



CAPROJAMS S.L.

PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

JESÚS JUAN CALZADO
ALBA GARCÍA CERDEÑO
MANUEL PORTERO LEIVA
SANDRA CRUZ NÚÑEZ

GRUPO 8

TUTOR: CARLES SOLÀ

3.- CONTROL E INSTRUMENTACIÓN

ÍNDICE

3.- CONTROL E INSTRUMENTACIÓN	6
3.1.- CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE CONTROL.....	6
3.1.1.- <i>Introducción</i>	6
3.1.2.- <i>Objetivos del sistema de control</i>	8
3.2.- IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL	9
3.2.1.- <i>Tipos de lazos de control</i>	9
3.2.2.- <i>ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CONTROL</i>	10
3.2.3.- <i>ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE CONTROL</i>	12
3.3.- NOMENCLATURA	16
3.3.1.- <i>Lazos de control</i>	16
3.3.2.- <i>Instrumentación</i>	17
3.4.- DESCRIPCIÓN DE LOS LAZOS DE CONTROL DE LA PLANTA	23
3.4.1.- <i>Listado de los lazos de control</i>	23
3.4.2.- <i>Tanques de almacenaje</i>	40
3.4.3.- <i>Entrada de reactivos clave</i>	70
3.4.4.- <i>Reactor de formación de hidroxilamina (R-201)</i>	83
3.4.5.- <i>Columnas de extracción (R-202/CE-201/CE-401/CE-402)</i>	86
3.4.6.- <i>Columnas de destilación (CD-201/CD-202)</i>	95
3.4.7.- <i>Columnas absorción/stripping (CA-201/CS-201)</i>	107
3.4.8.- <i>Tanques</i>	114

3.- Control e instrumentación

3.4.9.- Evaporador (E-401)	126
3.4.10.- Evaporador de triple efecto (ETE).....	128
3.4.11.- Intercambiadores de calor	132
3.4.12.- Caldera (CV-601/CV-602)	146
3.4.13.- Torre de refrigeración (TR-701/TR-702)	149
3.6.- TARGETAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS	152
3.6.- CALCULO DE VÁLVULAS DE CONTROL.....	154
3.7.- ESPECIFICACIONES DE INSTRUMENTACIÓN.....	163

3.- Control e instrumentación

3.- CONTROL E INSTRUMENTACIÓN

3.1.- CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE CONTROL

3.1.1.- Introducción

Un sistema de control no es más que un software informático que recibe señales, las procesa y responde con un comando dirigido a un elemento que actúa sobre el sistema en función de las directrices marcadas.

Implementar un sistema de control en una planta industrial permite regular el comportamiento del proceso mediante una serie de dispositivos especialmente colocados. El objetivo principal es asegurar el correcto funcionamiento del proceso, ayudar a la optimización y aumentar el rendimiento. Únicamente con el buen diseño de los equipos no es suficiente, si se diera un caso aislado de perturbación, el sistema habría de estar preparado para reaccionar y no echar a perder la continuidad de la operación.

El objeto de este apartado es dar a conocer el control necesario para la planta de producción de caprolactama diseñada, focalizando en los distintas variables que se deben controlar, los elementos necesarios para el control y el tipo de sistema a implementar.

Para empezar, es necesario tener noción la terminología:

- Variable controlada

Parámetro de proceso que se desea mantener en un valor fijo. Ésta se mide con un instrumento distinto en cada caso.

- Variable manipulada

Parámetro de proceso que se modifica con tal de mantener la variable controlada en el punto deseado. Ésta se manipula con el elemento final de control.

3.- Control e instrumentación

- Elemento final

Instrumento que sirve para modificar la variable manipulada. En general, se trata de válvulas de control.

- Punto de consigna

Es el valor que se desea que tenga la variable controlada.

- Perturbación

Son modificaciones involuntarias y aleatorias de cualquier parámetro de proceso que pueden provocar la modificación de la variable que se desea mantener constante. No todas las perturbaciones afectan directamente al proceso provocando que sea necesaria una corrección, sino que también existen un número incontable que no son significativas.

- Error

Representa la diferencia numérica entre la variable controlada y el punto de consigna.

A continuación, se muestra un esquema con las diferentes variables de control.

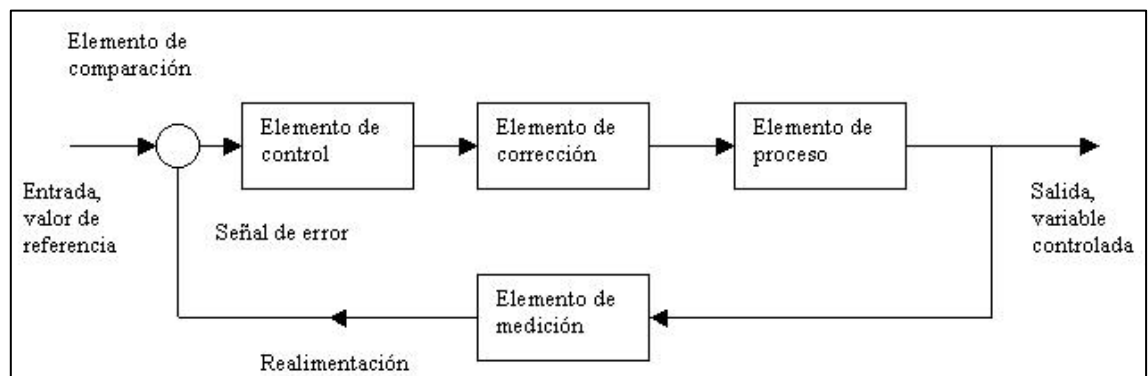


Figura 3.1.1.1.-Variables del control de un proceso.

3.1.2.- Objetivos del sistema de control

Los objetivos de cualquier sistema de control podrían dividirse en los siguientes puntos:

1. Proporcionar información a tiempo real de las variables críticas del proceso y controlarlas para obtener un buen funcionamiento de la planta, exento de peligro.
2. Optimización del proceso de producción garantizando la calidad del producto obtenido, reduciendo costes y minimizando emisiones de contaminantes.
3. Minimizar la intervención humana.

3.2.- IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

A la hora de implantar un sistema de control es necesario seguir una serie de pasos. Para empezar, se ha de hacer un estudio del proceso y definir los objetivos del control. Seguidamente, se han de identificar las variables que pueden ser controladas y manipuladas con tal de poder idear el mecanismo óptimo de relación entre ambas. Una vez decidida la estrategia a seguir, se selecciona la configuración del sistema de control y se especifica la instrumentación necesaria para tal efecto.

3.2.1.- Tipos de lazos de control

Los diferentes elementos de control y medida se encuentran agrupados en forma de lazos de control. El lazo de control es la unión entre diferentes elementos que permite que el sistema funcione de manera automática. Existen principalmente tres tipos de operación con sistemas de control:

1. Control por retroalimentación (feedback)

Es el control más utilizado. Este control consiste en la medida de la variable controlada a la salida del proceso, la lectura del error por parte del controlador y la actuación del elemento final a la entrada. Es decir, el controlador actúa cuando la alteración ya se ha producido. El controlador puede realizar distintas acciones, las cuales se fijarán en función de la variable controlada.

2. Control anticipativo (feedforward)

Este tipo de lazo, en cambio, están ideados para actuar antes de que se produzca la perturbación en el sistema. El funcionamiento se basa en conocer el valor de la propia perturbación, se actúa modificando la variable manipulada y se consigue así que la variable controlada no se vea afectada. Teóricamente, este lazo debería mantener siempre el valor consigna pero, no obstante, puede

3.- Control e instrumentación

haber problemas en aquellos casos en que se desconozca el modelo exacto del sistema.

3. Control todo/nada (ON-OFF)

Este lazo se asemeja al feedback pero tiene la peculiaridad que únicamente actúa cuando se activa ya que sólo tiene dos posiciones. La mayoría de lazos de este tipo están relacionados con la seguridad.

4. Control en cascada

Esta configuración es de gran utilidad para minimizar perturbaciones y obtener una respuesta de regulación más rápida y estable. Se define como el lazo dónde la salida de un controlador de realimentación es el punto de ajuste para otro controlador de realimentación, por lo menos.

3.2.2.- ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CONTROL

Los elementos esenciales en cualquier sistema de control son los que se detallan a continuación:

- Transmisor:

Elementos encargados de transmitir las señales producidas por los diferentes elementos del sistema de control. Estas señales pueden ser de diversos tipos, como por ejemplo eléctricas o neumáticas, por este motivo en ocasiones es necesario el uso de convertidores entre los distintos elementos.

- Sensor:

Elementos cuya única finalidad es la medida de cierto parámetro del proceso. Este parámetro es una magnitud física, por tanto se ha de transformar en analógica o digital. Por este motivo, este elemento suele ir acompañado de un transmisor.

3.- Control e instrumentación

- Transductor:

Elemento que tiene como objetivo traducir la señal eléctrica producida por el controlador en una señal neumática que permita regular la acción del actuador (3-15 psig).

- Controlador (unidad de decisión):

Elemento encargado de calcular la acción que ha de realizar el elemento actuador en función de la señal de entrada recibida. Según la acción producida estos se pueden dividir en:

- Acción de control Proporcional (P).
- Acción de control Proporcional-Integral (PI).
- Acción de control Proporcional-Derivativa (PD).
- Acción de control Proporcional-Integral-Derivativa (PID).

- Actuador:

Elemento final de control que actúa sobre la variable que se desea manipular en función de la señal recibida.

En general, la mayoría de actuadores son válvulas de control y tienen el siguiente sistema en bypass:

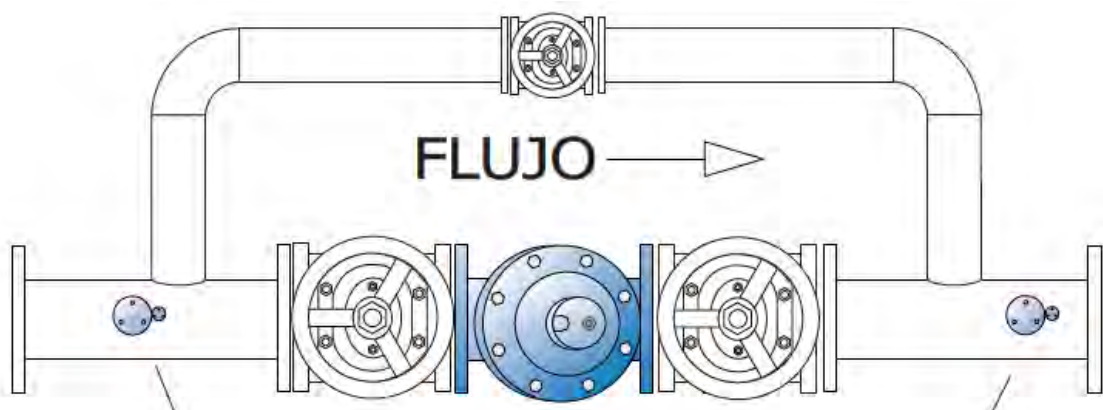


Figura 3.2.2.1.-Variables del control de un proceso.

3.- Control e instrumentación

La válvula que aparece en color azul seria la válvula de control y a cada uno de los lados dispone de dos válvulas de compuerta. En el bypass se sitúa una válvula de bola.

3.2.3.- ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control establecido en la planta es un sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) con un conjunto de PLCs. Este sistema consiste en una aplicación de software que permite el acceso a datos remotos de un proceso y es capaz de controlarlo mediante las herramientas necesarias en cada caso. Es necesario remarcar que no se trata de un sistema de control, sino de supervisión y monitorización, que realiza la tarea de interfase entre los niveles de control (PLC) y los de gestión de un nivel superior. De este modo se mantiene una interacción entre los PCs y los PLCs.

- Sala de control (PC):

Mediante la consola de proceso se puede intervenir en el control de la planta , se pueden activar o desactivar los lazos de control, actuar sobre bombas y válvulas, realizar la puesta en marcha o la parada de la planta, y demás. También se tiene acceso a los dispositivos de alarma para cualquier situación incontrolada y se pueden visualizar los ordenadores para controlar cada situación deseada.

3.- Control e instrumentación



Figura 3.2.3.1.-Sala de control.

- Interfase a proceso (PLC):

Los PLCs (Programmable LogicController) son la base de control de los procesos. Se dispone de microprocesadores (CPU) para registrar variables como entradas (señales de instrumentación) y manipular las variables de salida (elementos actuadores) además de programar los lazos de control. Los PLCs llegan a todas las conexiones de los equipos (bub) y la estrategia para hacerlo es un sistema de control distribuido (DCS).



Figura 3.2.3.2.- Buses de campo en un control distribuido y PLC.

De esta manera, el sistema SCADA está especialmente diseñado para funcionar sobre ordenadores en el control de producción que proporciona comunicación entre los dispositivos de campo, llamados también RTU (Remote Terminal Units), dónde se pueden encontrar elementos tales como controladores autónomos o autómatas programables y un centro de control o Unidad Central (MTU, Master Terminal Unit), dónde se controla el proceso de forma automática desde la pantalla de uno o varios ordenadores.

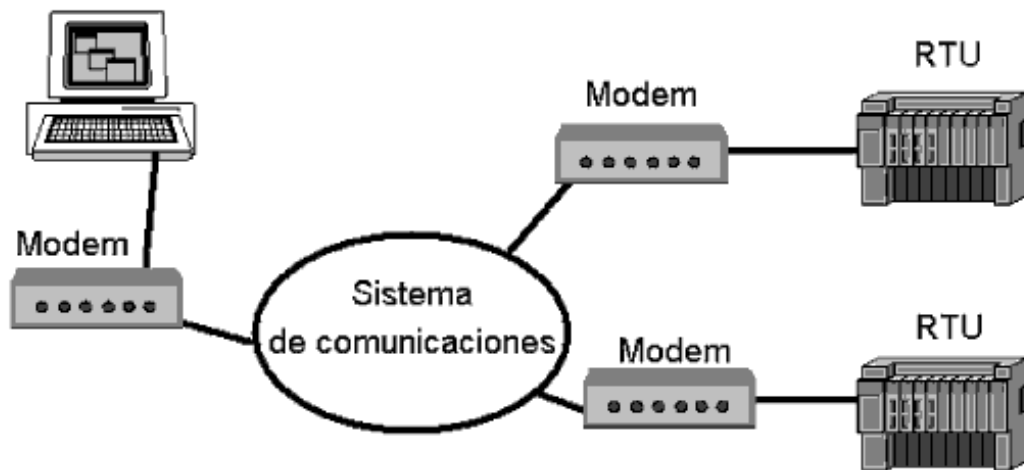


Figura 3.2.3.3.- Sistema SCADA.

A continuación, se muestra un listado de objetivos y prestaciones del sistema SCADA:

- Economía:

No es necesario que un operario haga ciertas revisiones ya que desde la sala de control ya es visible.

- Accesibilidad:

Da la posibilidad de modificar parámetros de funcionamiento y consultar el estado de cada unidad controlada.

3.- Control e instrumentación

- Mantenimiento:

La adquisición de datos materializa la posibilidad de obtener datos de un proceso, almacenarlos y presentarlos de manera inteligible. La misma aplicación se puede programar de manera que avise cuando se aproximen las fechas de revisión o cuando una máquina tenga más fallos de los considerados normales.

- Ergonomía:

Se procura que la relación entre el proceso y el usuario sea lo menos comprometida posible.

- Gestión:

Todos los datos recopilados pueden ser valorados de múltiples maneras mediante herramientas estadísticas, gráficas, valores tabulados, etc., que permitan explotar el sistema con el mejor rendimiento posible.

- Flexibilidad:

Cualquier modificación de alguna de las características del sistema de visualización no supone un gasto importante de tiempo ni de medios, pues no hay modificaciones físicas que requieran la instalación de un cableado o del contador.

- Conectividad:

Se buscan sistemas abiertos. La documentación de los protocolos de comunicación actuales permite la interconexión de sistemas de diferentes proveedores y evita la existencia de lagunas informativas que puedan causar fallos en el funcionamiento o en la seguridad.

3.3.- NOMENCLATURA

Los sistemas de control aparecen representados en la serie de diagramas P&ID (Piping and Instrumentation Diagram) utilizando símbolos e iconos simples ampliamente reconocidos y aceptados. La representación de los lazos de control y de la instrumentación correspondiente se realiza siguiendo la norma ISA (International Society of Automation).

Este tipo de diagrama además incluye una representación gráfica del equipo, el conjunto de válvulas del proceso, el control e la instrumentación. Este hecho es muy importante a tener en cuenta sobretodo para el mantenimiento o para las posibles modificaciones del proceso realizadas a posteriori.

3.3.1.- Lazos de control

Los lazos de control se representan con un círculo dentro del cual se colocan las letras correspondientes a la nomenclatura del instrumento de control, el número identificativo del lazo y una indicación relativa a la localización física (campo, panel de la sala de control, detrás del panel, etc.).

A continuación, se muestra la figura dónde se muestra la designación de los instrumentos por círculos.

3.- Control e instrumentación

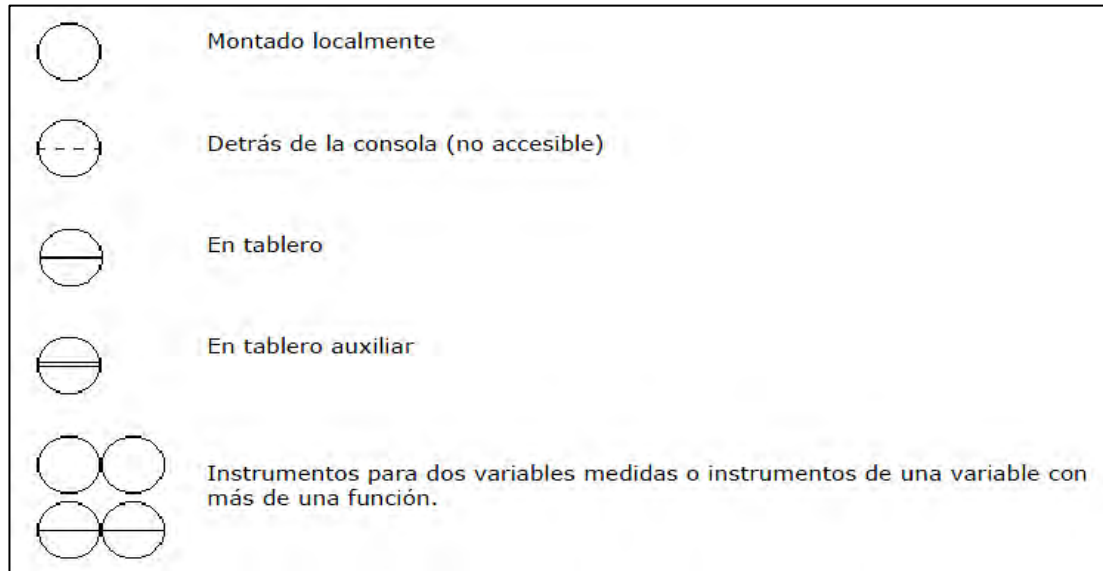


Figura 3.3.1.1.-Designación de los instrumentos por círculos.

3.3.2.- Instrumentación

Para empezar, hay que representar las líneas de transmisión de información, las cuales se representan según se muestra en la *Figura 3.3.2.1.*. En general, se emplean líneas sólidas para representar tuberías de proceso y líneas discontinuas o continuas con marcas para la comunicación entre los instrumentos. También hay que añadir que este conjunto se dibuja con un grosor de línea inferior en el P&ID.

3.- Control e instrumentación

—————	Conexión a proceso, o enlace mecánico o alimentación de instrumentos.
/// /// ///	Señal neumática
- - - - -	Señal eléctrica
/// /// ///	Señal eléctrica (alternativo)
× × ×	Tubo capilar
~~~~~	Señal sonora o electromagnética guiada (incluye calor, radio, nuclear, luz)
~~~~~	Señal sonora o electromagnética no guiada
—□—□—	Conexión de software o datos
—●—●—	Conexión mecánica
└┐ └┐ └┐	Señal hidráulica

Figura 3.3.2.1.-Designación de las líneas de instrumentación.

Por otra parte, la identificación del tipo de instrumento en los sistemas de control utilizados tiene la siguiente estructura:

AAA – B000 – 11

Dónde:

- AAA.

Hace referencia al tipo de instrumento de control. En general, el sistema más utilizado es el que se muestra en la *Figura 3.3.2.1..*

3.- Control e instrumentación

1.ª Letra		Letras sucesivas			
Variable medida (3)	Letra de modificación	Función de lectura pasiva	Función de salida	Letra de modificación	
A Análisis (4)	.	Alarma	.	.	.
B Llama (quemador)	.	Libre (1)	Libre (1)	Libre (1)	.
C Conductividad	.	.	Control	.	.
D Densidad o peso específico	Diferencial (3)	.	.	.	.
E Tensión (f.e.m.)	.	Elemento primario	.	.	.
F Caudal	Relación (3)	.	.	.	.
G Calibre	.	Vidrio (8)	.	.	.
H Manual	.	.	.	Alto (6) (13) (14)	.
I Corriente eléctrica	.	Indicación (9) o indicador	.	.	.
J Potencia	Exploración (6)	.	Estación de control	.	.
K Tiempo
L Nivel	.	Luz piloto (10)	.	Bajo (6) (13) (14)	.
M Humedad	.	.	.	Medio o inter-medio (6) (13)	.
N Libre (1)	.	Libre	Libre	Libre	.
O Libre (1)	.	Orificio	.	.	.
P Presión o vacío	.	Punto de prueba	.	.	.
Q Cantidad	Integración (3)	.	.	.	.
R Radiactividad	.	Registro	.	.	.
S Velocidad o frecuencia	Seguridad (7)	.	Interruptor	.	.
T Temperatura	.	.	Transmisión o transmisor	.	.
U Multivariable (5)	.	Multifunción (11)	Multifunción (11)	Multifunción (11)	.
V Viscosidad	.	.	Válvula	.	.
W Peso o Fuerza	.	Vaina	.	.	.
X Sin clasificar (2)	.	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar	.
Y Libre (1)	.	.	Relé o computador (12)	.	.
Z Posición	.	.	Elemento final de control sin clasificar	.	.

Figura 3.3.2.2.-Designación de la instrumentación.

La primera letra indica el tipo de variable que se mide, se indica, se transmite o se controla. La segunda, expresa la función que realiza el instrumento del lazo de control. En el caso en que se desempeñan dos funciones aparecen dos letras consecutivas.

3.- Control e instrumentación

A continuación, se recogen una serie de tablas con las distintas nomenclaturas en función del tipo de instrumento hechas servir en el control de la planta.

Tabla 3.3.1.-Nomenclatura de los transmisores.

Descripción	Nomenclatura
Transmisor de concentración	CT
Transmisor de caudal	FT
Transmisor de nivel	LT
Transmisor de presión	PT
Transmisor de pH	pHT
Transmisor de temperatura	TT

Tabla 3.3.2.-Nomenclatura de los sensores.

Descripción	Nomenclatura
Final de carrera	ZS
Sensor de bajo nivel	LSL
Sensor de alto nivel	LSH
Sensor de nivel	LS

3.- Control e instrumentación

Tabla 3.3.3.-Nomenclatura de los indicadores.

Descripción	Nomenclatura
Indicador de nivel	LI
Indicador de caudal	FI
Indicador de temperatura	TI
Indicador de presión	PI
Indicador de pH	pHI

Tabla 3.3.4.-Nomenclatura de los alarmas.

Descripción	Nomenclatura
Alarma de bajo nivel	LAL
Alarma de alto nivel	LAH
Alarma de temperatura elevada	TAH
Alarma de caudal elevado	FAH
Alarma de presión baja	PAL
Alarma de presión alta	PAH
Alarma de presión muy baja	PAVL
Alarma de presión muy alta	PAVH
Alarma de presión súper alta	PASH

3.- Control e instrumentación

Tabla 3.3.5.-Nomenclatura de las válvulas.

Descripción	Nomenclatura
Manuales	MV
Automáticas todo/nada	HV
Válvula de control de nivel	LCV
Válvula de control de caudal	FCV
Válvula de control de temperatura	TCV
Válvula auto reguladora de presión	PCV
Válvula de seguridad/venteo	PSV
Disco de rotura	AR
Apaga llamas	AP
Válvula de control de pH	pHCV

Tabla 3.3.6.-Nomenclatura de los controladores.

Descripción	Nomenclatura
Controlador de nivel	LC
Controlador de caudal	FC
Controlador de temperatura	TC
Controlador de presión	PC
Controlador de posición	ZSC
Controlador de pH	pHC

3.- Control e instrumentación

- B000:
Hace referencia al equipo al cual se le está aplicando el control.
- 11:
Referente al número de lazo del equipo.

3.4.- DESCRIPCIÓN DE LOS LAZOS DE CONTROL DE LA PLANTA

En este apartado se listarán y explicarán los diferentes lazos de control propuestos para la planta de producción de caprolactama.

3.4.1.- Listado de los lazos de control

En este apartado se presentan los listados de los diferentes lazos de control que se encuentran en cada área. En la serie de tablas que se muestran a continuación se especifican el equipo controlado, la nomenclatura del lazo, la variable controlada, la variable manipulada, el tipo de lazo, el margen de lectura, la actuación y observaciones según el caso.

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación

Tabla 3.4.1.1.-Listado de lazos de control del área 100.

Listado de instrumentación					
Área 100					
Equipo	Nº Lazo	Nº Ítems	Variable controlada	Variable manipulada	Tipo de lazo
T-101A	L-T101A-01	LI-T101A-01	Nivel	Caudal	ON/OFF
		LI-T101A-02			
		LT-T101A-01			
		LT-T101A-02			
		LC-T101A-01			
		LC-T101A-02			
		LHL-T101A-01			
		LAL-T101A-01			
		LVC-T101A-01			
T-101B	L-T101B-01	LI-T101B-01	Nivel	Caudal	ON/OFF
		LI-T101B-02			
		LT-T101B-01			
		LT-T101B-02			
		LC-T101B-01			
		LC-T101B-02			
		LHL-T101B-01			
		LAL-T101B-01			
		LVC-T101B-01			
T-102	L-T102-01	LI-T102-01	Nivel	Caudal	ON/OFF
		LI-T102-02			
		LT-T102-01			
		LT-T102-02			
		LC-T102-01			
		LC-T102-02			
		LHL-T102-01			
		LAL-T102-01			
		LVC-T102-01			
T-103	L-T103-01	LI-T103-01	Nivel	Caudal	ON/OFF
		LI-T103-02			
		LT-T103-01			
		LT-T103-02			
		LC-T103-01			
		LC-T103-02			
		LHL-T103-01			
		LAL-T103-01			
		LCV-T103-01			



Listado de instrumentación					
Área 100					
Equipo	Nº Lazo	Nº Ítems	Variable controlada	Variable manipulada	Tipo de lazo
T-104	L-T104-01	LI-T104-01	Nivel	Caudal	ON/OFF
		LI-T104-02			
		LT-T104-01			
		LT-T104-02			
		LC-T104-01			
		LC-T104-02			
		LHL-T104-01			
		LAL-T104-01			
		LVC-T104-01			
T-105	L-T105-01	LI-T105-01	Nivel	Caudal	ON/OFF
		LI-T105-02			
		LT-T105-01			
		LT-T105-02			
		LC-T105-01			
		LC-T105-02			
		LHL-T105-01			
		LAL-T105-01			
		LVC-T105-01			
T-106A	L-T106A-01	LI-T106A-01	Nivel	Caudal	ON/OFF
		LI-T106A-02			
		LT-T106A-01			
		LT-T106A-02			
		LC-T106A-01			
		LC-T106A-02			
		LHL-T106A-01			
		LAL-T106A-01			
		LVC-T106A-01			
T-106B	L-T106B-01	LI-T106B-01	Nivel	Caudal	ON/OFF
		LI-T106B-02			
		LT-T106B-01			
		LT-T106B-02			
		LC-T106B-01			
		LC-T106B-02			
		LHL-T106B-01			
		LAL-T106B-01			
		LCV-T106B-01			



Listado de instrumentación					
Área 100					
Equipo	Nº Lazo	Nº Ítems	Variable controlada	Variable manipulada	Tipo de lazo
T-106C	L-T106C-01	LI-T106C-01	Nivel	Caudal	ON/OFF
		LI-T106C-02			
		LT-T106C-01			
		LT-T106C-02			
		LC-T106C-01			
		LC-T106C-02			
		LHL-T106C-01			
		LAL-T106C-01			
		LVC-T106C-01			
T-106D	L-T106D-01	LI-T106D-01	Nivel	Caudal	ON/OFF
		LI-T106D-02			
		LT-T106D-01			
		LT-T106D-02			
		LC-T106D-01			
		LC-T106D-02			
		LHL-T106D-01			
		LAL-T106D-01			
		LVC-T106D-01			
T-106E	L-T106E-01	LI-T106E-01	Nivel	Caudal	ON/OFF
		LI-T106E-02			
		LT-T106E-01			
		LT-T106E-02			
		LC-T106E-01			
		LC-T106E-02			
		LHL-T106E-01			
		LAL-T106E-01			
		LVC-T106E-01			
T-107	L-T107-01	LI-T107-01	Nivel	Caudal	ON/OFF
		LI-T107-02			
		LT-T107-01			
		LT-T107-02			
		LC-T107-01			
		LC-T107-02			
		LHL-T107-01			
		LAL-T107-01			
		LCV-T107-01			

Listado de instrumentación					
Área 100					
Equipo	Nº Lazo	Nº Ítems	Variable controlada	Variable manipulada	Tipo de lazo
T-108A	L-T108A-01	LI-T108A-01	Nivel	Caudal	ON/OFF
		LI-T108A-02			
		LT-T108A-01			
		LT-T108A-02			
		LC-T108A-01			
		LC-T108A-02			
		LHL-T108A-01			
		LAL-T108A-01			
		LVC-T108A-01			
T-108B	L-T108B-01	LI-T108B-01	Nivel	Caudal	ON/OFF
		LI-T108B-02			
		LT-T108B-01			
		LT-T108B-02			
		LC-T108B-01			
		LC-T108B-02			
		LHL-T108B-01			
		LAL-T108B-01			
		LVC-T108B-01			



PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación

Tabla 3.4.1.2.-Listado de lazos de control del área 200.

Listado de instrumentación					
Área 200					
Equipo	Nº Lazo	Nº Ítems	Variable controlada	Variable manipulada	Tipo de lazo
R-201	F-R201-01	FI-R201-01	Caudal	Caudal	Feedback
		FT-R201-01			
		FC-R201-01			
		FCV-R201-01			
	F-R201-02	FI-R201-02	Caudal	Caudal	Feedback
		FT-R201-02			
		FC-R201-02			
		FCV-R201-02			
	P-R201-01	PI-R201-01	Presión	Caudal	Feedback
		PI-R201-02			
		dPT-R201-01			
		PC-R201-01			
		PCV-R201-01			
	T-R201-01	TI-R201-01	Temperatura	Caudal	Feedback
		TT-R201-01			
		CT-R201-01			
		TCV-R201-01			
	-	PSV-R201-01	Presión	-	-
	-	AR-R201-01	Presión	-	-
R-202	F-R202-01	FI-R202-01	Caudal	Caudal	Feedback
		FT-R202-01			
		FC-R202-01			
		FCV-R202-01			
	F-R202-01	FI-R202-02	Caudal	Caudal	Feedback
		FT-R202-02			
		FC-R202-02			
		FCV-R202-02			
	L-R202-01	LI-R202-01	Nivel	Caudal	Feedforward
		LT-R202-01			
		LC-R202-01			
		LCV-R202-01			
	L-R202-02	LI-R202-02	Nivel	Caudal	Feedback
		LT-R202-02			
		LC-R202-02			
		LCV-R202-02			
		ZS-R202-01			
		ZSC-R202-01			



PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación

Listado de instrumentación					
Área 200					
Equipo	Nº Lazo	Nº Ítems	Variable controlada	Variable manipulada	Tipo de lazo
CE-201	F-CE201-01	FI-CE201-01	Caudal	Caudal	Feedback
		FT-CE201-01			
		FC-CE201-01			
		FCV-CE201-01			
	L-CE201-01	LI-CE201-01	Nivel	Caudal	Feedforward
		LT-CE201-01			
		LC-CE201-01			
		LCV-CE201-01			
	L-CE201-02	LI-CE201-02	Nivel	Caudal	Feedforward
		LT-CE201-02			
		LC-CE201-02			
		LCV-CE201-01			
CS-201	P-CS201-01	PI-CS201-01	Presión	Caudal	Feedback
		PT-CS201-01			
		PC-CS201-01			
		PCV-CS201-01			
		PCV-CS201-02			
	-	PSV-CS201-01	Presión	-	-
	-	AR-CS201-01	Presión	-	-
CA-201	P-CA201-01	PI-CA201-01	Presión	Caudal	Feedback
		PT-CA201-01			
		PC-CA201-01			
		PCV-CA201-01			
		PCV-CA201-02			
	-	PSV-CA201-01	Presión	-	-
	-	AR-CA201-01	Presión	-	-
S-201	L-S201-01	LI-S201-01	Nivel	Nivel	Feedforward
		LI-S201-02			
		LT-S201-01			
		LT-S201-02			
		LAH-S201-01			
		LAL-S201-01			
		LC-S201-01			
		LCV-S201-01			
	-	PSV-S201-01	Presión	-	-
	-	AR-S201-01	Presión	-	-



Listado de instrumentación					
Área 200					
Equipo	Nº Lazo	Nº Ítems	Variable controlada	Variable manipulada	Tipo de lazo
M-201	F-M201-01	FI-M201-01	Caudal	Caudal	Feedback
		FT-M201-01			
		FC-M201-01			
		FCV-M201-01			
	F-M201-02	FI-M201-02	Caudal	Caudal	Feedback
		FT-M201-02			
		FC-M201-02			
		FCV-M201-02			
	L-M201-01	LI-M201-01	Nivel	Caudal	Feedforward
		LT-M201-01			
		LC-M201-01			
		LCV-M201-01			
M-202	L-M202-01	LI-M202-01	Nivel	Caudal	Feedforward
		LT-M202-01			
		LC-M202-01			
		LCV-M202-01			
M-203	F-M203-01	FI-M203-01	Caudal	Caudal	Feedforward
		FT-M203-01			
		FC-M203-01			
		FCV-M203-01			
	L-M203-01	LI-M203-01	Nivel	Caudal	Feedforward
		LT-M203-01			
		LC-M203-01			
		LCV-M203-01			
M-204	F-M204-01	FI-M204-01	Caudal	Caudal	Feedforward
		FT-M204-01			
		FC-M204-01			
		FCV-M204-01			
	L-M204-01	LI-M204-01	Nivel	Caudal salida	Feedforward
		LT-M204-01			
		LC-M204-01			
		LCV-M204-01			
H-201	T-H201-01	TI-H201-01	Temperatura	Caudal	Feedback
		TT-H201-01			
		CT-H201-01			
		TCV-H201-01			



Listado de instrumentación					
Área 200					
Equipo	Nº Lazo	Nº Ítems	Variable controlada	Variable manipulada	Tipo de lazo
H-202	T-H202-01	TI-H202-01	Temperatura	Caudal	Feedback
		TT-H202-01			
		CT-H202-01			
		TCV-H202-01			
H-203	T-H203-01	TI-H203-01	Temperatura	Caudal	Feedback
		TT-H203-01			
		CT-H203-01			
		TCV-H203-01			
RN-201	P-RN201-01	pHI-RN201-01	pH	Caudal	Feedback
		pHT-RN201-01			
		pHC-RN201-01			
		pHCV-RN201-01			
	-	PSV-RN201-01	Presión	-	-
	-	AR-RN201-01	Presión	-	-
CD-201	T-CD201-01	TI-CD201-01	Temperatura	Caudal	Feedback
		TT-CD201-01			
		TC-CD201-01			
		TCV-CD201-01			
	L-CD201-01	LI-CD201-01	Nivel	Caudal	Feedforward
		LT-CD201-01			
		LC-CD201-01			
		LCV-CD201-01			
	P-CD201-01	PI-CD201-01	Presión	Caudal	Feedforward
		PT-CD201-01			
		PC-CD201-01			
		PCV-CD201-01			
	F-CD201-01	FI-CD201-01	Caudal	Caudal	Cascada
		FT-CD201-01			
		FC-CD201-01			
		FCV-CD201-01			
	-	PSV-CD201-01	Presión	-	-
	-	AR-CD201-01	Presión	-	-
A-201	L-A201-01	LIC-A201-01	Nivel	Caudal	Feedforward
		LCV-A201-01			



Listado de instrumentación					
Área 200					
Equipo	Nº Lazo	Nº Ítems	Variable controlada	Variable manipulada	Tipo de lazo
CD-202	T-CD202-01	TI-CD202-01	Temperatura	Caudal	Feedback
		TT-CD202-01			
		TC-CD202-01			
		TCV-CD202-01			
	L-CD202-01	LI-CD202-01	Nivel	Caudal	Feedforward
		LT-CD202-01			
		LC-CD202-01			
		LCV-CD202-01			
	P-CD202-01	PI-CD202-01	Presión	Caudal	Feedforward
		PT-CD202-01			
		PC-CD202-01			
		PCV-CD202-01			
	F-CD202-01	FI-CD202-01	Caudal	Caudal	Cascada
		FT-CD202-01			
		FC-CD202-01			
		TC-CD202-02			
		TCV-CD202-01			
	-	PSV-CD202-01	Presión	-	-
	-	AR-CD202-01	Presión	-	-
A-202	L-A202-01	LIC-A202-01	Nivel	Caudal	Feedforward
		LCV-A202-01			



3.- Control e instrumentación

Tabla 3.4.1.3.-Listado de lazos de control del área 300.

Listado de instrumentación					
Área 300					
Equipo	Nº Lazo	Nº Ítems	Variable controlada	Variable manipulada	Tipo de lazo
CL-301	T-CR301-01	TI-CR301-01	Temperatura	Caudal	Feedback
		TT-CR301-01			
		TC-CR301-01			
		TCV-CL301-01			
R-301	L-R301-01	LI-R301-01	Nivel	Caudal	Feedforward
		LT-R301-01			
		LC-R301-01			
		LCV-R301-01			
	-	TI-R301-01	Temperatura	-	-
	-	TT-R301-01	Temperatura	-	-
CL-302	T-CR302-01	TI-CR302-01	Temperatura	Caudal	Feedback
		TT-CR302-01			
		TC-CR302-01			
		TCV-CL302-01			
R-302	L-R302-01	LI-R302-01	Nivel	Caudal	Feedforward
		LT-R302-01			
		LC-R302-01			
		LCV-R302-01			
	-	TI-R302-01	Temperatura	-	-
	-	TT-R302-01	Temperatura	-	-
CL-303	T-CR303-01	TI-CR303-01	Temperatura	Caudal	Feedback
		TT-CR303-01			
		TC-CR303-01			
		TCV-CL303-01			
R-303	L-R303-01	LI-R303-01	Nivel	Caudal	Feedforward
		LT-R303-01			
		LC-R303-01			
		LCV-R303-01			
	-	TI-R303-01	Temperatura	-	-
	-	TT-R303-01	Temperatura	-	-



Listado de instrumentación					
Área 300					
Equipo	Nº Lazo	Nº Ítems	Variable controlada	Variable manipulada	Tipo de lazo
M-301	L-M301-01	LI-M301-01	Nivel	Caudal	Feedforward
		LT-M301-01			
		LC-M301-01			
		LCV-M301-01			
	F-M301-01	FI-M301-01	Caudal	Caudal	Feedback
		FT-M301-01			
		FC-M301-01			
		FCV-M301-01			
CR-304	T-CR304-01	TI-CR304-01	Temperatura	Caudal	Feedback
		TT-CR304-01			
		TC-CR304-01			
		TCV-CR304-01			
CB-301	dP-CB301	PI-CB301-01	Presión	Caudal	Feedback
		PI-CB301-02			
		dPT-CB301-01			
		PC-CB301-01			
		PCV-CB301-01			
	-	TI-CB301-01	Temperatura	-	-
	-	TT-CB301-01	Temperatura	-	-
	-	PSV-CB301-01	Presión	-	-
	-	AR-CB301-01	Presión	-	-



Listado de instrumentación					
Área 300					
Equipo	Nº Lazo	Nº Ítems	Variable controlada	Variable manipulada	Tipo de lazo
D301	L-D301-01	LI-D301-01	Nivel	Caudal	Feedforward
		LT-D301-01			
		LC-D301-01			
		LCV-D301-01			
	L-D301-02	LI-D301-02	Nivel	Caudal	Feedforward
		LT-D301-02			
		LC-D301-02			
		LCV-D301-01			
S-301	L-S301	LI-S301-01	Nivel	Nivel	Feedforward
		LI-S301-02			
		LT-S301-01			
		LT-S301-02			
		LAH-S301-01			
		LAL-S301-01			
		LC-S301-01			
		LCV-S301-01			
RN-301	L-RN301	LI-RN301-01	Nivel	Caudal	Feedforward
		LT-RN301-01			
		LC-RN301-01			
		LCV-RN301-01			
		TI-RN301-01			
		TT-RN301-01			
	-	PSV-RN301-01	Temperatura	-	-
	-	AR-RN301-01	Temperatura	-	-



PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación

Tabla 3.4.1.4.-Listado de lazos de control del área 400.

Listado de instrumentación					
Área 400					
Equipo	Nº Lazo	Nº Ítems	Variable controlada	Variable manipulada	Tipo de lazo
CL-401	T-CL401-01	TI-CL401-01	Temperatura	Caudal	Feedback
		TT-CL401-01			
		TC-CL401-01			
		TCV-CL401-01			
M-401	F-M401-01	FI-M401-01	Caudal	Caudal	Feedback
		FT-M401-01			
		FC-M401-01			
		FCV-M401-01			
	-	LI-M401-01	Nivel	-	-
	-	LT-M401-01	Nivel	-	-
M-402	F-M402-01	FI-M402-01	Caudal	Caudal	Feedback
		FT-M402-01			
		FC-M402-01			
		FCV-M402-01			
	L-M402-01	LI-M402-01	Nivel	Caudal	Feedforward
		LT-M402-01			
		LC-M402-01			
		LCV-M402-01			
CE-401	F-CE401-01	FI-CE401-01	Caudal	Caudal	Feedback
		FT-CE401-01			
		FC-CE401-01			
		FCV-CE401-01			
	F-CE401-02	FI-CE401-02	Caudal	Caudal	Feedback
		FT-CE401-02			
		FC-CE401-02			
		FCV-CE401-02			
	L-CE401-01	LI-CE401-01	Nivel	Caudal	Feedforward
		LT-CE401-01			
		LC-CE401-01			
		LCV-CE401-01			
	L-CE401-02	LI-CE401-02	Nivel	Caudal	Feedforward
		LT-CE401-02			
		LC-CE401-01			
		LCV-CE401-01			



PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación

Listado de instrumentación					
Área 400					
Equipo	Nº Lazo	Nº Ítems	Variable controlada	Variable manipulada	Tipo de lazo
CE-402	F-CE402-01	FI-CE402-01	Caudal	Caudal	Feedback
		FT-CE402-01			
		FC-CE402-01			
		FCV-CE402-01			
	L-CE402-01	LI-CE402-01	Nivel	Caudal	Feedforward
		LT-CE402-01			
		LC-CE402-01			
		LCV-CE402-01			
	L-CE402-02	LI-CE402-02	Nivel	Caudal	Feedforward
		LT-CE402-02			
		LC-CE402-02			
		LCV-CE402-02			
CH-401	P-CH401-01	PI-CH401-01	Presión	Caudal	Feedback
		PI-CH401-02			
		dPT-CH401-01			
		PC-CH401-01			
		PCV-CH401-01			
	-	PSV-CB301-01	Presión	-	-
	-	AR-CB301-01	Presión	-	-
	-	TI-CH401-01	Temperatura	-	-
CR-401	T-CR401-01	TI-CR401-01	Temperatura	Caudal	Feedback
		TT-CR401-01			
		TC-CR401-01			
		TCV-CR401-01			
A-401/402	L-A401/A402	LIC-A401/A402-01			
E-401	L-E401-01	LI-E401-01	Nivel	Caudal	Feedforward
		LT-E401-01			
		LC-E401-01			
		LCV-E401-01			
	Z-E401-01	ZS-E401-01	Obertura	Potencia	Feedback
		ZSC-E401-01			
	-	TI-E401-01	Temperatura	-	-
	-	TT-E401-01	Temperatura	-	-
H-401	T-H401-01	TI-H401-01	Temperatura	Caudal	Feedback
		TT-H401-01			
		TC-H401-01			
		TCV-H401-01			



PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación

Tabla 3.4.1.5.-Listado de lazos de control del área 500.

Listado de instrumentación					
Área 500					
Equipo	Nº Lazo	Nº Ítems	Variable controlada	Variable manipulada	Tipo de lazo
ETE-501	L-ETE501-01	LI-ETE501-01	Nivel	Caudal	Feedforward
		LT-ETE501-01			
		LC-ETE501-01			
		LCV-ETE501-01			
	-	PSV-CB301-01	Presión	-	-
	-	AR-CB301-01	Presión	-	-
ETE-502	L-ETE502-01	LI-ETE502-01	Nivel	Caudal	Feedforward
		LT-ETE502-01			
		LC-ETE502-01			
		LCV-ETE502-01			
	-	PSV-CB301-01	Presión	-	-
	-	AR-CB301-01	Presión	-	-
ETE-503	L-ETE503-01	LI-ETE503-01	Nivel	Caudal	Feedforward
		LT-ETE503-01			
		LC-ETE503-01			
		LCV-ETE502-01			
	-	PSV-CB301-01	Presión	-	-
	-	AR-CB301-01	Presión	-	-
CR-501	T-CR501	TI-CR501-01	Temperatura	Caudal	Feedback
		TT-CR501-01			
		TC-CR501-01			

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación

Tabla 3.4.1.6.-Listado de lazos de control del área 600.

Listado de instrumentación					
Área 600					
Equipo	Nº Lazo	Nº Ítems	Variable controlada	Variable manipulada	Tipo de lazo
CV-601	L-CV601-01	FI-CV601-01	Caudal	Caudal	Feedback
		FT-CV601-01Ç			
		FC-CV601-01			
		FCV-CV601-01			
CV-602	L-CV602-01	FI-CV602-01	Caudal	Caudal	Feedback
		FT-CV602-01			
		FC-CV602-01			
		FCV-CV602-01			
TR-601	F-TR601-01	FI-CV601-01	Caudal	Caudal	Cascada
		FT-CV601-01Ç			
		FC-CV601-01			
		FCV-CV601-01			
TR-602	F-TR602-01	FI-CV602-01	Caudal	Caudal	Cascada
		FT-CV602-01			
		FC-CV602-01			
		FCV-CV602-01			

3.4.2.- Tanques de almacenaje

El objetivo de este control es mantener el nivel del tanque entre un máximo y un mínimo determinados con tal de no comprometer la seguridad.

Para empezar se muestra la *Tabla 3.4.2.1.*, dónde se presenta la lista de los distintos tanques de almacenaje que disponen de lazos de control análogos.

Tabla 3.4.2.1.-Listado de los tanques de almacenaje de líquidos.

Nomenclatura	Descripción
T-101A/T-101B	Tanque de almacenamiento de ciclohexanona.
T-102A/T-102B	Tanque de almacenamiento de ácido fosfórico (85% en peso).
T-103	Tanque de almacenaje de tolueno.
T-104	Tanque de almacenaje de ácido nítrico (60% en peso).
T-105	Tanque de almacenaje de óleum.
T-106A/T-106B/T-106C/T-106D/T-106E	Tanque de almacenaje de nitrógeno.
T-107	Tanque de almacenaje de hidrógeno.
T-108A/T-108B	Tanque de almacenaje de amoníaco.
T-109A/T-109B	Silo de almacenaje de catalizador.
T-110A/T-110B	Silo de almacenaje de nitrato de amonio.
T-111A/T-111B	Silo de almacenaje de caprolactama.
T-112A/T-112B	Silo de almacenaje de sulfato de amonio.

Se coge como ejemplo el almacenamiento de ciclohexanona. La ciclohexanona está distribuida en dos tanques de 400m³ cada uno, los cuales se abastecen mediante una tubería de hierro que proviene directamente de la central petroquímica adyacente a la planta. Posteriormente, se dirigen al mezclador M-201 para su homogeneización con el disolvente como etapa previa a la reacción de oximación. Estos tanques tienen forma cilíndrica con cabezal superior esférico y están colocados en orientación vertical.

3.- Control e instrumentación

Para empezar, se ha diseñado un control orientado al abastecimiento y al vaciado de estos tanques. Se han dispuesto una serie de dos sensores de nivel para cada tanque, uno de alto (SLH) y otro de bajo (SLS), los cuales envían señales digitales a un controlador de nivel. Este controlador tiene como elementos finales de control dos válvulas automáticas que se abrirán o cerrarán en función de la orden recibida.

Durante el abastecimiento, se irán llenando los tanques de manera que cuando el primero esté lleno se activará el SLH y el controlador actuará cerrando la válvula de entrada al tanque y abriendo la válvula de entrada del siguiente tanque. Y así sucesivamente hasta que la totalidad de los tanques se haya llenado.

De igual manera se realizará su vaciado. Cuando el primer tanque se haya vaciado, el SLS se activará y el control reaccionará cerrando la válvula de salida del primer tanque y abriendo la del segundo. Y así sucesivamente hasta que la totalidad de los tanques se haya vaciado.

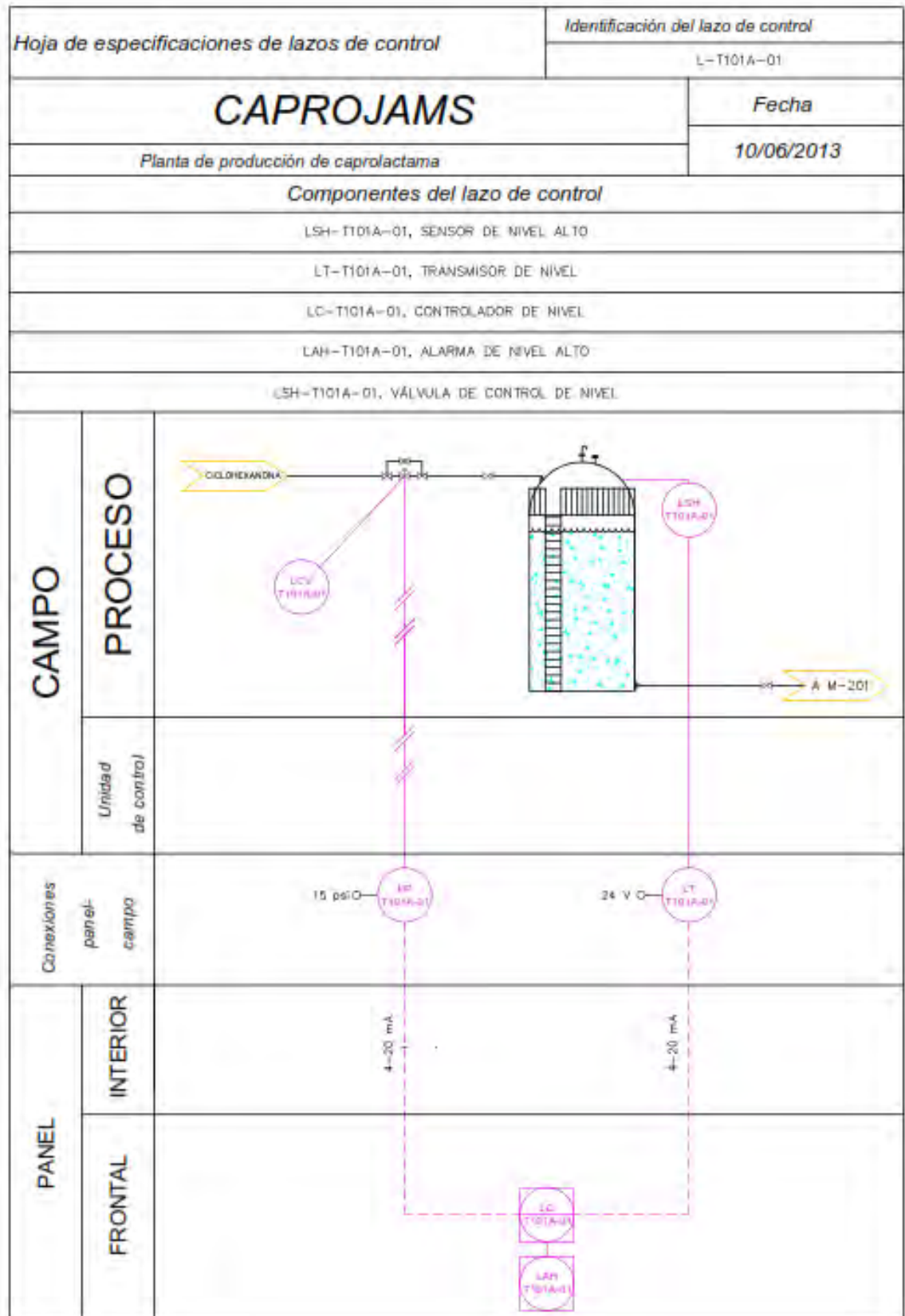
De manera complementaria también se instalarán alarmas tanto para nivel alto como para nivel bajo para que los operarios tengan conocimiento de cómo se está desarrollando el proceso. Además, cada tanque tendrá un indicador visual de nivel.

Por otro lado, los tanques también dispondrán de indicadores de temperatura y de presión. El indicador de presión enviará la señal al transmisor correspondiente y éste actuará sobre la válvula de venteo que conducirá la salida a tratar. Este mecanismo es por razones de seguridad ya que una alta presión podría provocar el desgaste mecánico del tanque e incluso llegar a explotar.

A continuación, se muestran las fichas con los controles descritos para cada uno de los tanques de almacenaje.

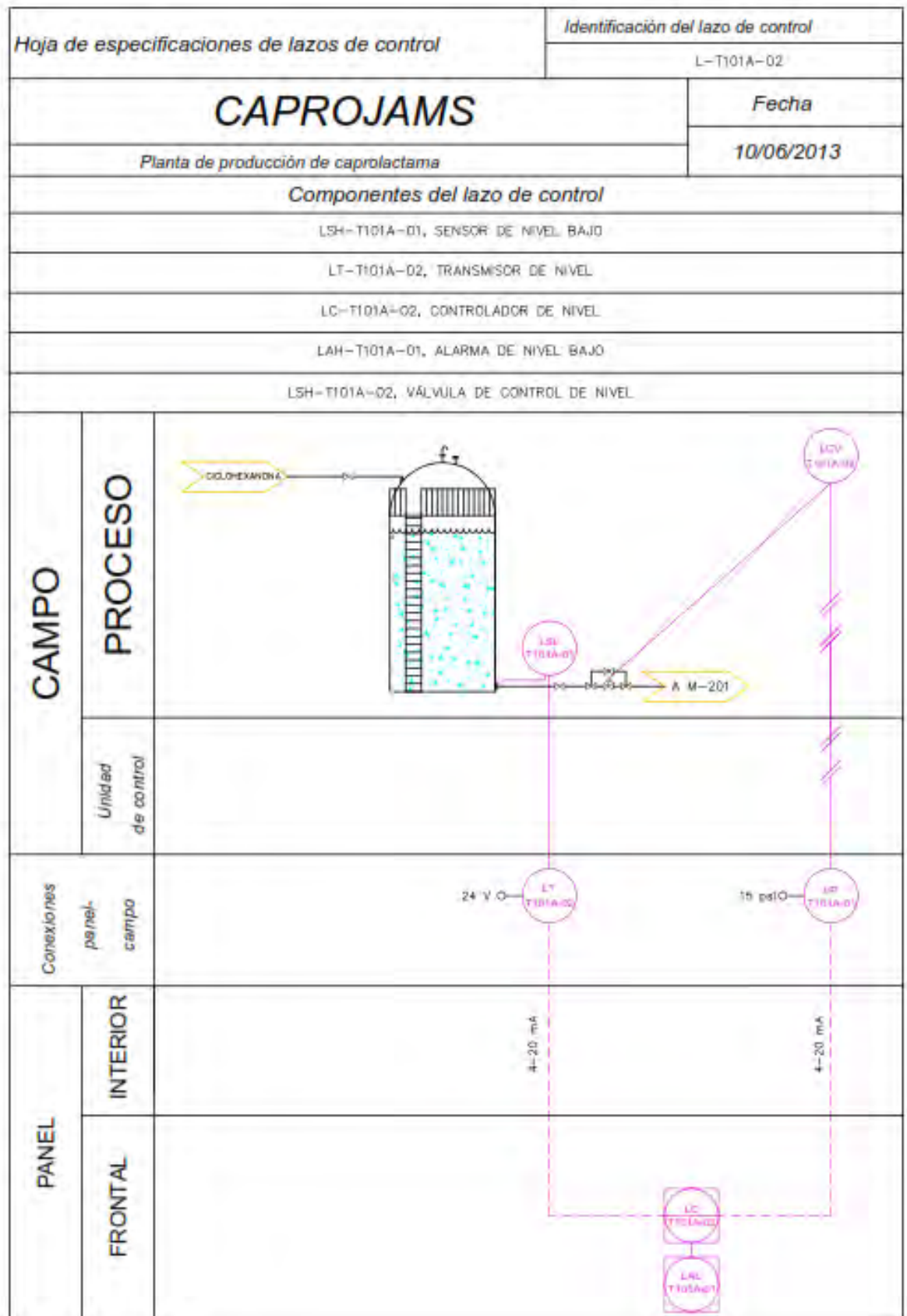
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



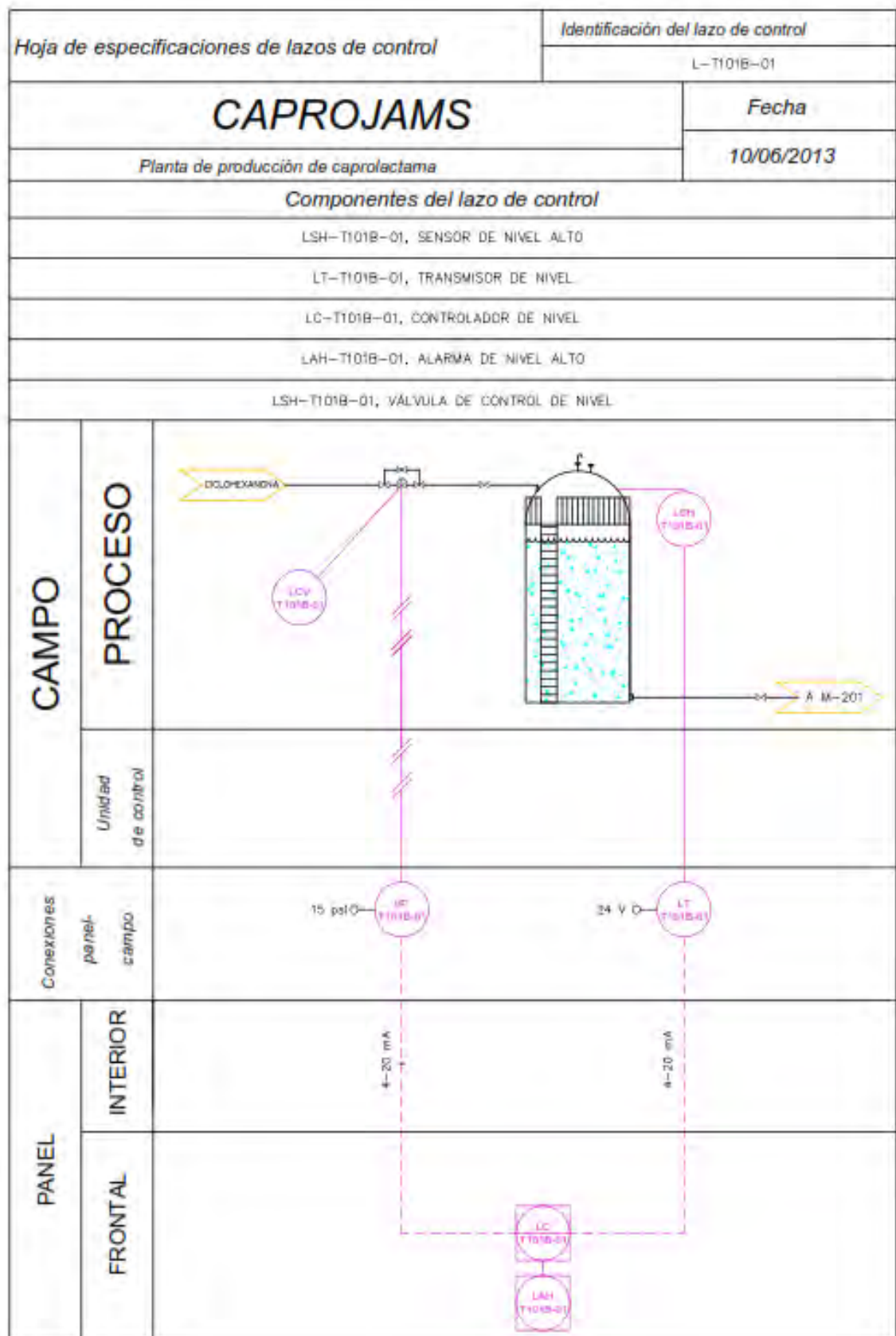
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



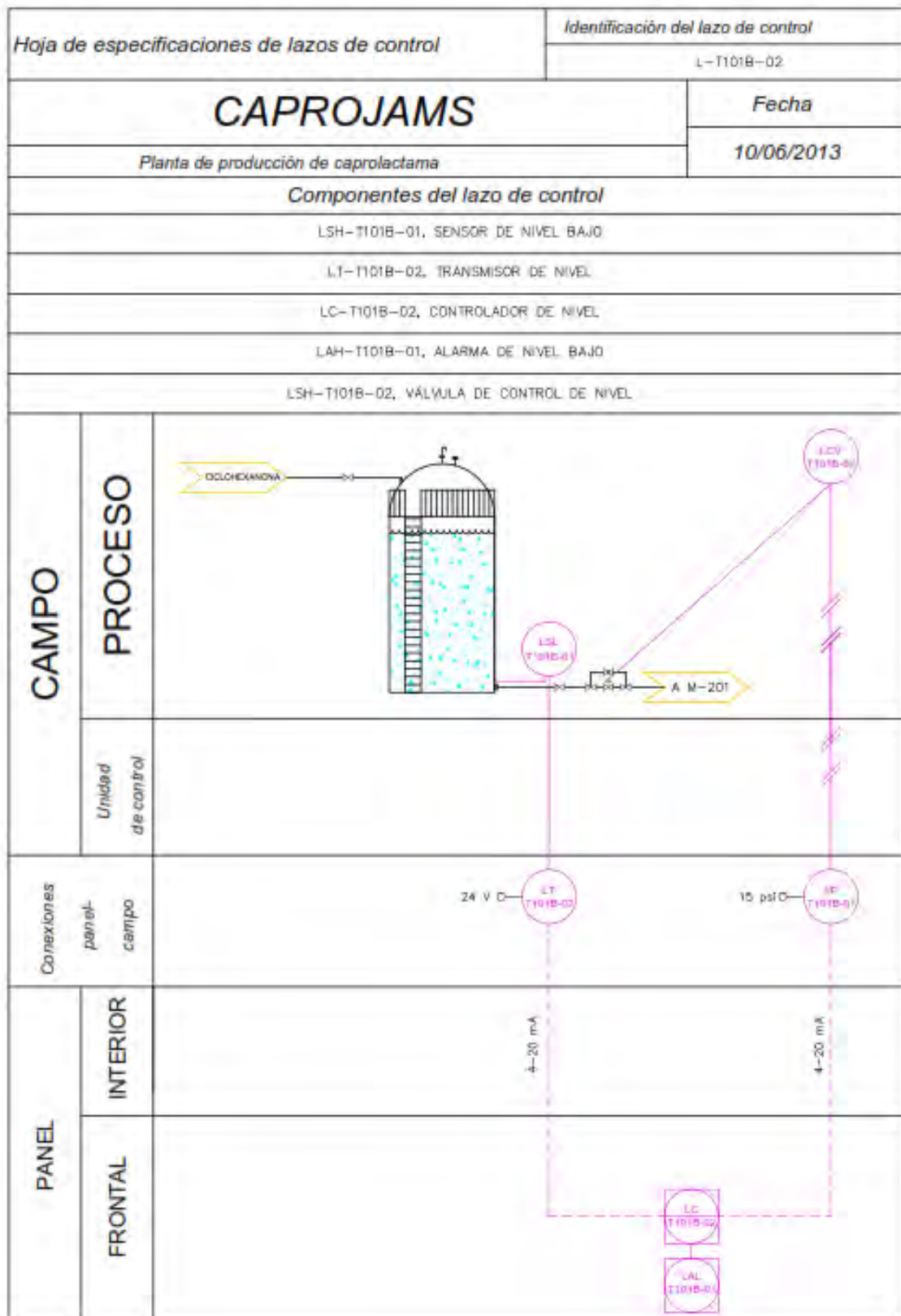
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



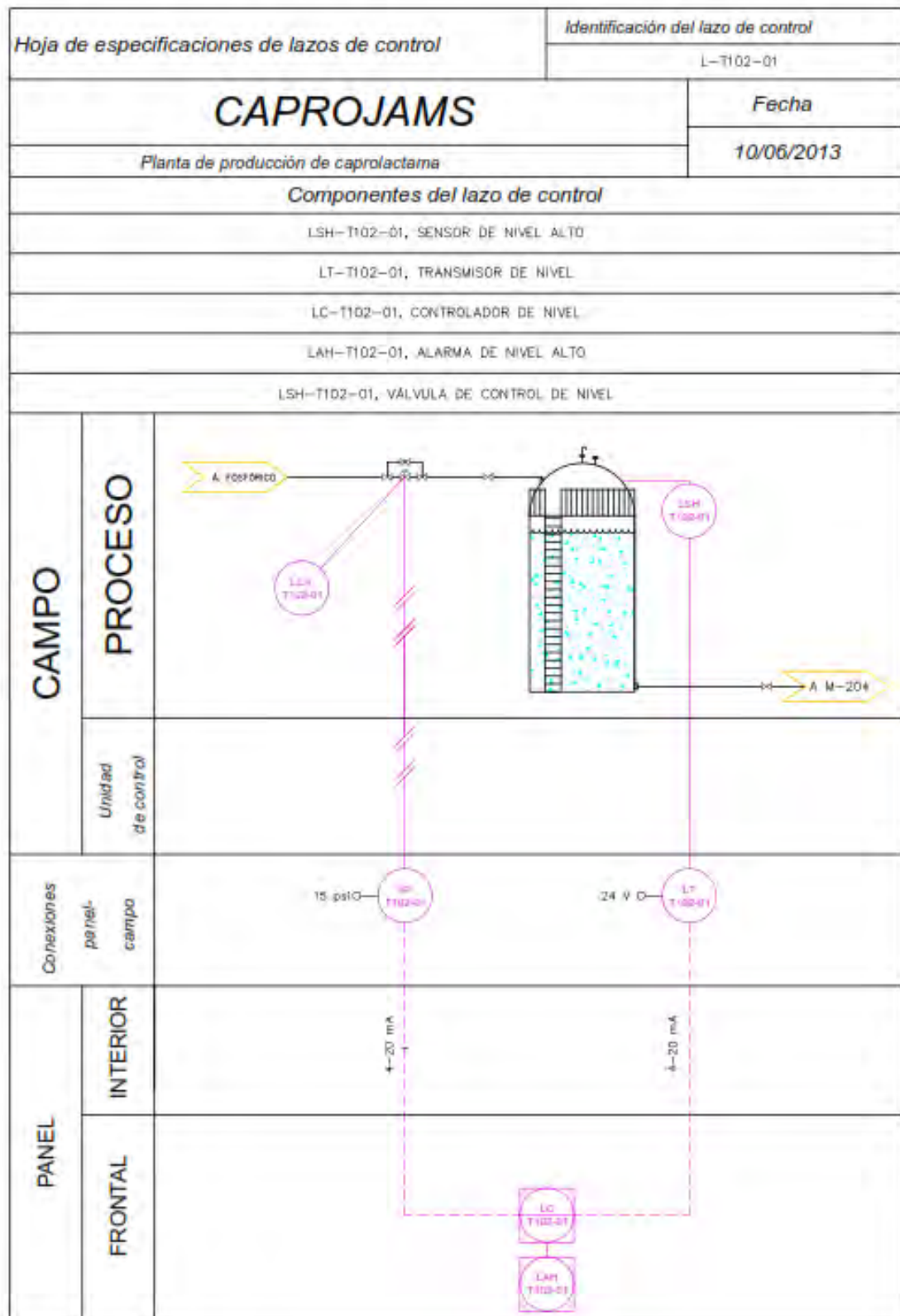
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



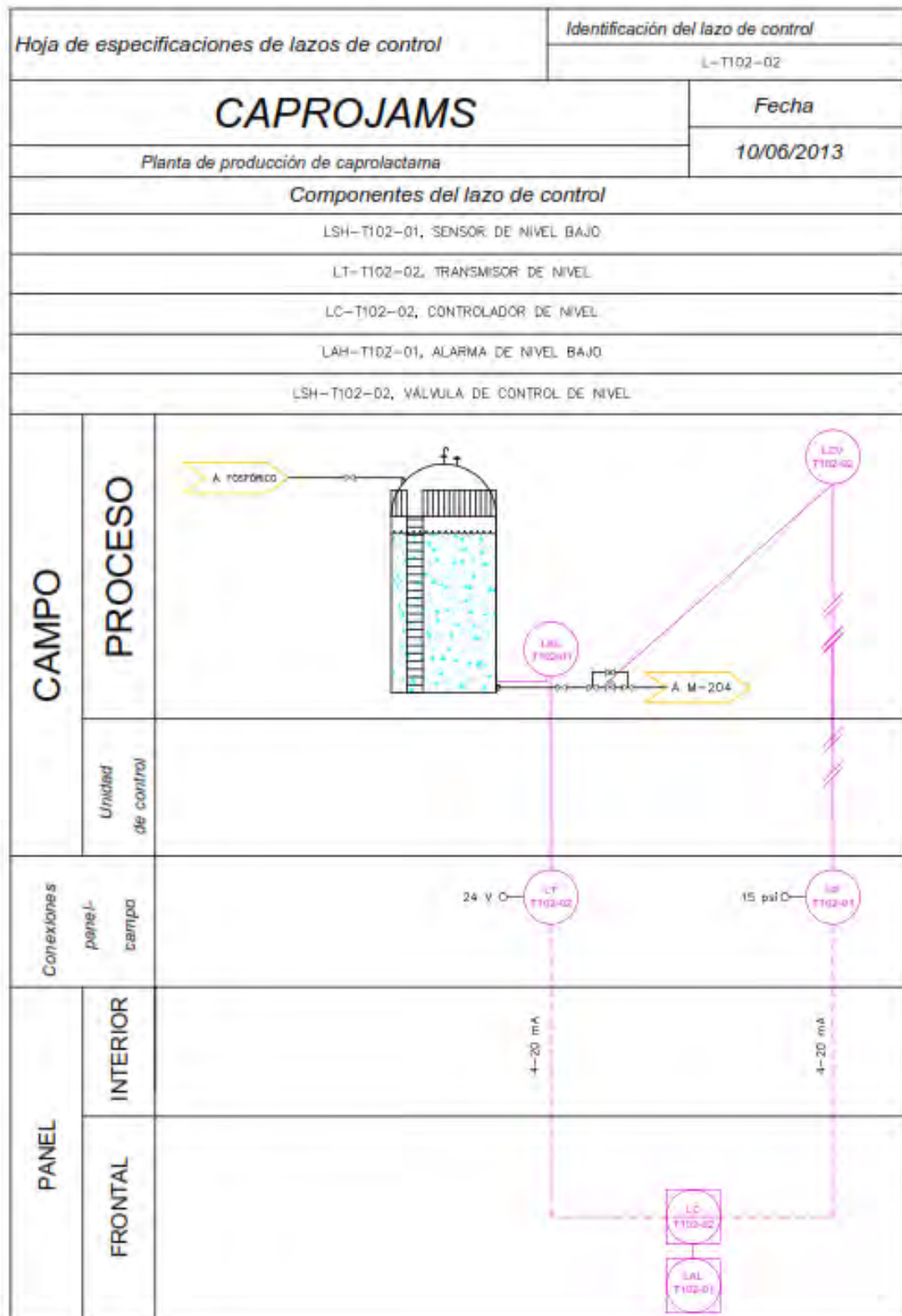
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



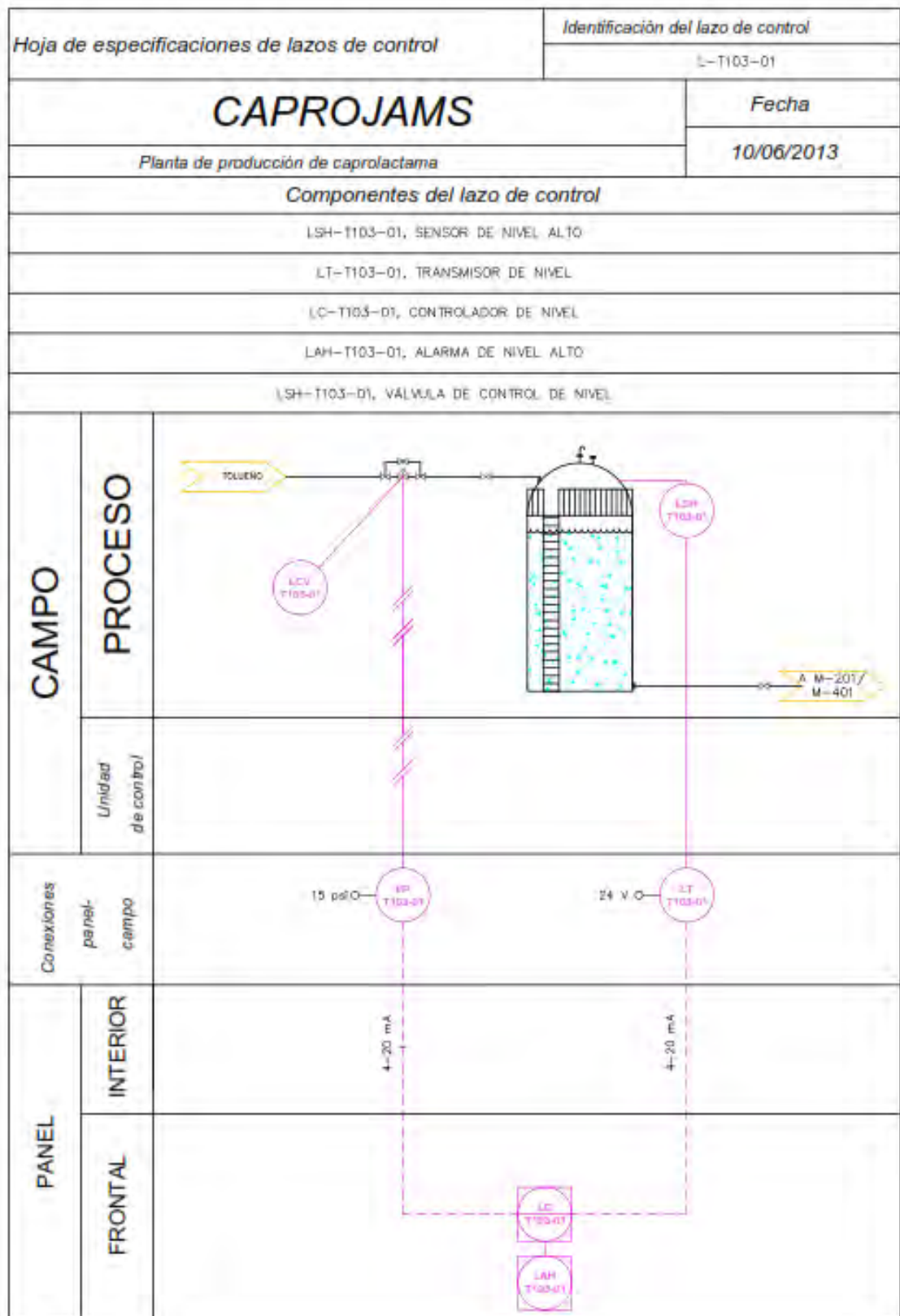
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



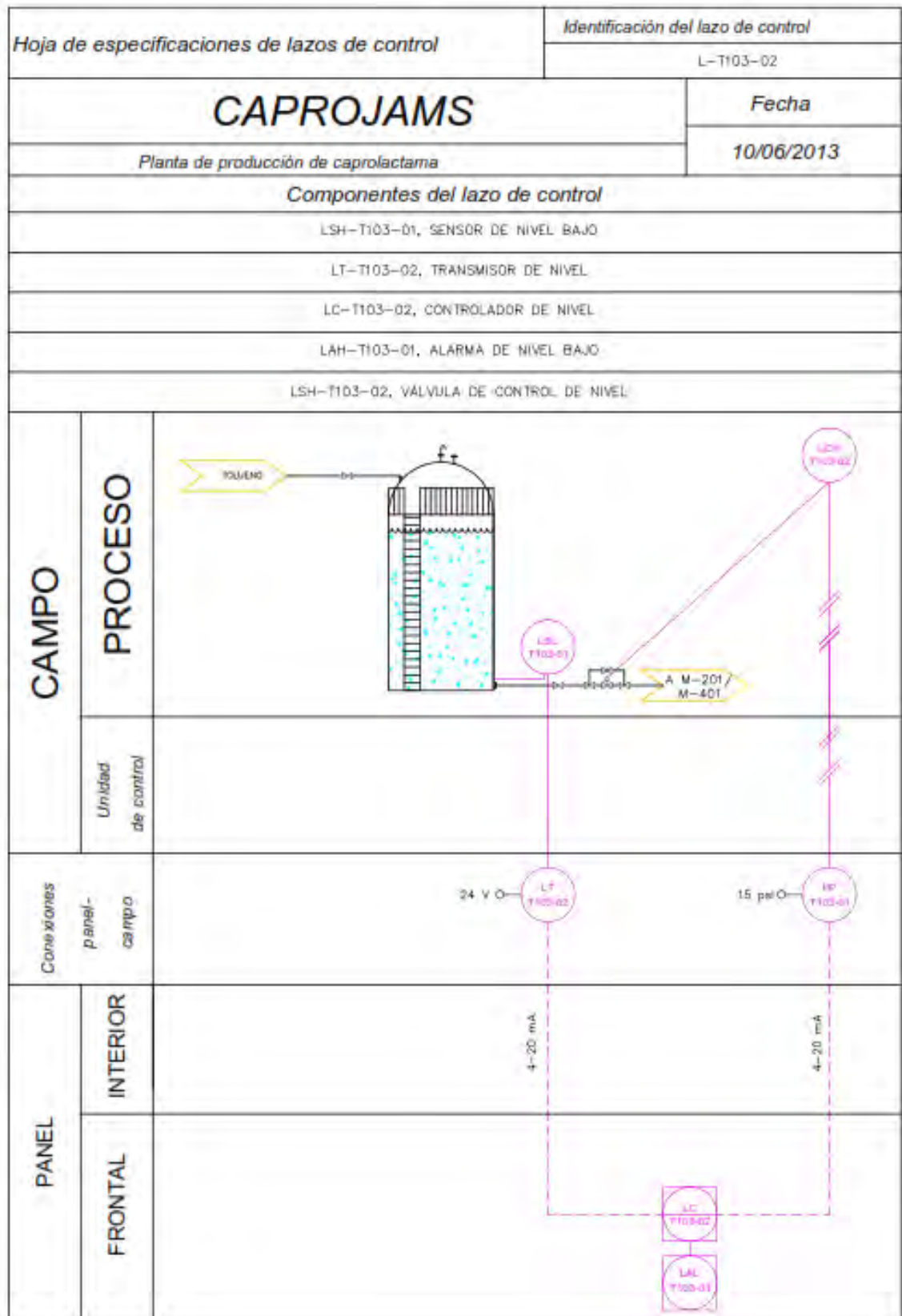
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



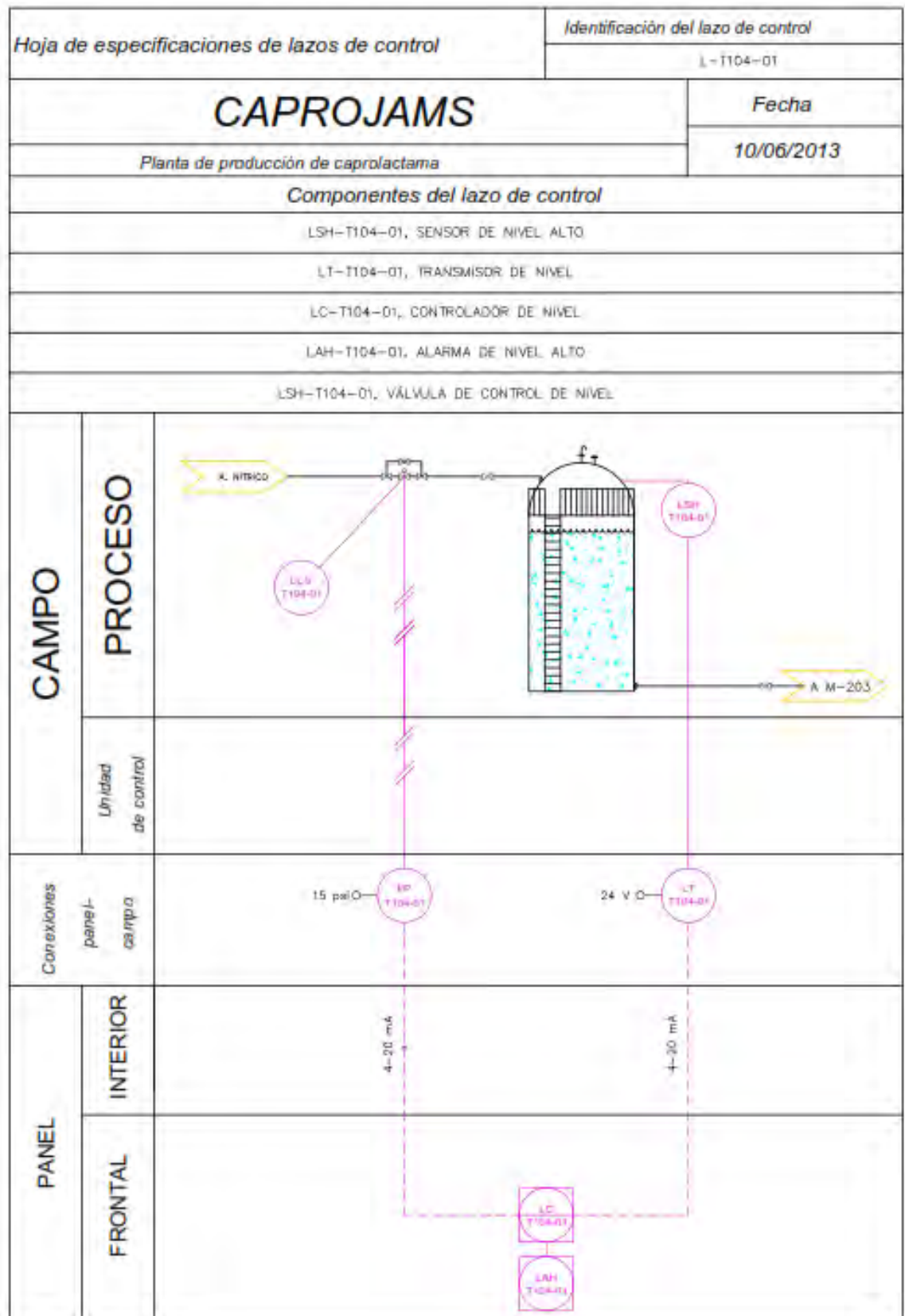
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



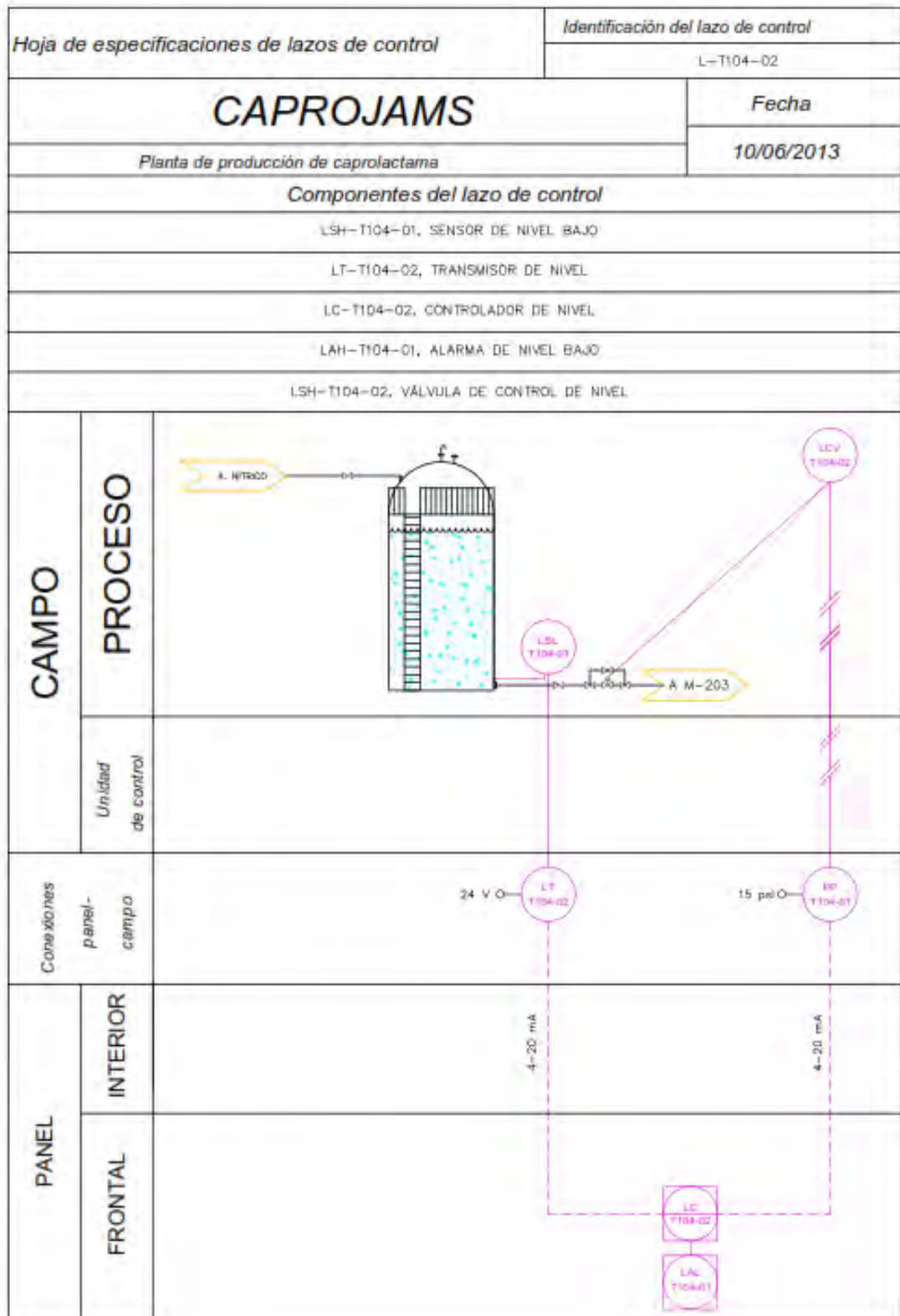
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



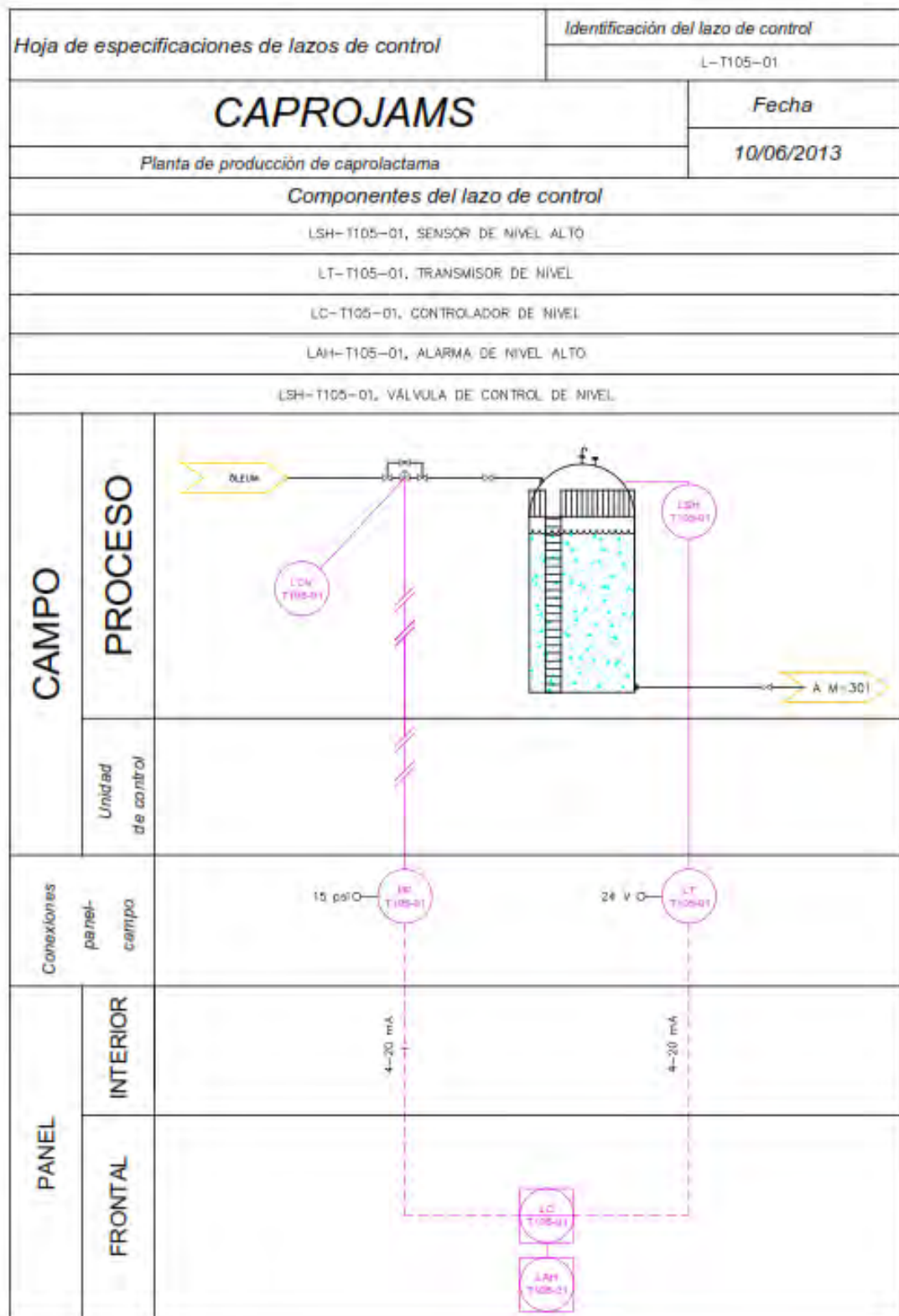
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



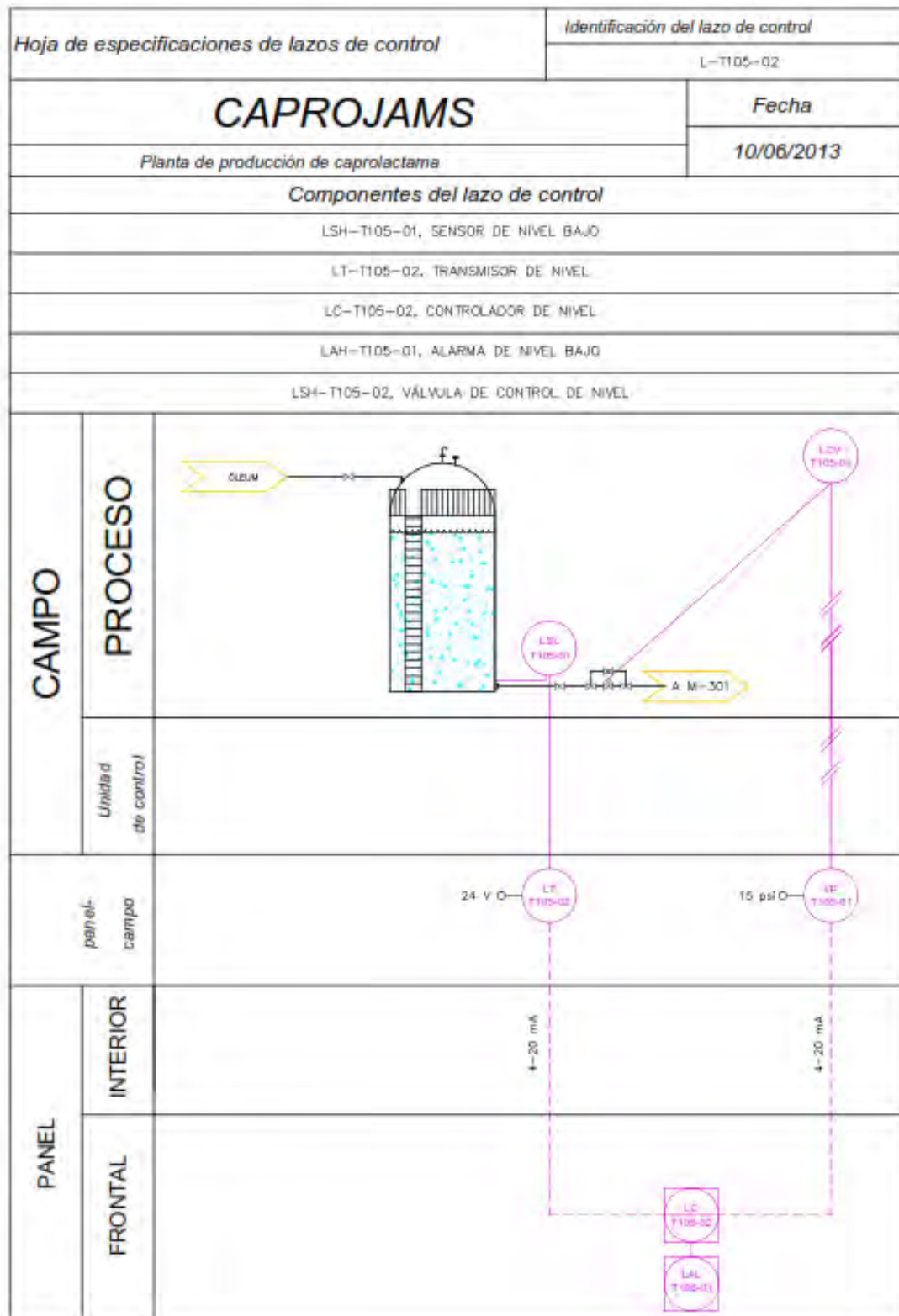
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



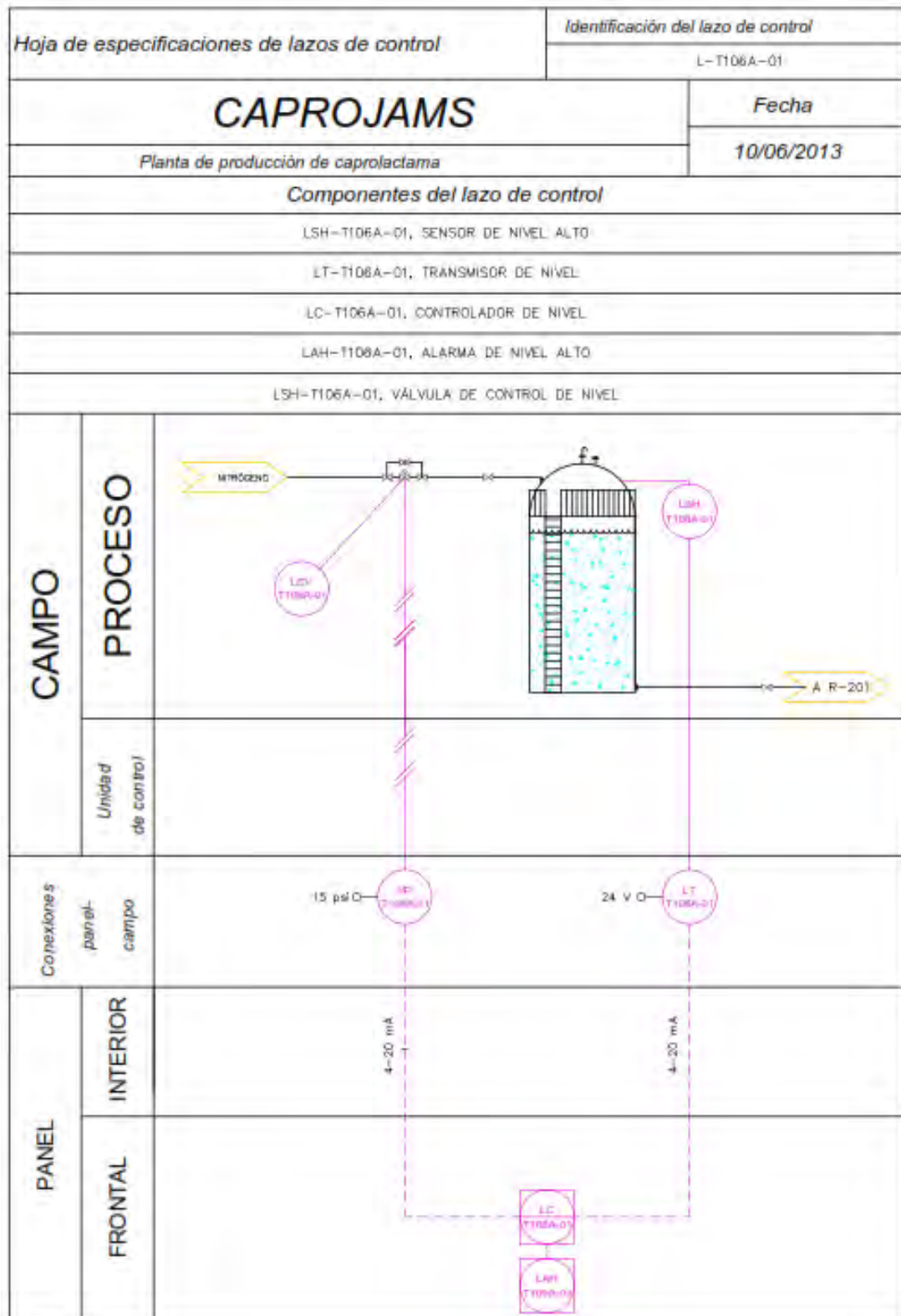
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



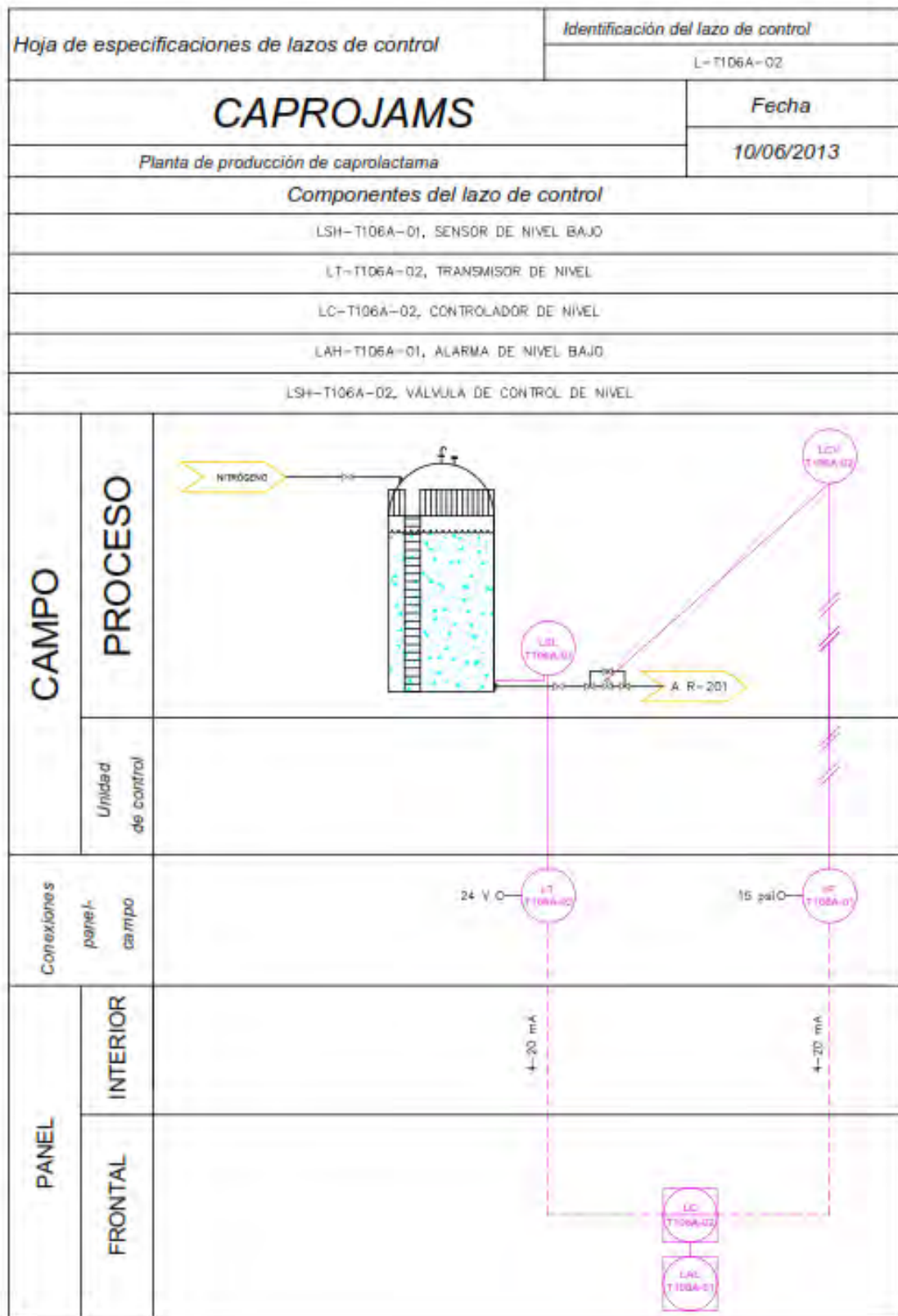
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



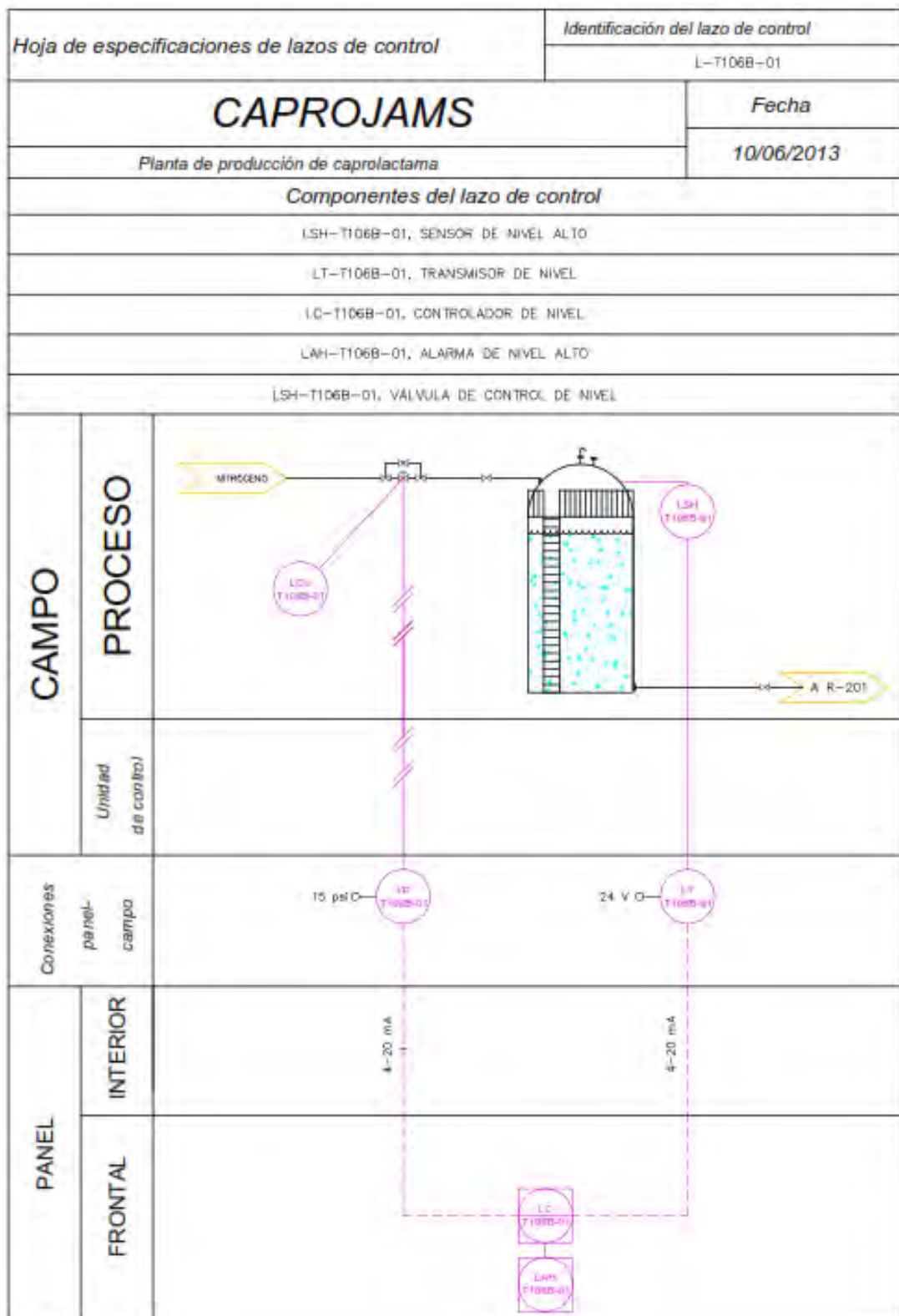
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



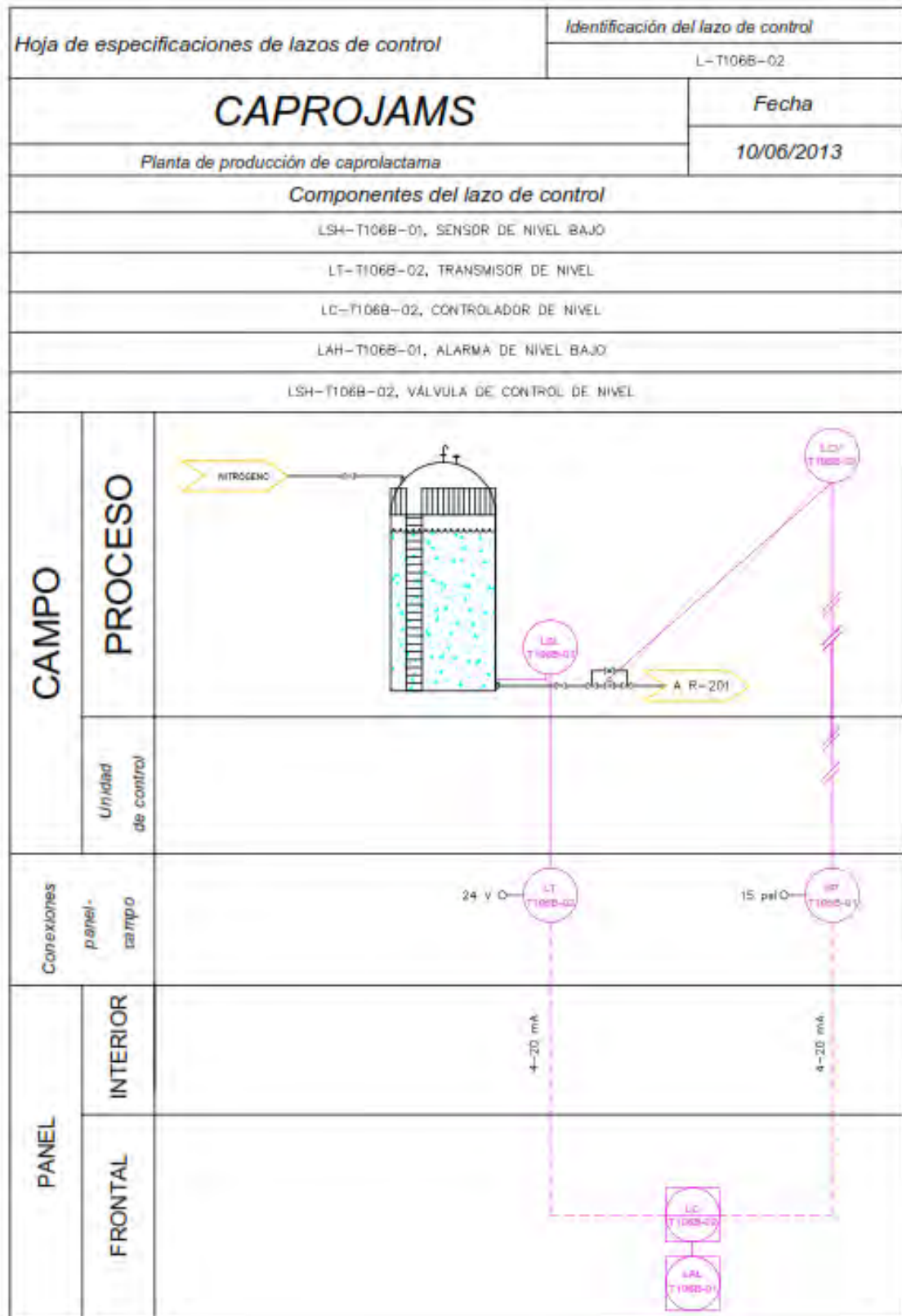
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



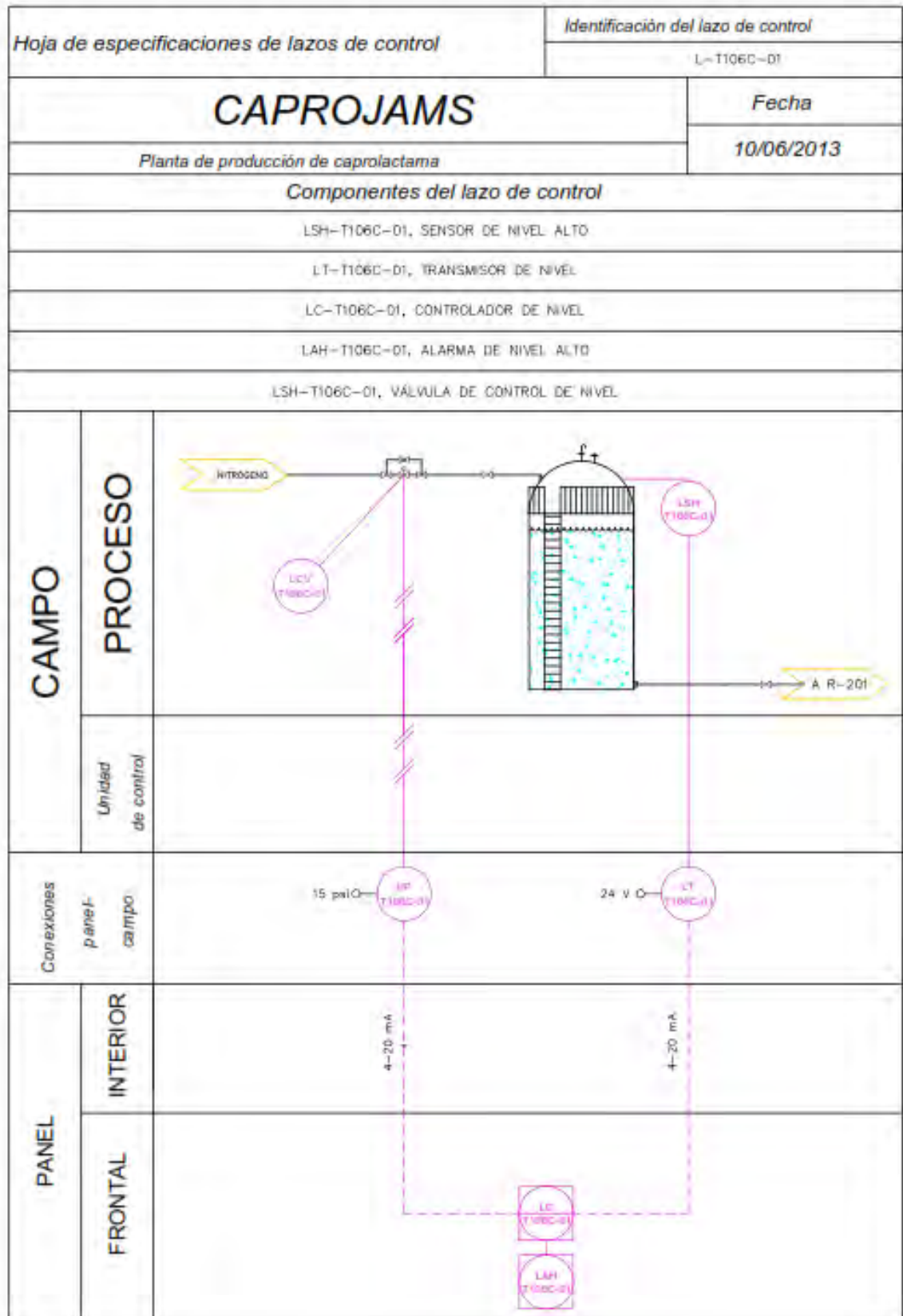
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



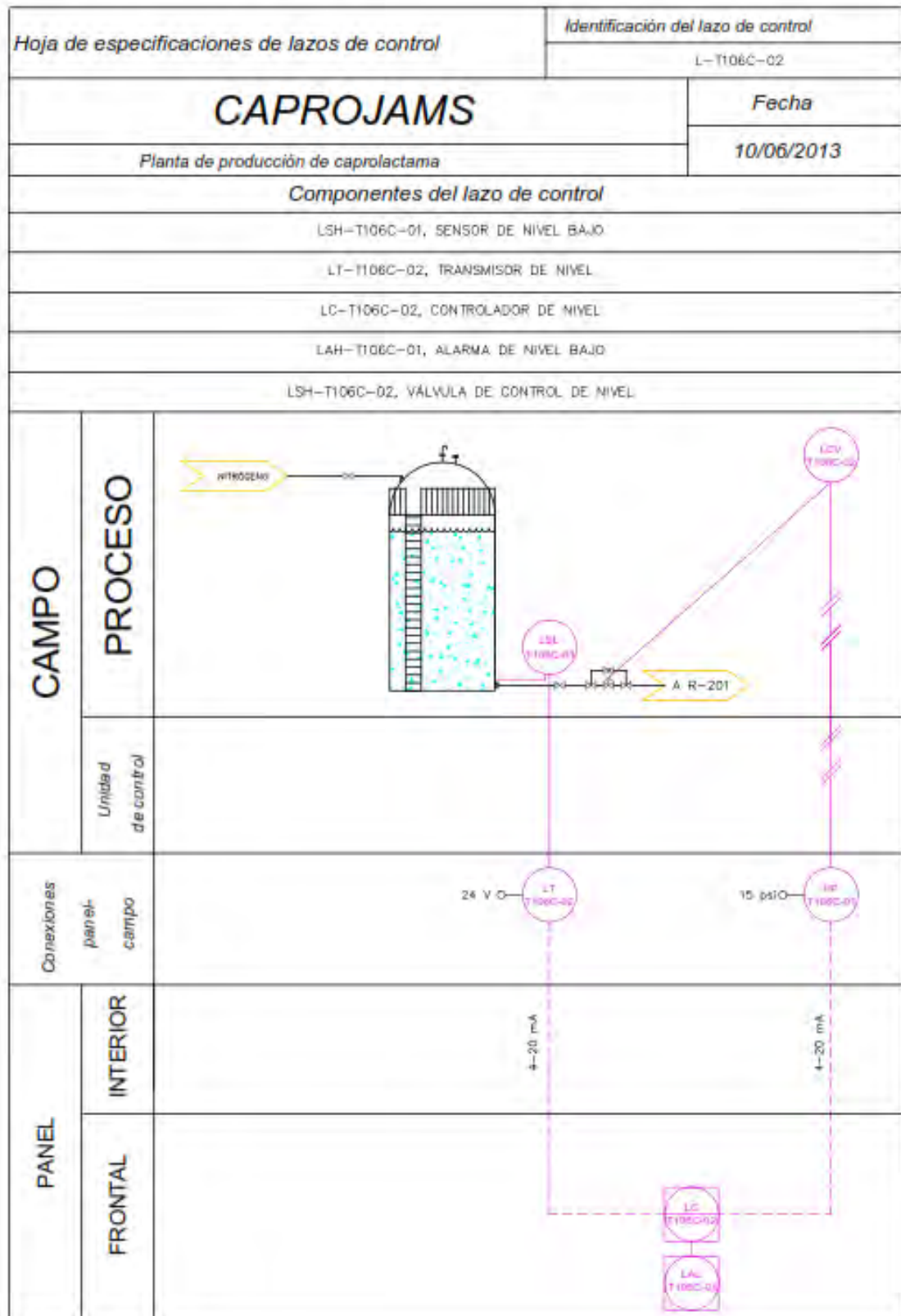
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



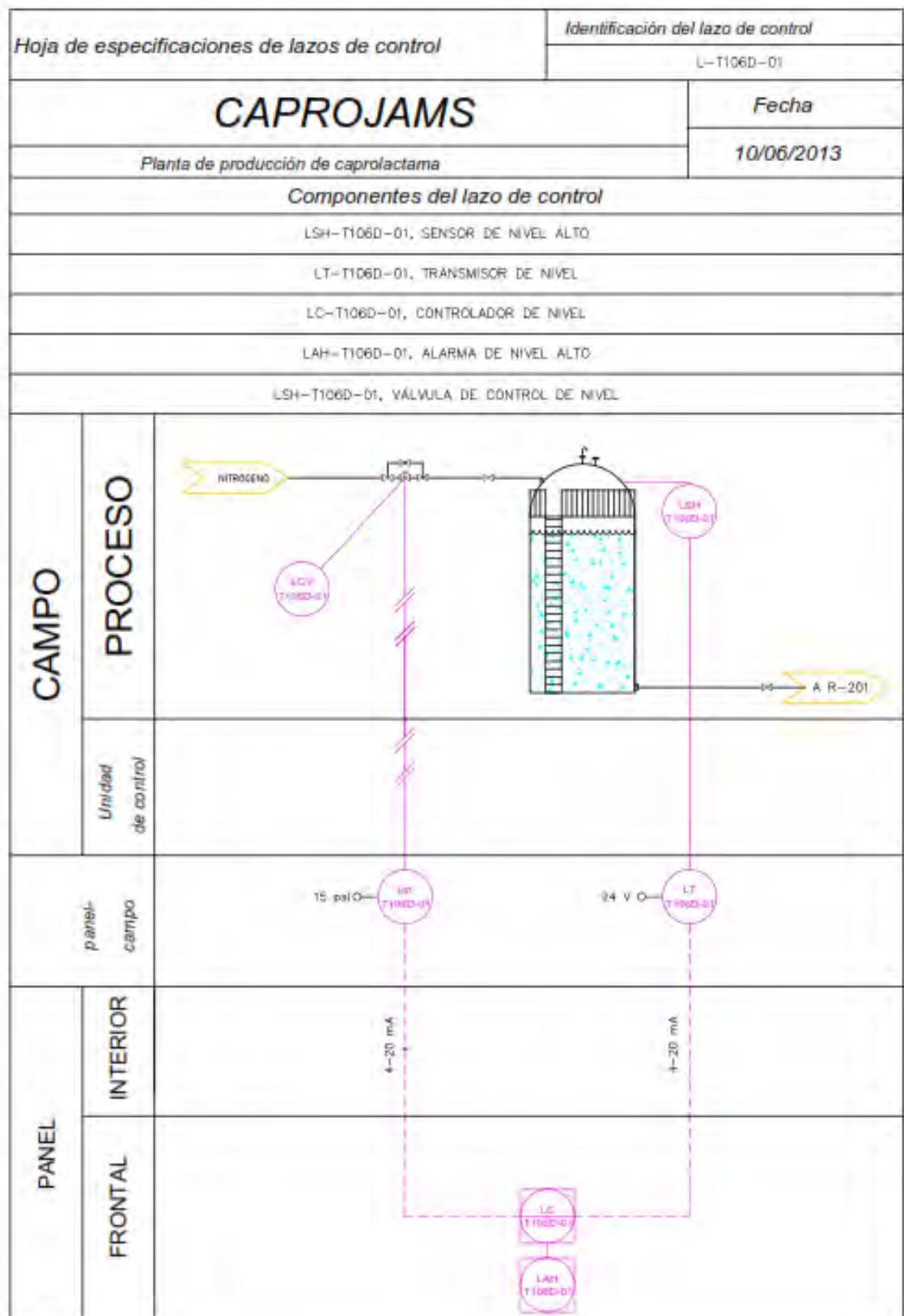
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



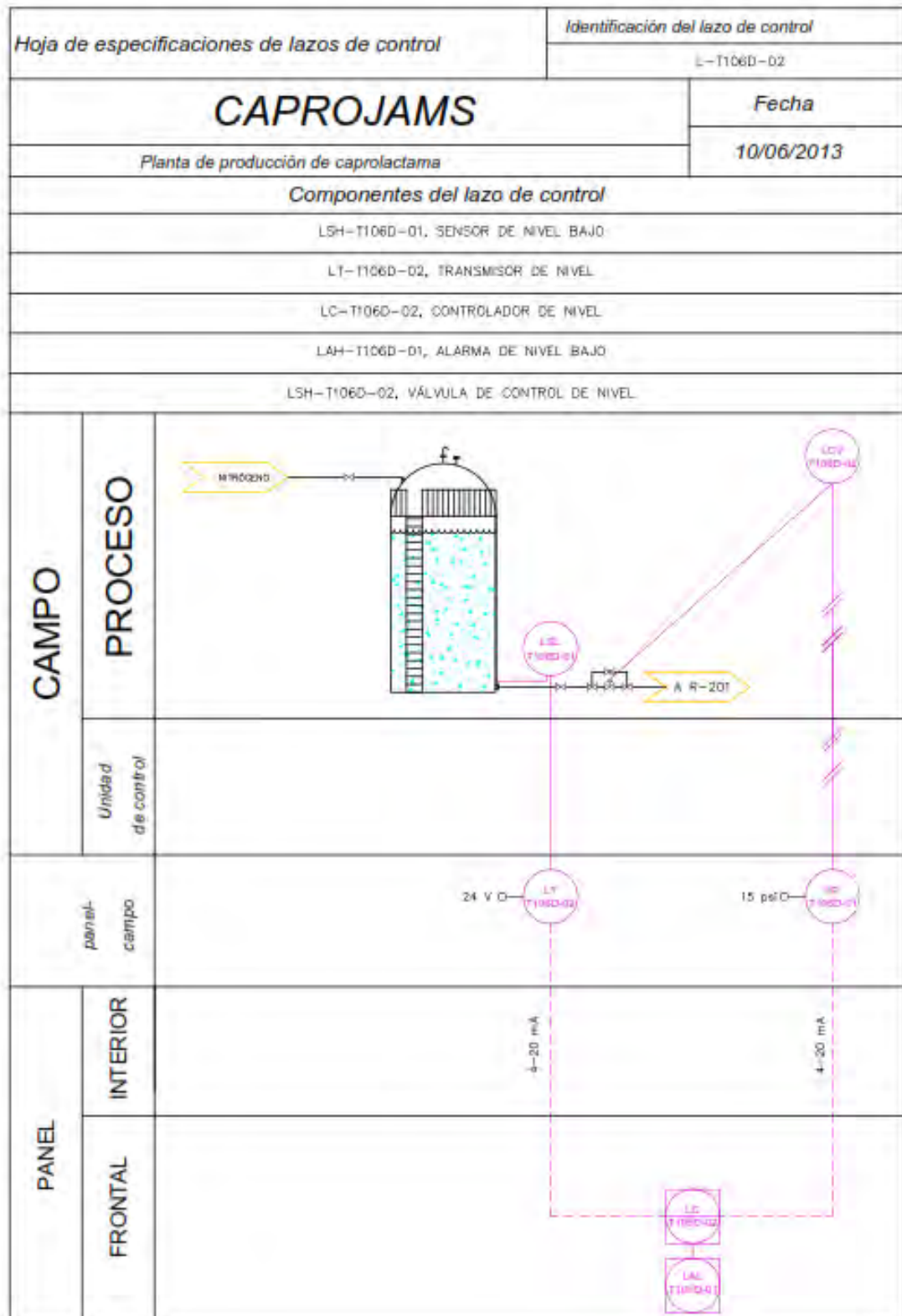
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



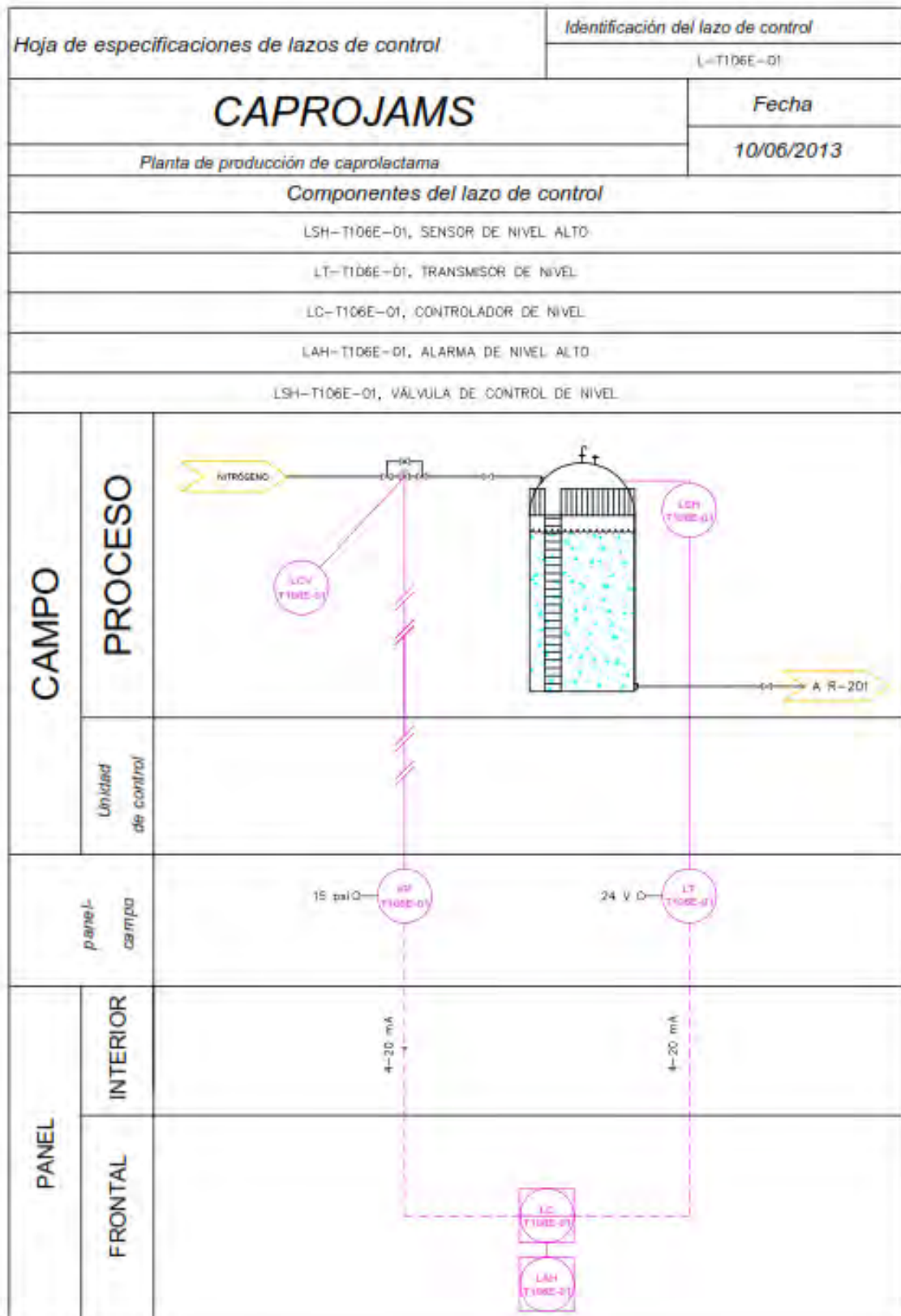
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



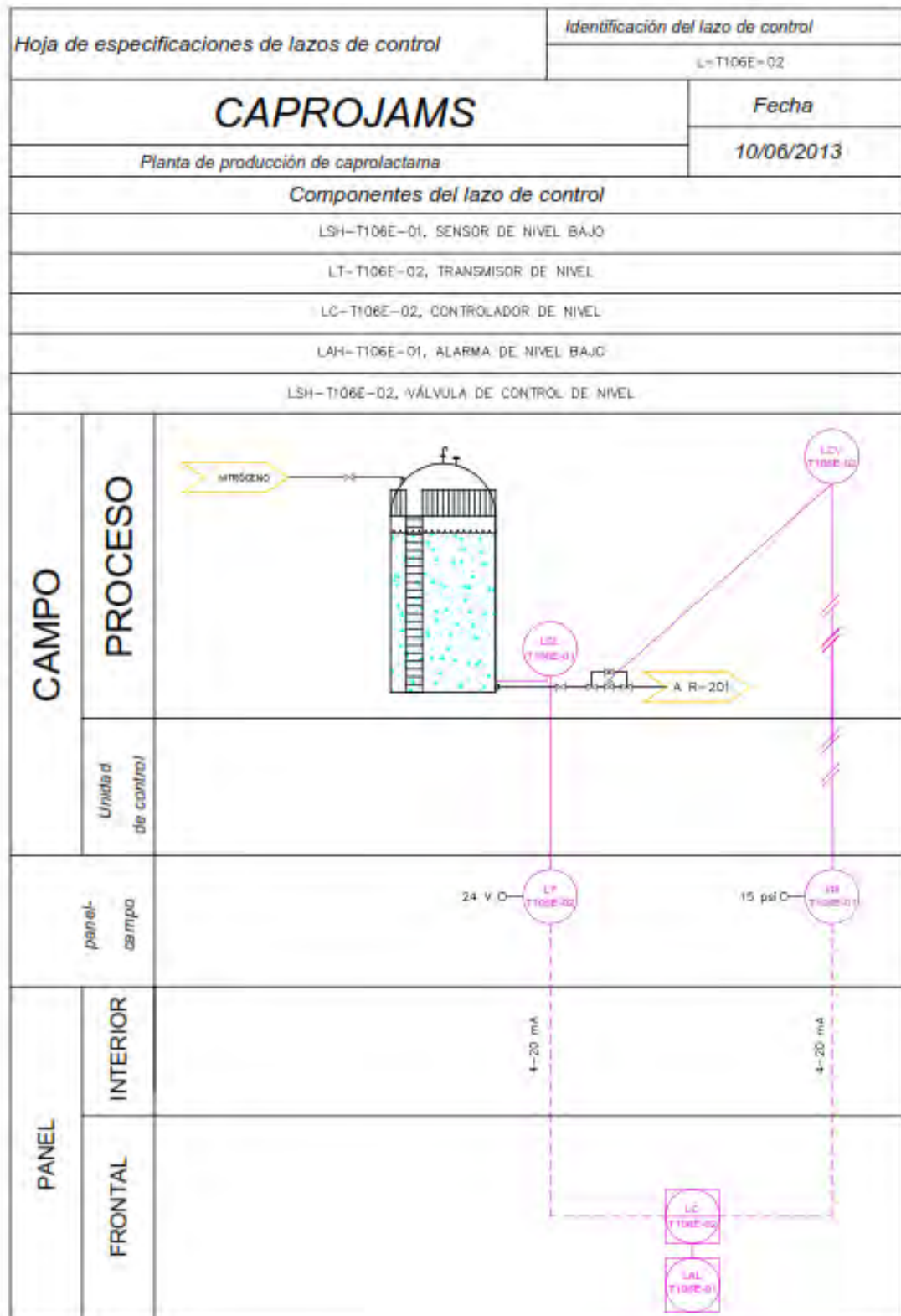
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



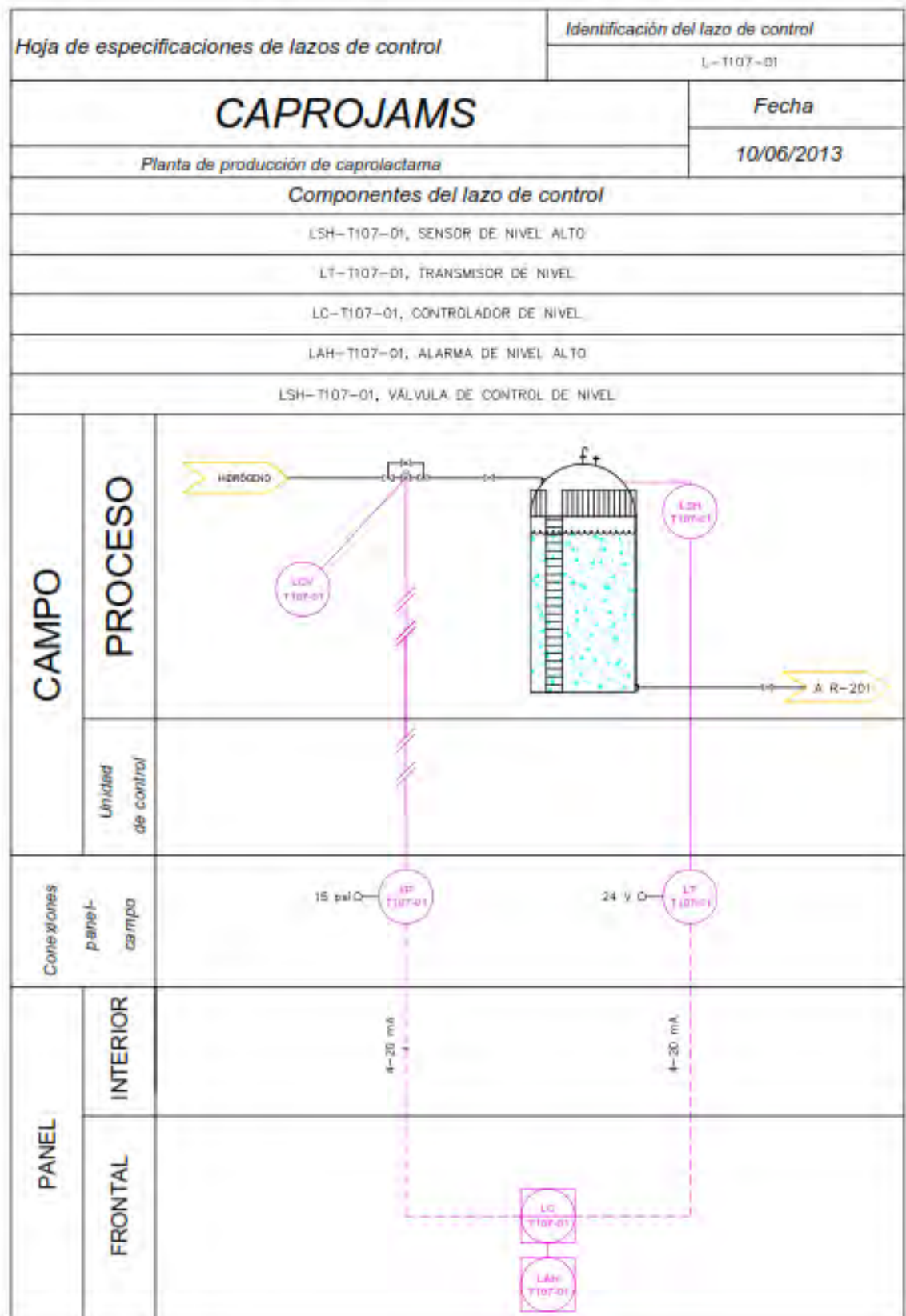
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



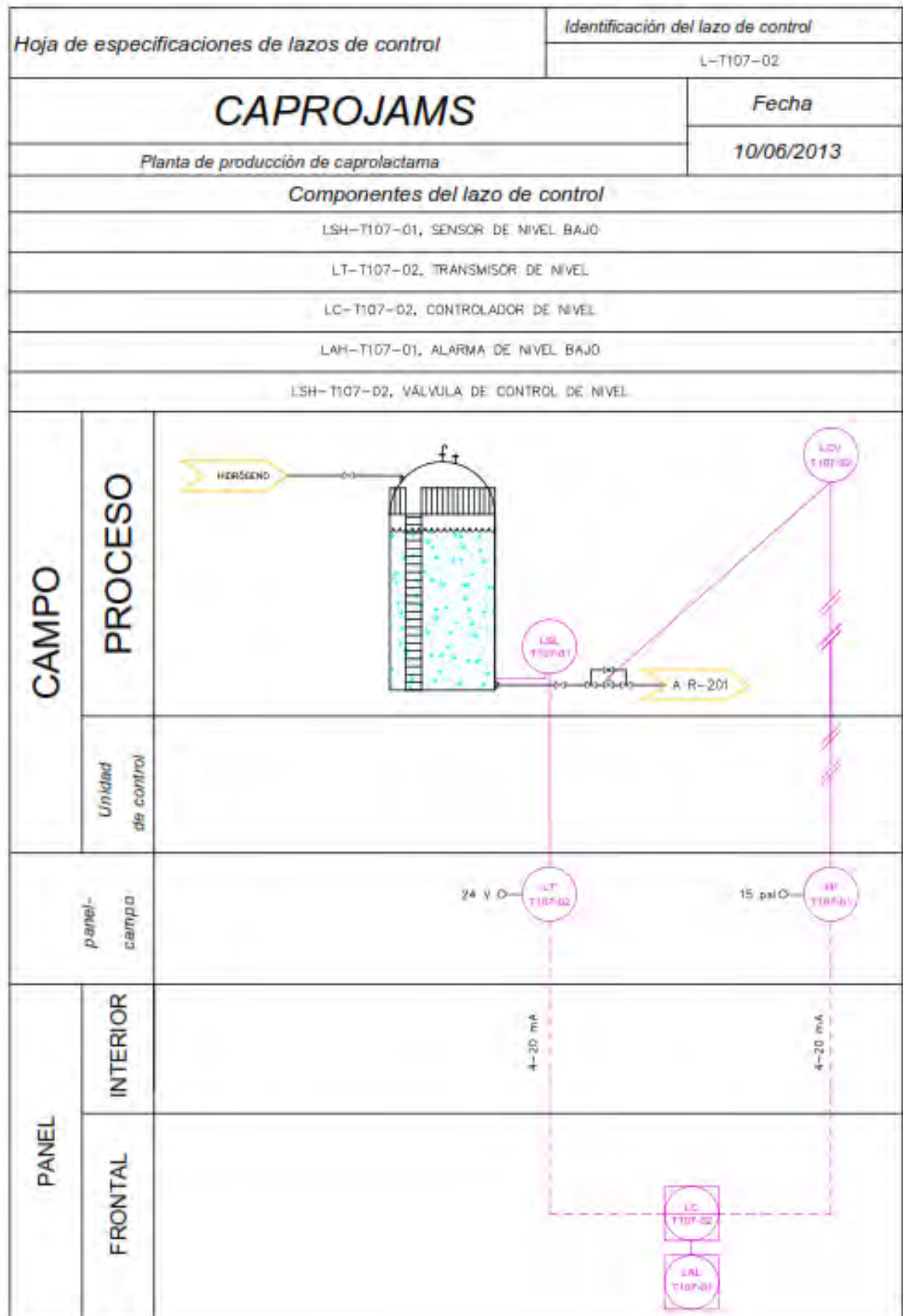
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



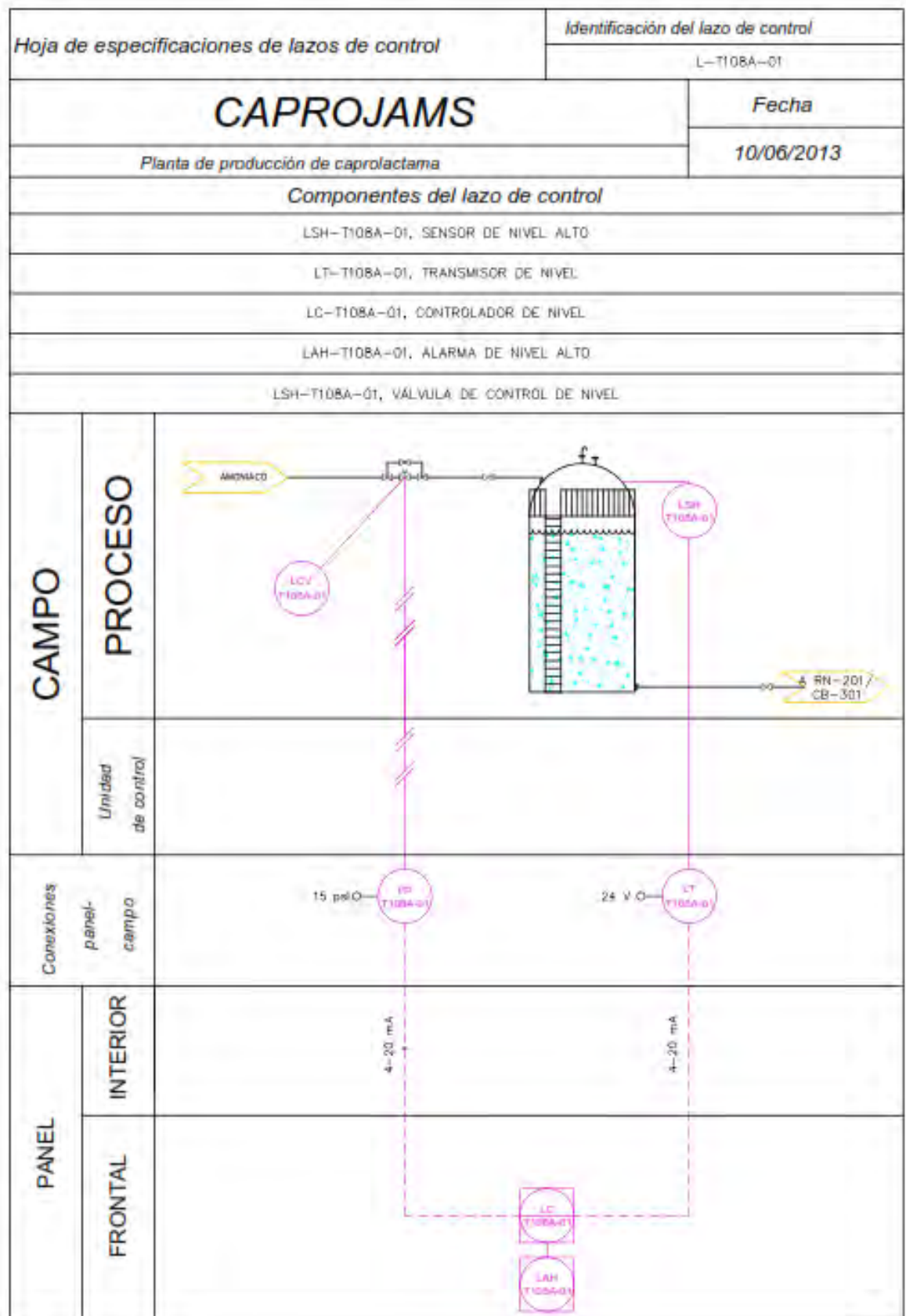
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



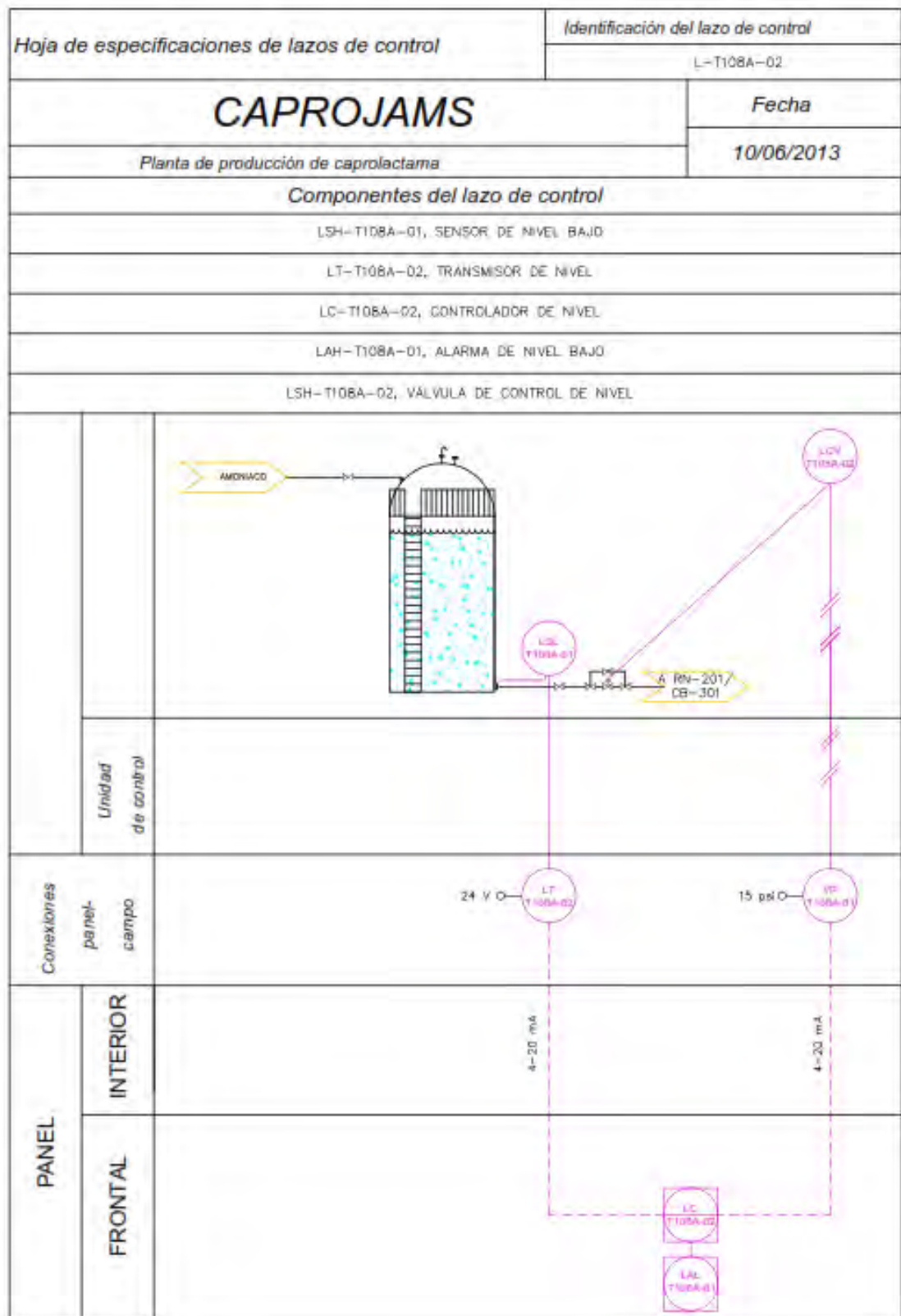
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



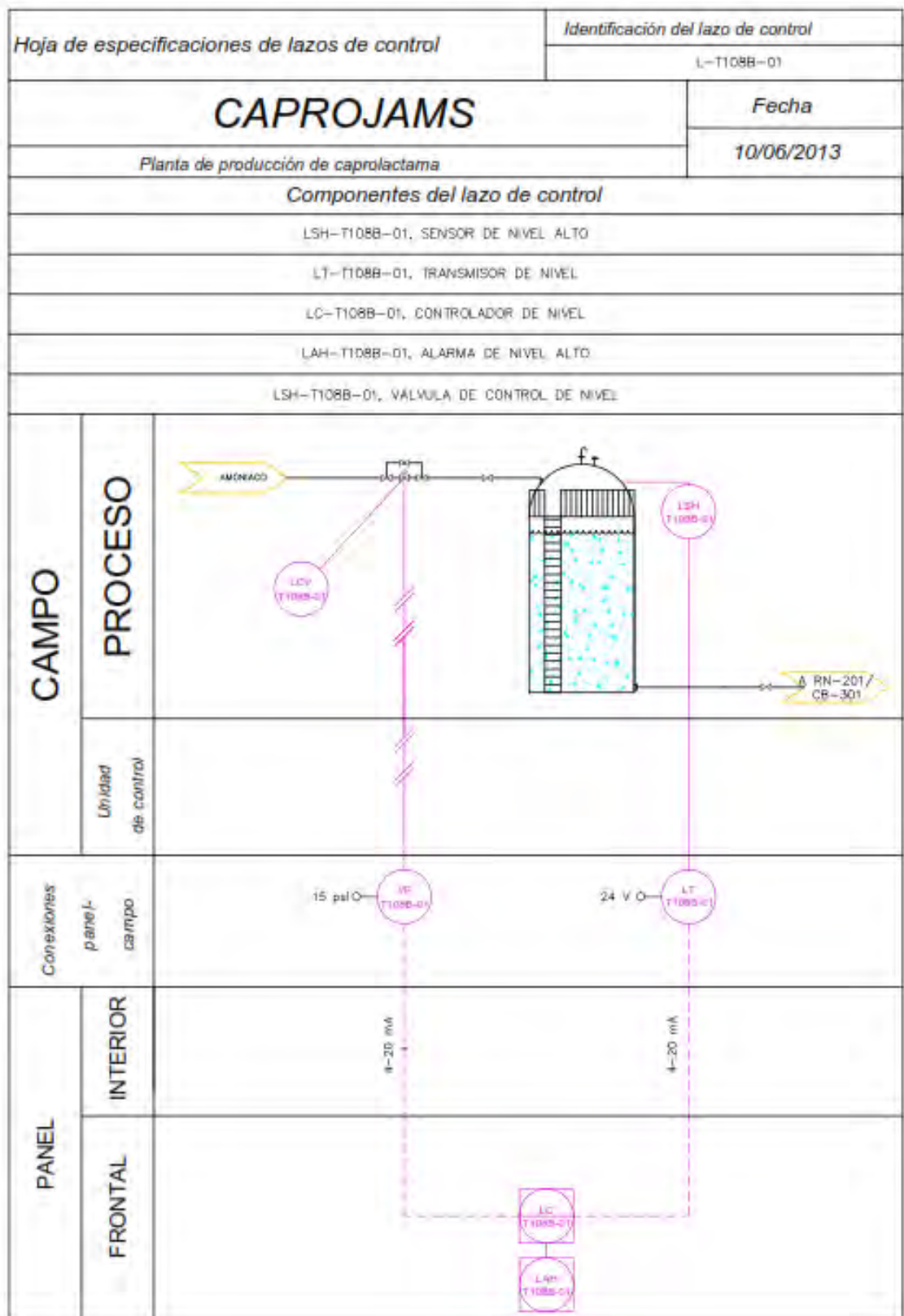
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



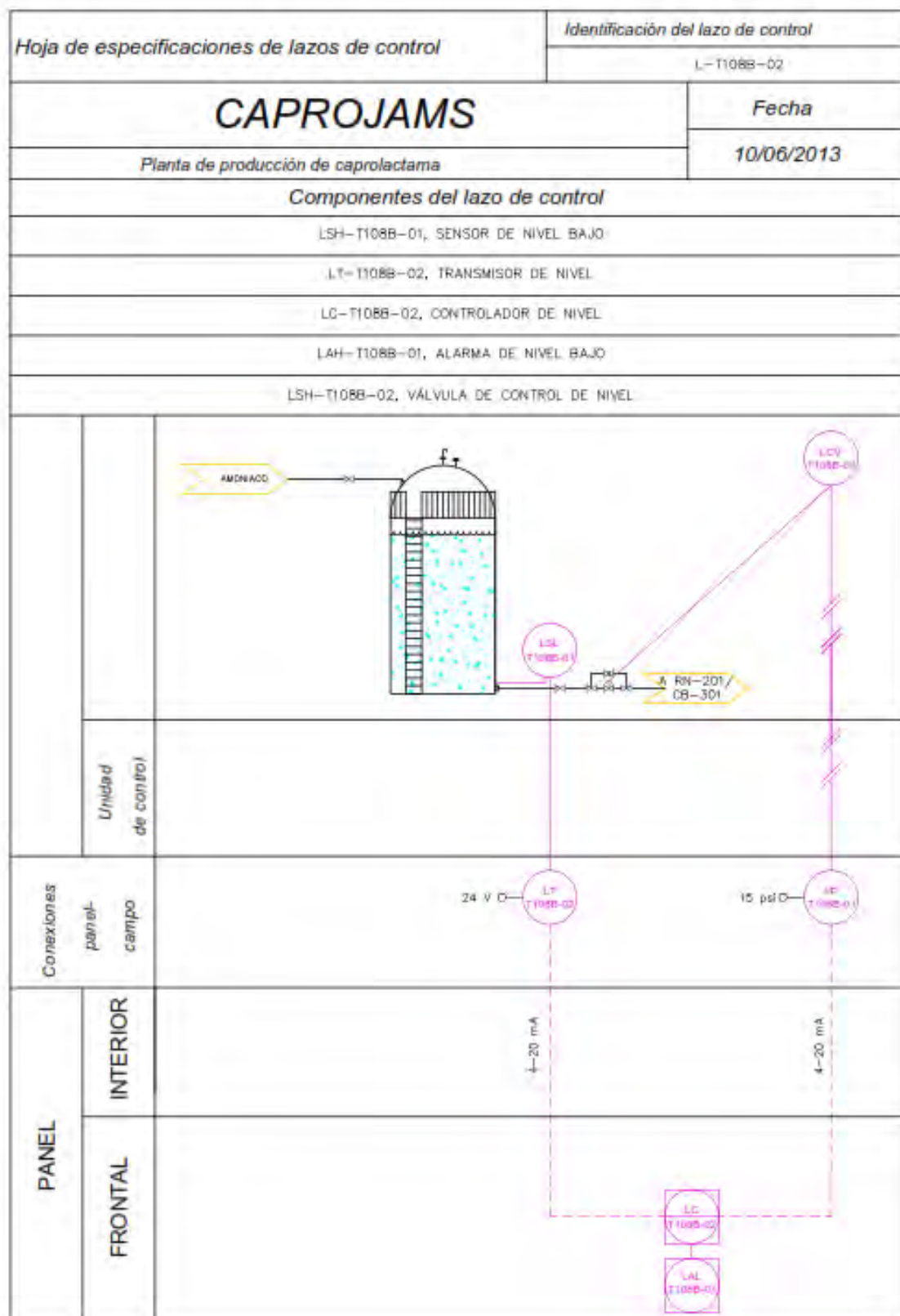
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



3.4.3.- Entrada de reactivos clave

En proceso las etapas limitantes son las de reacción en general. Las reacciones que se producen han de tener una relación estequiométrica determinada sin la cual la reacción no tendría la conversión esperada. Por este motivo es necesario el control del caudal de ciertas entradas de reactivos.

En estos casos se habría un medidor de caudal después de la válvula de control (control en *feedback*). En función de la medición, la válvula abrirá o cerrará en mayor o menor medida.

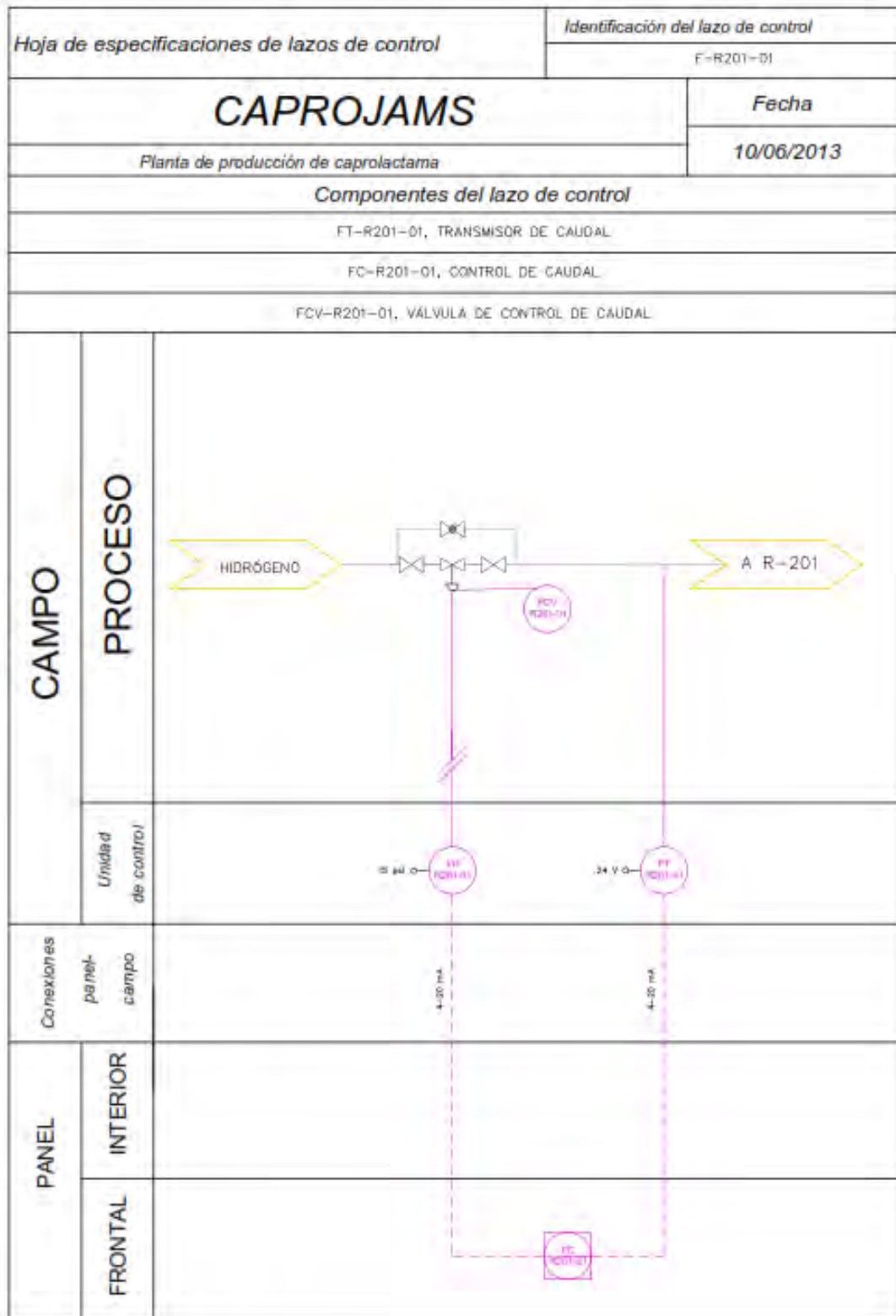
Esta es la manera de tener la seguridad de que la estequiometría se cumple.

Por otro lado, también se han diseñado unos lazos análogos que tienen la misma función pero que, en vez de medirse y controlarse la misma corriente, se mide otra corriente con la que ha de haber una relación estequiométrica determinada. Un ejemplo de este tipo sería el lazo F-M203-01.

A continuación se muestran las fichas de los diversos controles.

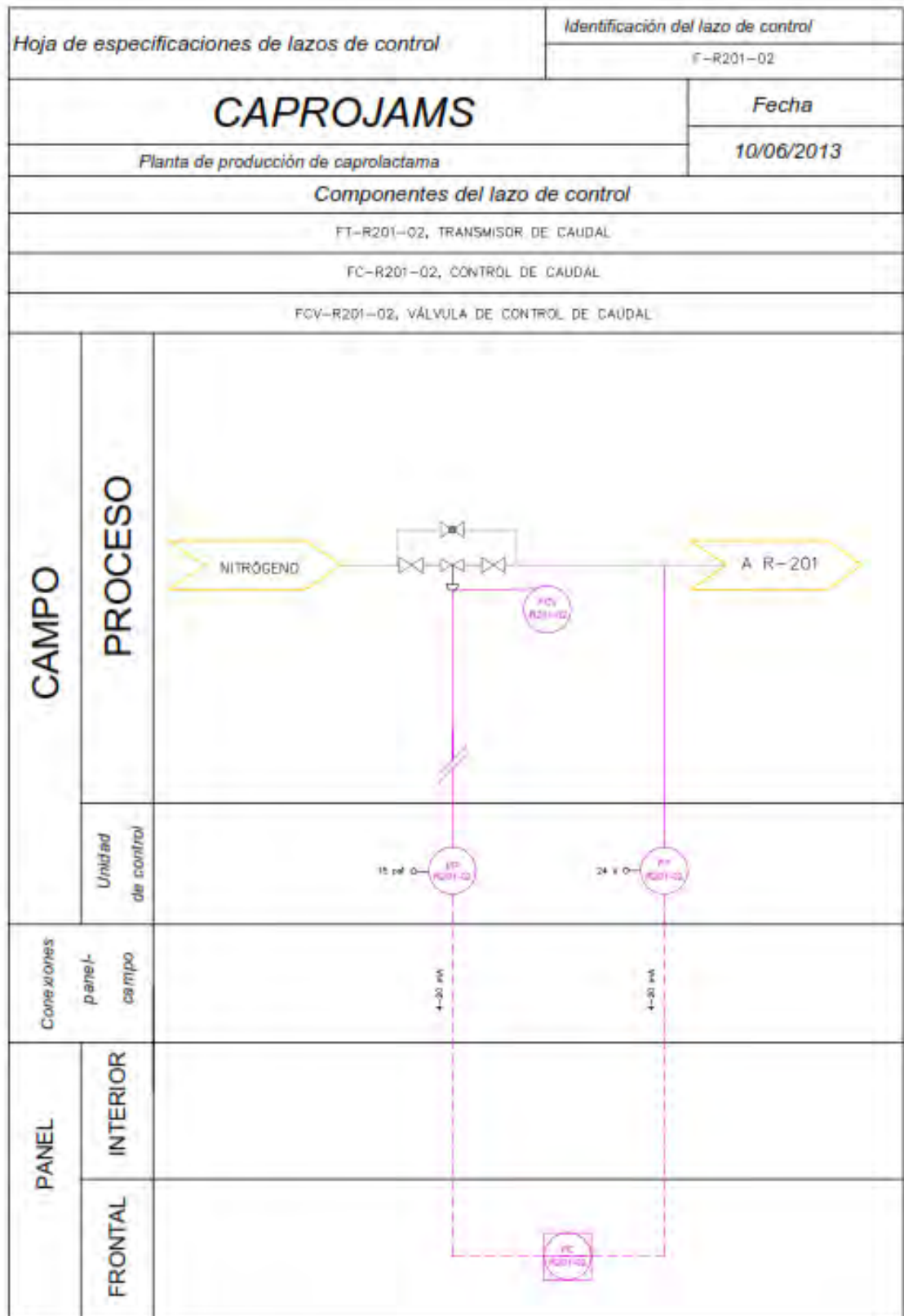
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



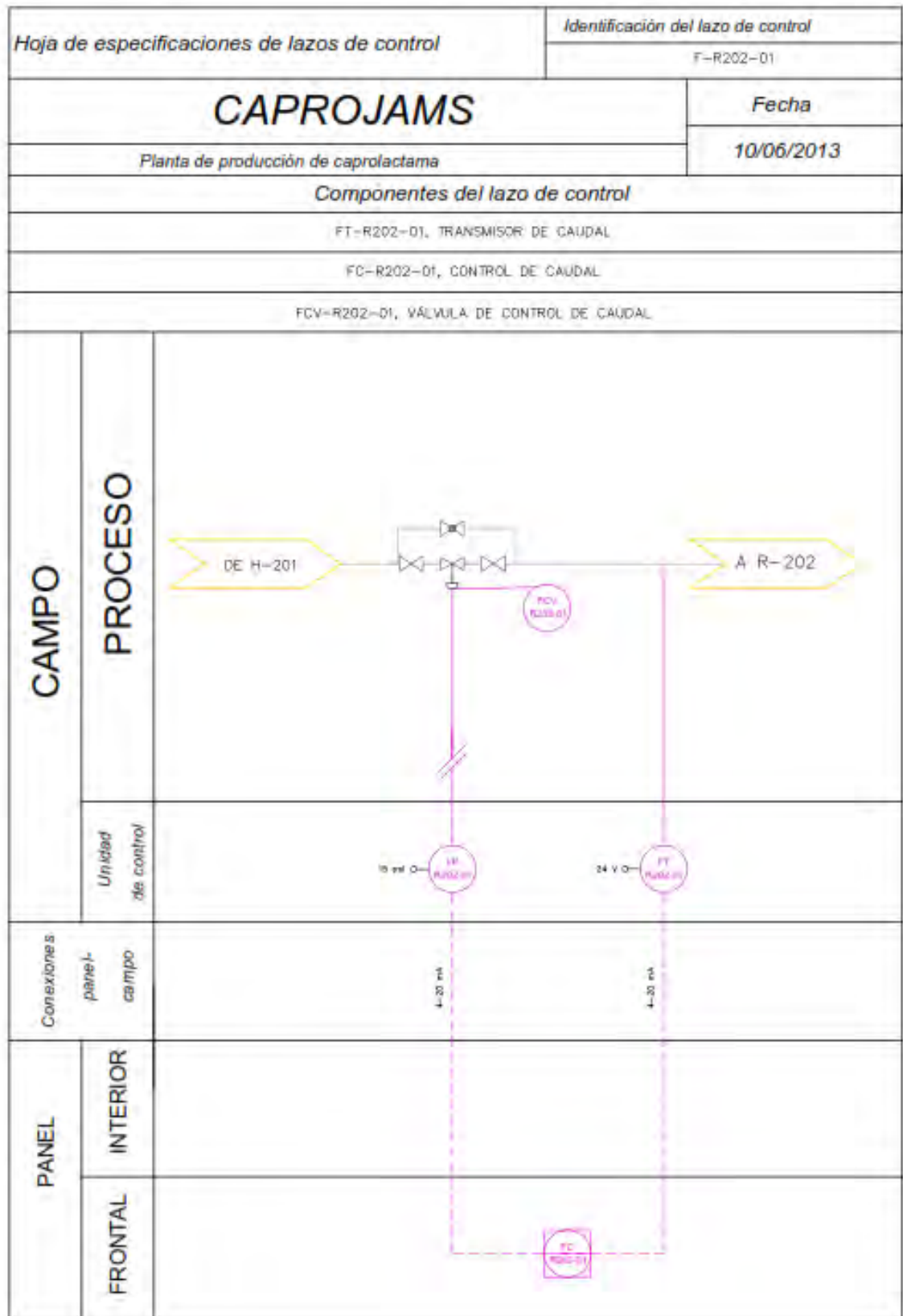
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



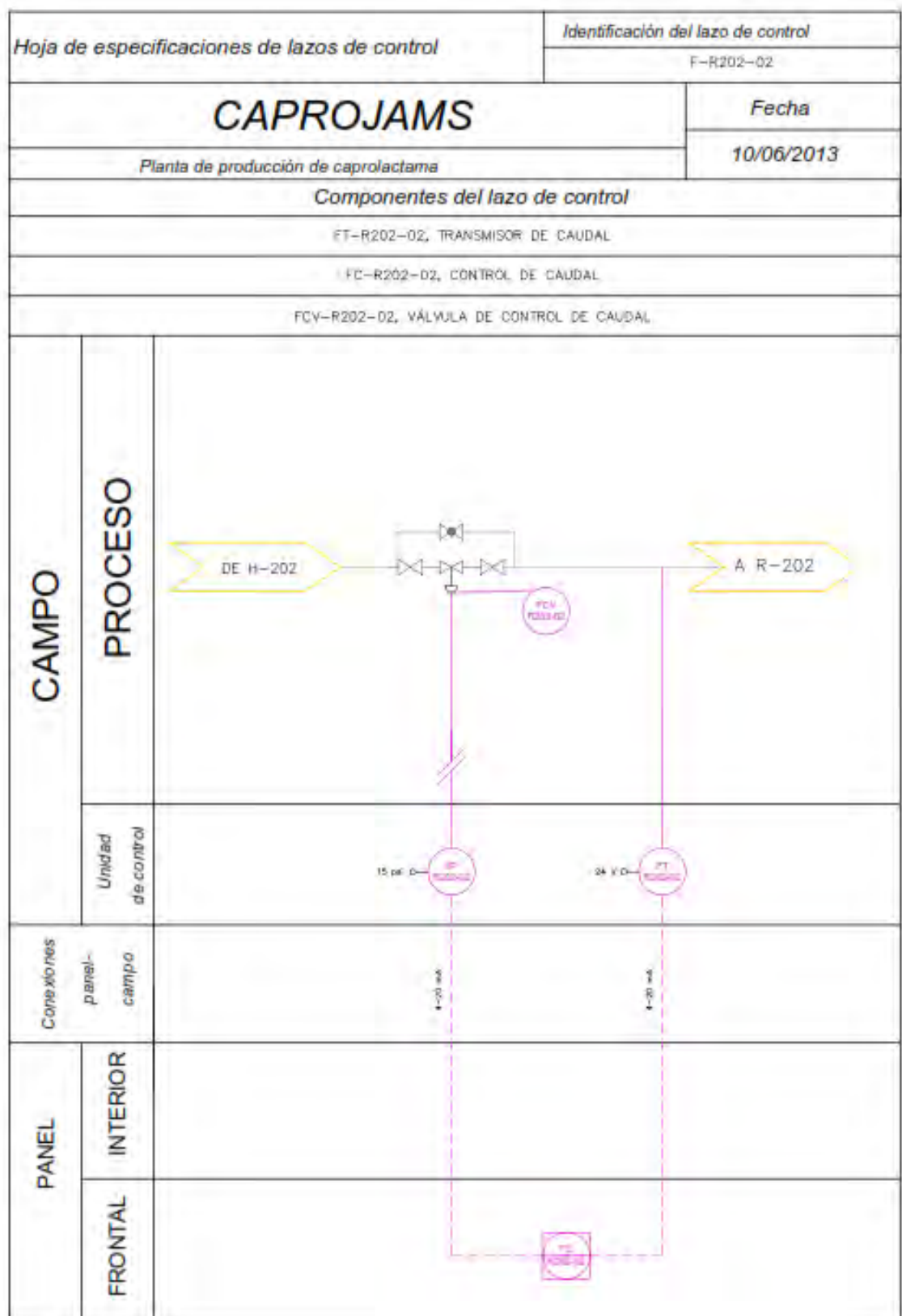
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



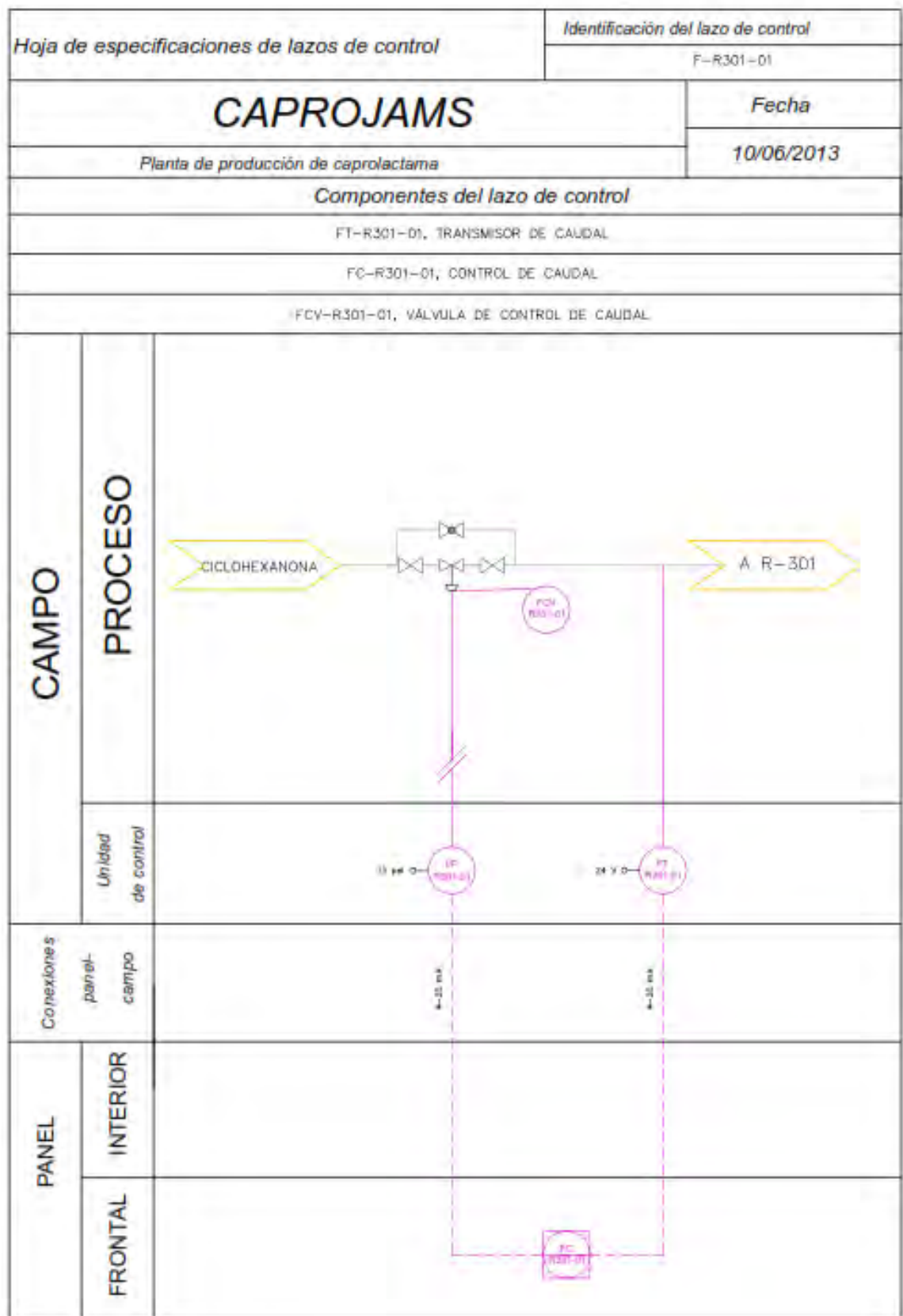
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



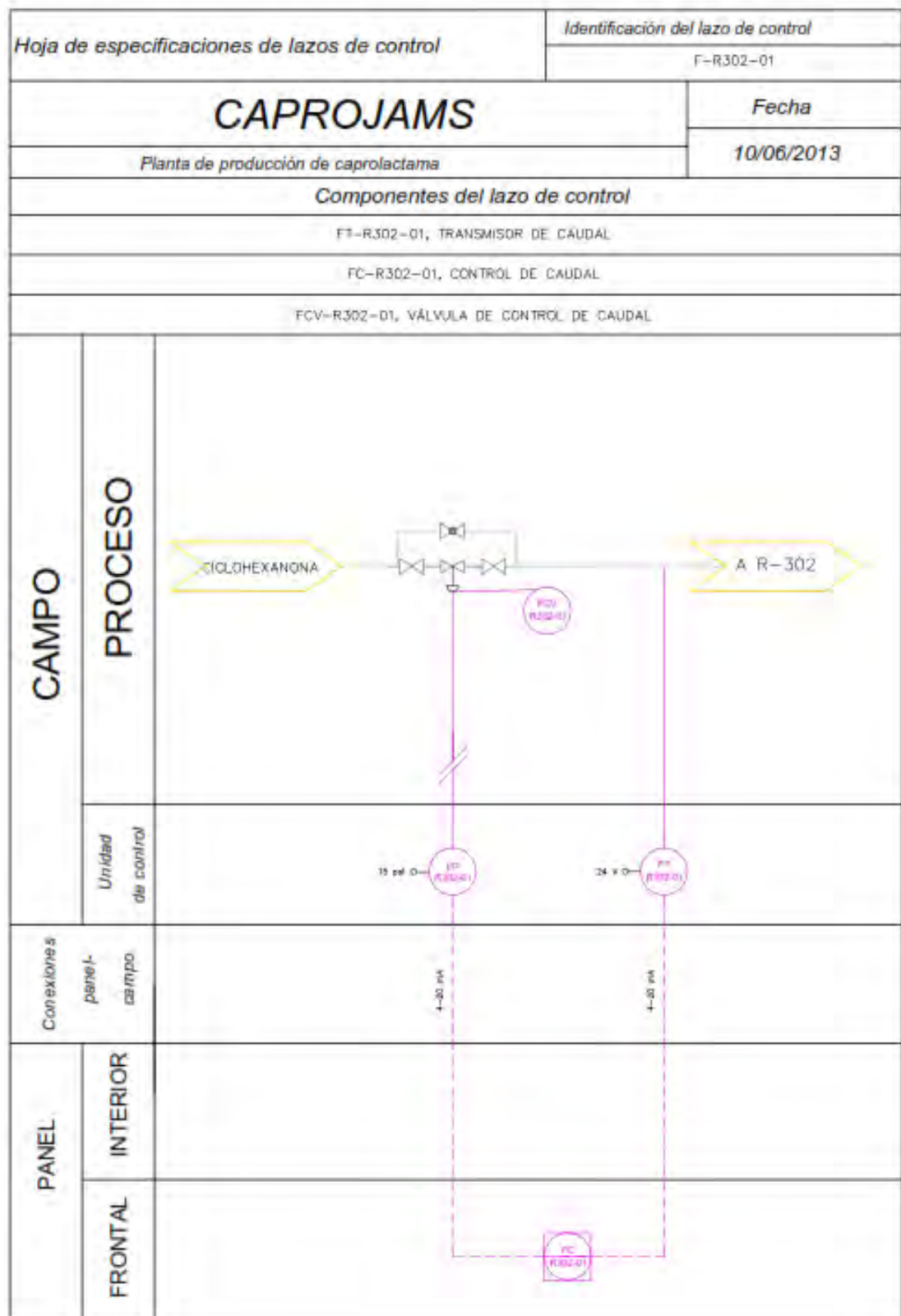
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



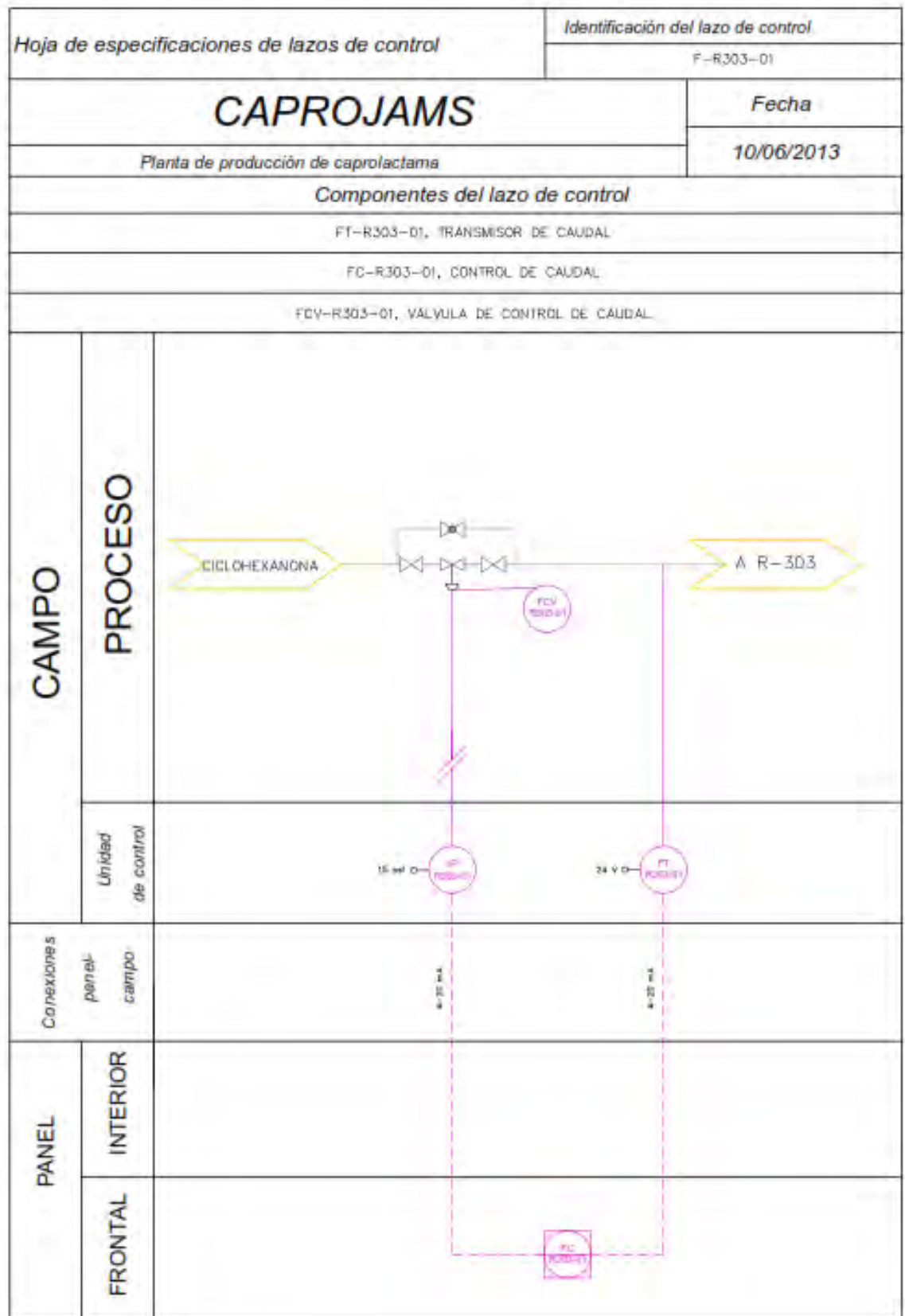
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



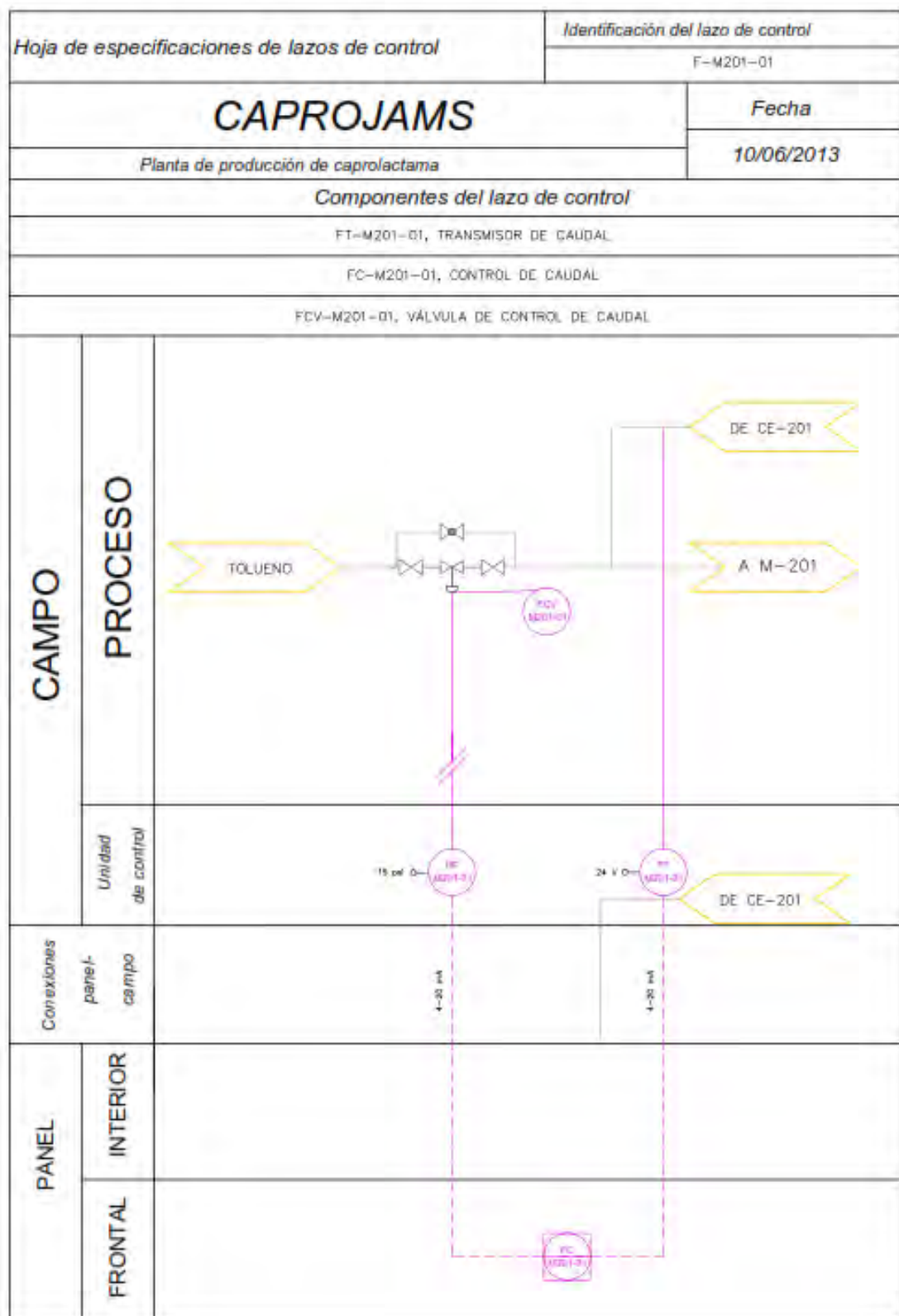
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



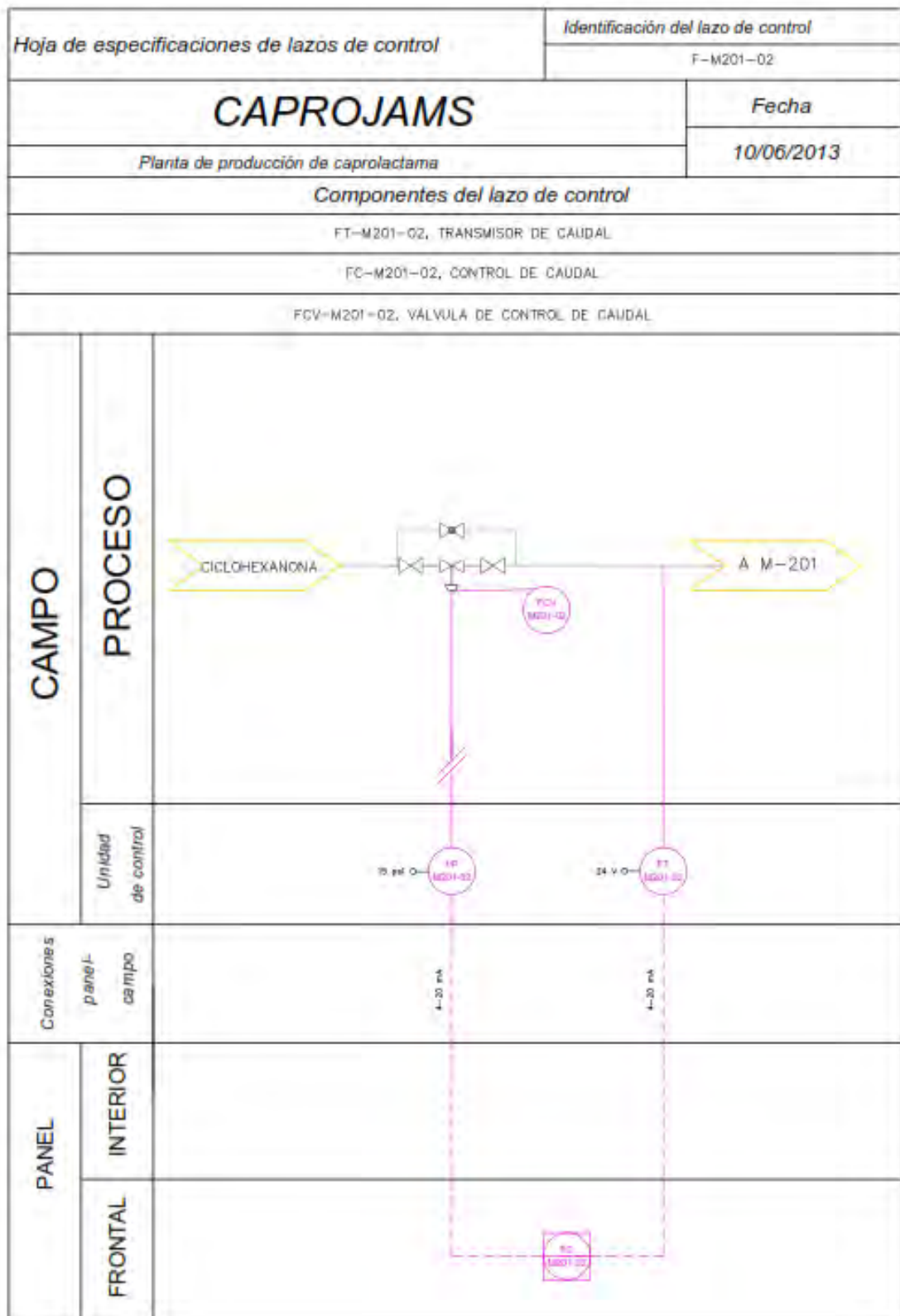
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



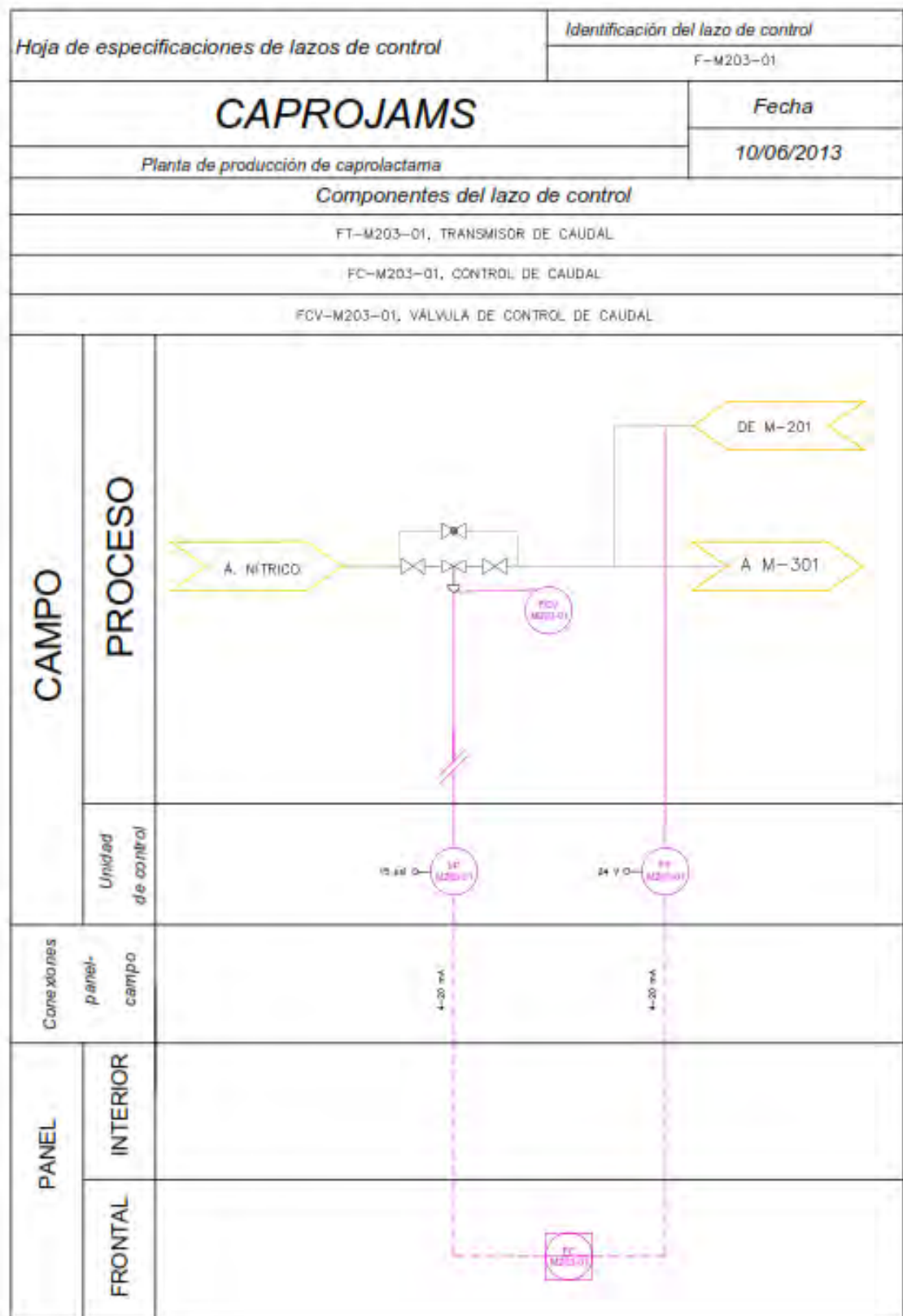
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



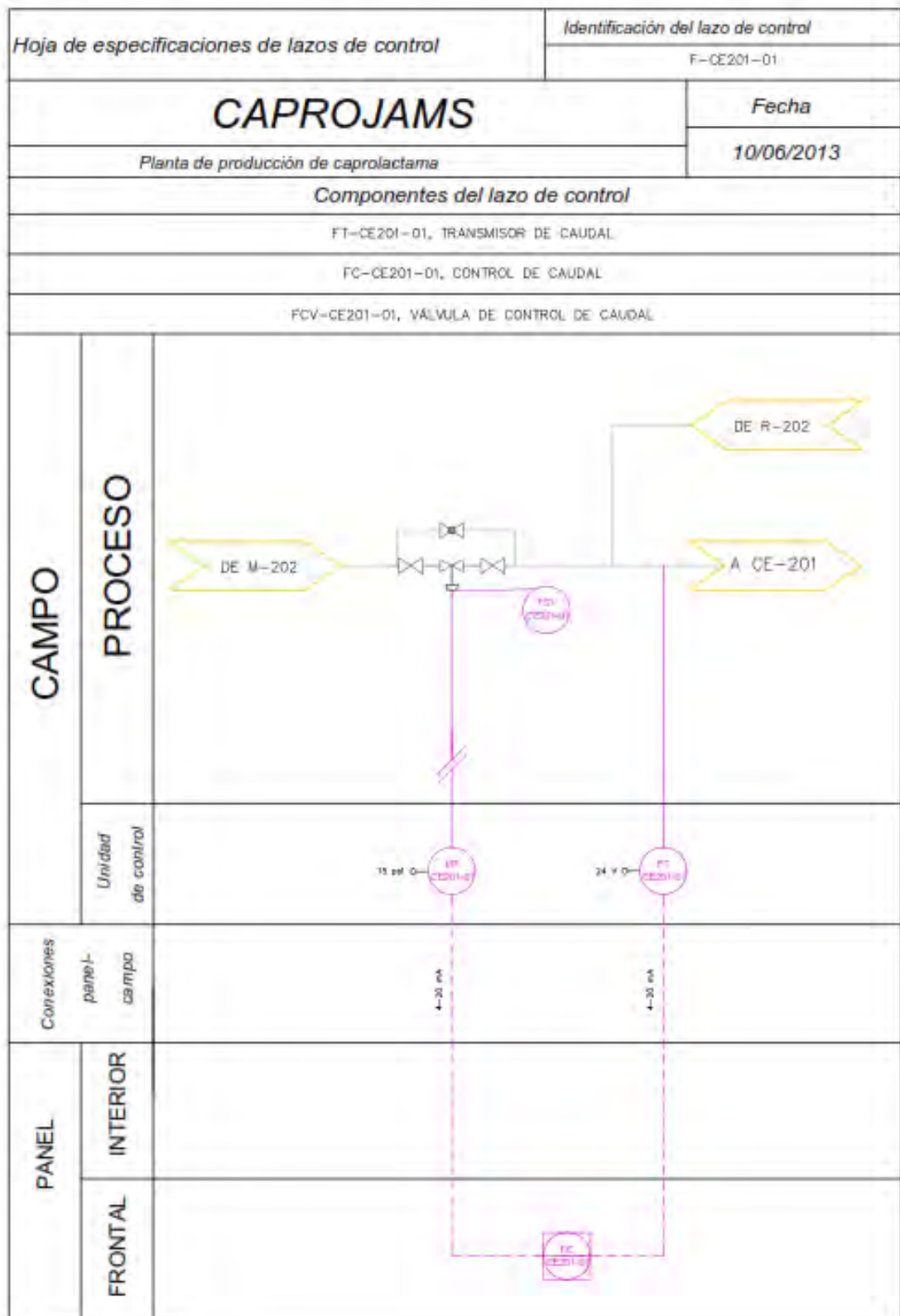
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



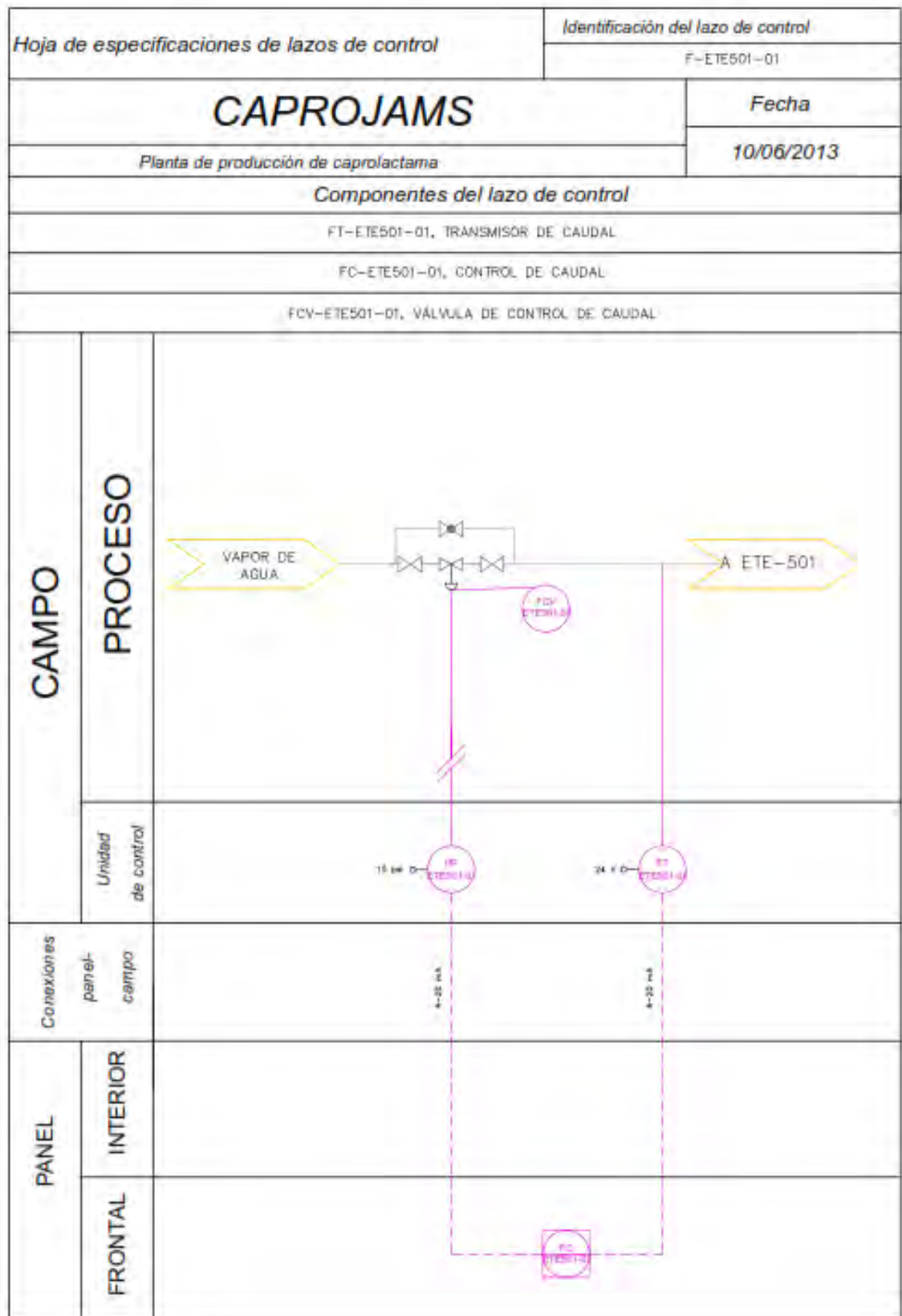
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



3.4.4.- Reactor de formación de hidroxilamina (R-201)

El reactor de hidroxilamina es un reactor multifásico ya que contiene el catalizador en lecho fluidizado con una solución acuosa ácida y una mezcla de hidrógeno y nitrógeno en estado gaseoso.

Para este caso, se considera que uno de los factores críticos es la presión del sistema, al tratarse de un borboteo constante de uno de los reactivos (hidrógeno), y que este será el indicador del avance de la reacción. El objetivo del control será mantener constante la presión del interior del reactor mediante la variación del caudal de entrada de gas.

El reactor también dispondrá de medidas de seguridad con respecto a la presión similares a las de los tanques de almacenaje, es decir, una válvula de sobrepresión, un venteo y un disco de ruptura.

Por otro lado, al tratarse de una reacción exotérmica, se considera necesario un buen control de la temperatura del sistema con tal de mantener las mejores condiciones de operación. El sistema de intercambio de calor se realiza mediante un serpentín situado en el tubo concéntrico interior del reactor por el cual circula agua de refrigeración.

La variable medida será la temperatura de salida del reactor ya que se supone que será la máxima dentro del reactor porque la salida se encuentra en la parte superior y es el punto más alejado del serpentín. Es necesario mencionar que al trabajar con reactores de este tipo es difícil señalar puntos claros de medida de propiedades ya que la constante agitación en el interior provoca fluctuaciones que no siempre se pueden simular y/o reconocer. La variable controlada será el caudal de entrada del fluido refrigerante, del cual se conoce la temperatura de entrada.

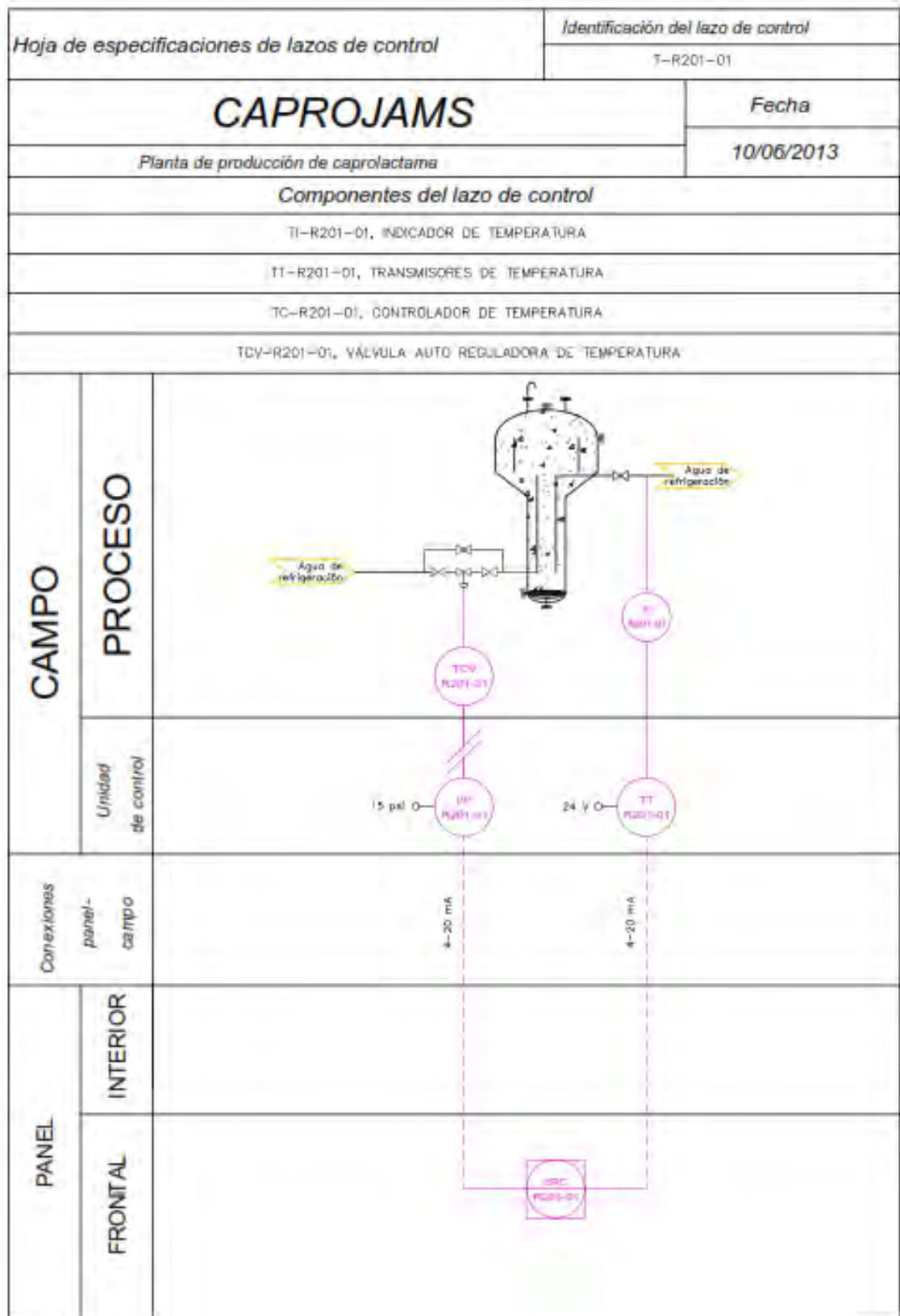
A continuación, se muestran las fichas con los controles descritos.

3.- Control e instrumentación

24

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



3.4.5.- Columnas de extracción (R-202/CE-201/CE-401/CE-402)

En las columnas de extracción el factor limitante es la separación entre la fase ligera y la pesada que se produce en las partes superior e inferior respectivamente. Por este motivo se ha diseñado un control en el cual se indican los niveles de ambas fases y donde se controlan las salidas de ambas fases.

Este tipo de control permite que dado el caso en que alguna de las dos fases sea muy mayoritaria, esta solo salga por dónde corresponde. Es decir, si la fase ligera entra en mucha cantidad, el nivel de la fase pesada en la parte superior disminuirá y se abrirá en mayor medida la salida superior. Por lo que hace la parte inferior, el nivel de la fase pesada también disminuirá pero, en este caso, la válvula de salida de la fase pesada se cerrará con tal de procurar contrarrestar la perturbación y volver al equilibrio entre las dos fases.

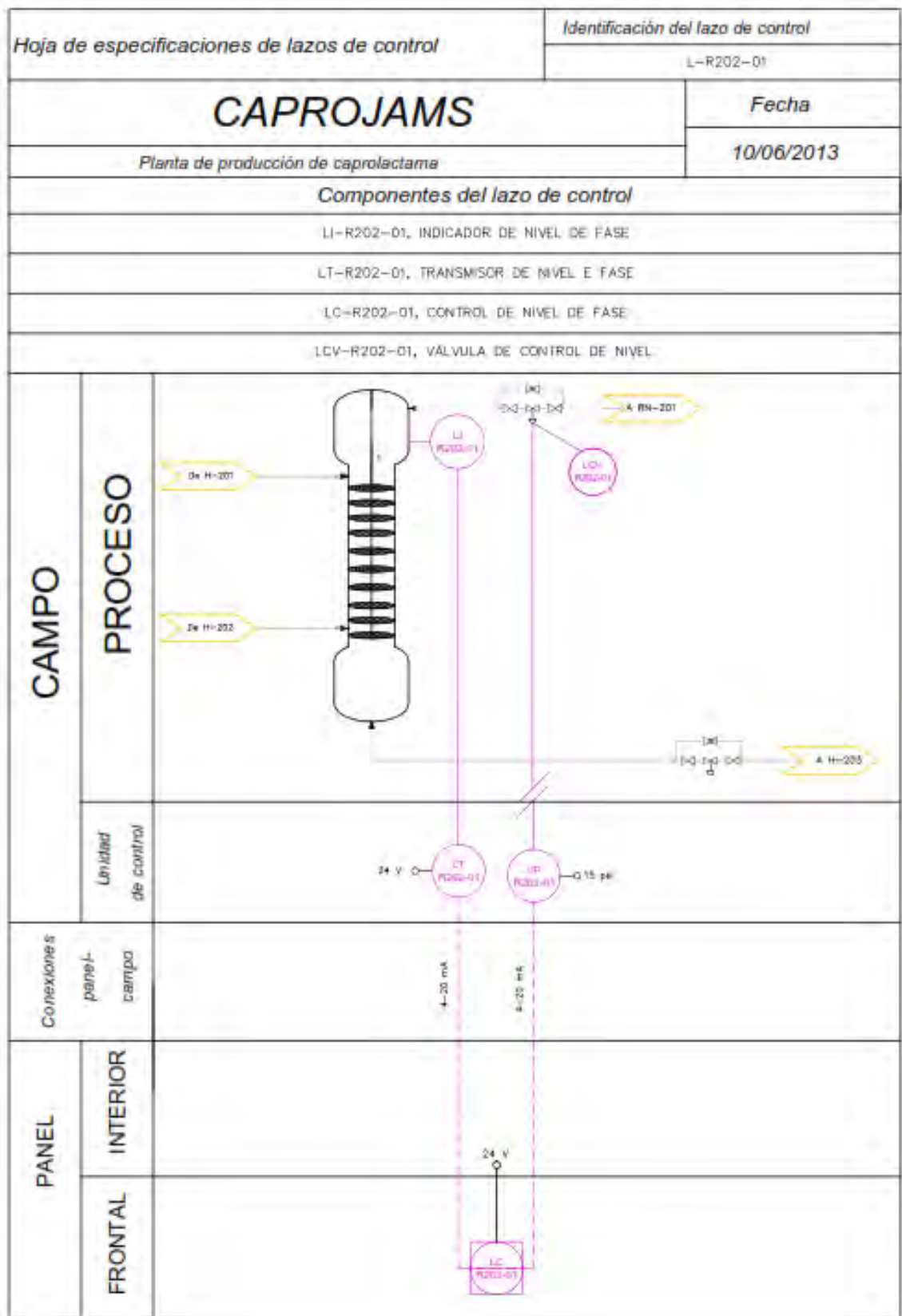
Si se produjera el efecto contrario, la reacción seria equivalente pero opuesta según la ubicación de las fases.

Como ejemplo del control se considera la columna de extracción CE-401 con el lazo L-CE401-01.

A continuación, se muestran las fichas con el control descrito para cada una de las columnas de extracción.

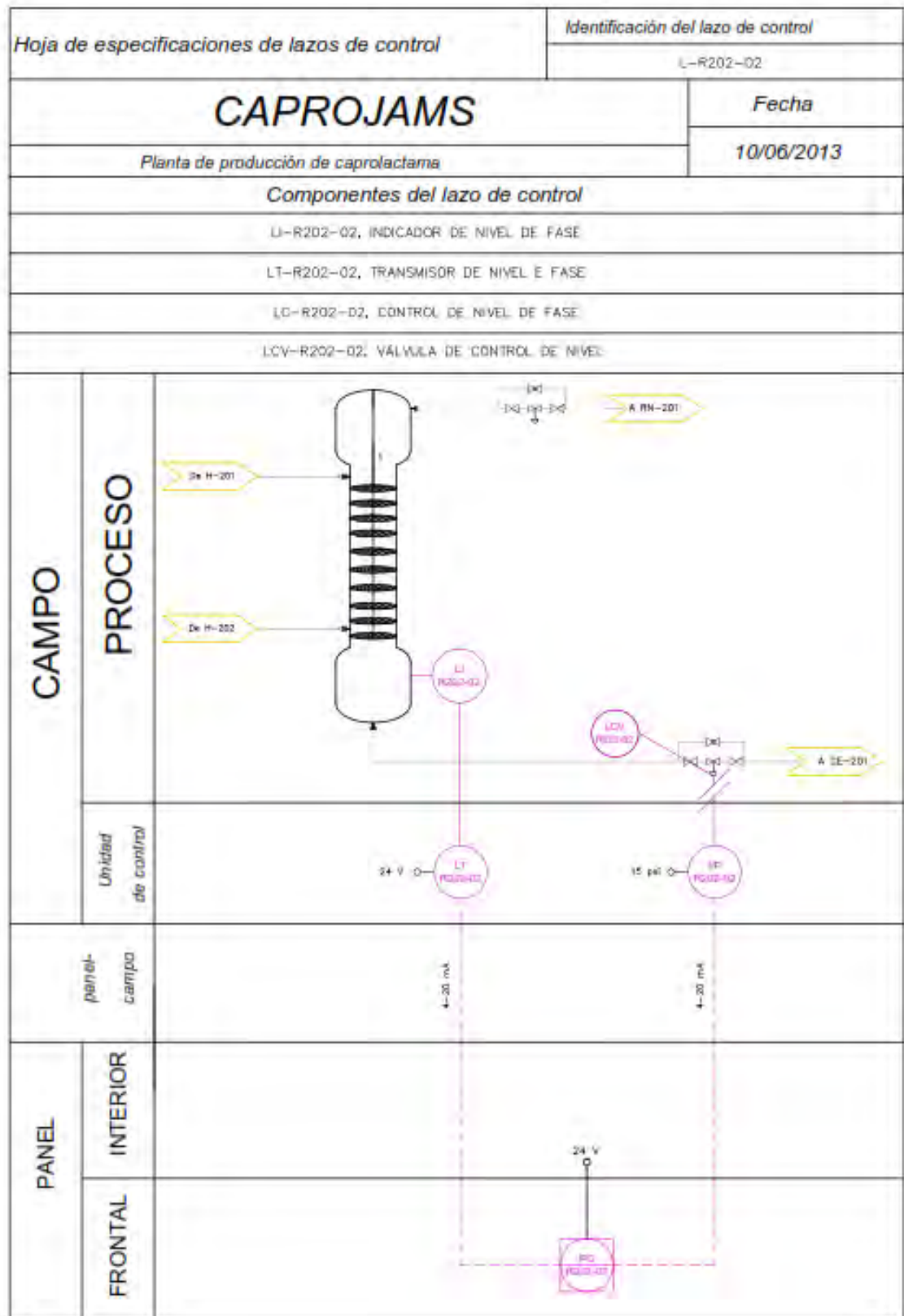
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



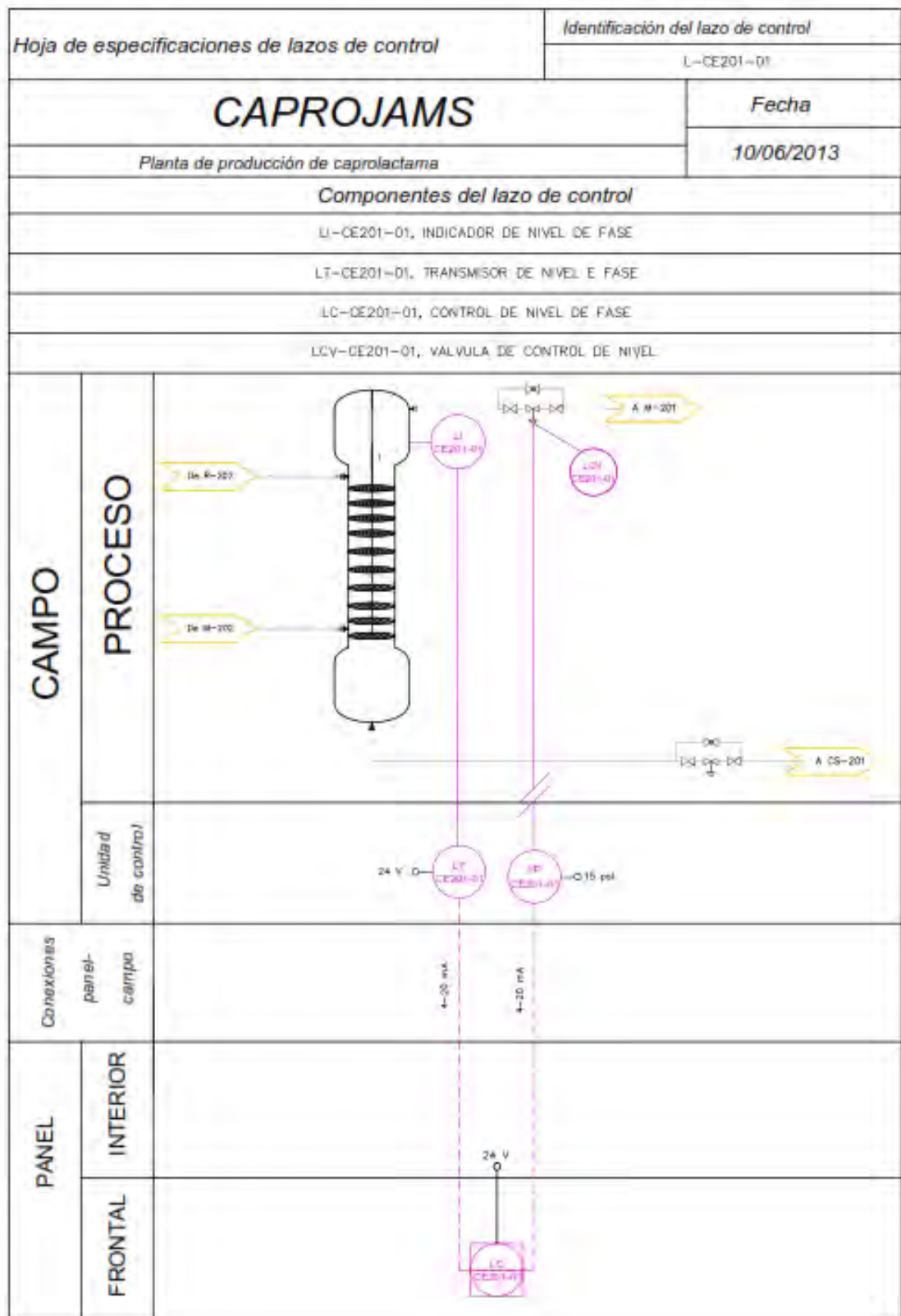
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



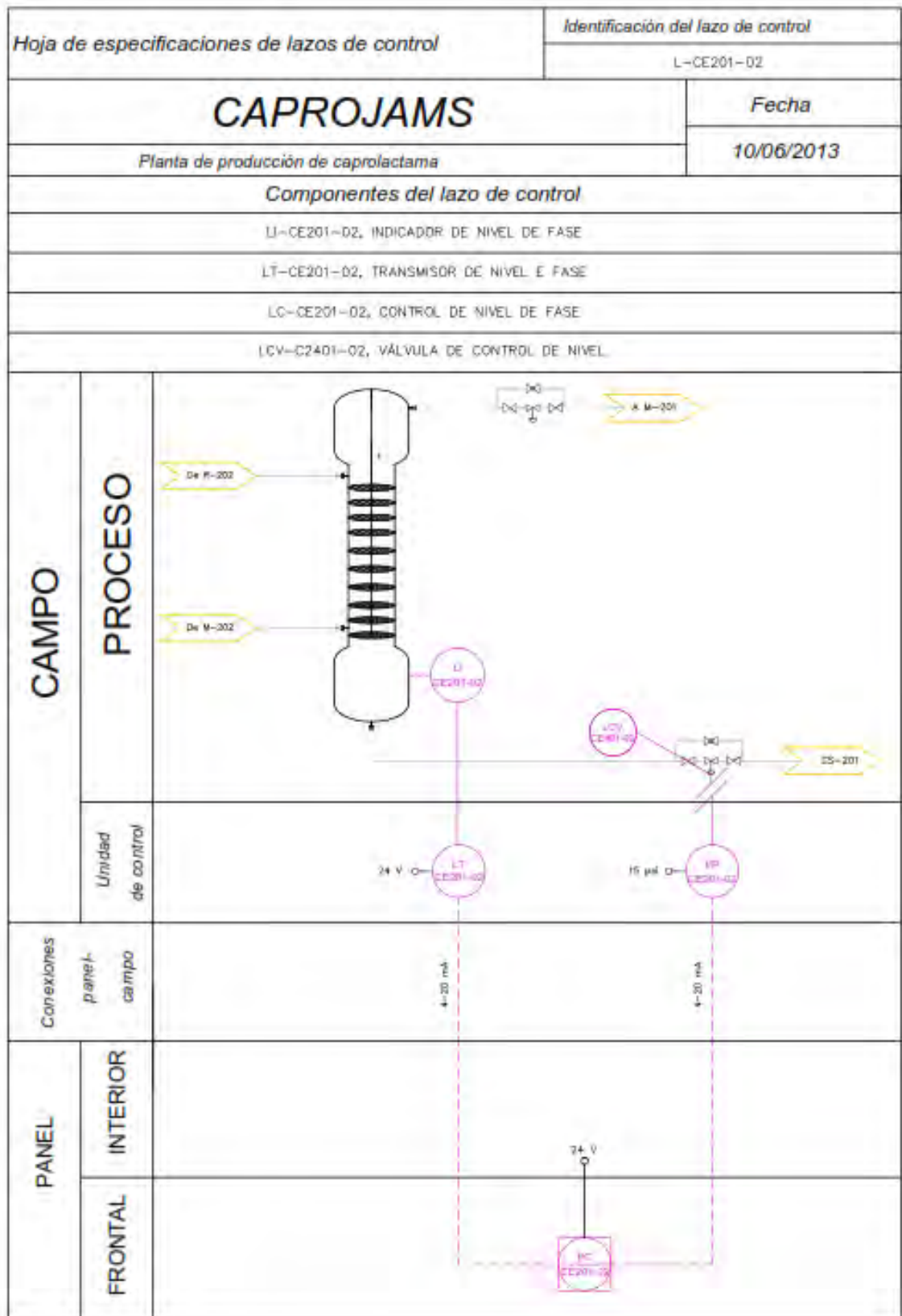
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



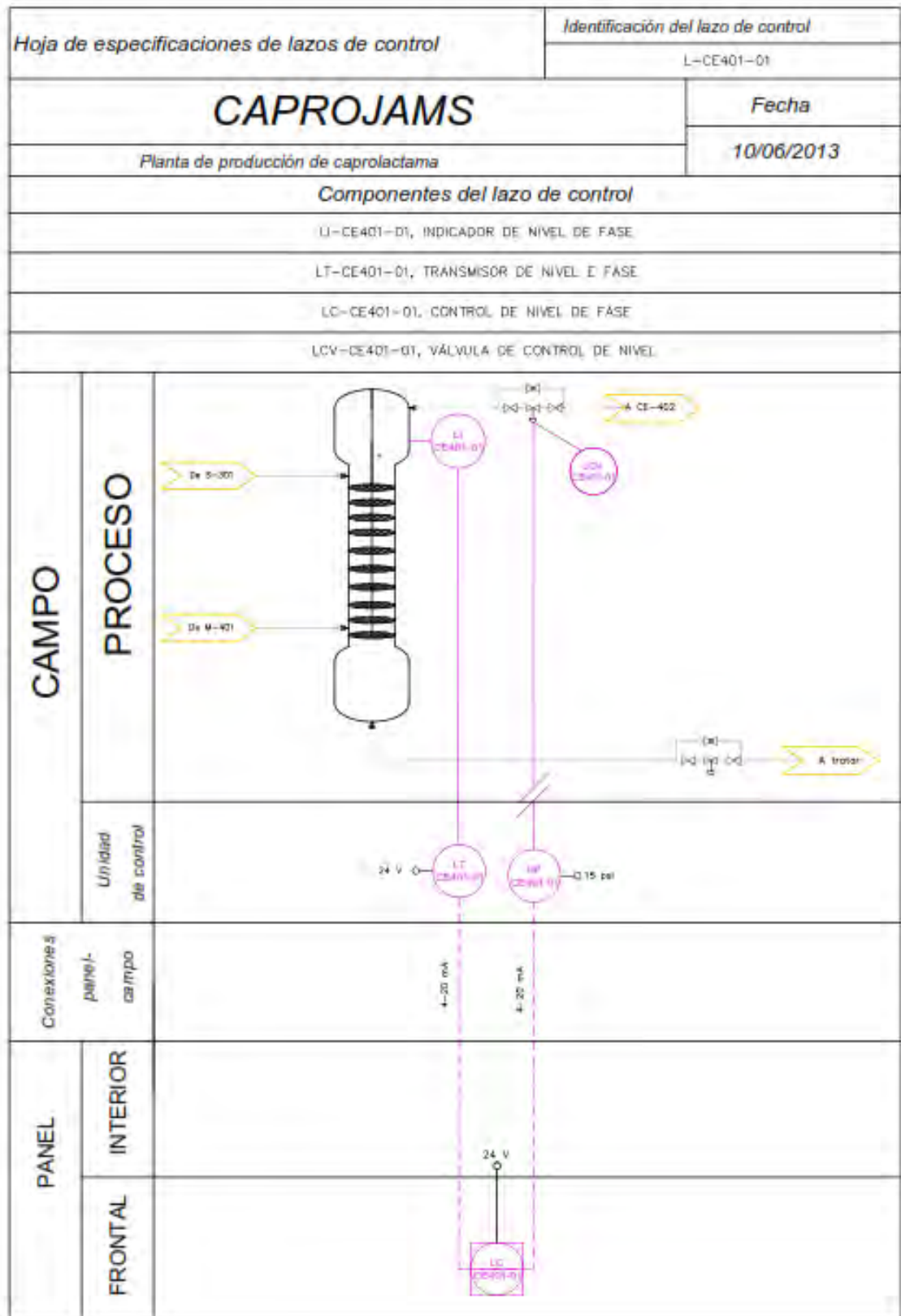
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



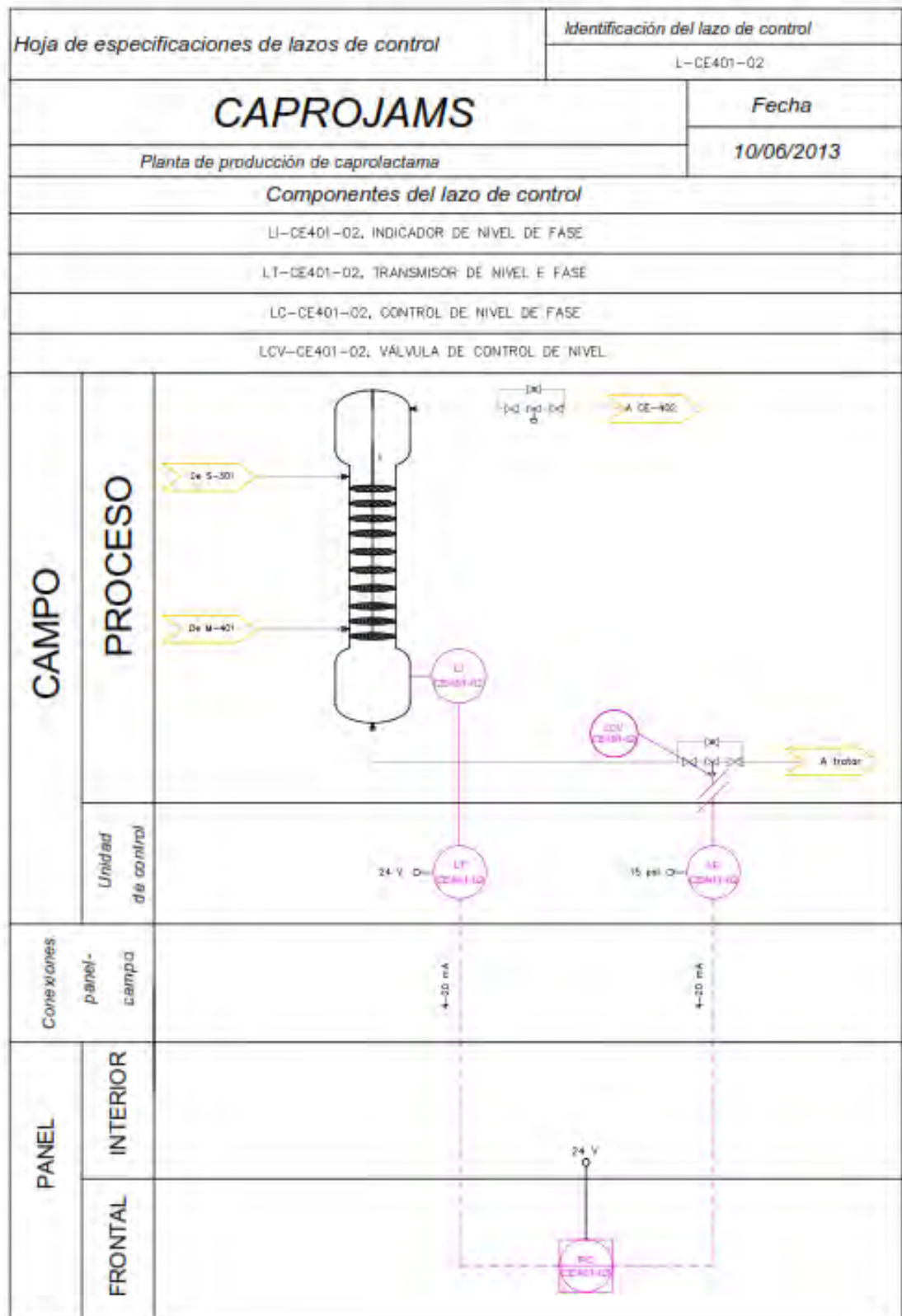
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



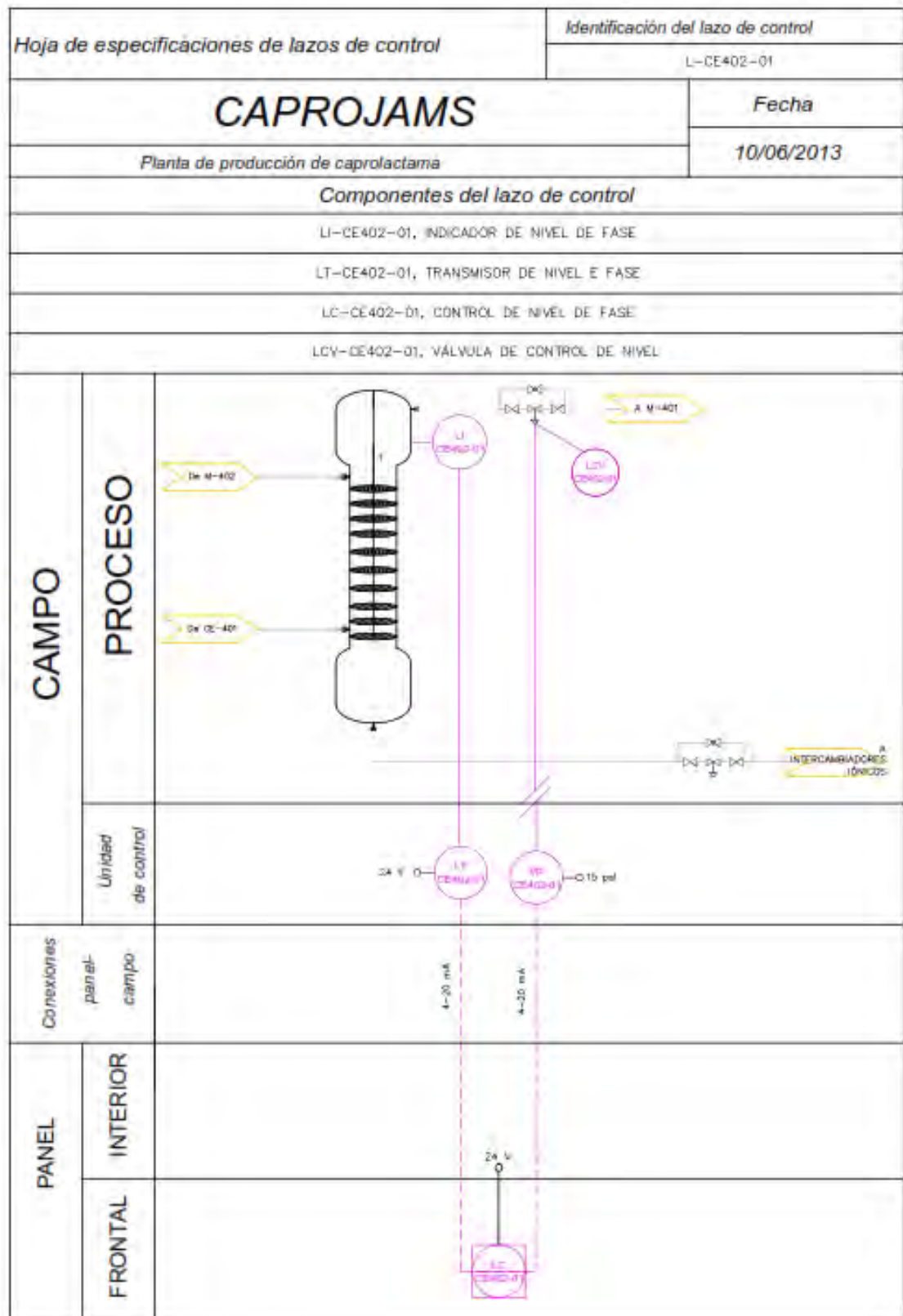
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



3.- Control e instrumentación

94

3.4.6.- Columnas de destilación (CD-201/CD-202)

Para las dos columnas de destilación, se propone un control que permita una operación estable y un producto con la pureza requerida. Los lazos propuestos son de tipo feedback y se incluye un control en cascada. Estos lazos controlan cinco variables diferenciadas que se describen a continuación.

1. Control de nivel en colas
2. Control del líquido de reflujo
3. Control del caudal de destilado
4. Control del caudal de fluido refrigerante en el condensador
5. Control del caudal del fluido calefactor en el rehovidor

Si se considera que pudieran producirse variaciones debido a una disminución de la concentración del componente ligero en el alimento, considerando que el caudal de entrada se mantiene, el control actuará de la siguiente manera.

El sistema, al alimentar menos componente ligero, notará que la pureza del destilado y la cantidad de vapor disminuyen. El detector de caudal situado en la corriente del destilado reaccionará modificando el valor consigna de la válvula de reflujo. Esta se abrirá para aumentar la relación de reflujo. Este acto provocará que el nivel en el acumulador disminuya y que, por tanto, el control de nivel situado en ese punto reaccione y actúe cerrando la válvula de salida del destilado. Como consecuencia la cantidad de destilado será inferior.

Por otro lado, la alimentación de menor cantidad de componente ligero y por tanto menor vapor de salida por cabezas provocará una disminución de la presión. Esta variación será captada por un control de presión que actuará sobre la válvula de fluido refrigerante con el objetivo de no malgastar más agua de refrigeración de la necesaria.

En la parte inferior de la columna, se observará una acumulación del líquido del fluido pesado. Esto será corregido por un control de nivel que abrirá la válvula de salida de colas. Por tanto, se obtendrá un corriente más abundante de fluido pesado.

3.- Control e instrumentación

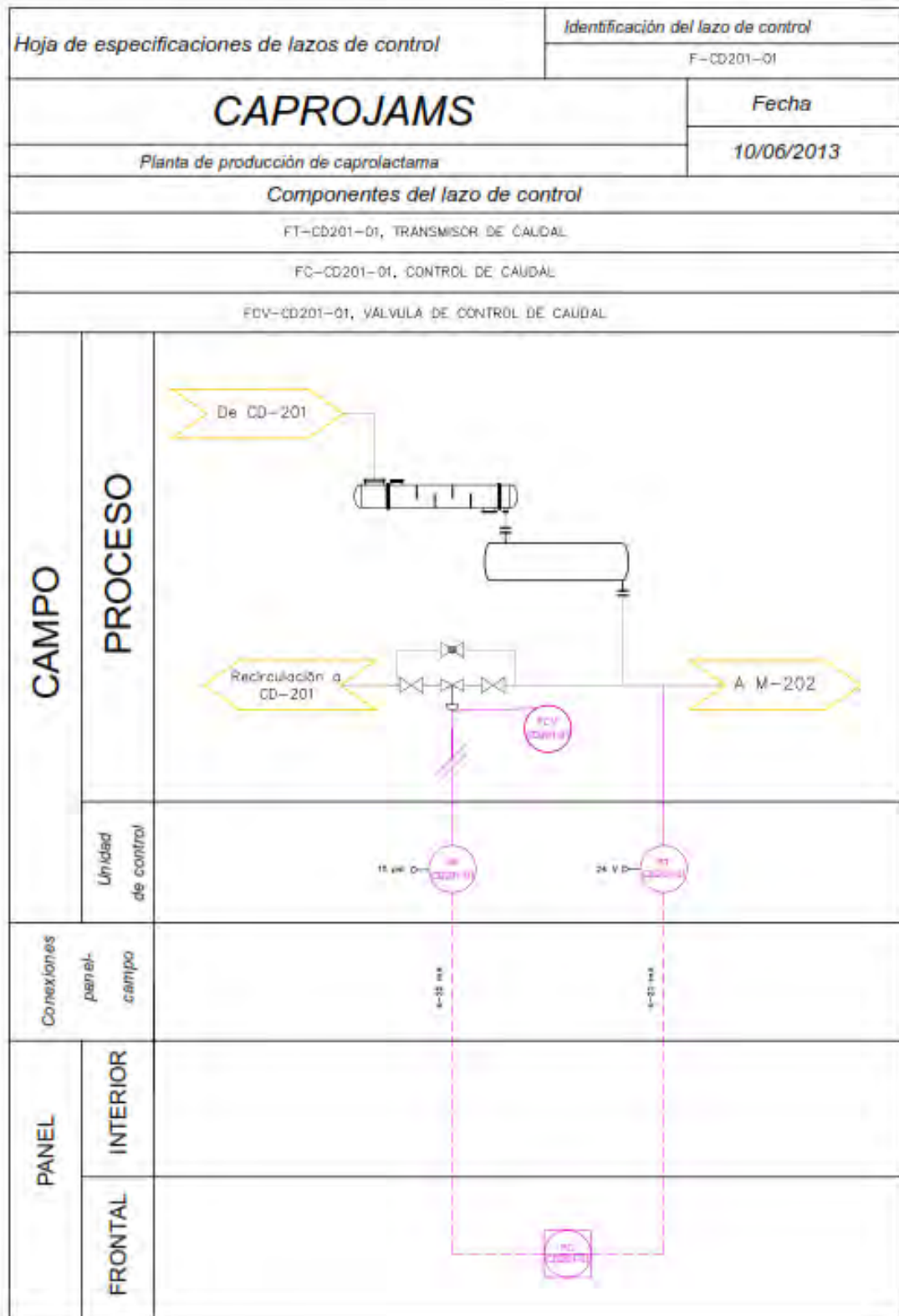
Finalmente, el control de caudal situado a la salida de colas notará un aumento en la pureza y reaccionará cerrando la válvula de entrada de fluido calefactor. Esto provocará una disminución de la fase vapor en la columna.

Con el conjunto de estos controles se pueden corregir las posibles desviaciones que pudieren producirse y se mantienen las condiciones de operación.

Se muestran a continuación las fichas de los distintos controles.

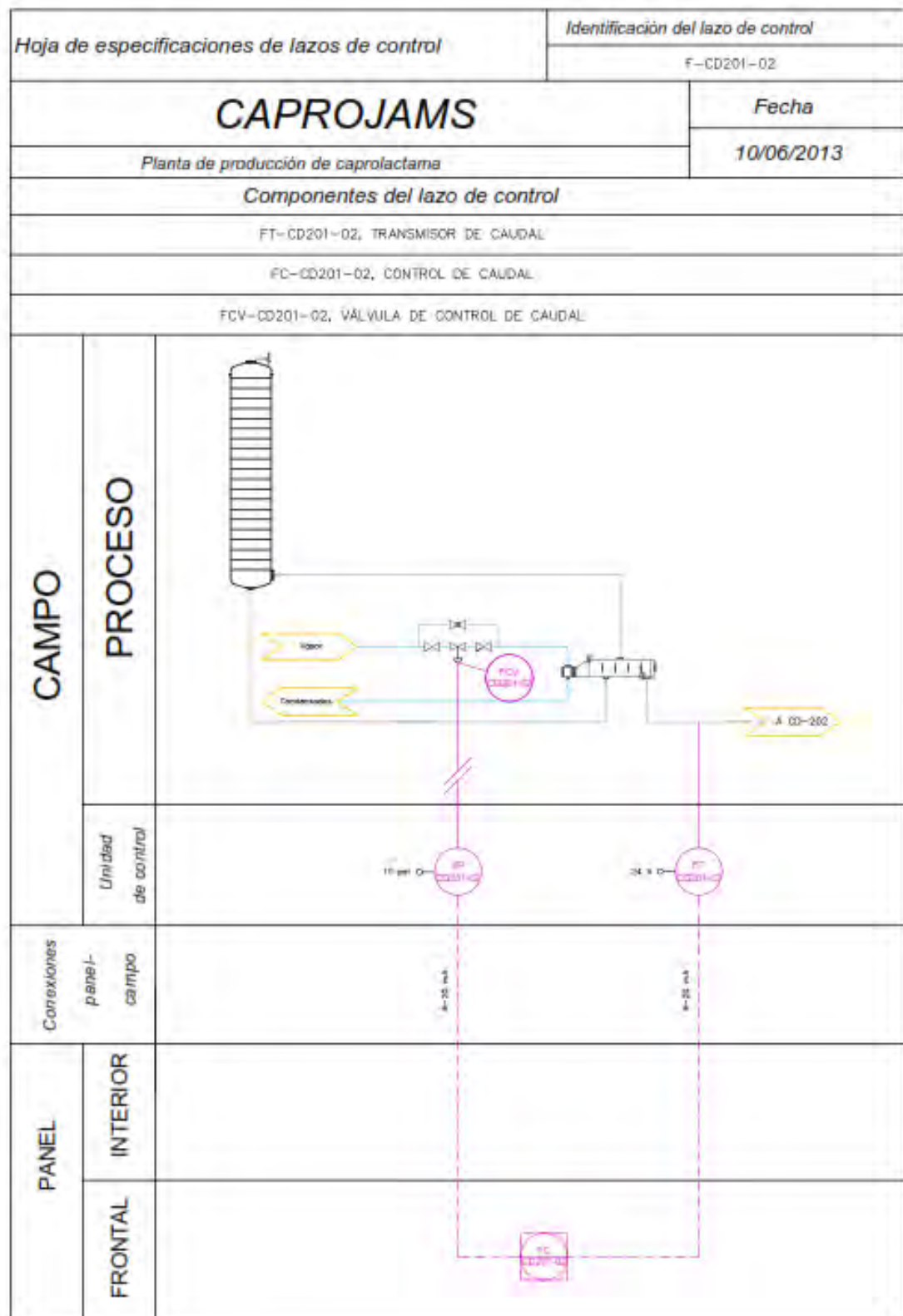
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



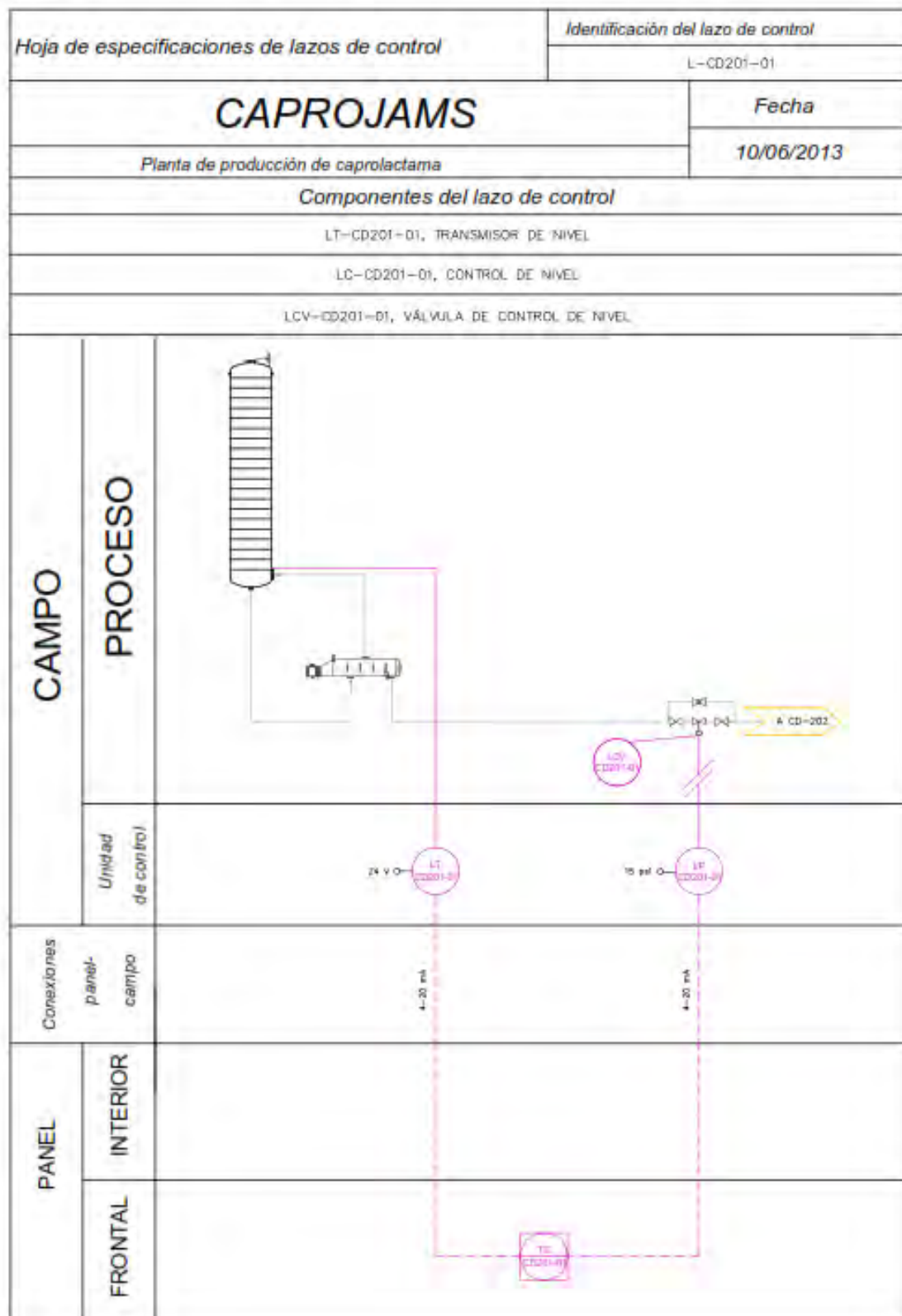
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



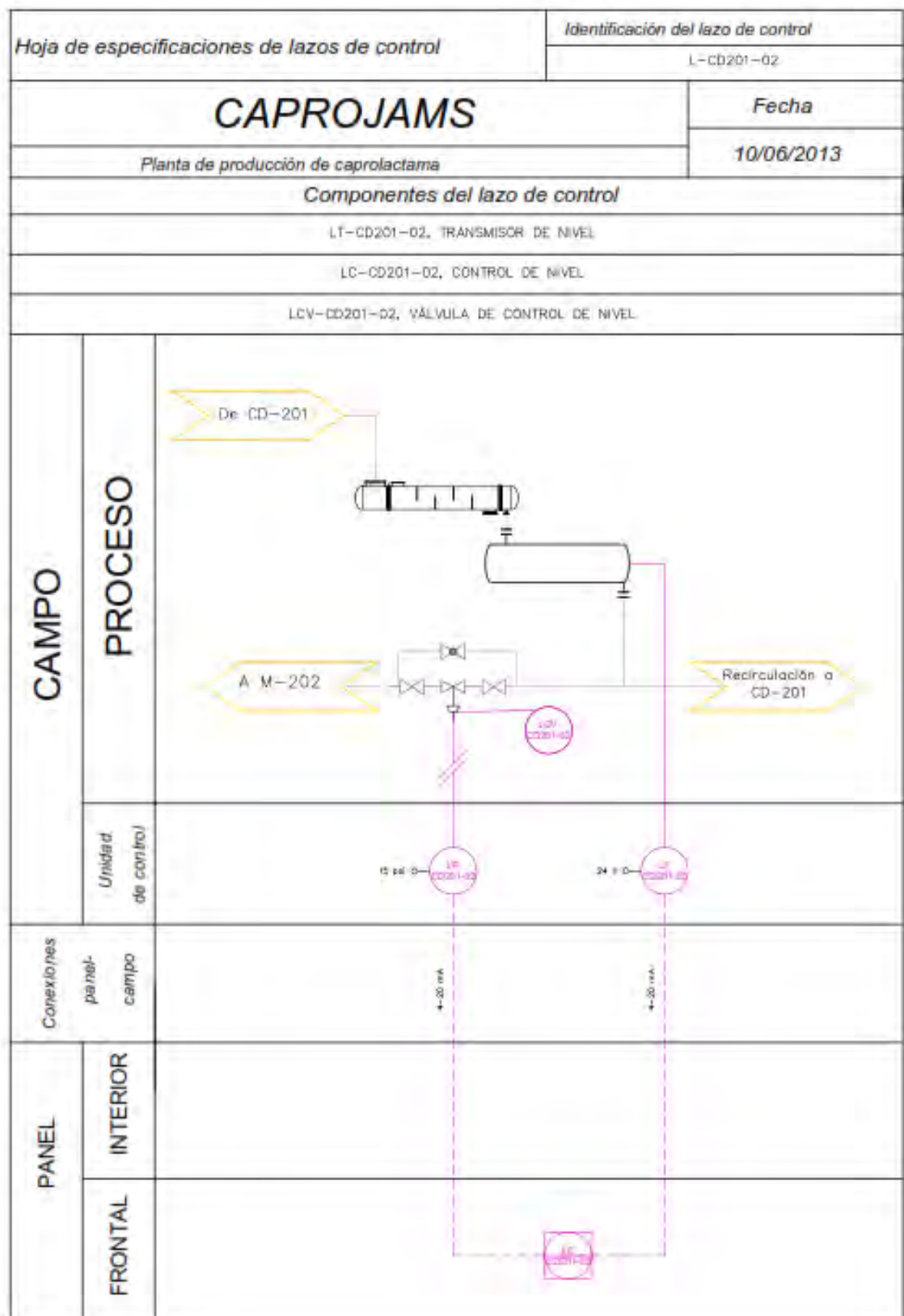
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



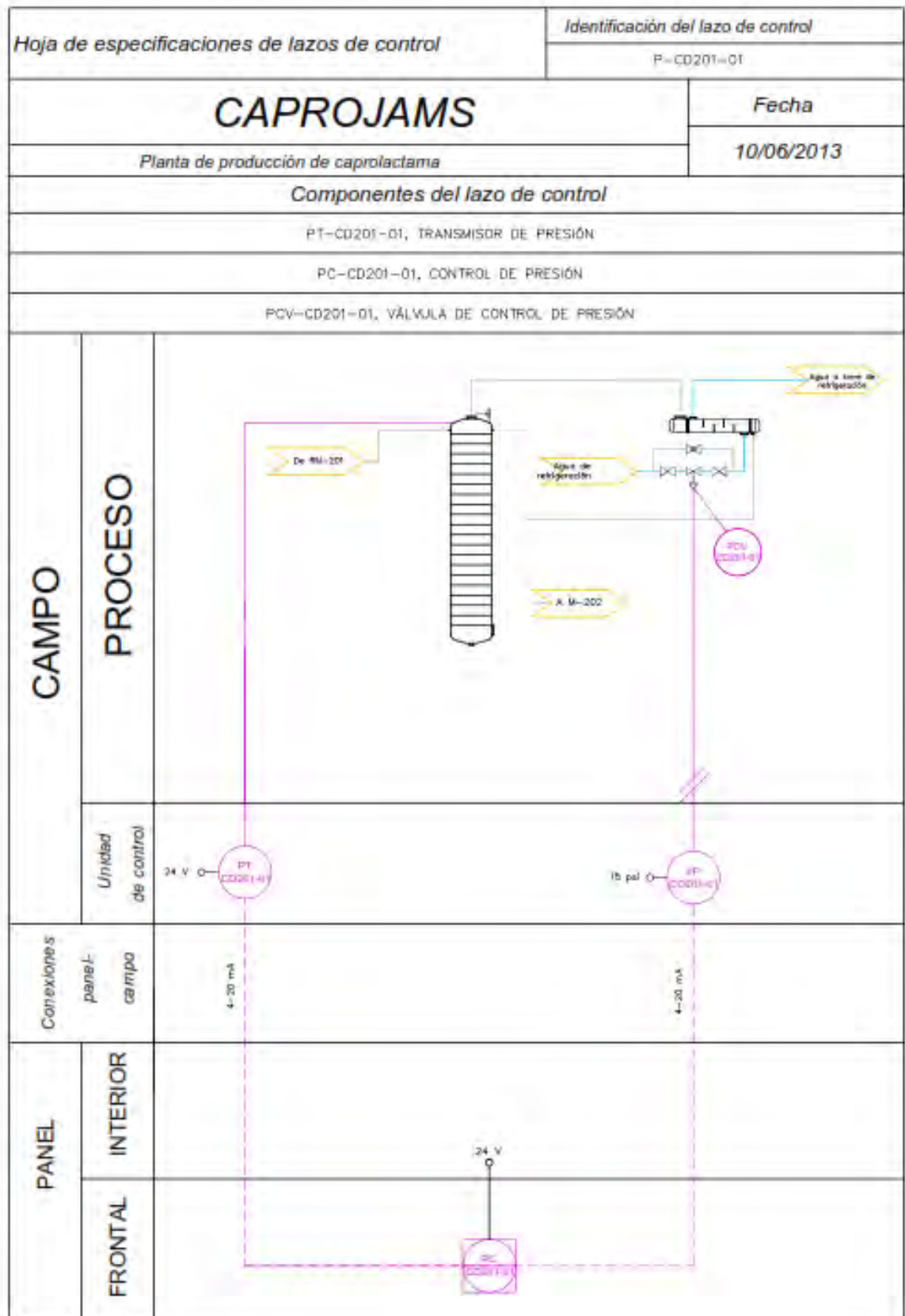
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



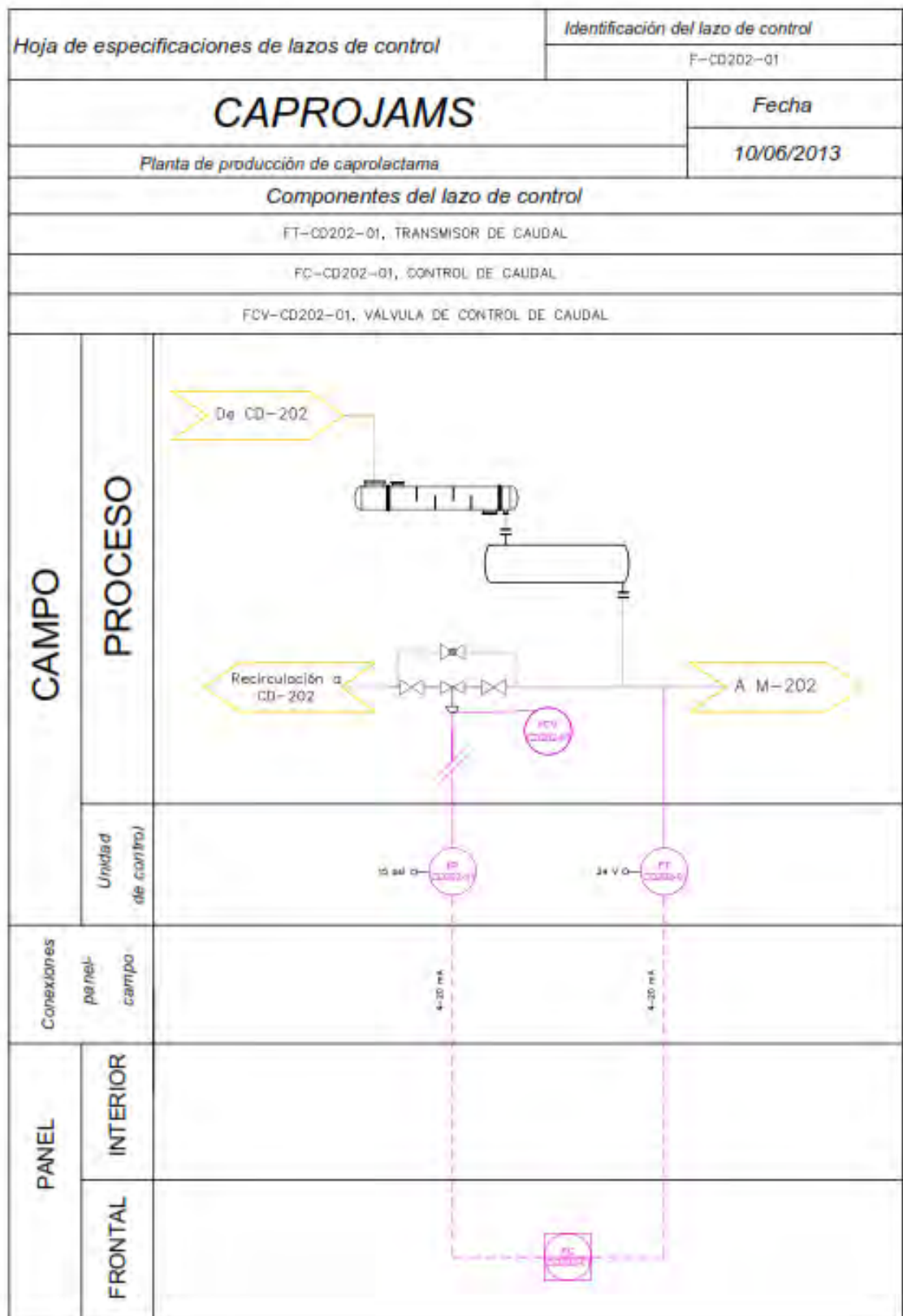
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



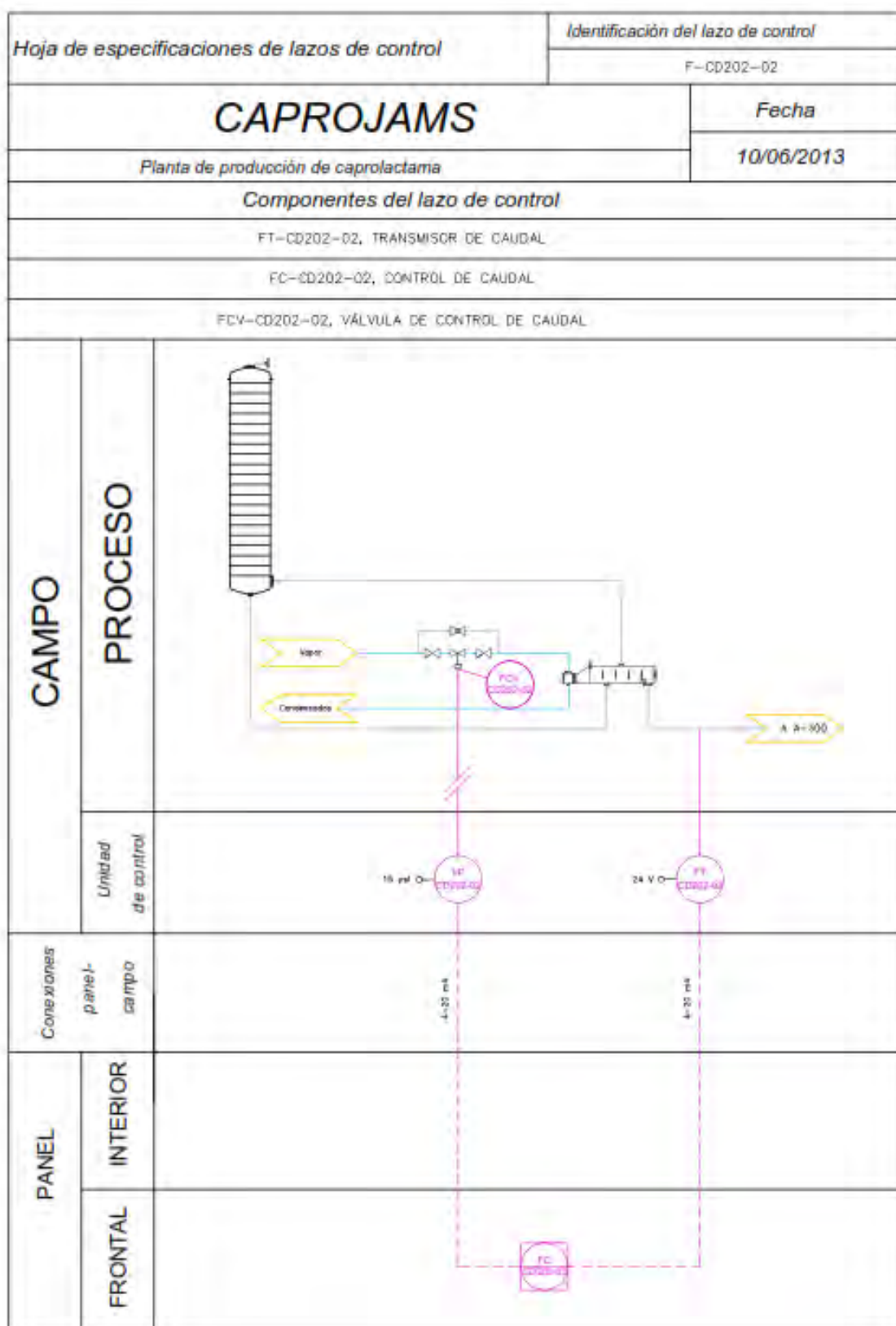
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



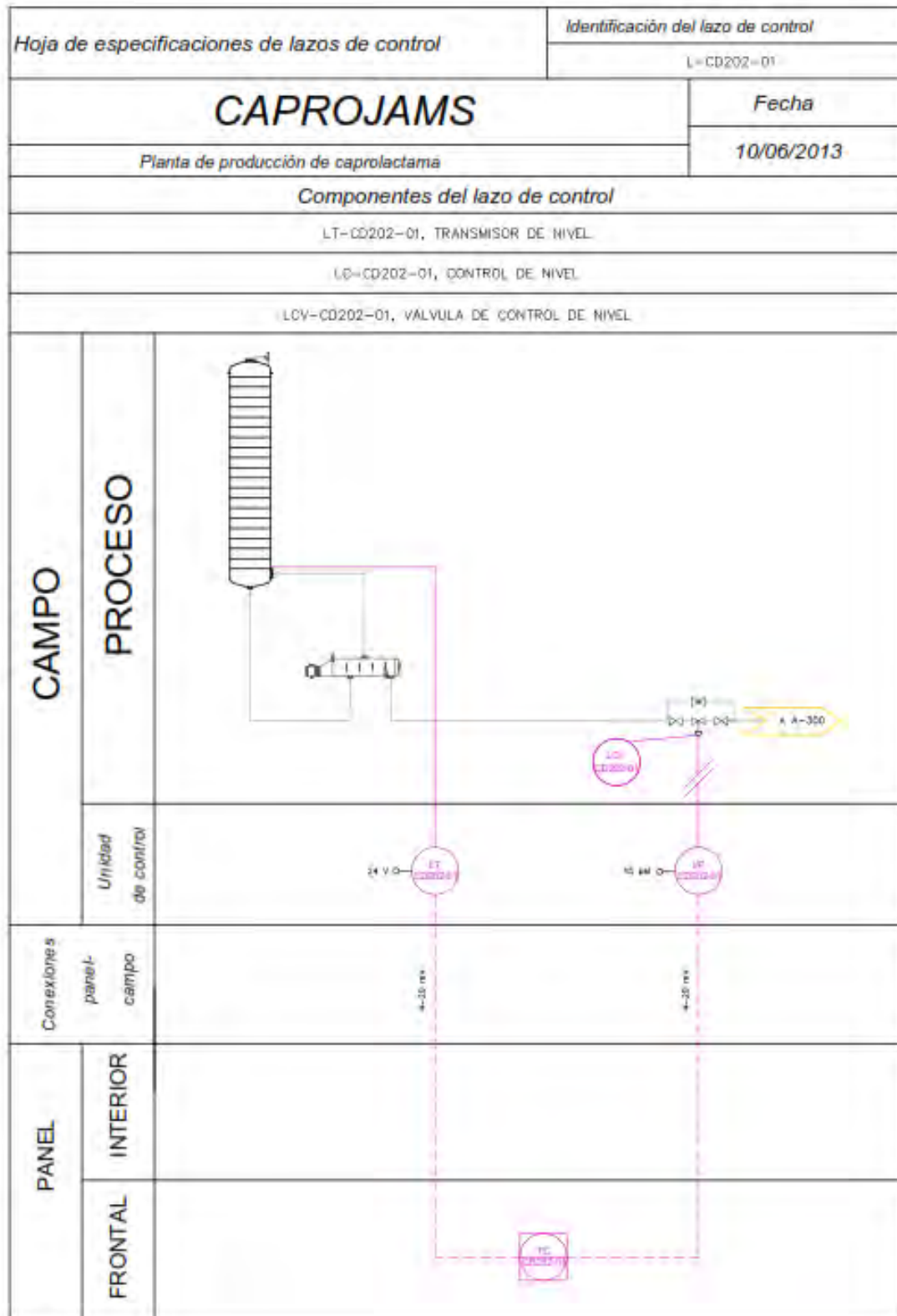
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



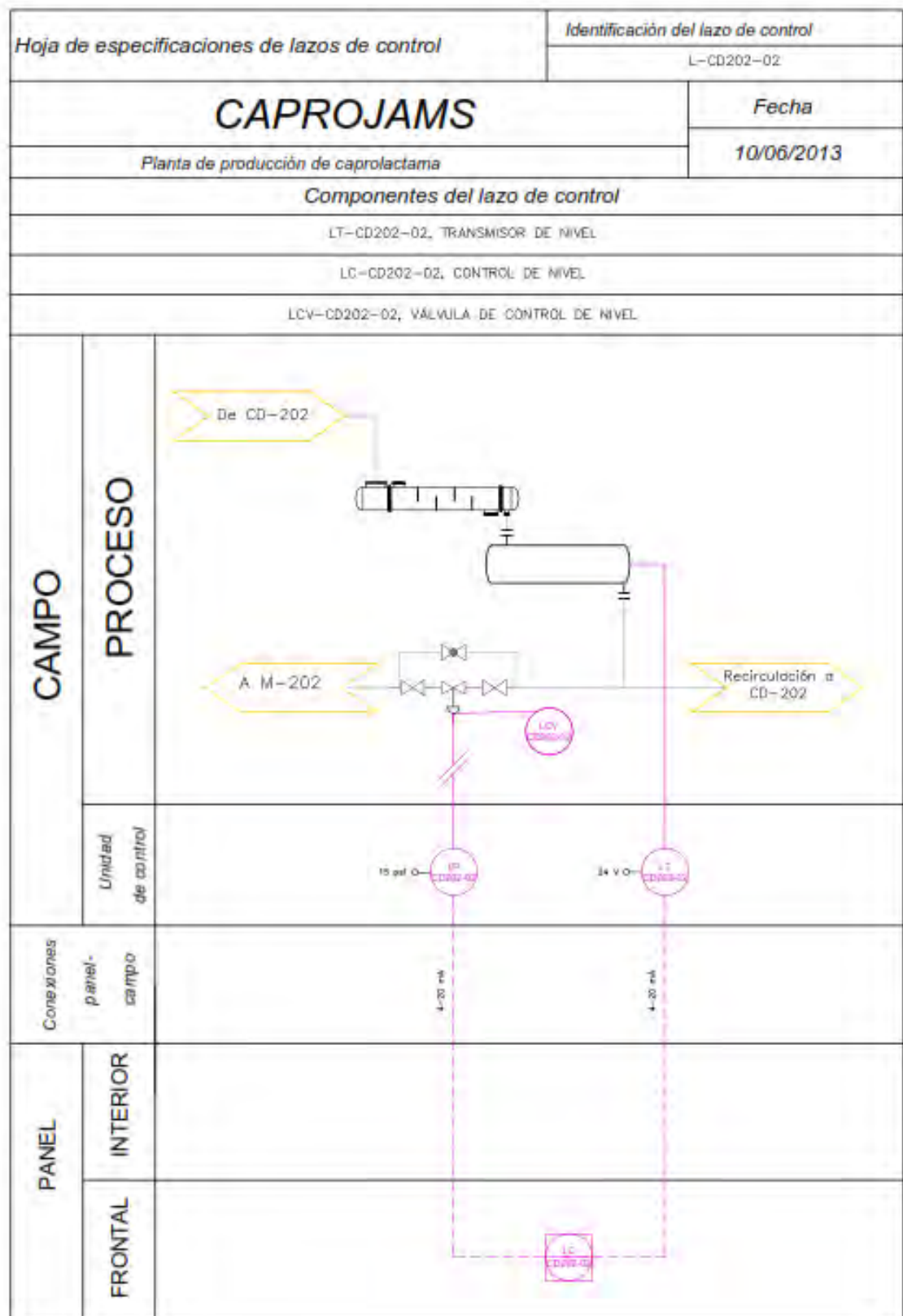
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



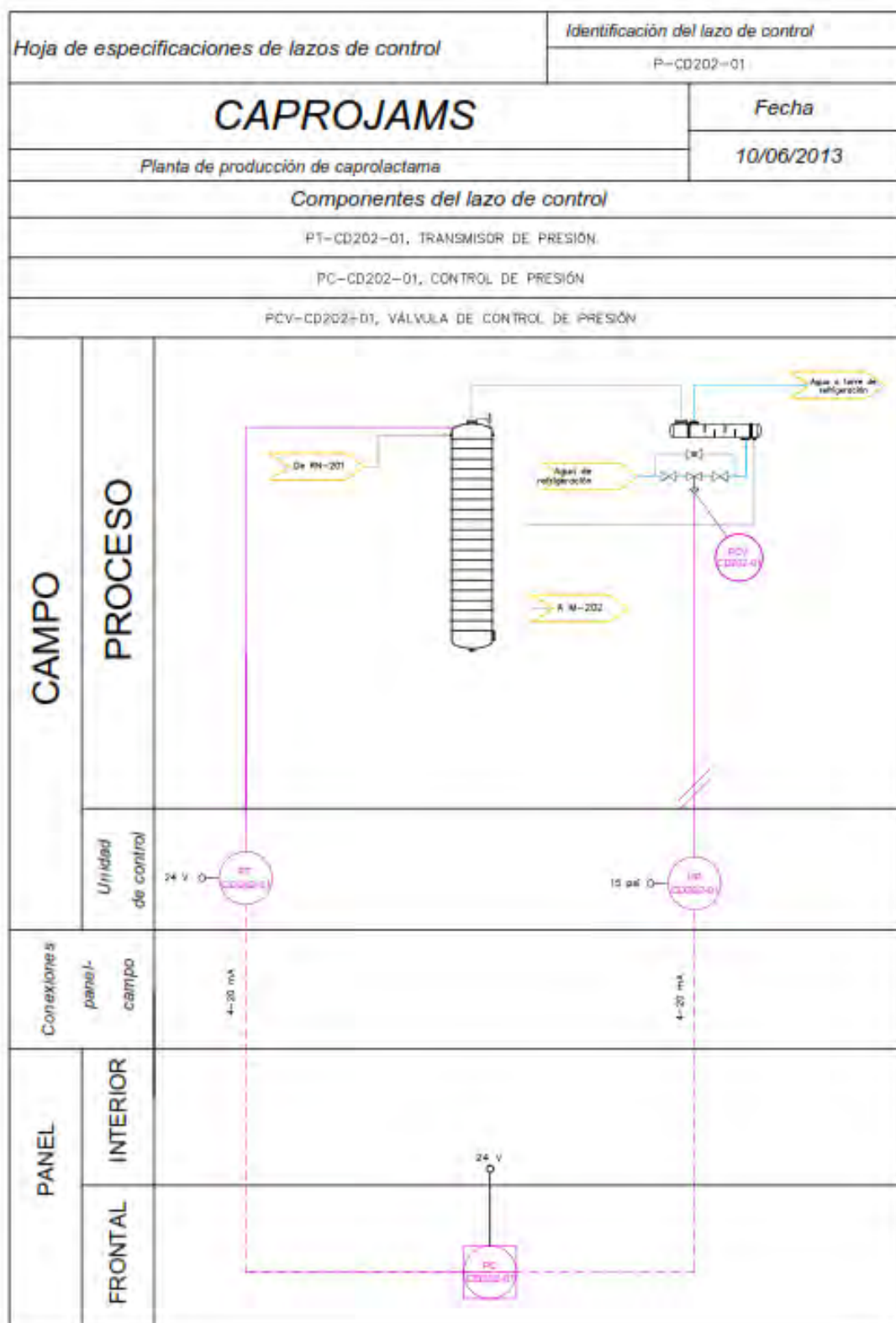
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



3.4.7.- Columnas absorción/stripping (CA-201/CS-201)

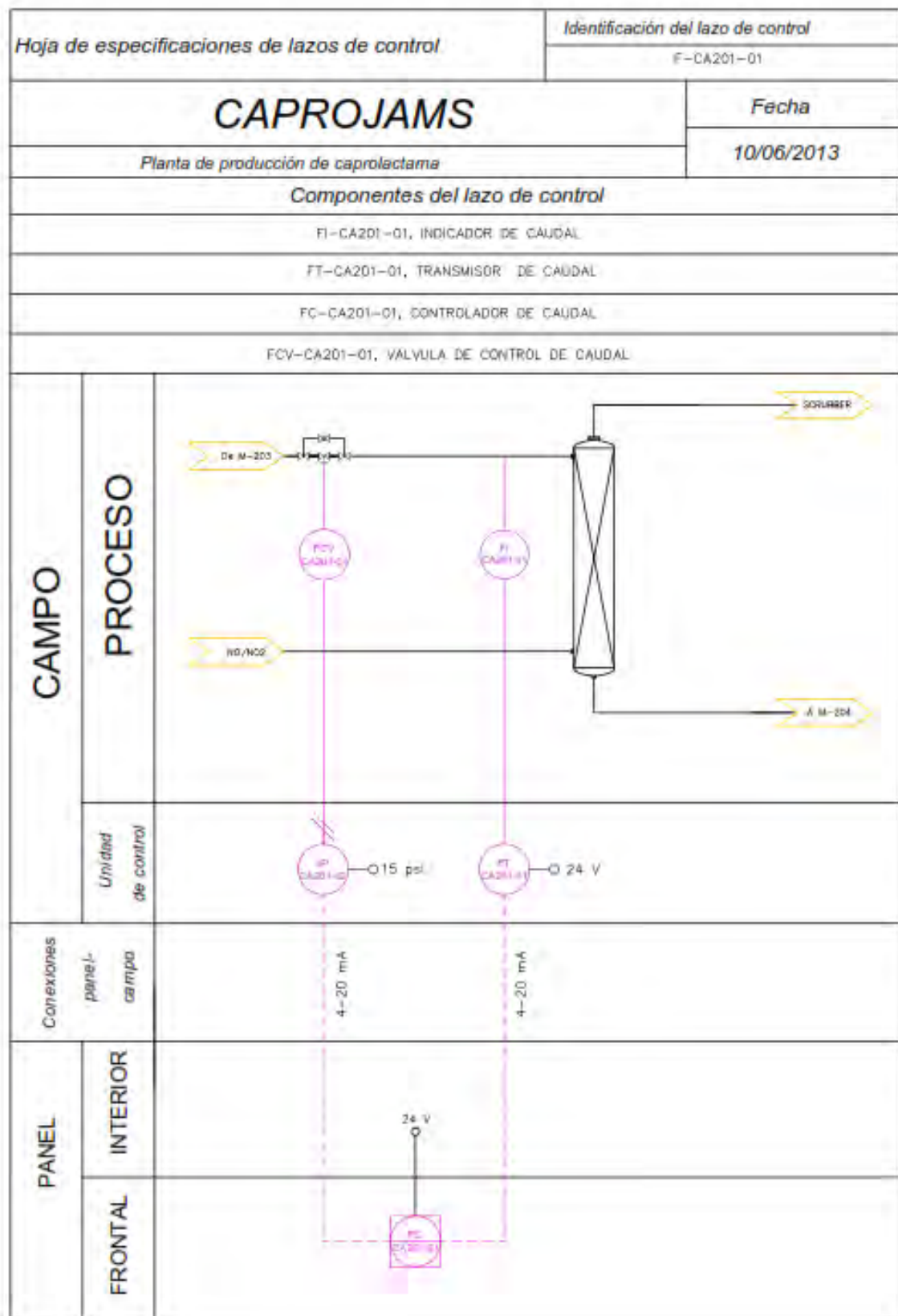
Tanto para la columna de absorción como para la de stripping, se propone un lazo de control para mantener la presión constante ya que, al tratarse de unas columnas en las cuales hay entrada continua de gas, este factor es uno de los más importantes.

El sistema de control propuesto consistiría en medir la presión en la parte superior y en la inferior de la columna. Mediante el diferencial de presión obtenido se regula la entrada del vapor como medida correctora.

Seguidamente se muestran las fichas técnica del control.

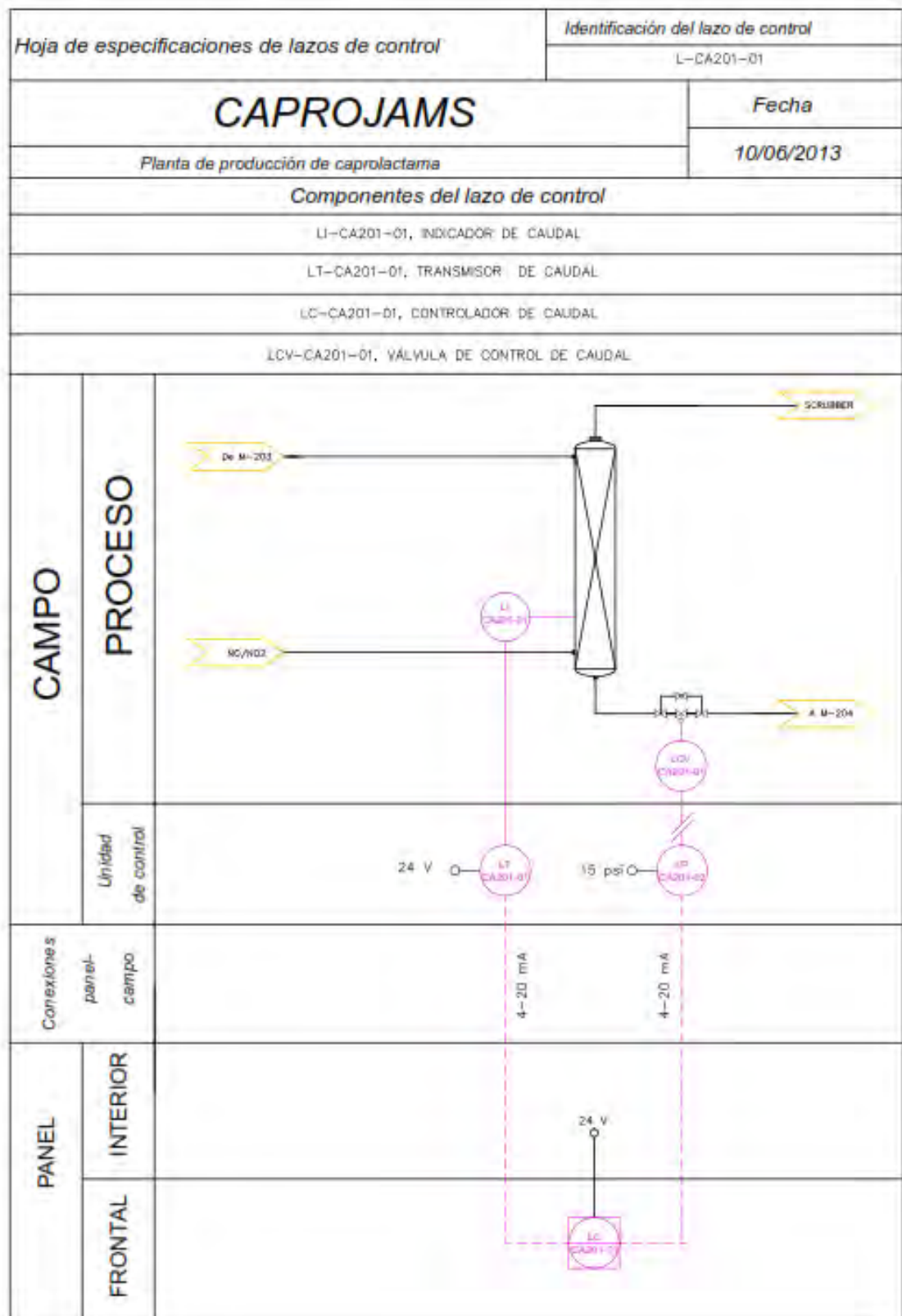
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



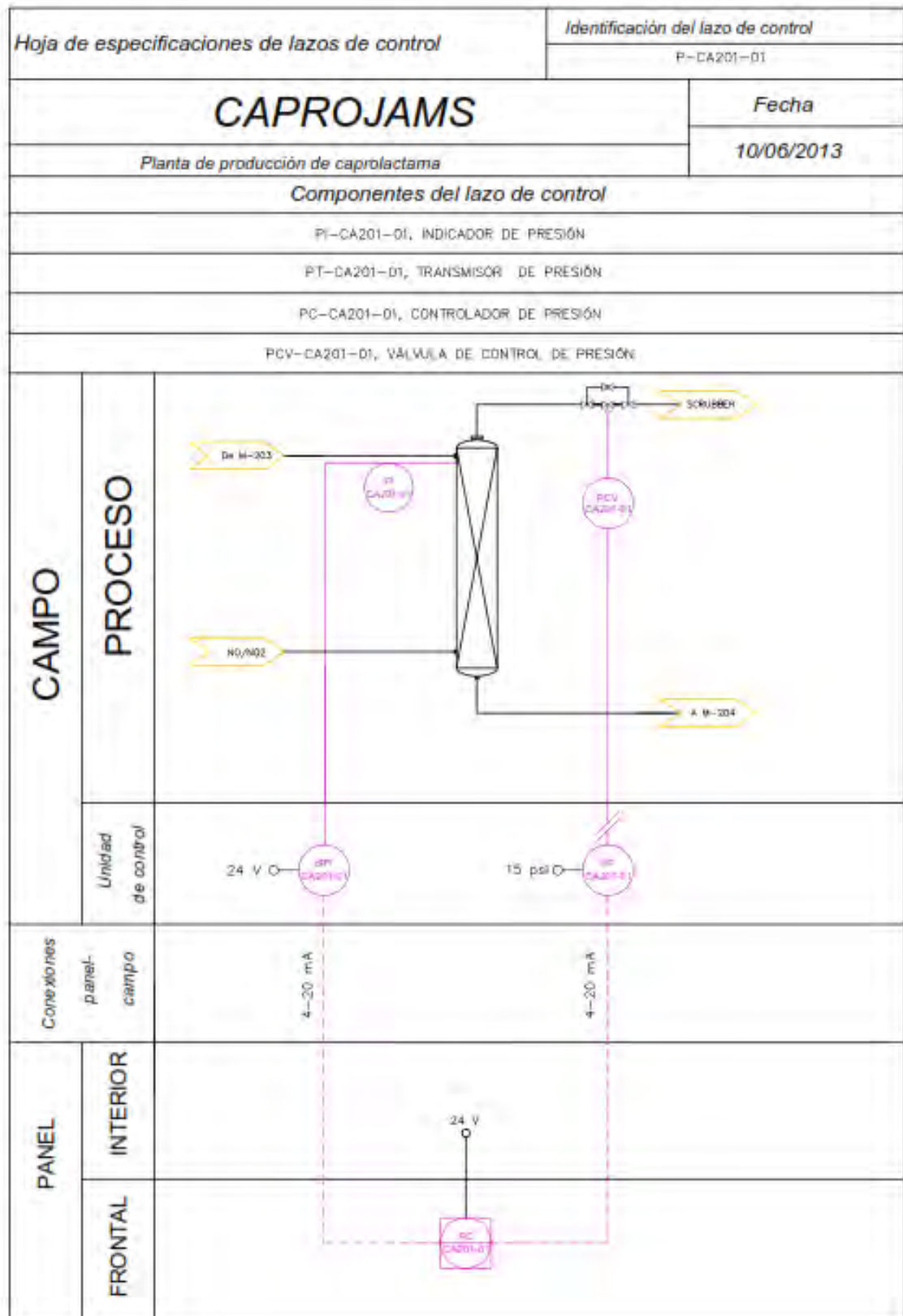
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



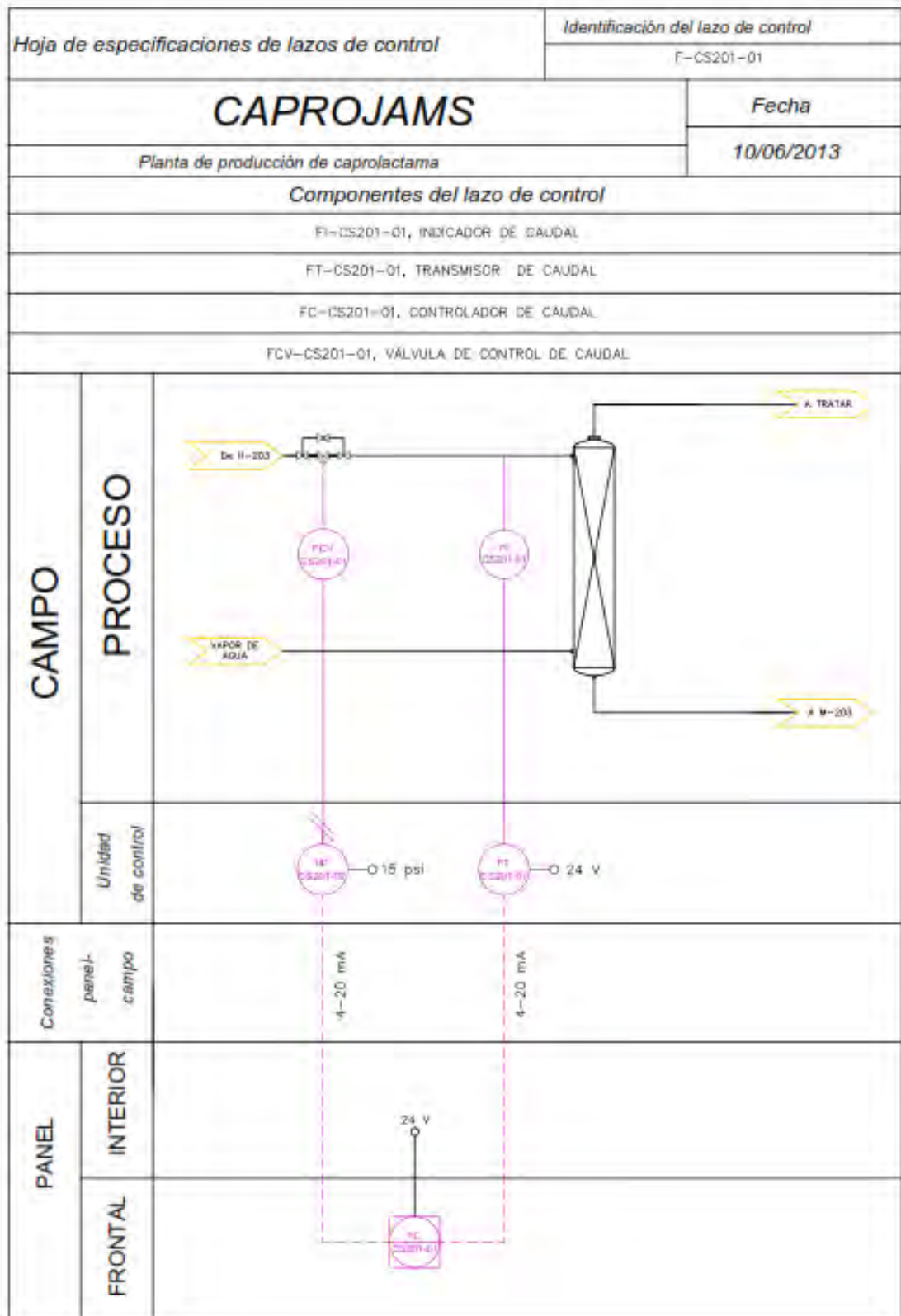
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



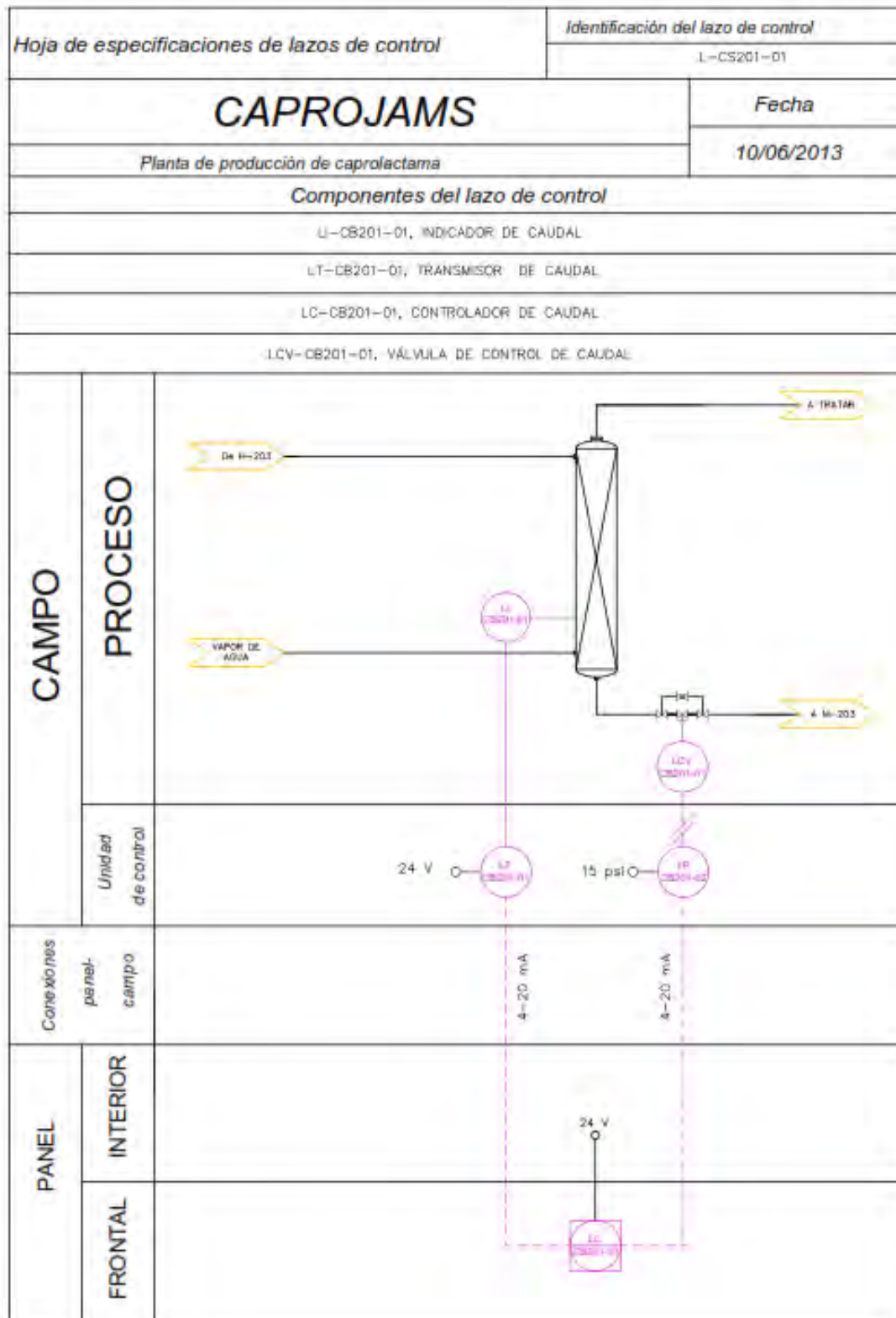
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



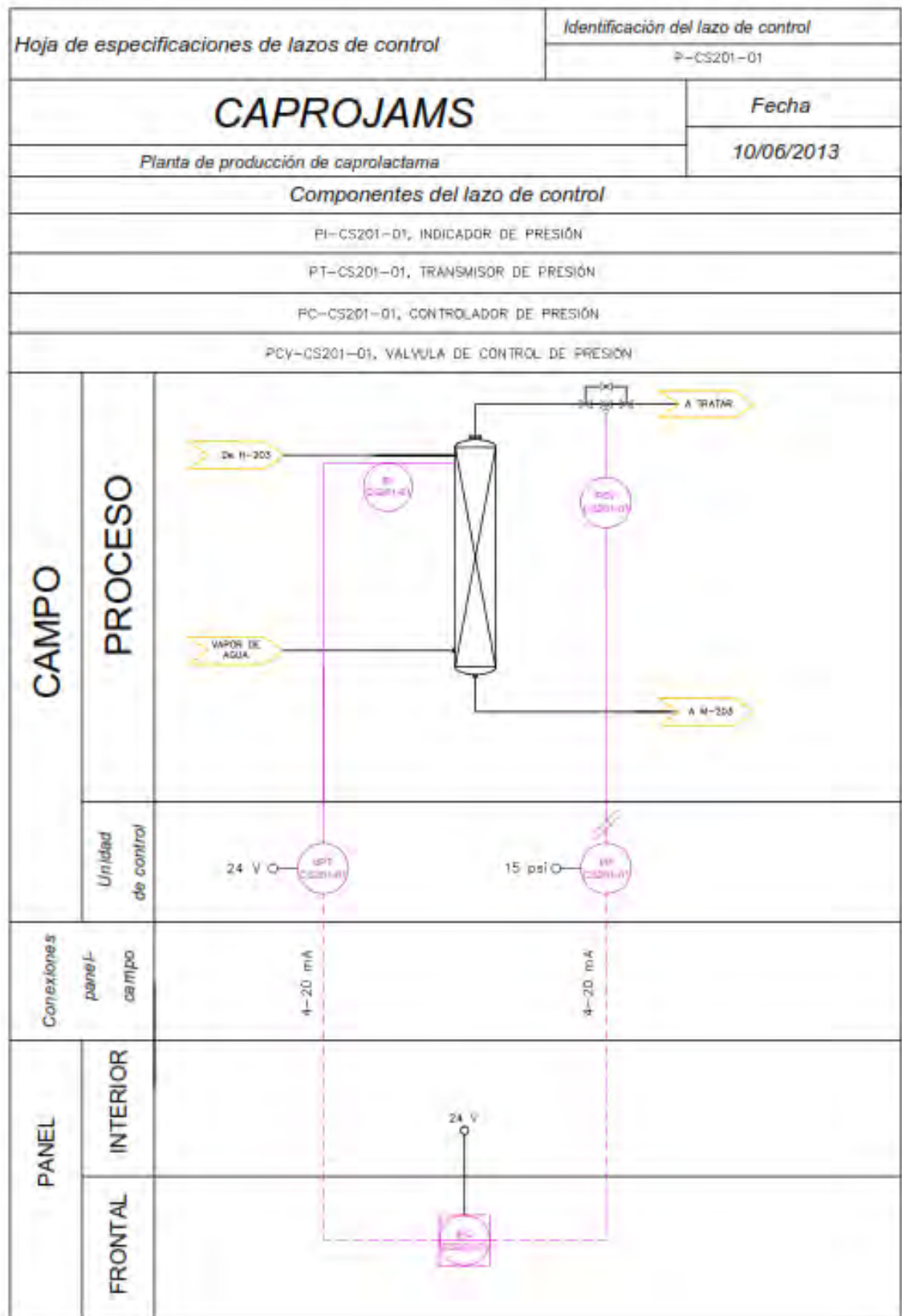
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



3.4.8.- Tanques

Los tanques agitados es necesario tener en cuenta cierto control con tal de que no desborden o se vacíen por completo. Por este motivo en los diversos tanques agitados se instala un control de nivel.

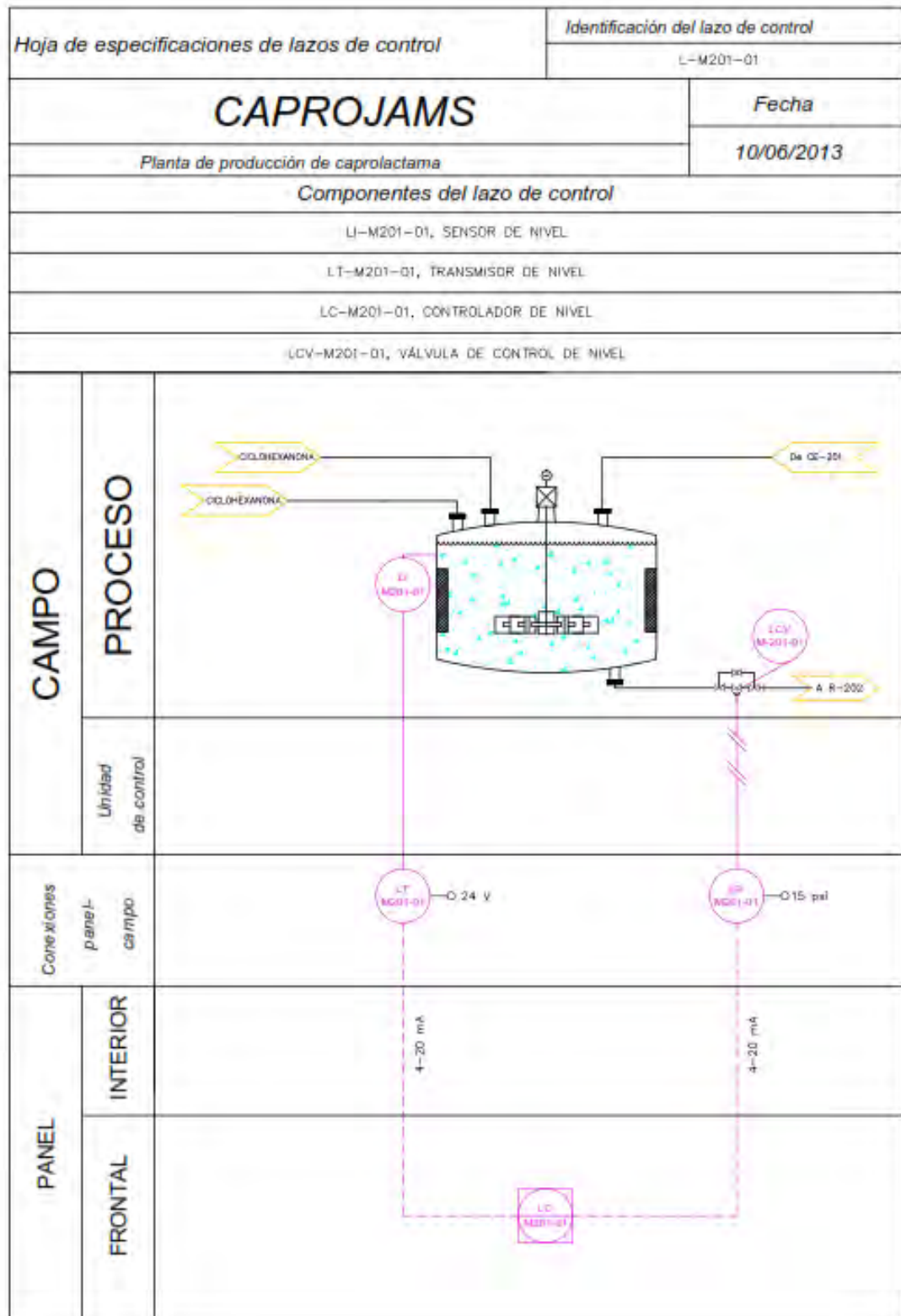
El control de nivel propuesto consiste en lo siguiente: en el caso en que entre demasiada cantidad de líquido en el tanque, el control abrirá la válvula de salida del tanque disminuyendo así la acumulación en el interior. En el caso contrario, la válvula de control se cerraría para mantener cierto nivel en el tanque y no haber de parar y poner de nuevo en marcha el equipo.

Se ha cogido como ejemplo para la ficha el mezclador M-201.

Las fichas del control descrito son las que se muestran a continuación.

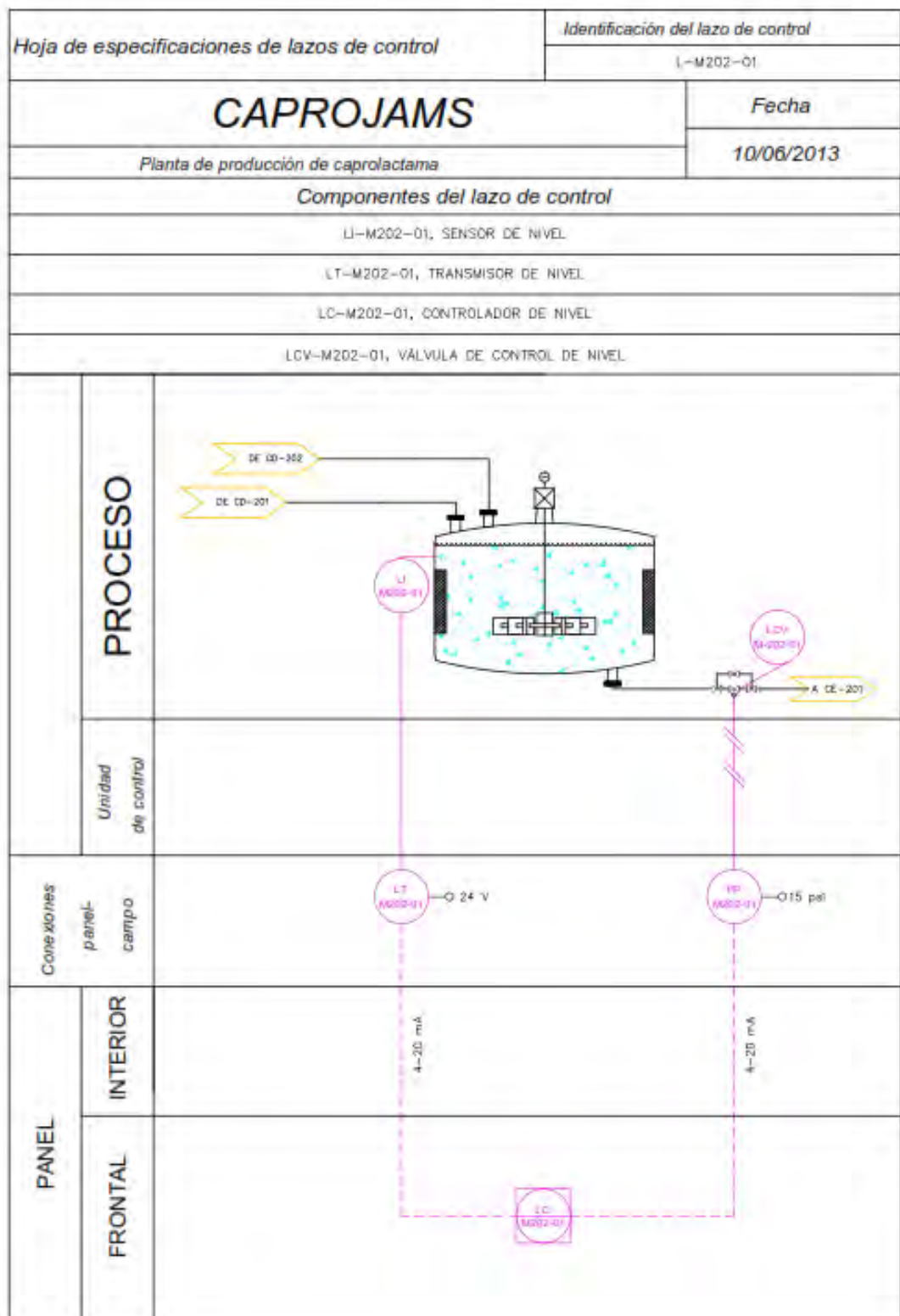
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



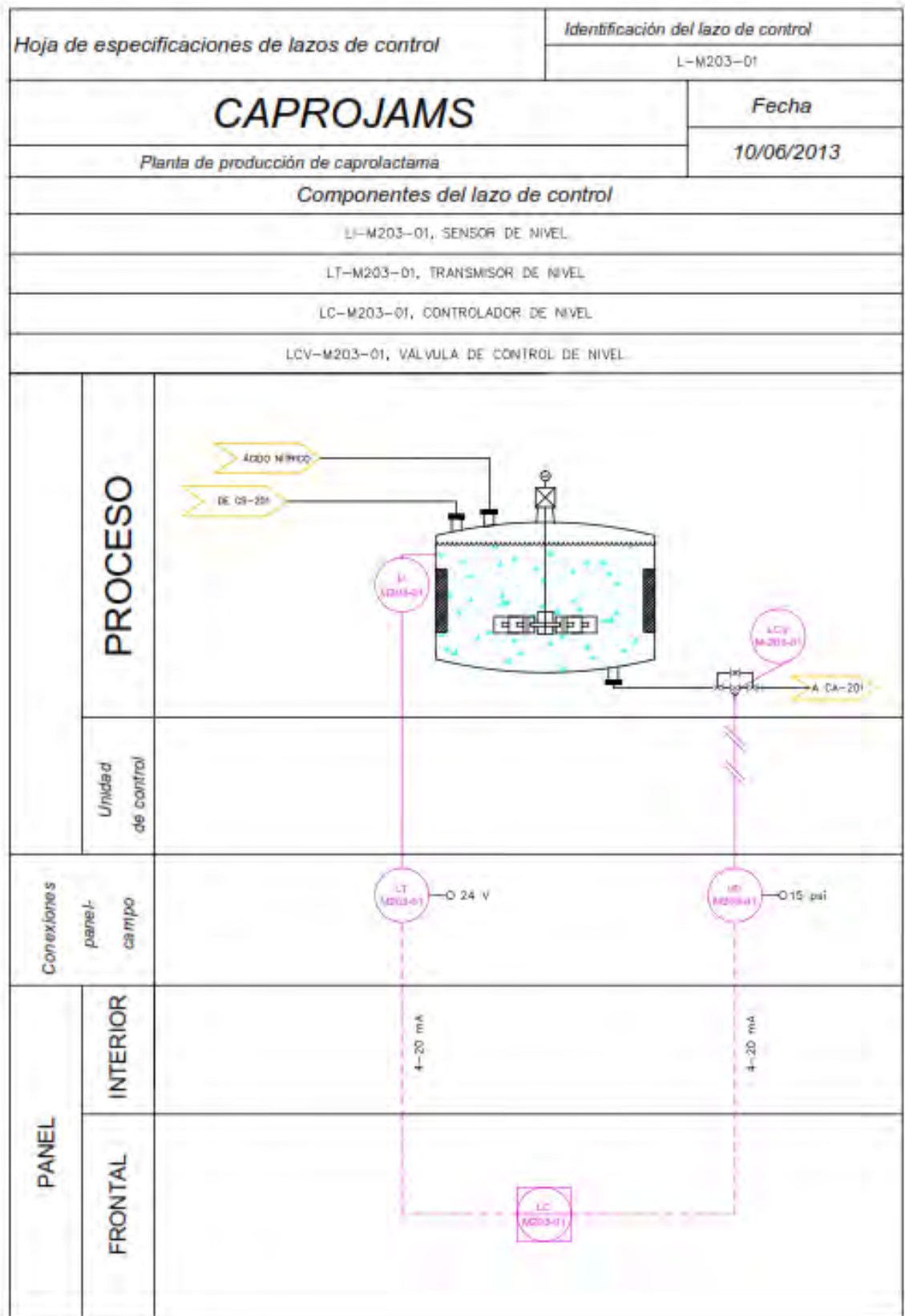
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



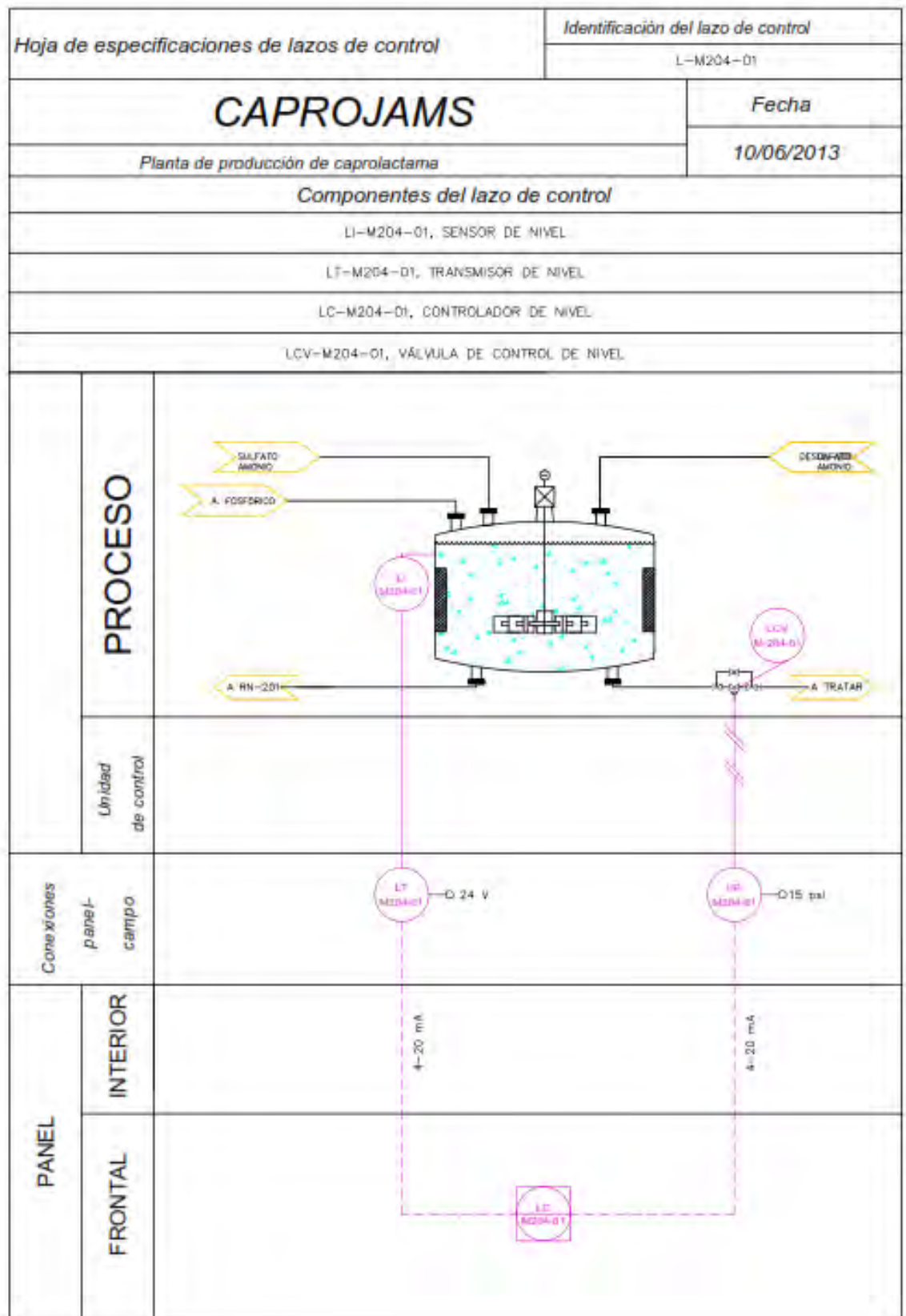
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



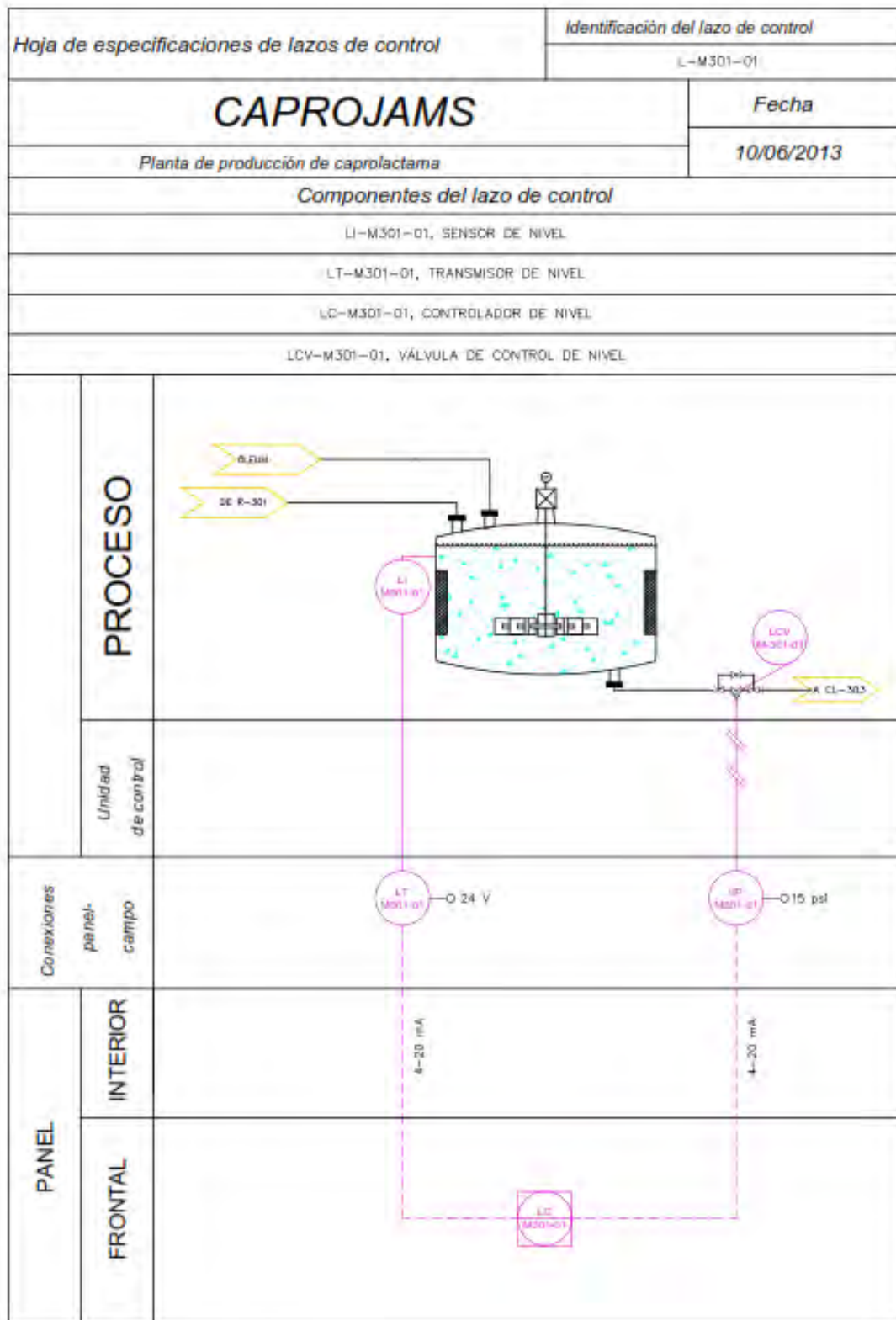
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



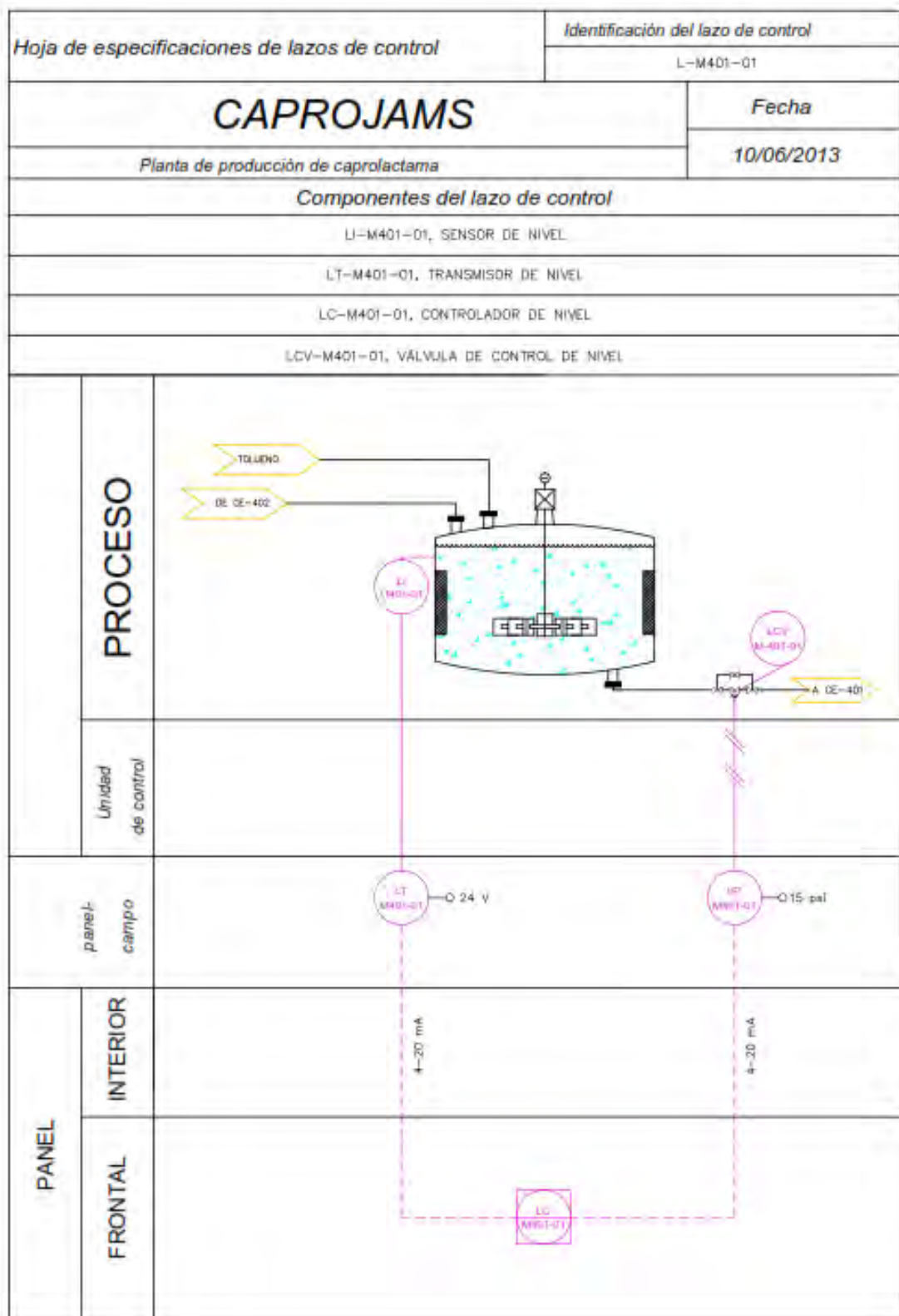
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



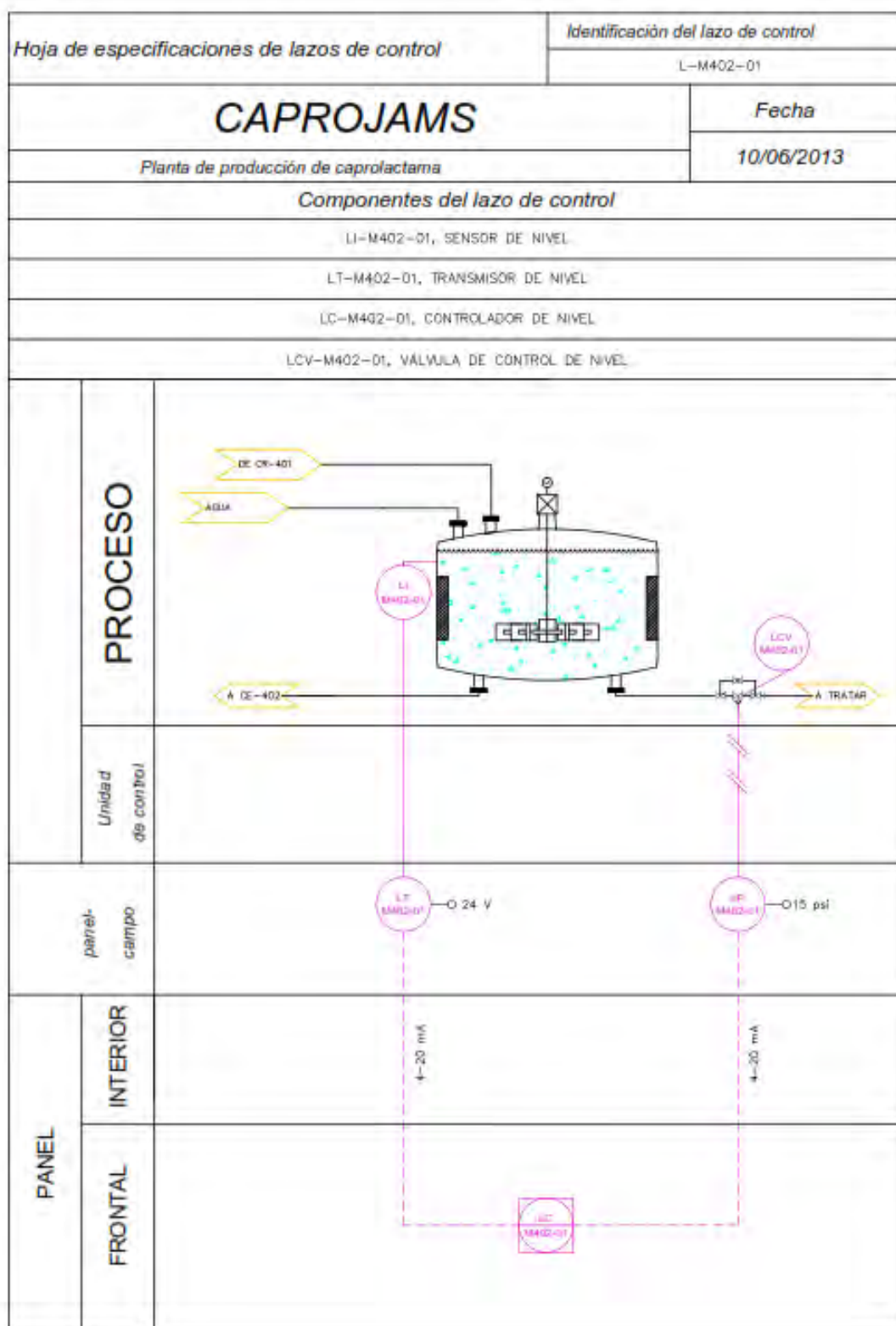
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



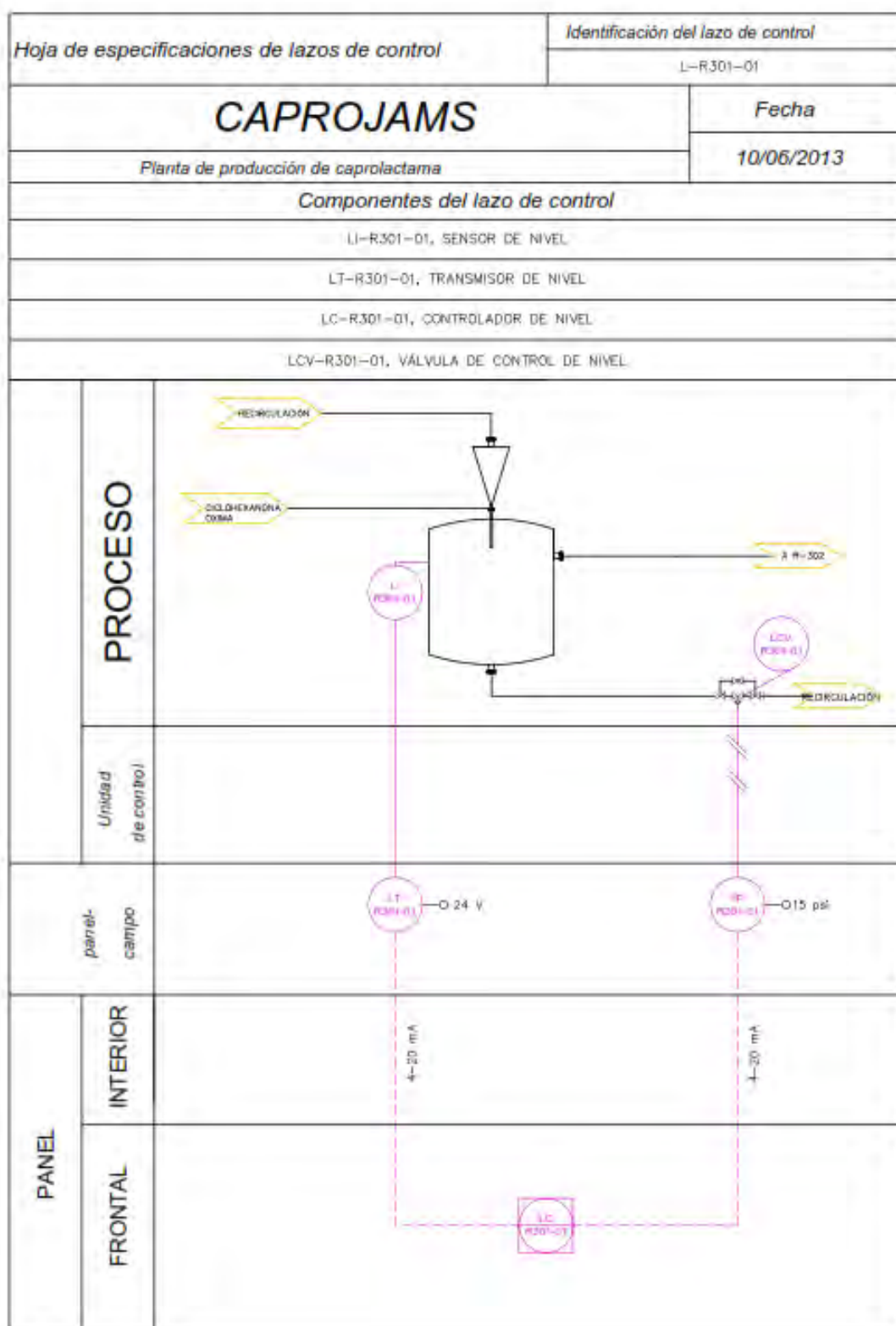
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



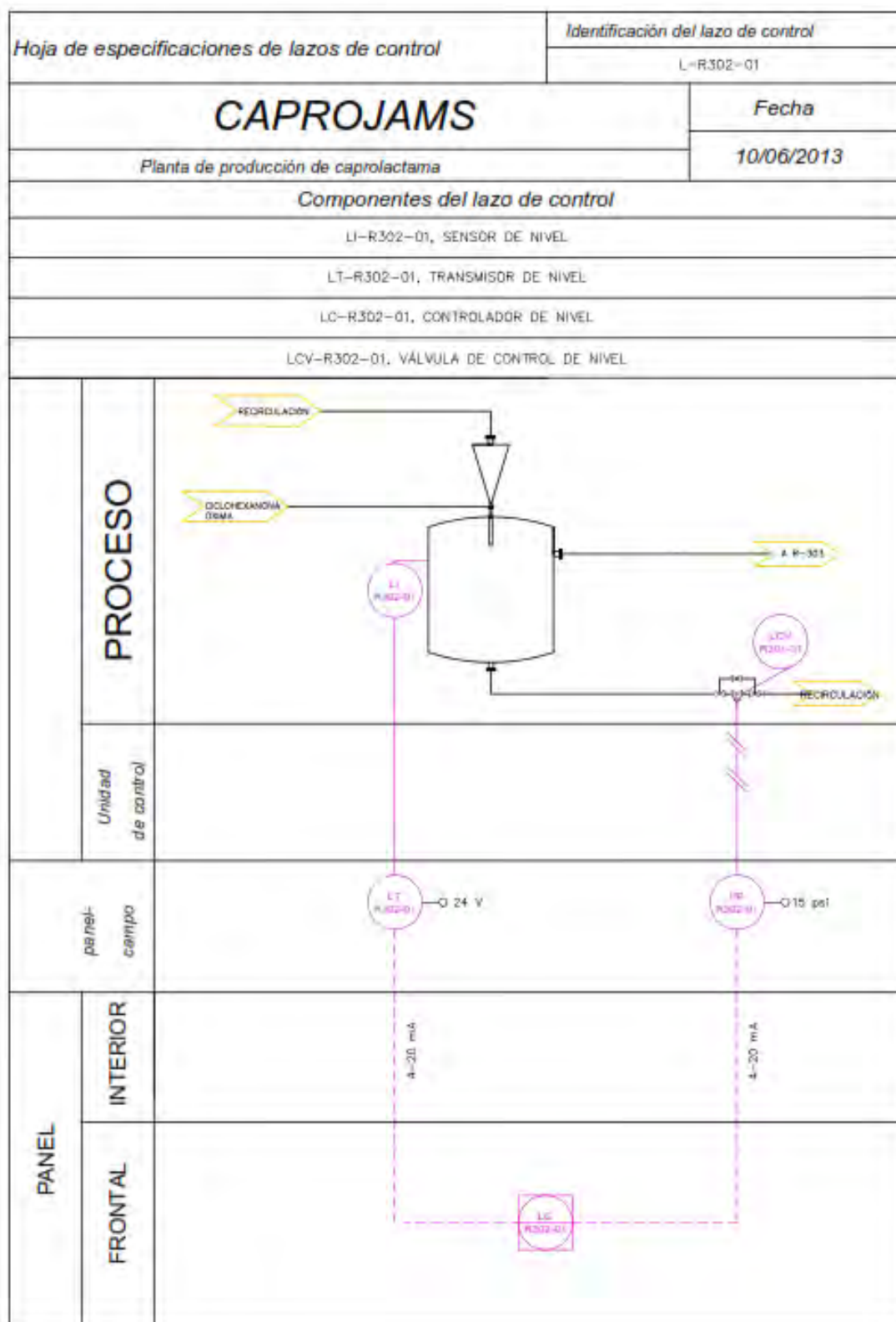
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



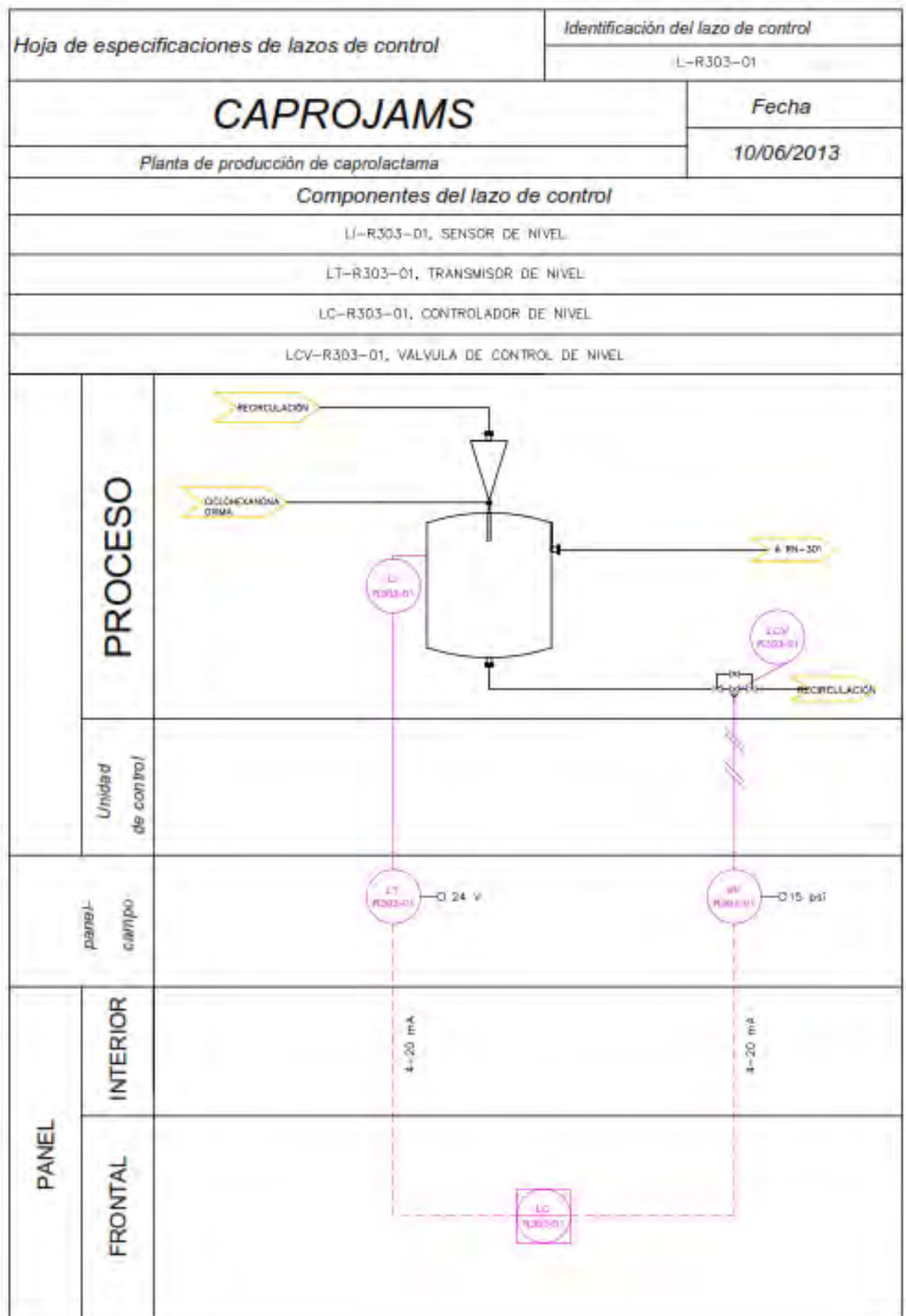
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



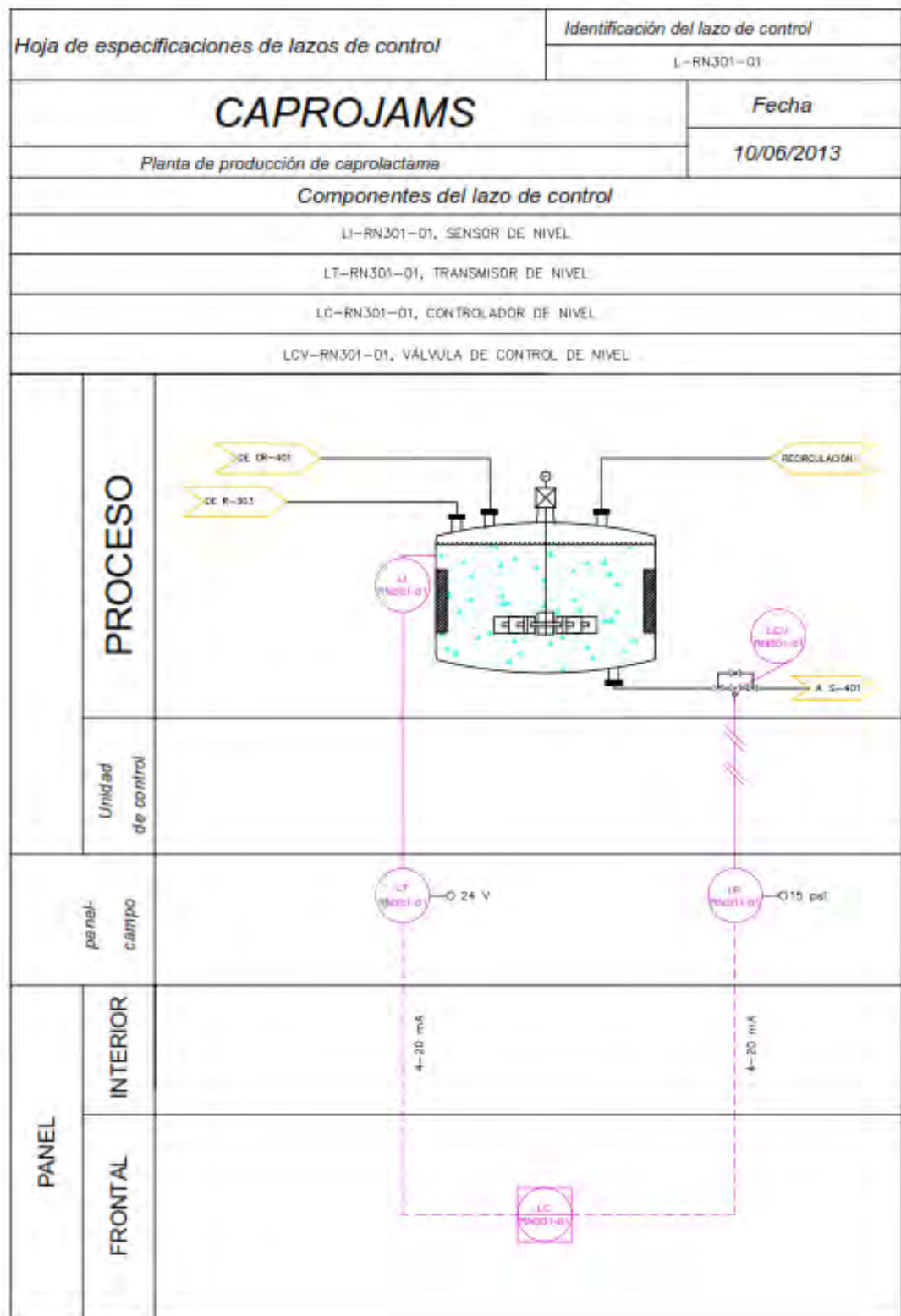
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



3.4.9.- Evaporador (E-401)

Para el modelo de evaporador E-401 se propone un control de nivel que permita mantener un nivel constante de líquido en el tanque.

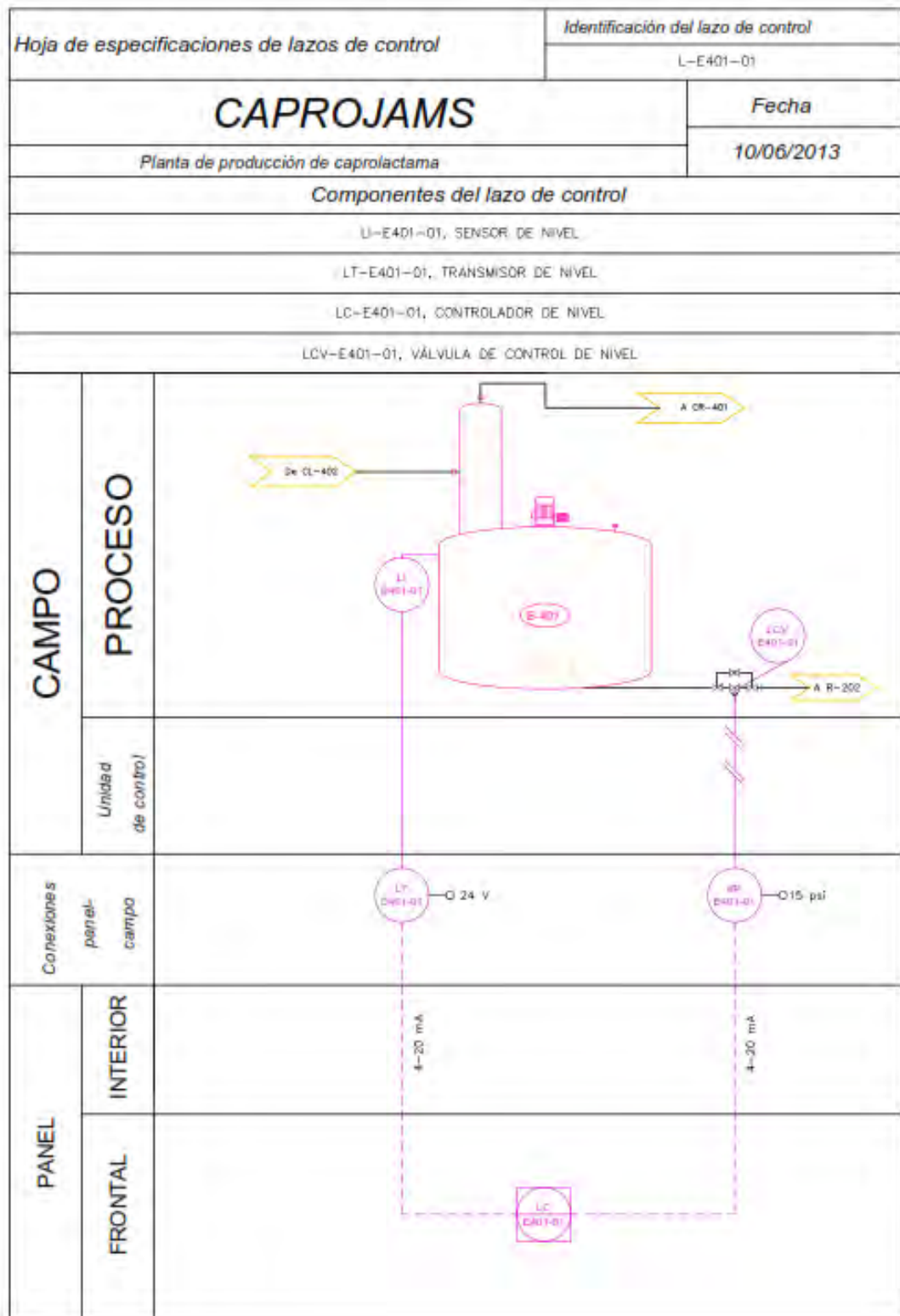
El sistema de control seria análogo al de los tanques. Es decir, se mide el nivel y, en función de este, el controlador varia la obertura de la válvula de salida.

Por otro lado, también es necesario mencionar que este reactor deberá disponer de medidores de temperatura con tal de asegurar que la temperatura en el interior sea superior a la de evaporación. De igual manera, se situará un lazo en feedback de temperatura a la salida del evaporador con tal de variar el caudal de vapor de calefacción que aumenta la temperatura de la recirculación. Esto es debido a que la temperatura de la recirculación es el factor crítico para mantener la temperatura elevada en el interior del tanque.

A continuación, se muestra la ficha del control de nivel en el evaporador E-401. El control de temperatura se muestra en el apartado de intercambiadores.

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



3.4.10.- Evaporador de triple efecto (ETE)

Aunque no se ha realizado el diseño del evaporador de triple efecto para evaporar el agua restante del sulfato de amonio, sí se ha contemplado su control.

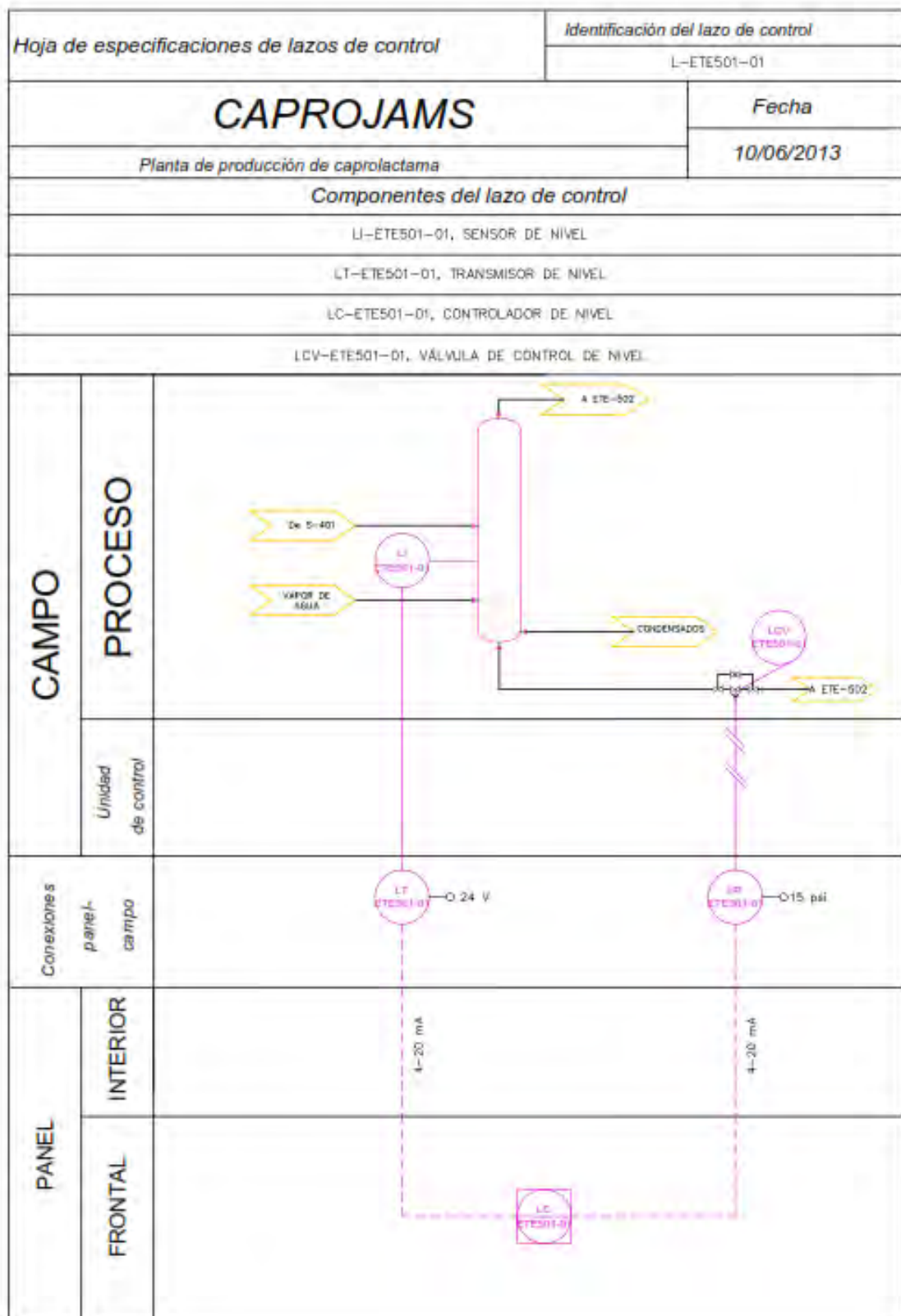
Este equipo tiene gran capacidad pero establecer nuevas condiciones de trabajo es un proceso muy lento. Por esta razón se ha de intentar mantener las condiciones fijas mediante el control.

El control propuesto para este equipo consiste en un control de nivel de cada uno de los tres efectos para mantenerlo constante y se varia la salida de líquido. De esta manera se consigue mantener un nivel constante que no provoque el haber de parar y volver a poner en marcha el equipo.

A continuación se muestra la ficha del control propuesto.

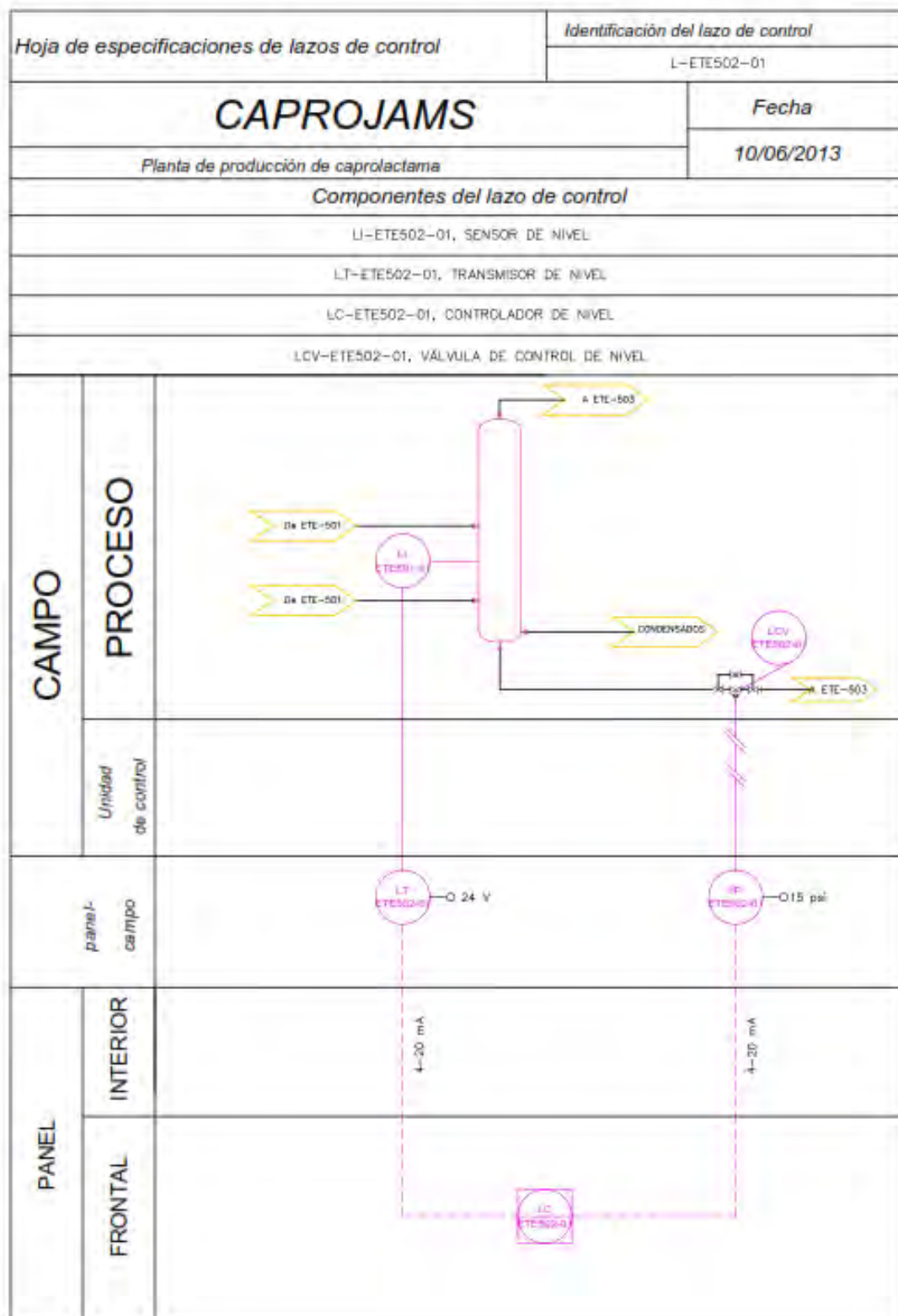
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



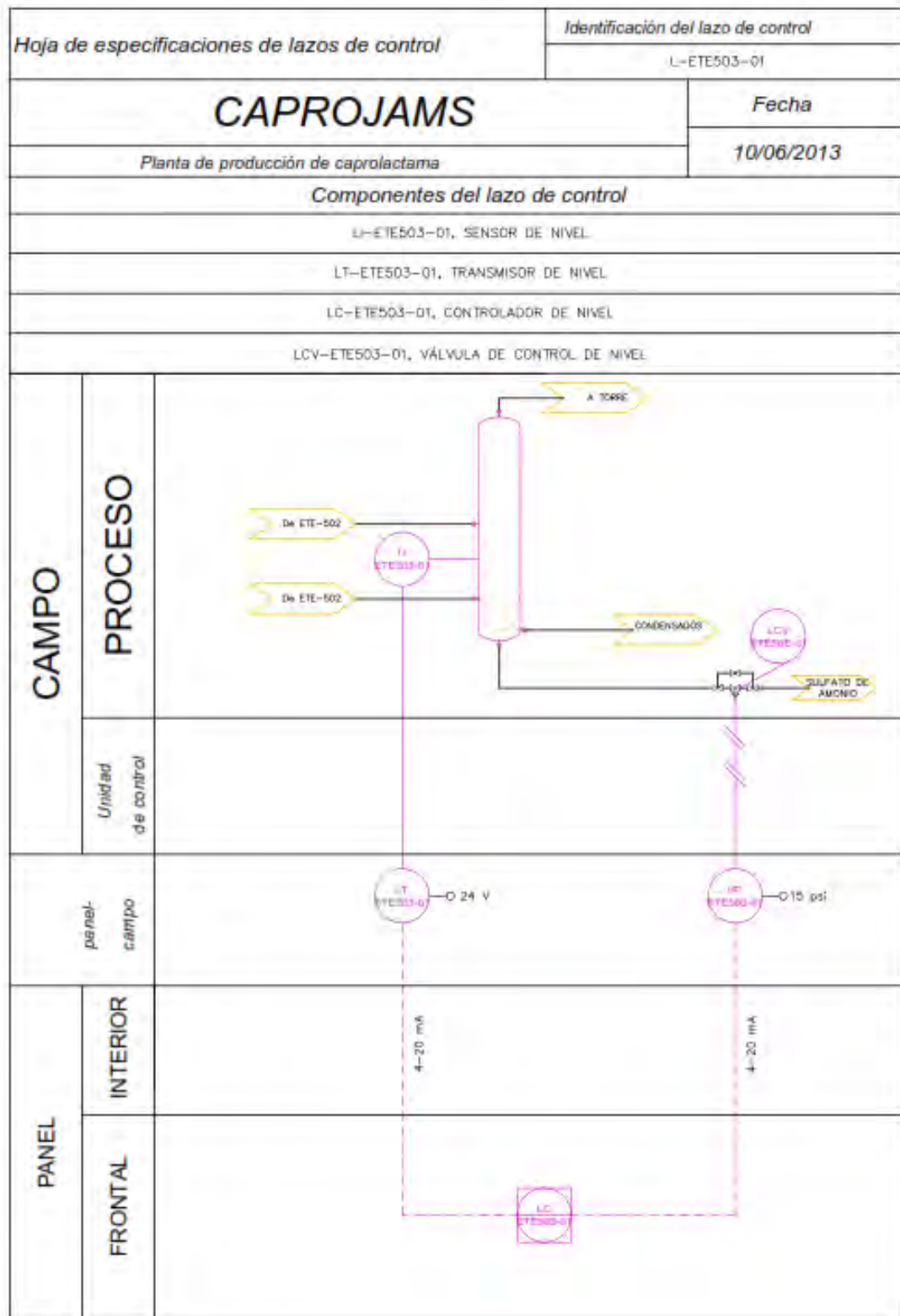
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



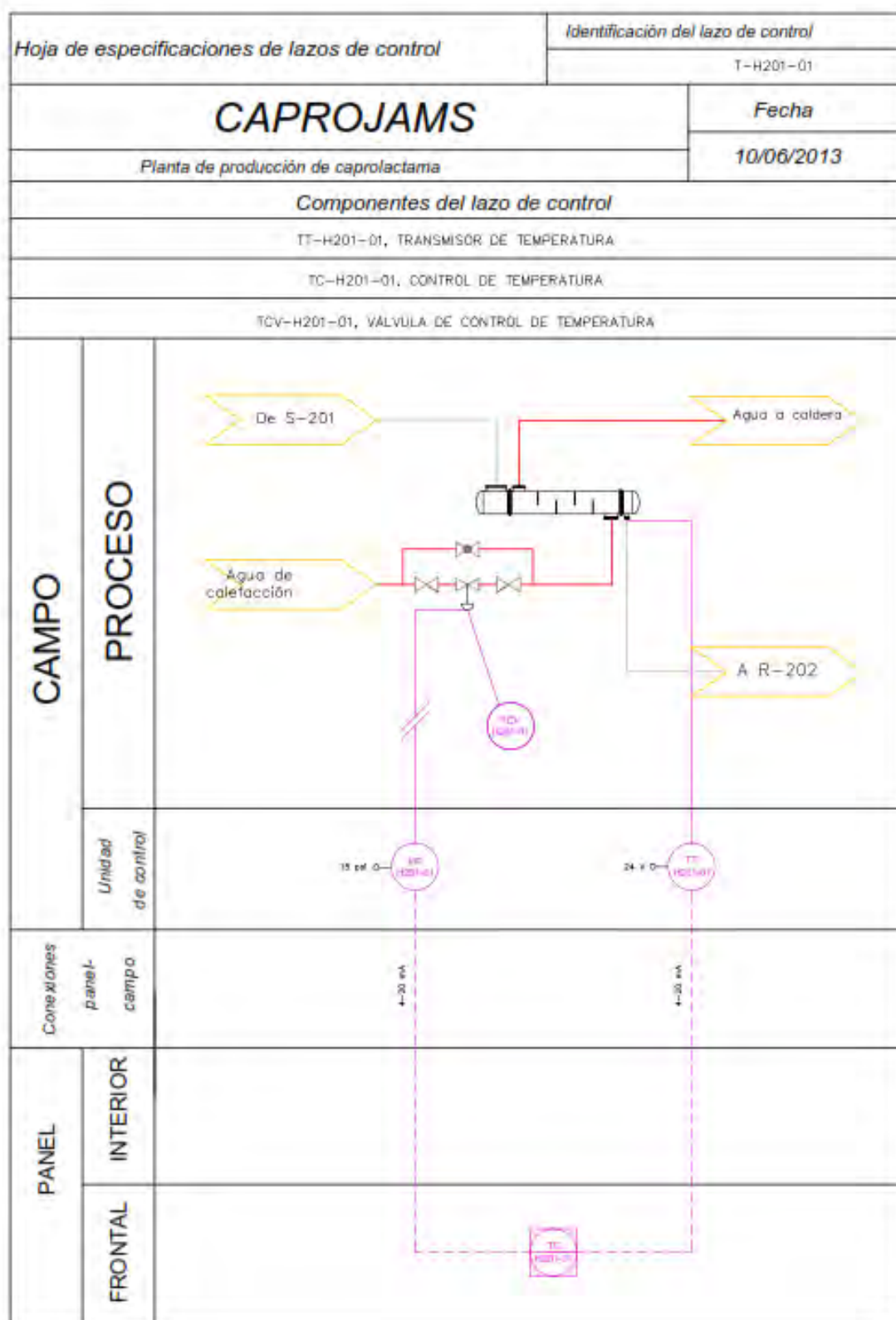
3.4.11.- Intercambiadores de calor

En el proceso que se lleva a cabo en esta planta el intercambio de calor es muy importante ya que se producen muchas variaciones de temperatura aunque no en gran medida. Por este motivo, es necesario un control especial para cada uno de los intercambiadores disponibles.

El control propuesto para los intercambiadores consiste en un lazo de control de temperatura en feedback. Se mide la temperatura de salida del corriente de proceso en el intercambiador y el controlador actúa sobre la válvula que regula el caudal del fluido (refrigerante o calefactor según el caso). De esta manera se consigue mantener la temperatura deseada a la salida.

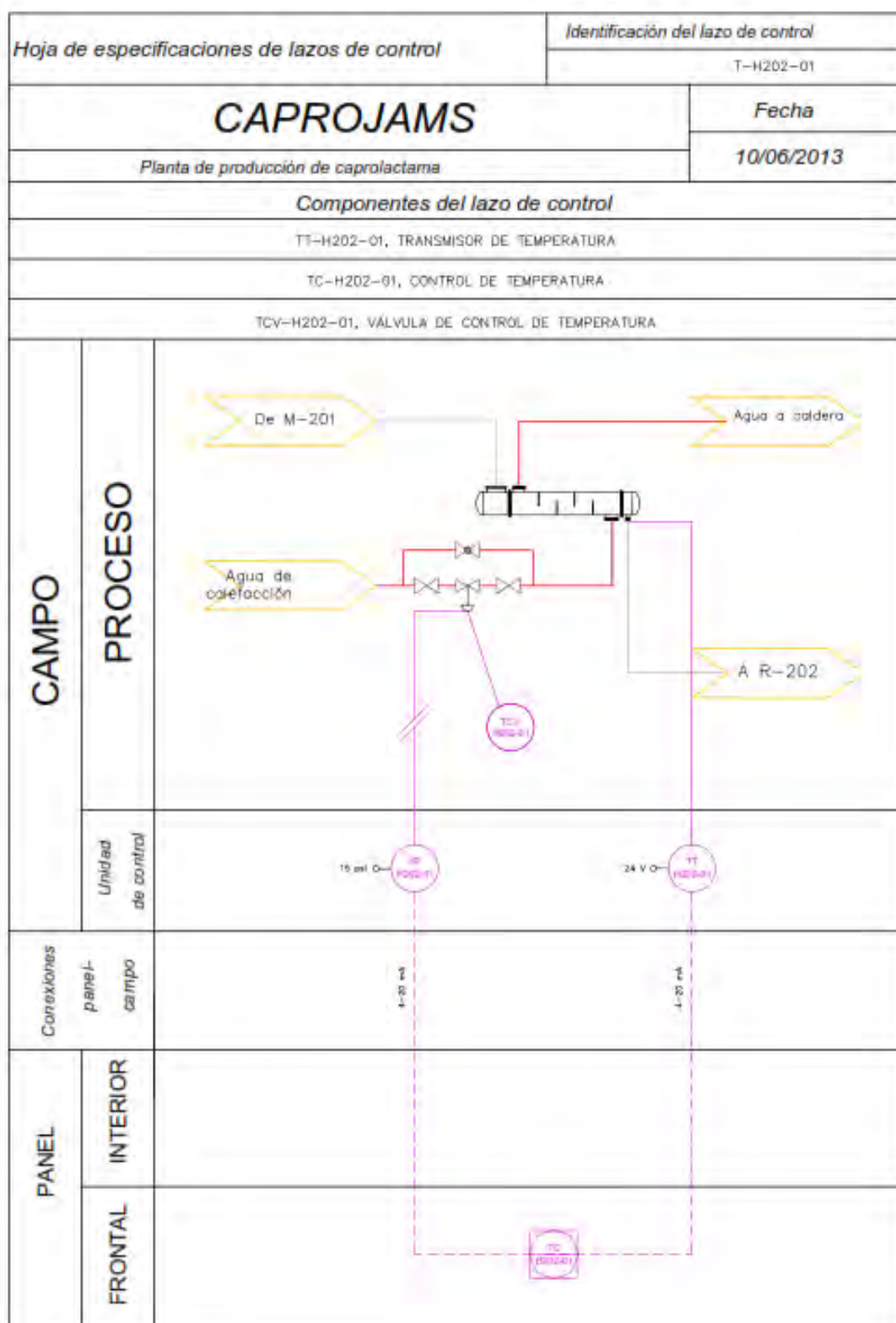
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



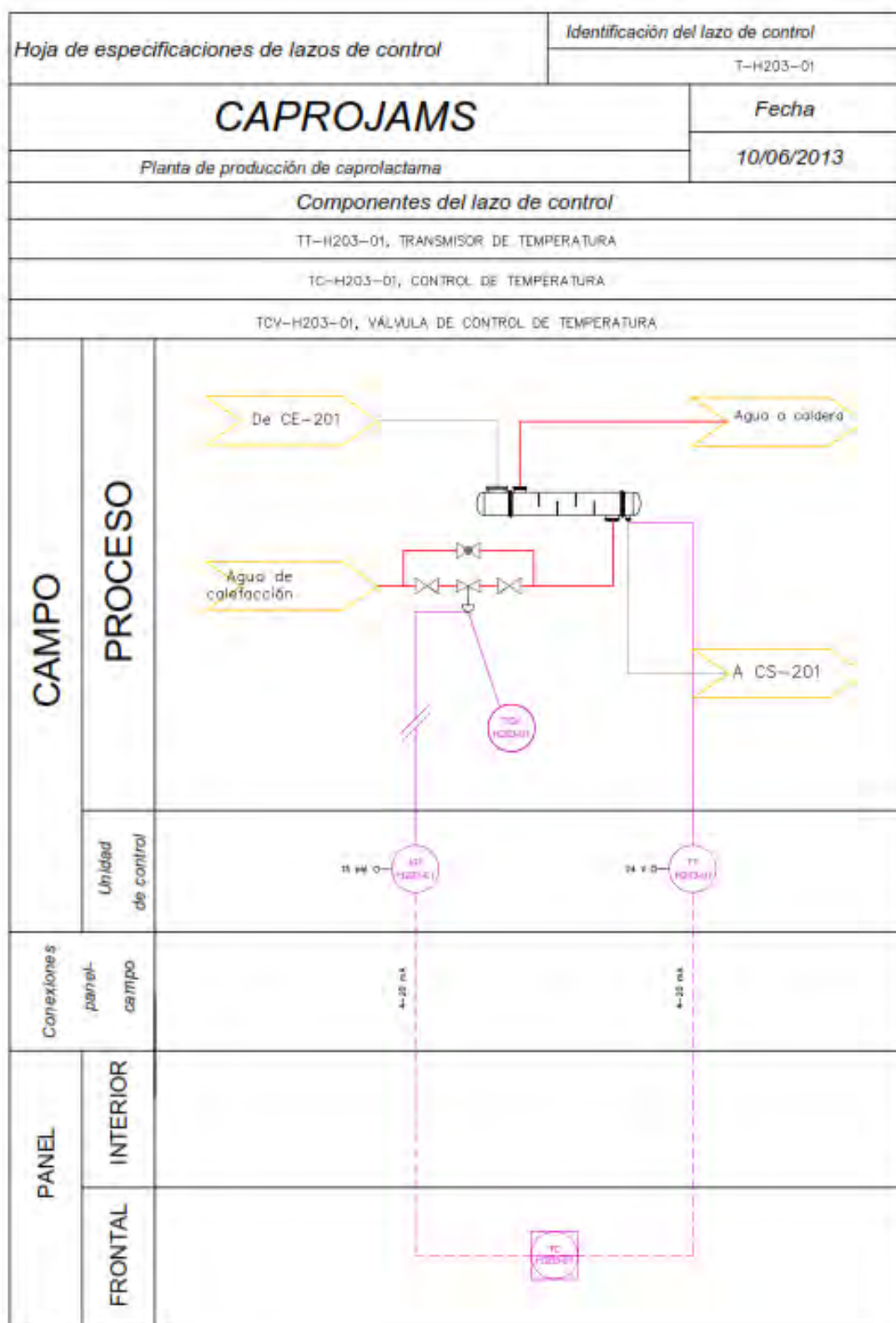
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



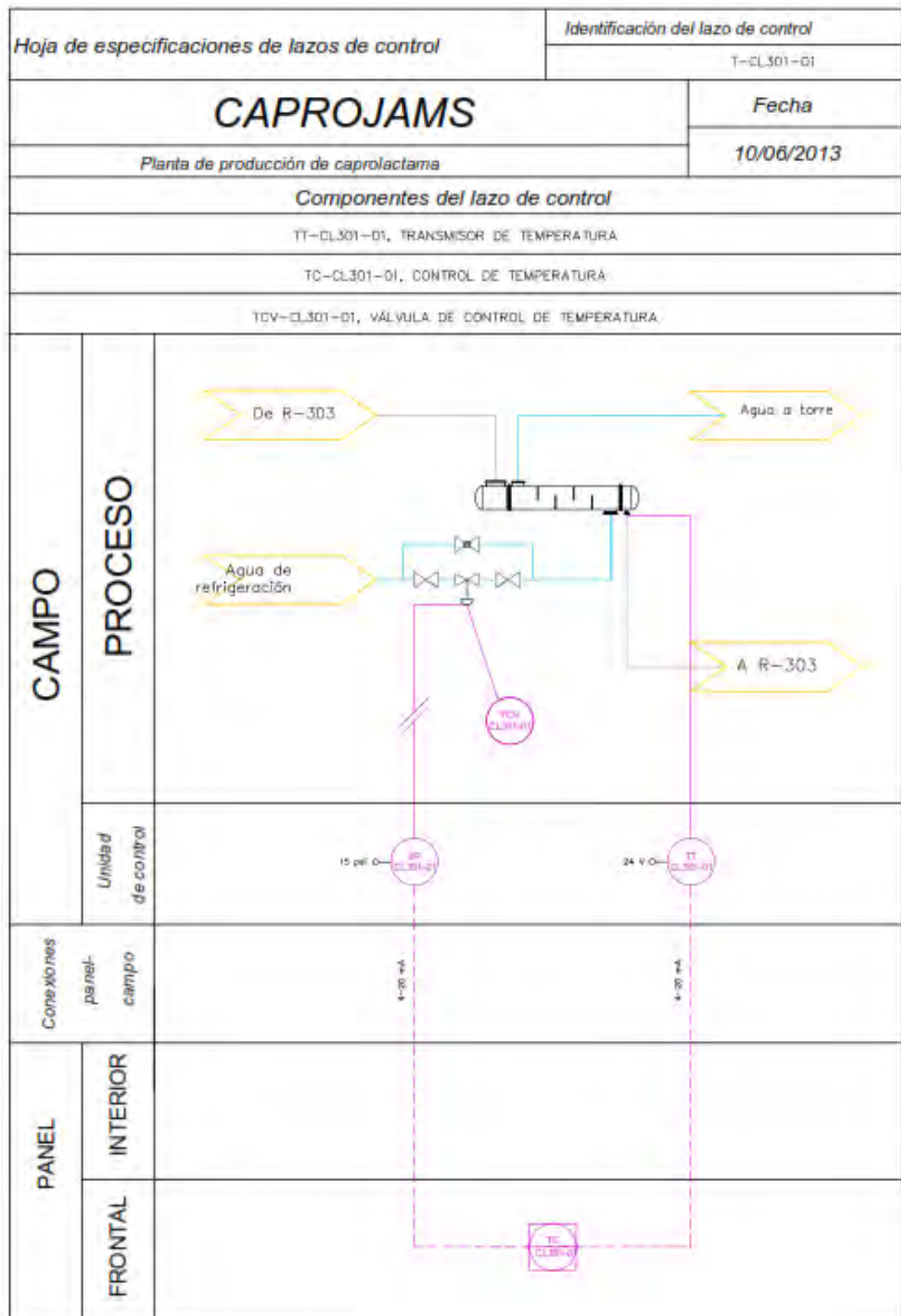
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



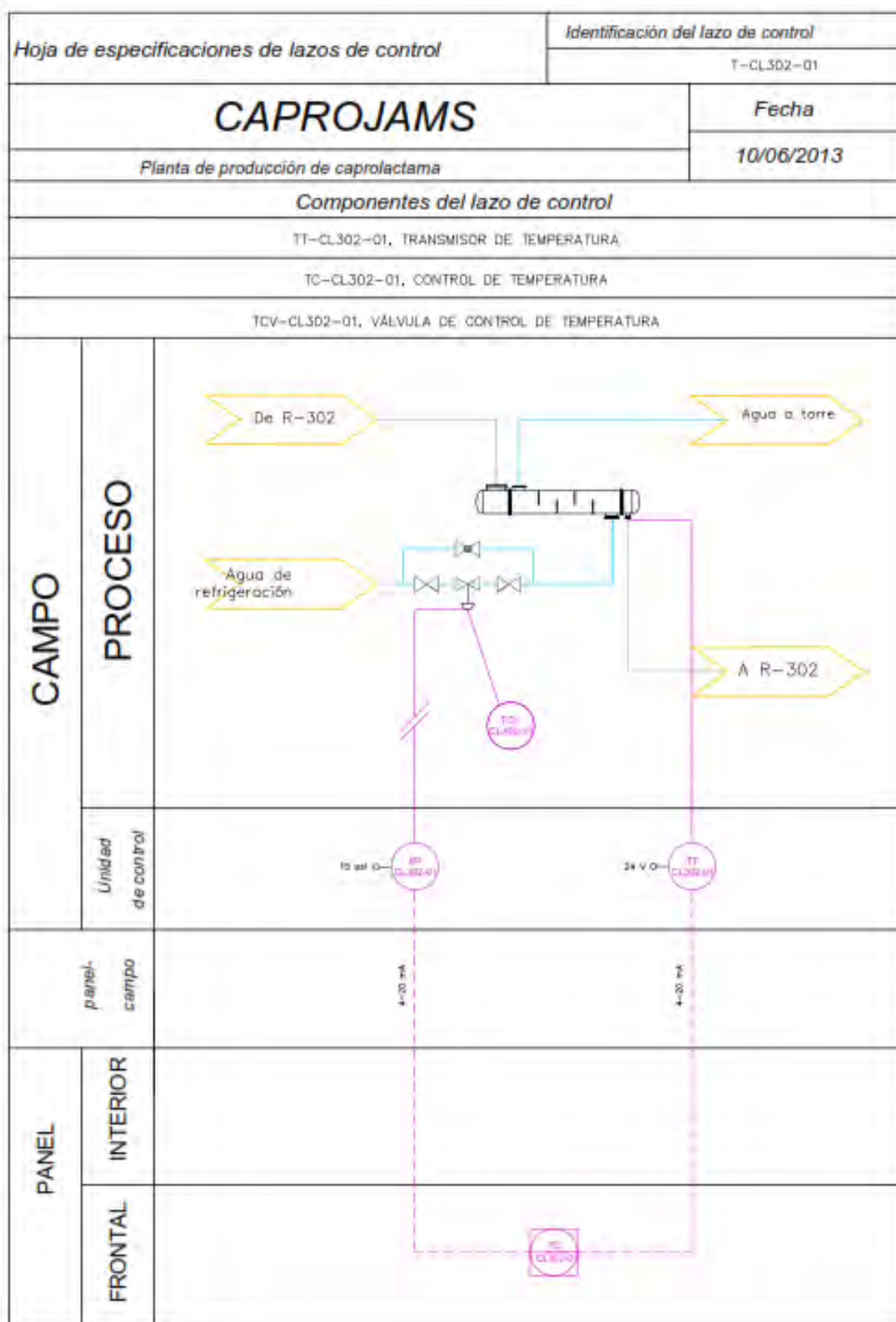
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



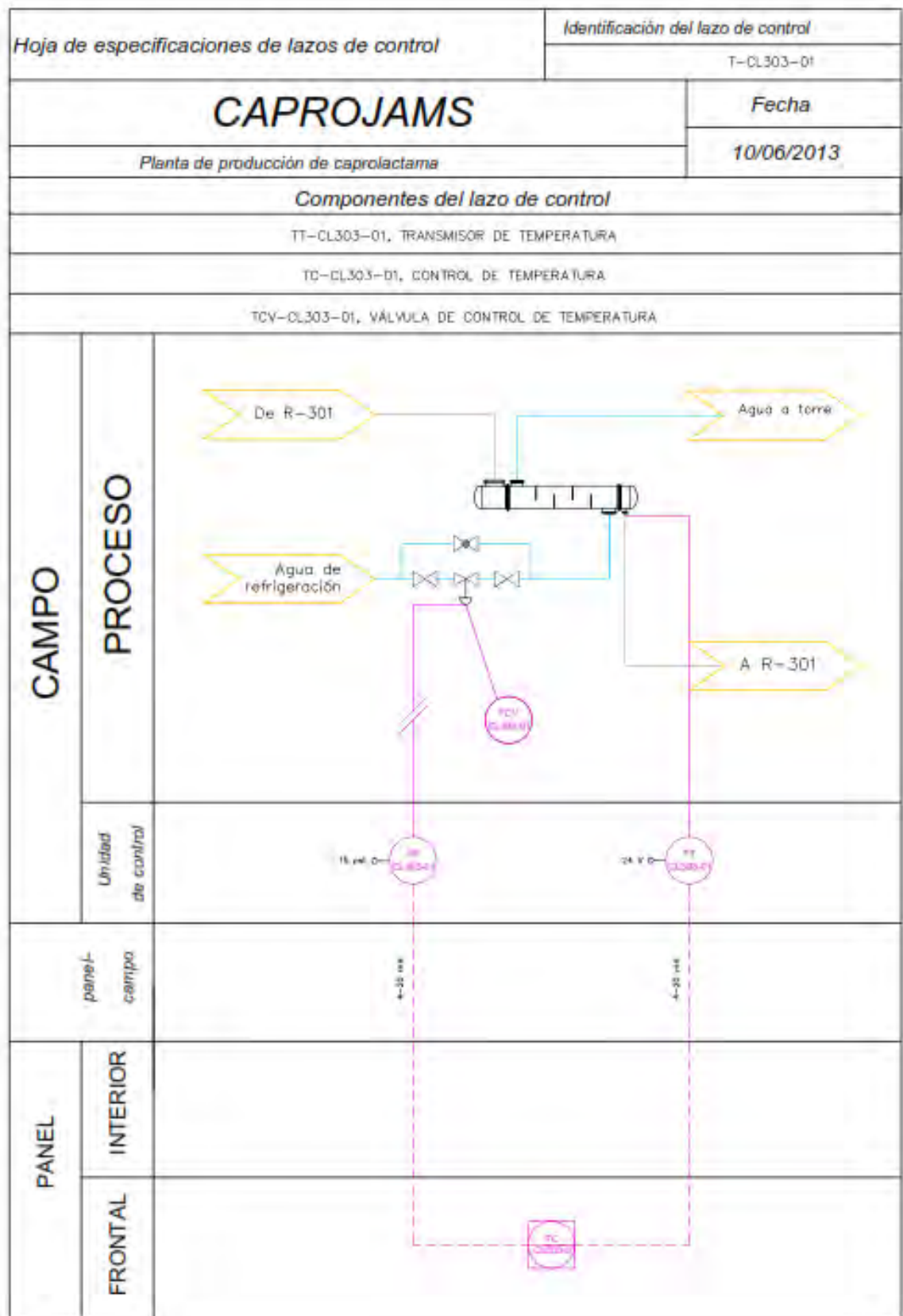
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



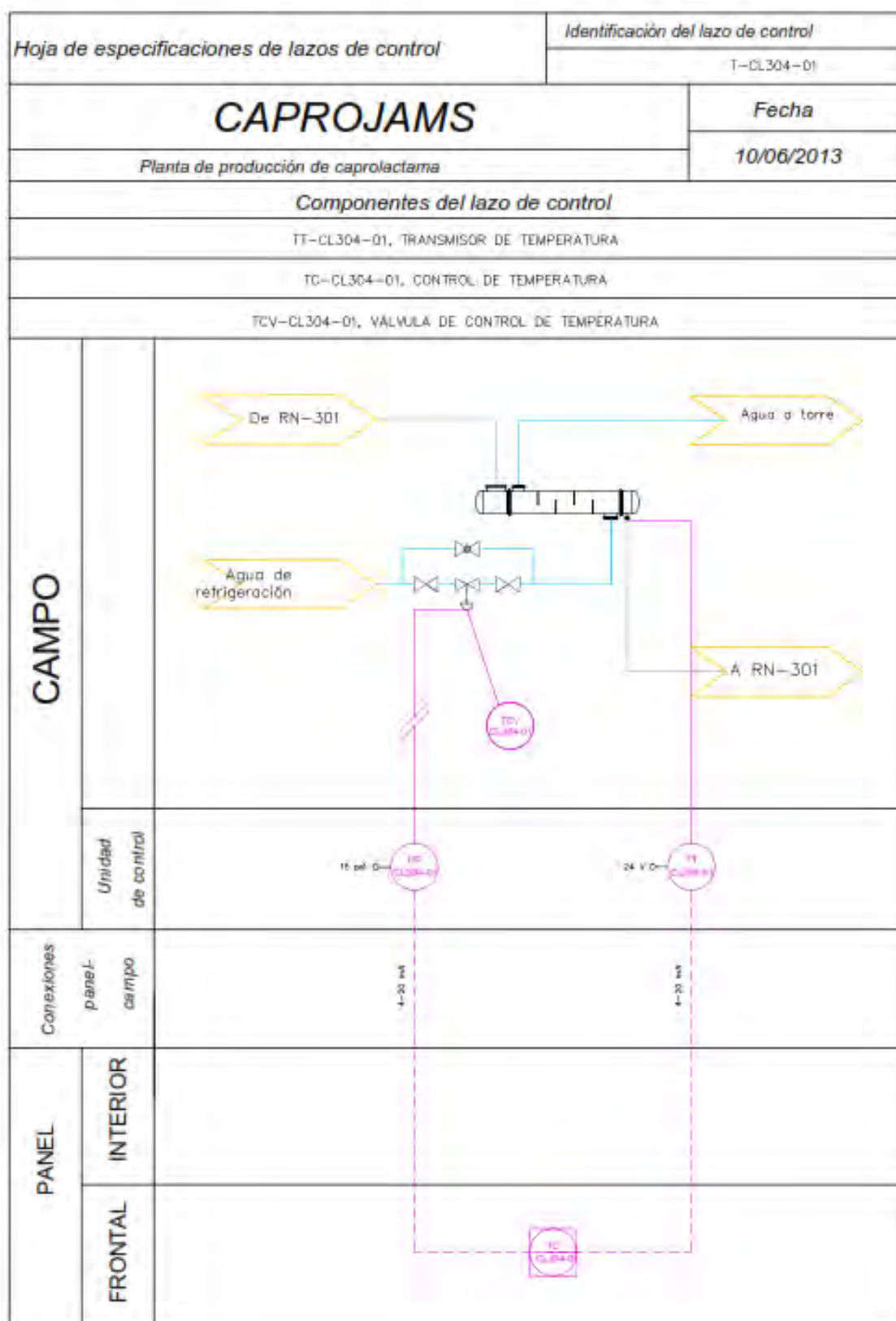
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



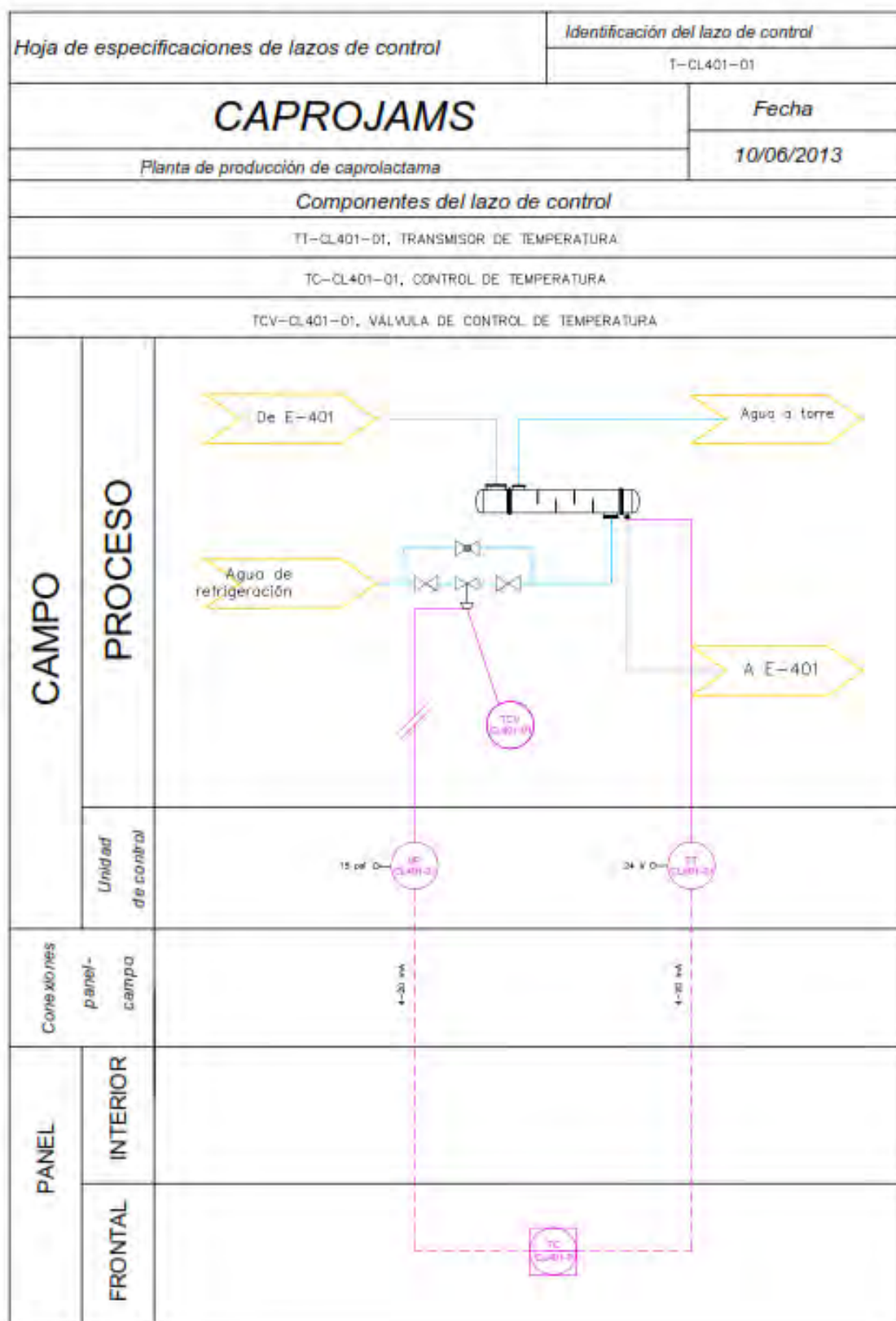
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



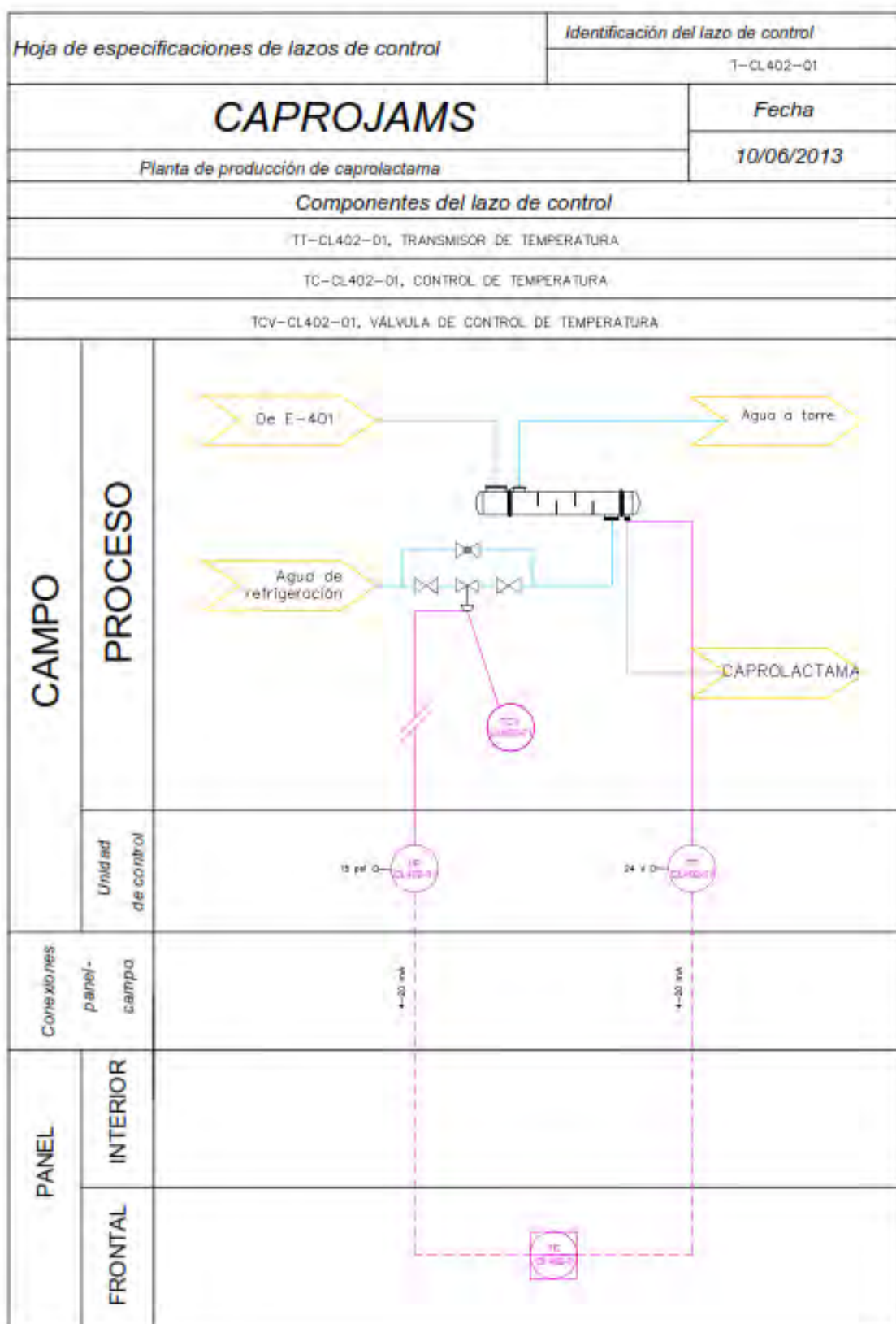
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



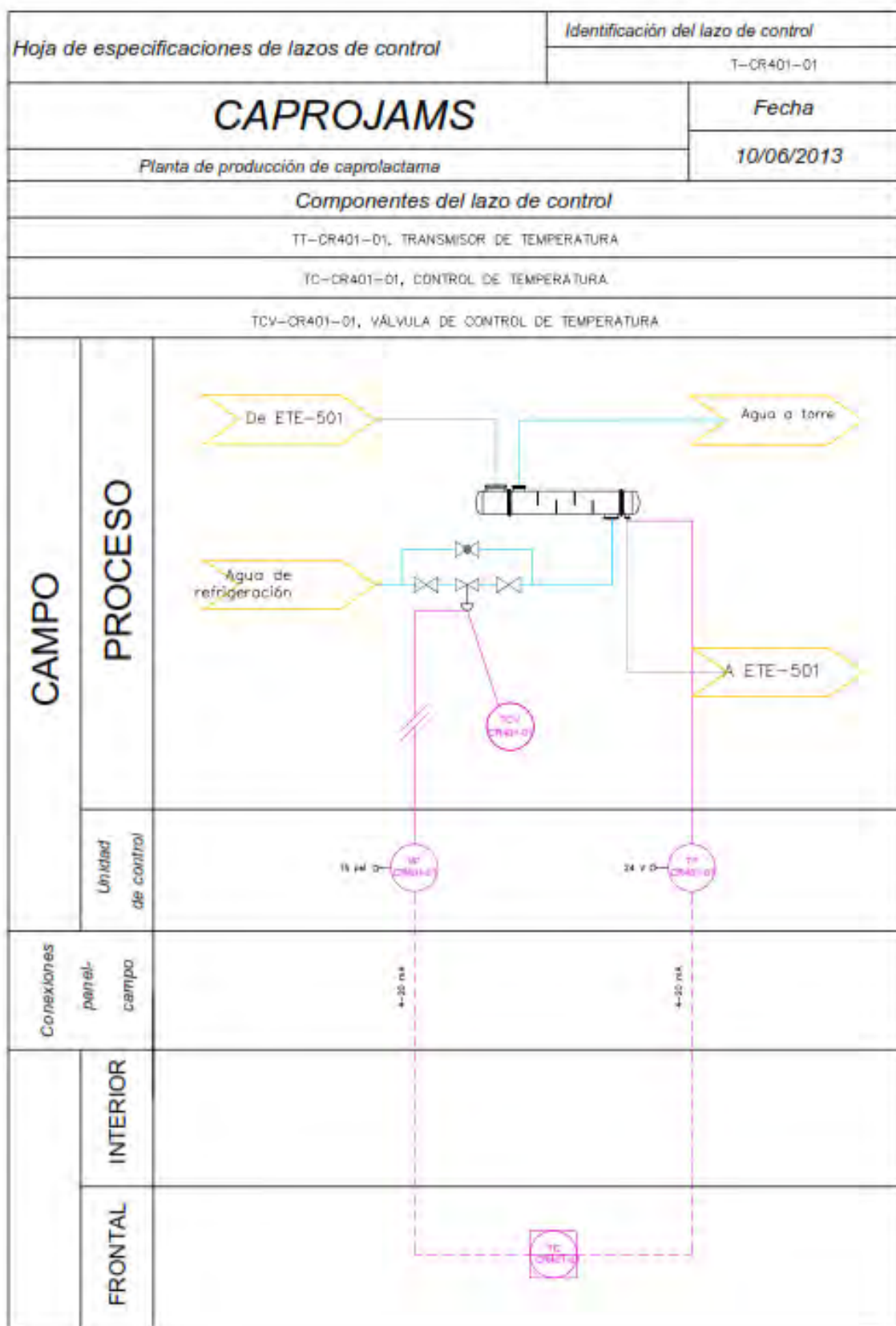
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



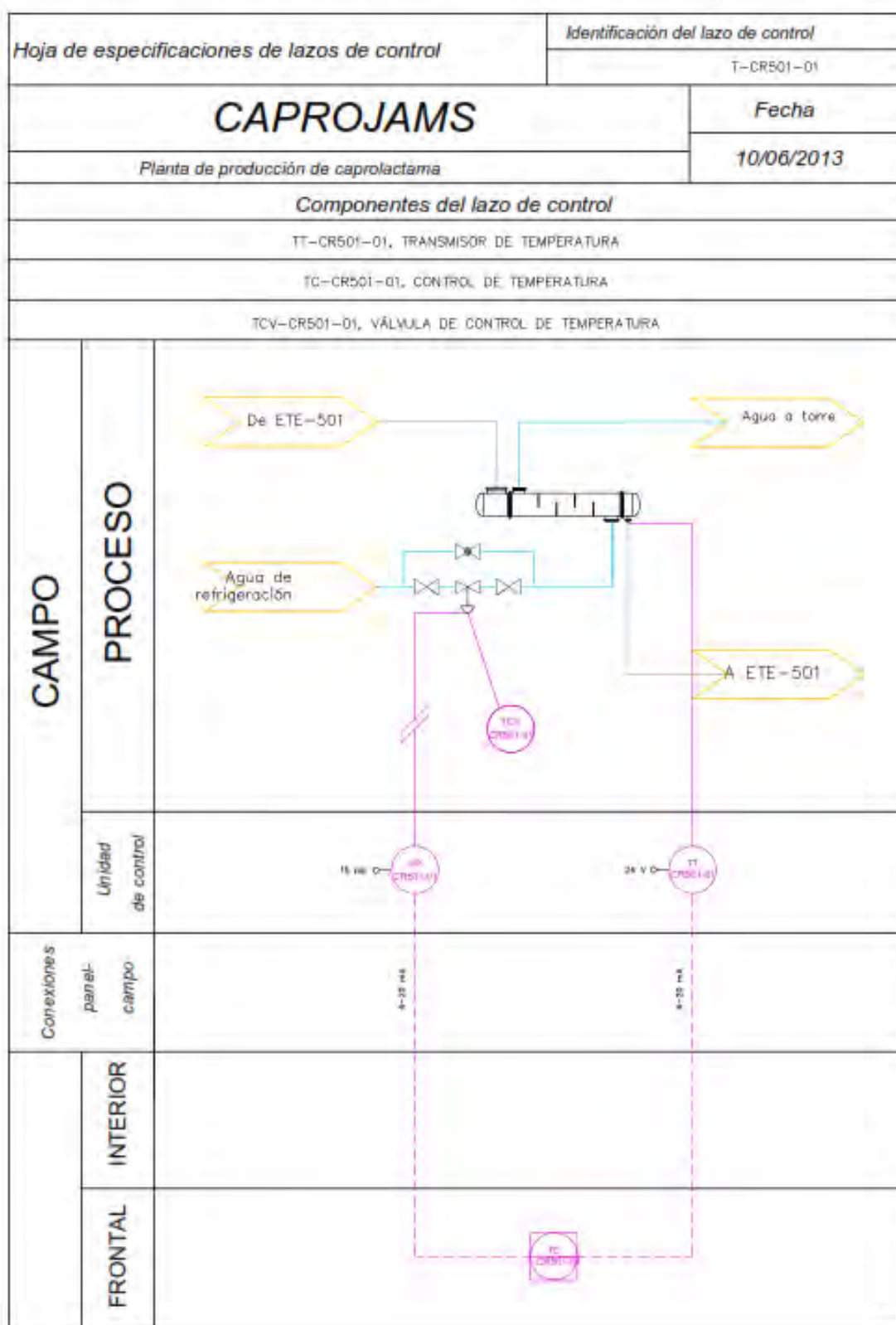
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



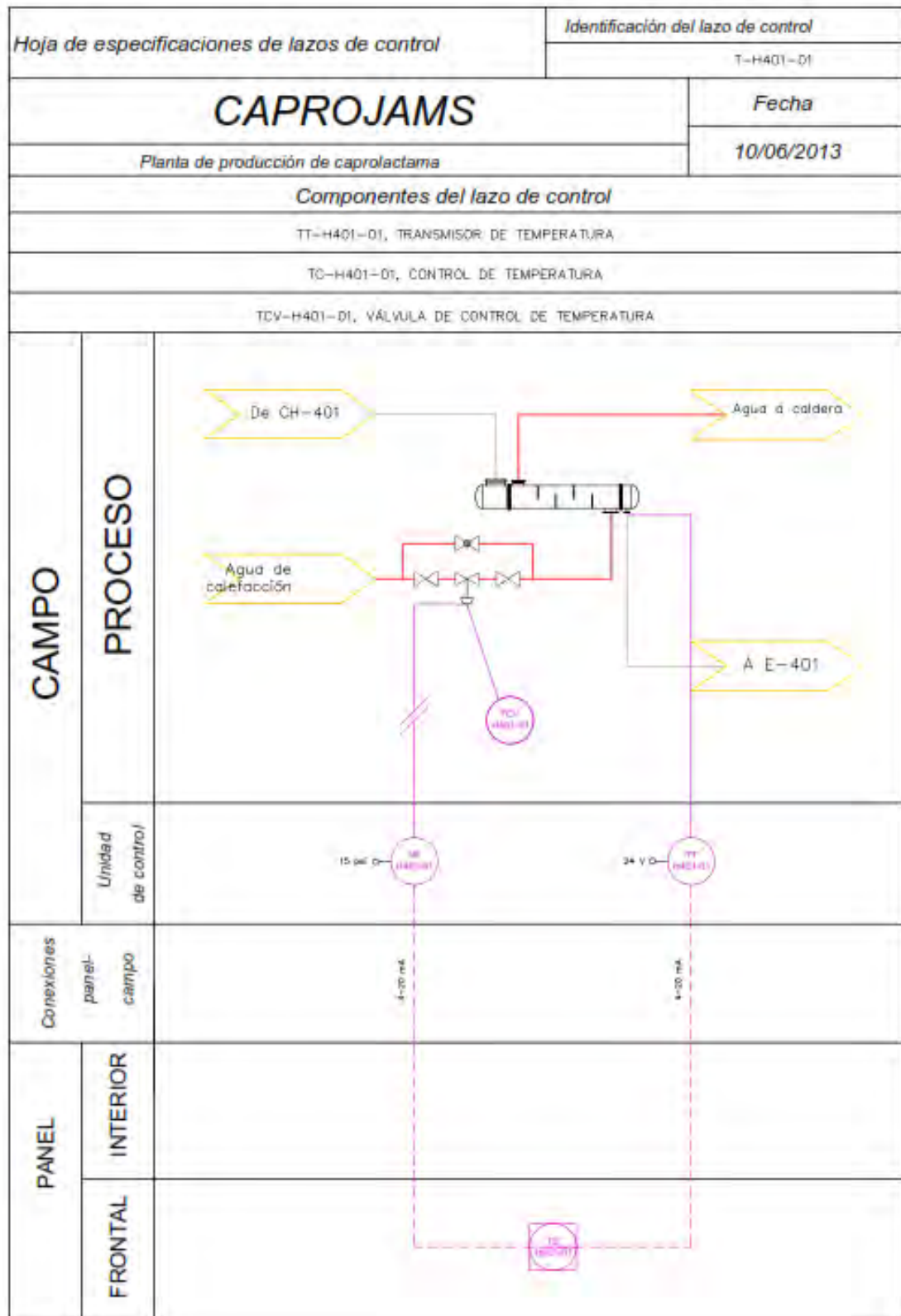
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



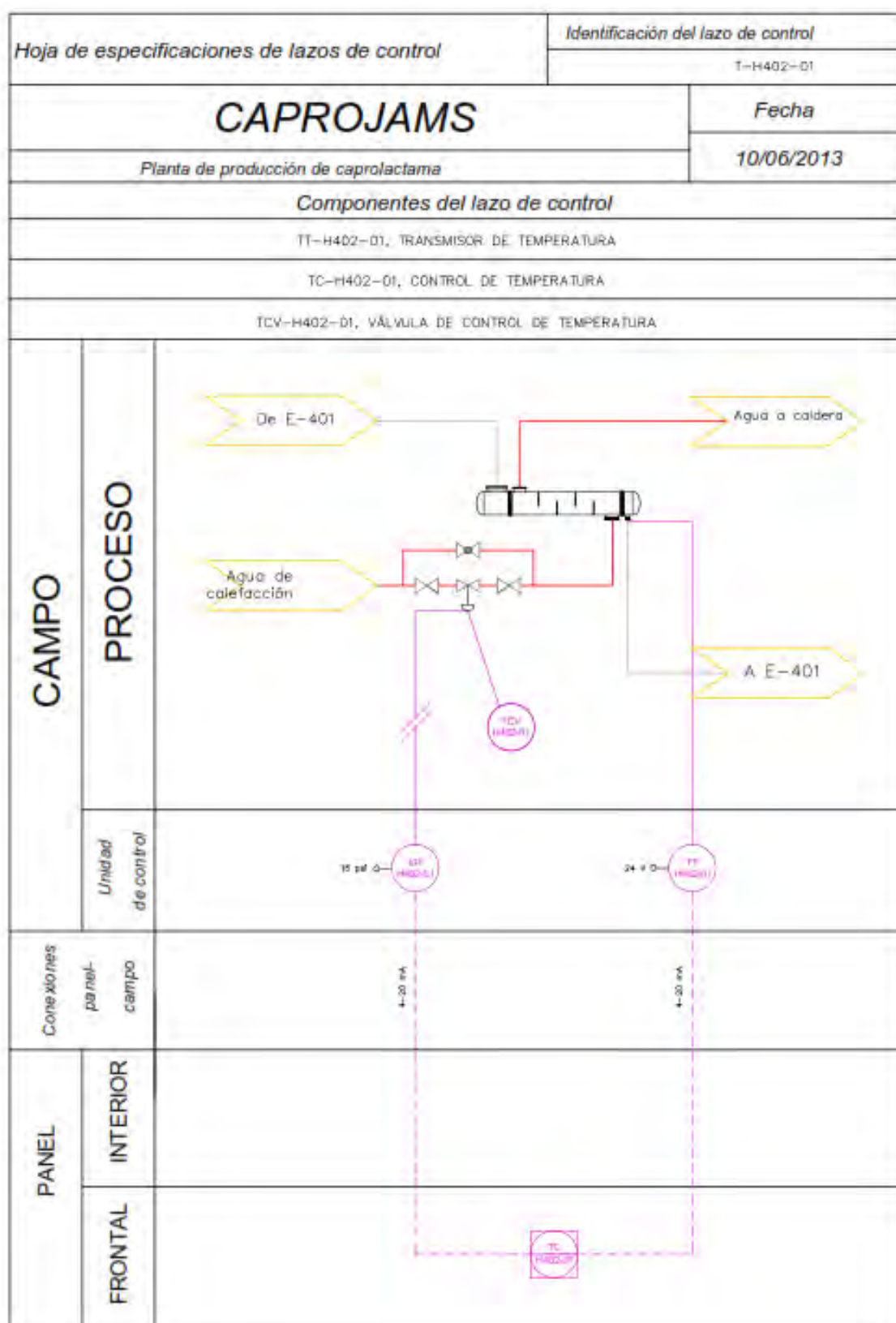
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



3.4.12.- Caldera (CV-601/CV-602)

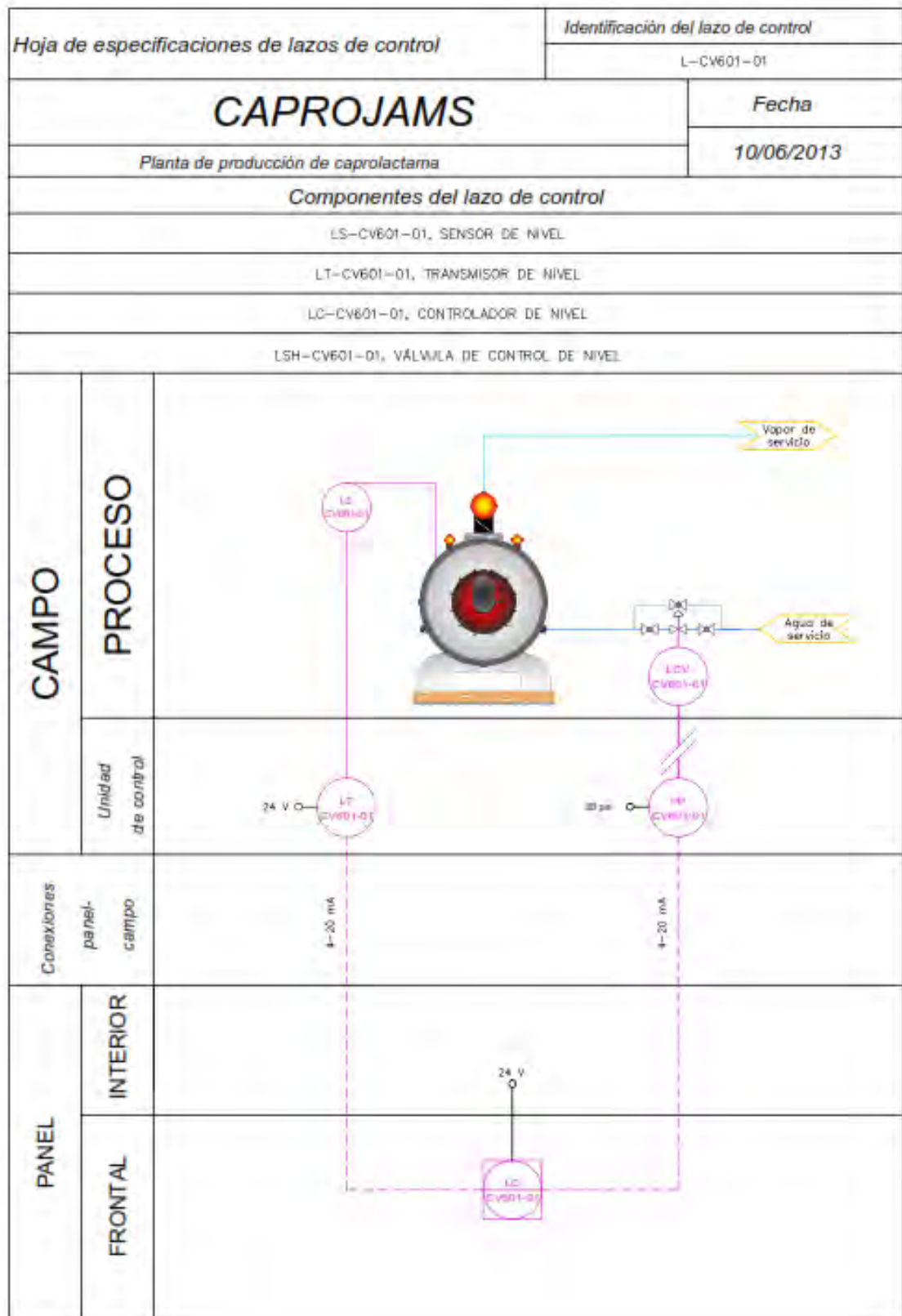
El lazo de control para las calderas tiene como objetivo controlar el nivel de agua en su interior. Es muy importante evitar un nivel de líquido muy elevado porque provocaría la inundación de la caldera. Asimismo, también hay que evitar un nivel demasiado bajo ya que los tubos han de estar completamente sumergidos en agua.

Se dispone de un sensor de nivel que en función del nivel de la caldera permite el paso de más o menos agua de proceso manteniendo así un nivel de agua constante en el tanque.

Seguidamente se muestra las fichas del control descrito para cada una de las calderas.

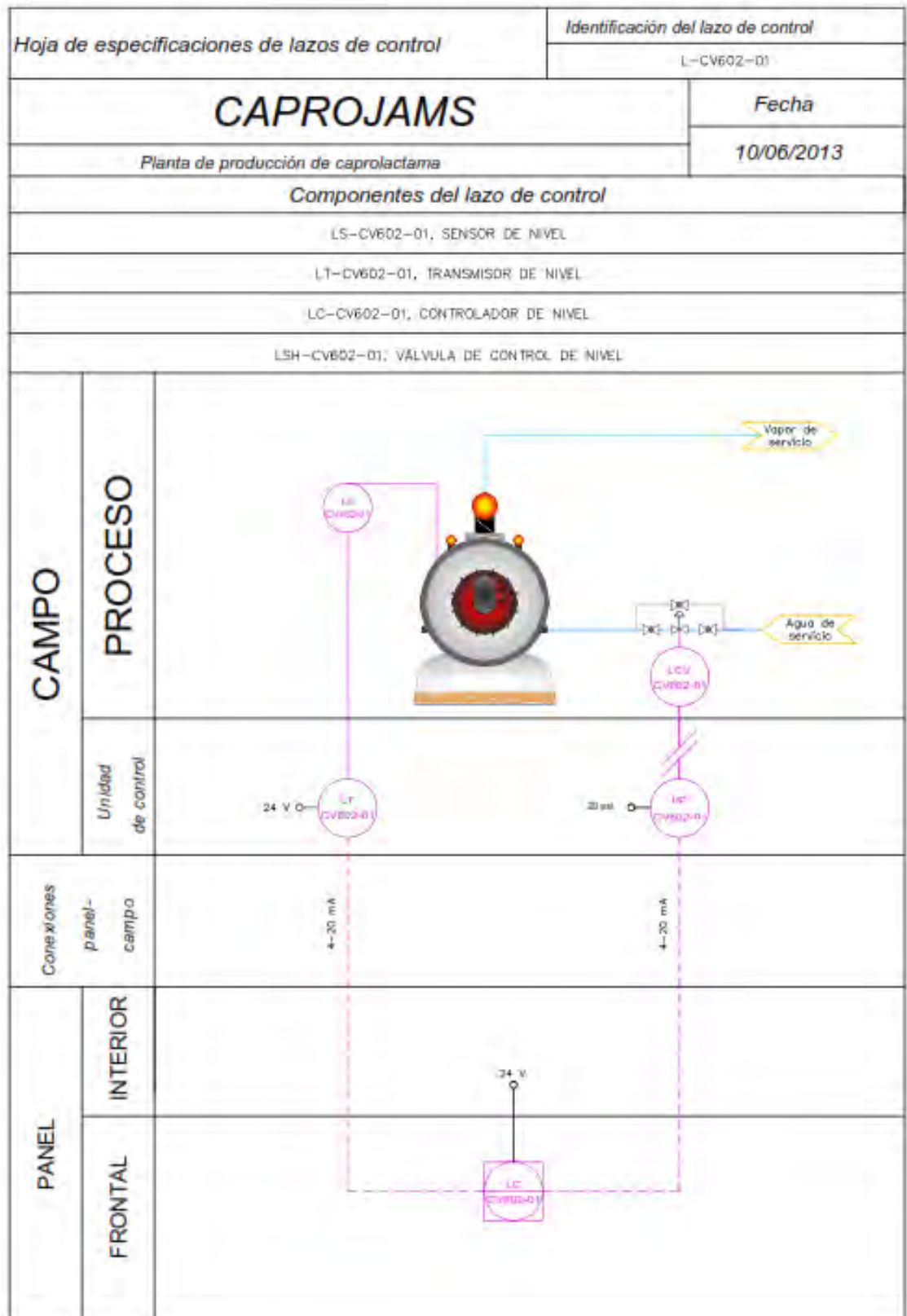
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



3.4.13.- Torre de refrigeración (TR-701/TR-702)

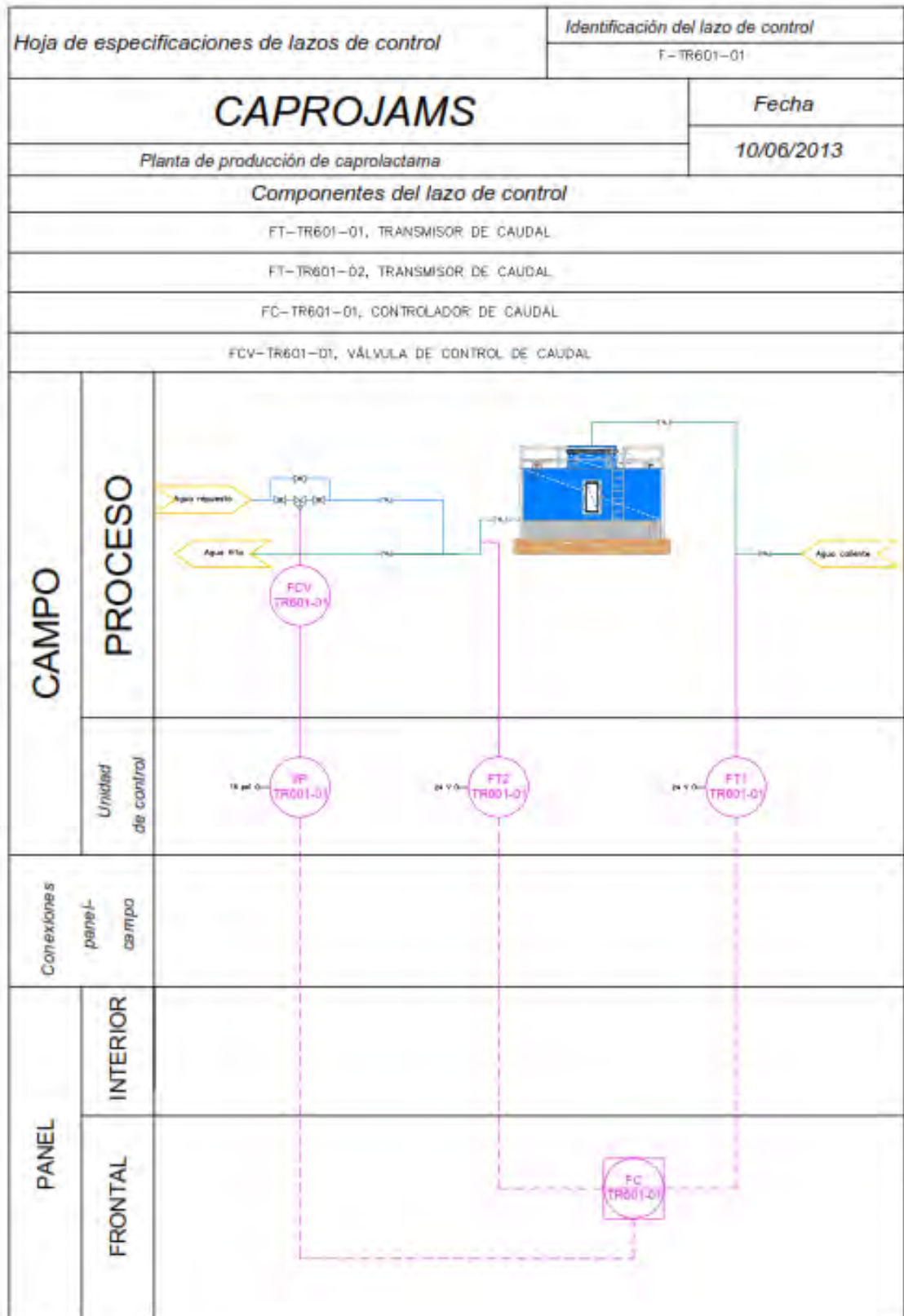
En las torres de refrigeración se disminuye la temperatura del agua de proceso mediante su contacto con el aire. No obstante, hay una parte de esta agua que se pierde en forma gas. Esta pérdida es de aproximadamente un 2% y se ha de reponer de forma regular para mantener un caudal constante de agua de proceso.

El lazo propuesto para la torre consiste en una medida simultánea del caudal de agua caliente (entrada) y de agua fría (salida), estas dos señales se emiten a un controlador que actúa sobre la válvula de entrada de agua de repuesto.

Las fichas de control descrito se muestra a continuació

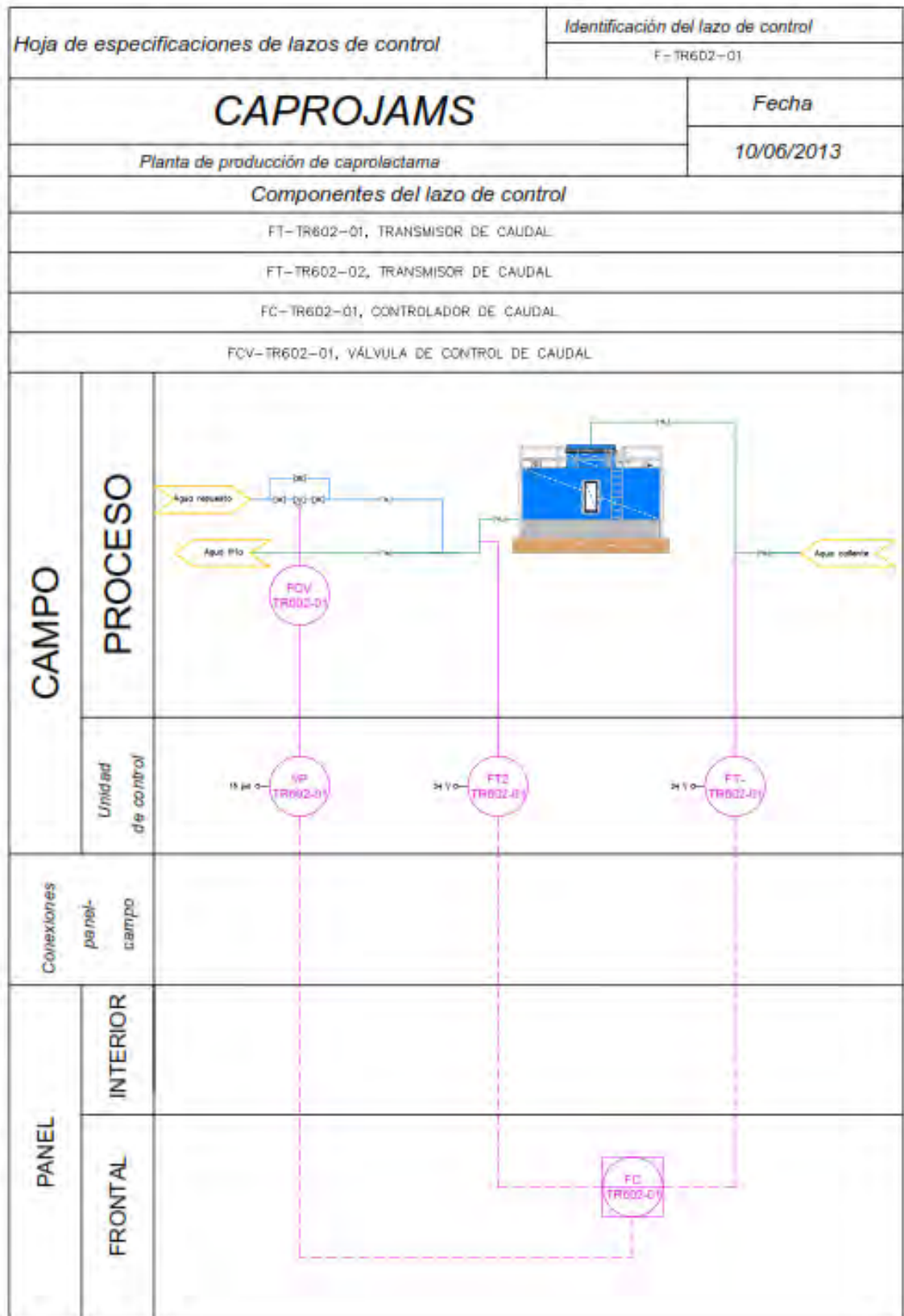
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación



3.6.- TARGETAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS

La adquisición de los datos de o adquisición de señales consiste en la medida de muestras del mundo real (sistema analógico) para generar los datos que puedan ser manipulados por un ordenador o otras electrónicas (sistema digital). Consiste entonces, en medir un conjunto de señales físicas, convenirlas en tensiones eléctricas y digitalizarlas de forma que puedan ser procesadas en una computadora. Se requiere una etapa de acondicionamiento, que adecue la señal a niveles compatibles con cada elemento que hace que la transformación a la señal digital. El elemento que hace posible esta transformación es el módulo de digitalización o tarjeta de adquisición de datos.

En la toma de muestras y funcionamiento de las tarjetas depende de un proceso de adquisición de datos el cual consiste en:

- Dadas: representación simbólica (numérica, alfabética...), atribuyendo la característica de un valor. No tiene sentido por sí misma, pero convenientemente tratada se puede utilizar en la relación de los cálculos en un ordenador.
- Adquisición: recogida del conjunto de variables físicas, conversión en el voltaje y digitalización de manera que se pueda procesar en un ordenador.
- Sistema: conjunto organizado de dispositivos que interactúen entre sí ofreciendo prestaciones más completas y de más alto nivel. Una vez que las señales eléctricas se transforman en digitales, se envían a través del bus de datos a la memoria del PC. Una vez los datos están en la memoria pueden procesarse con una aplicación adecuada, archivarla en el disco duro, visualizarla en la pantalla, etc.

3.- Control e instrumentación

- Bit de resolución: número de bits que el convertidor analógico a digital (ADC) utiliza para representar una señal.
- Rango: Valores máximos y mínimos entre los que el sensor, instrumento o dispositivo funciona con unas especificaciones.

La adquisición de datos se inicia con el fenómeno físico o la propiedad física que el desea medir. Esta propiedad física o fenómeno puede ser el cambio de temperatura, la presión dentro de una cámara, la fuerza aplicada aun objeto o muchas otras cosas. Un sistema eficaz de adquisición de datos puede medir todas estas propiedades.

Un sensor es un dispositivo que convierte una propiedad física o fenómeno en un señal eléctrico correspondiente medible, tal y como la tensión, la corriente, el cambio de los valores de resistencia o condensador, etc. La capacidad de un adquisición sistema de adquisición de datos para medir los diferentes fenómenos depende de en los transductores por convertir señales en fenómenos físicos medibles en adquisición de datos para el hardware. Hay transductores específicos para diferentes aplicaciones, como la medición de la temperatura, presión, flujo, etc. Las señales pueden ser digitales o analógicas en función del transductor.

En los controles de planta, es frecuente encontrar armarios donde se ponen las tarjetas de adquisición de datos. El las tarjetas reciben todas las señales de los transistores que se envían al siguiente paso de control. Un ejemplo de tarjeta de adquisición de datos seria:

3.- Control e instrumentación



Figura 3.5.1.- Tarjeta de adquisición de datos.

3.6.- CALCULO DE VÁLVULAS DE CONTROL

El cálculo de las válvulas de control se realizará según la norma DIN-IEC-534. Se dimensionarán las válvulas calculando los valores de Kv o Cv: en función de si se expresa en m³/h o en gal/min respectivamente.

Se define el coeficiente Kv como el caudal de agua entre 5 y 30 °C que pasa por una válvula cualquiera con una pérdida de carga de un bar.

Normalmente, Kv está definido para un caudal normal, mínimo y máximo mientras que Kvs para el caudal que circularía con la válvula totalmente abierta. De esta manera se calculará el Kv teniendo en cuenta las propiedades del fluido y la conducción donde se instalará la válvula.

- Cálculo de la pérdida de carga de la válvula:

$$e_v = \frac{k \cdot u^2}{2 \cdot g}$$

Donde,

k= es una constante que depende del tipo de válvula. En este caso, para el diseño de válvulas de bola 6,8 y para el diseño de válvulas de compuerta 10,6.

3.- Control e instrumentación

u = la velocidad del fluido (m/s).

g = la aceleración de la gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$).

e_v = pérdida de carga de la válvula (m).

Por otro lado, para calcular la pérdida de carga normalmente se trabaja en unidades bar, por lo tanto, se tendrá que multiplicar la pérdida de carga calculada por la densidad del fluido correspondiente. La ecuación anterior, aplicando los factores de conversión necesarios en función de las unidades empleadas, queda de la forma:

$$\Delta P = e_v \cdot \rho = \frac{k \cdot u^2}{2 \cdot g} \cdot \rho$$

Donde,

ρ = densidad del fluido (kg/m^3).

ΔP = pérdida de presión (kg/m^2), si se quiere obtener en bar, es necesario transformar las unidades de la siguiente forma:

$$1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 1,013 \cdot 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \approx 1 \text{ bar}$$

Así la pérdida de presión en unidades de bar queda de la siguiente forma:

$$\Delta P = \frac{e_v \cdot \rho}{1,013 \cdot 10^{-4}} = \frac{k \cdot u^2}{2 \cdot 1,013 \cdot 10^{-4} \cdot g} \cdot \rho$$

Una vez calculada la pérdida de carga de la válvula y conocido el caudal deseado por la conducción se calcula el coeficiente característico K_v como:

3.- Control e instrumentación

$$K_v = \frac{W}{31,62} \cdot \sqrt{\frac{v_2}{\Delta P}} \text{ Esta ecuación es para gases}$$

$$K_v = \frac{W}{\sqrt{1000 \cdot \rho \cdot \Delta P}} \text{ Esta ecuación es para líquidos}$$

Donde:

K_v = coeficiente característico de la válvula.

W = flujo másico (kg/h).

ΔP = caída de presión de la válvula calculada (bar).

v_2 = volumen específico del fluido a la salida de la válvula (m^3/kg).

ρ = densidad del fluido (kg/m^3).

A continuación se muestra la tabla donde se encuentran los valores del K_v calculados para las diferentes líneas de la planta. En lugar de calcular la K_v de cada válvula de una misma línea, se ha calculado directamente la K_v de una válvula que estaría situada en esa línea. Así todas las válvulas que estén en esa línea (que tendrán el mismo diámetro nominal) y sean del mismo tipo, es decir de compuerta o de bola, tendrán el mismo K_v .

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación

Tabla 3.4.2.1.-Listado de las válvulas de control con los resultados obtenidos de Kv y valores intermedios necesarios para el cálculo.

Tubería	Ítem	Caudal (kg/h)	Densidad (kg/m3)	v (m/s)	K	ev (m)	AP (bar)	Kv (gases)	Kv (líquidos)
109	FCV-M204-01	8221,66	1765	2,36	10,6	3	0,52	-	8,56
226	LCV-M204-01	18364,62	1764,64	2,36	6,8	1,93	0,34	-	23,87
-	TCV-R201-01	160,44	1000	0,88	6,8	0,27	0,03	-	0,99
101	FCV-R201-01	420,94	0,07	18,81	10,6	191,45	0	275,67	-
102	FCV-R201-02	8265,6	0,72	17,48	10,6	165,31	0,01	498,77	-
202	PCV-R201-01	20204,8	0,81	12,37	6,8	53,11	0	30,61	-
103	FCV-M201-01	9,67	870	2,36	10,6	3	0,26	-	0,02
104	FCV-M201-02	5888,4	950	2,36	10,6	3	0,28	-	11,39
210	LCV-M201-01	19045,53	895,8	2,36	6,8	1,93	0,17	-	48,76
-	TCV-H202-01	690,84	0,5797	3,71	6,8	4,77	3,00E-04	1101,98	-
210a	FCV-R202-02	19045,53	895,8	2,36	6,8	1,93	0,17	-	48,76
212	LCV-R202-01	16946,06	1631,12	2,36	6,8	1,93	0,31	-	23,83
204a	FCV-202-01	18726	1379,9	2,36	6,8	1,93	0,26	-	31,12

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación

Tubería	Ítem	Caudal (kg/h)	Densidad (kg/m ³)	v (m/s)	K	ev (m)	AP (bar)	Kv (gases)	Kv (líquidos)
-	TCV-H201-01	1000,8	0,5797	5,37	6,8	10,01	6,00E-04	1501,98	-
204	LCV-S201-01	18726	1379,9	2,36	6,8	1,93	0,26	-	31,12
-	TCV-H203-01	690,84	0,5797	3,71	6,8	4,77	3,00E-04	1101,98	-
219	FCV-CE201-02	18221,44	1596,59	2,36	6,8	1,93	0,3	-	26,17
212	FCV-CE201-01	16946,06	1631,12	2,36	6,8	1,93	0,31	-	23,83
106	PCV-CS201-01	1801,5	0,38	38	10,6	781,02	0,03	498,77	-
222	LCV-M203-01	17988,16	1636,91	2,36	6,8	1,93	0,31	-	25,2
108	PCV-CA201-01	2280	1,55	37,78	10,6	772,08	0,12	30,61	-
105	FCV-RN201-01	20,34	0,7079	37,69	10,6	768,23	0,05		-
214	LCV-CD201-01	20841,03	898,2	3,8	6,8	5,01	0,44	-	32,99
227	LCV-CD202-01	6410,99	902,4	2,38	6,8	1,96	0,17	-	16,15

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación

Tubería	Ítem	Caudal (kg/h)	Densidad (kg/m3)	v (m/s)	K	ev (m)	AP (bar)	Kv (gases)	Kv (líquidos)
216	LCN- CD201- 01	12282,57	887,85	2,4	6,8	2	0,18	-	31,12
215	FCV- CD201- 01	8558,45	913	2,37	6,8	1,94	0,18	-	21,4
217	FCV- CD202- 01	5871,58	286	7,19	6,8	17,94	0,51	-	15,43
217	LCV- A202- 01	5871,58	286	7,18	6,8	17,91	0,51	-	15,44
215	LCN- A201- 01	8558,45	913	2,36	6,8	1,93	0,17	-	21,5
-	TCV- CD202- 01	40896	1000	7,1	6,8	17,49	1,73	-	31,12
-	FCV- CD201- 01	48586,68	1000	8,44	6,8	24,69	2,44	-	31,12
-	TCV- CL301- 01	33192	1000	5,76	6,8	11,52	1,14	-	31,12
303	LCV- R301- 01	253900,6 5	1443,32	2,36	6,8	1,93	0,27	-	403,43
-	TCV- CL302- 01	56636,28	1000	9,83	6,8	33,54	3,31	-	31,12
306	LCV- R302- 01	95212,74	1379,84	2,36	6,8	1,93	0,26	-	158,25
-	TCV- CL303- 01	431856	1000	74,98	6,8	1950, 23	192,5 2	-	31,12

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación

Tubería	Ítem	Caudal (kg/h)	Densidad (kg/m3)	v (m/s)	K	ev (m)	AP (bar)	Kv (gases)	Kv (líquidos)
310	LCV-R303-01	63475,17	1347,73	2,36	6,8	1,93	0,26	-	108,01
111	FCV-M301-01	8761,36	1834,8	2,36	10,6	3	0,54	-	8,77
304	LCV-M301-01	262662,0	1456,32	2,36	6,8	1,93	0,28	-	413,63
316	LCV-S301-01	25110,82	990,07	2,43	6,8	2,05	0,2	-	56,41
-	TCV-CL304-01	36,3	1000	0,01	6,8	0	0	-	31,12
321	LCV-M301-01	129238,85	1378,9	1,3	6,8	0,59	0,08	-	389,05
-	TCV-CL401-01	26085,24	1000	0,36	6,8	0,05	0	-	389,05
115	FCV-M401-01	92,1381	870	2,37	10,6	3,04	0,26	-	0,19
409	FCV-M402-01	18003,47	1013	2,36	6,8	1,93	0,19	-	40,75
-	TCV-CR401-01	5	1000	3,47	6,8	4,18	0,41	-	0,01
401	FCV-CE401-01	9259,51	1020,18	2,36	6,8	1,93	0,19	-	20,81
402	FCV-CE401-02	9491,28	869,9	2,37	6,8	1,95	0,17	-	24,9

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación


Tubería	Ítem	Caudal (kg/h)	Densidad (kg/m3)	v (m/s)	K	ev (m)	AP (bar)	Kv (gases)	Kv (líquidos)
403	FCV-CE402-01	16305,5	929,4	2,32	6,8	1,87	0,17	-	40,85
406	LCV-CE402-01	24603,54	1026	2,38	6,8	1,96	0,2	-	54,47
117	FCV-CH401-01	23,93	0,08	38,14	6,8	504,75	0		-
417	LCV-A402-01	16641,37	1020	8,39	6,8	24,44	2,46	-	
-	TCV-H401-01	659916	1000	2,06	6,8	1,47	0,15	-	1731,29
-	TCV-H402-01	6400,44	1000	2,28	6,8	1,8	0,18	-	15,17
104	LCV-T101A-01	5888,4	950	0,04	10,6	0	0	-	638,58
104	LCV-T101B-01	5888,4	950	2,05	10,6	2,27	0,21	-	13,09
109	LCV-T102-01	8221,66	1765	2,36	10,6	3	0,52	-	8,56
120	LCV-T103-01	101,81	870	1,55	10,6	1,3	0,11	-	0,33
107	LCV-T104-01	1328,91	1474,16	0,11	10,6	0,01	0	-	36,71
111	LCV-T105-01	8761,37	1834,8	2,36	10,6	3	0,54	-	8,77
102	LCV-T106A-01	8265,6	0,72	17,48	10,6	165,31	0,01	498,77	-

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación


Tubería	Ítem	Caudal (kg/h)	Densidad (kg/m3)	v (m/s)	K	ev (m)	AP (bar)	Kv (gases)	Kv (líquidos)
102	LCV-T106B-01	8265,6	0,72	17,48	10,6	165,31	0,01	498,77	-
102	LCV-T107C-01	8265,6	0,72	17,48	10,6	165,31	0,01	498,77	-
102	LCV-T106D-01	8265,6	0,72	17,48	10,6	165,31	0,01	498,77	-
102	LCV-T106E-01	8265,6	0,72	17,48	10,6	165,31	0,01	498,77	-
121	LCV-T107-01	445	0,56	105,11	10,6	595,17	0,33	357,9	-
118	LCV-T108A-01	1208,58	0,71	225,16	10,6	2718,29	1,92	357,9	-
118	LCV-T108B-01	1208,58	0,71	225,16	10,6	2718,29	1,92	357,9	-
-	LCV-T109-01	-	-	-	10,6	-	-	-	-
110	LCV-T110A-01	4559,84	1720	2,36	10,6	3	0,51	-	-
110	LCV-T110B-01	4559,84	1720	2,36	10,6	3	0,51	-	-
413	LCV-T111A-01	6407,63	1019,97	8,31	6,8	23,96	2,41	-	-
413	LCV-T111B-01	6407,63	1019,97	8,31	6,8	23,96	2,41	-	-
503	LCV-T112A-01	8742,19	1770	6,53	6,8	14,81	2,59	-	-
503	LCV-T112B-01	8742,19	1770	6,53	6,8	14,81	2,59	-	-

3.7.- ESPECIFICACIONES DE INSTRUMENTACIÓN

	ESPECIFICACIÓN TRANSMISOR CAUDAL		Ítem nº:		Área:
			Proyecto nº:		100
	Planta: Caprolactama		Preparado por: Capro JAMS		
	Localidad: Tarragona		Hoja: 1	De: 1	10/3/2013
CONDICIONES DE SERVICIO					
Fluido: Ácido nítrico				Estado:	
		Máxima	Norma I	Míni ma	
Flujo másico (kg/h)			1328,9 1		
Presión manométrica (bar)			1		
Temperatura (°C)			25		
Densidad (kg/m3)			1471,1 6		
DATOS DE OPERACIÓN					
Unidad sensible:		Material: AISI-304			
Alimentación: 24 V		Boca nº:			
Señal de salida:		Boca nº:			
Transmisor:		Carga máxima:			
Acción: un aumento de caudal implica que la señal de salida aumenta					
Rango de medida:		Sensibilida d: 0,1%		Calibrado: SI	
Indicación en campo:					
DATOS TÉCNICOS					
Cuerpo unidad sensible:		Material: Acero inoxidable			
Dimensiones:	Diámetro:		Longitud:		
Antena:	SI	NO			
Diámetro de las conexiones de proceso:		Tipo y norma:			
Líquido vaina:	SI	NO	Cualidad:		
Tamaño tubo unidad sensible a cada de transmisión:					
Medidas conexiones:					
Peso total:					
DATOS INSTALACIÓN					
Temperatura ambiente: 25 °C	Temperatura mínima: 0 °C		Temperatura máxima: 130 °C		
Protección caja de transmisión:					
Distancia unidad sensible-caja de transmisión: 1/2"					
Distancia al controlador:					


3.- Control e instrumentación

Soporte:	SI	NO
Filtro reductor	SI	NO
Manómetro:	SI	NO
MODELO		
Suministrador: Honeywell		
Modelo: Versaflow Coriolis 1000 S40		




PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación

	ESPECIFICACIÓN TRANSMISOR TEMPERATURA		Ítem nº:		Área: 200
			Proyecto nº:		
	Planta: Caprolactama		Preparado por: Capro JAMS		
	Localidad: Tarragona		Hoj a: 1	De: 1	Fec ha:
DATOS GENERALES					
Denominación:					
CONDICIONES DE SERVICIO					
Fluido: mezcla hidroxilamina				Estado:	
	Máxima		Nor mal	Mín ima	
Presión manométrica (bar)			1		
Temperatura (°C)	150		60	25	
Densidad (kg/m3)			6,38		
DATOS DE OPERACIÓN					
Unidad sensible:		Material: Acero inoxidable			
Alimentación: 24 V		Boca nº:			
Señal de salida: 4-20 mA		Boca nº:			
		Carga máxima:			
Acción: directa, aumento de la temperatura implica aumento de la señal de salida.					
Rango de medida: -20 a 150 °C		Sensibilidad: 0,5 °C		Calibrado: SI	
Indicación en campo:					
DATOS TÉCNICOS					
Cuerpo unidad sensible:		Material:			
Dimensiones:	Diámetro: 9 mm		Longitud: 160 mm		
Antena:	SI	NO			
Diámetro de las conexiones de proceso:			Tipo y norma:		
Líquido vaina:	SI	NO	Cualidad:		
Tamaño tubo unidad sensible a cada de transmisión:					
Medidas conexiones:					
Peso total: 0,6 kg					
DATOS INSTALACIÓN					
Temperatura ambiente:		Temperatura mínima: 150 °C		Temperatura máxima: -20 °C	
Protección caja de transmisión:					
Distancia unidad sensible-caja de transmisión:					


3.- Control e instrumentación

Distancia al controlador:			
Soporte:	I	S	N
Filtro reductor	I	S	N
Manómetro:	I	S	N
MODELO			
Suministrador:			
Modelo:			




PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación


 CAPROJAMS	ESPECIFICACIÓN TRANSMISOR PRESIÓN		Ítem nº:		Área: 200
			Proyecto nº:		
	Planta: Caprolactama		Preparado por: Capro JAMS		
	Localidad: Tarragona		Hoja: 1	De: 1	Fech a:
DATOS GENERALES					
Denominación:					
Transmite la señal a:					
CONDICIONES DE SERVICIO					
Fluido: mezcla hidroxilamina				Estado:	
		Máxima	Normal	Mínima	
Presión manométrica (bar)			1		
Temperatura (°C)		81,6	60	50	
Densidad (kg/m ³)			6,38		
DATOS DE OPERACIÓN					
Unidad sensible: Cerámica		Material:			
Alimentación: 24 V		Boca nº:			
Señal de salida: 4-20 mA		Boca nº:			
		Carga máxima:			
Acción: directa, aumenta la presión aumenta la señal de salida					
Rango de medida: 0-20 bar		Sensibilidad: 0,2%		Calibrado: SI	
DATOS TÉCNICOS					
Cuerpo unidad sensible:		Material:			
Dimensiones	Diámetro:		Longitud:		
:					
Antena:	I	NO			
Diámetro de las conexiones de proceso:		Tipo y norma:			
Líquido vaina:	I	NO	Cualidad:		
Tamaño tubo unidad sensible a cada de transmisión:					
Medidas conexiones:					
Peso total:					
DATOS INSTALACIÓN					
Temperatura mínima: -20 °C		Temperatura máxima: 100 °C			
Protección caja de transmisión:					
Distancia unidad sensible-caja de transmisión:					
Distancia al controlador:					

3.- Control e instrumentación

Soporte:	SI	O	N	
Filtro reductor	SI	O	N	
Manómetro:	SI	O	N	
MODELO				
Suministrador:				
Modelo:				


PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación

	ESPECIFICACIÓN TRANSMISOR pH		Ítem nº:		Área: 100
			Proyecto nº:		
	Planta: Caprolactama		Preparado por: Capro JAMS		
	Localidad: Tarragona		Hoja: 1	De: 1	Fecha:
DATOS GENERALES					
Denominación:					
Transmite la señal a:					
CONDICIONES DE SERVICIO					
Fluido:				Estado:	
				Nor	Mínima
				mal	
Máxima					
Flujo másico (kg/h)					
Presión manométrica (bar)					
Temperatura (°C)					
Densidad (kg/m3)					
DATOS DE OPERACIÓN					
Unidad sensible:			Material:		
Alimentación:			Boca nº:		
Señal de salida:			Boca nº:		
Transmisor:			Carga máxima:		
Acción:					
Rango de medida:			Sensibilidad: 0,1%		Calibrado: SI
Indicación en campo:					
Ajuste del cero:					
DATOS TÉCNICOS					
Cuerpo unidad sensible:			Material:		
Dimensiones:	Diámetro:		Longitud:		
Antena:	SI	NO			
Diámetro de las conexiones de proceso:			Tipo y norma:		
Líquido vaina:	SI	NO	Cualidad:		
DATOS INSTALACIÓN					
Temperatura ambiente:		Temperatura mínima:		Temperatura máxima:	
Protección caja de transmisión:					
Distancia unidad sensible-caja de transmisión:					
Distancia al controlador:					


3.- Control e instrumentación

Soporte	SI	NO
Filtro reductor	SI	NO
Manómetro	SI	NO
MODELO		
Suministrador:		
Modelo:		




PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación


	ESPECIFICACIÓN TRANSMISOR NIVEL		Ítem nº:		Área: 300
			Proyecto nº:		
	Planta: Caprolactama		Preparado por: Capro JAMS		
	Localidad: Tarragona		H oja: 1	De: 1	Fecha:
DATOS GENERALES					
Denominación:					
Transmite la señal a:					
CONDICIONES DE SERVICIO					
Equipo: Separador			Estado:		
		Máxima	Normal	Mínima	
Caudal (m³/h)			-		
Presión manométrica (bar)			1		
Temperatura (°C)			58		
Densidad (kg/m³)			1764,64		
DATOS DE OPERACIÓN					
Unidad sensible: Receptor ultrasonidos					
Alimentación: 24 V					
Señal de salida: 4-20 mA					
Acción: directa, un aumento del nivel implica un aumento de la señal de salida					
Rango de medida: 0,6 a 15 m; Líquidos: 0,6 a 7 m					
Indicación en campo:					
Ajuste del cero:					
DATOS TÉCNICOS					
Cuerpo unidad sensible:		Bulbo			
Dimensiones:	Diámetro:		Altura:		
Antena:	I	S	NO		
Diámetro de las conexiones de proceso:			Tipo y norma:		
Líquido vaina:	I	S	NO	Cualidad:	
Tiempo de respuesta: 500 ms					
Material: acero inoxidable					
Peso total: 5,7 kg					
DATOS INSTALACIÓN					

3.- Control e instrumentación


Temperatura mínima: -40°C		Temperatura máxima: 80 °C	
Temperatura ambiente: 25°C			
Distancia al controlador:			
MODELO			
Suministrador: Krohne			
Modelo: Optisound 3030C			

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación


	ESPECIFICACIÓN SENSOR NIVEL ALTO/NIVEL BAJO		Ítem nº:		Área: 100	
	Planta: Caprolactama		Proyecto nº:			
	Localidad: Tarragona		Hoja: 1		e: 1	
			Fecha:			
DATOS GENERALES						
Denominación:						
Transmite la señal a:						
CONDICIONES DE SERVICIO						
Equipo: Tanque de almacenamiento					Estado:	
					Máxima	Mínima
Caudal másico (kg/h)						
Presión manométrica (bar)						
Temperatura (°C)					8	
Densidad (kg/m3)					764,64	
DATOS DE OPERACIÓN						
Unidad sensible:					Actuación: eléctrica	
Alimentación: 24 V					Boca nº:	
Señal de salida: 4-20 mA					Boca nº:	
Acción:						
Rango de medida:					Sensibilidad Calibrado	
Indicación en campo:						
DATOS TÉCNICOS						
Cuerpo unidad sensible:			Material: acero inoxidable AISI 316			
Dimensiones:	Diámetro:			Longitud: 66 mm		
Principio de medida:						
Líquido vaina:	SI	NO	Cualidad:			
Presión de trabajo máxima: 64 bar						
Tiempo de respuesta: 500 ms						
DATOS INSTALACIÓN						
Temperatura máxima:			Temperatura mínima:			

3.- Control e instrumentación

100 °C		-40 °C	
Presión:	Presión mínima: -1 bar		Presión máxima: 6 bar
Protección cada de transmisión: IP66			
Distancia al controlador:			
Soporte:	SI	NO	
Filtro reductor	SI	NO	
Manómetro :	SI	NO	
MODELO			
Suministrador: Krohne			
Modelo: Optiswicht 4000C			


PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación

 CAPROJAMS	ESPECIFICACIÓN SENSOR NIVEL ALTO/NIVEL BAJO (SÓLIDOS)		Ítem nº:		Área: 100
			Proyecto nº:		
	Planta: Caprolactama		Preparado por: Capro JAMS		
	Localidad: Tarragona		Hoja: 1	De: 1	Fecha:
DATOS GENERALES					
Denominación:					
CONDICIONES DE SERVICIO					
Equipo: Tanque de almacenamiento				Estado:	
		Máxima	Nor mal	Mínim a	
Caudal másico (kg/h)			-		
Presión manométrica (bar)			1		
Temperatura (°C)			58		
Densidad (kg/m3)			1764, 64		
DATOS DE OPERACIÓN					
Unidad sensible:			Actuación: eléctrica		
Alimentación: 24 V			Boca nº:		
Señal de salida: 4-20 mA			Boca nº:		
Rango de medida:			Sensibilidad		Calibrado
Indicación en campo:					
DATOS TÉCNICOS					
Cuerpo unidad sensible:		Material: acero inoxidable AISI 316			
Dimensio nes:	Diámetro:		Longitud: 66 mm		
Principio de medida: Vibratorio					
Líquido vaina:	SI	NO	Cualidad:		
Presión de trabajo máxima: 64 bar					
Tiempo de respuesta: 500 ms					
DATOS INSTALACIÓN					
Temperatura máxima: 100 °C		Temperatura mínima: - 40 °C		Temperatura ambiente: -40 °C a 70 °C	
Presión:		Presión mínima: -1 bar		Presión máxima: 6 bar	
Protección cada de transmisión: IP66					
Distancia al controlador:					
Distancia al controlador:					
Soporte	SI	NO			
Filtro reductor	SI	NO			

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

3.- Control e instrumentación

			
Manómetro	SI	NO	
MODELO			
Suministrador: Krohne			
Modelo: Optiswicht 3000C			