transmisores que se basan en la medida de la presión por medio de sensores piezorresistivos. Estos equipos ofrecen una medida muy fiable, además de no tener un alto coste comparativamente. Además, son equipos modulables los que facilitará la sustitución de alguna pieza en caso de necesidad.

Ya que se hace una medida de presión que no tiene traducción a volumen, se precisa calibrar estos equipos para que sean capaces de relacionar la presión medida con el porcentaje de la señal a enviar. Se realiza un cálculo de la presión en los depósitos en caso de estar éstos llenos:

- Depósito de ácido sulfúrico lleno: 0,736 bar
- Depósito de hipoclorito de sodio lleno: 0,48 bar
- Depósito de desincrustante lleno: 0,114 bar
- Depósito de inhibidor de corrosión lleno: 0,137 bar

Por ser presiones bajas, se ha de seleccionar una presión de diseño de 3,5 bar, aunque serán las presiones indicadas las que se utilicen para calibrar los transmisores.

El transmisor medirá la presión en el depósito, mostrándola en un display para su control en planta, y la traducirá a una señal 4-20 mA que será por tanto proporcional al nivel de químico. La señal será transmitida por medio de protocolo HART (impuesto por el

contratista) y visualizada en DCS, además será utilizada para los bucles de control del sistema de dosificación.

Ya que este equipo funciona en contacto con el fluido se ha de instalar una membrana de separación que evite que el químico deteriore el equipo. También se han de añadir dos válvulas para su instalación en el depósito. Una válvula aísla el equipo del depósito y la otra purga de químico el transmisor (hay que tener en cuenta que ambas válvulas no han de estar abiertas al mismo tiempo ya que el químico caería del depósito a la salida de la válvula de purga, vaciando el depósito).

Manómetro

Los manómetros son instrumentos que miden la presión en el punto en concreto de la línea en la cual esté instalado. Al instalarlo en las líneas a destino tras la impulsión de las bombas se trata de comprobar que las bombas están dosificando a la presión que se espera de ellas, pudiendo detectarse casos de sobrepresiones (alcanzar presiones por encima de las de diseño, es un riesgo para los operarios y para los equipos) o subpresiones (es indicativo de que hay un problema en las bombas de dosificación que no están operando correctamente).

Las presiones utilizadas para la elección de los manómetros son aquellas de la **Tabla 1-9**. Se busca que la presión de descarga de la PSV esté a 2/3 del final de escala del manómetro, asegurando así que no se pierda precisión en la medida y no se estropee el manómetro en caso de sobrepresiones. Las presiones de final de escala resultantes son 6 barg para el manómetro de ácido sulfúrico y 9 barg para el resto. Para simplificar el proceso de compra e instalación se decide comprar todos los manómetros con presión de diseño 10 barg, valor estándar más próximo a lo requerido.

Se seleccionan un modelo que estándar, con un diámetro de dial de 115 mm y que esté relleno con glicerina para reducir las oscilaciones de la aguja de medida.

Al igual que con el transmisor de presión, estos equipos requieren un separador de membrana que les aísla de los efectos nocivos del químico además de dos válvulas (una aislante y otra de purga) para su instalación en la línea.



Figura 1-14. Manómetro con separador de membrana

Amortiguador de pulsaciones

El amortiguador de pulsaciones es un instrumento que reduce el efecto de los golpes de ariete provocados por la dosificación a pulsos de las bombas dosificadoras. Éste consta de un cilindro relleno de gas, generalmente nitrógeno, que se encuentra a una presión algo menor (un 80%) que la de operación, lo que permite que cuando llega uno de los pulsos de impulsión, parte del líquido entre en el amortiguador (reduciendo el volumen de gas). Posteriormente devuelve ese líquido durante el siguiente pulso de aspiración, haciendo que el flujo de dosificación sea más estable y, por consiguiente, reduciendo dichos golpes.

El amortiguador de pulsaciones ha de ir instalado en las líneas de impulsión de las bombas dosificadoras, así que se decide instalarlos en las líneas de destino de dosificación para reducir el número de unidades necesarias de 10 (uno por cada bomba dosificadora) a 6 (uno por cada línea de destino).



Figura 1-15. Amortiguador de pulsaciones

Para la elección del amortiguador de pulsaciones se ha de calcular el volumen del recipiente de gas (**apartado 1.2.4**) y el material del separador entre el gas y el fluido. Utilizando las tablas de compatibilidad de químicos con materiales (de la **Tabla 1-4** a la **Tabla 1-7**) y observando las posibilidades presentadas por el suministrador, se opta por FKM para ácido sulfúrico e hipoclorito de sodio, y PTFE para desincrustante e inhibidor de corrosión. El volumen estipulado será de 0,09 litros en todos los amortiguadores de pulsaciones.

Columna de calibración

Las columnas de calibración son unos elementos que sirven para verificar el caudal dado por las bombas dosificadoras. Constan de un cilindro de plástico transparente con una escala de volumen, el cual está conectado por medio de una válvula a la línea de salida de químico del depósito y por medio de otra al depósito (a la conexión del retorno de la columna de calibración).

Para su utilización es preciso rellenar el cilindro, dejando la válvula superior abierta para permitir el venteo. Tras introducir el volumen deseado en la columna, hay que asegurarse que la válvula de salida del depósito está cerrada. Se activan la bomba pertinente y está aspirará el fluido de la columna en vez del depósito. Controlando el tiempo que tarda en vaciar un volumen determinado de la columna se calcula el caudal dosificado.

Para la selección de la columna de calibración hay que elegir el volumen del cilindro y el material del equipo. Por compatibilidades químicas se selecciona PVC y PVC transparente para las columnas de calibración de todos los subsistemas menos para ácido sulfúrico, que estará compuesto de PVDF y vidrio.



Figura 1-16. Columna de calibración

El volumen del cilindro se dimensiona para 1 minuto de operación de las bombas dosificadoras del subsistema en el que esté instalado. Teniendo en cuenta los volúmenes disponibles comercialmente se decide lo siguiente:

- Volumen de 1.000 ml para ácido sulfúrico
- Volumen de 500 ml para hipoclorito de sodio
- Volúmenes de 100 ml para desincrustante e inhibidor de corrosión

Sensor de ausencia de flujo

Situado junto a las bombas de llenado, es un instrumento que comprueba si pasa fluido o no por la tubería en la cual esté instalado. Esto sirve de protección ante el funcionamiento en seco de las bombas de llenado.

El sensor desarrolla una señal digital que indica en DCS si hay flujo o no lo hay (anomalía), previniendo a los operarios de que deben parar las bombas de llenado.

En conjunto con un suministrador de confianza para equipos de flujo en plástico, se selecciona el modelo. Como restricciones se impone la compatibilidad de los materiales con el químico correspondiente, el tamaño de las conexiones y el grado de la protección.

Los productos seleccionados presentan una protección IP65, conectados a sus líneas por collarines de diámetro d63. Los materiales del sensor y del collarín son los mismos, PVC-C para hipoclorito de sodio y PVDF para ácido sulfúrico. Las juntas de los sensores son de EPDM y FPM respectivamente.



Figura 1-17. Sensor de ausencia de flujo

Filtro Y

El filtro, fabricado en los mismos materiales que las líneas, se encarga por medio de un tamiz en su interior, de filtrar el fluido, evitando que posibles partículas alcancen las bombas y las dañen. Se instala una única unidad por subsistema, en la línea común de aspiración de las bombas. En el tramo descendiente que se observa en la siguiente figura se sitúa el tamiz, el cual hay que comprobar periódicamente.



Figura 1-18. Filtro Y

1.1.8.6 Valvulería

A lo largo de cada subsistema se instalan válvulas de varios tipos para asegurarnos la correcta operación de los equipos, además de permitir el aislamiento de secciones del circuito para el mantenimiento.

Como nota general, el material de fabricación y el tamaño de las conexiones de cada válvula son los mismo a los de la línea en la cual esté instalada.

Válvulas de diafragma

Son las válvulas más abundantes dentro de cada subsistema. Mediante su manivela se abre y cierra la válvula y su principal acometida es el aislamiento de los elementos del subsistema. Esto es completamente necesario para las tareas de mantenimiento y el reemplazo de equipos. Las líneas de drenaje se encuentran todas acabadas en una válvula de éste tipo.

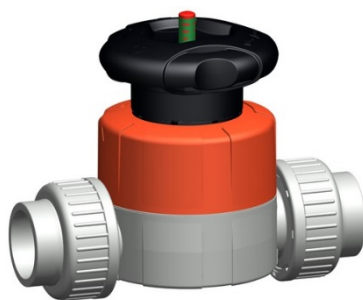


Figura 1-19. Válvula de diafragma

Válvulas antirretorno

También conocidas como válvulas de retención, se caracterizan por permitir el paso del fluido en una única dirección. La instalación de estas válvulas es necesaria a la salida de impulsión de todas las bombas y en el rebose y salida de químico del depósito.

Además, en los subsistemas donde esté disponible, la línea de lavado deberá disponer de una válvula antirretorno, posterior a la de aislamiento, para evitar la entrada de químico a la línea de agua.

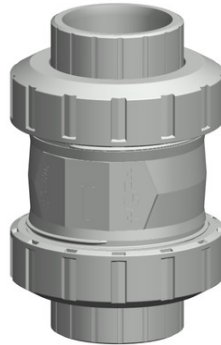


Figura 1-20. Válvula antirretorno

PSV

Llamadas así por sus siglas en inglés, Pressure Safety Valve, son unas válvulas de seguridad o también llamadas válvulas de alivio. Estas válvulas poseen un muelle que está calibrado para que cuando las bombas dosificadoras superen una cierta presión, debidas a falsas maniobras u obstrucciones en tuberías, las PSV se abran y hagan circular caudal a través de ellas de tal manera que la presión en el circuito no aumente. Cuando la presión vuelve a bajar del límite calibrado, la PSV vuelve a cerrarse.

Es el elemento más importante en cuanto a la protección en contra de las sobrepresiones. Al no dejar que la presión aumente más allá de un umbral, se aseguran las líneas e instrumentación.

Se instala una PSV justo a la salida de impulsión de cada bomba dosificadora, tarada a la presión de diseño de cada subsistema. Cuando esta se abra, permitirá el retorno del flujo de vuelta al depósito.



Figura 1-21. PSV

Válvulas de contrapresión

Poseen un criterio de funcionamiento similar al de las PSV, la válvula permitirá circular el fluido a través de ella en caso de que se supere una presión umbral. La mayor diferencia es que las válvulas de contrapresión se instalan en línea con la circulación del sistema y su

función es asegurar que haya una presión mínima de dosificación, evitando el vaciado del depósito por gravedad. Hay tan pocas diferencias constructivas que externamente es igual a la **Figura 1-21**.

Se instalan justo antes del TP y permiten el paso del caudal de dosificación si hay una presión mínima de operación de 2 bar. De no ser así, la válvula se cierra, cortando así la salida del fluido de dosificación.

1.1.9 Descripción funcional

En este apartado se describe el funcionamiento de cada subsistema. Los cuatro subsistemas están instalados próximos los unos a los otros tal y como mostraba la **Figura 1-7** y en el cuadro de control disponen de una seta de emergencia que corta el suministro eléctrico, apagando todos los equipos.

Sistema de dosificación de ácido sulfúrico

El sistema se controla desde DCS, donde se pueden seleccionar los comandos de arranque y parada para cada bomba. También hay un comando de setpoint para seleccionar el caudal de las bombas dosificadoras. Mediante el algoritmo de cada sistema se determina el setpoint de las bombas.

Las señales digitales (funcionamiento/disponible y arranque/parada) se envían y reciben a través del panel de control y las señales analógicas (el setpoint de las bombas y el nivel del depósito) se envían y reciben a través de la junction box.

Ambas bombas para operación, una de cada destino, pueden funcionar al mismo tiempo. El operario puede comprobar en cualquier momento desde DCS si las bombas están funcionando y si están disponibles.

El depósito se llena mediante una bomba centrífuga, controlada manualmente con botones de arranque/parada que están junto a la propia bomba. Una señal digital llega a DCS cuando se pulsan estos botones, al igual que una señal analógica indicando el nivel del depósito. Cuando la señal del depósito alcanza los niveles expuestos en la siguiente tabla, una alarma aparece en DCS, y se deben seguir las directivas descritas:

Nivel	Alarma	Directivas
90%	Nivel Alto	Parada manual de las bombas de llenado
20%	Nivel Bajo	Se recomienda rellenar el depósito
15%	Nivel Muy bajo	Parada automática de las bombas dosificadoras

Tabla 1-18. Alarmas para el nivel del depósito de ácido sulfúrico e hipoclorito de sodio.

Las bombas dosificadoras solo comenzarán a funcionar cuando se seleccione el comando arranque, el comando parada no esté seleccionado, la bomba se encuentre disponible, el nivel

del depósito sea superior al nivel muy bajo y el % de la señal de dosificación resultante del algoritmo se encuentre por encima del 0,125% (evitando arranques y paradas consecutivas).

En caso de que la bomba dosificadora no esté disponible, se seleccione el comando parada, se alcance el nivel muy bajo del depósito o el % de la señal de dosificación se encuentre por debajo del 0,125%, entonces la bomba deberá parar.

Las bombas dosificadoras deberán mantener el nivel de pH objetivo (B). El porcentaje de la señal de dosificación dependerá pues del pH medido (A). Sólo habrá dosificación cuando $(A-B)>0$.

$$\frac{C \cdot D \cdot H \cdot 100}{F \cdot E} = \% \text{ dosing signal}$$

Variable	Descripción	Unidades	valores
A	pH actual	[-]	Medida
B	pH objetivo	[-]	8,3
C	Dosis de H ₂ SO ₄ (98% concentración)	[ppm]	166
D	Caudal de reposición	[m ³ /h]	En planta
E	Caudal máximo de dosificación	[l/h]	150
F	Densidad del químico	[g/l]	1.840
H	Factor de corrección	[-]	0-1

Tabla 1-19. Definiciones del algoritmo para ácido sulfúrico

Además del algoritmo de dosificación, un controlador PID se encargará de ajustar las posibles desviaciones cuando el sistema esté trabajando en régimen constante.

Sistema de dosificación de hipoclorito de sodio

El sistema se controla desde DCS, donde se pueden seleccionar los comandos de arranque y parada para cada bomba. También hay un comando de setpoint para seleccionar el caudal de las bombas dosificadoras. Mediante el algoritmo de cada sistema se determina el setpoint de las bombas (dependiendo del destino).

Las señales digitales (funcionamiento/disponible y arranque/parada) se envían y reciben a través del panel de control y las señales analógicas (el setpoint de las bombas y el nivel del depósito) se envían y reciben a través de la junction box.

Ambas bombas para operación, una de cada destino, pueden funcionar al mismo tiempo. El operario puede comprobar en cualquier momento desde DCS si las bombas están funcionando y si están disponibles. Cuando la señal del depósito alcanza los niveles expuestos en la siguiente tabla, una alarma aparece en DCS, y se deben seguir las directivas descritas en la **Tabla 1-18**.

El depósito se llena mediante una bomba centrífuga, controlada manualmente con botones de arranque/parada que están junto a la propia bomba. Una señal digital llega a DCS cuando se pulsan estos botones, al igual que una señal analógica indicando el nivel del depósito.

Las bombas dosificadoras solo comenzarán a funcionar cuando se seleccione el comando arranque, el comando parada no esté seleccionado, la bomba se encuentre disponible, el nivel del depósito sea superior al nivel muy bajo y el % de la señal de dosificación resultante del algoritmo se encuentre por encima del 0,125% (evitando arranques y paradas consecutivas).

En caso de que la bomba dosificadora no esté disponible, se seleccione el comando parada, se alcance el nivel muy bajo del depósito o el % de la señal de dosificación se encuentre por debajo del 0,125%, entonces la bomba deberá parar.

Las bombas dosificadoras deberán mantener el nivel de Cl₂ objetivo (B). El porcentaje de la señal de dosificación dependerá pues del Cl₂ medido (A). Sólo habrá dosificación cuando (B-A)>0.

$$\frac{C \cdot D \cdot H \cdot 100}{F \cdot E} = \% \text{ dosing signal}$$

Variable	Descripción	Unidades	Valores
A	Cl ₂ actual	[ppm]	Medida
B	Cl ₂ objetivo	[ppm]	0,5
C	Dosis de NaClO (15% concentración)	[ppm]	13
D	Caudal de reposición	[m ³ /h]	En planta
E	Caudal máximo de dosificación	[l/h]	375
F	Densidad del químico	[g/l]	1.230
H	Factor de corrección	[-]	0-1

Tabla 1-20. Definiciones del algoritmo para hipoclorito de sodio

Además del algoritmo de dosificación, un controlador PID se encargará de ajustar las posibles desviaciones cuando el sistema esté trabajando en régimen constante.

Sistema de dosificación de desincrustante

El sistema se controla desde DCS, donde se pueden seleccionar los comandos de arranque y parada para cada bomba. También hay un comando de setpoint para seleccionar el caudal de las bombas dosificadoras. Mediante el algoritmo de cada sistema se determina el setpoint de las bombas.

Las señales digitales (funcionamiento/disponible y arranque/parada) se envían y reciben a través del panel de control y las señales analógicas (el setpoint de las bombas y el nivel del depósito) se envían y reciben a través de la junction box.

Ambas bombas no pueden trabajar al mismo tiempo. El operario en DCS debe decidir la prioridad de las bombas teniendo en consideración las horas de trabajo acumuladas por cada bomba. Se recomienda utilizar la bomba con menor cantidad de horas de trabajo para mantener valores similares en ambas bombas. El operario puede comprobar en cualquier momento si las bombas están en funcionamiento o si están disponibles.

A DCS se envía una señal analógica indicando el nivel del depósito comercial. Cuando la señal del depósito alcanza los niveles expuestos en la siguiente tabla, una alarma aparece en DCS, y se deben seguir las directivas descritas:

Nivel	Alarma	Descripción
95%	Nivel Alto	-
10%	Nivel Bajo	Se recomienda preparar un nuevo container
5%	Nivel Muy bajo	Parada automática de las bombas dosificadoras

Tabla 1-21. Alarmas para el nivel del depósito de desincrustante e inhibidor.

Las bombas dosificadoras solo comenzarán a funcionar cuando se seleccione el comando arranque, el comando parada no esté seleccionado, la bomba se encuentre disponible, el nivel del depósito sea superior al nivel muy bajo, el % de la señal de dosificación resultante del algoritmo se encuentre por encima del 0,033% y la prioridad de la bomba haya sido seleccionada.

En caso de que la bomba dosificadora no esté disponible, se seleccione el comando parada, se alcance el nivel muy bajo del depósito o el % de la señal de dosificación se encuentre por debajo del 0,033%, entonces la bomba deberá parar.

El algoritmo de dosificación es:

$$\frac{C \cdot D \cdot H \cdot 100}{F \cdot E} = \% \text{ dosing signal}$$

Variable	Descripción	Unidades	valor
C	Dosis de químico	[ppm]	15
D	Caudal de purga	[m ³ /h]	En planta
E	Caudal máximo de dosificación	[l/h]	7,5
F	Densidad del químico	[g/l]	1140
H	Factor de corrección	[-]	0-1

Tabla 1-22. Definiciones del algoritmo para desincrustante.

Sistema de dosificación de inhibidor de la corrosión

El sistema se controla desde DCS, donde se pueden seleccionar los comandos de arranque y parada para cada bomba. También hay un comando de setpoint para seleccionar el caudal de las bombas dosificadoras. Mediante el algoritmo de cada sistema se determina el setpoint de las bombas.

Las señales digitales (funcionamiento/disponible y arranque/parada) se envían y reciben a través del panel de control y las señales analógicas (el setpoint de las bombas y el nivel del depósito) se envían y reciben a través de la junction box.

Ambas bombas no pueden trabajar al mismo tiempo. El operario en DCS debe decidir la prioridad de las bombas teniendo en consideración las horas de trabajo acumuladas por cada

bomba. Se recomienda utilizar la bomba con menor cantidad de horas de trabajo para mantener valores similares en ambas bombas. El operario puede comprobar en cualquier momento si las bombas están en funcionamiento o si están disponibles.

A DCS se envía una señal analógica indicando el nivel del depósito comercial. Cuando la señal del depósito alcanza los niveles expuestos en la siguiente tabla, una alarma aparece en DCS, y se deben seguir las directivas descritas en la **Tabla 1-21**.

Las bombas dosificadoras solo comenzarán a funcionar cuando se seleccione el comando arranque, el comando parada no esté seleccionado, la bomba se encuentre disponible, el nivel del depósito sea superior al nivel muy bajo, el % de la señal de dosificación resultante del algoritmo se encuentre por encima del 0,033% y la prioridad de la bomba haya sido seleccionada.

En caso de que la bomba dosificadora no esté disponible, se seleccione el comando parada, se alcance el nivel muy bajo del depósito o el % de la señal de dosificación se encuentre por debajo del 0,033%, entonces la bomba deberá parar.

El algoritmo de dosificación es:

$$\frac{C \cdot D \cdot H \cdot 100}{F \cdot E} = \% \text{ dosing signal}$$

Variable	Descripción	Unidades	Valor
C	Dosis de químico	[ppm]	15
D	Caudal de purga	[m3/h]	En planta
E	Caudal máximo de dosificación	[l/h]	7,5
F	Densidad del químico	[g/l]	1.370
H	Factor de corrección	[-]	0-1

Tabla 1-23. Definiciones del algoritmo para inhibidor.

1.1.10 Pruebas de funcionamiento

Previamente al envío, se realiza sobre los sistemas un conjunto de pruebas para comprobar su funcionamiento (estas pruebas utilizan como fluido de prueba agua). Son las FAT (Factory Acceptance Test) y tienen como objetivo verificar que el sistema de dosificación funciona correctamente.

Las pruebas que se realizan son las siguientes:

- Inspección visual: control dimensional del sistema
- Apertura/Cierre de válvulas
- Prueba hidrostática: se llena el depósito de agua durante 24 horas para comprobar que no haya fugas
- Arranque de bombas dosificadoras: comprobación de caudales y fugas del sistema.
- Comprobación de válvulas PSV y contrapresión: comprobación de presión de calibrado.
- Comprobación eléctrica: comprobación de cuadro eléctrico y señales.

En una primera instancia se realizan sin la presencia de inspectores y una vez se consiguen unos resultados satisfactorios, se vuelven a realizar en presencia del contratista, representado por un inspector externo a la entidad colaboradora.

El inspector tiene la potestad para pedir que se repita cualquiera de las pruebas.

Si, por el contrario, da el visto bueno, el sistema ya se puede preparar para el envío.

1.1.11 Conclusiones

Tras el estudio de los problemas ocasionados por un control químico pobre del agua de la central, se reafirma la necesidad de los sistemas de dosificación química en las centrales de ciclo combinado, especialmente si se quiere mantener el rendimiento y la vida útil tanto de la central como de cada uno de los equipos que la constituyen.

En este caso particular el diseño se ha llevado a cabo cumpliendo las normas locales e internacionales aplicables, así como las condiciones especificadas por el cliente.

Los resultados de las pruebas inspeccionadas fueron satisfactorios y aprobados por el contratista sin solicitar repetición de ninguna de ellas.

Con la aprobación de las pruebas se indicó que el sistema y todos los elementos que lo componen, funcionan de acuerdo a las especificaciones de diseño solicitadas por el contratista, asegurando un sistema de dosificación química de calidad y fiable que permita mantener el correcto funcionamiento de la torre de refrigeración y sus circuitos asociados.

Se completa satisfactoriamente el pedido del cliente en el menor plazo de tiempo posible y dentro del presupuesto inicial.

1.2 CÁLCULOS

1.2.1 Cálculos para bombas

El primer cálculo necesario para comenzar el diseño de nuestro proyecto es la cantidad de químico que se va a consumir diariamente para poder mantener los niveles de calidad del agua.

Con la experiencia de una empresa química colaboradora, utilizamos los valores objetivos solicitados por el contratista (indicados en el apartado **1.1.6 Tratamiento químico**) y la información del apartado **1.1.5.2 Torre de refrigeración** para obtener el consumo por hora de producto químico necesario (se considera dosificación las 24 horas del día).

Producto	Servicio	Densidad	Consumo diario	Consumo
Ácido sulfúrico (98%)	Regulador pH	1,84 kg/l	1.290 l	53,75 l/h
Hipoclorito de sodio (12%)	Biocida	1,2 kg/l	640,2 l	26,68 l/h
3DT120	Desincrustante	1,14 kg/l	49,8 l	2,08 l/h
3DT129	Inhibidor de corrosión	1,37 kg/l	40,6 l	1,69 l/h

Tabla 1-24. Consumo químico.

Con estos cálculos y los de la presión se seleccionan los modelos de las bombas dosificadoras.

1.2.2 Cálculos del volumen para depósitos y cubetos

El contratista solicita una autonomía mínima de 8 días para el depósito de ácido sulfúrico y de 18 días para el de hipoclorito de sodio. Por decisión del contratista, el desincrustante y el inhibidor de corrosión serán suministrados en depósitos IBC de 1000 litros (fuera del alcance de suministro).

Multiplicando el consumo diario por la autonomía solicitada obtenemos el volumen calculado de los depósitos. A partir de elige ahí, se entre los siguientes volúmenes que se comercialicen.

Producto	Consumo diario	Volumen calculado	Volumen seleccionado	Autonomía final
Ácido sulfúrico (98%)	1.290 l	10.320 l	12.000 l	8,8 días
Hipoclorito de sodio (12%)	640,2 l	11.523 l	12.000 l	18,7 días
3DT120	49,8 l	-	1.000 l	20 días
3DT129	40,6 l	-	1.000 l	24,5 días

Tabla 1-25. Autonomía y volumen de los depósitos.

Las dimensiones de los depósitos están restringidas únicamente por las dimensiones de la base donde se instalarán. La base les permite tener un diámetro máximo de 2.200 mm, pero se selecciona un diámetro de 2.000 mm.

$$Volumen = Altura * \pi * \left(\frac{Diametro}{2}\right)^2$$

Dando una altura de 3.820 mm, a la que se le añade un margen de seguridad del 5%.

Altura de los depósitos: 4.000 mm

Los cubetos de retención para los depósitos de 12.000 litros son de obra civil y no entran en el alcance del suministro, más allá que para un dimensionamiento orientativo. Por otro lado, sí se han de suministrar los cubetos de contención para los IBC y para ellos se elige un volumen un 15% superior al de los propios IBC: volumen de retención 1.150 litros

1.2.3 Cálculos para líneas

Por sencillez constructiva, se selecciona una tubería de tamaño d20 (mismo tamaño que los TP). Comprobamos que, con este tamaño de tubería, la velocidad del fluido se mantenga dentro de límites estables. Para ello se calculan los casos más restrictivos:

$$v_{fluid} = \frac{\left(\frac{Q}{3600 * 1000}\right)}{\pi * \frac{D^2}{4} * 10^{-6}}$$

Donde:

- v_{fluid} : velocidad del fluido
- Q: Caudal de la línea en l/h
- D: Diámetro de la línea en mm (20)

El resultado es una velocidad de 0,048 m/s para el mayor caudal de operación (53,75 l/h de las bombas de ácido sulfúrico) y de 0,33 m/s para el máximo caudal de diseño (375 l/h de las bombas de hipoclorito de sodio). Ninguna de las dos velocidades se acerca a los límites cinemáticos (unos 2 m/s) que producirían cavitación y agitación del químico.

En cuanto a la presión, se ha de solicitar una tubería que, como mínimo, soporte una presión superior a la máxima de operación (la de descarga de las PSV). Estas presiones son muy bajas (4 y 6 bares) y por lo tanto basta con seleccionar unas tuberías de PN16 (16 bar presión máxima que pueden soportar).

1.2.4 Cálculos para instrumentos

Transmisor de nivel

Se trata de calcular los datos necesarios para el calibrado de este instrumento.

Lo primero es calcular la presión máxima que va a medir, es decir, la presión de la columna de líquido cuando el depósito está lleno:

$$Presión = \frac{\rho * h}{10} [bar]$$

ρ : densidad del químico (kg/l)

h : altura del líquido (altura del depósito) (m)

El fabricante nos recomienda utilizar un modelo que ofrece calibración precisa para rangos de presión entre 0 y 3,5 barg. Los porcentajes para las alarmas de nivel de los depósitos (**Tablas 1-18 y 1-21**) están referidos al porcentaje del rango de señal 4-20 mA, es decir, una señal del depósito al 100% equivale al límite superior del rango de la señal (20 mA).

Químico	Presión máxima	Rango	Rango señal 4-20 mA
Ácido sulfúrico	0,736 bar	0-0,75 bar	4 – 20 mA
Hipoclorito de sodio	0,480 bar	0-0,5 bar	4 – 20 mA
Desincrustante	0,114 bar	0-0,15 bar	4 – 20 mA
Inhibidor de corrosión	0,137 bar	0-0,15 bar	4 – 20 mA

Tabla 1-26. Rangos del transmisor de nivel.

Amortiguador de pulsaciones

Para poder conocer el volumen del amortiguador, se ha de comenzar con el cálculo de la cilindrada del pistón (cm³/embolada).

$$C = \frac{Q * 1000}{v * 60} [bar]$$

- Q: caudal de la bomba (l/h)
- v: velocidad de la bomba (emboladas/minuto)

El valor de la variación sobre la presión de operación P es la pulsación residual y es del 2%:

$$P_{max} = P * (1 + P_{res})$$

$$P_{min} = P * (1 - P_{res})$$

El valor del volumen V se calcula pues:

$$V = \frac{P_{max} * \frac{C}{2}}{0,9 * 0,8 * (P_{max} - P_{min})} [ml]$$

Sistema	v	C	V
Ácido sulfúrico	180 min ⁻¹	4,98 cm ³	88 ml
Hipoclorito de sodio	160 min ⁻¹	2,78 cm ³	49,23 ml
Desincrustante	190 min ⁻¹	0,18 cm ³	3,16 ml
Inhibidor de corrosión	190 min ⁻¹	0,15 cm ³	2,65 ml

Tabla 1-27. Volumen de los amortiguadores de pulsaciones.

Se decide escoger todos los amortiguadores de pulsaciones de 90 ml, el volumen estándar más pequeño disponible.

Columna de calibración

Como se describió anteriormente, este instrumento sirve para medir el caudal de las bombas contemplando el volumen que se vacía de la columna en un tiempo determinado.

Tomando como dicho tiempo 60 segundos, los volúmenes (V) de las diferentes columnas de calibración deberían ser:

$$V = \frac{Q}{60} * 1.000[ml]$$

Sistema	Q	V calculado	V seleccionado
Ácido sulfúrico	53,75 l/h	895,8 ml	1.000 ml
Hipoclorito de sodio	26,68 l/h	444,67 ml	500 ml
Desincrustante	2,08 l/h	34,67 ml	100 ml
Inhibidor de corrosión	1,69 l/h	28,16 ml	100 ml

Tabla 1-28. Volumen de las columnas de calibración.

Anejo I

Embalaje, envío y puesta en marcha

Para el envío se decide realizar la parte del montaje que se encuentre en el interior de cualquiera de los dos tipos de armarios (llenado y dosificación). El cuadro de control y cada uno de los armarios irán envueltos en plástico negro de protección y embalados en jaulas de madera aptas para el transporte marítimo. El resto de elementos que no estén incluidos en lo nombrado se envían en cajas, menos los depósitos suministrados que se envían por separado. En la documentación a entregar al contratista se incluirá las instrucciones para terminar el ensamblaje en su lugar de instalación, además de toda la documentación necesaria para el correcto manejo del sistema de dosificación.

Se llega al acuerdo de realizar un envío FCA, es decir que el cliente contratará un servicio de transporte que venga al lugar de recogida acordado, en este caso los talleres de la entidad colaboradora en Madrid. La carga y amarre de los equipos en el transporte, habiendo sido previamente embalados, corre por cuenta de la entidad colaboradora.

Opcionalmente se oferta al contratista la supervisión del montaje y puesta en marcha de los equipos, lo que incluye la asistencia de un técnico de la entidad colaboradora para supervisar el correcto arranque del sistema por parte del cliente.

Anejo II

Códigos y estándares aplicables.

American Society for Testing and Materials (ASTM)
American Association of Civil Engineers (ASCE)
American National Standards Institute (ANSI)
American Society of Mechanical Engineers (ASME)
American Petroleum Institute (API)
International Organization for Standardization (ISO)
Steel Structures Painting Council (SSPC)
American Welding Society (AWS)
Standards of the Hydraulic Institute (HI)
European codes (EUROCODES)
Tubular Exchanger Manufacturers Association (TEMA)
American Gear Manufacturers Association (AGMA)
British Standards (BS)
Manufacturer's Standardization Society (MSS)
National Electric Code (NEC)
Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
National Fire Protection Association (NFPA)
Instrument Society of Automation (ISA)
International Electrotechnical Commission (IEC)
American Concrete Institute (ACI)
American Institute of Steel Construction (AISC)
American Society of Heating, Refrigeration & Air Conditioning Engineers (ASHRAE)
American Water Works Association (AWWA)
Heat Exchange Institute (HEI)
German Standards Institute (DIN)
Association of German Engineers (VDI)

Occupational Safety and Health Administration (OSHA)

National Electrical Manufacturers Association (NEMA)

American Bearing Manufacturers Association (ABMA)

National Electric Safety Code (NESC)

Pipe Fabrication Institute (PFI)

American Galvanizers Association (AGA)

American Gas Association (AGA)

Cooling Technology Institute (CTI)

Environmental Protection Agency (EPA)

Factory Mutual Global (FMG)

National Bureau of Standards (NBS)

National Design Standard (NDS)

Scientific Apparatus Manufacturers Association (SAMA)

Uniform Building Code (UBC)

Water Resources Planning Organization (WARPO)

2 PLANOS

2.1 LISTADO DE PLANOS

Plano N° 1: P&ID

Plano N° 2: Disposición General

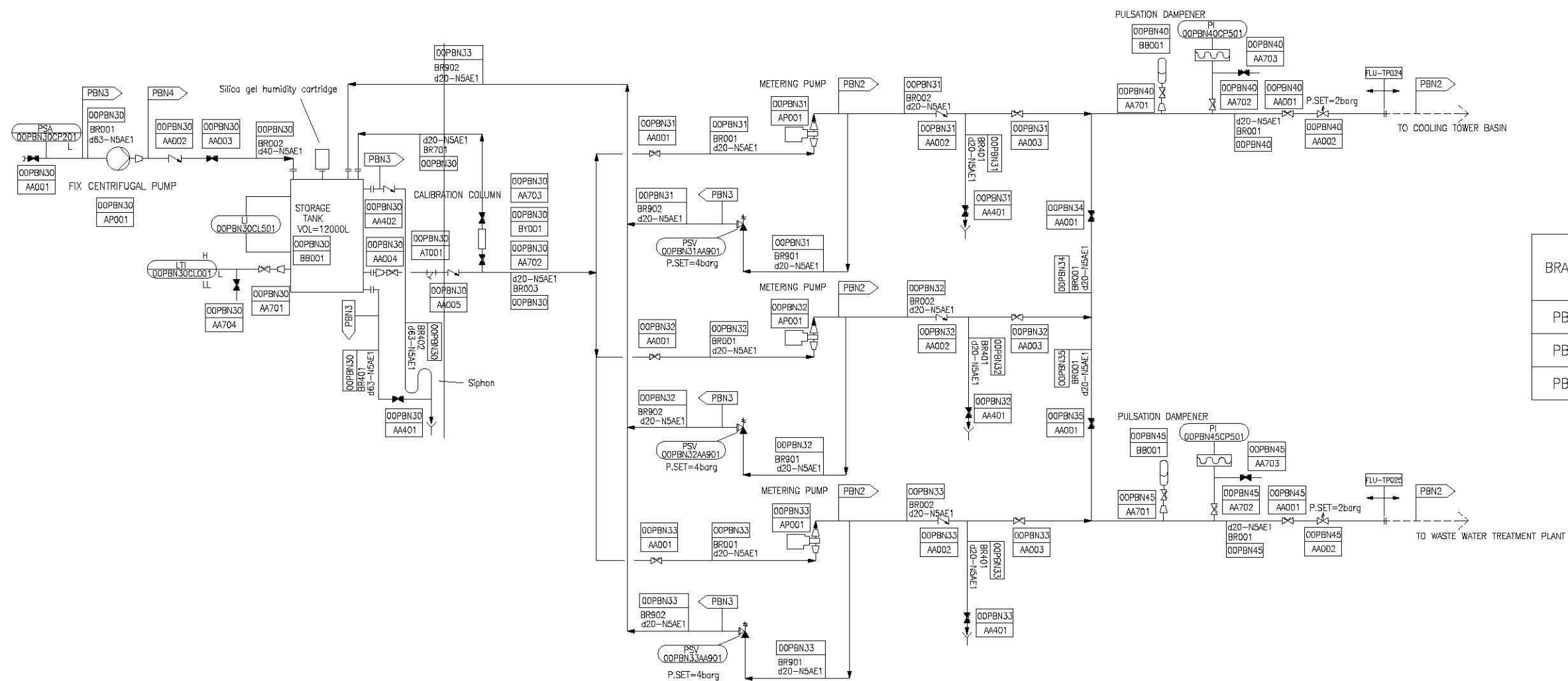
Plano N° 3: Detalle de los equipos y elementos auxiliares

Plano N° 4: Esquemas dimensionales de los instrumentos y JB

Plano N° 5: Esquemas eléctricos

2.2 PLANOS

SULFURIC ACID



BRANCH	MAX. OPERATION			
	P psig	P barg	T °F	T °C
PBN2	58	4	122	50
PBN3	14.5	1	122	50
PBN4	29	2	122	50

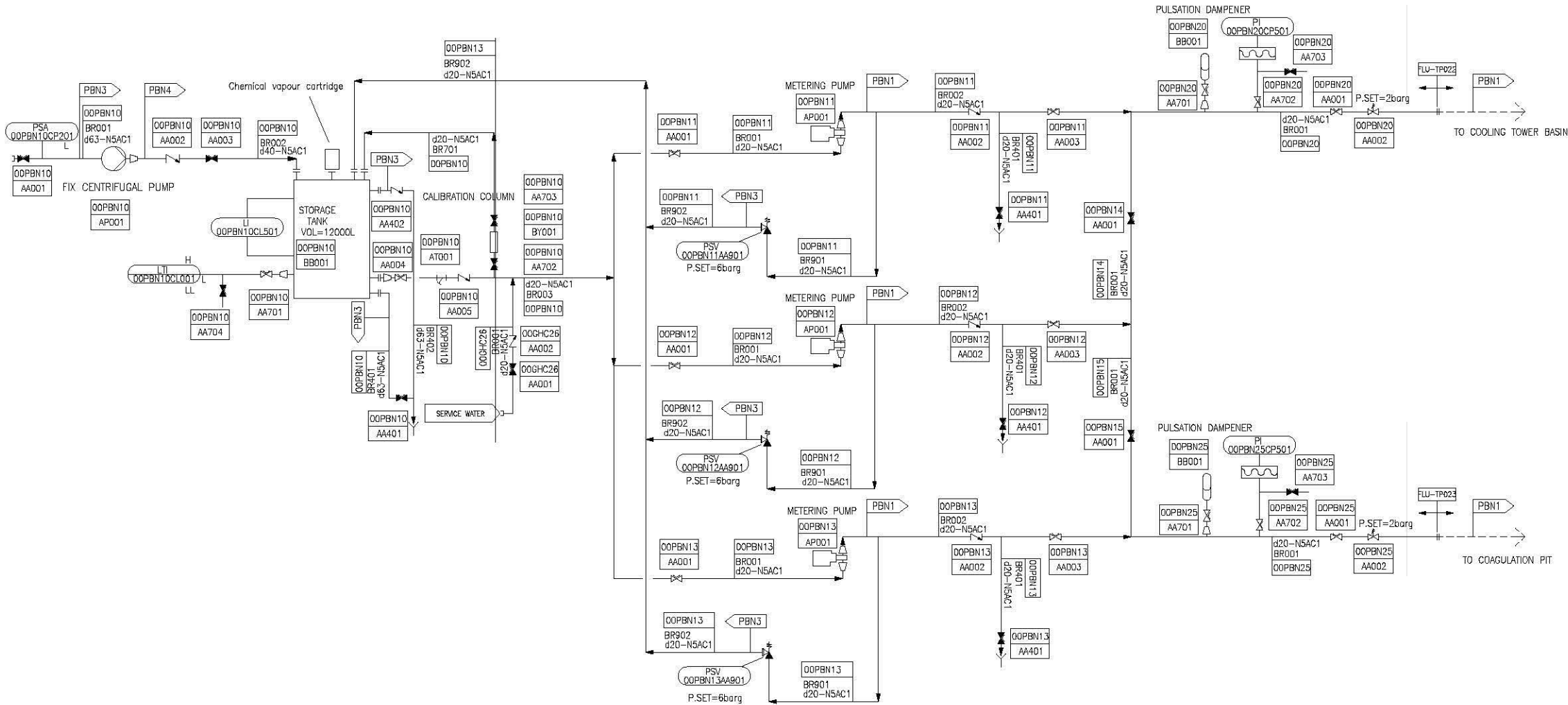
NOTE:

✱ Corresponds to Backpressure valve.
There is no flushing due to incompatibility
between water and Sulfuric acid.

NPS	DN	N5AE1 (PVDF)
1/2"	15	d20
1"	25	d32
1 1/4"	32	d40
2"	50	d63

	Nombre:	E.T.S. INGENIEROS INDUSTRIALES ICAI		
Dibujado:	M. Álvarez			
Comprobado:	P. Raso			
Título:		P&ID: Sistema de Dosificación de la Torre de Refrigeración		Número: 1
				Escala: N/A
				Página: 1/4

SODIUM HYPOCHLORITE



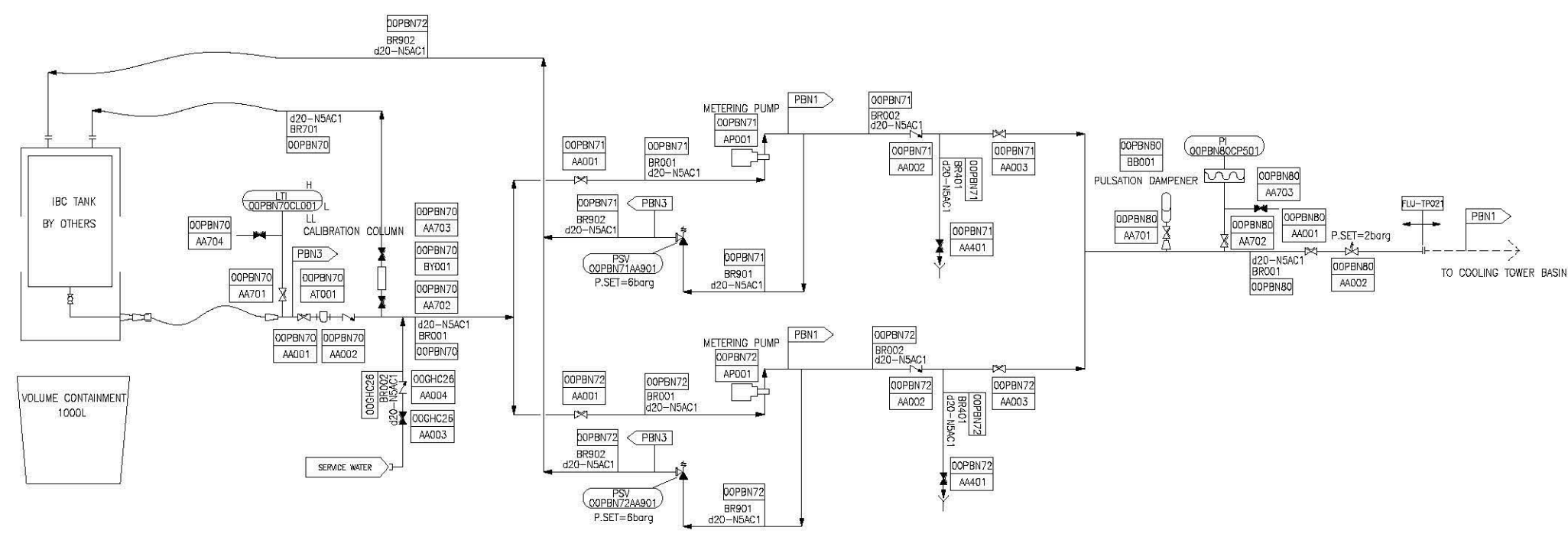
BRANCH	MAX. OPERATION			
	P		T	
	psig	barg	°F	°C
PBN1	87	6	122	50
PBN3	14.5	1	122	50
PBN4	29	2	122	50

NOTE:
✕ Corresponds to Backpressure valve.

NPS	DN	N5AC1 (CPVC)
1/2"	15	d20
1"	25	d32
1 1/4"	32	d40
2"	50	d63

	Nombre:	E.T.S. INGENIEROS INDUSTRIALES ICAI		
Dibujado:	M. Álvarez			
Comprobado:	P. Raso			
Título: P&ID: Sistema de Dosificación de la Torre de Refrigeración		Número: 1	Escala: N/A	
		Página: 2/4		

ANTISCALANT



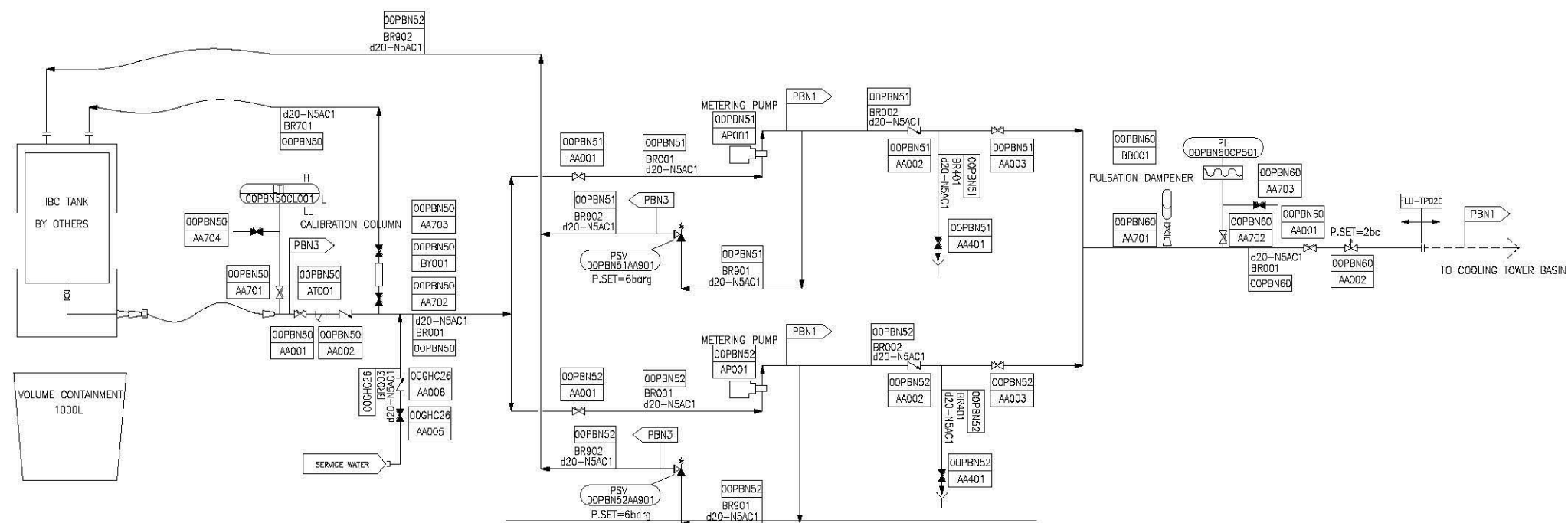
BRANCH	MAX. OPERATION			
	P		T	
	psig	barg	°F	°C
PBN1	87	6	122	50
PBN3	14.5	1	122	50

NOTE:
Corresponds to Backpressure valve.

NPS	DN	N5AC1 (CPVC)
1/2"	15	d20
1"	25	d32
1 1/4"	32	d40
2"	50	d63

	Nombre:	E.T.S. INGENIEROS INDUSTRIALES ICAI		
Dibujado:	M. Álvarez			
Comprobado:	P. Raso			
Título: P&ID: Sistema de Dosificación de la Torre de Refrigeración		Número: 1	Escala: N/A	
		Página: 3/4		

CORROSION INHIBITOR



BRANCH	MAX. OPERATION			
	P		T	
	psig	barg	*F	*C
PBN1	87	6	122	50
PBN3	14.5	1	122	50

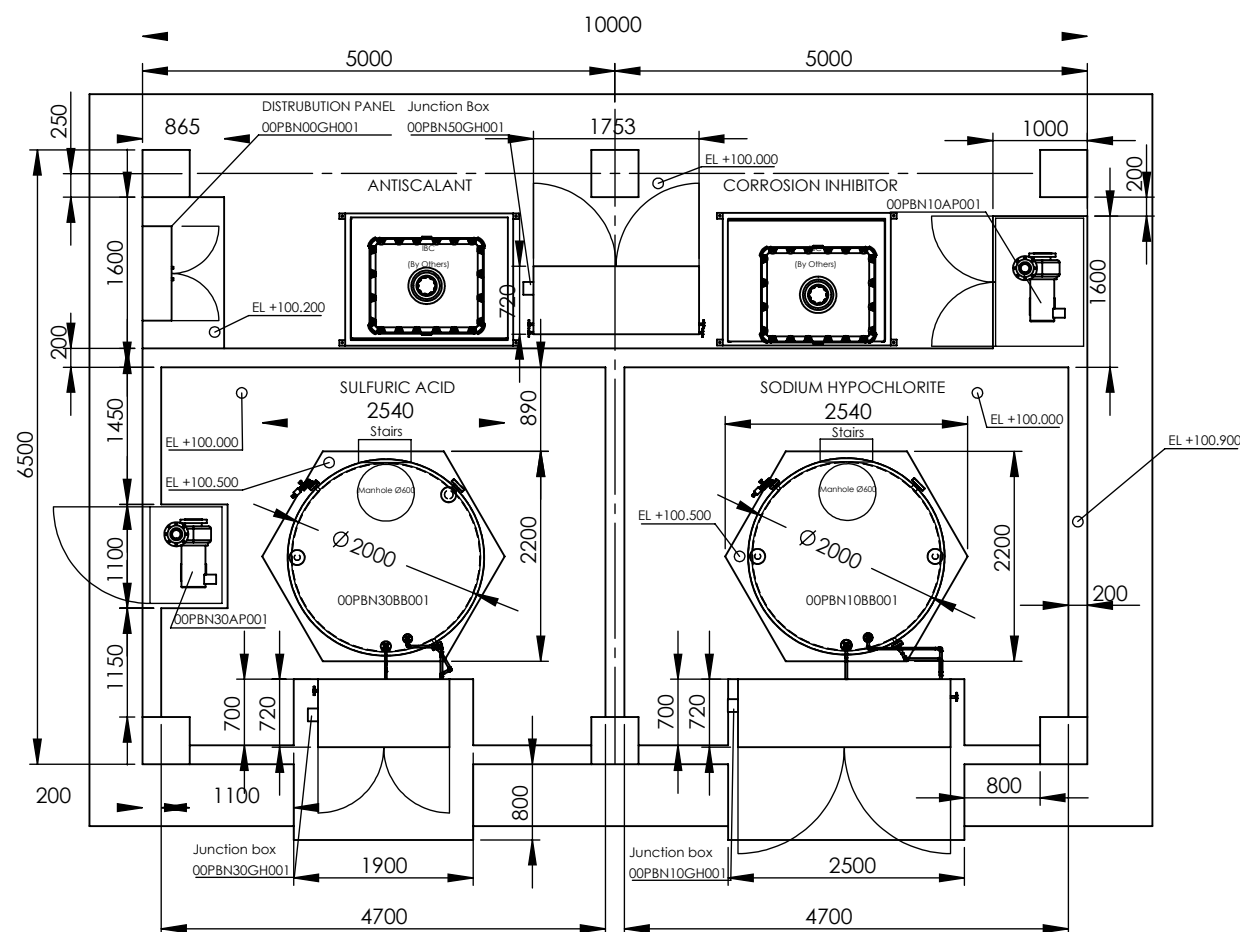
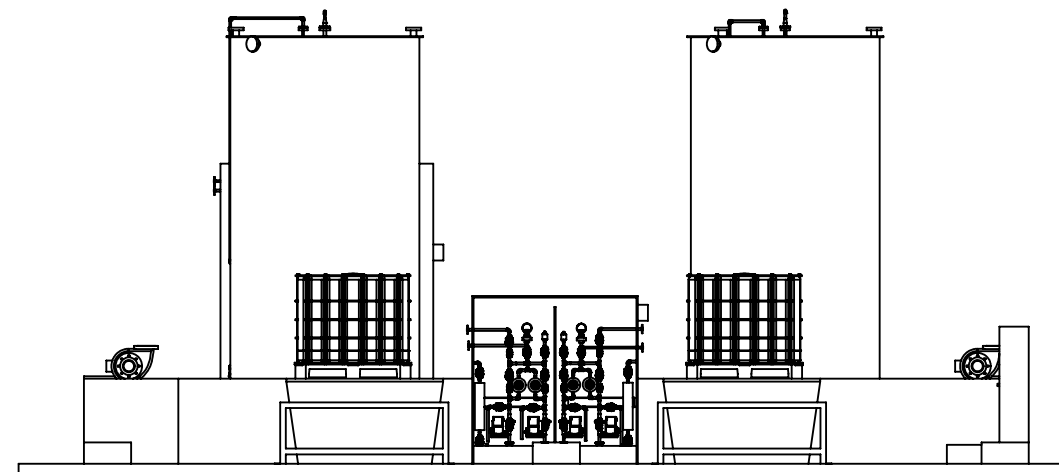
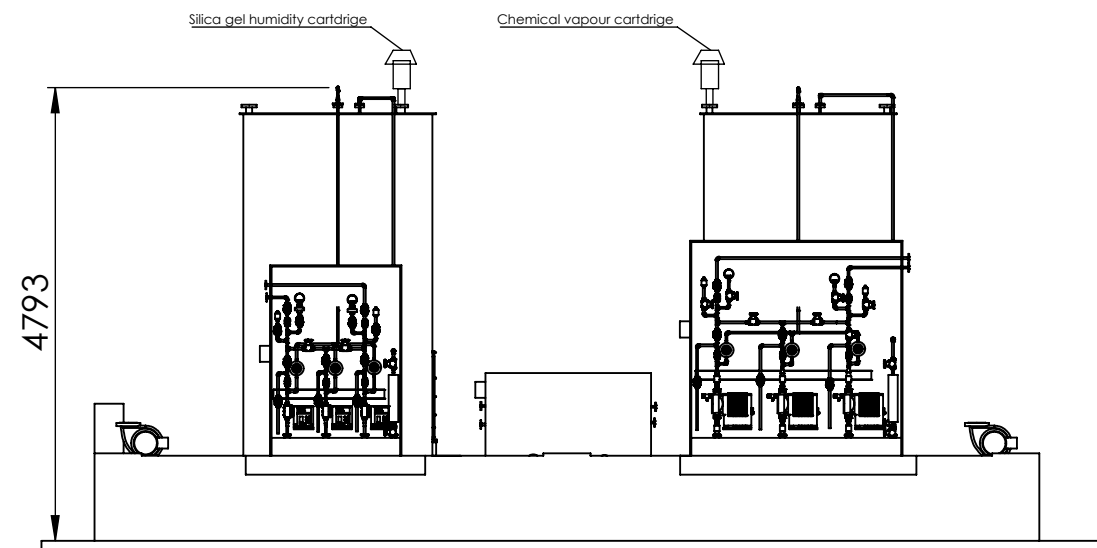
NOTE:
✕ Corresponds to Backpressure valve.

NPS	DN	N5AC1 (CPVC)
1/2"	15	d20
1"	25	d32
1 1/4"	32	d40
2"	50	d63

	Nombre:	E.T.S. INGENIEROS INDUSTRIALES ICAI		
Dibujado:	M. Álvarez			
Comprobado:	P. Raso			
Título: P&ID: Sistema de Dosificación de la Torre de Refrigeración		Número: 1	Escala: N/A	
		Página: 4/4		

CIRCULATING WATER CHEMICAL DOSING PACKAGE 00PBN10-AZ001

GENERAL VIEW



DOSING PANEL		
ITEM \ WEIGHT	EMPTY	FULL
ANTISCALANT	120 kg	200 kg
CORROSION INHIBITOR	120 kg	200 kg
SULFURIC ACID	190 kg	260 kg
HYPOCHLORITE	250 kg	360 kg

NOTES:

- All Dosing Panels have transparent doors, lockable

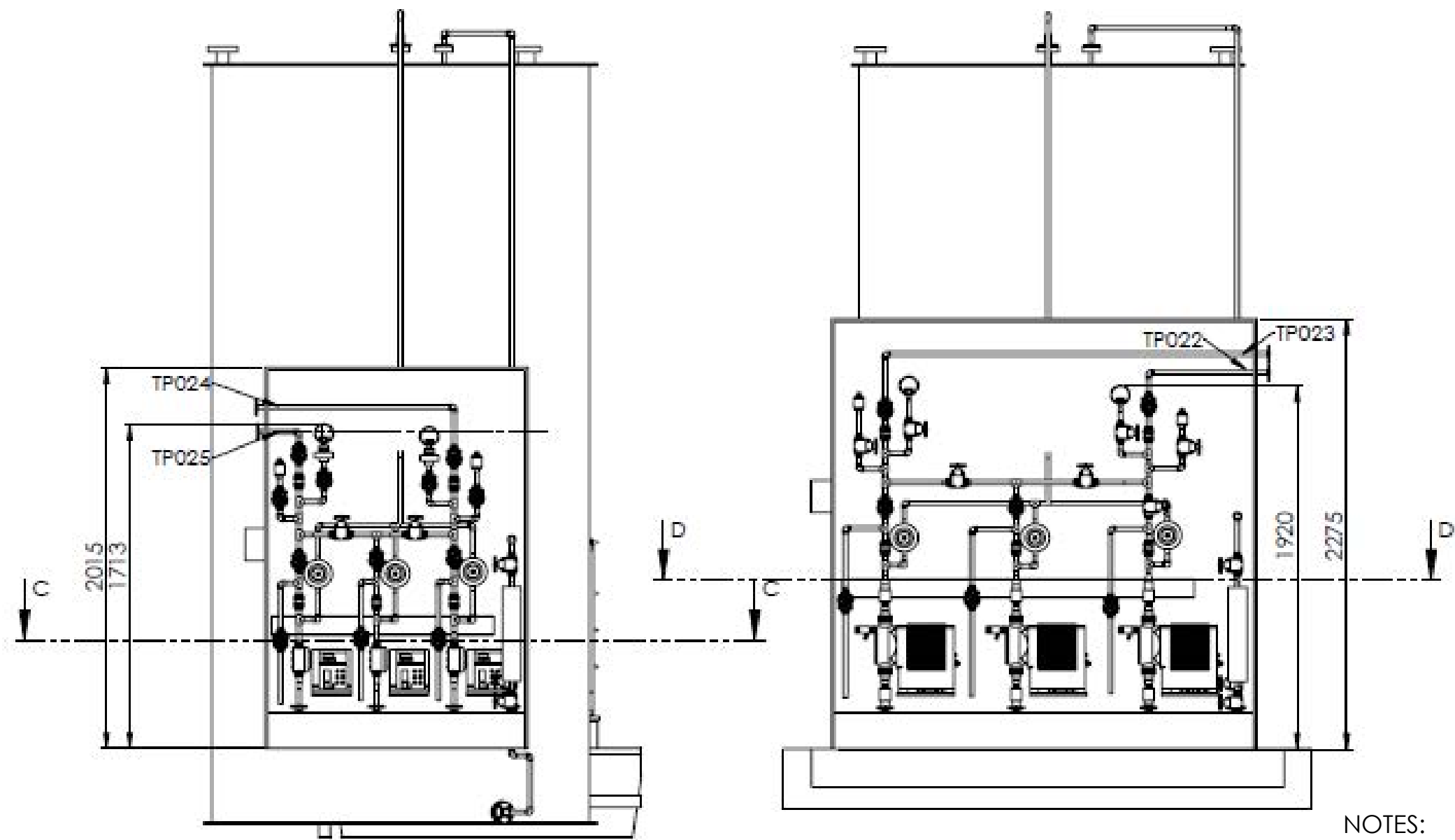
TANK		
ITEM \ WEIGHT	EMPTY	FULL
ANTISCALANT CONTAINER BUND	50 kg	1150 kg
CORROSION INHIBITOR CONTAINER BUND	50 kg	1150 kg
SULFURIC ACID	370 kg	22380 kg
HYPOCHLORITE	370 kg	13700 kg

	Nombre:	E.T.S. INGENIEROS INDUSTRIALES ICAI	
Dibujado:	M. Álvarez		
Comprobado:	P. Raso		
Título:		Número:	2
General Arrangement		Página:	1/6
		Escala:	
		N/A	

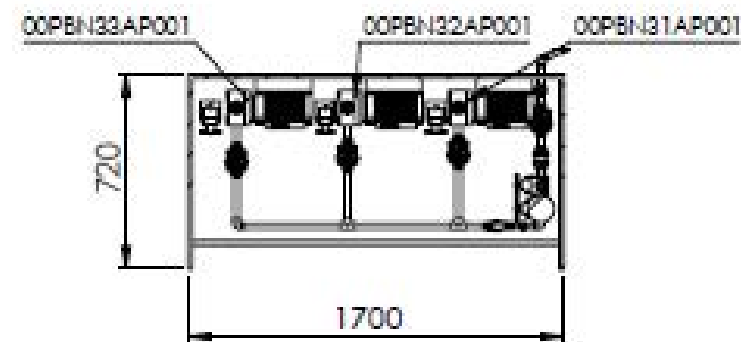
CIRCULATING WATER CHEMICAL DOSING PACKAGE 00PBN10-AZ001

SULFURIC ACID

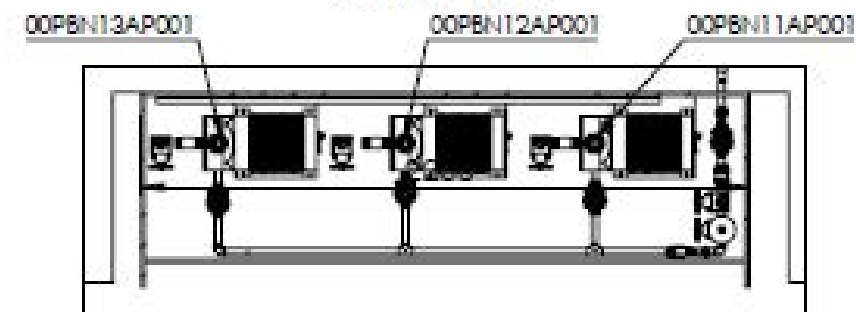
SODIUM HYPOCHLORITE



SECTION C-C



SECTION D-D

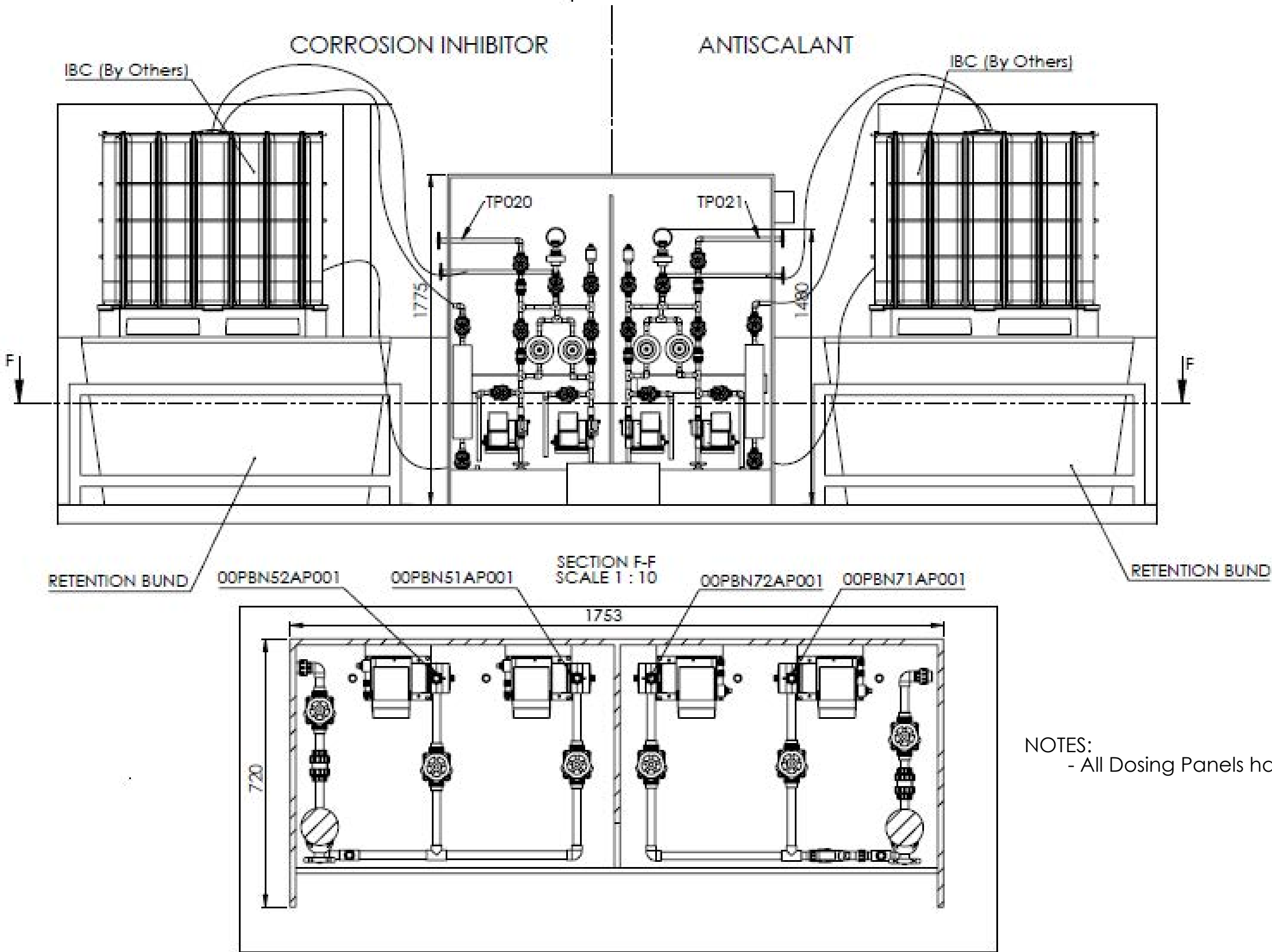


NOTES:

- All Dosing Panels have transparent doors, lockable

	Nombre:	E.T.S. INGENIEROS INDUSTRIALES ICAI		
Dibujado:	M. Álvarez			
Comprobado:	P. Raso			
Título: General Arrangement		Número: 2	Escala: N/A	
		Página: 2/6		

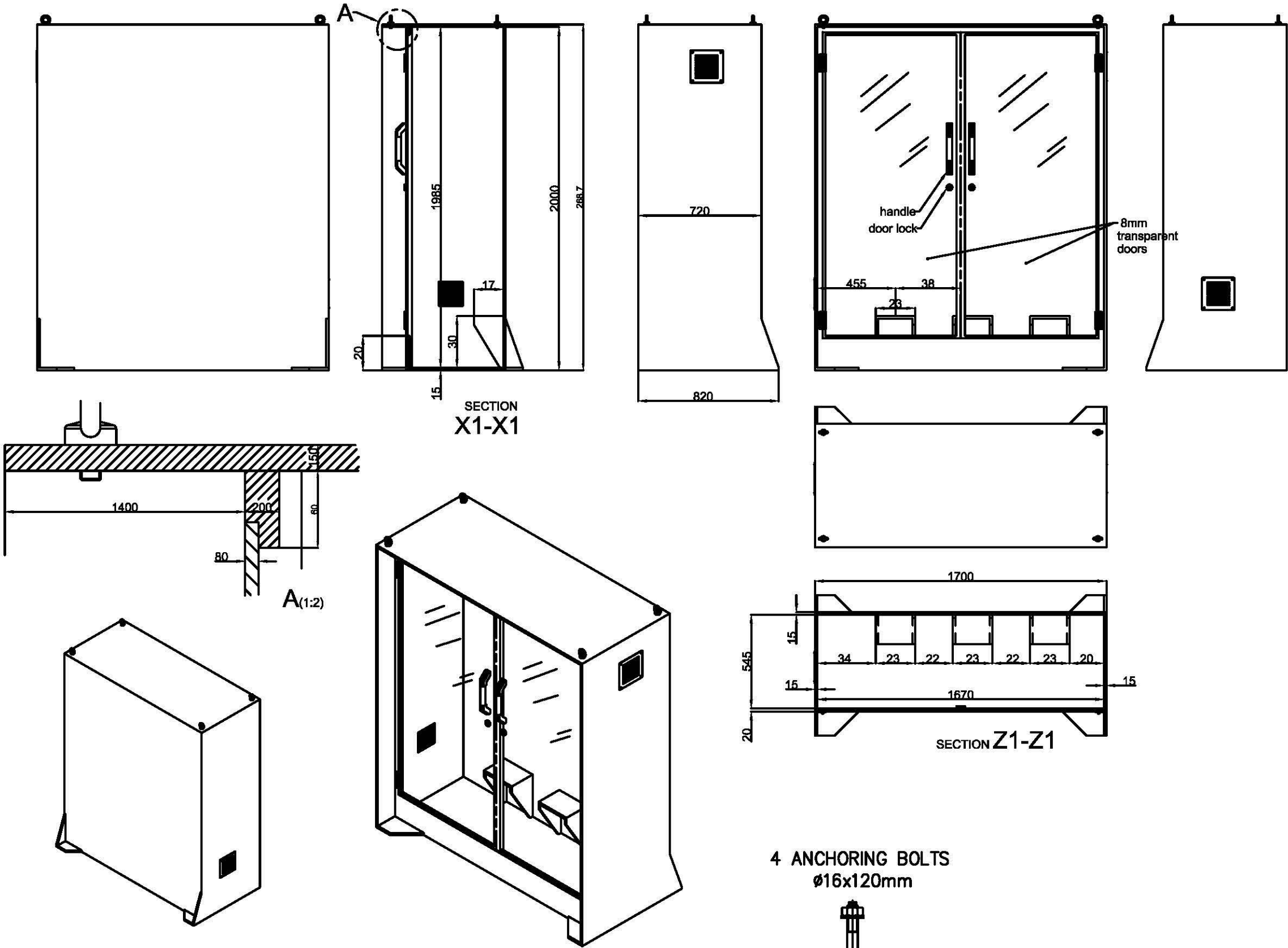
CIRCULATING WATER CHEMICAL DOSING PACKAGE 00PBN10-AZ001



NOTES:
- All Dosing Panels have transparent doors, lockable

	Nombre:	E.T.S. INGENIEROS INDUSTRIALES ICAI		
Dibujado:	M. Álvarez			
Comprobado:	P. Raso			
Título:		General Arrangement		Número: 2
				Escala: N/A
				Página: 3/6

SULFURIC ACID DOSING PANEL



4 ANCHORING BOLTS
Ø16x120mm



(By Others)

	Nombre:	E.T.S. INGENIEROS INDUSTRIALES ICAI		
Dibujado:	M. Álvarez			
Comprobado:	P. Raso			
Título: General Arrangement		Número:	2	Escala: N/A
		Página:	4/6	

Technical drawing of the ESD cabinet showing various views and dimensions:

- SECTION X1-X1:** A vertical cross-section showing the internal structure, including the door mechanism and the base. Dimensions include 2245, 2260, 2275, 30, 30, 15, 20, 720, and 820.
- SECTION Z1-Z1:** A horizontal cross-section showing the internal layout of the cabinet. Dimensions include 2400, 2370, 720, 15, 20, 10, 35.8, 32, 402.8, 545, 32, 402.8, 32, 24.7, and 15.
- SECTION A(1:2):** A detail view of the base mounting, showing the cabinet's footprint and the mounting plate. Dimensions include 1450, 200, 80, and 80.
- Isometric View:** A 3D perspective view of the cabinet, showing its overall shape and the location of the doors and drawers.
- Front View:** A top-down view of the cabinet, showing the two doors and the drawers. Labels include "handle", "door lock", and "8mm transparent doors".
- Side View:** A side view of the cabinet, showing the door and the drawers. Labels include "handle" and "door lock".
- Bottom View:** A bottom view of the cabinet, showing the base and the mounting plate. Dimensions include 1450, 200, 80, and 80.
- ANCHORING BOLTS:** A detail view of the anchoring bolt, labeled "4 ANCHORING BOLTS Ø16x120mm".

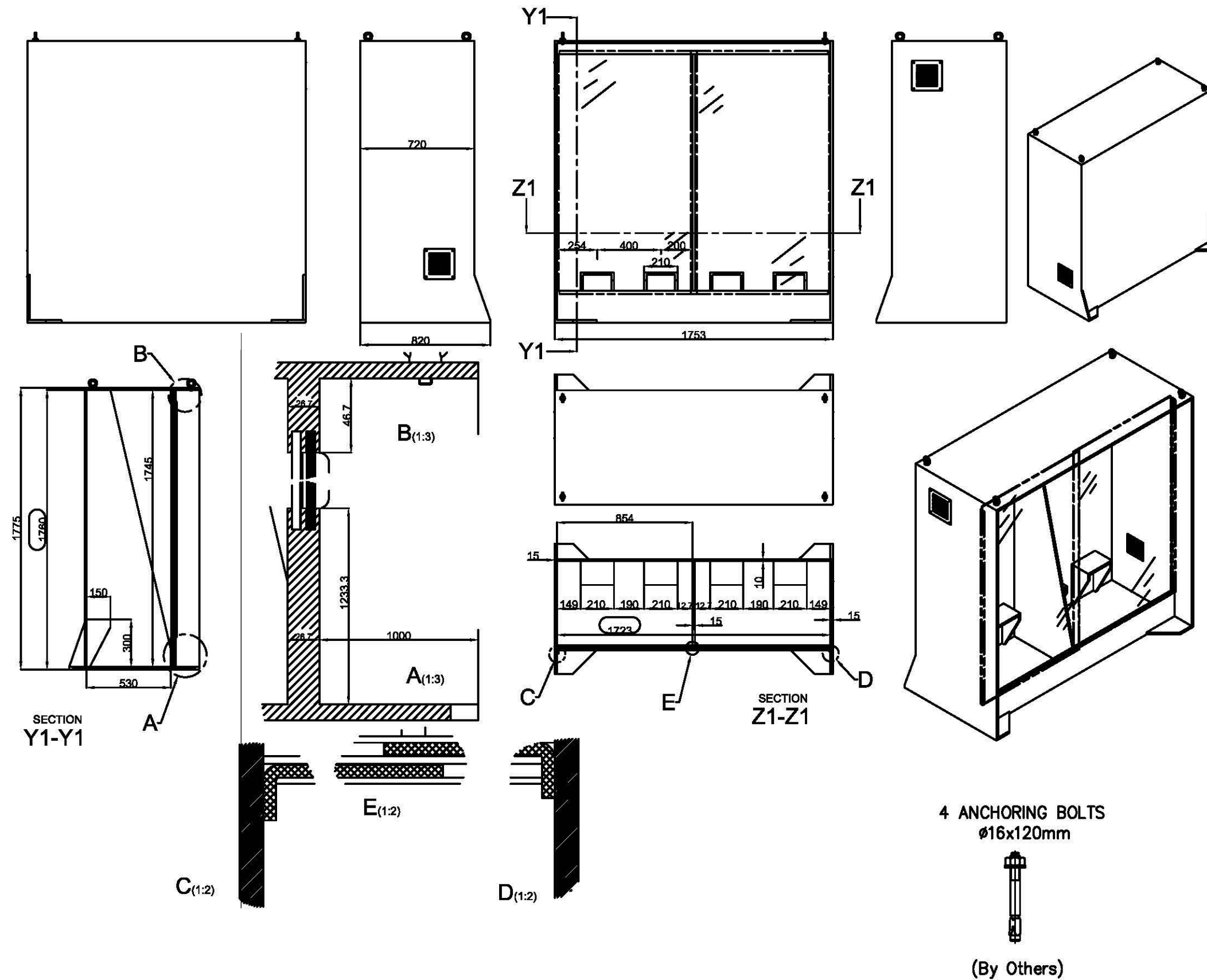
4 ANCHORING BOLTS
Ø16x120mm



(By Others)

	Nombre:	E.T.S. INGENIEROS INDUSTRIALES ICAI		
Dibujado:	M. Álvarez			
Comprobado:	P. Raso			
Título:		Número: 2		Escala:
General Arrangement		Página: 5/6		N/A

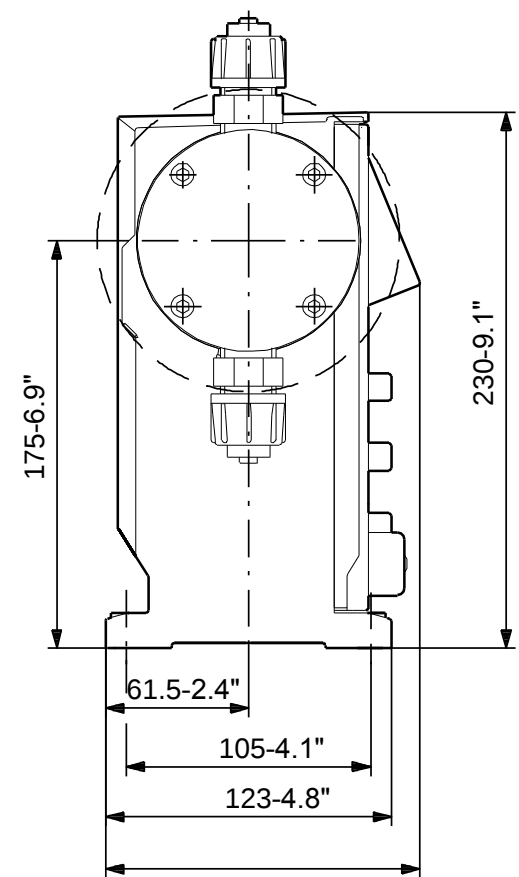
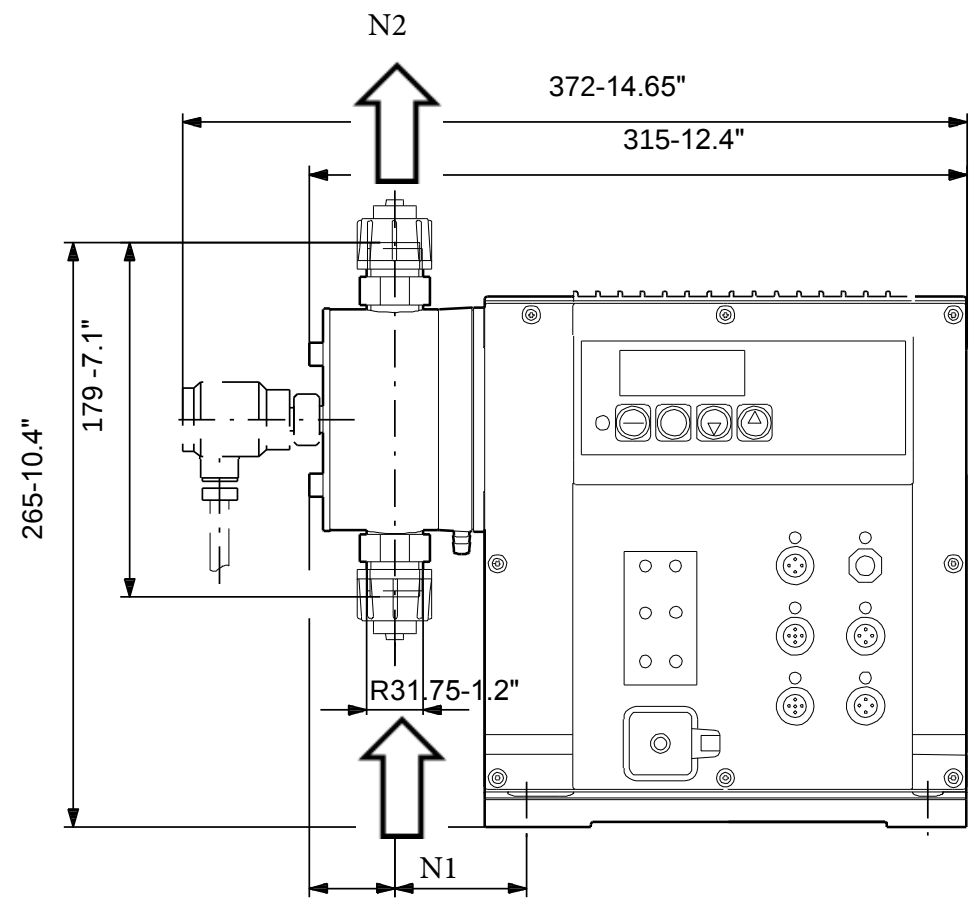
CORROSION INHIBITOR AND ANTISCALANT DOSING PANEL



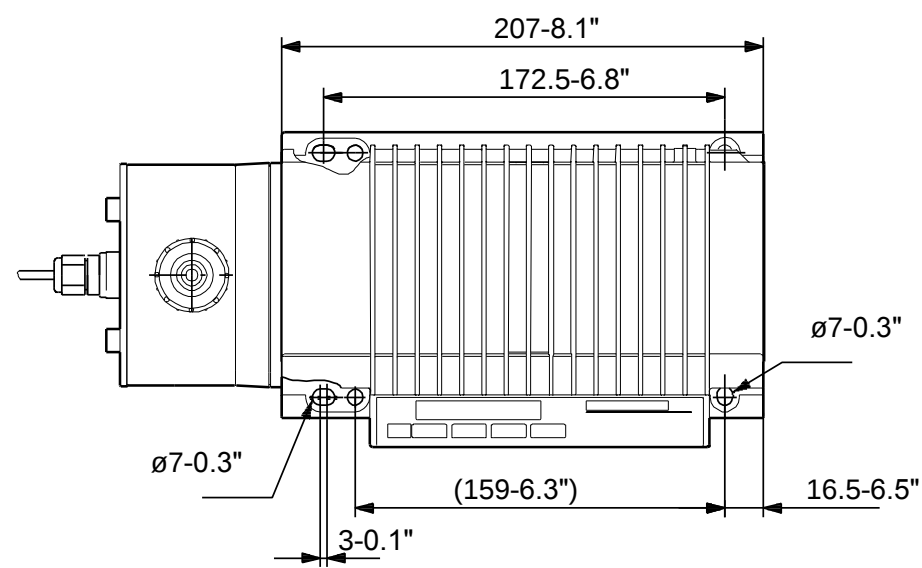
	Nombre:	E.T.S. INGENIEROS INDUSTRIALES ICAI		
Dibujado:	M. Álvarez			
Comprobado:	P. Raso			
Título:		General Arrangement		Número: 2
				Página: 6/6
				Escala: N/A

SULFURIC ACID DDI 222 150-4

00PBN31AP001 / 00PBN32AP001 / 00PBN33AP001



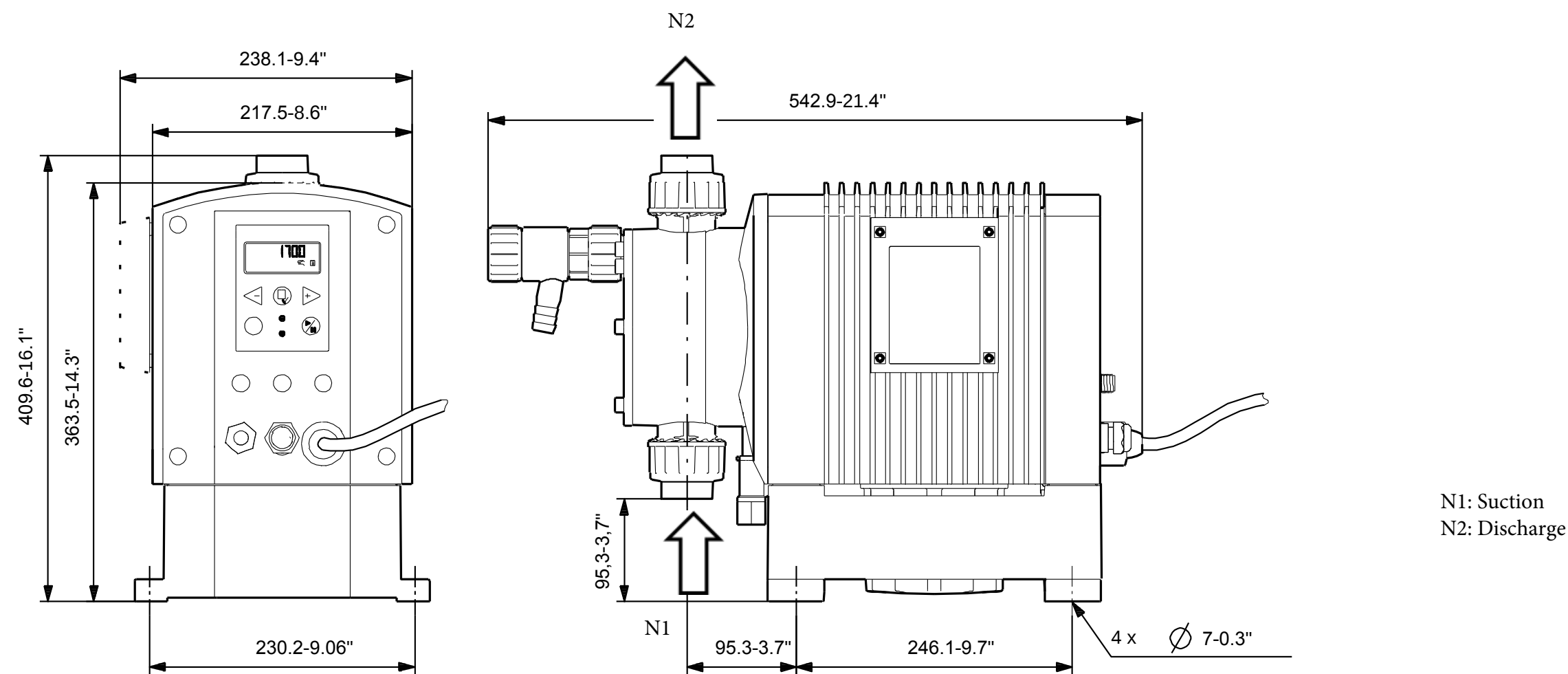
N1: Suction
N2: Discharge



	Nombre:	E.T.S. INGENIEROS INDUSTRIALES ICAI		
Dibujado:	M. Álvarez			
Comprobado:	P. Raso			
Título:		Número: 3		Escala:
Detail drawings for equipment and auxiliary elements		Página: 1/7		N/A

SODIUM HYPOCHLORITE DME 375-10 AR

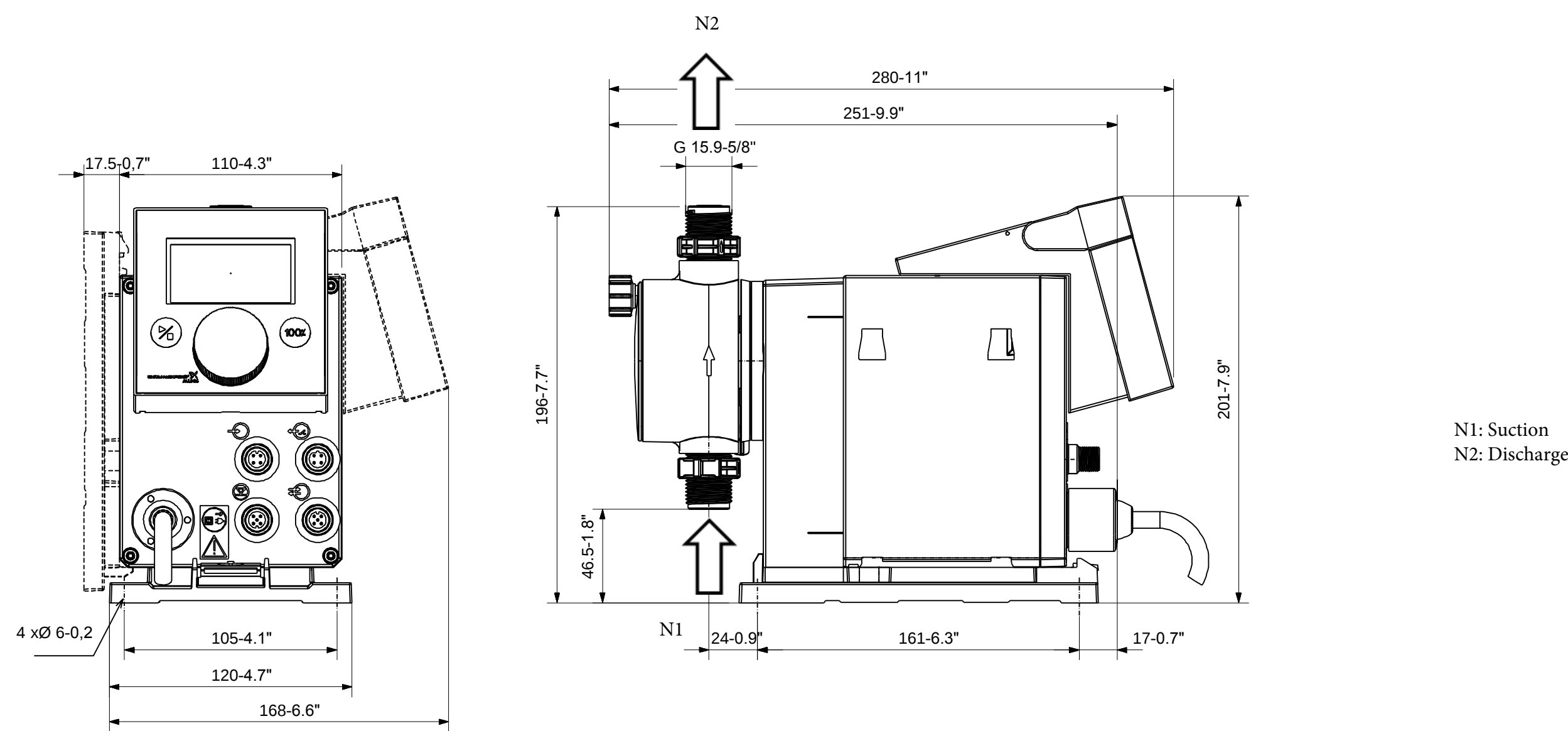
00PBN11AP001 / 00PBN12AP001 / 00PBN13AP001



	Nombre:	E.T.S. INGENIEROS INDUSTRIALES ICAI		
Dibujado:	M. Álvarez			
Comprobado:	P. Raso			
Título: Detail drawings for equipment and auxiliary elements		Número: 3	Escala: N/A	
		Página: 2/7		

ANTISCALANT DDA 7.5-16 FC

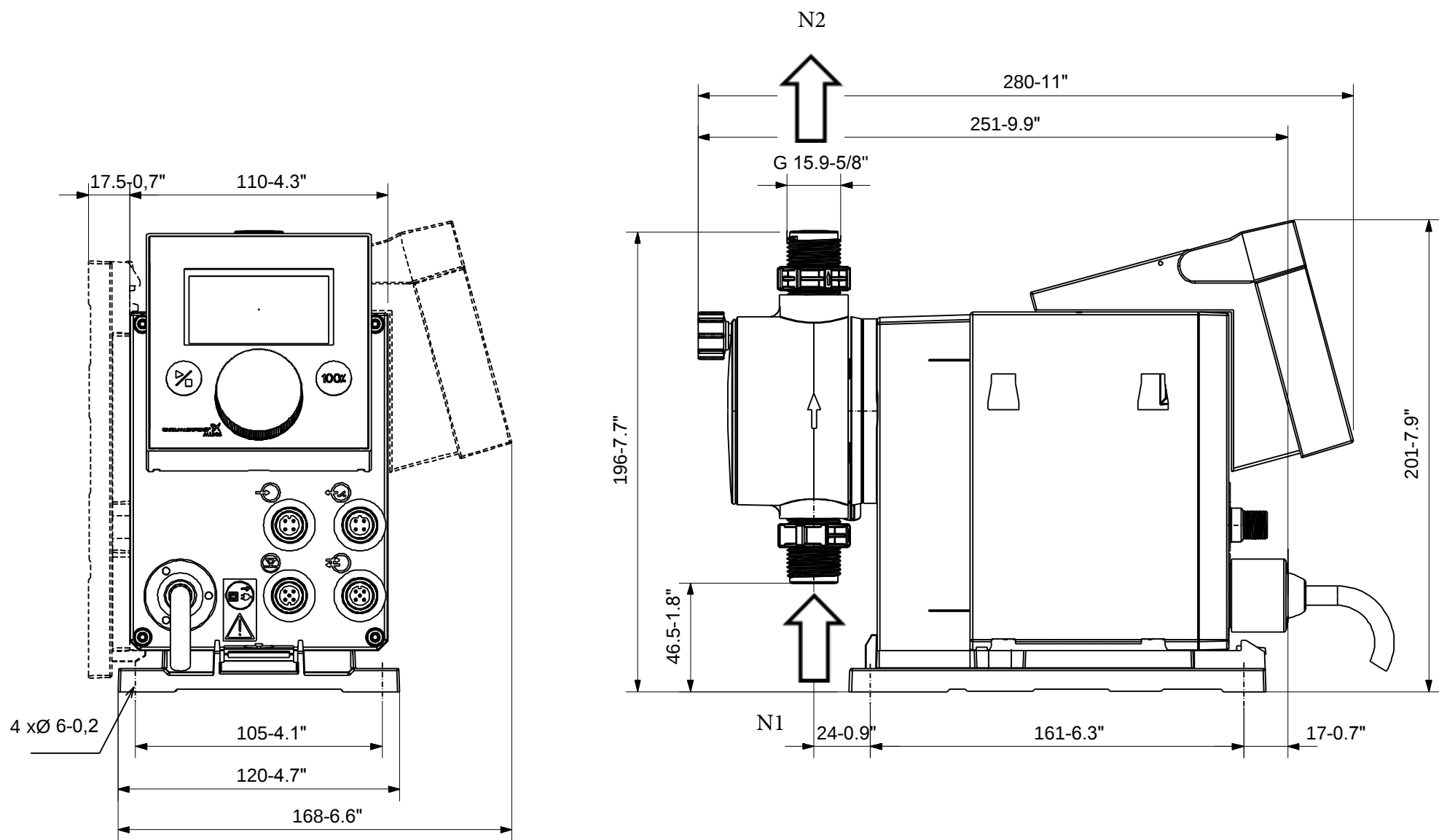
00PBN71AP001 / 00PBN72AP001



	Nombre:	E.T.S. INGENIEROS INDUSTRIALES ICAI		
Dibujado:	M. Álvarez			
Comprobado:	P. Raso			
Título: Detail drawings for equipment and auxiliary elements		Número: 3	Escala: N/A	
		Página: 3/7		

CORROSION INHIBITOR DDA 7.5-16 FC

00PBN51AP001 / 00PBN52AP001

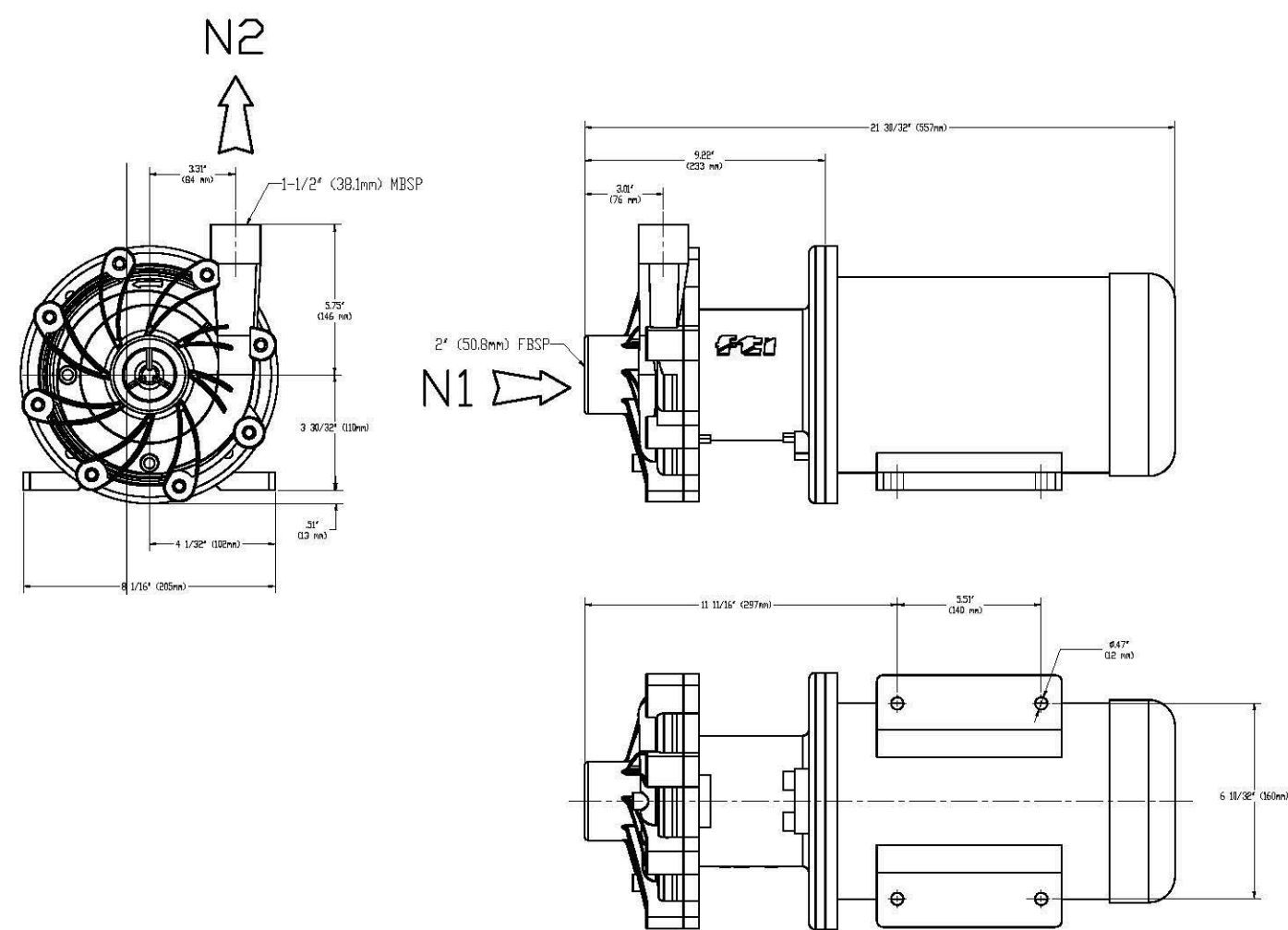


N1: Suction
N2: Discharge

	Nombre:	E.T.S. INGENIEROS INDUSTRIALES ICAI		
Dibujado:	M. Álvarez			
Comprobado:	P. Raso			
Título: Detail drawings for equipment and auxiliary elements		Número: 3	Escala: N/A	
		Página: 4/7		

COOLING TOWER CENTRIFUGAL PUMPS

00PBN10AP001 / 00PBN30AP001



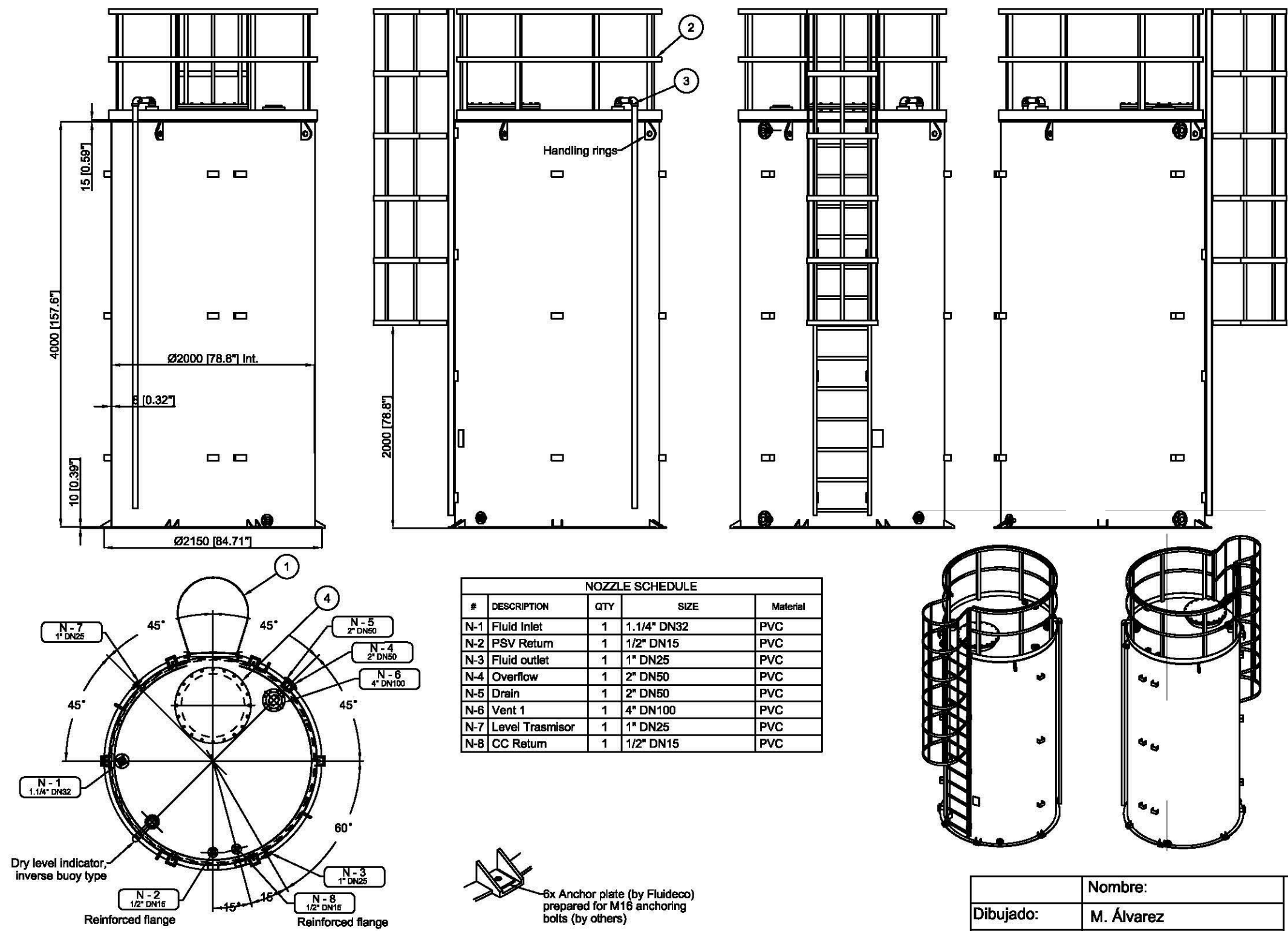
N1: Suction
N2: Discharge

NOTE:
1. ALL WEIGHTS ARE ESTIMATED AND FOR REFERENCE ONLY
2. PUMP WEIGHT IS ESTIMATED USING POLYPRO PUMP COMPONENTS
*- DIMENSION DEPENDS UPON MOTOR MANUFACTURER
**- MOTOR WEIGHT DEPENDS UPON MOTOR MANUFACTURER AND STYLE OF MOTOR USED

	Nombre:	E.T.S. INGENIEROS INDUSTRIALES ICAI		
Dibujado:	M. Álvarez			
Comprobado:	P. Raso			
Título: Detail drawings for equipment and auxiliary elements		Número: 3	Escala: N/A	
		Página: 5/7		

SULFURIC ACID TANK

00PBN30BB001



NOTES: All DN15 flanges are reinforced
External coated: PRFV 5mm

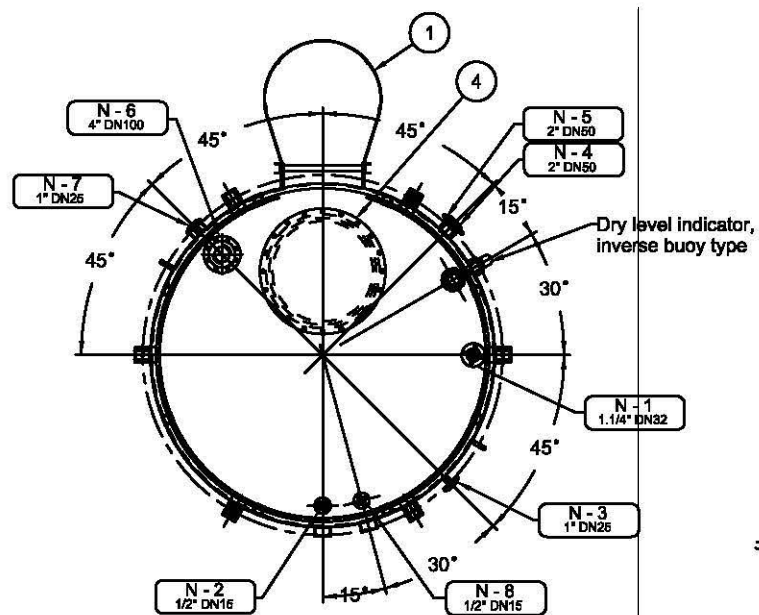
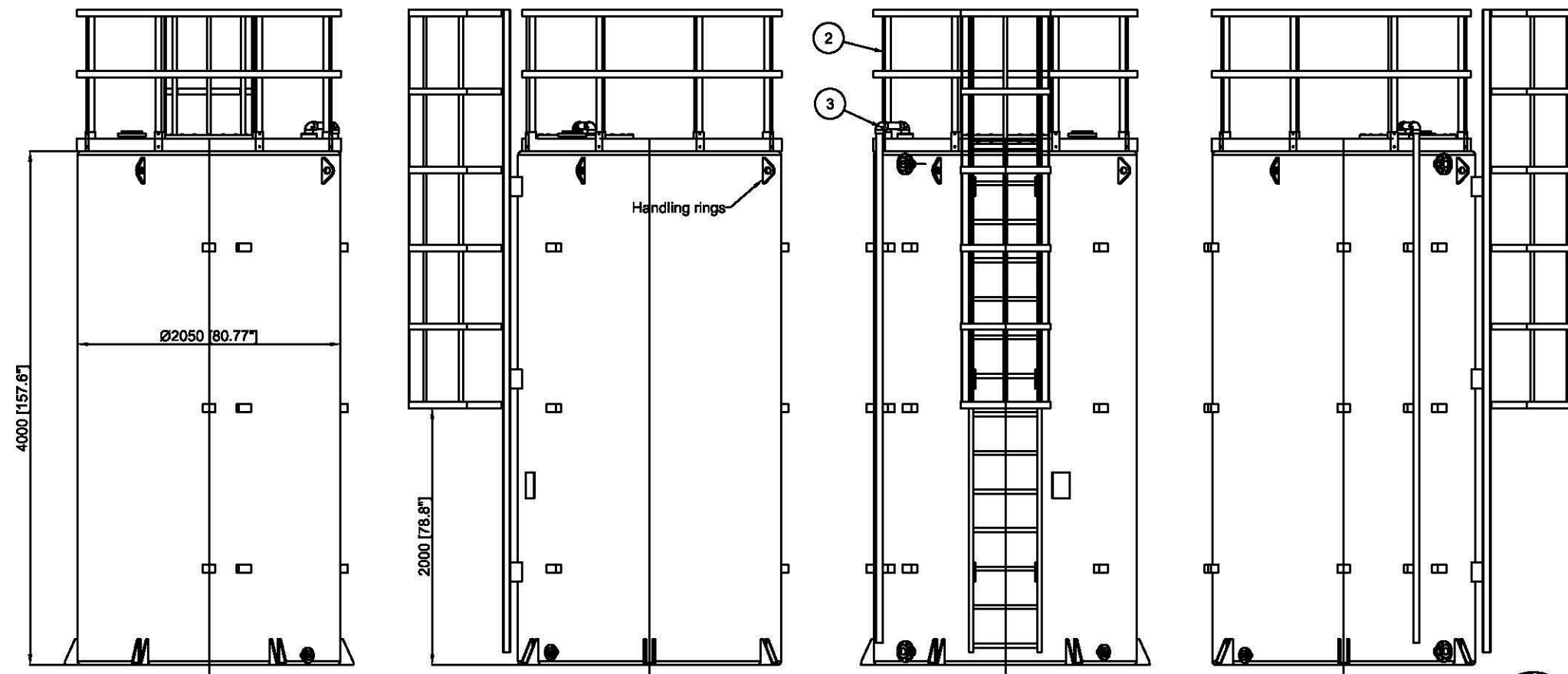
#	DESCRIPTION	QTY	DIMENSIONS	Material
1	Ladder	1	-	PRFV
2	Railing	1	-	PRFV
3	Inverse level indicator	1	50 [1.97"]	PVC
4	Man Hole	1	Ø 800 [23.64"]	PVC

NOZZLE SCHEDULE				
#	DESCRIPTION	QTY	SIZE	Material
N-1	Fluid Inlet	1	1.1/4" DN32	PVC
N-2	PSV Return	1	1/2" DN15	PVC
N-3	Fluid outlet	1	1" DN25	PVC
N-4	Overflow	1	2" DN50	PVC
N-5	Drain	1	2" DN50	PVC
N-6	Vent 1	1	4" DN100	PVC
N-7	Level Transmisor	1	1" DN25	PVC
N-8	CC Return	1	1/2" DN15	PVC

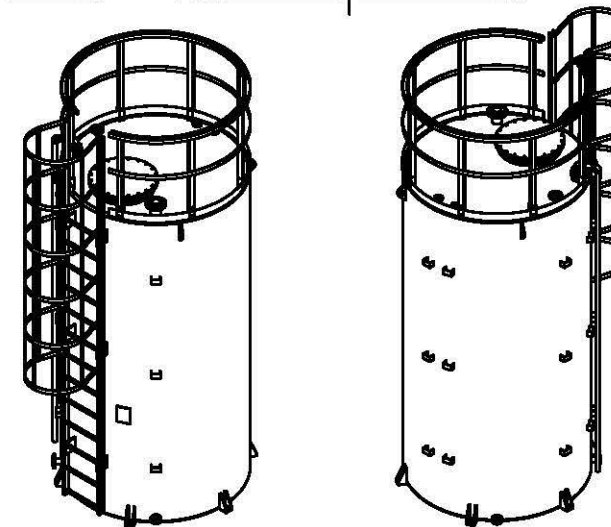
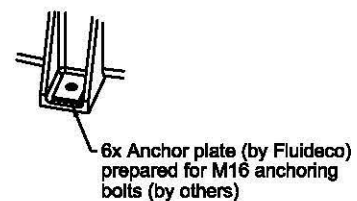
	Nombre:	E.T.S. INGENIEROS INDUSTRIALES ICAI		
Dibujado:	M. Álvarez			
Comprobado:	P. Raso			
Título: Detail drawings for equipment and auxiliary elements		Número:	3	Escala:
		Página:	6/7	N/A

SODIUM HYPOCHLORITE TANK

00PBN10BB001



NOZZLE SCHEDULE				
#	DESCRIPTION	QTY	SIZE	Material
N-1	Fluid Inlet	1	1.1/4" DN32	PRFV
N-2	PSV Return	1	1/2" DN15	PRFV
N-3	Fluid outlet	1	1" DN25	PRFV
N-4	Overflow	1	2" DN50	PRFV
N-5	Drain	1	2" DN50	PRFV
N-6	Vent 1	1	4" DN100	PRFV
N-7	Level Transmisor	1	1" DN25	PRFV
N-8	CC Return	1	1/2" DN15	PRFV



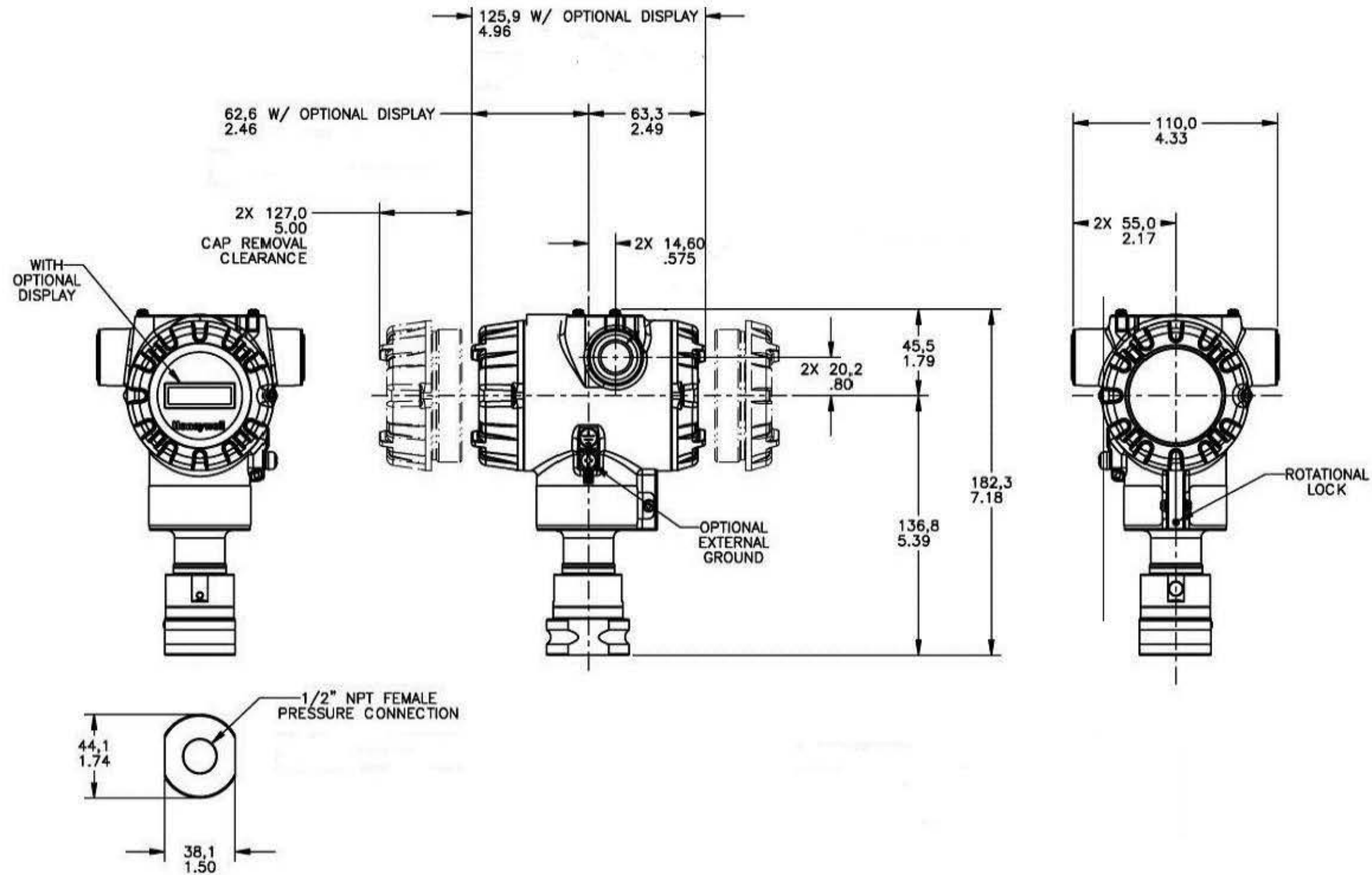
NOTE: All DN15 flanges are reinforced

#	DESCRIPTION	QTY	DIMENSIONS	Material
1	Ladder	1	-	PRFV
2	Railing	1	-	PRFV
3	Inverse level indicator	1	80 [1.97"]	PVC
4	Man Hole	1	Ø 600 [23.64"]	PVC

	Nombre:	E.T.S. INGENIEROS INDUSTRIALES ICAI			
Dibujado:	M. Álvarez				
Comprobado:	P. Raso				
Título:		Detail drawings for equipment and auxiliary elements		Número: 3	Escala: N/A
				Página: 7/7	

LEVEL TRANSMITTER INDICATOR

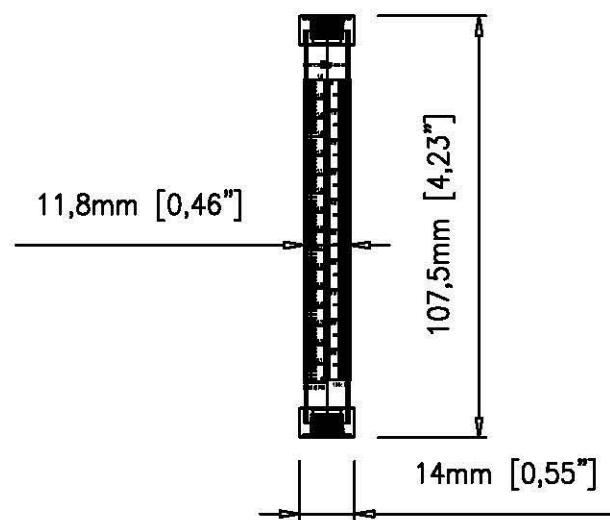
00PBN10CL001/00PBN30CL001/00PBN50CL001/00PBN70CL001



	Nombre:	E.T.S. INGENIEROS INDUSTRIALES ICAI		
Dibujado:	M. Álvarez			
Comprobado:	P. Raso			
Título:		Número: 4		Escala:
Instruments and JB dimensional drawings		Página: 1/6		
				N/A

CALIBRATION COLUMN

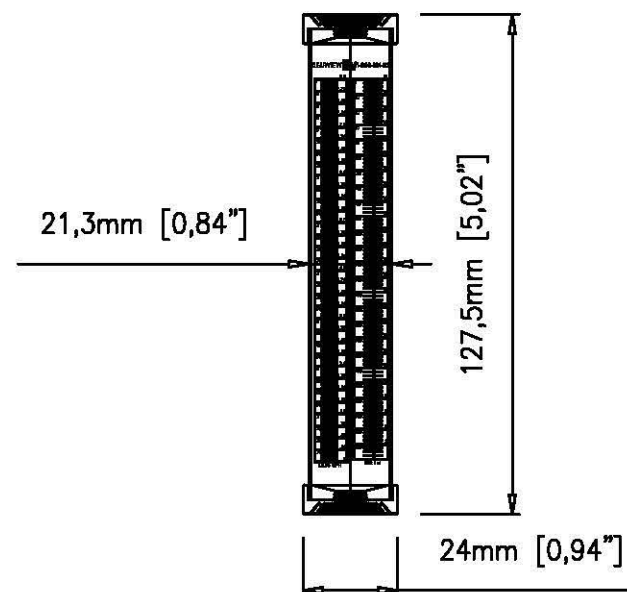
00PBN10BY001/00PBN30BY001/00PBN50BY001/00PBN70BY001



CV2-100-PVC

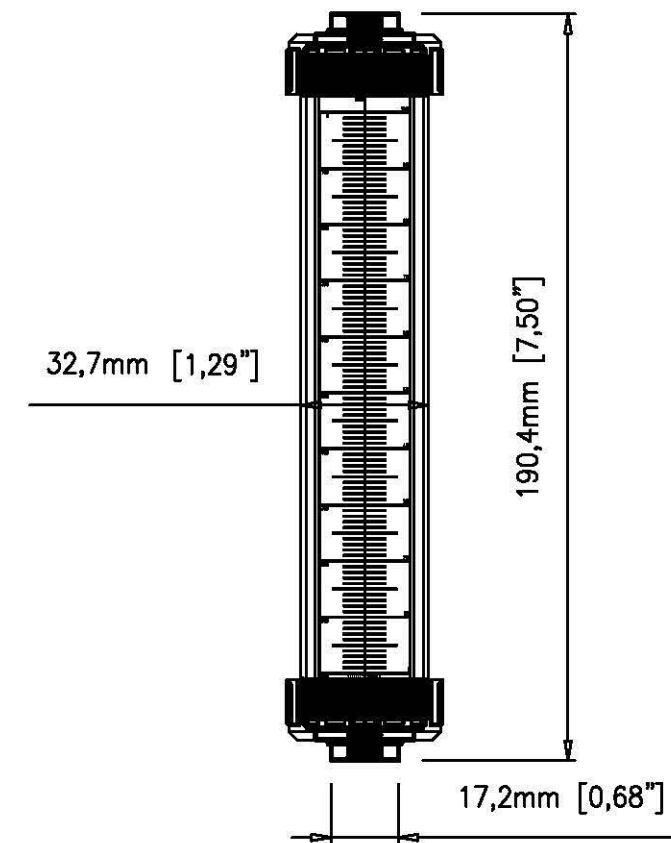
00PBN50BY001

00PBN70BY001



CV2-500-PVC

00PBN10BY001



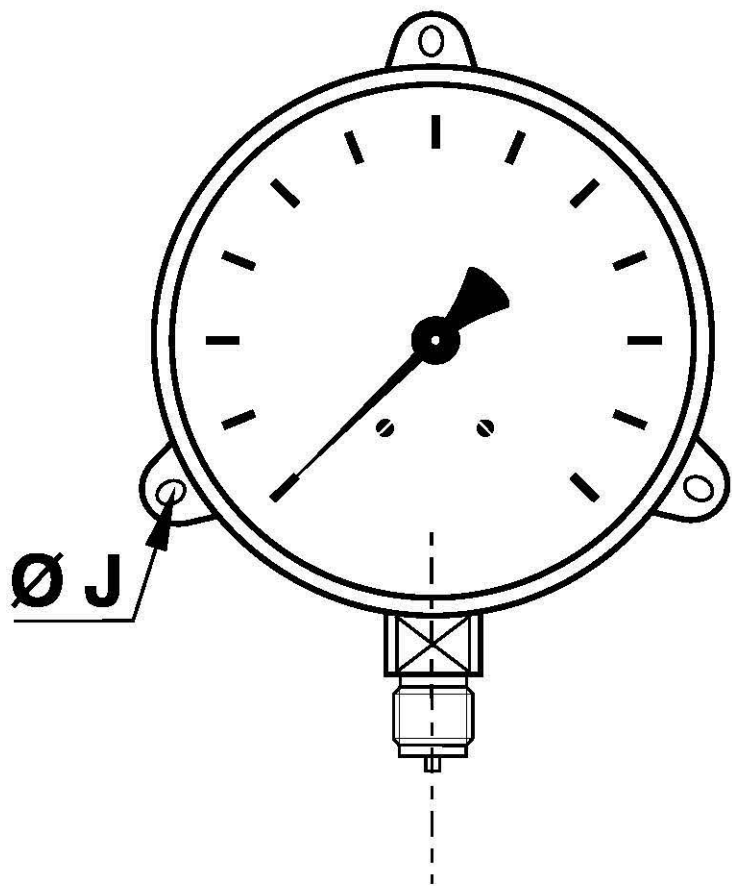
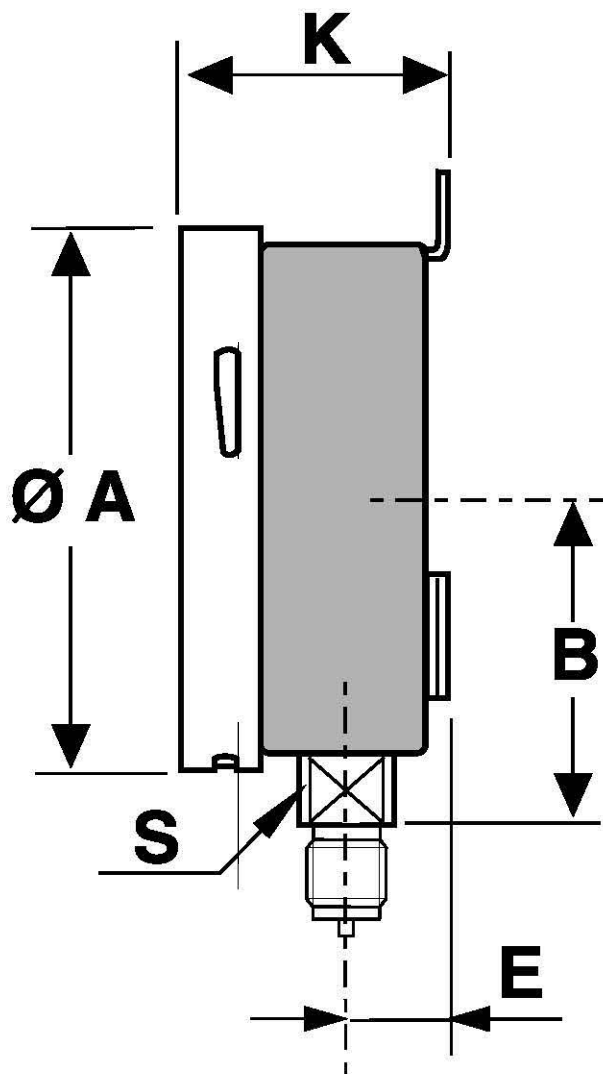
CVG-1000-PVDF

00PBN30BY001

	Nombre:	E.T.S. INGENIEROS INDUSTRIALES ICAI		
Dibujado:	M. Álvarez			
Comprobado:	P. Raso			
Título: Instruments and JB dimensional drawings		Número: 4	Escala: N/A	
		Página: 2/6		

PRESSURE GAUGE

00PBN20BB001/00PBN25BB001/00PBN40BB001/00PBN45BB001/00PBN60BB001/00PBN80BB001

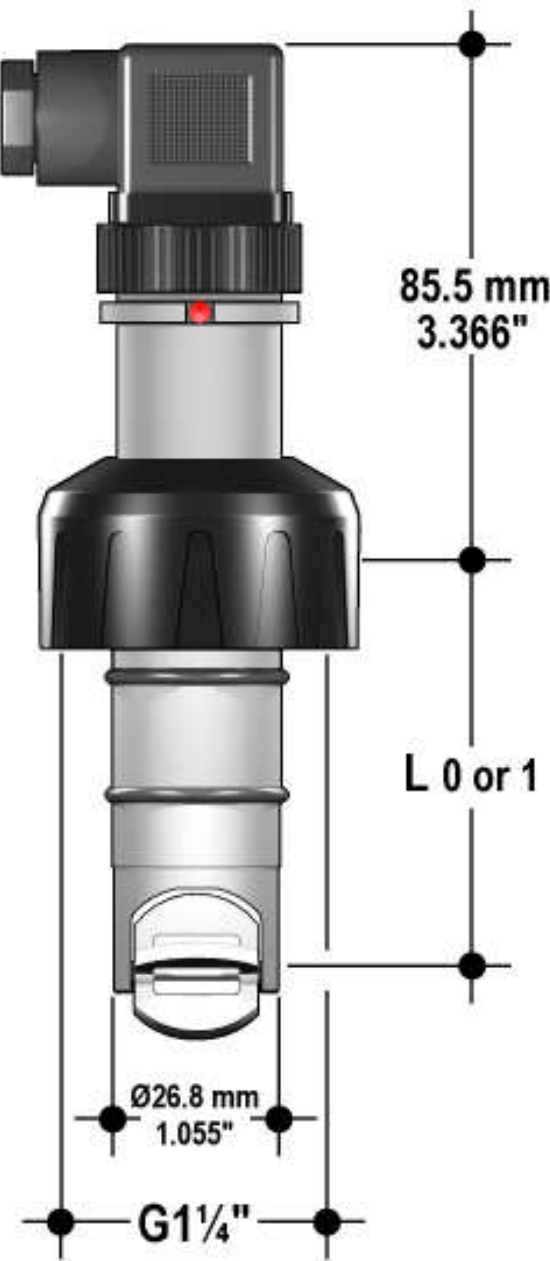


	mm	inch
A	120	4,7
B	67	2,6
E	21,5	0,8
J	5,5	0,2
K	54,5	2,1
S	22	0,9

	Nombre:	E.T.S. INGENIEROS INDUSTRIALES ICAI		
Dibujado:	M. Álvarez			
Comprobado:	P. Raso			
Título: Instruments and JB dimensional drawings		Número: 4	Escala: N/A	
		Página: 3/6		

DRY RUN PROTECTION SWITCH

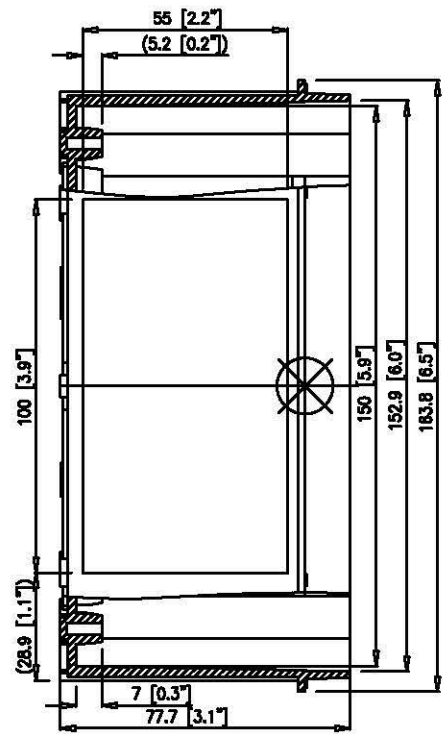
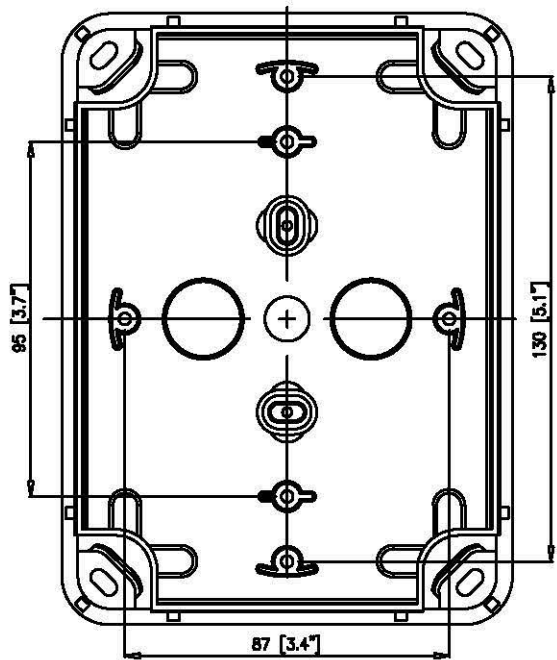
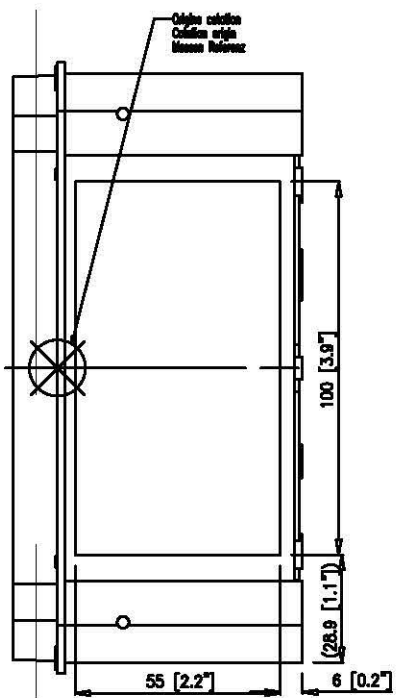
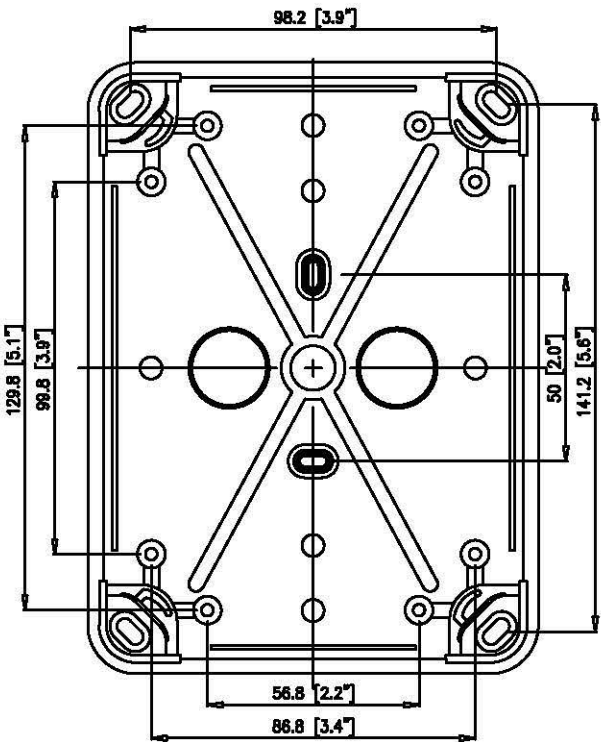
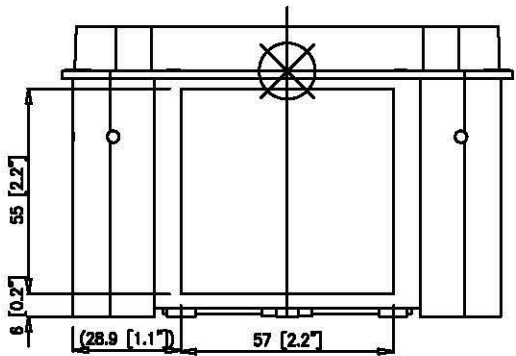
00PBN10CP201/00PBN30CP201



L0 = 68.3 mm (2.69 in)

	Nombre:	E.T.S. INGENIEROS INDUSTRIALES ICAI		
Dibujado:	M. Álvarez			
Comprobado:	P. Raso			
Título: Instruments and JB dimensional drawings		Número: 4	Escala: N/A	
		Página: 4/6		

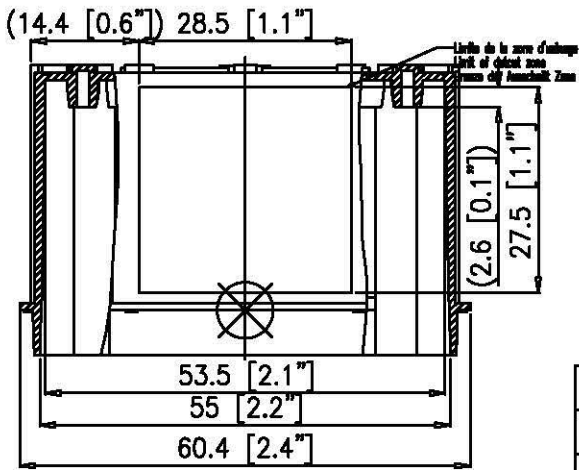
COOLING TOWER JUNCTION BOXES DIMENSIONAL DRAWING



00PBN10GH001
00PBN30GH001
00PBN50GH001

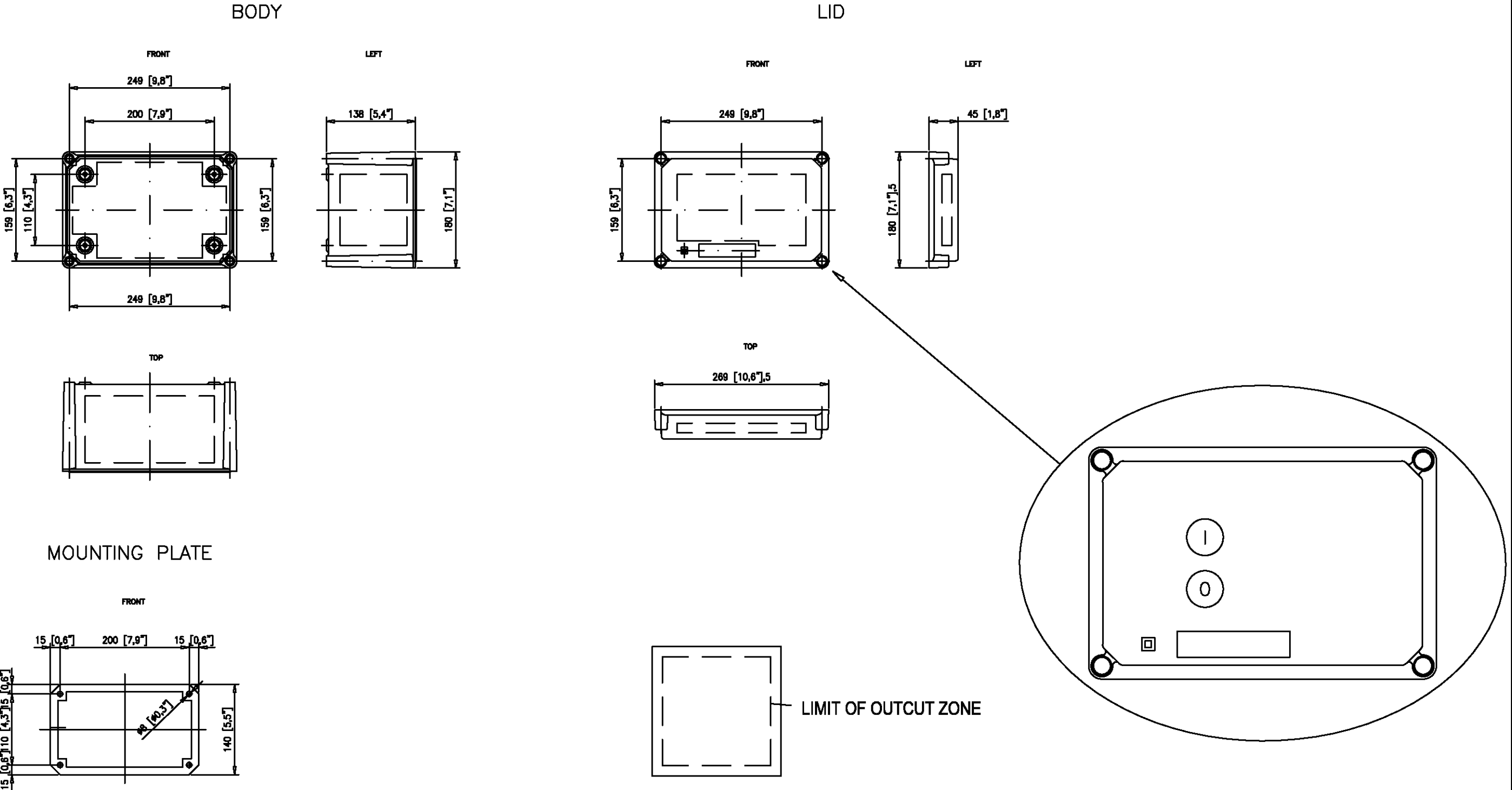
NOTE:
- CABLE GLANDS INCLUDED FOR THE FOLLOWING CONTROL CABLES:
M25x1,5

NOTE:
1 x JUNCTION BOX FOR SULFURIC ACID
1 x JUNCTION BOX FOR SODIUM HYPOCHLORITE
1 x JUNCTION BOX FOR ANTISCALANT + CORROSION INHIBITOR



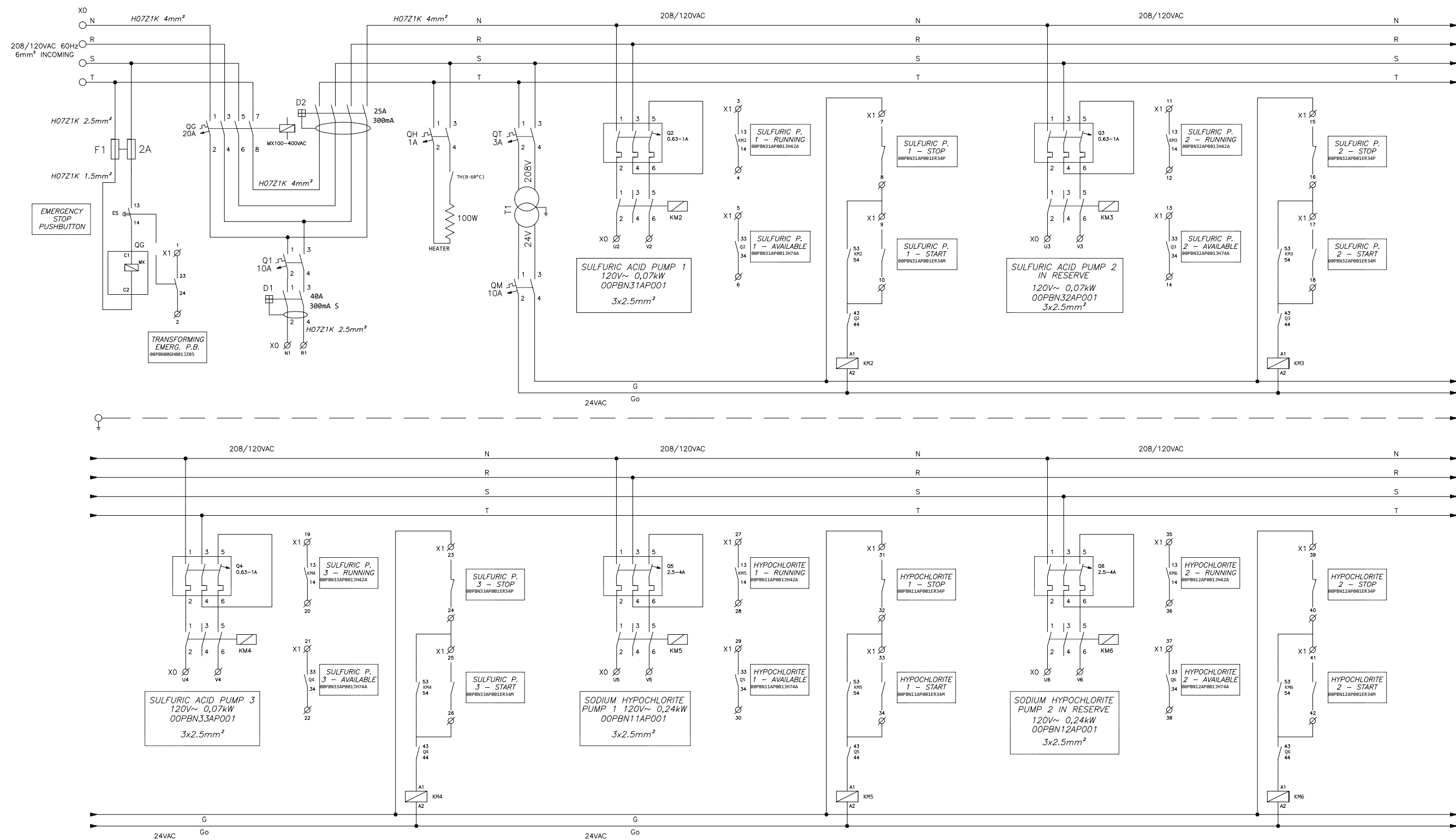
	Nombre:	E.T.S. INGENIEROS INDUSTRIALES ICAI	
Dibujado:	M. Álvarez		
Comprobado:	P. Raso		
Título: Instruments and JB dimensional drawings		Número: 4	Escala: N/A
		Página: 5/6	

CENTRIFUGAL PUMPS PUSHBUTTON BOX – DIMENSIONAL DRAWING



NOTE:
– CABLE GLANDS INCLUDED FOR THE FOLLOWING CONTROL CABLES:
M20x1,5

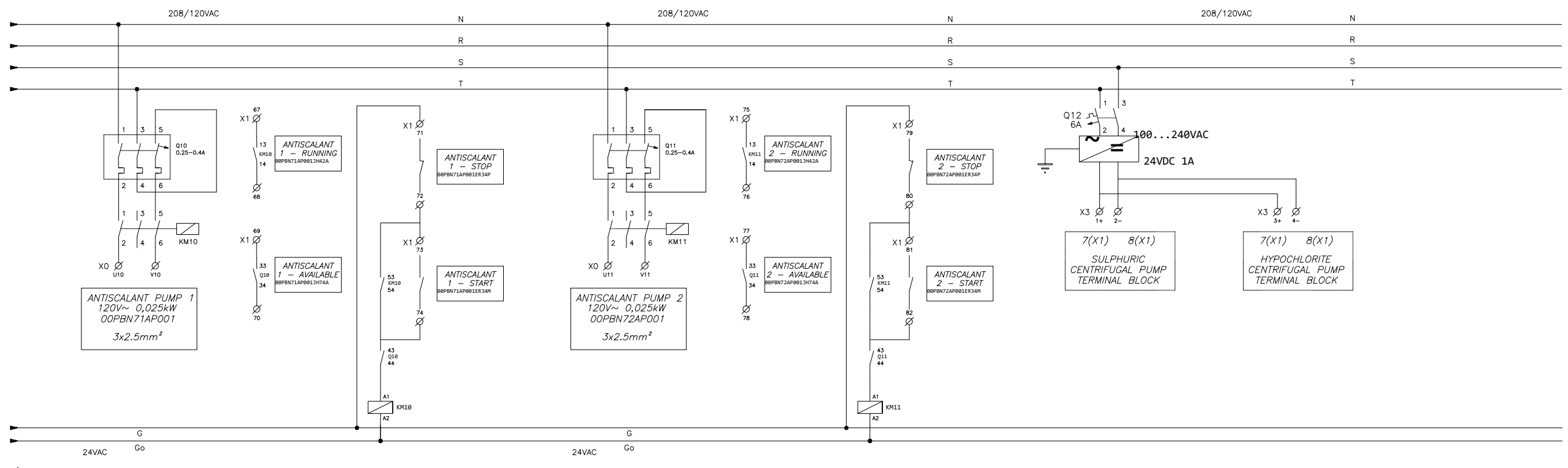
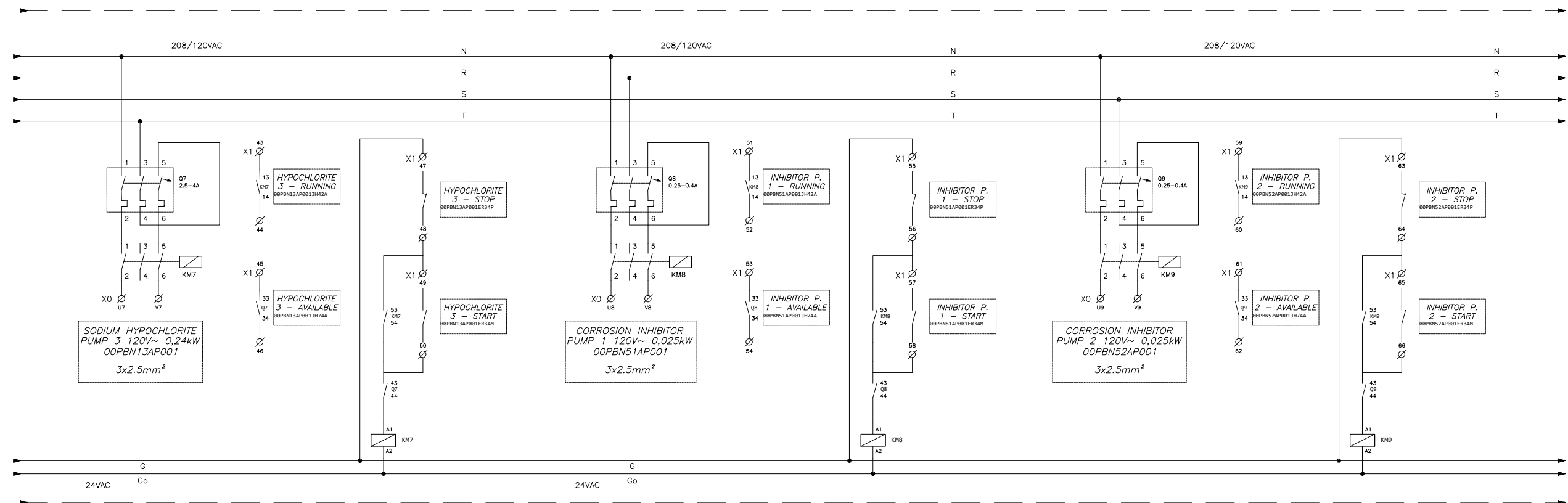
	Nombre:	E.T.S. INGENIEROS INDUSTRIALES ICAI		
Dibujado:	M. Álvarez			
Comprobado:	P. Raso			
Título: Instruments and JB dimensional drawings		Número: 4	Escala: N/A	
		Página: 6/6		



TOWER
PANEL

EVERY CIRCUIT BREAKER
PROTECTS ALL ACTIVE
PHASES AND NEUTRAL.

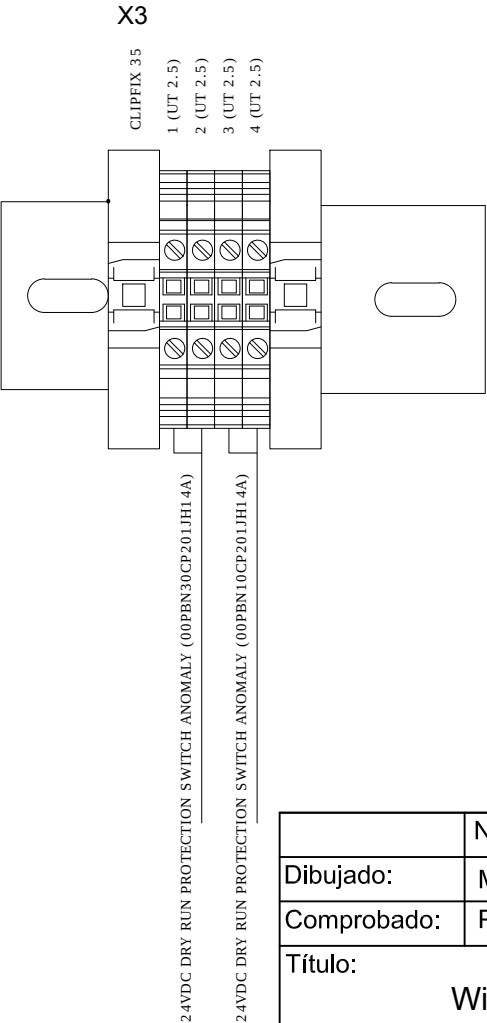
	Nombre:	E.T.S. INGENIEROS INDUSTRIALES ICAI		
Dibujado:	M. Álvarez			
Comprobado:	P. Raso			
Título: Wiring diagrams for electrical equipment		Número:	5	Escala: N/A
		Página:	1/5	



EVERY CIRCUIT BREAKER
PROTECTS ALL ACTIVE
PHASES AND NEUTRAL.

TOWER
PANEL

	Nombre:	E.T.S. INGENIEROS INDUSTRIALES ICAI		
Dibujado:	M. Álvarez			
Comprobado:	P. Raso			
Título:		Número: 5		Escala:
Wiring diagrams for electrical equipment		Página: 2/5		N/A

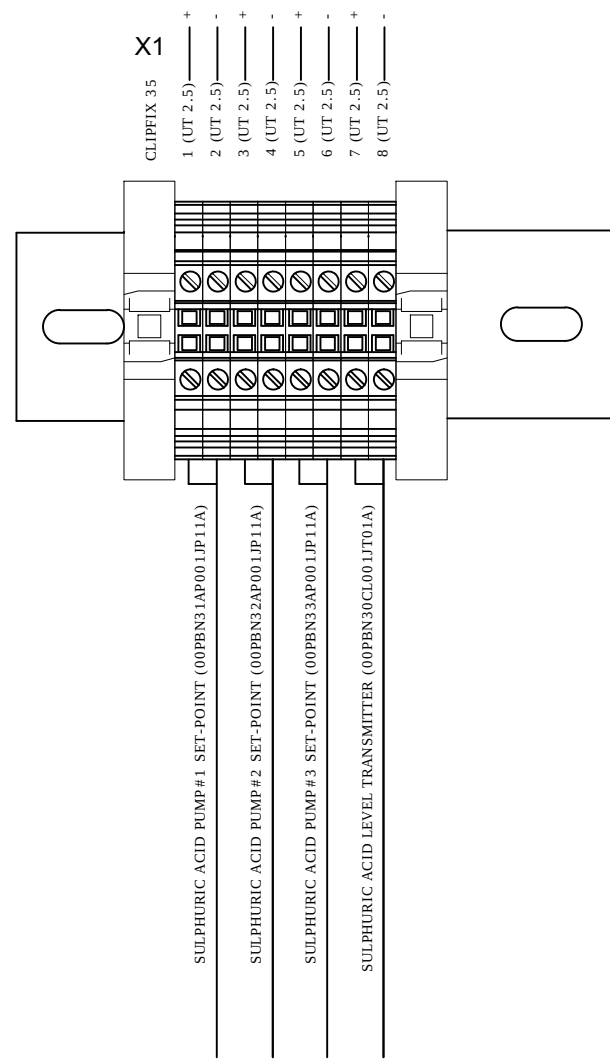


ALL SIGNALS TO/FROM TERMINAL BLOCK TO DCS
SHALL BE WIRED BY OWNER. USE SHIELDED CABLE.

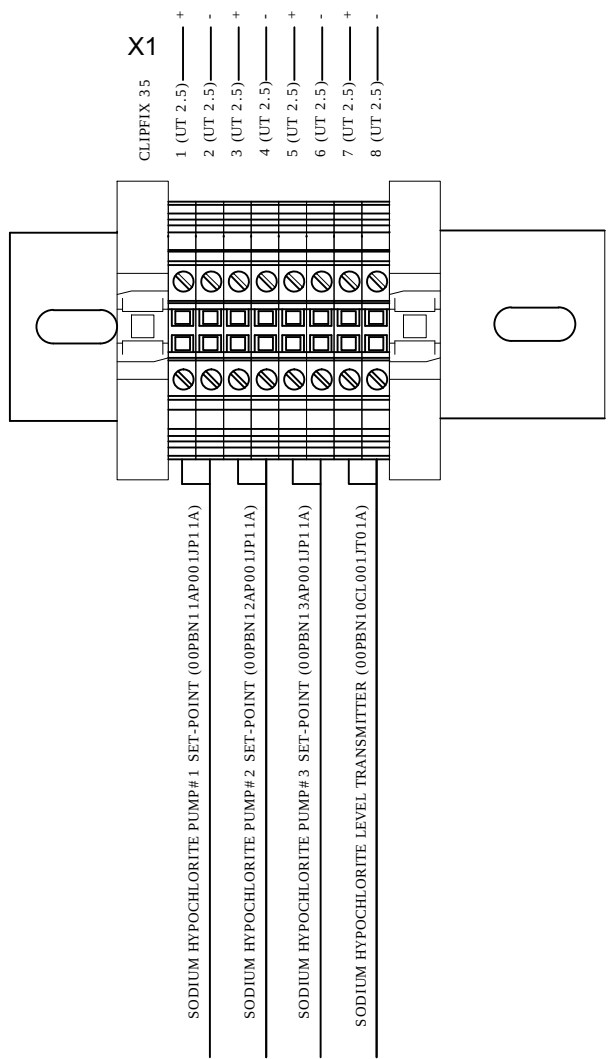
	Nombre:	E.T.S. INGENIEROS INDUSTRIALES ICAI		
Dibujado:	M. Álvarez			
Comprobado:	P. Raso			
Título:		Número: 5		Escala:
Wiring diagrams for electrical equipment		Página: 3/5		N/A

TOWER TRANSFORMING JUNCTION BOXES

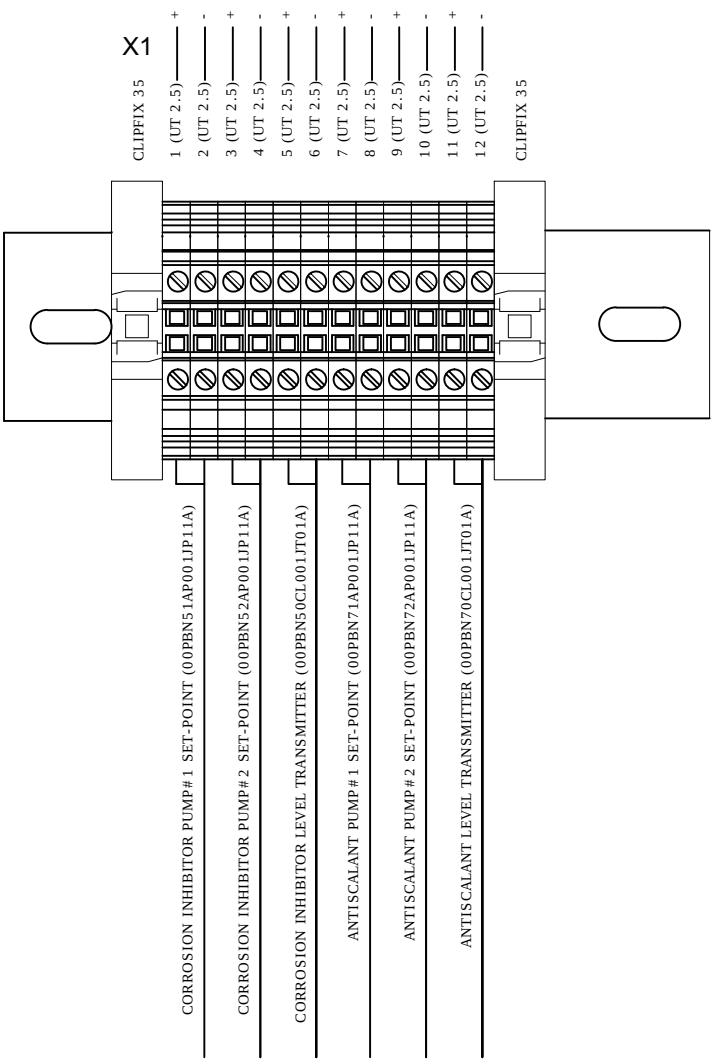
SULPHURIC JB
TERMINAL BLOCK



HYPOCHLORITE JB
TERMINAL BLOCK



CORROSION INH. &
ANTISCALANT JB
TERMINAL BLOCK

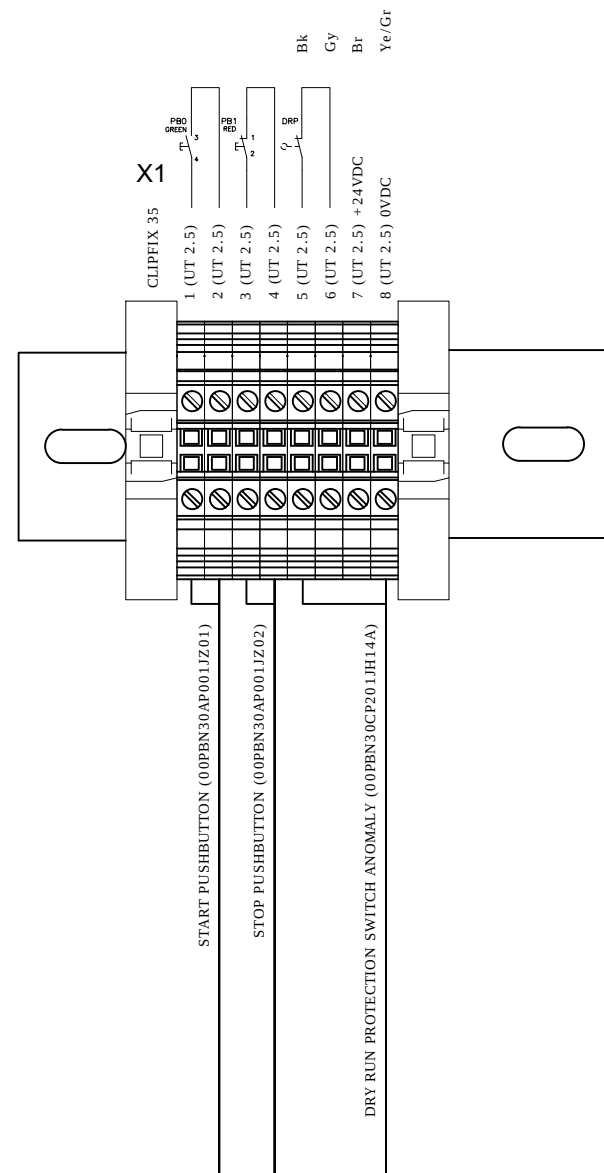


ALL SIGNALS TO/FROM TERMINAL BLOCK TO DCS
SHALL BE WIRED BY OWNER. USE SHIELDED CABLE.

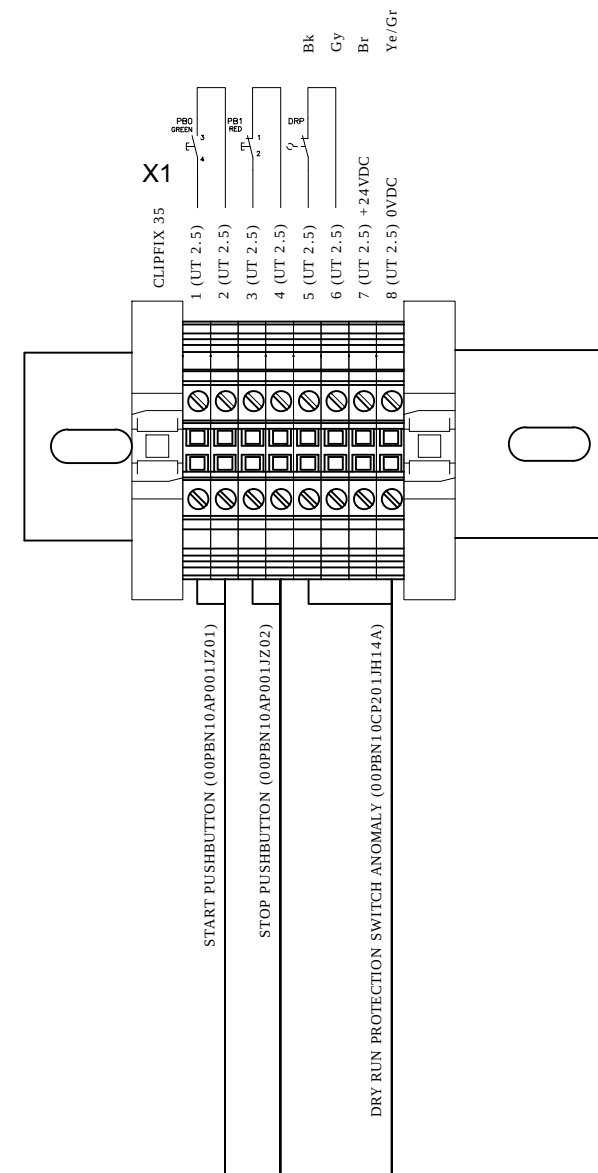
	Nombre:	E.T.S. INGENIEROS INDUSTRIALES ICAI		
Dibujado:	M. Álvarez			
Comprobado:	P. Raso			
Título:		Wiring diagrams for electrical equipment		Escala:
		Número: 5 Página: 4/5		N/A

CENTRIFUGAL PUMP TERMINAL BLOCK

SULPHURIC
CENTRIFUGAL PUMP
TERMINAL BLOCK



HYPOCHLORITE CENTRIFUGAL PUMP TERMINAL BLOCK



ALL SIGNALS TO/FROM TERMINAL BLOCK TO DCS
SHALL BE WIRED BY OWNER. USE SHIELDED CABLE.

	Nombre:	E.T.S. INGENIEROS INDUSTRIALES ICAI		
Dibujado:	M. Álvarez			
Comprobado:	P. Raso			
Título:		Número:	5	Escala:
Wiring diagrams for electrical equipment		Página:	5/5	
				N/A

3 PLIEGO DE CONDICIONES

3.1 PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES Y ECONOMICAS

3.1.1 Precio

En consideración con el desempeño del suministro por parte del suministrador, el contratista deberá pagar el precio total definido en este artículo de acuerdo a lo estipulado en el pliego de condiciones específicas.

El precio de la orden de compra incluye todas las licencias, sublicencias y derechos de autor necesarios para diseñar, construir y operar el suministro de acuerdo con la Licencia de Operación, como también cualquier directiva aplicable, impuestos indirectos, tasas de retenciones, impuestos de sello, impuestos sobre los beneficios, impuestos sobre la renta y parecidos, gravados por cualquier autoridad fiscal competente de cualquier país relacionado con la ejecución del suministro de esta orden de compra, excluyendo el IVA.

El precio fijo de los equipos comprende principalmente el diseño, ingeniería, acopio, fabricación, prefabricación, embalaje, entrega, supervisión de la instalación, puesta en marcha y pruebas en la finalización del sujeto de esta orden de compra mencionado en la portada por servicio en el Proyecto de Conversión de la Central C.C. Los Mina de acuerdo al INCOTERM 2010.

El precio de la orden de compra estará formado por el precio fijo del suministro extranjero y el precio fijo del suministro local, tal y como se indica:

Precio fijo total por el suministro extranjero	116.816,00 EUR
Precio fijo total por el suministro local	10.510,50 EUR

Para evitar duda, el precio fijo incluye el suministro de todas las piezas de repuesto y herramientas especiales para el montaje y puesta en marcha que sean necesarias hasta la Aceptación Provisional.

3.1.2 Comienzo y formas de pago

La fecha efectiva es la fecha de inicio para todas las actividades del suministrador para poder lograr la fecha de entrega declarada en la orden de compra

Las formas de pago se encuentran descritas en el pliego de condiciones específicas, explicadas para el suministro local y extranjero por separado.

3.1.3 Garantías de calendario

Las partes han acordado que ciertos hitos han de ser alcanzados por el suministrador para poder permitir al contratista llevar un calendario de planta. Si el suministrador no consiguiera

cumplir con los hitos de entrega y la aceptación provisional, seguramente conlleve un retraso irrecuperable por parte del contratista en el contrato con el dueño de la central.

Sería extremadamente difícil e impracticable, bajo las presentes circunstancias, calcular y fijar el daño al que incurriría el contratista si el suministrador se retrasara en la entrega de documentos y/o equipos, o causara un retraso en la aceptación provisional. Las partes acuerdan que, si el suministrador no consigue alcanzar las garantías de calendario, el suministrador será responsable ante el contratista por los daños y perjuicios declarados en la orden de compra.

Entrega de documentos críticos

El suministrador garantiza que los documentos del suministrador serán entregados en el formato y fechas acordadas en la orden de compra. Las partes han acordado una lista de documentos críticos que están marcados con una X bajo la columna “LD” dentro de las especificaciones técnicas, que, en el caso de que se retrasen más allá de la fecha de entrega garantizada, el suministrador será responsable de pagar daños y perjuicios por retraso.

Entrega de equipos

El suministrador garantiza que el alcance de suministro completo se entregará en el formato y fechas acordadas en el pliego de condiciones específicas. Las partes acuerdan una lista de componentes que, si su entrega se retrasara más allá de la fecha de entrega garantizada, el suministrador será responsable de pagar daños y perjuicios por retraso.

Periodo de puesta en marcha

El suministrador es responsable de la supervisión de la puesta en marcha del suministro y las partes han acordado que el contratista depende del suministrador durante el periodo de puesta en marcha. Las actividades del suministrador que han de ser realizadas por los servicios de planta están descritas en la orden de compra.

El suministrador garantiza que la puesta en marcha del suministro se llevará a cabo de acuerdo con el calendario de puesta en marcha. Si no se consiguiera llevar a cabo la puesta en marcha en el periodo previsto, suponiendo que (i) se alcanzan las condiciones la orden de compra, (ii) este fallo retrasa el progreso de puesta en marcha del contratista y (iii) la aceptación provisional del suministro es consecuentemente retrasada, el suministrador será responsable de pagar daños y perjuicios por retraso.

Aceptación provisional

El suministrador es responsable de las pruebas de finalización que impliquen al suministro, en las condiciones declaradas en la orden de compra, para obtener la aceptación provisional en o antes de la fecha de terminación. Las actividades del suministrador que hayan de ser realizadas por los servicios de la central están descritas en el documento de las especificaciones técnicas.

El suministrador garantiza que las pruebas de finalización del suministro se llevarán a cabo de acuerdo con los procedimientos de pruebas y el calendario de pruebas de finalización. Si el suministrador no consigue pasar las pruebas del suministro para la fecha de terminación, suponiendo que (i) se alcanzan las condiciones de la orden de compra, (ii) este fallo retrasa

el progreso de las pruebas de finalización del contratista y (iii) la aceptación provisional del suministro es consecuentemente retrasada, el suministrador será responsable de pagar daños y perjuicios por retraso.

3.1.4 Pruebas de finalización y garantías de rendimiento

Las partes han acordado que el contratista depende del rendimiento del suministro para poder llevar a cabo de manera satisfactoria las pruebas de finalización y si el suministrador no cumple con los niveles garantizados de rendimiento del suministro, seguramente lleve al contratista a no cumplir con el rendimiento garantizado de la planta en su contrato.

Las partes han acordado que las pruebas de finalización se llevarán a cabo de acuerdo con los procedimientos detallados de prueba que deberán ser aprobados por el contratista. Los niveles de rendimiento garantizados deberán ser medidos durante las pruebas de garantía de rendimiento y la prueba de fiabilidad que se llevará a cabo tras las pruebas de capacidad.

En el caso de que el contratista notifique al suministrador que los requerimientos de cualquier prueba de finalización no se han alcanzado, el suministrador deberá repetir dicha prueba de acuerdo con el apartado de repetición de pruebas descrito a continuación. El contratista o el cliente tiene el derecho de ordenar el cese de cualquier prueba de finalización si es probable que, en caso de continuar, ocurran daños al suministro o al personal.

Rendimientos garantizados durante las pruebas de finalización

El suministrador garantiza que, mientras se llevan a cabo las pruebas de finalización, el suministro obtendrá los niveles de rendimiento garantizados de acuerdo a las condiciones expuestas en la orden de compra. Si el suministrador no consigue alcanzar los niveles de rendimiento garantizados, será sujeto de daños y perjuicios de acuerdo con los pliegos de condiciones técnicas.

Repetición de pruebas

Si el suministro, por razones atribuibles al suministrador, no consiguiera aprobar cualquiera de las pruebas de finalización, el suministrador deberá llevar a cabo, a coste propio, cualquier acción o suministro necesario para alcanzar los niveles de rendimiento garantizados y, tras ello, notificar la contratista cuando, en su opinión, la prueba de finalización se haya llevado a cabo satisfactoriamente y los niveles de rendimiento garantizados hayan sido alcanzados. Este proceso se deberá repetir hasta que la prueba de finalización haya sido llevada a cabo satisfactoriamente por el suministrador. Cada repetición de prueba, y cualquier acción o suministro necesario para conseguir una prueba con éxito, deberá ser programada a discreción del contratista/cliente, y el suministrador no tendrá reclamación por retraso, interrupción, impacto, o extensión de tiempo que surja, directa o indirectamente, de dichas pruebas sin éxito.

Fracaso al obtener los niveles de rendimiento mínimos

Si el suministro no cumple con los requerimientos de las pruebas (pruebas de rendimiento, capacidad y fiabilidad) para la fecha programada para la aceptación provisional, el

contratista puede reclamar los remedios por fracaso al obtener las garantías de mínimo rendimiento.

Reconfiguración del suministro

Reconfiguración del suministro. Seguidamente tras completar cualquier prueba de finalización, el suministrador llevará a cabo cualquier suministro necesario para hacer modificaciones al suministro, reconfigurar el equipo y reparar cualquier daño causado por las pruebas.

Ajustes y modificaciones. Si previo a o durante la demostración de una prueba de finalización, se realiza cualquier modificación del suministro para poder realizar dicha prueba, el suministrador deberá hacer ese ajuste o modificación permanente consistente con las buenas prácticas de la industria. Una vez una prueba de finalización haya sido realizada correctamente y aprobada por el contratista, el suministrador no realizará ningún ajuste o modificación al suministro que no le permita alcanzar como mínimo el mismo nivel de rendimiento que durante la prueba de finalización.

3.1.5 Daños y perjuicios por retrasos y rendimientos garantizados

Si las fechas de entrega garantizadas no han sido cumplidas y/o la aceptación provisional del suministro no ha sido obtenida en o antes de la fecha de finalización, el suministrador deberá pagar o permitir daños y perjuicios (por retraso) al contratista. Las partes acuerdan que cualquier daño o perjuicio por retraso puede ser aplicado (a la sola discreción del contratista):

- (i) En la forma de una factura realizada por el contratista, a pagar a diez (10) días de la fecha de entrega al suministrador o
- (ii) Como una reducción en el precio, que se realizará sobre el pago al suministrador de cualquier hito subsecuente.

Si el suministro pasa las pruebas de finalización, pero no consigue alcanzar los niveles de rendimiento garantizados, el suministrador deberá pagar o permitir daños y perjuicios (por rendimiento) al contratista. Las partes acuerdan que cualquier daño o perjuicio por retraso puede ser aplicado (a la sola discreción del contratista):

- (i) En la forma de una factura realizada por el contratista, a pagar a diez (10) días de la fecha de entrega al suministrador o
- (ii) Como una reducción en el precio, que se realizará sobre el pago al suministrador de cualquier hito subsecuente.

Daños y perjuicios por retraso

Las siguientes garantías de calendario están sujetas a eventos de retraso:

- a) Fechas garantizadas para la entrega de documentos críticos
- b) Fechas garantizadas para la entrega de equipos
- c) Aceptación provisional

Las partes acuerdan que, si el suministrador fracasa en conseguir las garantías de calendario, el suministrador será responsable por daños y perjuicios por retraso según lo detallado en los pliegos de condiciones técnicas.

Daños y perjuicios por rendimientos

Si el suministro ha pasado todas las pruebas de finalización, pero, a pesar de repetir las pruebas, solo ha alcanzado los niveles mínimos de rendimiento para aquellos valores para los cuales se aplica las condiciones de niveles mínimos de rendimiento, el suministrador deberá pagar daños y perjuicios según lo detallado en los pliegos de condiciones técnicas.

Garantías de rendimiento de los test de finalización

Las pruebas de finalización solo se consideran que han sido exitosas cuando tanto las pruebas cumplen los criterios acordados y se han alcanzado los niveles mínimos de rendimiento. Por ello, el suministrador acepta que el éxito de las siguientes pruebas y niveles de rendimiento son obligaciones bajo esta orden de compra.

- Prueba de capacidad (según lo especificado en el documento de las especificaciones técnicas),
- Niveles de rendimiento garantizados no sujetos a daños y perjuicios,
- Niveles de rendimiento mínimos de las garantías de rendimiento sujetas a daños y perjuicios según lo especificado en la orden de compra,
- Criterios de realización de la prueba de fiabilidad (según lo definido en el documento de las especificaciones técnicas)

3.2 PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS Y PARTICULARES

Para evitar dudas, la división siguiente no pretende representar el alcance de suministro total, el cual se encuentra en la Orden de compra.

Alcance extranjero (ESPAÑA):

- Diseño, ingeniería, fabricación y suministros del SISTEMA DE DOSIFICACIÓN QUÍMICA en conjunto con el equipamiento auxiliar.
- Dirección de proyecto para el alcance extranjero,
- Formación en las instalaciones de la empresa colaboradora.
- Transporte del equipo – Entrega FCA e inspección en 3 localizaciones
- Entregas de subproveedores sin servicios requeridos.
- Garantías de ejecución
- Alcance
- Previsión de avales bancarios
- Facturación del alcance por separado y directamente al contratista

Alcance nacional/local (República Dominicana):

- Servicios de campo
- Dirección de proyecto local
- Formación en las instalaciones (locales)
- Servicios nacionales de subproveedores
- Suministros locales si los hubiera
- Previsión de avales bancarios
- Facturación del alcance por separado y directamente al contratista.

3.2.1 Alcance extranjero

3.2.1.1 Precios

El precio de todo los materiales y equipos de la unidad de dosificación y opcionales no incluyen IVA, son fijos y no serán sujeto de un aumento durante la ejecución del suministro.

El suministro entero se deberá realizar según lo estipulado en el documento de la Orden de compra.

Piezas de repuesto para 2 años de operación: Por cada par de bombas dosificadoras se debe ofrecer 1 kit de piezas de repuesto para bombas dosificadoras, de acuerdo a el estándar del fabricante (diafragma, juntas, partes internas de las válvulas)

Precios opcionales

- 1-. Depósito de hipoclorito de sodio, volumen 15 m³, PRECIO 6.053,00 €

- Mismas características, materiales de fabricación y conexiones que el ofertado en la descripción del proyecto
- Autonomía aproximada de 22 días
- Dimensiones preliminares 2.200 x 4.000 mm (diámetro x altura)

2-. Depósito de ácido de sulfúrico, volumen 28,5 m³, PRECIO 16.857,00 €

- Mismas características, materiales de fabricación y conexiones que el ofertado en la descripción del proyecto
- Autonomía aproximada de 22 días
- Dimensiones preliminares 2.200 x 7.500 mm (diámetro x altura)

Esta opción incluye una bomba centrífuga de mayor caudal, de tal manera que el depósito se llene en una hora o menos.

3-. Panel local para la unidad de la torre de refrigeración, PRECIO 1.985,00 €

En este caso, se modificaría el cuadro de control, añadiendo un selector local/remoto, botones de arranque/parada locales y leds de indicación.

3.2.1.2 Términos de entrega

FCA Madrid, Guernica-Vizcaya y Lalín-Pontevedra (España) (Incoterm 2010), cargado en camión con preparación y diseño apto para el transporte marítimo y de acuerdo a la revisión 4 de abril de 2015 de las Directrices de Embalaje y Marcado. El contratista enviará el tipo de transporte según su discreción.

Precio opcional: 4.000,00 € en caso de que se seleccione un único punto de recogida (puerto marítimo español)

El suministrador deberá llevar a cabo la carga y amarre de los bienes en el vehículo de transporte.

3.2.1.3 Plazo de entrega

Dibujos y Documentos

Tal y como se estipula en la Orden de compra, se debe seguir lo estipulado en el documento "Vendor Drawing and Data requirements.

Equipos

Entrega completa del alcance del suministro en el plazo de entrega: 31 semanas desde el correo de aceptación.

3.2.1.4 Daños y perjuicios

En caso de incumplimiento de las condiciones comerciales se comunicarán y aplicarán daños y perjuicios o penalizaciones

Documentación

- 50 USD/día y por documento crítico que se retrase en su entrega.
- Las penalizaciones por documentación serán como máximo el 3% del valor total del proyecto.

Equipamiento

- 0,5% del valor total del proyecto por cada semana de retraso.
- Las penalizaciones se aplicarán independientemente del valor de los objetos que hayan sufrido el retraso.

Las penalizaciones máximas combinadas de documentación y equipamiento no podrán superar el 10% del valor total del proyecto.

Rendimiento

No es aplicable

Penalizaciones por aceptación provisional

No es aplicable

3.2.1.5 Términos y Condiciones de pago

Todos los pagos se harán, por medio de transferencia bancaria, a 60 días desde la fecha de conformidad de la factura.

- **Hito 1:** 20% del valor total de la Orden de compra contra la primera entrega de los documentos críticos (P&ID y General Arrangement) definidos en la “Vendor Drawing and Data requirements”.
Este hito está sujeto a que el contratista reciba el original de la letra de aval bancario (IBLOG) por cumplimiento igual al 10% del valor de la Orden de compra e IBLOG por pago por adelantado igual al 20% del valor de la Orden de compra.
- **Hito 2:** 10% del valor total de la orden de compra tras la realización de los principales pedidos a subproveedores (bombas dosificadoras).
Este hito está sujeto a que el contratista reciba el IBLOG por pago por adelantado igual al 10% del valor total de la orden de compra.
- **Hito 3:** 60% del valor total de la orden de compra contra la entrega FCA de los equipos de acuerdo con los términos y condiciones de la orden de compra, Marcaje y Conformidad.
Este hito está sujeto a que el contratista reciba el IBLOG por garantía igual al 10% de valor de la orden de compra.

- **Hito 4:** 10% del valor total contra una aceptación provisional no más tarde de enero de 2017.

3.2.1.6 Garantía bancaria

- Garantía bancaria irrevocable e incondicional por cumplimiento emitida por un banco de primera clase aceptable por el contratista, a favor del contratista según las instrucciones de facturación, por una cantidad igual al 10% del valor del suministro extranjero (el valor del proyecto menos los servicios a ejecutar en el país de destino).
- Garantía bancaria irrevocable e incondicional por pago por adelantado por una cantidad igual al valor de la porción facturada del total del suministro extranjero. Emitida por un banco de primera clase aceptable por el contratista según las instrucciones de facturación. La garantía bancaria por pago por adelantado deberá ser válida hasta la última fecha de entrega.
- Garantía bancaria irrevocable e incondicional por garantía por una cantidad igual al 10% del valor total del suministro extranjero a cambio de la garantía bancaria por cumplimiento. Emitida por un banco de primera clase aceptable por el contratista según las instrucciones de facturación y válida hasta el final del periodo de garantía.

3.2.1.7 Periodo de garantía

El periodo de responsabilidad cubre 24 meses desde la Aceptación Provisional o 41 meses desde la entrega, lo que ocurra antes.

3.2.1.8 Lugar de fabricación

- Depósito para ácido sulfúrico: Lalín – PONTEVEDRA.
- Depósito para hipoclorito de sodio: Gernika – VIZCAYA.
- Resto de los equipos: Instalaciones de la entidad colaboradora – MADRID.

3.2.1.9 Lugar de inspección.

- Depósito para ácido sulfúrico: Lalín – PONTEVEDRA.
- Depósito para hipoclorito de sodio: Gernika – VIZCAYA.
- Resto de los equipos: Instalaciones de la entidad colaboradora – MADRID.

3.2.1.10 Almacenamiento

El suministrador proveerá almacenamiento gratuito, mantenimiento, preservación, seguridad y seguro con cobertura completa según lo requerido por la orden de compra por un periodo de noventa (90) días desde la fecha contractual de entrega o la fecha del comunicado de inspección del contratista, la que sea más tarde, sin que ello conlleve costes adicionales. Esta cláusula no implicará ningún retraso en los pagos.

3.2.1.11 Solución de controversias – interpretación y arbitraje

Todas las disputas, diferencias o contenciones que surjan de la ejecución de, o tengan conexión con, la orden de compra se deberán solucionar a través de negociación amistosa entre ambas partes.

Si no se alcanzara un acuerdo amigable mediante las negociaciones, y a menos que se especifique de otra manera en la Orden, el contratista y el suministrador expresamente acuerdan que cualquier disputa, controversia, problema o reclamaciones de cualquier naturaleza que surja directa o indirectamente de la formación, validez, existencia, interpretación, aplicación, implementación, rendimiento, rotura o terminación de la Orden, cualquier disposición o parte de la misma, o cualquier actividad llevadas a cabo en relación con ella, deberá ser definitivamente solucionada por arbitraje de acuerdo a las Reglas de Arbitraje y Estatutos de las Cortes de Arbitraje de Madrid, de la Cámara Oficial de Comercio e Industria de Madrid a la cual, por la presente, se encomienda la administración del arbitraje y selección de los árbitros de acuerdo con dichas reglas y estatutos.

El tribunal de arbitraje deberá realizarse en Madrid (España) y los procedimientos deberán ser en idioma español.

El contratista y el suministrador expresamente declaran su compromiso expreso de acatar y cumplir la sentencia arbitral dictaminada, la cual será definitiva y vinculante a todos los efectos.

Sin embargo, el desempeño de las obligaciones contractuales del suministrador no se deberá suspender hasta la resolución de cualquier disputa.

3.2.2 Alcance local

3.2.2.1 Precios

En el valor del suministro local se incluyen todos los (directos e indirectos) impuestos, cargos, retenciones, deberes, derechos de aduana, regalías, tasas y todo aquello que grave al suministrador, subcontratas, suministradores y/o sus empleados, por cualquier autoridad gubernamental local, estatal o nacional, tanto dentro como fuera de la República Dominicana, relacionado con el valor del suministro local. Solo está exenta de cualquier tasa de valor añadido impuesta por y pagable al gobierno de la República Dominicana, (“VAT”) en relación con el suministro local y, con la condición de que ese VAT sea adecuadamente imputable a la ejecución de este suministro local, el contratista deberá pagar ese VAT como un añadido de la cantidad facturada.

Con la condición de que cualquier retención o deducción de cualquier suma pagable por el contratista al suministrador se requiera que, debido a leyes prevalecientes, sean realizadas por el contratista, éste podrá hacer tales retenciones o deducciones de tales pagos, y el suministrador no podrá presentar ningún recurso o reclamo contra el contratista en lo que respecta a dichas retenciones o deducciones, siempre y cuando el contratista entregue al suministrador la factura o evidencia pertinente.

El suministrador podrá ser imputado por y deberá proteger, defender, indemnizar y eximir de responsabilidades al contratista y/o el cliente en contra de todos los impuestos, tasas, deberes, tasas de retención, tarifas, impuestos de aduanas, cargos u otras cuotas de cualquiera que sea su naturaleza, aplicado a o imputable al suministrador, sus subcontratas y sus empleados en la Republica Dominicana o en cualquier otro lugar, pagable sobre o en relación a todo aquello realizado por el suministrador o en relación con los mismos.

En ningún caso una modificación de los impuestos, aduanas y otros cargos vigentes en la fecha de la firma del suministro local obliga al contratista a una revisión del suministro local.

El valor del suministro local se ha calculado considerando los siguientes trabajos:

1-. Tres (3) días para la supervisión de la puesta en marcha

- Coste del servicio	9.555,00 USD
- Gastos: vuelos, hotel, comidas, etc.	incluido
- Precio total con impuestos	10.510,50 USD

2-. Opcionales

- Día adicional:	750,00 USD
------------------	------------

Las condiciones del servicio están basadas en 10 horas laborales por día, 6 días por semana (60 horas por semana).

El suministro total actual será ajustado de acuerdo con los servicios prestados totales aprobados por el contratista.

El suministrador deberá informar al contratista del personal nominado, y se deberá entregar los CV de dicho personal al contratista para su aprobación previa a la movilización.

El equipamiento de protección personal del suministrador y las herramientas específicas para la asistencia técnica están incluidas en las tasas arriba mencionadas.

Un informe de progresos de los servicios técnicos deberá ser emitido por el suministrador mensualmente.

3.2.2.2 Términos de entrega

Alcance del servicio requerido: según la Petición de Compra.

3.2.2.3 Plazo de entrega

La entrega se realizará según los requisitos de la central.

- 3 días de asistencia técnica en planta.

3.2.2.4 Daños y perjuicios

No es aplicable

3.2.2.5 Términos y Condiciones de pago

1-. El contratista le pagará al suministrador el 100% de la suma correspondiente a los trabajos realizados en el país de destino de acuerdo a los Certificados de Progreso Mensual de Trabajo por medio de transferencia bancaria.

2-. El suministrador deberá cumplir con lo estipulado en la documentación y procedimientos de la certificación del Progreso Mensual de Trabajo. Tras la certificación por parte del contratista del trabajo del suministrador, este deberá emitir la factura correspondiente.

3-. El contratista tendrá el derecho de deducir o retener, si se diera el caso, de cualquier cantidad pagadera en virtud de lo presente:

- a) Cualquier cantidad que, de acuerdo con las regulaciones y leyes aplicables, el contratista se vea obligado a retener
- b) Cualquier cantidad retrasada y debida por el suministrador al contratista según lo estipulado en el contrato. Esta cantidad se cargará al suministrador con el siguiente procedimiento de certificación del Progreso Mensual de Trabajo.

4-. Todos los pagos se realizarán sesenta (60) días tras el recibo de la factura, siempre que se hayan alcanzado correctamente los hitos / progresos, la certificación correspondiente ha sido previamente aprobada y la documentación y avales bancarios correspondientes también han sido emitidos, en el caso de que aplique.

3.2.2.6 Garantía bancaria

No es aplicable

3.2.2.7 Periodo de garantía

No es aplicable.

3.2.2.8 Lugar de fabricación

No es aplicable.

3.2.2.9 Lugar de inspección.

No es aplicable.

3.2.2.10 Almacenamiento

No es aplicable.

3.2.2.11 Solución de controversias – interpretación y arbitraje

Todas las disputas, diferencias o contenciones que surjan de la ejecución de, o tengan conexión con, la orden de compra, se deberán solucionar a través de negociación amistosa entre ambas partes.

Si no se alcanzara un acuerdo amigable mediante las negociaciones, y a menos que se especifique de otra manera en la Orden, el contratista y el suministrador expresamente acuerdan que cualquier disputa, controversia, problema o reclamaciones de cualquier naturaleza que surja directa o indirectamente de la formación, validez, existencia, interpretación, aplicación, implementación, rendimiento, rotura o terminación de la Orden, cualquier disposición o parte de la misma, o cualquier actividad llevadas a cabo en relación con ella, deberá ser definitivamente solucionada por arbitraje de acuerdo a las Reglas de Arbitraje y Estatutos de las Cortes de Arbitraje de Madrid, de la Cámara Oficial de Comercio e Industria de Madrid a la cual, por la presente, se encomienda la administración del arbitraje y selección de los árbitros de acuerdo con dichas reglas y estatutos.

El tribunal de arbitraje deberá realizarse en Madrid (España) y los procedimientos deberán ser en idioma español.

El contratista y el suministrador expresamente declaran su compromiso expreso de acatar y cumplir la sentencia arbitral dictaminada, la cual será definitiva y vinculante a todos los efectos.

Sin embargo, el desempeño de las obligaciones contractuales del suministrador no se deberá suspender hasta la resolución de cualquier disputa.

4 PRESUPUESTO

4.1 RECURSOS

Tras la finalización del proyecto se hace un recuento de los materiales que conforman el sistema de dosificación, divididos por subsistema.

Las siglas A, B, C y D se refieren a los diferentes subsistemas:

- A: Subsistema de ácido sulfúrico (PVDF)
- B: Subsistema de hipoclorito de sodio (PVC-C)
- C: Subsistema de desincrustante (PVC-C)
- C: Subsistema de inhibidor de la corrosión (PVC-C)

Bombas

CONCEPTO	CANTIDAD				
	A	B	C	D	TOTAL
B. Dosificadoras	3	3	2	2	10
B. Llenado	1	1	0	0	2

Tabla 4-1. Recuento de bombas

Depósitos

CONCEPTO	CANTIDAD				
	A	B	C	D	TOTAL
Depósitos	1	1	0	0	2
Cubetos	0	0	1	1	2

Tabla 4-2. Recuento de depósitos

Instrumentación

CONCEPTO	CANTIDAD				
	A	B	C	D	TOTAL
Transmisor de nivel	1	1	1	1	4
Manómetro	2	2	1	1	6
Amortiguador de pulsaciones	2	2	1	1	6
Columna de calibración	1	1	1	1	4
Filtro	1	1	1	1	4
Sensor de ausencia de flujo	1	1	0	0	2

Tabla 4-3. Recuento de instrumentación

Válvulas

CONCEPTO		CANTIDAD				
		A	B	C	D	TOTAL
Diafragma	d20	24	25	16	16	81
	d40	1	1	0	0	2
	d63	2	2	0	0	4
Antirretorno	d20	4	5	4	4	17
	d40	1	1	0	0	2
	d63	1	1	0	0	2
PSV	d20	3	3	2	2	10
Contrapresión	d20	2	2	1	1	6

Tabla 4-4. Recuento de válvulasTuberías

CONCEPTO		METROS				
		A	B	C	D	TOTAL
Tuberías	d20	30	25	15	15	85
	d40	15	10	5	5	35
	d63	10	10	5	5	30

Tabla 4-5. Recuento de tuberíasArmarios y control

CONCEPTO		CANTIDAD				
		A	B	C	D	TOTAL
Armarios de dosificación		1	1	1*	1*	3
Armarios de llenado		1	1	0	0	2
JB		2	2	1*	1*	5
Cuadro de Control		-	-	-	-	1

Tabla 4-6. Recuento de armarios y control

*: los subsistemas de desincrustante e inhibidor de la corrosión comparten armario de dosificación y caja de conexiones (JB).

4.2 PRECIOS UNITARIOS

A continuación, utilizando las listas de recuento de materiales, se indican los valores unitarios de cada elemento según el material de construcción de su subsistema.

Bombas

CONCEPTO	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
Sistemas PVDF			
B. Dosificadoras Sulfúrico	3	2.040,00 €	6.120,00 €
B. Llenado Sulfúrico	1	2.015,00 €	2.015,00 €
Sistemas PVC-C			
B. Dosificadoras Hipoclorito	3	2.864,88 €	8.594,64 €
B. Llenado Hipoclorito	1	2.015,00 €	2.015,00 €
B. Dosificadoras Desincrust.	2	847,63 €	1.695,26 €
B. Dosificadoras Inhibidor	2	799,30 €	1.598,60 €

Tabla 4-7. Precio de bombas

Depósitos

CONCEPTO	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
Sistemas PVDF			
Depósito sulfúrico	1	9.700,00 €	9.700,00 €
Sistemas PVC-C			
Depósito hipoclorito	1	5.200,00 €	5.200,00 €
Cubetos	2	2.105,15 €	4.210,30 €

Tabla 4-8. Precio de depósitos

Instrumentación

CONCEPTO	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
Sistemas PVDF			
Transmisor de nivel	1	539,00 €	539,00 €
Manómetro	2	218,60 €	437,20 €
Amortiguador de pulsaciones Sulfúrico	2	167,00 €	334,00 €
Col. de calibración 1000ml	1	663,40 €	663,40 €
Filtro	1	204,30 €	204,30 €
Sensor de ausencia de flujo	1	421,76 €	421,76 €
Continúa en la siguiente página			

CONCEPTO	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
Sistemas PVC-C			
Transmisor de nivel	3	539,00 €	1.617,00 €
Manómetro	4	192,10 €	768,40 €
Amortiguador de pulsaciones Hipoclorito	2	150,00 €	300,00 €
Amortiguador de pulsaciones Desinc/Inhib	2	140,00 €	280,00 €
Col. de calibración 100ml	2	31,50 €	63,00 €
Col. de calibración 500ml	1	36,40 €	36,40 €
Filtro	3	28,75 €	86,25 €
Sensor de ausencia de flujo	1	282,00 €	282,00 €

Tabla 4-9. Precios de instrumentación

Válvulas

CONCEPTO		CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
Sistemas PVDF				
Diafragma	d20	24	113,12 €	2714,88 €
	d40	1	193,40 €	193,40 €
	d63	2	315,30 €	630,60 €
Antirretorno	d20	4	117,74 €	470,96 €
	d40	1	280,67 €	280,67 €
	d63	1	510,90 €	510,90 €
PSV	d20	3	416,95 €	1.250,85 €
Contrapresión	d20	2	416,95 €	833,90 €
Sistemas PVC-C				
Diafragma	d20	57	89,71 €	5.113,47 €
	d40	1	148,40 €	148,40 €
	d63	2	239,85 €	479,70 €
Antirretorno	d20	13	31,80 €	413,40 €
	d40	1	65,80 €	65,80 €
	d63	1	87,5 €	87,50 €
PSV	d20	7	136,81 €	957,67 €
Contrapresión	d20	4	136,81 €	547,24 €

Tabla 4-10. Precios de válvulas

Tuberías

CONCEPTO		METROS	P. UNITARIO	P. TOTAL
Sistemas PVDF				
Tuberías	d20	30	11,38 €	341,40 €
	d40	15	29,90 €	448,50 €
	d63	10	58,81 €	588,10 €
Sistemas PVC-C				
Tuberías	d20	55	2,38 €	130,90 €
	d40	20	5,36 €	107,20 €
	d63	20	12,74 €	254,80 €

Tabla 4-11. Precios de tuberías

Armarios y control

CONCEPTO	CANTIDAD	P. UNITARIO €	P. TOTAL €
Armarios de dosificación			
Ácido sulfúrico	1	730,00 €	730,00
Hipoclorito de sodio	1	1.330,00 €	1.330,00
Desincrustante e Inhibidor	1	810,00 €	810,00
Armarios de llenado	2	595,20 €	1.190,40
JB Armario dosificación	3	254,63 €	763,89
JB Armario llenado	2	299,05 €	598,10
Cuadro de control	1	4.692,12 €	4.692,12

Tabla 4-12. Precios de armarios y control

4.3 SUMAS PARCIALES

A continuación, se presentan los precios de los equipos agrupados de diferentes maneras, para que, a título informativo, se pueda estudiar el peso porcentual que tienen ciertos sectores del proyecto. Se realizarán 2 divisiones diferentes:

- (i) Según los tipos de equipos.
- (ii) Según el subsistema.

Para las sumas parciales hemos procedido atribuyendo el coste de los accesorios en las siguientes proporciones basadas en tamaño y coste del material:

- 40% para el sistema de ácido sulfúrico por ser el PVDF un material con mayor coste.
- 30% para el sistema de hipoclorito de sodio.
- 15% para el sistema de desincrustante
- 15% para el sistema de inhibidor de la corrosión

El coste del cuadro de control se ha dividido a partes iguales para cada sistema.

Sumas parciales por tipo de equipo

DESCRIPCIÓN	COSTE €	PESO
Bombas	22038,50	29,01%
Depósitos	19110,30	25,16%
Instrumentación	6032,71	7,94%
Válvulas	14699,34	19,35%
Tuberías	1870,90	2,46%
Armarios y control	10114,51	13,32%
Accesorios	2098,50	2,76%
TOTAL	75964,76	100%

Tabla 4-13. Costes parciales por tipo de equipo

Sumas parciales por subsistema

DESCRIPCIÓN	COSTE €	PESO
Ácido sulfúrico	32590,13	42,90%
Hipoclorito de sodio	25769,15	33,93%
Desincrustante	8851,07	11,65%
Inhibidor de corrosión	8754,41	11,52%
TOTAL	75964,76	100%

Tabla 4-14. Costes parciales por sistema

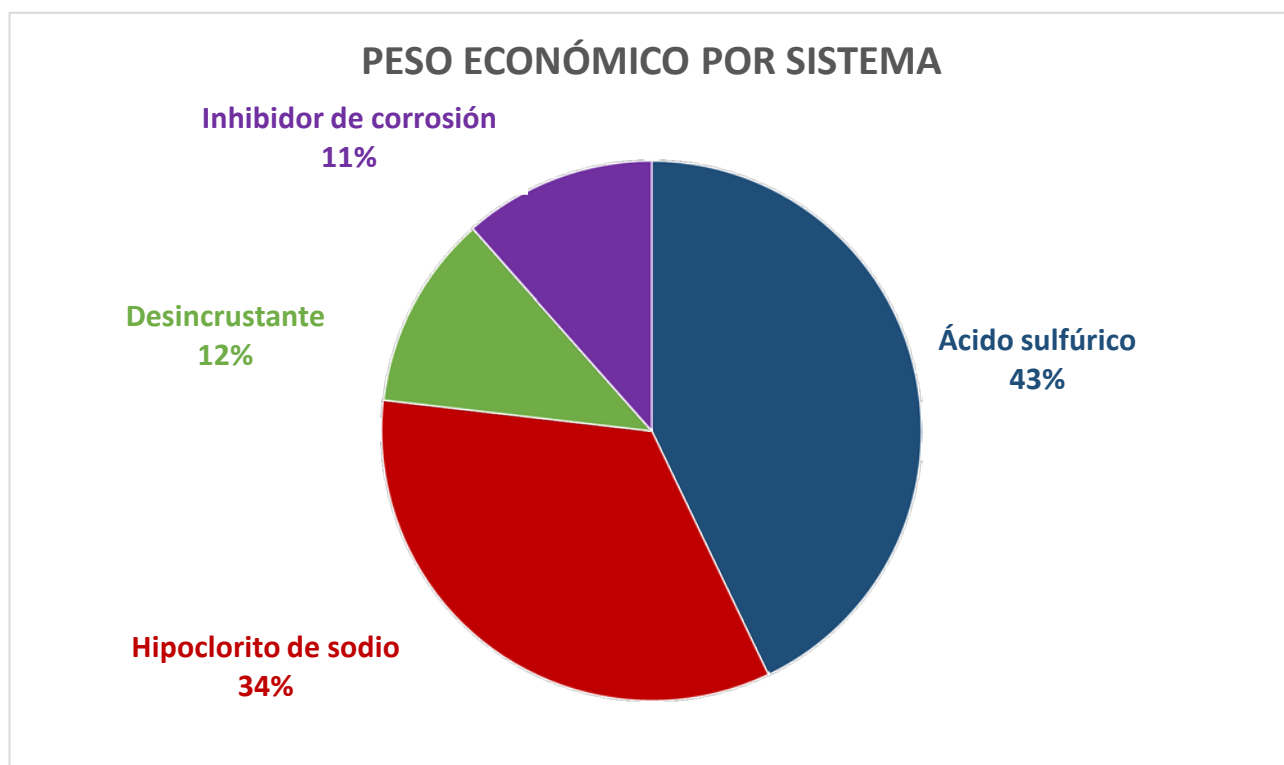


Figura 4-1. Diagrama del peso económico por sistema

4.4 PRESUPUESTO GENERAL

Hasta ahora se ha expuesto los costes correspondientes únicamente con los equipos que conforman el sistema de dosificación química, pero desde que se comienza un proyecto existen otros costes que hay que tener en cuenta para hacer el balance tanto inicial como final.

DESCRIPCIÓN	COSTE €	PESO
Bombas	22.038,50 €	18,87 %
Depósitos	19.110,30 €	16,36 %
Instrumentación	6.032,71 €	5,16 %
Válvulas	14.699,34 €	12,58 %
Tuberías	1.870,90 €	1,60 %
Armarios y control	10.114,51 €	8,66 %
Accesorios y conectores	2.098,50 €	1,80 %
Identificaciones	800,00 €	0,68 %
Montaje	12.000,00 €	10,27 %
Embalaje	2.662,60 €	2,28 %
Gastos financieros	1.000,00 €	0,86 %
Opcionales	7.350,00 €	6,29 %
Horas de ingeniería	17038,64€	14,59 %
TOTAL	116.816,00 €	100,00 %

Tabla 4-15. Presupuesto General

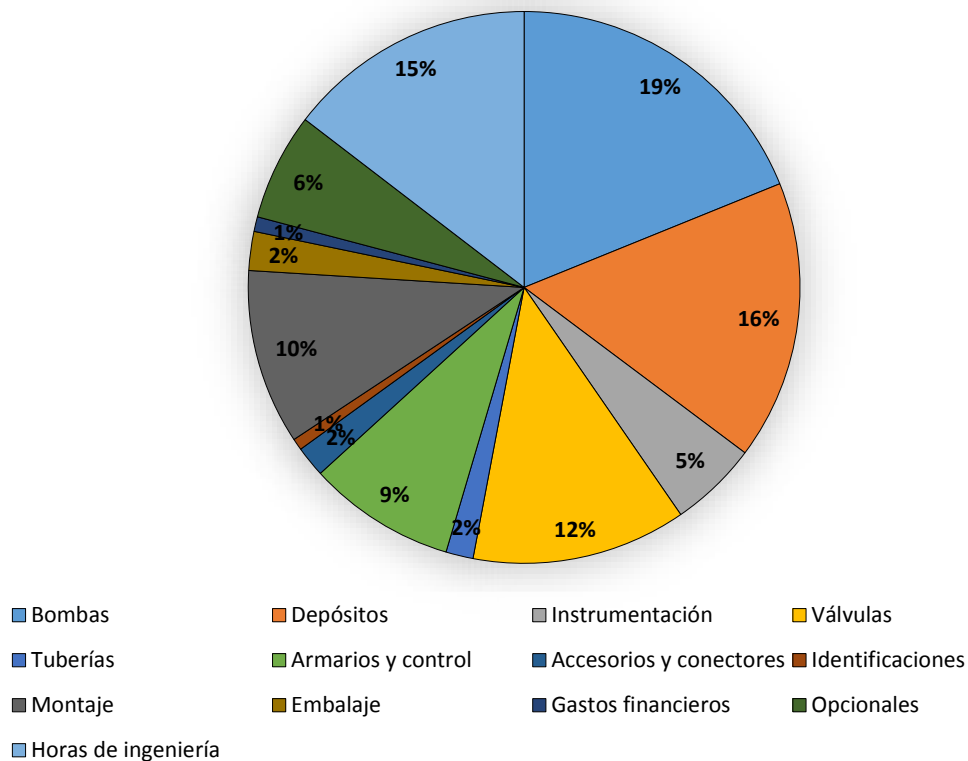


Figura 4-2. Diagrama del presupuesto General

5 BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- Puga Bullón, J., 2008, Tratamiento de las aguas de enfriamiento.
- Layman, C. M., 2013. Selecting a Combined Cycle Water Chemistry Program.
- Letterman R. (2001). Water Quality and Treatment.
- Maddison L., Gagnon G. & Eisnor J. (2001). Corrosion Control Strategies for the Halifax Regional Distribution System.
- Bilurbina, L., Liesa F. & Iribarren J. (2003). Corrosión y Protección.

Textos citados

- [LETT01] Letterman R. (2001). Water Quality and Treatment.
- [MADD01] Maddison L., Gagnon G. & Eisnor J. (2001). Corrosion Control Strategies for the Halifax Regional Distribution System.

Webs para catálogos e información.

- <http://www.unesa.es/>
- <http://www.epri.com/>
- <http://www.coleparmer.com/Chemical-Resistance>
- <http://es.grundfos.com/>
- http://www.gfps.com/country_ES/es.html
- <http://www.denios.es/>