

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

"Diseño, construcción y validación de un biorreactor a escala de laboratorio con sistema de control automático"

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Proyecto Multidisciplinario de Materia Integradora

Previo la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

Presentado por:

Juan Andrés Arias Valladolid

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2017

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado con infinito amor a:

Mis padres: Juan de Dios y María Luz.

Mi hermana: Cindy Mabel.

Mi familia materna y paterna que con su ejemplo y amor me han brindado confianza para terminar uno de tantos objetivos.

Juan Andrés Arias Valladolid

AGRADECIMIENTOS

A Dios, a mis queridos e incondicionales padres: Juan y María que, con su ejemplo, palabras de amor y constancia me han ayudado en mi vida universitaria y al desarrollo y ejecución del proyecto. Mi hermana, Cindy, con su excelencia y responsabilidad fue pieza clave para alcanzar el éxito en la materia integradora.

A ESPOL, por el aporte en el financiamiento del proyecto; a mis queridos profesores de la facultad en especial a mi tutor y profesor colaborador, Ing. Ricardo Cajo, MSc. e Ing. Dennys Cortez, MSc. contribuyendo a mi formación humana y académica durante toda mi vida universitaria.

A mis compañeros de tesis Francisco Saeteros e Ivette Sornoza y sus respectivos tutores; a los encargados y profesionales del CIBE donde se nos facilitó el acceso para las pruebas necesarias del equipo.

Juan Andrés Arias Valladolid

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la materia integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:

Juan Andrés Arias Valladolid

Ing. Ricardo Alfredo Cajo Díaz, MSc.

y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC) de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.



Juan Arias Valladolid



Ing. Ricardo Cajo MSc.

RESUMEN

La carrera de Ingeniería en Alimentos de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) tiene la necesidad de adquirir un biorreactor para realizar cultivos de bacterias para aplicaciones industriales y prácticas de laboratorio, por lo que se presenta la propuesta de mejora del prototipo de biorreactor de tanque agitado realizado durante el segundo término 2016-2017 por estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mecánica titulado “Diseño de un biorreactor a escala de laboratorio y su sistema de control”.

El presente proyecto se desarrolla como Proyecto Multidisciplinario debido a que integra tres carreras: Ingeniería en Mecánica, para el análisis térmico y estructural; Ingeniería en Electrónica y Automatización, para el sistema de control automático e Ingeniería en Alimentos para validación del equipo.

Por parte de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Automatización se realizó el análisis de los elementos usando un controlador lógico programable accesible y robusto para el manejo y control de las variables usadas como parte de la instrumentación de un biorreactor, usando dos tipos de control para el sistema: el controlador PID, para la variable de temperatura y el control de encendido o apagado (on/off) para la variable de pH, ambos usando el software TIA Portal® versión 13.0. Así también, la visualización e implementación de todos los parámetros antes mencionados y la variable de oxígeno disuelto en un interfaz gráfico. Se presenta el diseño y conexión de los elementos dentro del tablero de control y la disposición para conectar los sensores antes mencionados.

Palabras Clave: Biorreactor, controladores industriales, tablero de control.

ABSTRACT

Food Engineering career of the Faculty of Mechanical Engineering and Production Science (FIMCP) has to need to acquire a bioreactor for bacteria cultures for industrial applications and laboratory practices, so it's show the proposal for improvement of the prototype of bioreactor of stirred tank made and designed during the second term of 2016-2017 by students of the Engineering Mechanics called "Design of a Bioreactor Scale Laboratory and its System Control".

This project is developed as a multidisciplinary project since it integrates three runs: Mechanical Engineering, thermal and structural analysis; Engineering Electronics and Automation, automatic control and system; Food Engineering for validation of the team.

Engineering Electronics and Automation career was carried out the analysis of the elements using a programmable logic controller, robust and accessible to the management and control of variables used as part of the implementation of a bioreactor, using two types of control for the system: the PID controller for the variable of temperature and the power shutdown / control (on/off) for the variable of pH, both using the TIA Portal® software version 13.0. Well, visualization and implementation of all the above mentioned parameters and variable oxygen dissolved in a graphical user interface. Presents design and connection of the elements within the control panel and the provision for connecting the sensors mentioned above.

Key words: Bioreactor, industrial controllers, control panel.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGÍA	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE PLANOS	XI
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo General.....	3
1.2.2 Objetivos Específicos.....	3
1.3 Marco teórico	4
1.3.1 Biorreactor	4
1.3.2 Características para el diseño de un biorreactor	4
1.3.3 Preferencia de los biorreactores	5
1.3.4 Modos de operación de biorreactores	6
1.3.5 Tipos de biorreactores	7
1.3.6 Relevancia de interés industrial	9
1.3.6.1 <i>Biotensoactivos</i>	9
1.3.7 Instrumentación de un biorreactor	10
1.3.7.1 <i>Transductores y sensores</i>	11
1.3.7.1.1 <i>Detectores de temperatura resistivos (RTD)</i>	11

1.3.7.1.2	<i>Oxígeno disuelto</i>	12
1.3.7.1.3	<i>Potencial de hidrógeno (pH)</i>	12
1.3.7.2	<i>Acondicionadores de señal o transmisores</i>	12
1.3.7.3	<i>Actuadores</i>	14
1.3.7.4	<i>Dispositivos de control</i>	15
1.3.8	Sistema de monitoreo	16
1.3.9	Sistema de control	20
CAPÍTULO 2.....		21
2.	Metodología	21
2.1	Requerimientos del cliente.....	21
2.2	Búsqueda de información	22
2.3	Diseño conceptual	22
2.4	Comunicación del sistema	23
2.4.1	Configuración inicial del CPU 1212C AC/DC/Rly.....	24
2.4.2	Configuración del HMI KTP 700	25
2.4.3	Configuración Inicial del Arduino Mega.....	26
2.5	Diseño y programación.....	27
2.5.1	Escalamiento	27
2.5.2	Diseño de la interfaz gráfica del HMI KTP 700 Basic PN.....	32
2.6	Parámetros de control.....	35
2.6.1	Control de temperatura.....	35
2.6.2	Control de dos posiciones o encendido y apagado (on/off)	38
2.7	Diseño del tablero de control	40
2.7.1	Cableado del tablero de control	41
CAPÍTULO 3.....		44
3.	Resultados	44

3.1	Análisis de resultados	44
3.2	Resultado del controlador PID	44
3.2.1	Optimización inicial	44
3.2.2	Optimización fina	45
3.3	Resultado de temperatura, pH y oxígeno disuelto	47
3.4	Análisis de Costos	49
CAPÍTULO 4		53
4.	Discusión y Conclusiones	53
4.1	Conclusiones	53
4.2	Recomendaciones	54
BIBLIOGRAFÍA		55
APÉNDICES		60

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FIMCP	Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción
CIBE	Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador
IEC	International Electrotechnical Commission
UL	Underwriters Laboratories
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
ISO	International Organization for Standardization
STR	Stirred Tank Reactor
CMC	Concentración Micelar Crítica
RTD	Resistencia Dependiente de Temperatura
SSR	Solid-State Relay
TRIAC	Triode for Alternative Current
PLC	Programming Logic Controller
TCP	Transport Control Protocol
IP	Internet Protocol
SM	Signal Module
DAQ	Data Acquisition
IDE	Integrated Development Environment
ICSP	In Circuit Serial Programming
UART	Universal Asynchronous Receiver-Transmitter

SIMBOLOGÍA

pH	Potencial de Hidrógeno
s	segundos
mN	miliNewton
h	hora
V	Voltios
VDC	Voltaje de corriente directa
W	Watts
mA	Miliamperios
°C	Grados Celsius
ppm	Partes por millón
mg/l	Miligramos por litro
rpm	Revoluciones por minuto
m	Pendiente de la recta
MHz	Mega Hertz

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Preferencia tecnológica de biorreactores entre 2013-2015	6
Figura 1.2 Modos de operación de biorreactores.....	6
Figura 1.3 Esquema de un Biorreactor tipo STR	8
Figura 1.4 Transmisor de señal para sensor Pt100	13
Figura 1.5 Transmisor de señal para sensor pH.....	13
Figura 1.6 Transmisor de señal para sensor de oxígeno disuelto.....	13
Figura 1.7 Bombas peristálticas.....	14
Figura 1.8 Estructura interna de un SSR típico.....	15
Figura 1.9 Vista externa PLC S7 - 1200	16
Figura 1.10 Vista del portal	17
Figura 1.11 Diagrama de cableado del SM 1222 DQ 8x24 VDC	18
Figura 1.12 Diagrama de cableado del SM 1231 AI 4x13 bit.....	19
Figura 1.13 KTP 700 Basic DP	19
Figura 2.1 Diseño conceptual	22
Figura 2.2 Conexión de red	23
Figura 2.3 Dispositivos añadidos al CPU 1212C	24
Figura 2.4 Conexión de redes lógicas ente HMI y CPU 1212C AC/DC/Rly	26
Figura 2.5 Partes de un sistema DAQ	26
Figura 2.6 Adquisición de datos mediante Arduino.....	27
Figura 2.7 Grafica de T vs I para escalamiento de variables	28
Figura 2.8 Normalización y escalamiento del valor de temperatura.....	29
Figura 2.9 Grafica de pH vs V para escalamiento de variables	29
Figura 2.10 Normalización y escalamiento del valor de pH	30
Figura 2.11 Grafica de OD vs V para escalamiento de variables	31
Figura 2.12 Normalización y escalamiento del valor de oxígeno disuelto.....	32
Figura 2.13 Pantalla principal del interfaz gráfico	32
Figura 2.14 Visualización de la temperatura del biorreactor	33
Figura 2.15 Visualización del pH del biorreactor.....	34
Figura 2.16 Visualización del oxígeno disuelto del biorreactor	34

Figura 2.17 Diagrama de bloques para la variable de temperatura	35
Figura 2.18 Instrucción del PID_Compact V2	36
Figura 2-19 Diagrama de bloques de un controlador on/off	39
Figura 2-20 Diagrama de bloques del controlador del sensor de pH	39
Figura 2-21 Programación para el motor base.....	39
Figura 2-22 Programación para el motor ácido.....	40
Figura 2-23 Parte frontal de la caja.....	40
Figura 2-24 Parte interna del tablero de control.....	41
Figura 2-25 Parte externa del tablero de control: conexión de sensores	42
Figura 2-26 Parte frontal del tablero de control: Interfaz gráfica	43
Figura 3-1 Gráfico de optimización inicial del controlador PID.....	44
Figura 3-2 Fases de la optimización fina del controlador PID.....	45
Figura 3-3 Gráfico de optimización fina del controlador PID	46
Figura 3-4 Fases de la optimización fina del controlador PID.....	46
Figura 3-5 Estado online del regulador	47
Figura 3-6 Parámetro de temperatura, pH y oxígeno disuelto	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Clasificación de biotensoactivos	9
Tabla 1.2 Clasificación de los sensores	11
Tabla 2.1 Requerimientos de diseño	22
Tabla 2.2 Direccionamiento del sistema	23
Tabla 2.3 Variables del PLC	25
Tabla 2.4 Valores ingresados a Norm_X y Scale_X para temperatura	28
Tabla 2.5 Valores ingresados a Norm_X y Scale_X para pH	30
Tabla 2.6 Valores ingresados a Norm_X y Scale_X para pH	31
Tabla 2.7 Parámetros óptimos del Bacillus subtilis	35
Tabla 2.8 Parámetros de entrada PID_Compact V2.....	36
Tabla 2.9 Parámetros de salida PID_Compact V2.....	37
Tabla 2.10 Parámetros del PID.....	38
Tabla 3.1 Datos temperatura, pH y OD.....	47
Tabla 3-2 Costos de estructura del biorreactor	49
Tabla 3-3 Costos de complementos del biorreactor.....	50
Tabla 3-4 Insumos para pruebas en laboratorios del proceso biotecnológico	51
Tabla 4-1 Especificaciones del biorreactor	61

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1 Diseño eléctrico del fermentador

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El área de automatización aplicado a la industria ha evolucionado de ser una herramienta necesaria en el trabajo a una fortaleza indispensable permitiendo competir en la globalización. Los sistemas que se emplean en las diferentes industrias requieren de gran precisión y ser lo bastante eficientes para desarrollarse con éxito, sin dejar de lado la importancia en cuanto a flexibilidad de costos ya que éste es uno de los principales inconvenientes encontrados al momento de automatizar. En la actualidad, las industrias alrededor del mundo poseen y requieren un sistema automático de control otorgando un resultado más conveniente para la seguridad, protección y calidad de los productos que se realizan estimando que, a mediano plazo, podrán recuperar la inversión realizada y aumentar sus ganancias. Uno de los enfoques del campo industrial tiene un eje en la biotecnología que, con el paso del tiempo, se encuentra en un proceso de auge continuo y se fundamenta en la capacidad de ciertos microorganismos de producir fármacos, compuestos combustibles químicos o inclusive alimenticios, cuya orientación tiene un fin específico mediante ciertos mecanismos o intervención científica.

Es de consideración que los procesos biotecnológicos en el país están adquiriendo un gran potencial en la parte económica sea a corto y mediano plazo, pero a pesar del creciente interés sobre este tema, los estudios están limitados por la falta de equipamiento con una tecnología adecuada para el monitorio, promoción, producción y control automatizado de estos equipos.

Uno de los aspectos más importante de los sistemas biotecnológicos está relacionado con aquellos equipos que poseen la capacidad de sintetizar productos de interés industrial permitiendo el desarrollo de modelos con nuevas tecnologías; así, el uso de tecnología emergente y necesario es en el sector de la industria biofarmacéutica, donde el mercado tiene una importante inclinación por preferencias tecnológicas para el diseño de biorreactores, entre las cuales se encuentra con un porcentaje del 68 % aquellos que son de acero inoxidable y desechables con 67 % (de un solo uso) como alternativa estándar (Ladage, 2015).

El Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE) ubicado en las instalaciones de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), posee un biorreactor que se encuentra disfuncional por motivo que el mantenimiento y operación representa un costo elevado. Los costos de los biorreactores en el mercado varían entre \$50 000 y \$100 000, de acuerdo a la capacidad volumétrica y variables específicas controladas (Trujillo-Roldan & Valdez-Cruz, 2009).

De acuerdo a la finalidad del proyecto, de carácter multidisciplinario, intervienen las carreras de Ingeniería en Electrónica y Automatización, Ingeniería en Alimentos e Ingeniería en Mecánica para llevar a cabo la realización de este proyecto; cumpliendo con las especificaciones requeridas, que sea de bajo costo, presentando un proceso con control automático para luego realizar una validación del diseño de acuerdo a sus resultados. En efecto, se obtiene un biorreactor tipo tanque agitado con control automático para la carrera de Ingeniería en Alimentos de acuerdo a los requerimientos necesarios para llevar a cabo sus experimentos.

1.1 Descripción del problema

El interés por este proyecto nació en una reunión realizada en el CIBE, por iniciativa del Decanato de Investigación, en agosto del 2016. En esta reunión se identificó la necesidad que tienen los laboratorios del CIBE y de Ingeniería en Alimentos de biorreactores con sistema de control automático, para desarrollar procesos biotecnológicos (cultivo de microorganismos y sustancias activas).

Actualmente en el Ecuador no se ha podido identificar una institución que diseñe y construya localmente este tipo de biorreactores, motivo por el cual tienen que ser importados a costos excesivamente altos, y en muchos casos, sin garantía de mantenimiento y reparación. Por este motivo se consideró pertinente desarrollar este tipo de equipos; y en el 2016-Término II, la carrera de Ingeniería en Mecánica en colaboración con Ingeniería en Alimentos, como proyecto de la Materia Integradora, desarrolló un prototipo de un biorreactor a escala de laboratorio con sistema de control automático de temperatura y pH. Con el objetivo de continuar con el desarrollo del diseño del biorreactor, en este proyecto se propone: continuar con las pruebas de operación del prototipo, con el propósito de optimizar su operación, sustituir los elementos

de bajo costo del prototipo por elementos de mejor calidad para luego integrar todos los circuitos electrónicos del sistema de control en un solo elemento, con la finalidad de obtener un equipo más robusto y confiable.

Con la implementación del proyecto, la institución beneficiada directamente sería la carrera de Ingeniería en Alimentos, y con el desarrollo de esta tecnología se beneficia indirectamente al CIBE y demás laboratorios, en la zona de influencia de la ESPOL, que necesiten de este tipo de biorreactores.

Se requiere diseñar un biorreactor tipo tanque agitado (STR) a escala de laboratorio con control automático para la carrera de Ingeniería en Alimentos. Los parámetros necesarios para el control de los cultivos serán tres: temperatura, nivel de pH, y nivel de oxígeno disuelto.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Diseñar, construir y validar un biorreactor de 12 litros de capacidad, a escala de laboratorio con la implementación de un sistema de control automático para la aplicación en el estudio de procesos de fermentación y producción de biotensoactivos.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Seleccionar los equipos necesarios para el montaje del sistema de control automático, de tal manera que el operador pueda establecer una condición inicial de las variables a controlar.
- Programar el controlador lógico programable (PLC) junto con los módulos de expansión adquiridos para el funcionamiento del biorreactor.
- Realizar el interfaz gráfico para interacción del usuario acerca del comportamiento de las variables controladas en el biorreactor.
- Diseñar el esquema eléctrico de las diferentes conexiones entre la parte de control y la parte de fuerza.
- Realizar el diseño y conexiones del tablero de control para el proceso a desarrollar.

1.3 Marco teórico

En la siguiente sección se describe los conceptos fundamentales para la comprensión a la lectura del presente informe.

1.3.1 Biorreactor

Los equipos llamados biorreactores o también llamado fermentador es un equipo en el cual se lleva a cabo una transformación biológica, el cual es realizada por células animales o vegetales, enzimas o microorganismos, (Najafpour, 2006) permitiendo un crecimiento de células y formación de un producto. Es necesario poseer un medio ambiente adecuado con niveles propicios de parámetros específicos como temperatura, pH, sustratos, sales y oxígeno disuelto (Rodríguez, Cabrera, & Valencia, 2003).

La evolución para un proceso de fermentación está representada mediante curvas de crecimiento y parámetros específicos que caracterizan a una biomasa, por lo que es muy importante destacar que en el proceso de fermentación se obtenga un crecimiento ordenado de todos los componentes químicos que interfieren.

Este crecimiento se puede medir por diversos métodos como peso seco, absorbancia, número de células viables, contador de células, entre otras (Rodríguez, Cabrera, & Valencia, 2003).

Generalmente, el vidrio y acero inoxidable son los mejores materiales para la construcción de biorreactores por las ventajas asépticas y resistencia a corrosión incrementando su vida útil y productividad. De acuerdo a las necesidades los biorreactores pueden ser aerobios, que necesitan de un medio para proporcionarles oxígeno, o anaerobios que no necesitan de una fuente de oxígeno para obtener un producto (Eugene & Ganesh, 2006).

1.3.2 Características para el diseño de un biorreactor

El diseño de un biorreactor se debe realizar en condiciones adecuadas para el crecimiento microbiano y la obtención del producto deseado (Ruiz-Leza, Rodríguez-Jasso, Rodríguez-Herrera, Contreras-Esquivel, & Aguilar, 2007). Así mismo, la transferencia de calor y oxígeno dependerá de la matriz para

la realización de fermentación, este último, es uno de los principales factores para el diseño y control de un equipo de laboratorio como el biorreactor.

Alguno de los criterios para el diseño de un biorreactor se detalla a continuación: (Mitchell, et al., 1992)

- La parte interna del tanque deberá estar diseñado de forma aséptica para el funcionamiento continuo del equipo.
- Debe permitir y proporcionar un adecuado sistema de aireación y agitación para una mayor área de contacto entre las fases biótica y abiótica del sistema. (Ruiz-Leza, Rodriguez-Jasso, Rodriguez-Herrera, Contreras-Esquivel, & Aguilar, 2007).
- Consumir un mínimo de energía en todo el sistema del equipo.
- Adición de entradas de nutrientes y diferentes variables a control como temperatura, pH y oxígeno disuelto.
- Debe facilitar la transferencia de calor para el adecuado crecimiento celular.
- Uniformidad en la distribución de células en el volumen de cultivo.
- Mantener un sistema con cultivo puro, esterilizado y posteriormente inoculado con el microorganismo deseado.

1.3.3 Preferencia de los biorreactores

La selección de biorreactores es una de las decisiones más importantes para una organización, a diferencia de las moléculas pequeñas, el costo de producción juega un papel importante en el precio de productos biológicos.

La tecnología tradicional de acero inoxidable y la tecnología desechable de un solo uso se han fortalecido en los últimos años en cuanto a preferencias de adquisición.

Para los reactores desechables de un solo uso hubo un aumento del 5% en "Strongly Prefer" durante los años 2013 al 2015, mientras que la preferencia por la tecnología de acero inoxidable mostró un aumento del 6% en " Strongly Prefer " durante el mismo período, como se observa en la **Figura 1.1.**

Bioreactor technology preference shifts from 2013 to 2015

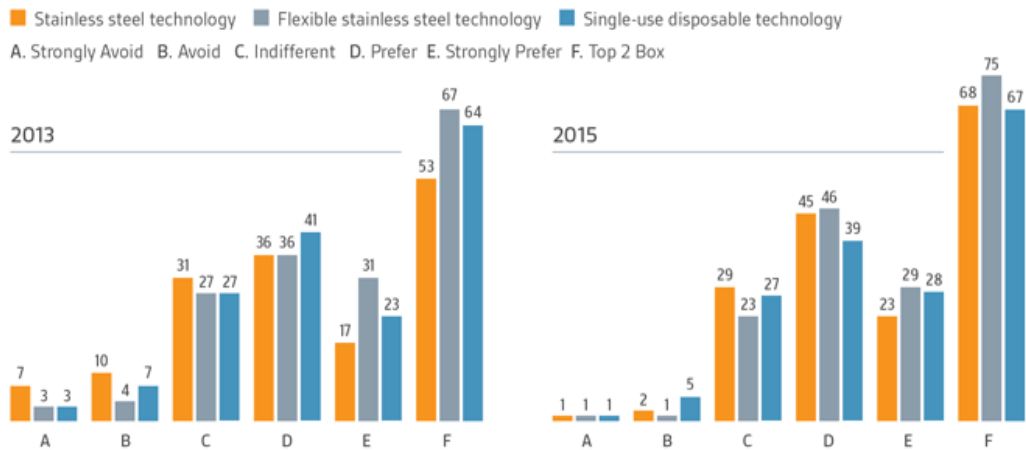


Figura 1.1 Preferencia tecnológica de biorreactores entre 2013-2015

Fuente: (Kuehn & Ladage, 2015)

Los dos principales nichos para la tecnología de acero inoxidable fueron un 69% farmacéutica vs 68 % biotecnológica mientras que la tecnología desechable un 66% farmacéutica y un 69% biotecnológica.

El mercado, en su gran mayoría, se encuentra a disposición biorreactores basados en múltiples tecnologías; sin embargo, los biorreactores de tanque agitado e inducidos por onda son los más populares. (Kuehn & Ladage, 2015).

1.3.4 Modos de operación de biorreactores

Existen tres modos de operación de un biorreactor, caracterizados principalmente por la forma en que el sustrato es alimentado al tanque: (Loera, 2003).

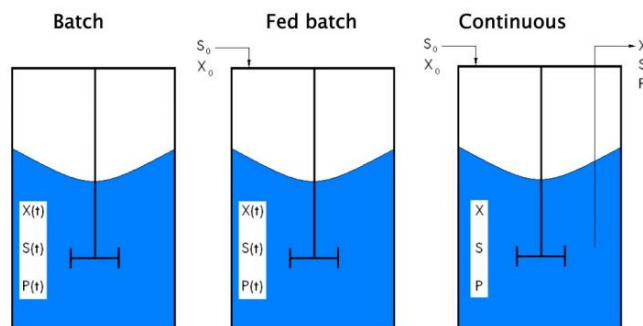


Figura 1.2 Modos de operación de biorreactores

Fuente: (Díaz-Montaño, 2013)

- **Modo batch o modo discontinuo.**
El crecimiento mediante el modo discontinuo o también llamado batch se refiere a que las células se cultivan en un recipiente con una concentración inicial, sin que sea alterada por nutrientes adicionales (Loera, 2003) por lo que el volumen permanece constante y sólo las condiciones ambientales del medio son controladas por el operador (Norton, 1991).
- **Modo fed-batch o modo semicontinuo.**
Es una técnica entre los dos modos de operación anteriores y se suele emplear para conseguir elevadas concentraciones celulares en el biorreactor y evitar la formación de metabolitos secundarios (Taylor & Francis Group, 2006)
- **Modo continuo**
Un cultivo continuo consiste en alimentar nutrientes y retirar productos continuamente de un biorreactor. Bajo ciertas condiciones el cultivo puede alcanzar un estado estacionario, donde no existe variación con el tiempo del volumen del biorreactor (Loera, 2003).

1.3.5 Tipos de biorreactores

En base a las funciones realizadas por biorreactores, estos se clasifican en grupos: (Flores & Velín, 2014)

- Fermentadores bucle agitado por aire (air-lift)
- Fermentadores de torre
- Fermentadores con agitación mecánica

Fermentador air-lift: El fermentador air-lift logra una mezcla y recirculación eficiente de líquido (Rigon, Vandenberghe, Pedroni, & Soccol, 2011), manteniéndose una mezcla homogénea evitando que los microorganismos mueran (Flores & Velín, 2014).

El término *Airlift* es vinculado a las características del contacto neumático del gas-líquido o gas-líquido-sólido definido por la circulación de los fluidos en un patrón cíclico (Flendrig, et al., 1997).

Fermentador de torre: el tipo de fermentador de torre tiene la principal característica que la relación entre diámetro y altura es grande (Flores & Velín, 2014), es decir la altura del biorreactor es mayor que el diámetro del mismo.

Fermentadores con agitación mecánica: la principal característica de este tipo de biorreactores es que poseen una base hecha de acero inoxidable, fijado en la tapa o base del reactor teniendo una agitación, el cual, dependerá del tipo de producto que se desea obtener.

El biorreactor más importante para aplicaciones industriales es el STR convencional debido a sus bajos costos de operación. El tamaño de los tanques puede variar entre algunos dm^3 hasta cientos de m^3 (Rigon, Vandenberghe, Pedroni, & Soccol, 2011).

Debido a su versatilidad y flexibilidad, los reactores tanque agitados mecánicamente (STR) sigue siendo el pilar de la industria.

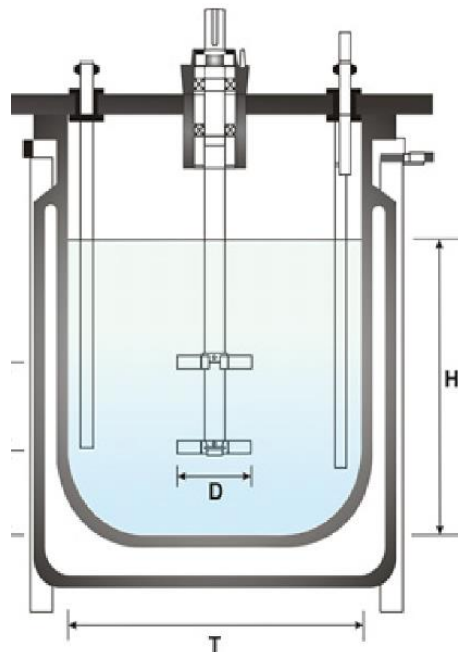


Figura 1.3 Esquema de un Biorreactor tipo STR

Fuente: (Nuñez-Ramirez, et al., 2012)

1.3.6 Relevancia de interés industrial

Los diversos productos que pueden desarrollarse en un biorreactor tales como: emulsiones, enzimas, vitaminas, cultivos estárter, biotensoactivos, entre otras, siendo esta última uno de los principales para la industria, que es producto final de este proyecto.

1.3.6.1 Biotensoactivos

Los tensoactivos son moléculas anfifílicas que reducen la tensión en la interfase (Jiménez, Medina, & Gracida, 2010). Por motivo de esta propiedad, las moléculas de las moléculas anfifílicas se ubican en la interfase de fluidos como son los sistemas aire-agua y aceite-agua (Stoyanov, Rehage, & N-Paunov, 2003).

Por otra parte, la presencia de tensoactivos en un medio como el acuoso incrementa la solubilidad en agua, además de la disposición de compuestos orgánicos, siendo ésta una de sus principales propiedades para su aplicación en el área de la biotecnología ambiental para la remoción y biodegradación de contaminantes (Jiménez, Medina, & Gracida, 2010).

De acuerdo a la **Tabla 1.1**, los biotensoactivos se pueden clasificar según el origen microbiano y estructura química y de acuerdo a su peso molecular en alto y bajo.

Tabla 1.1 Clasificación de biotensoactivos

Clasificación de los biotensoactivos		
	Glicolípidos	<ul style="list-style-type: none">• La mayoría son de naturaleza glicolípida.• Son carbohidratos que combinan con ácidos alifáticos de cadena larga que se enlazan con ésteres.• Los glicolípidos más conocidos son ramnolípidos, trehalolípidos y soforolípidos.

Biotensoactivos de bajo peso molecular	Lipopéptidos	<ul style="list-style-type: none"> • Consisten en un gran número de lipopéptidos cíclicos unidos a un ácido graso. • Se caracterizan por existir varias bacterias para producir estas moléculas, por ejemplo, Bacillus subtilis, que puede reducir la tensión superficial de 72,8 a 27,9 mN/m a una concentración de 0,005%; además es antibacteriano, antiviral y antifúngico.
	Fosfolípidos	<ul style="list-style-type: none"> • Producidos por varias bacterias y levaduras durante el crecimiento sobre los alcanos, que produce una sustancia como fosfatidiletanolamina que disminuye la tensión interfacial entre el agua y hexadecano a menos de 1mN/m y una concentración crítica micelar (CMC) de 30 mg/litro.
Biotensoactivos de alto peso molecular	Biotensoactivos poliméricos	<ul style="list-style-type: none"> • Se obtienen de varios componentes conocidos como emulsan y liposan.
	Partículas de biotensoactivos	<ul style="list-style-type: none"> • Dividen los hidrocarburos para formar una microemulsión que juega un papel muy importante en la captación de alcanos por las células microbianas.

Fuente: (Muthusamy, Gopalakrishnan, Ravi, & Sivachidambaram, 2008)

1.3.7 Instrumentación de un biorreactor

Una parte fundamental en el proceso de obtención de un producto de un biorreactor es la instrumentación del mismo y la disposición de elementos que permiten controlar, sensar y automatizar diferentes variables para la eficiencia del mismo. Los parámetros que deben ser medidos en el proyecto serán pH, temperatura y oxígeno disuelto.

Para llevar a cabo el proceso, es de vital importancia utilizar sensores para el medio en que se encontrara el producto a desarrollar, en este caso, el medio es levadura y así mismo, mantener la asepsia adecuada para el interior del biorreactor.

1.3.7.1 Transductores y sensores

Los dispositivos llamados transductores captan una señal de entrada, el cual, estaría en función de cantidades físicas; dicha señal, sea modificada o no, se convierte en una señal de salida. Son transductores, un relé, un elemento primario, un transmisor, un convertidor PP/I (presión de proceso a intensidad), un convertidor PP/P (presión de proceso a señal neumática), etc. (Creus, 1997)

Un sensor es un dispositivo que proporciona una señal de salida transformada que es función de la variable medida (Pallás, 2004). En la **Tabla 1.2** se recogen criterios de clasificación y ejemplos de cada clase de sensores de manera concreta.

Tabla 1.2 Clasificación de los sensores

Criterio	Clases	Ejemplos
Aporte de energía	Moduladores Generadores	Termistor Termopar
Señal de salida	Analógicos Digitales	Potenciómetro Codificador de posición
Modo de operación	De deflexión De comparación	Acelerómetro de deflexión Servoacelerómetro

Fuente: (Pallás, 2004)

1.3.7.1.1 Detectores de temperatura resistivos (RTD)

La medida de temperatura es una de las mediciones más comunes e importantes en cualquier proceso industrial. Las limitaciones están definidas en cada tipo de aplicación debido a la precisión, velocidad de captación de temperatura, distancia entre receptor y el instrumento indicador, etc. (Creus, 1997)

Los detectores de temperatura resistivos (RTD) son aquellos detectores de temperatura basados en la variación de una resistencia de índole eléctrica. El fundamento de las RTD es la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura (Pallás, 2004).

1.3.7.1.2 Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto se define como la cantidad de oxígeno libre que circula en el agua y que no se debe encontrar en combinación ni con sólidos existentes en el mismo o en su defecto con hidrogeno (formando agua) (Creus, 1997).

Cuando el oxígeno es un factor limitante, la tasa de crecimiento específica varía con la concentración de oxígeno disuelto de acuerdo con la saturación; es decir, por debajo de la concentración crítica, el crecimiento o respiración sea próxima a una tasa de primer orden en cuanto a concentración del oxígeno disuelto (Loera, 2003).

1.3.7.1.3 Potencial de hidrógeno (pH)

La concentración de iones hidrogeno (pH) es una medida de acidez o alcalinidad del agua con compuestos químicos disueltos (Creus, 1997) afecta a la actividad enzimática y la velocidad de crecimiento microbiano. Cada organismo tiene su pH óptimo: el pH óptimo para las bacterias es 3 a 8; para las levaduras es de 3 a 6, para los mohos de 3 a 7; para las células vegetales de 5 a 6 y para los animales de 6.5 a 7.5 (Loera, 2003).

1.3.7.2 Acondicionadores de señal o transmisores

Se dispuso de un acondicionar de señal, es decir, un instrumento que capta la variable de proceso y la transmite a distancia a un instrumento receptor (Creus, 1997).

1.3.7.2.1 Acondicionadores de señal para sensor de temperatura

El transmisor a usar para el sensor de temperatura pt100 tiene un rango de lectura de temperatura entre 0 °C a 500 °C con una salida análoga de 4 - 20mA (2 hilos) y una alimentación de 20-30 VDC.

En la **Figura 1.4** se presenta el transmisor utilizado.



Figura 1.4 Transmisor de señal para sensor Pt100

Fuente: (EBCHQ, 2016)

1.3.7.2.2 Acondicionadores de señal para sensor de pH

El transmisor a usar para el sensor de temperatura de pH tiene un rango de lectura de pH entre 0.001-14.000 con un protocolo de comunicación UART & I²C.

En la **Figura 1.5** se presenta el transmisor utilizado.

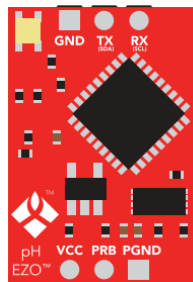


Figura 1.5 Transmisor de señal para sensor pH

Fuente: (Atlas Scientific, 2016)

1.3.7.2.3 Acondicionadores de señal para sensor de oxígeno disuelto

El transmisor a usar para el sensor de temperatura de pH tiene un rango de lectura de pH entre 0.001-100+ mg/L con un protocolo de comunicación UART & I²C.

En la **Figura 1.6** se presenta el transmisor utilizado.

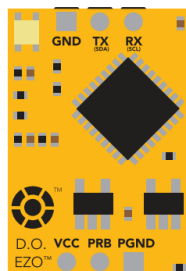


Figura 1.6 Transmisor de señal para sensor de oxígeno disuelto

Fuente: (Atlas Scientific, 2016)

1.3.7.3 Actuadores

Un actuador es un dispositivo que permite realizar una acción física en respuesta de una señal de entrada (López, Valadez, & Ramírez, 2013). Los fabricantes proveen una serie de actuadores tales como motores, válvulas, relevadores e interruptores (Pallás, 2004). Para el presente proyecto se utilizaron los siguientes actuadores:

1.3.7.3.1 Resistencia calefactora

La resistencia calefactora basa su funcionamiento en el choque que sufren los átomos del material conductor por el que circulan, elevando la temperatura del mismo aprovechando la energía cinética de los electrones (López, Valadez, & Ramírez, 2013).

1.3.7.3.2 Bombas peristálticas

Las bombas peristálticas tienen su funcionamiento en el mecanismo de rodillos que giran en un comportamiento circular comprimiendo en forma progresiva una manguera flexible especial (López, Valadez, & Ramírez, 2013). En la **Figura 1.7** se muestra la bomba usada para el proyecto controlado por medio de un control On/Off.



Figura 1.7 Bombas peristálticas

Fuente: (LAMBDA MINIFOR, 2016)

1.3.7.4 Dispositivos de control

1.3.7.4.1 Relés

Un relé es un interruptor accionado electromagnéticamente, en el que el circuito controlado y controlador están separados galvánicamente entre sí (Ebel, Idler, Prede, & Scholz, 2007); con un relé se pueden activar varios contactos, además, de diferentes tipos de interruptores accionados eléctricamente, así, por ejemplo: contactores, relé de temporizador entre otros.

1.3.7.4.2 Relés de estado sólido

El relé de estado sólido (SSR) es un dispositivo que permite aislar eléctricamente un circuito o mando, además del circuito de salida (Martínez & Peña, 2015). Los Rectificadores Controlados de Silicio (SCR) son los tiristores de uso corriente y los TRIAC. En la parte interna de los relés de estado sólido se encuentra diodos rectificadores, condensadores de filtro, etc. (Valencia, Saldarriaga, & Giraldo, 2013) mientras que, en la parte externa, los bornes de contactos para el usuario.

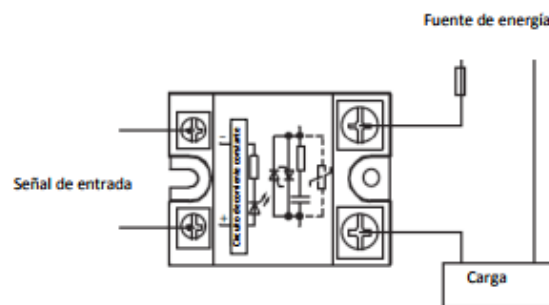


Figura 1.8 Estructura interna de un SSR típico

Fuente: (Valencia, Saldarriaga, & Giraldo, 2013)

1.3.8 Sistema de monitoreo

1.3.8.1 Controlador Lógico Programable

Los controladores lógicos son sistemas electrónicos que reciben variables binarias en sus entradas y que a partir de ellas generan otras variables binarias. (Mandado, Marcos, Fernández, & Armesto, 2009). Actualmente, para solucionar tareas de control complejas se suelen usar los controladores lógicos programables en donde el programa no está determinado por el contenido del software más no de los relés individuales (Ebel, Idler, Prede, & Scholz, 2007).

El controlador lógico programable (PLC) que se ha utilizado en el proyecto es el S7-1200 1212C de la familia Siemens, el cual posee un microprocesador, una fuente de alimentación y circuitos de entrada y salida en una carcasa compacta (SIEMENS, 2009).

Cuando el programa se encuentre dentro de la CPU, este contiene la lógica para controlar, supervisar y/o vigilar dispositivos de la aplicación, la lógica que se usa generalmente es la booleana, funciones matemáticas complejas o comunicación con otros dispositivos.



Figura 1.9 Vista externa PLC S7 - 1200

Fuente: (SIEMENS, 2009)

1.3.8.2 Software

El software STEP 7 Basic tiene un entorno que permite observar, monitorear, desarrollar la lógica del programa para controlar la aplicación, así también, incluir mecanismos para configurar los dispositivos del proyecto (SIEMENS, 2009). Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) de Siemens permite y ofrece las herramientas para realizar el procedimiento a cargar en la CPU, en la **Figura 1.10** se observa la vista frontal que organiza las funciones de las tareas a ejecutarse.

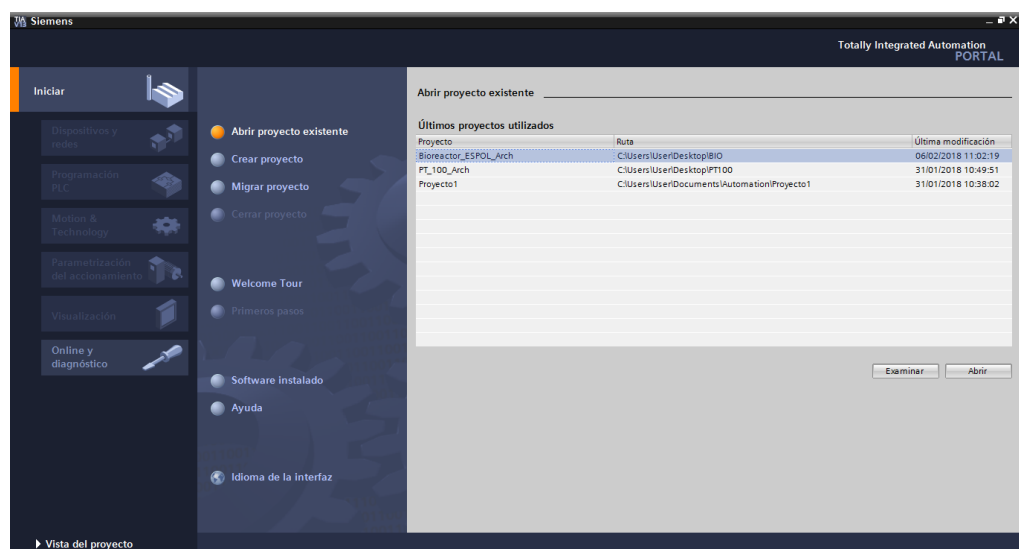


Figura 1.10 Vista del portal

Fuente: (SIEMENS, 2009)

1.3.8.3 Módulo de señal digital

Los módulos de señales que se han utilizado han servido para conectar los diferentes sensores que se han usado en el presente proyecto; dichos módulos se conectan a la derecha de la CPU.

SIMATIC S7-1200, Salida Digital SM 1222, 8 DO, 24VDC

El módulo de salida digital SM1222 DQ 8X24 VDC tiene un rango admisible de alimentación de 20,4-28,8 V, posee 8 salidas digitales con tipo de rango de estado sólido tipo MOSFET con una intensidad máxima de 0.5 A (SIEMENS, 2009).

En la **Figura 1.11** muestra el diagrama de cableado empleado para un módulo de salida digital SM1222; para el proyecto, el módulo fue usado para la salida digital del controlador PID.

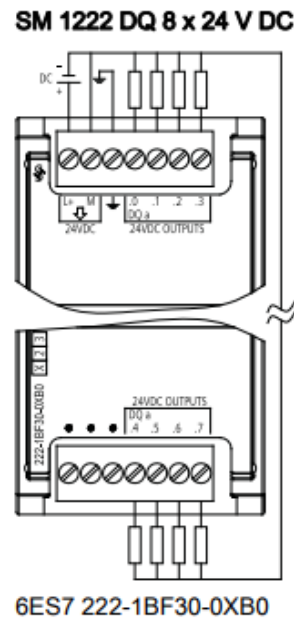


Figura 1.11 Diagrama de cableado del SM 1222 DQ 8x24 VDC

Fuente: (SIEMENS, 2009)

1.3.8.4 Módulo de señal analógica

Para el muestreo de uno de los sensores con salida analógica, se ha hecho de un módulo de entrada analógica que se detalla a continuación:

SIMATIC S7-1200, Entrada Analógica SM 1231, 4 AI, 13 bit ADC

El módulo de entrada analógica SM1231, 4 AI, 13 bit tiene una alimentación de 24 VDC, posee 4 entradas analógicas con rango de entrada de +/-10V, +/-5V, +/-2,5V y una intensidad de 0 a 20 mA.

En la **Figura 1.12** se muestra el diagrama de cableado empleado para un módulo de salida digital SM1231, 4 AI, 13 bit; para el proyecto, el módulo fue usado para la entrada del sensor de oxígeno disuelto.

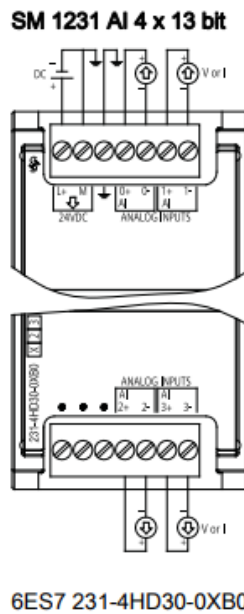


Figura 1.12 Diagrama de cableado del SM 1231 AI 4x13 bit

Fuente: (SIEMENS, 2009)

1.3.8.5 Interfaz Hombre-Máquina (HMI)

El Interfaz Hombre-Máquina cuya abreviación en inglés es HMI se define como una interacción al exterior por medio de una visualización de un proceso para decisión del usuario. Las señales del proceso son dirigidas al HMI por medio de dispositivos que están conectados al PLC teniendo una comunicación que pueda acceder al HMI. En el proyecto se ha hecho uso de la pantalla táctil KTP 700 PN de la familia de Siemens como interfaz hombre-máquina.



Figura 1.13 KTP 700 Basic DP

Fuente: (SIEMENS, 2009)

1.3.8.6 Arduino

Arduino es un código abierto (Open Source) que posee una plataforma de hardware y un Ambiente Integrado de Desarrollo que en sus siglas en inglés es IDE (Vargas, Castillo, Sandoval, & Brambila, 2015); la plataforma está compuesta por una variedad de tarjetas programables y accesibles usadas para diferentes fines (Herger & Bodarky, 2015).

La tarjeta Arduino que se empleó como interfaz de comunicación para el proyecto es Arduino Mega 2560 R3 construida con un microcontrolador Atmega2560, tiene 54 pines de entradas/salidas, 16 entradas análogas, conexión USB, conector ICSP y un cristal oscilador de 16MHz. (Arduino, 2018).

1.3.9 Sistema de control

El controlador es un elemento en el sistema en lazo cerrado que tiene como entrada la señal de error y produce una salida que se convierte en la entrada al elemento correctivo (Bolton, 2006) existiendo tres: derivativo, integrativo y derivativo. En este apartado se explica únicamente el controlador que fue utilizado, el cual es el controlador proporcional integrativo derivativo (PID).

1.3.9.1 Control PID

El controlador PID es un regulador realimentado continuo (Mandado, Marcos, Fernández, & Armesto, 2009) donde la acción integral realiza la anulación del error en régimen permanente, la parte derivativa tiene la capacidad de tener un efecto predictivo sobre la salida del proceso y la parte derivativa que actúa sobre el proceso haciendo que la señal realimentada y la señal correcta sean iguales. Para el controlador PID, una representación en función del tiempo está dada por la siguiente ecuación:

$$u(t) = Kp \left(e(t) + \frac{1}{Ti} \int_0^t e(T)dT + Td \frac{de(t)}{dt} \right)$$

Ec. 1-1

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

En el presente capítulo se detalla procedimientos llevados a cabo para el diseño, programación e implementación del sistema de control automático para la temperatura y demás variables que se utilizaron para el desarrollo del proyecto, describiendo los requerimientos del cliente, configuración y comunicación entre los dispositivos usados para su posterior conexión entre ellos y los sensores para la parte de instrumentación del biorreactor con su respectiva visualización e interacción con el mundo externo mediante una interfaz gráfica.

La metodología que se utiliza tiene un enfoque cuantitativo de tipo experimental (Bernal, 2010) permitiendo la manipulación, uso y control de variables en el proceso del biorreactor para analizar el comportamiento de las variables de pH, oxígeno disuelto y temperatura. Sin embargo, para contrastar ciertos análisis se utiliza una combinación de metodologías para una mayor facilidad de diseño (Sierra, 2012).

2.1 Requerimientos del cliente

El diseño estructural del prototipo de biorreactor a escala de laboratorio se encuentra especificado en "Diseño de un biorreactor a escala de laboratorio y su sistema de control", proyecto realizado bajo la modalidad de materia integradora por dos estudiantes de la ESPOLE de la carrera de Ingeniería en Mecánica, en el cual se observa el proceso de diseño de un fermentador con agitación mecánica.

Para el área de automatización y control se debe realizar un montaje usando un sistema de control automático usando un controlador PID para la variable de temperatura dentro de los parámetros exigidos por parte de la carrera de Ingeniería en Alimentos, así como la visualización y monitoreo de las variables de oxígeno disuelto y pH. El usuario debe interactuar, visualizar, analizar en tiempo real la lectura de los sensores expuestos anteriormente por lo que debe contar con la visualización e interfaz gráfico entre el usuario y el sistema de monitoreo.

En la **Tabla 2.1** se presenta los principales requerimientos del cliente del cual se detalla en este capítulo.

Tabla 2.1 Requerimientos de diseño

Rango de temperatura del cultivo	(30 – 37) °C
Rango de pH del cultivo	(6,5 – 7) pH
Rango de Oxígeno Disuelto del cultivo	(0– 0,2) mg/L
Material de construcción	Acero galvanizado
Montaje de elementos	Fácil
Mantenimiento	Bajo costo
Apariencia	Elegante
Costo	Bajo

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

2.2 Búsqueda de información

Para el proyecto se investigó en diferentes fuentes de investigación tales como: libros, manuales técnicos, folletos, documentos científicos e información en sitios web para obtener y sustentar información que se detalla en este documento.

2.3 Diseño conceptual

Se muestra un diseño conceptual del biorreactor, el controlador principal y sus respectivos sensores en donde se realizará el control de temperatura mediante un PID, el control ON/OFF para la variable de pH y visualización para el oxígeno disuelto, como se muestra en la **Figura 2.1** de manera general.

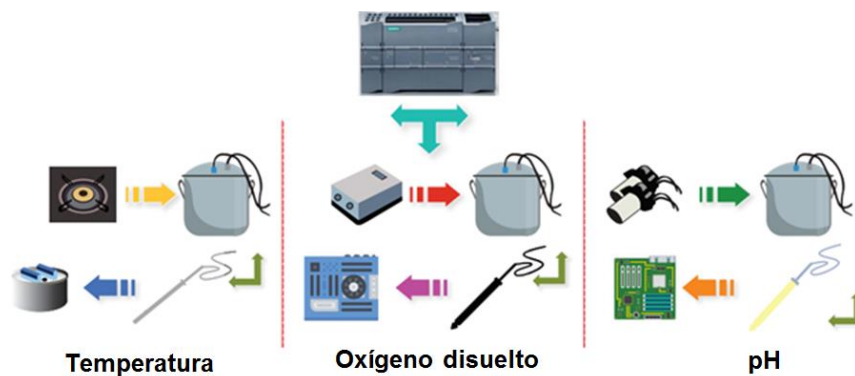


Figura 2.1 Diseño conceptual

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

2.4 Comunicación del sistema

En un sistema de comunicación moderna, las comunicaciones de los datos entre diferentes sistemas es uno de los pilares fundamentales para un nivel de competitividad que exigen procesos productivos actuales. La comunicación de datos industriales es más exigente mientras más cerca se encuentre del proceso (Guerrero, L-Yuste, & Martínez, 2009).

Respecto al direccionamiento IP (en sus siglas en inglés significa Internet Protocol) (Guerrero, L-Yuste, & Martínez, 2009) serán configurados dentro de cada interfaz. En la **Tabla 2.2** se indica las direcciones IP y la máscara de subred de cada dispositivo usado.

Tabla 2.2 Direccionamiento del sistema

Dispositivo	Dirección IP	Mascara de Subred
S7-1200 1212C AC//DC/Rly	192.168.0.1	255.255.255.0
HMI KTP 600	192.168.0.2	255.255.255.0
Ordenador	192.168.0.3	255.255.255.0

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

Para la conexión de red se utilizó la topología que se muestra en la **Figura 2.1** en la que el dispositivo de salida digital, entrada analógica y el switch Ethernet CSM 1277 son interconectados al CPU 1212C AC/DC/Rly y al HMI KTP 600 ya que el CPU incorpora un puerto PROFINET que soporta nomas Ethernet y de comunicación basada en TCP/IP.



Figura 2.2 Conexión de red

Fuente: (SIEMENS, 2009)

2.4.1 Configuración inicial del CPU 1212C AC/DC/Rly

Por medio del software de TIA Portal permite cargar la configuración y programación en el PLC S7-1200 otorgando herramientas dentro del programa para comunicar a otros dispositivos.

Para iniciar el proyecto, dentro del software se escogerá el CPU 1212C AC/DC/Rly, dentro del catálogo de hardware se utiliza módulos a la CPU (SIEMENS, 2009); para el prototipo, se provee de módulos de señales (SM) para conectar el sensor de pH y el actuador de la resistencia eléctrica para realizar el controlador PID.

En el caso del módulo de entrada analógica SM 1231 que recibe de la señal enviada por el sensor de temperatura pt100, permite configurar los parámetros de la señal recibida del sensor. Mientras que la salida digital del módulo SM 1222 detecta los flancos ascendentes o descendentes (asociado cada una de estas a un evento determinado) y la “captura de impulsos” para que permanezca activa la señal tras un impulso, es por esta razón que se ha usado para la optimización fina del controlador.

En la **Figura 2.3** muestra la adición de los diferentes módulos tanto de salida digital y entrada analógica usado para el prototipo del biorreactor. Las fuentes de alimentación no son necesarias incluirlas dentro del proyecto por lo que no se observa en la disposición de los elementos en la figura adjunta.

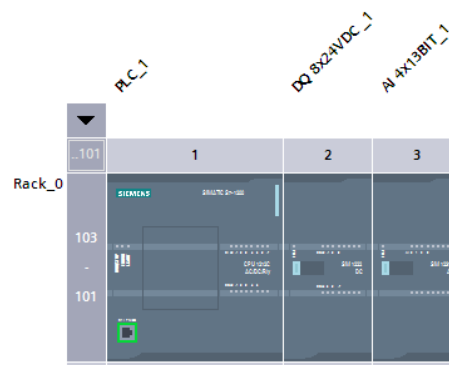


Figura 2.3 Dispositivos añadidos al CPU 1212C

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

Los tipos de datos que se usaron en el proyecto son designados a las variables utilizadas, los cuales son colocados al inicio de la programación en el software de TIA Portal. Los tipos de datos que se usaron son de tipo: Int, Real y Bool. También es posible introducir un valor constante para numerosos parámetros de entrada (SIEMENS, 2009).

En la **Tabla 2.3** se muestra las variables con sus respectivos tipos de datos que se usaron en el programa y los diferentes bloques de programa para el desarrollo y construcción del biorreactor.

Tabla 2.3 Variables del PLC

Nombre	Tipo de Datos	Dirección Lógico
PT_100	Int	%IW64
PT_100_NORM	Real	%MD100
TEMPERATURA	Real	%MD104
SP_TEMPERATURA	Real	%MD108
SP_OXIGENO	Real	%MD112
SP_PH	Real	%MD116
OXIGENO	Real	%MD120
PH	Real	%MD124
PH_NORM	Real	%MD128
OXIGENO_NORM	Real	%MD132
RESISTENCIA	Bool	%Q4.0
PH_SONDA	Int	%IW66
MOTOR_BASE	Bool	%Q0.0
MOTOR_ACIDO	Bool	%Q0.1
PH_LOW	Real	%MD136
PH_HIGH	Real	%MD140
OXIGENO_SONDA	Real	%MD144

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

2.4.2 Configuración del HMI KTP 700

La CPU soporta conexiones PROFINET con dispositivos HMI el cual establece la conexión física entre los dispositivos; para el proyecto, se llevó a cabo la visualización de los dispositivos conectados en TIA Portal, procedimiento realizado en “Vista de red” en la plataforma de TIA Portal, seleccionando el puerto de uno de los dispositivos y arrastrando la conexión hacia el otro puerto, como se muestra en la **Figura 2.4**.

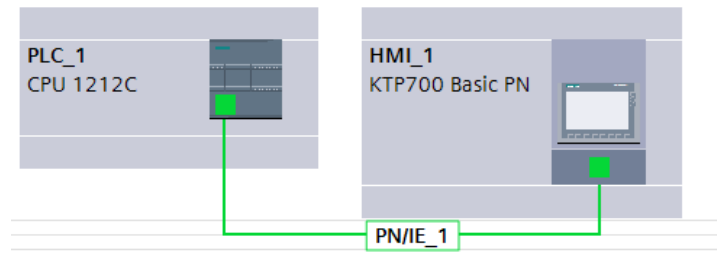


Figura 2.4 Conexión de redes lógicas ente HMI y CPU 1212C AC/DC/Rly

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

2.4.3 Configuración Inicial del Arduino Mega

Para esta etapa de adquisición de datos se puede subdividir en dos etapas: la de acondicionamiento de señal y la tarjeta de adquisición de datos como tal (Horra, 2013). En la **Figura 2.5** se puede observar una distribución de los elementos participantes en un sistema DAQ.



Figura 2.5 Partes de un sistema DAQ

Fuente: (National Instrument)

La herramienta para la adquisición de datos del Arduino se basa en su propio lenguaje de programación de alto nivel Processing (López & Aricapa, 2015) y debido que usa la transmisión serial de datos puede ser soportada por la mayoría de lenguajes de programación.

La placa utilizada es la tarjeta Arduino Mega, que por sus características y amplia cantidad de entradas/salidas tanto digitales como análogas se ha usado; por tanto, la forma de interacción de las variables de pH y oxígeno disuelto con el mundo y el controlador principal, serán receptadas mediante una placa de Arduino como tarjeta de adquisición de datos; esta interacción ocurre en dos sentidos, recibe una señal y la transmite a un actuador, tal como se presenta en la **Figura 2.6**.

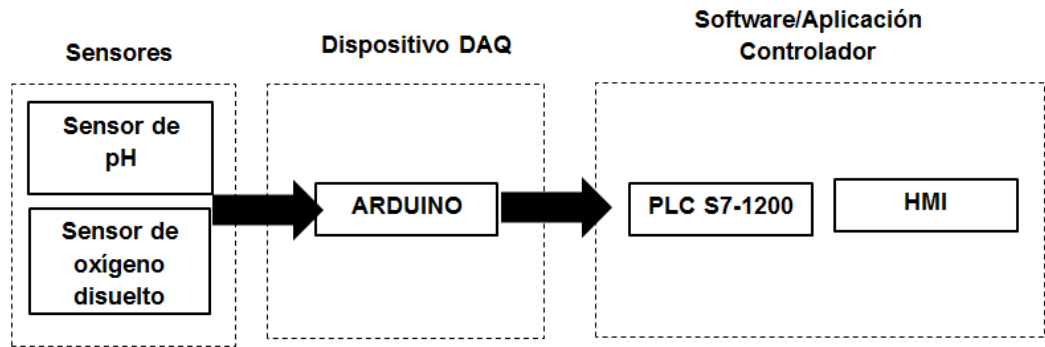


Figura 2.6 Adquisición de datos mediante Arduino

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

2.5 Diseño y programación

2.5.1 Escalamiento

Para realizar el escalado de valores analógicos se pueden utilizar los conversores SCALE_X "Escalado" y NORM_X "Normalización" (SIEMENS, 2016). Dichos bloques están disponibles en el software TIA Portal dentro de la pestaña de instrucciones.

2.5.1.1 Escalamiento para valores de temperatura

Para el escalamiento de los valores receptados por medio del sensor pt100, y debido a que el transmisor del sensor de temperatura recepta valores de 0 a 500 C con valores en su salida de 4 a 20 mA.

Para conocer los valores que estarán en los bloques de Norm_X y Scale_X se realizará la siguiente representación de la ecuación de la recta, como se muestra en la **Figura 2.7:**

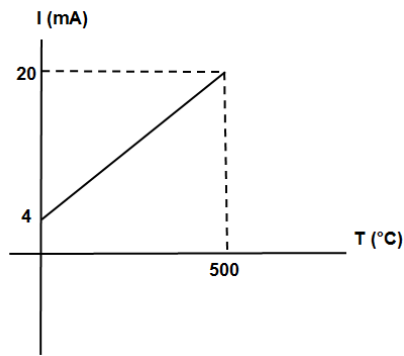


Figura 2.7 Grafica de T vs I para escalamiento de variables

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

$$y - y_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x - x_1) \text{ Ec. 2-1}$$

En la gráfica de T vs I se puede elegir los siguientes puntos: P1(500,20) y P2(0,4), de tal manera que la ecuación de la recta sería:

$$I - 20 = \frac{4 - 20}{0 - 500} (T - 500) \text{ Ec. 2-2}$$

$$I = \frac{-16}{-500} (T - 500) + 20 \text{ Ec. 2-3}$$

$$I = \frac{16}{400} T - \frac{16}{500} (500) + 20 \text{ Ec. 2-4}$$

$$I = \frac{16}{500} T + 4 \text{ Ec. 2-5}$$

Por lo tanto, los valores a normalizar que estarían colocados en el bloque Norm_X y Scale_X del software de TIA Portal se pueden observar en la **Tabla 2.4** y colocadas en los bloques como se muestra en la **Figura 2.8**.

Tabla 2.4 Valores ingresados a Norm_X y Scale_X para temperatura

Bloque	Nombre	Valor
NORM_X	MIN	5153
NORM_X	MAX	25768
SCALE_X	MIN	0.0
SCALE_X	MAX	500.0

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

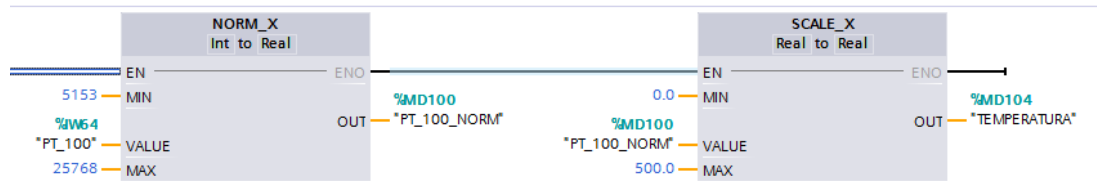


Figura 2.8 Normalización y escalamiento del valor de temperatura

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

2.5.1.2 Escalamiento para valores de pH

Para el escalamiento de los valores receptados por medio del sensor de pH, y debido a que el transmisor del sensor recepta valores de 0,001 a 14 con valores en su salida de 0 a 5 V

Para conocer los valores que estarán en los bloques de Norm_X y Scale_X se realizará la siguiente representación de la ecuación de la recta, como se muestra en la **Figura 2.9**:

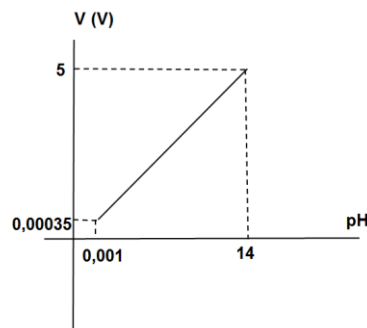


Figura 2.9 Grafica de pH vs V para escalamiento de variables

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

$$y - y_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x - x_1) \text{ Ec. 2-6}$$

En la gráfica de pH vs V se puede elegir los siguientes puntos: P1(0,001;0,00035) y P2(14,5), de tal manera que la ecuación de la recta sería:

$$V - 0,00035 = \frac{5 - 0,00035}{14 - 0,001} (pH - 0,001) \text{ Ec. 2-7}$$

$$V = \frac{4,99965}{13,999} (pH - 0,001) + 0,00035 \text{ Ec. 2-8}$$

$$V = \frac{4,999965}{13,999} pH - \frac{4,999965}{13,999} (0,001) + 0,00035 \text{ Ec. 2-9}$$

$$V = \frac{4,999965}{13,999} pH \text{ Ec. 2-10}$$

Por lo tanto, los valores a normalizar que estarían colocados en el bloque Norm_X y Scale_X del software de TIA Portal se pueden observar en la **Tabla 2.5** y colocadas en los bloques como se muestra en la **Figura 2.10**.

Tabla 2.5 Valores ingresados a Norm_X y Scale_X para pH

Bloque	Nombre	Valor
NORM_X	MIN	1
NORM_X	MAX	13824
SCALE_X	MIN	0.001
SCALE_X	MAX	14

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

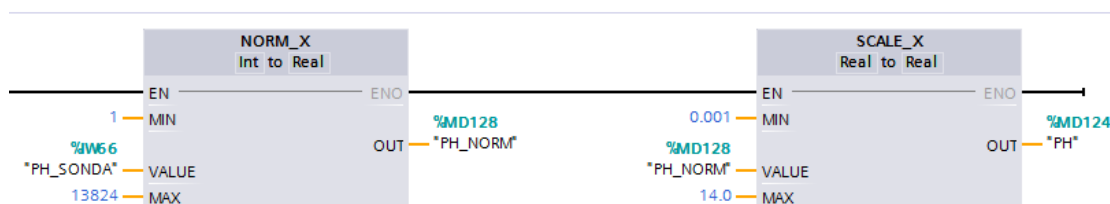


Figura 2.10 Normalización y escalamiento del valor de pH

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

2.5.1.3 Escalamiento para valores de oxígeno disuelto

Para el escalamiento de los valores receptados por medio del sensor de oxígeno disuelto y debido a que el transmisor del sensor recepta valores de 0,01 a 35 con valores en su salida de 0 a 5 V

Para conocer los valores que estarán en los bloques de Norm_X y Scale_X se realizará la siguiente representación de la ecuación de la recta, como se muestra en la **Figura 2.11**:

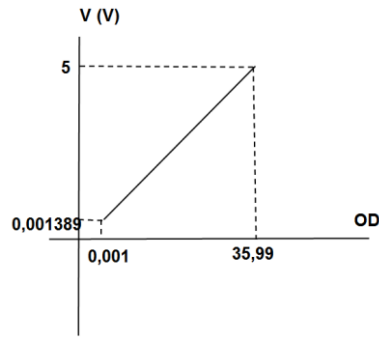


Figura 2.11 Grafica de OD vs V para escalamiento de variables

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

$$y - y_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x - x_1) \text{ Ec. 2-11}$$

En la gráfica de OD vs V se puede elegir los siguientes puntos: P1(0,001;0,001385) y P2(35,99;5), de tal manera que la ecuación de la recta sería:

$$V - 0,001385 = \frac{5 - 0,001385}{35,99 - 0,001} (OD - 0,001) \text{ Ec. 2-12}$$

$$V = \frac{4,998615}{35,989} (OD - 0,001) + 0,001385 \text{ Ec. 2-13}$$

$$V = \frac{4,998615}{35,989} pH - \frac{4,998615}{35,989} (0,001) + 0,001385 \text{ Ec. 2-14}$$

$$V = \frac{4,998615}{35,989} OD + 0,001523 \text{ Ec. 2-15}$$

Por lo tanto, los valores a normalizar que estarían colocados en el bloque Norm_X y Scale_X del software de TIA Portal se pueden observar en la **Tabla 2.6** y colocadas en los bloques como se muestra en la **Figura 2.12**.

Tabla 2.6 Valores ingresados a Norm_X y Scale_X para pH

Bloque	Nombre	Valor
NORM_X	MIN	1
NORM_X	MAX	13824
SCALE_X	MIN	0.001
SCALE_X	MAX	35,99

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

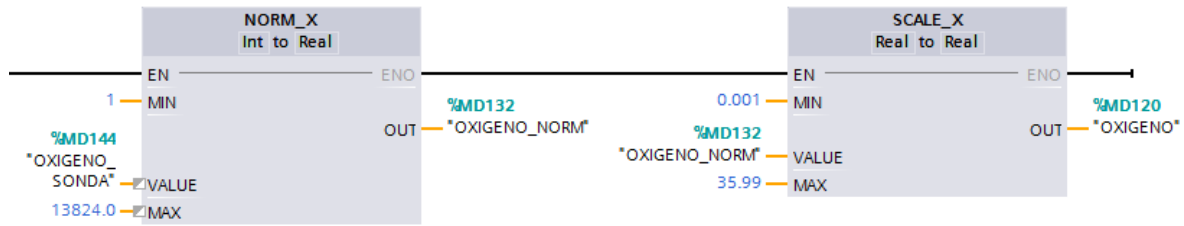


Figura 2.12 Normalización y escalamiento del valor de oxígeno disuelto

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

2.5.2 Diseño de la interfaz gráfica del HMI KTP 700 Basic PN

El diseño del interfaz gráfico para el HMI KTP 700 se realizará mediante tres cuatro pantallas. La primera es la pantalla principal donde se visualiza el nombre de la universidad y la facultad donde reposará el prototipo de biorreactor, información acerca del tema del proyecto bajo la modalidad de materia integradora y el nombre de las personas quienes realizamos el proyecto, para lo cual, se presenta en la **Figura 2.13**

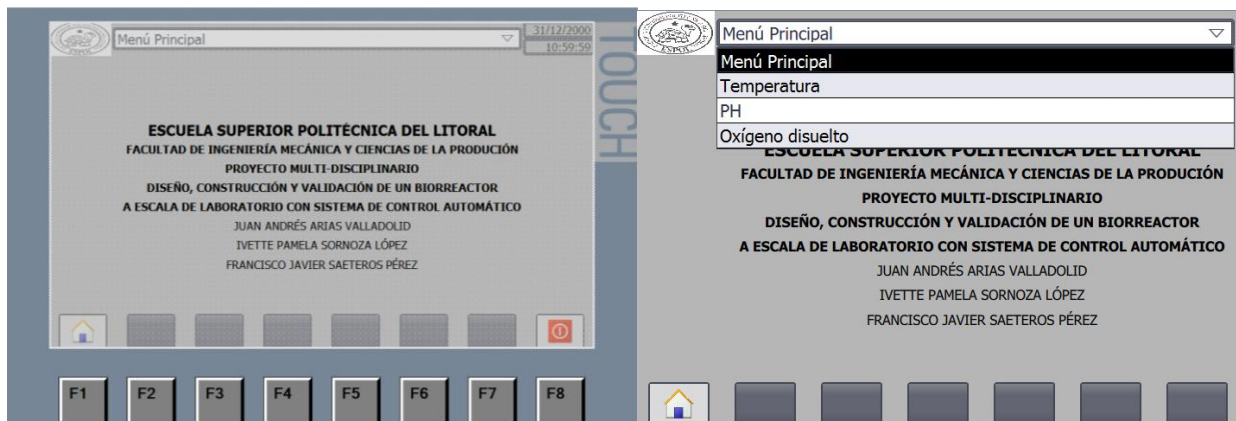


Figura 2.13 Pantalla principal del interfaz gráfico

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

El entorno de las diferentes pantallas para los sensores, se muestra en las figuras siguientes. La **Figura 2.14** se observa la pantalla de temperatura donde se coloca los valores de referencia ingresado por el usuario en el HMI KTP 700, el valor el cual está sensando mediante la pt100.

Además, se incluyó los valores de visualización de oxígeno disuelto y pH por requerimiento del área de Ingeniería en Alimentos.



Figura 2.14 Visualización de la temperatura del biorreactor

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

En la **Figura 2.15** visualiza la pantalla para la señal recibida y procesada de pH, en esta pantalla se muestra el valor deseado del usuario el cual es ingresado por pantalla, el valor actual del sensor de pH y para el actuador de las bombas peristálticas, dependiendo del valor de pH y el rango permitido del usuario donde esos valores se ingresan en la pantalla, actuará la bomba de ácido o base según sea el caso. De manera similar a la pantalla de temperatura, en esta pantalla se muestra los valores de los otros sensores.



Figura 2.15 Visualización del pH del biorreactor

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

Mientras que para la pantalla de oxígeno únicamente presenta los valores del sensor, su respectiva gráfica y los valores de los otros sensores, en la **Figura 2.16** se presenta la pantalla en cuestión.



Figura 2.16 Visualización del oxígeno disuelto del biorreactor

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

2.6 Parámetros de control

El biorreactor del presente proyecto presenta tres variables controladas por el PLC y el uso de interfaz de comunicación del Arduino y el PLC. Los parámetros usados y necesarios para el crecimiento microbiano son los siguientes:

Tabla 2.7 Parámetros óptimos del Bacillus subtilis

Parámetros	Rango	Valor óptimo
Temperatura	35°C-40°C	37 °C
Potencial de Hidrogeno (pH)	6-7	6,5
Oxígeno disuelto (OD)	Min: 2ppm (mg/L)	>2ppm (mg/L)

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

2.6.1 Control de temperatura

Las propiedades de un sistema regulado se basan en características tecnológicas y mecánicas dejando un margen de influencia muy reducido (SIEMENS, 2017). Para el presente proyecto se adoptó el uso del regulador PID, dentro de los sistemas regulados uno de los más usados habitualmente en procesos industriales.

El PLC S7-1200 no tiene límites de lazos PID, para este proyecto se utilizó para el control de temperatura. La **Figura 2.17** se observa el diagrama de bloques del control de lazo cerrado para la manipulación de la señal del sensor pt100.

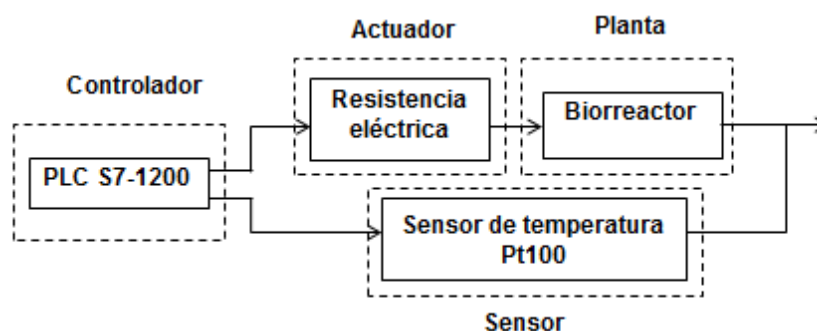


Figura 2.17 Diagrama de bloques para la variable de temperatura

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

Dentro del S7-1200, la instrucción “PID_Compact” ofrece un regulador con función de optimización automática (SIEMENS, 2009) para las dos formas que éste ofrece: automático y manual. El modo que se usará en el presente proyecto es automático configurando un regulador de impulsos, como se expone en la **Figura 2.18** donde se visualiza la instrucción usada en el programa.

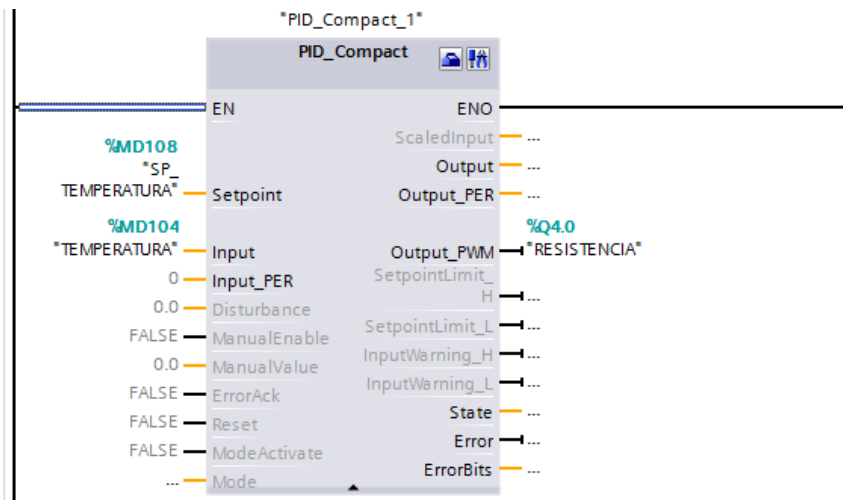


Figura 2.18 Instrucción del PID_Compact V2

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

Los parámetros de entrada PID_Compact V2 que se han utilizado se detalla en la **Tabla 2.8** mientras que en la **Tabla 2.9** se presenta los parámetros de salida usado en la instrucción.

Tabla 2.8 Parámetros de entrada PID_Compact V2

Parámetros	Nombre de la variable	Tipo de dato	Descripción
Setpoint	SP_TEMPERATURA	Real	Valor del regulador en modo automático
Input	TEMPERATURA	Real	Variable ingresada por medio del HMI

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

Tabla 2.9 Parámetros de salida PID_Compact V2

Parámetros	Nombre de la variable	Tipo de dato	Descripción
Output_PWM	RESISTENCIA	Bool	Valor de salida modulado por ancho de impulso

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

La instrucción lleva asociada un Bloque de Datos (DB) para parametrización de la instrucción y un Bloque de Función (FB) específico para el sistema; mediante el software, al crear la instrucción, se crea automáticamente el DB que posee los parámetros del objeto tecnológico. El parámetro y proceso de creación de un lazo cerrado de control PID se lleva a cabo mediante la siguiente serie de pasos (García, Diez, & Juan, 2014):

- Árbol de proyecto: añadir OB cíclico.
- Task Cards: Objeto tecnológico PID_Compact
- Automático: Crear DB asociado a la instrucción
- Editor de variables: Editar variables de la instrucción
- Instrucción PID: Ajuste de la instrucción PID y puesta en servicio de la instrucción.

Con respecto al algoritmo de cálculo y los parámetros de ajuste de modo manual es posible ponderar los parámetros que regulan la actuación del controlador PID. Estos valores se pueden observar dentro de “Ajuste avanzado” de la instrucción PID_Compact V2. En efecto, los valores registrados funcionan de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$y = Kp \left[(bw - x) + \frac{1}{T_I s} (w - x) + \frac{T_D s}{aT_D(s + 1)} (cw - x) \right]$$

Ec. 2-16

Se presenta la tabulación de los datos de los parámetros PID en la **Tabla 2.10** con los avalores obtenidos de la instrucción del PLC.

Tabla 2.10 Parámetros del PID

Símbolo	Descripción	Valor
y	Valor de salida	75,3335
Kp	Ganancia proporcional	7,120459
s	Operador laplaciano	-
b	Ponderación de acción P	0.8
w	Consigna	-
x	Valor real	75
T_i	Tiempo de integración	532,4128 s
a	Coefficiente para el retardo de la acción derivativa	0.1
T_d	Tiempo derivativo	93,17224
c	Ponderación de la acción D	0.0

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

En la sección de resultado, se muestra los gráficos obtenidos para la optimización inicial y la optimización fina que se realizó para el controlador de lazo cerrado PID.

2.6.2 Control de dos posiciones o encendido y apagado (on/off)

Un sistema de control de dos posiciones, el elemento de actuación solo tiene dos posiciones fijas, (Ogata, 2010) en este caso únicamente será encendido y apagado de las bombas peristálticas según sea el valor del sensor de pH

La norma IEC60751, indica que los sensores de pH deben ser calibrados mediante el valor ya conocido de pH, tales como pH7, pH4 y pH10; según el orden de medio, bajo y luego alto.

Según la norma IEC751: 1983, indica que, para las condiciones de proceso el sensor de pH debe tener un contacto adecuado con el medio. Para este caso, en líquidos debe ser 5 a 8 veces el diámetro del sensor (Aguilera & Ramirez, 2016).

En la **Figura 2.19** muestra el diagrama de bloques de manera general para un controlador de dos posiciones y en la **Figura 2.20** el diagrama de bloques para el sistema del proyecto.

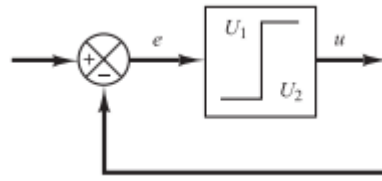


Figura 2-19 Diagrama de bloques de un controlador on/off

Fuente: (Ogata, 2010)

Elaboración propia

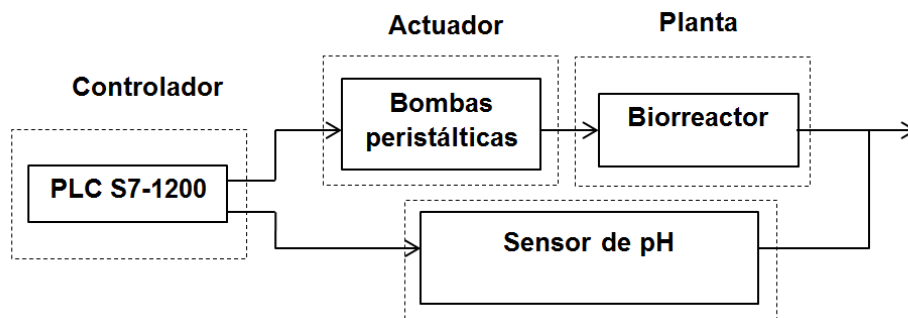


Figura 2-20 Diagrama de bloques del controlador del sensor de pH

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

La programación del motor base se tiene un bloque comparador de valores en el que se compara el valor real con el valor colocado por usuario activando la salida digital %Q0.0 llamada "MOTOR BASE" en caso exista una solución cuyo pH sea ácido, en la **Figura 2.21** se muestra la línea de programa en TIA Portal.

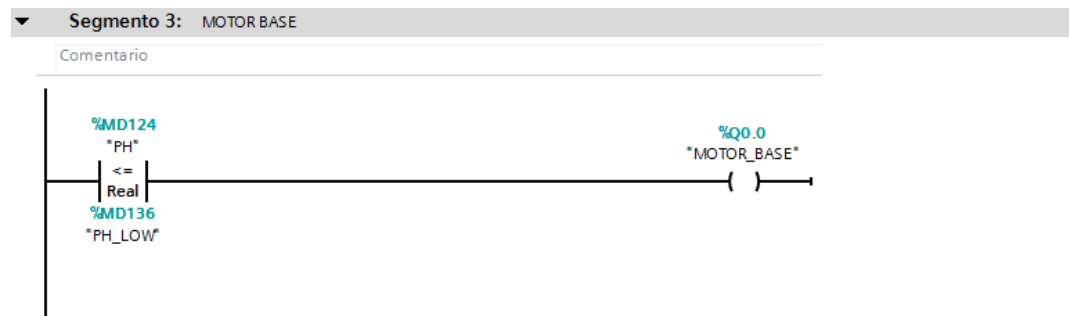


Figura 2-21 Programación para el motor base

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

La programación del motor ácido se tiene un bloque comparador de valores en el que se compara el valor real con el valor colocado por usuario activando la salida digital %Q0.1 llamada “MOTOR ACIDO” en caso exista una solución cuyo pH sea básico, en la **Figura 2.22** se muestra la línea de programa en TIA Portal.

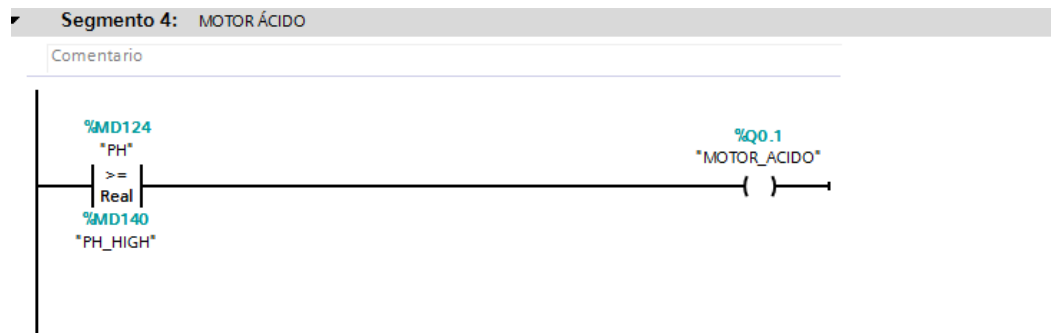


Figura 2-22 Programación para el motor ácido

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

2.7 Diseño del tablero de control

Como se indicó en el capítulo 1, el área de Ingeniería en Mecánica es la responsable de los materiales para la construcción, diseño y análisis de la caja del tablero de control. En la **Figura 2.23** se presenta la parte frontal de la caja.

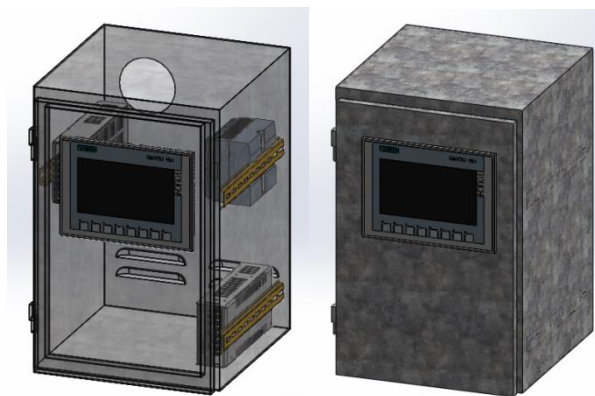


Figura 2-23 Parte frontal de la caja

Fuente: Saeteros, 2017

2.7.1 Cableado del tablero de control

2.7.1.1 Disposición interna del tablero de control

En la **Figura 2.24** presenta la parte frontal del tablero de control, dispuestos por la parte del controlador, los dispositivos de control y las diferentes fuentes de alimentación usadas para el prototipo de biorreactor presentado.

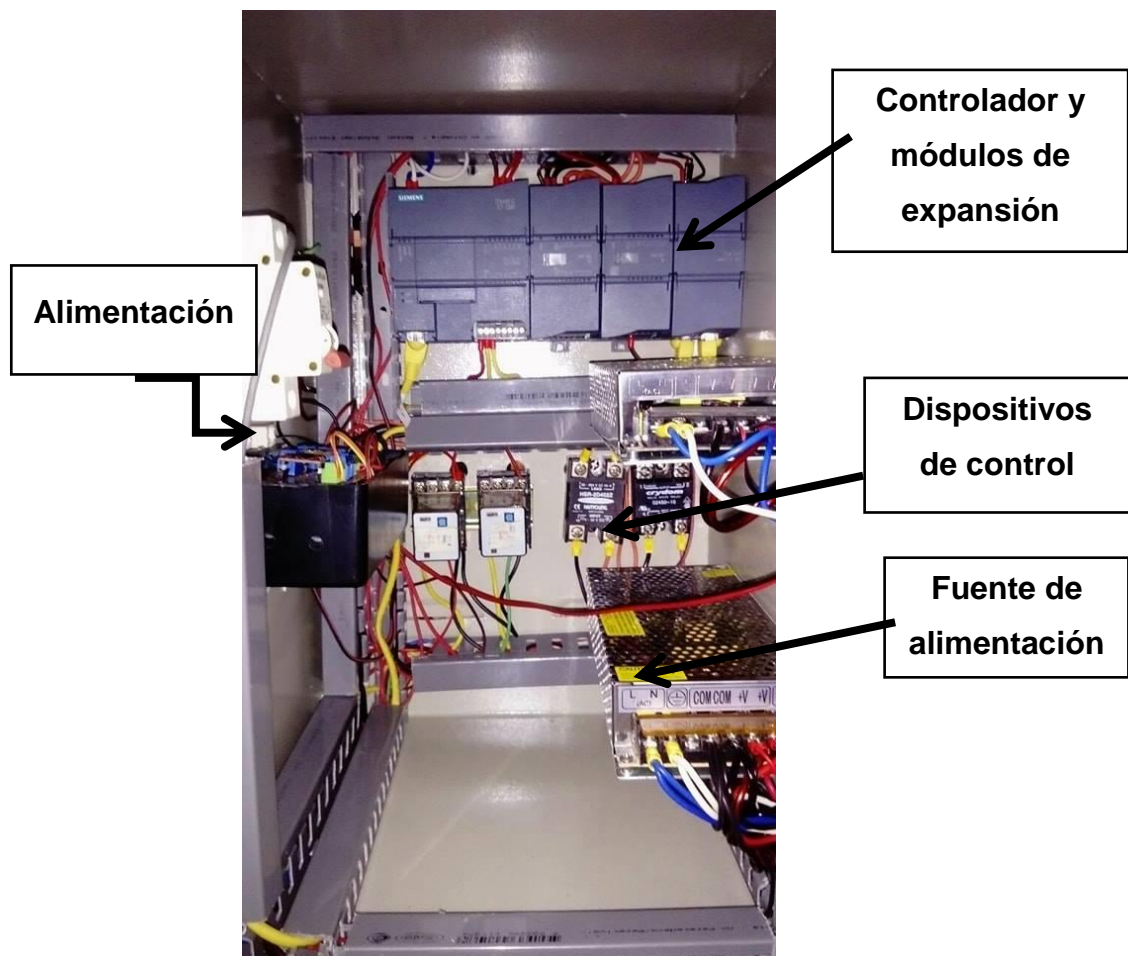


Figura 2-24 Parte interna del tablero de control

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

2.7.1.2 Disposición externa del tablero de control

En la **Figura 2.25** presenta la parte externa del tablero de control, específicamente el área de conexionado de los sensores usando en el proyecto para que el usuario disponga de una mayor manipulación, amigable y evite equivocaciones en caso sea usado por alguna persona ajena al mismo ya que el biorreactor será dispuesto para un laboratorio de Ingeniería en Alimentos.

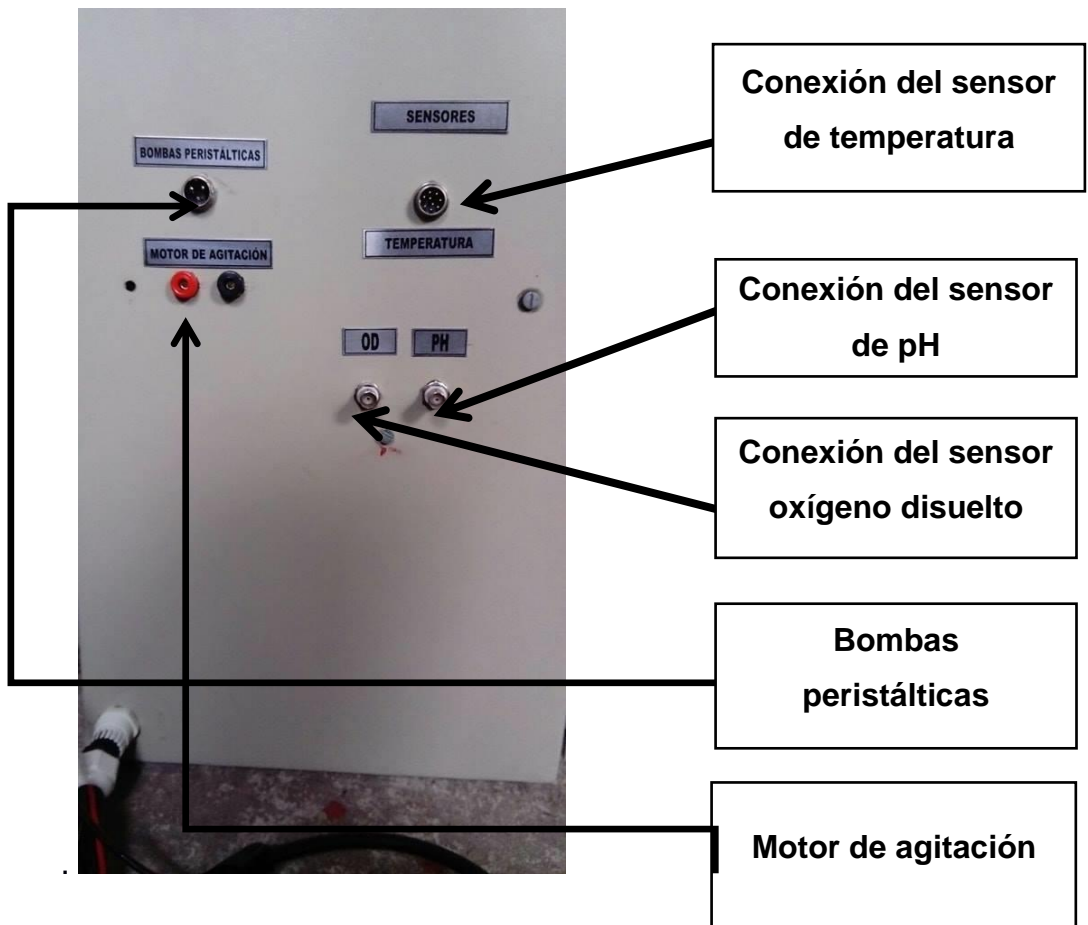


Figura 2-25 Parte externa del tablero de control: conexión de sensores

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

2.7.1.3 Parte frontal del tablero de control

En la **Figura 2.26** se encuentra la disposición del HMI para interacción del usuario con el controlador para el ingreso, observación y/o manipulación de los datos enviados por los sensores. Además, cuenta con un paro de emergencia en caso exista sobre voltaje o falla del suministro eléctrico.



Figura 2-26 Parte frontal del tablero de control: Interfaz gráfica

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS

3.1 Análisis de resultados

En este apartado se revisa y analiza los resultados obtenidos durante el proceso del desarrollo del biorreactor, con lo cual se plantea los resultados obtenidos durante el proceso de optimización inicial y final del controlador PID usado para el sensor de temperatura. De la misma manera, los datos que se obtuvieron al final de la validación del proyecto de los tres sensores utilizados para el proyecto. Por último, se presenta el análisis de costos de materiales para validación, diseño y construcción del biorreactor a escala de laboratorio propuesto.

3.2 Resultado del controlador PID

3.2.1 Optimización inicial

La optimización de los parámetros PID se realiza durante el calentamiento. Para ello se lleva a cabo una identificación del proceso seguida de un diseño del regulador (SIEMENS, 2017), en la **Figura 3.1** muestra la optimización inicial del controlador PID.

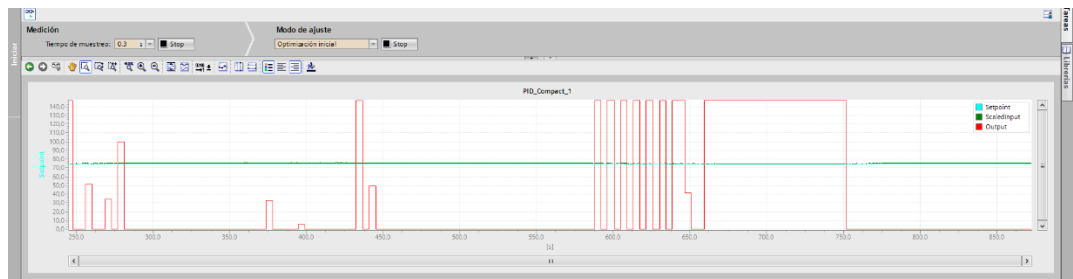


Figura 3-1 Gráfico de optimización inicial del controlador PID

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

Durante esta optimización, el punto de operación del estado frío se pone en marcha a través de un escalón de consigna.

Con TUN_ON = TRUE, cree la disposición de optimización. El regulador cambia de PHASE = 0 a PHASE = 1 (SIEMENS, 2017). En la **Figura 3.2** se observa las diferentes fases de la optimización fina.

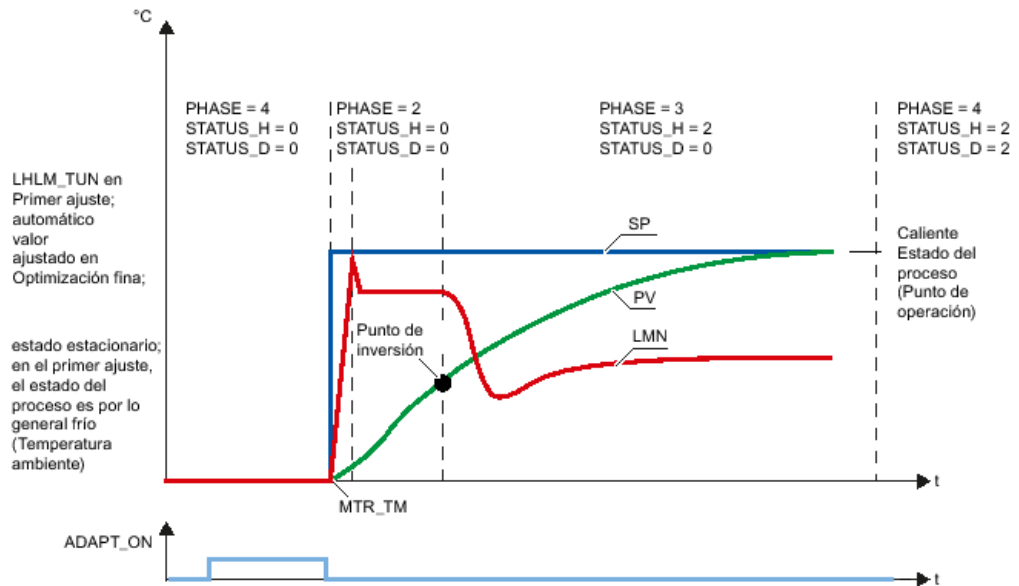


Figura 3-2 Fases de la optimización fina del controlador PID

Fuente: (SIEMENS, 2017)

3.2.2 Optimización fina

La optimización fina solo puede realizarse después de una optimización inicial de forma correcta (SIEMENS, 2017). La **Figura 3.3** muestra la optimización fina que se desarrolló en el proyecto, tuvo como finalidad tener un controlador PID mucho más eficiente, a medida que se explique en este apartado, se muestra el valor online alcanzado usando la instrucción del controlador PID_Compact V2 y la vista online teniendo un valor ingresado por usuario de 75 °C.

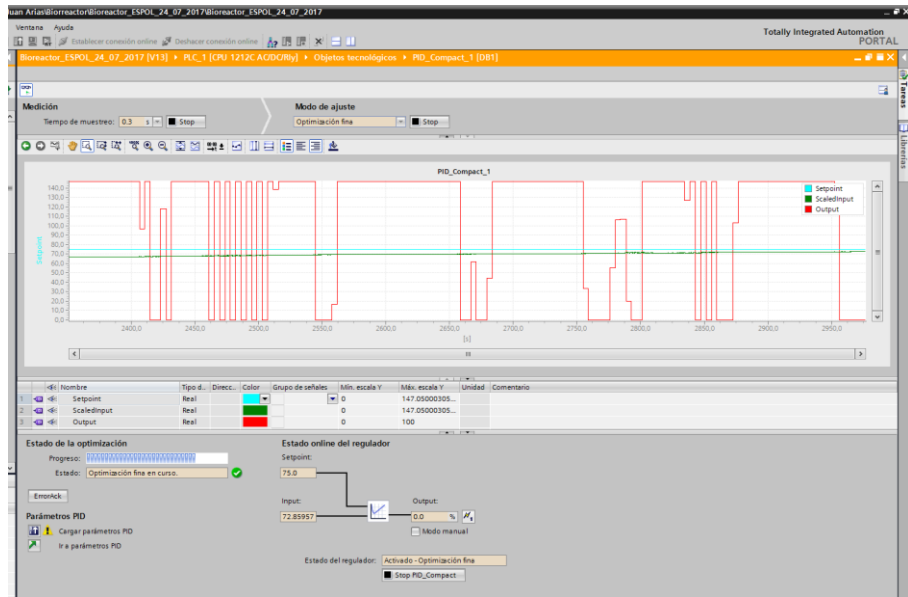


Figura 3-3 Gráfico de optimización fina del controlador PID

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

La variable cuya manipulación depende de la optimización, en este caso la temperatura se aplica mediante activación del bit de inicio TUN_ST (transición fase 1 -> 2) (SIEMENS, 2017). En caso se modifica alguna consigna, la nueva no es efectiva hasta que no se alcanza el punto de inversión.

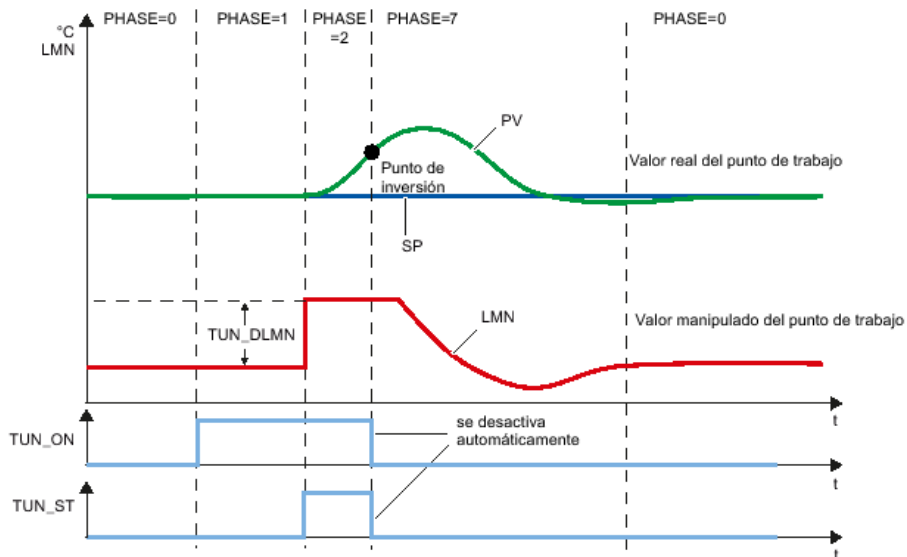


Figura 3-4 Fases de la optimización fina del controlador PID

Fuente: (SIEMENS, 2017)

Para el análisis del estado del regulador se colocó un setpoint de 75 °C para poder realizar la optimización fina que requería el sistema; de acuerdo al

análisis de datos se obtuvo un error aproximado de 0,5 °C, como se muestra en la **Figura 3.5**.

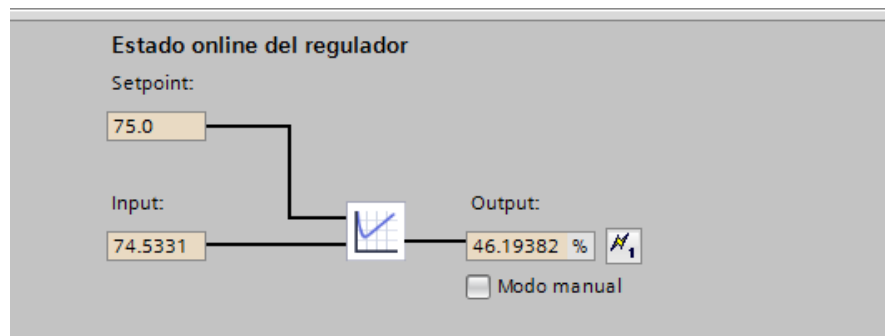


Figura 3-5 Estado online del regulador

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

3.3 Resultado de temperatura, pH y oxígeno disuelto

Tabla 3.1 Datos temperatura, pH y OD

Muestra	Tiempo (h)	Temperatura (°C)	pH	OD (ppm)
0	0	28.16	6.96	58
1	1	30.63	5.76	56
2	2	33.11	5.67	55
3	3	33.20	5.35	55
4	4	34.15	5.59	51
5	5	35.61	4.78	47
6	6	36.43	4.25	44
7	7	36.43	4.02	40
8	8	36.43	4.21	37
9	16	29.66	4.07	36
10	17	29.81	3.77	35
11	18	30.32	4.34	35
12	19	31.00	4.25	23

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

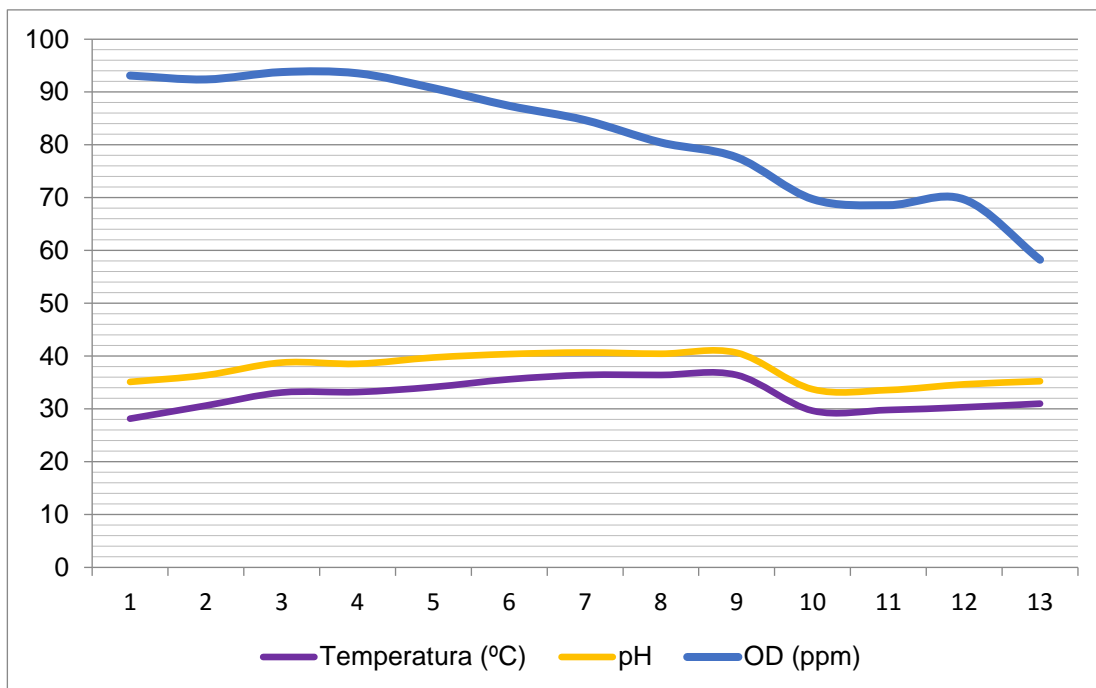


Figura 3-6 Parámetro de temperatura, pH y oxígeno disuelto

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

Usando la **Tabla 3.1** donde se observan los datos de los valores de temperatura, pH y oxígeno disuelto se procede a obtener un gráfico con respecto al tiempo de dichas variables. A partir de estos datos, es posible demostrar la estabilidad del parámetro temperatura a 30°C lo cual es importante para el crecimiento del producto que se espera en el proyecto, es decir, *Saccharomyces cerevisiae*

3.4 Análisis de Costos

En esta sección se muestra los valores para los costos implicados, el análisis de costos del biorreactor rediseñado, tomando los costos ya analizados en el documento de tesis denominado “Diseño de un biorreactor a escala de laboratorio y su sistema de control”, y del cual, el presente proyecto, continua con el mejoramiento y robustez del mismo.

En la siguiente **Tabla 3.2** muestra los costos de la estructura del equipo.

Tabla 3-2 Costos de estructura del biorreactor

Items	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Subtotal
1	1	Tanque SAE 304 – 0.28 m x 0.26 m	\$ 120.00	\$ 120.00
2	1	Eje de transmisión SAE 304 - Ø 16 mm x 360 mm	\$ 30.00	\$ 30.00
3	1	Impulsor SAE 304 - Ø 112 mm x 25 mm	\$ 150.00	\$ 150.00
4	4	Baffles SAE 304 - 28 mm x 215 mm	\$ 100.00	\$ 400.00
5	1	Base del tanque SAE 304 - 520 mm x 8 mm x 400 mm	\$ 180.00	\$ 180.00
6	1	Base del motor SAE 304 - 520 mm x 8 mm x 60 mm	\$ 100.00	\$ 100.00
7	4	Ejes de la estructura SAE 304 - Ø 13 mm x 382 mm	\$ 70.00	\$ 280.00
8	1	Cañería de aireación SAE 304 - Ø 55 mm	\$ 15.00	\$ 15.00
9	4	Soportes de duralón (estándar)	\$ 50.00	\$ 200.00
10	1	Pintura epóxica (1 litro)	\$ 60.00	\$ 60.00
11	----	Elementos de ajuste y otros	\$ 30.00	\$ 30.00
TOTAL				\$ 1 565.00

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

En la **Tabla 3.3** se detallan los costos de los componentes que requiere el biorreactor para su funcionamiento y mejor desempeño.

Tabla 3-3 Costos de complementos del biorreactor

Ítems	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Subtotal
1	1	Motor DC (44 - 1991 W)	\$ 500.00	\$ 500.00
2	2	Bombas peristálticas (0 - 100 ml/min)	\$ 35.00	\$ 70.00
3	1	Sensor de Temperatura (-20°C - 420 °C)	\$ 20.00	\$ 20.00
4	1	Transmisor de señal Pt100	\$ 60.00	\$ 60.00
5	1	Sensor de pH - Atlas Scientific (0.001 – 14.000)	\$ 250.00	\$ 250.00
6	1	Arduino Mega	\$ 35.00	\$ 35.00
7	1	Bomba de aire (6 l/min)	\$ 11.00	\$ 11.00
8	1	Piedra difusora	\$ 2.00	\$ 2.00
9	3	Diseño e impresión de circuitos eléctricos	\$ 40.00	\$ 120.00
10	1	SIMATIC S7 1200 1212C AC/DC/RELÉ	\$ 500.00	\$ 500.00
11	1	SIMATIC HMI KTP700 BASIC	\$ 800.00	\$ 800.00
12	1	RELE ESTADO SOLIDO CRYDOM D2450 3-32VDC 50A	\$ 100.00	\$ 100.00
13	1	Componentes electrónicos varios	\$ 200.00	\$ 200.00
14	1	CSM1277 Switch Industrial Ethernet	\$ 240.00	\$ 240.00
15	2	CONVERSION UART A RJ45	\$ 20.00	\$ 40.00
16	1	EZO™ Dissolved Oxygen Circuit + Dissolved Oxygen Probe + 125ml (4oz) 0 Dissolved Oxygen calibration solution + Pre-Assembled Female BNC connector	\$ 297.00	\$ 297.00
17	1	Componentes mecánicos varios	\$ 200.00	\$ 200.00
TOTAL				\$ 3 445.00

Fuente: Arias, 2017

Elaboración propia

En la **Tabla 3.4** se detallan los insumos adquiridos para la validación del funcionamiento del biorreactor. Estos elementos son requeridos para las pruebas que se realicen en el equipo.

Tabla 3-4 Insumos para pruebas en laboratorios del proceso biotecnológico

Items	Cantidad	REACTIVOS	Precio unitario	Precio total
1	2	GLUCOSA ANHIDRO ACS 1KG, FISHER	\$ 80.00	\$ 160
2	1	HIERRO II SULFATO HEPTAHIDRATADO (sulfato ferroso) 500 gr FISHER	\$ 36.80	\$ 36.8
3	1	MAGNESIO SULFATO HEPTAHIDRATADO ACS 500GR, FISHER	\$ 45.78	\$ 45.78
4	1	POTASIO CLORURO ACS 1 KG, FISHER	\$ 45.12	\$ 45.12
5	1	POTASIO HIDROXIDO ACS 500 GR, FISHER	\$ 31.80	\$ 31.8
6	2	AMONIO SULFATO ACS 500 GR. FISHER	\$ 38.29	\$ 76.58
7	2	Fosfato dibásico de Potasio (KH_2PO_4) (500 gr)	\$ 125.00	\$ 250
8	2	Fosfato monobásico de potasio (K_2HPO_4) (500 gr)	\$ 125.00	\$ 250
9	4	MATRAZ ERLLENMEYER 100ML BOCA ESTRECHA, OBEROI	\$ 2.95	\$ 11.8
10	4	MATRAZ ERLLENMEYER 250ML DURAN SCHOTT	\$ 4.10	\$ 16.4
11	6	FRASCO AUTOCLAVABLE GRAD. T/ROSC/AZUL 500ML, DURAN SCHOTT	\$ 8.65	\$ 51.9
12	6	FRASCO AUTOCLAVABLE GRAD. T/ROSC/AZUL 250ML, DURAN SCHOTT	\$ 6.35	\$ 38.1
13	4	MATRAZ ERLLENMEYER 250ML DURAN SCHOTT	\$ 4.10	\$ 16.4

14	4	MATRAZ ERLLENMEYER 500ML BOCA ANCHA, OBEROI	\$ 5.60	\$ 22.4
15	4	MATRAZ ERLLENMEYER 1000ML, DURAN SCHOTT	\$ 8.25	\$ 33
16	4	FRASCO AUTOCLAVABLE GRAD. T/ROSC/AZUL 500ML, DURAN SCHOTT	\$ 8.65	\$ 34.6
17	2	Microplacas estériles	\$ 56.00	\$ 112
18	2	Puntas no estériles (1000 ul, 200 ul, 10 ul)	\$ 85.50	\$ 171
19	2	Cajas Petri	\$ 45.50	\$ 91
20	2	Puntas no estériles (10 ml)	\$ 62.70	\$ 125.4
TOTAL:				\$ 1620.08

Fuente: Arias, Saeteros & Sornoza, 2017

Elaboración propia

El costo final del proyecto, el cual comprende los valores de los costos de materiales, fabricación y validación del biorreactor, se ha calculado con un valor aproximado de **\$ 6 630.08**; a esto, se debe considerar el costo de mano de obra y utilidades para la fabricación de un prototipo de biorreactor.

CAPÍTULO 4

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El diseño, construcción y validación del presente biorreactor exige y cumple los requerimientos de la carrera de Ingeniería en Alimentos, de esta forma garantiza la viabilidad del desarrollo y fabricación de estos equipos a nivel nacional para proporcionar su fiabilidad y funcionalidad a los diferentes laboratorios del país.

Este equipo está en capacidad de competir con los equipos diseñados fuera del país por su alta integridad y bajo en costo de construcción y mantenimiento. Se considera una fortaleza importante del equipo con la interacción usuario-equipo debido a la interfaz gráfica que éste ofrece mediante una pantalla táctil para el control y monitoreo de las variables a controlar dentro del equipo. A su vez, el equipo informa al usuario mediante una alarma las maniobras a realizarse al momento que las propiedades del fluido dentro del biorreactor llegan a ciertos parámetros determinados por los sensores. Además, el prototipo desarrollado y rediseñado posee una vida útil prolongada debido a la calidad de los materiales, el control de temperatura de la sustancia dentro del fluido, del tablero de control y a la sujeción correspondiente de los componentes electrónicos de ésta.

4.1 Conclusiones

- Se utilizó un equipo capaz de llevar a cabo las diferentes necesidades que requerían la carrera de Ingeniería en Alimentos en cuanto al uso de los parámetros físicos utilizados en el presente proyecto.
- Se utilizó la herramienta de PID usada por el PLC para el manejo y optimización fina del controlador teniendo un ajuste del 100% con un error de 0,03 °C para la variable de temperatura.
- Se corroboraron los resultados obtenidos mediante los cálculos analíticos y las simulaciones con los obtenidos durante las pruebas de cultivo de la bacteria *bacillus subtilis* (duración del cultivo de 24 a 48 horas) mediante un sensor de temperatura controlado por Arduino. **El error entre las temperaturas reales y teóricas está alrededor de 1.5%.**

- La temperatura del fluido en los alrededores de los equipos electrónicos es menor a sus temperaturas críticas, lo que les proporciona a estos equipos una vida útil más prolongada en comparación con la operación de estos equipos a una temperatura mayor a sus máximas temperaturas de operación.

4.2 Recomendaciones

- La limpieza del equipo resulta difícil de realizar debido a que los elementos de la estructura de soporte del biorreactor son relativamente pesados y el sistema de sujeción del eje para el proceso de mezcla con el motor no da la facilidad de un acople y desacople rápido. Esto implica a dos operadores para el proceso de limpieza del equipo, proceso de mucha importancia por las condiciones que requiere cada proceso de cultivo.
- Actualmente el proceso de calibración no cuenta con una interfaz propia de esa operación, por lo que el proceso lo realiza el operador de forma manual mediante la pantalla táctil del equipo. Esto es debido a problemas de comunicación de ciertos sensores con el sistema de control. Se recomienda, por tanto, implementar una interfaz de calibración de sensores como un proceso de preparación del equipo para los cultivos y las pruebas que se deban realizar.
- Se recomienda un cambio periódico de las mangueras de las bombas peristálticas debido a que no son capaces de soportar las sustancias ácidas y básicas; lo que provoca que se deterioren con mayor rapidez, además que se considera para una mejor operación de datos usar otros tipos de sensores industriales de los parámetros usados para que el producto final obteniendo valores y resultados mucho más precisos y exactos.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, M., & Ramirez, D. (2016). *Diseño de un biorreactor a escala de laboratorio y su sistema de control*. Guayaquil, Ecuador: ESPOL.
- Arduino. (2018). *Arduino*. Recuperado el agosto de 2017, de <http://arduino.cl/arduino-mega-2560/>
- Atlas Scientific. (2016). *Atlas Scientific*. Obtenido de https://www.atlas-scientific.com/_files/_datasheets/_circuit/pH_EZO_datasheet.pdf
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación*. Colombia: Pearson Education.
- Bolton, W. (2006). *Ingeniería de Control*. México: Alfaomega.
- Creus, A. (1997). *Instrumentacion Industrial*. Barcelona: Alfaomega-marcombo.
- Díaz-Montaño, D. (2013). *Continuous Agave Juice Fermentation for Producing Bioethanol*. México.
- EBCHQ. (2016). *Automatizacion & Control*. Obtenido de INGENIERIA LTDA: <http://www.aycingenieria.com/manuales/69040.pdf>
- Ebel, F., Idler, S., Prede, G., & Scholz, D. (2007). *Fundamentos de la técnica de automatización*. Denkendorf, Alemania: Festo Didactic GmbH & Co.
- Eugene, A., & Ganesh, N. (2006). *Fermentation Technology and Bioreactor Design*. Taylor & Francis Group, LLC, 4-26.
- Flendrig, L., Soe, J., Jorning, G., Steenbeek, A., Karlsen, O., Browee, W., et al. (1997). In vitro evaluation of a novel bioreactor based on an integral oxygenator and a spirally wound nonwoven polyester matrix for hepatocyte culture as small aggregates. *Journal of Hepatology*, 1379-1392.
- Flores, F., & Velín, J. (2014). *Diseño y construcción de un biorreactor anaerobio en fase líquida para tratar aguas residuales de curtiembre*. Riobamba: Escuela Politecnica de Chimborazo.

- García, N., Diez, J., & Juan, C. (9 de septiembre de 2014). *AUTOMATIZACION INDUSTRIAL (1772)*. Obtenido de Grado en Ingeniería Electrónica y Automática Industrial: http://umh1772.edu.umh.es/wp-content/uploads/sites/799/2013/02/Tema7_parte3.pdf
- Guerrero, V., L-Yuste, R., & Martínez, L. (2009). *Comunicaciones industriales*. Alfaomega.
- Herger, L., & Bodarky, M. (2015). Engaging Students with Open Source Technologies and Arduino. *IEEE Integrated STEM Education Conference*, 27-32.
- Horra, M. (2013). Sistemas de adquisición de datos basados en la plataforma Arduino: aplicaciones a Matlab, Simulink y Android. 133.
- Jiménez, D., Medina, S., & Gracida, J. (2010). Propiedades, aplicaciones y producción de biotensoactivos. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 26(1), 65-84.
- Kuehn, S., & Ladage, T. (2015). Excellent Clinical Logistics. *Pharmaceutical Manufacturing*, 14(1).
- Ladage, T. (Febrero de 2015). *Nice Insight*. Obtenido de Preferencias de la selección de un biorreactor.: <http://www.niceinsight.com/articles.aspx?post=1416&title=bioreactor+preference+s+from+an+outsourcing+perspective+>
- LAMBDA MINIFOR. (2016). *Biorreactor y Fermentador*. Obtenido de <http://www.bioreactors.eu/es/biorreactor/innovaciones-y-ventajas/novedoso-sistema-de-mezclado-no-rotacional.html>
- Loera, P. (2003). *Simulación estocástica y control óptimo de procesos para el tratamiento de aguas residuales de excretas porcinas*. Mexico: Universidad de Sonora.

- López, A., & Aricapa, J. (2015). *Implementación de un sistema de adquisición de datos para el análisis cinemático en un mecanismo plano*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- López, E., Valadez, R., & Ramírez, F. (2013). *Automatización de un biorreactor piloto*. Huajuapán de León: Universidad Tecnológica de la Mixteca.
- Mandado, E., Marcos, J., Fernández, C., & Armesto, J. (2009). *Autómatas programables y sistemas de automatización*. Barcelona: Marcombo.
- Mandado, E., Mariño, P., & Lago, A. (1995). *Instrumentación electrónica*. Marcombo.
- Martínez, J., & Peña, J. (2015). Sistema de control y monitoreo de temperatura para los ambientes de acondicionamiento primario de la planta de envase y empaque de laboratorios Bagó de Bolivia S.A. *Journal Boliviano de Ciencias*, 11(33), 9-22.
- Mitchell, D., Lonsane, B., Durand, R., Renaud, S., Maratray, J., Desgranges, C., et al. (1992). General principles of reactor design and operation for solid substrate cultivation. In Rolz (Ed.), *Solid substrate cultivation.*, 115-139.
- Muthusamy, K., Gopalakrishnan, S., Ravi, T., & Sivachidambaram, P. (2008). Biosurfactants: Properties, commercial production and application. *Current Science*, 94(6), 736-747.
- Najafpour, G. (2006). *Biochemical Engineering and Biotechnology*. Amsterdam: Elsevier.
- National Instrument. (s.f.). *¿Qué es Adquisición de Datos?* Obtenido de <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>
- Norton, G. (1991). *Bioreactor Design Fundamentals*. Texas: Butterworth-Heinemann.
- Nuñez-Ramírez, Marina, D., Medina, L., Valencia, J., Calderas, F., López-Miranda, J., et al. (2012). Study of the Rheological Properties of a Fermentation Broth of the Fungus *Beauveria bassiana* in a Bioreactor Under Different Hydrodynamic Conditions. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 22(11), 1494-1500.

- Ogata, K. (2010). *Ingeniería de control moderna*. Barcelona: Person.
- Pallás, R. (2004). *Sensor y condicionamiento de la señal*. Alfaomega.
- Rigon, M., Vandenberghe, L., Pedroni, A., & Soccol, C. (2011). Application of different types of bioreactors in bioprocesses. *Bioreactors: Design, Properties and Applications*, 53-87.
- Rodriguez, A., Cabrera, A., & Valencia, J. (2003). Diseño y construcción de los instrumentos de medición para un biorreactor prototipo. *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*, 24(1), 55-70.
- Ruiz-Leza, H., Rodriguez-Jasso, R., Rodriguez-Herrera, R., Contreras-Esquivel, J., & Aguilar, C. (2007). Diseño de biorreactores para fermentación en medio sólido. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 6(1), 33-40.
- Shoeb, E., Akhlaq, F., Badar, U., Akhter, J., & Samina, I. (2013). Classification and Industrial Applications of Biosurfactants. *Natural and Applied Sciences*, 4(3), 243-252.
- SIEMENS. (2009). *Patente nº 6ES7298-8FA30-8DH0*. Alemania.
- SIEMENS. (08 de 04 de 2016). *Industry Online Support*. Obtenido de [https://support.industry.siemens.com/cs/document/39334504/%C2%BFc%C3%B3mo-se-pueden-escalar-los-valores-enteros-para-entradas-salidas-anal%C3%B3gicas-en-valores-reales-y-los-valores-reales-en-valores-enteros-utilizando-el-step-7-\(tia-portal\)-y-s7-1200-s7-](https://support.industry.siemens.com/cs/document/39334504/%C2%BFc%C3%B3mo-se-pueden-escalar-los-valores-enteros-para-entradas-salidas-anal%C3%B3gicas-en-valores-reales-y-los-valores-reales-en-valores-enteros-utilizando-el-step-7-(tia-portal)-y-s7-1200-s7-)
- SIEMENS. (2017). *SIMATIC S7 -1200, S7-1500: Regulacion PID*. Alemania: Siemens.
- Sierra, A. (30 de noviembre de 2012). *mas D*. Obtenido de Revista Digital de Diseño: <http://masd.unbosque.edu.co/13/metodologias-para-el-diseno>
- Stoyanov, S., Rehage, H., & N-Paunov, V. (2003). Novel Surface Tension Isotherm for Surfactants Based on Local Density Functional Theory. *Physical Review Letters*.

Taylor & Francis Group. (2006). *Fermentation Process*.

Trujillo-Roldan, M., & Valdez-Cruz, N. (2009). El uso de biorreactores desechables en la industria biofarmacéutica y sus implicaciones en la ingeniería. *Red de Rvistas Cientificas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 76(158), 275-283.

Valencia, H., Saldarriaga, M., & Giraldo, J. (2013). *Fundamentos de Electrónica Industrial*. Medellín, Colombia: Universidad Pontificia Bolivariana.

Vargas, M., Castillo, G., Sandoval, J., & Brambila, A. (2015). Arduino una Herramienta Accesible para el Aprendizaje de Programación. *Revista de Tecnología e Innovación*, 2(4), 810-815.

Via industrial. (2016). *Todo en instrumentación, ferretería y suplementos industriales*.
Obtenido de Via industrial: <http://www.viaindustrial.com/pp/Transmisor-de-temperatura-tipo-Pt-100---montaje-en-cabezote-69010-ebchq-P102194>

APÉNDICES

APÉNDICE A

Especificaciones técnicas del equipo

Tabla 4-1 Especificaciones del biorreactor

Especificaciones técnicas de sensor Pt100	
Rango de Temperatura	-20 °C – 420 °C
Contactos terminales	3EA (3 hilos: A, B, b)
Tipo de vaina	Probeta sin cabeza
Material del tubo de protección (probeta)	Acero Inoxidable
Material de la rosca de fijación	Acero inoxidable
Material de aislamiento del cable teflón	Con resguardo electromagnético
Longitud de la probeta	100 mm (3,93 ft)
Diámetro de la probeta	5 mm (0,197 ft)
Longitud del cable	2000 mm (6,5 ft)
Diámetro de rosca de fijación	PT (1/4 ')
Especificaciones técnicas de transmisor de señal Pt100	
Rango	0 – 500 °C
Tipo de sensor	Pt 100
Precisión	0,15 %
Alimentación	20 – 30 VDC
Salida	4 – 20 mA (2 hilos)
Ajuste	Cero y Span
Código	P102194
Especificaciones técnicas del sensor de pH	
Rango	0.001 – 14.000
Tasa máxima	Una lectura por segundo
Sondas compatibles	Cualquier tipo y marca
Calibración	1, 2, 3 puntos
Compensación temporal	Sí
Protocolo de datos	UART & I ² C
Dirección predeterminada de I²C	(0 x 63)
Voltaje de operación	3,3 V – 5 V
Formato de datos (comunicación)	ASCII
Especificaciones técnicas del sensor de oxígeno disuelto	
Rango	0.01 – 35,99 mg/l

Tasa máxima	Una lectura por segundo
Sondas compatibles	Cualquier tipo de sonda galvánica
Calibración	1 o 2 puntos
Compensación de temperatura, salinidad y presión	Sí
Protocolo de datos	UART & I ² C
Dirección predeterminada de I ² C	(0 x 61)
Voltaje de operación	3,3 V – 5 V
Formato de datos (comunicación)	ASCII
Especificaciones técnicas de las bombas peristálticas	
Voltaje	DC 12 V
Condiciones de trabajo	0 – 40 °C
Humedad relativa	< 80 %
Razón de flujo	0 – 100 ml/min
Velocidad de rotación	0,1 – 100 rpm
Tamaño del conductor	∅: 27,6 mm x h: 37,9 mm
Cabezal	∅: 31,7 mm x h: 37,9 mm
Tubos de bomba (ID x OD)	∅: 2,5 mm x h: 37,9 mm
Peso	250 g
Especificaciones del tanque	
Capacidad total	14 litros
Capacidad nominal	10 litros
Diámetro	280 mm
Altura del cuerpo	260 mm
Material	Acero AISI SAE 304
Espesor	1 mm
Especificaciones del sistema de agitación	
Tipo de impulsor	Turbina “vertical blade”
Número de aspas	6
Diámetro del agitador	112 mm
Potencia del impulsor	0,5 HP
Tasa de circulación interna	0,012 m ³ /s
Velocidad lineal superficial	0,19 m/s
Número de baffles	4
Diámetro del eje	16 mm
Material del eje e impulsor	Acero AISI SAE 304
Especificaciones del sistema de calentamiento	

Método de calentamiento	Resistencia externa
Flujo de calor	14,76 W
Área de transferencia de calor	0,062 m ²
Tiempo de calentamiento	2,46 s
Coefficiente global de transferencia de calor	625 W/m ² * K

Fuente: Arias, Saeteros & Sornoza, 2017

Elaboración propia

APÉNDICE B
Programación en TIA Portal

Bioreactor_ESPOL / PLC_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] / Bloques de programa

Main [OB1]

Main Propiedades

General

Nombre	Main	Número	1	Tipo	OB	Idioma	KOP
Numeración	automática						

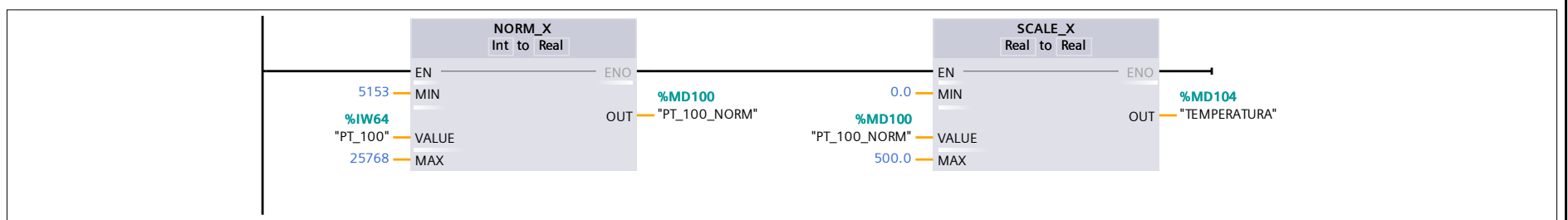
Información

Título	"Main Program Sweep (Cycle)"	Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada					

Main

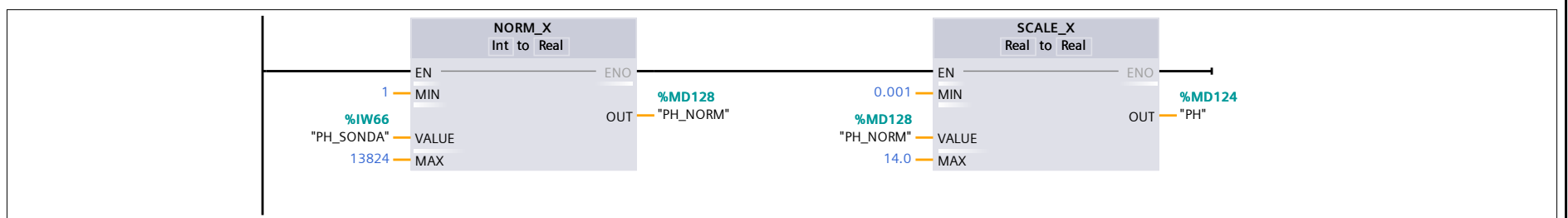
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
▼ Input			
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB
Remanence	Bool		=True, if remanent data are available
Temp			
Constant			

Segmento 1: TEMP LECTURA



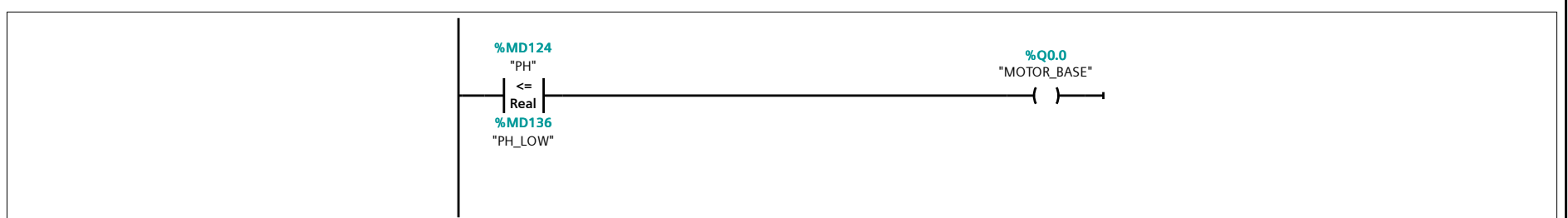
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"PT_100"	%IW64	Int	
"PT_100_NORM"	%MD100	Real	
"TEMPERATURA"	%MD104	Real	

Segmento 2: PH LECTURA



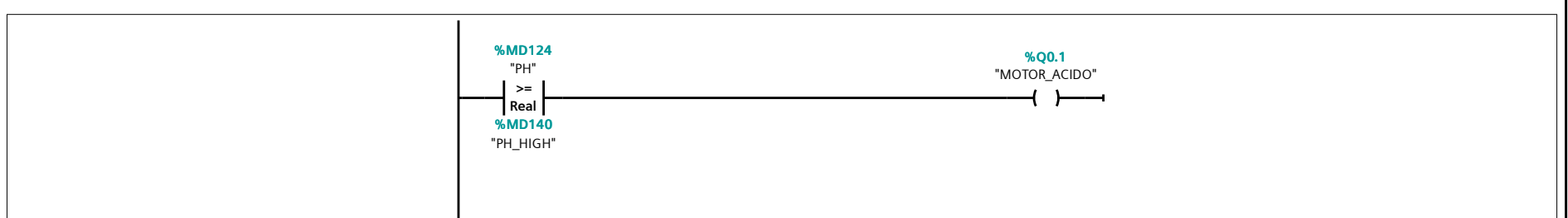
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"PH"	%MD124	Real	
"PH_NORM"	%MD128	Real	
"PH_SONDA"	%IW66	Int	

Segmento 3: MOTOR BASE



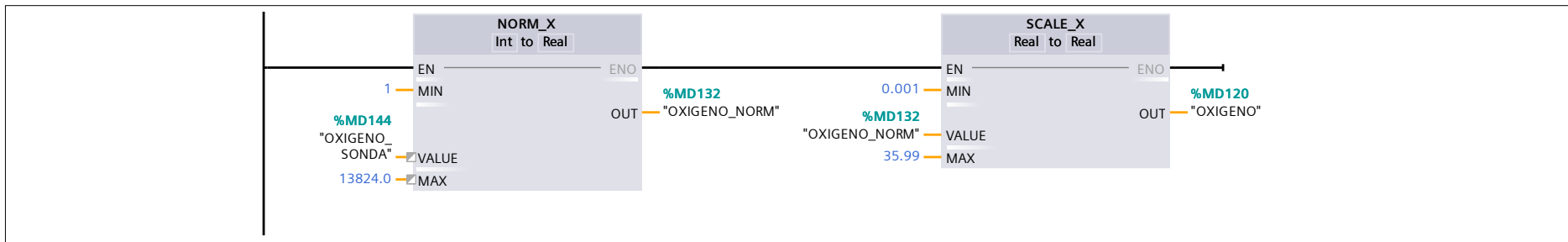
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"MOTOR_BASE"	%Q0.0	Bool	
"PH"	%MD124	Real	
"PH_LOW"	%MD136	Real	

Segmento 4: MOTOR ÁCIDO



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"MOTOR_ACIDO"	%Q0.1	Bool	
"PH"	%MD124	Real	
"PH_HIGH"	%MD140	Real	

Segmento 5: OXIGENO LECTURA



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"OXIGENO"	%MD120	Real	
"OXIGENO_NORM"	%MD132	Real	
"OXIGENO_SONDA"	%MD144	Real	

Bioreactor_ESPOL / PLC_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] / Bloques de programa

Cyclic interrupt [OB30]

Cyclic interrupt Propiedades

General

Nombre	Cyclic interrupt	Número	30	Tipo	OB	Idioma	KOP
--------	------------------	--------	----	------	----	--------	-----

Numeración	automática
------------	------------

Información

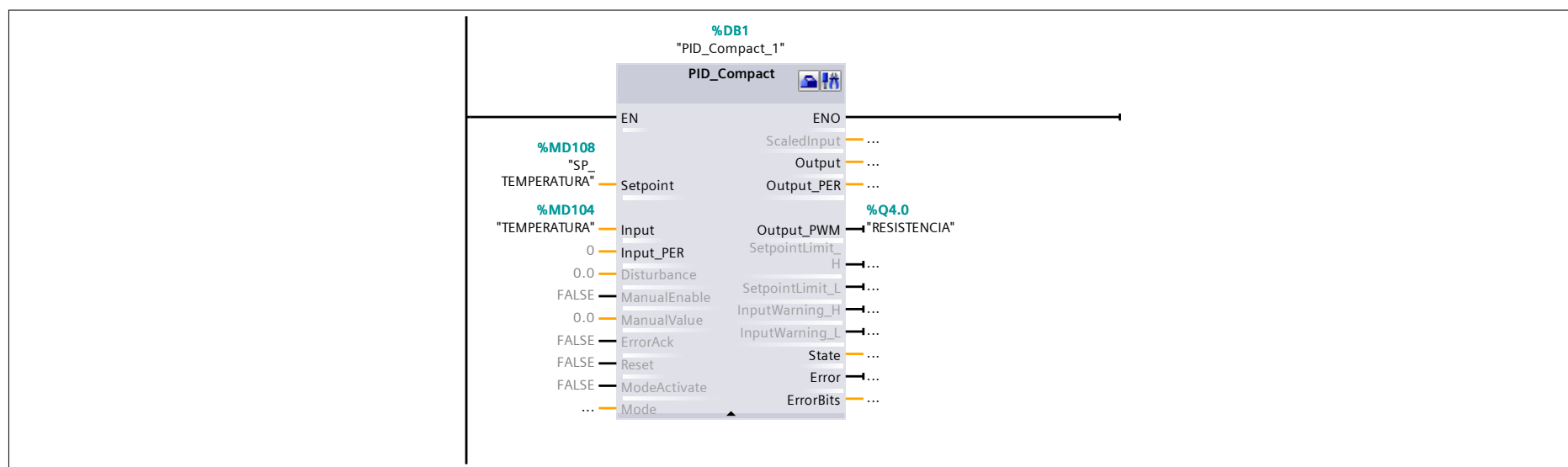
Título		Autor		Comentario		Familia	
--------	--	-------	--	------------	--	---------	--

Versión	0.1	ID personalizada	
---------	-----	------------------	--

Cyclic interrupt

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
▼ Input			
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB
Event_Count	Int		Events discarded
Temp			
Constant			

Segmento 1:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"RESISTENCIA"	%Q4.0	Bool	
"SP_TEMPERATURA"	%MD108	Real	
"TEMPERATURA"	%MD104	Real	

Imágenes

Menú Principal

Copia impresa de Menú Principal



General

Nombre	Menú Principal	Color de fondo	181; 182; 181	Color Cuadrícula	214; 215; 222
Número	1	Plantilla	Plantilla_1	Tooltip	

Niveles

Nivel activo	0
---------------------	---

Nivel_0	Verificado
Nivel_1	Verificado
Nivel_2	Verificado
Nivel_3	Verificado
Nivel_4	Verificado
Nivel_5	Verificado
Nivel_6	Verificado
Nivel_7	Verificado
Nivel_8	Verificado
Nivel_9	Verificado
Nivel_10	Verificado
Nivel_11	Verificado
Nivel_12	Verificado
Nivel_13	Verificado
Nivel_14	Verificado
Nivel_15	Verificado
Nivel_16	Verificado
Nivel_17	Verificado
Nivel_18	Verificado
Nivel_19	Verificado
Nivel_20	Verificado
Nivel_21	Verificado
Nivel_22	Verificado
Nivel_23	Verificado
Nivel_24	Verificado
Nivel_25	Verificado
Nivel_26	Verificado
Nivel_27	Verificado
Nivel_28	Verificado
Nivel_29	Verificado
Nivel_30	Verificado
Nivel_31	Verificado

Dinamizaciones\Evento

Nombre de evento	Creada
-------------------------	--------

Lista de funciones\DefinirVariable

Variable	Número_imagen_variable	Valor	1
-----------------	------------------------	--------------	---

HmiScreenItemData

Tipo	Campo de texto
-------------	----------------

General

Texto	PROYECTO MULTI-DISCIPLINARIO
--------------	------------------------------

Apariencia

Color de fondo	255; 227; 231	Patrón de relleno fondo	Transparente	Color de fondo borde	99; 101; 115
-----------------------	---------------	--------------------------------	--------------	-----------------------------	--------------

Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--

Color Borde	66; 73; 82	Ancho Borde	0	Estilo de línea	Doble línea
Color de primer plano	0; 0; 0	Radio de esquina (borde)	3		
Representación					
Margen inferior	2	Adaptar tamaño	Sin verificar	Altura	25
Posición X	80	Margen izquierdo	3	Margen derecho	2
Posición Y	203	Margen superior	2	Ancho	640
Texto					
Fuente	Tahoma, 16px, style=Bold	Alineación horizontal	Centrado	Orientación	Horizontal
Alineación vertical	Centro				
Parpadeo					
Parpadeo	Ninguno				
Estilos/diseños					
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar				
Misceláneo					
Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	HmiScreenItemData		

HmiScreenItemData_1					
Tipo	Campo de texto				
General					
Texto	DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE UN BIORREACTOR				
Apariencia					
Color de fondo	255; 227; 231	Patrón de relleno fondo	Transparente	Color de fondo borde	99; 101; 115
Color Borde	66; 73; 82	Ancho Borde	0	Estilo de línea	Doble línea
Color de primer plano	0; 0; 0	Radio de esquina (borde)	3		
Representación					
Margen inferior	2	Adaptar tamaño	Sin verificar	Altura	25
Posición X	80	Margen izquierdo	3	Margen derecho	2
Posición Y	231	Margen superior	2	Ancho	640
Texto					
Fuente	Tahoma, 16px, style=Bold	Alineación horizontal	Centrado	Orientación	Horizontal
Alineación vertical	Centro				
Parpadeo					
Parpadeo	Ninguno				
Estilos/diseños					
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar				
Misceláneo					
Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	HmiScreenItemData_1		

HmiScreenItemData_2					
Tipo	Campo de texto				
General					
Texto	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL				
Apariencia					
Color de fondo	255; 227; 231	Patrón de relleno fondo	Transparente	Color de fondo borde	99; 101; 115
Color Borde	66; 73; 82	Ancho Borde	0	Estilo de línea	Doble línea
Color de primer plano	0; 0; 0	Radio de esquina (borde)	3		
Representación					
Margen inferior	2	Adaptar tamaño	Sin verificar	Altura	25
Posición X	80	Margen izquierdo	3	Margen derecho	2
Posición Y	147	Margen superior	2	Ancho	640
Texto					
Fuente	Tahoma, 21px, style=Bold	Alineación horizontal	Centrado	Orientación	Horizontal
Alineación vertical	Centro				
Parpadeo					
Parpadeo	Ninguno				
Estilos/diseños					
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar				
Misceláneo					
Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	HmiScreenItemData_2		

HmiScreenItemData_3					
Tipo	Campo de texto				
General					
Texto	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN				
Apariencia					
Color de fondo	255; 227; 231	Patrón de relleno fondo	Transparente	Color de fondo borde	99; 101; 115
Color Borde	66; 73; 82	Ancho Borde	0	Estilo de línea	Doble línea
Color de primer plano	0; 0; 0	Radio de esquina (borde)	3		
Representación					
Margen inferior	2	Adaptar tamaño	Sin verificar	Altura	25
Posición X	80	Margen izquierdo	3	Margen derecho	2
Posición Y	175	Margen superior	2	Ancho	640

Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--

Texto					
Fuente	Tahoma, 16px, style=Bold	Alineación horizontal	Centrado	Orientación	Horizontal
Alineación vertical	Centro				
Parpadeo					
Parpadeo	Ninguno				
Estilos/diseños					
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar				
Misceláneo					
Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	HmiScreenItemData_3		

HmiScreenItemData_4					
Tipo	Campo de texto				
General					
Texto	JUAN ANDRÉS ARIAS VALLADOLID				
Apariencia					
Color de fondo	255; 227; 231	Patrón de relleno fondo	Transparente	Color de fondo borde	99; 101; 115
Color Borde	66; 73; 82	Ancho Borde	0	Estilo de línea	Doble línea
Color de primer plano	0; 0; 0	Radio de esquina (borde)	3		
Representación					
Margen inferior	2	Adaptar tamaño	Sin verificar	Altura	25
Posición X	80	Margen izquierdo	3	Margen derecho	2
Posición Y	287	Margen superior	2	Ancho	640
Texto					
Fuente	Tahoma, 16px	Alineación horizontal	Centrado	Orientación	Horizontal
Alineación vertical	Centro				
Parpadeo					
Parpadeo	Ninguno				
Estilos/diseños					
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar				
Misceláneo					
Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	HmiScreenItemData_4		

HmiScreenItemData_5					
Tipo	Campo de texto				
General					
Texto	IVETTE PAMELA SORNOZA LÓPEZ				
Apariencia					
Color de fondo	255; 227; 231	Patrón de relleno fondo	Transparente	Color de fondo borde	99; 101; 115
Color Borde	66; 73; 82	Ancho Borde	0	Estilo de línea	Doble línea
Color de primer plano	0; 0; 0	Radio de esquina (borde)	3		
Representación					
Margen inferior	2	Adaptar tamaño	Sin verificar	Altura	25
Posición X	80	Margen izquierdo	3	Margen derecho	2
Posición Y	315	Margen superior	2	Ancho	640
Texto					
Fuente	Tahoma, 16px	Alineación horizontal	Centrado	Orientación	Horizontal
Alineación vertical	Centro				
Parpadeo					
Parpadeo	Ninguno				
Estilos/diseños					
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar				
Misceláneo					
Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	HmiScreenItemData_5		

HmiScreenItemData_6					
Tipo	Campo de texto				
General					
Texto	FRANCISCO JAVIER SAETEROS PÉREZ				
Apariencia					
Color de fondo	255; 227; 231	Patrón de relleno fondo	Transparente	Color de fondo borde	99; 101; 115
Color Borde	66; 73; 82	Ancho Borde	0	Estilo de línea	Doble línea
Color de primer plano	0; 0; 0	Radio de esquina (borde)	3		
Representación					
Margen inferior	2	Adaptar tamaño	Sin verificar	Altura	25
Posición X	80	Margen izquierdo	3	Margen derecho	2
Posición Y	344	Margen superior	2	Ancho	640
Texto					
Fuente	Tahoma, 16px	Alineación horizontal	Centrado	Orientación	Horizontal
Alineación vertical	Centro				
Parpadeo					
Parpadeo	Ninguno				
Estilos/diseños					
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar				

--	--	--

Misceláneo

Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	HmiScreenItemData_6
-------	-------------	--------	---------------------

HmiScreenItemData_7

Tipo	Campo de texto
------	----------------

General

Texto	A ESCALA DE LABORATORIO CON SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO
-------	---

Apariencia

Color de fondo	255; 227; 231	Patrón de relleno fondo	Transparente	Color de fondo borde	99; 101; 115
Color Borde	66; 73; 82	Ancho Borde	0	Estilo de línea	Doble línea
Color de primer plano	0; 0; 0	Radio de esquina (borde)	3		

Representación

Margen inferior	2	Adaptar tamaño	Sin verificar	Altura	25
Posición X	80	Margen izquierdo	3	Margen derecho	2
Posición Y	259	Margen superior	2	Ancho	640

Texto

Fuente	Tahoma, 16px, style=Bold	Alineación horizontal	Centrado	Orientación	Horizontal
--------	--------------------------	-----------------------	----------	-------------	------------

Alineación vertical	Centro
---------------------	--------

Parpadeo

Parpadeo	Ninguno
----------	---------

Estilos/diseños

Configuración de estilo/diseño	Sin verificar
--------------------------------	---------------

Misceláneo

Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	HmiScreenItemData_7
-------	-------------	--------	---------------------

Imágenes

Oxigeno

Copia impresa de Oxigeno



General

Nombre	Oxigeno	Color de fondo	173; 174; 181	Color Cuadrícula	214; 215; 222
Número	4	Plantilla	Plantilla_1	Tooltip	

Niveles

Nivel activo	0
---------------------	---

Nivel_0	Verificado
Nivel_1	Verificado
Nivel_2	Verificado
Nivel_3	Verificado
Nivel_4	Verificado
Nivel_5	Verificado
Nivel_6	Verificado
Nivel_7	Verificado
Nivel_8	Verificado
Nivel_9	Verificado
Nivel_10	Verificado
Nivel_11	Verificado
Nivel_12	Verificado
Nivel_13	Verificado
Nivel_14	Verificado
Nivel_15	Verificado
Nivel_16	Verificado
Nivel_17	Verificado
Nivel_18	Verificado
Nivel_19	Verificado
Nivel_20	Verificado
Nivel_21	Verificado
Nivel_22	Verificado
Nivel_23	Verificado
Nivel_24	Verificado
Nivel_25	Verificado
Nivel_26	Verificado
Nivel_27	Verificado
Nivel_28	Verificado
Nivel_29	Verificado
Nivel_30	Verificado
Nivel_31	Verificado

Visor de curvas_1

Tipo	Visor de curvas
-------------	-----------------

Apariencia

Color de fondo	247; 243; 247	Color Foco	148; 182; 231	Ancho Foco	2
Color de regla	123; 125; 132	Color Escala	132; 130; 132	Mostrar regla	Verificado
Lado del eje de tiempo	Desde la derecha	Eje de referencia:	izquierda	Color Línea de cuadrícula:	123; 125; 132
Activar la línea de cuadrícula:	Verificado	Color de fondo:	239; 235; 239	Color Línea de cuadrícula:	Lines
Selección Color de fondo (apariencia)	214; 223; 239	Selección del color de primer plano (apariencia)	66; 73; 82		

Totally Integrated Automation Portal					
Representación					
Altura	283	Posición X	18	Posición Y	64
Ancho	564				
Borde					
Color de fondo (borde)	99; 105; 115	Color de primer plano (borde)	107; 113; 123	Ancho (borde)	1
Radio angular (borde)	4	Estilo (borde)	Compacto		
Texto					
Fuente	Tahoma, 13px, style=Bold	Fuente Tabla	Tahoma, 15px	Fuente título de la tabla	Tahoma, 15px, style=Bold
Barra de herramientas					
Barra de herramientas	Sin verificar				
Botón Borde					
Color de fondo:	99; 101; 115	Color de primer plano (Botón Borde)	156; 154; 165	Ancho:	1
Estilo:	Compacto	Radio angular (botón)	3		
Botón Patrón de relleno					
Color de fondo Gradiente (Botón Patrón de relleno)	239; 235; 239	Gradiente Color de fondo	239; 235; 239	Fondo Patrón de relleno (Botón Patrón de relleno)	Gradiente vertical
Color:	247; 247; 247	Ancho:	15	Color Gradiente 2 (Botón Patrón de relleno)	231; 223; 222
Ancho:	15	Gradiente 1 (Botón Patrón de relleno)	Verificado	Gradiente 2 (Botón Patrón de relleno)	Verificado
Tabla					
Número de entradas visibles	2	Mostrar líneas de cuadrícula	Verificado	Mostrar tabla de valores	Verificado
Color de fondo Tabla	255; 255; 255	Color Cuadrícula de tabla	255; 255; 255	Color de fondo Título de la tabla	132; 134; 140
Color de primer plano Título de la tabla	255; 255; 255	Color alternativo (apariciencia)	231; 231; 239		
Encabezado de tabla Borde					
Color de fondo (Encabezado de tabla borde)	99; 97; 107	Color (Encabezado de tabla Borde)	99; 97; 107	Ancho (Encabezado de tabla Borde)	1
Estilo (Encabezado de tabla Borde)	Compacto	Radio angular (Encabezado de tabla Borde)	2		
Encabezado de tabla Patrón de relleno					
Color de fondo Gradiente	132; 134; 140	Patrón de relleno (encabezado de tabla)	Gradiente vertical	Color Gradiente 1 (Encabezado de tabla Patrón de relleno)	123; 130; 140
Ancho Gradiente 1 (Encabezado de tabla Patrón de relleno)	15	Color Gradiente 2 (Encabezado de tabla Patrón de relleno)	90; 89; 99	Ancho Gradiente 2 (Encabezado de tabla Patrón de relleno)	15
Gradiente 1 (Encabezado de tabla Patrón de relleno)	Sin verificar	Gradiente 2 (Encabezado de tabla Patrón de relleno)	Verificado		
Eje X					
Valores intermedios de la rotulación de escala del eje X	Verificado	Incremento de marcas grandes del eje X	4	Incremento de marcas del eje X	5
Mostrar eje X	Verificado	Mostrar rotulación del eje X	Verificado	Inicio del eje de tiempo	0
Número de puntos para eje de tiempo	100	Fin de eje de tiempo	100	Modo del eje de tiempo	Tiempo
Intervalo de tiempo	100				
Eje Y izquierdo					
Mostrar eje Y izquierdo	Verificado	Rango de valores automático en eje Y izquierdo	Sin verificar	Valor inicial del eje Y izquierdo	0
Valor final del eje Y izquierdo	4	Línea auxiliar del eje Y izquierdo	Verificado	Valor de la línea auxiliar del eje Y izquierdo	2
Mostrar rotulación del eje Y izquierdo	Verificado	Rotulación de escala de valores intermedios en eje Y izquierdo	Verificado	Longitud Rotulación Eje Y izquierdo	3
Incremento de marcas en eje Y izquierdo	1	Incremento de marcas grandes en eje Y izquierdo	4		
Eje Y derecho					
Mostrar eje Y derecho	Verificado	Rango de valores automático en eje Y derecho	Sin verificar	Valor inicial del eje Y derecho	0
Valor final del eje Y derecho	4	Línea auxiliar del eje Y derecho	Sin verificar	Valor de la línea auxiliar del eje Y derecho	0
Mostrar rotulación del eje Y derecho	Verificado	Rotulación de escala de valores intermedios en eje Y derecho	Verificado	Longitud Rotulación Eje Y derecho	3
Incremento de marcas en eje Y derecho	1	Incremento de marcas grandes en eje Y derecho	4		
Estilos/diseños					
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar				

Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--

Misceláneo

Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	Visor de curvas_1	
Curva\PV				
Ancho de barra	50	Modo de visualización de la curva	In interpolada	Color de primer plano
Línea de límite	Sin verificar	Estilo de línea	Compacto	Color Límite inferior
Nombre	PV	Cíclico	0,2	Valores de la curva
Lado	lzquierda	Color de estado	0; 0; 255	Variable de curva
Tipo Curva	Tiempo real cíclico	Color Límite superior	255; 0; 0	
Curva\SP				
Ancho de barra	50	Modo de visualización de la curva	In interpolada	Color de primer plano
Línea de límite	Sin verificar	Estilo de línea	Compacto	Color Límite inferior
Nombre	SP	Cíclico	0,2	Valores de la curva
Lado	lzquierda	Color de estado	0; 0; 255	Variable de curva
Tipo Curva	Tiempo real cíclico	Color Límite superior	255; 0; 0	

Campo ES_1

Tipo	Campo ES			
General				
Formato de visualización	Decimal	Longitud del campo	6	Formato representación
Modo	Entrada	Valor de proceso		Desplazar punto decimal
Mostrar ceros a la izquierda	Sin verificar			
Apariencia				
Color de fondo	255; 255; 255	Patrón de relleno fondo	Compacto	Color de fondo borde
Color Borde	66; 73; 82	Ancho Borde	4	Estilo de línea
Color de primer plano	49; 52; 74	Unidad		Radio de esquina
Comportamiento				
Entrada oculta	Sin verificar			
Representación				
Margen inferior	2	Adaptar tamaño	Sin verificar	Altura
Posición X	603	Margen izquierdo	3	Margen derecho
Posición Y	96	Margen superior	2	Ancho
Texto				
Fuente	Tahoma, 16px, style=Bold	Alineación horizontal	lzquierda	Orientación
Alineación vertical	Centro			
Límites				
Color Límite superior rebasado por exceso	239; 89; 99	Color Límite inferior rebasado por defecto	247; 162; 41	
Estilos/diseños				
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar			
Misceláneo				
Tooltip		Nivel	0 - Nivel_0	Nombre
Seguridad				
Permiso		Permitir operación	Verificado	
Dinamizaciones\Conexión de variable				
Nombre de la propiedad	Valor de proceso	Variable	SP_OXIGENO	

Campo de texto_1

Tipo	Campo de texto			
General				
Texto	SP OXIGENO [PPM]			
Apariencia				
Color de fondo	255; 227; 231	Patrón de relleno fondo	Transparente	Color de fondo borde
Color Borde	66; 73; 82	Ancho Borde	0	Estilo de línea
Color de primer plano	49; 52; 74	Radio de esquina (borde)	3	
Representación				
Margen inferior	2	Adaptar tamaño	Verificado	Altura
Posición X	603	Margen izquierdo	3	Margen derecho
Posición Y	71	Margen superior	2	Ancho
Texto				
Fuente	Tahoma, 16px, style=Bold	Alineación horizontal	lzquierda	Orientación
Alineación vertical	Centro			
Parpadeo				
Parpadeo	Ninguno			
Estilos/diseños				
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar			
Misceláneo				
Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	Campo de texto_1	

Campo ES_2

Tipo	Campo ES			
------	----------	--	--	--

Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--

General					
Formato de visualización	Decimal	Longitud del campo	6	Formato representación	999.99
Modo	Salida	Valor de proceso		Desplazar punto decimal	0
Mostrar ceros a la izquierda	Sin verificar				
Apariencia					
Color de fondo	255; 255; 255	Patrón de relleno fondo	Compacto	Color de fondo borde	99; 101; 115
Color Borde	66; 73; 82	Ancho Borde	4	Estilo de línea	Doble línea
Color de primer plano	49; 52; 74	Unidad		Radio de esquina	3
Comportamiento					
Entrada oculta	Sin verificar				
Representación					
Margen inferior	2	Adaptar tamaño	Sin verificar	Altura	28
Posición X	603	Margen izquierdo	3	Margen derecho	2
Posición Y	152	Margen superior	2	Ancho	99
Texto					
Fuente	Tahoma, 16px, style=Bold	Alineación horizontal	Izquierda	Orientación	Horizontal
Alineación vertical	Centro				
Límites					
Color Límite superior rebasado por exceso	239; 89; 99	Color Límite inferior rebasado por defecto	247; 162; 41		
Estilos/diseños					
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar				
Misceláneo					
Tooltip		Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	Campo ES_2
Seguridad					
Permiso		Permitir operación	Verificado		
Dinamizaciones\Conexión de variable					
Nombre de la propiedad	Valor de proceso	Variable	OXIGENO		

Campo de texto_2

Tipo	Campo de texto				
General					
Texto	PV OXIGENO [PPM]				
Apariencia					
Color de fondo	255; 227; 231	Patrón de relleno fondo	Transparente	Color de fondo borde	99; 101; 115
Color Borde	66; 73; 82	Ancho Borde	0	Estilo de línea	Doble línea
Color de primer plano	49; 52; 74	Radio de esquina (borde)	3		
Representación					
Margen inferior	2	Adaptar tamaño	Verificado	Altura	23
Posición X	603	Margen izquierdo	3	Margen derecho	2
Posición Y	127	Margen superior	2	Ancho	163
Texto					
Fuente	Tahoma, 16px, style=Bold	Alineación horizontal	Izquierda	Orientación	Horizontal
Alineación vertical	Centro				
Parpadeo					
Parpadeo	Ninguno				
Estilos/diseños					
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar				
Misceláneo					
Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	Campo de texto_2		

Campo ES_3

Tipo	Campo ES				
General					
Formato de visualización	Decimal	Longitud del campo	6	Formato representación	999.99
Modo	Salida	Valor de proceso		Desplazar punto decimal	0
Mostrar ceros a la izquierda	Sin verificar				
Apariencia					
Color de fondo	255; 255; 255	Patrón de relleno fondo	Compacto	Color de fondo borde	99; 101; 115
Color Borde	66; 73; 82	Ancho Borde	4	Estilo de línea	Doble línea
Color de primer plano	49; 52; 74	Unidad		Radio de esquina	3
Comportamiento					
Entrada oculta	Sin verificar				
Representación					
Margen inferior	2	Adaptar tamaño	Sin verificar	Altura	28
Posición X	603	Margen izquierdo	3	Margen derecho	2
Posición Y	208	Margen superior	2	Ancho	99
Texto					
Fuente	Tahoma, 16px, style=Bold	Alineación horizontal	Izquierda	Orientación	Horizontal
Alineación vertical	Centro				

Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--

Límites					
Color Límite superior rebasado por exceso	239; 89; 99	Color Límite inferior rebasado por defecto	247; 162; 41		
Estilos/diseños					
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar				
Misceláneo					
Tooltip		Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	Campo ES_3
Seguridad					
Permiso		Permitir operación	Verificado		
Dinamizaciones\Conexión de variable					
Nombre de la propiedad	Valor de proceso	Variable	TEMPERATURA		

Campo de texto_3

Tipo	Campo de texto				
General					
Texto	PV TEMP [CELCIUS]				
Apariencia					
Color de fondo	255; 227; 231	Patrón de relleno fondo	Transparente	Color de fondo borde	99; 101; 115
Color Borde	66; 73; 82	Ancho Borde	0	Estilo de línea	Doble línea
Color de primer plano	49; 52; 74	Radio de esquina (borde)	3		
Representación					
Margen inferior	2	Adaptar tamaño	Verificado	Altura	23
Posición X	603	Margen izquierdo	3	Margen derecho	2
Posición Y	183	Margen superior	2	Ancho	167
Texto					
Fuente	Tahoma, 16px, style=Bold	Alineación horizontal	Izquierda	Orientación	Horizontal
Alineación vertical	Centro				
Parpadeo					
Parpadeo	Ninguno				
Estilos/diseños					
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar				
Misceláneo					
Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	Campo de texto_3		

Campo ES_4

Tipo	Campo ES				
General					
Formato de visualización	Decimal	Longitud del campo	6	Formato representación	999.99
Modo	Salida	Valor de proceso		Desplazar punto decimal	0
Mostrar ceros a la izquierda	Sin verificar				
Apariencia					
Color de fondo	255; 255; 255	Patrón de relleno fondo	Compacto	Color de fondo borde	99; 101; 115
Color Borde	66; 73; 82	Ancho Borde	4	Estilo de línea	Doble línea
Color de primer plano	49; 52; 74	Unidad		Radio de esquina	3
Comportamiento					
Entrada oculta	Sin verificar				
Representación					
Margen inferior	2	Adaptar tamaño	Sin verificar	Altura	28
Posición X	603	Margen izquierdo	3	Margen derecho	2
Posición Y	264	Margen superior	2	Ancho	99
Texto					
Fuente	Tahoma, 16px, style=Bold	Alineación horizontal	Izquierda	Orientación	Horizontal
Alineación vertical	Centro				
Límites					
Color Límite superior rebasado por exceso	239; 89; 99	Color Límite inferior rebasado por defecto	247; 162; 41		
Estilos/diseños					
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar				
Misceláneo					
Tooltip		Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	Campo ES_4
Seguridad					
Permiso		Permitir operación	Verificado		
Dinamizaciones\Conexión de variable					
Nombre de la propiedad	Valor de proceso	Variable	PH		

Campo de texto_4

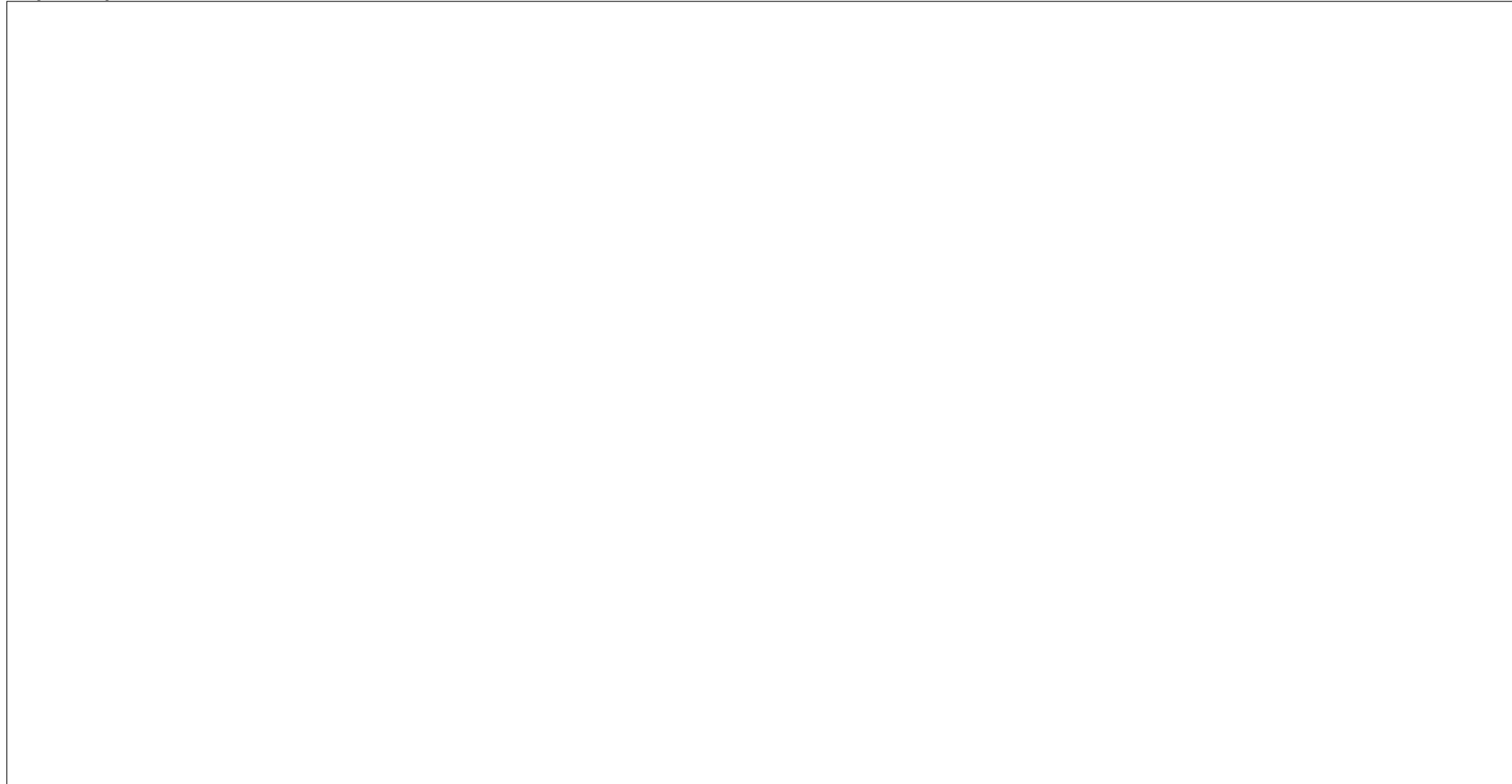
Tipo	Campo de texto				
General					
Texto	PV PH				
Apariencia					
Color de fondo	255; 227; 231	Patrón de relleno fondo	Transparente	Color de fondo borde	99; 101; 115
Color Borde	66; 73; 82	Ancho Borde	0	Estilo de línea	Doble línea

Color de primer plano	49; 52; 74	Radio de esquina (borde)	3		
Representación					
Margen inferior	2	Adaptar tamaño	Verificado	Altura	23
Posición X	603	Margen izquierdo	3	Margen derecho	2
Posición Y	239	Margen superior	2	Ancho	60
Texto					
Fuente	Tahoma, 16px, style=Bold	Alineación horizontal	Izquierda	Orientación	Horizontal
Alineación vertical	Centro				
Parpadeo					
Parpadeo	Ninguno				
Estilos/diseños					
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar				
Misceláneo					
Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	Campo de texto_4		

Imágenes

PH

Copia impresa de PH



General

Nombre	PH	Color de fondo	173; 174; 181	Color Cuadrícula	214; 215; 222
Número	3	Plantilla	Plantilla_1	Tooltip	

Niveles

Nivel activo	0
---------------------	---

Nivel_0	Verificado
Nivel_1	Verificado
Nivel_2	Verificado
Nivel_3	Verificado
Nivel_4	Verificado
Nivel_5	Verificado
Nivel_6	Verificado
Nivel_7	Verificado
Nivel_8	Verificado
Nivel_9	Verificado
Nivel_10	Verificado
Nivel_11	Verificado
Nivel_12	Verificado
Nivel_13	Verificado
Nivel_14	Verificado
Nivel_15	Verificado
Nivel_16	Verificado
Nivel_17	Verificado
Nivel_18	Verificado
Nivel_19	Verificado
Nivel_20	Verificado
Nivel_21	Verificado
Nivel_22	Verificado
Nivel_23	Verificado
Nivel_24	Verificado
Nivel_25	Verificado
Nivel_26	Verificado
Nivel_27	Verificado
Nivel_28	Verificado
Nivel_29	Verificado
Nivel_30	Verificado
Nivel_31	Verificado

Visor de curvas_1

Tipo	Visor de curvas				
Apariencia					
Color de fondo	247; 243; 247	Color Foco	148; 182; 231	Ancho Foco	2
Color de regla	123; 125; 132	Color Escala	132; 130; 132	Mostrar regla	Verificado
Lado del eje de tiempo	Desde la derecha	Eje de referencia:	lzquierda	Color Línea de cuadrícula:	123; 125; 132
Activar la línea de cuadrícula:	Verificado	Color de fondo:	239; 235; 239	Color Línea de cuadrícula:	Lines
Selección Color de fondo (apariencia)	214; 223; 239	Selección del color de primer plano (apariencia)	66; 73; 82		

Totally Integrated Automation Portal					
Representación					
Altura	283	Posición X	18	Posición Y	64
Ancho	564				
Borde					
Color de fondo (borde)	99; 105; 115	Color de primer plano (borde)	107; 113; 123	Ancho (borde)	1
Radio angular (borde)	4	Estilo (borde)	Compacto		
Texto					
Fuente	Tahoma, 13px, style=Bold	Fuente Tabla	Tahoma, 15px	Fuente título de la tabla	Tahoma, 15px, style=Bold
Barra de herramientas					
Barra de herramientas	Sin verificar				
Botón Borde					
Color de fondo:	99; 101; 115	Color de primer plano (Botón Borde)	156; 154; 165	Ancho:	1
Estilo:	Compacto	Radio angular (botón)	3		
Botón Patrón de relleno					
Color de fondo Gradiente (Botón Patrón de relleno)	239; 235; 239	Gradiente Color de fondo	239; 235; 239	Fondo Patrón de relleno (Botón Patrón de relleno)	Gradiente vertical
Color:	247; 247; 247	Ancho:	15	Color Gradiente 2 (Botón Patrón de relleno)	231; 223; 222
Ancho:	15	Gradiente 1 (Botón Patrón de relleno)	Verificado	Gradiente 2 (Botón Patrón de relleno)	Verificado
Tabla					
Número de entradas visibles	2	Mostrar líneas de cuadrícula	Verificado	Mostrar tabla de valores	Verificado
Color de fondo Tabla	255; 255; 255	Color Cuadrícula de tabla	255; 255; 255	Color de fondo Título de la tabla	132; 134; 140
Color de primer plano Título de la tabla	255; 255; 255	Color alternativo (apariciencia)	231; 231; 239		
Encabezado de tabla Borde					
Color de fondo (Encabezado de tabla borde)	99; 97; 107	Color (Encabezado de tabla Borde)	99; 97; 107	Ancho (Encabezado de tabla Borde)	1
Estilo (Encabezado de tabla Borde)	Compacto	Radio angular (Encabezado de tabla Borde)	2		
Encabezado de tabla Patrón de relleno					
Color de fondo Gradiente	132; 134; 140	Patrón de relleno (encabezado de tabla)	Gradiente vertical	Color Gradiente 1 (Encabezado de tabla Patrón de relleno)	123; 130; 140
Ancho Gradiente 1 (Encabezado de tabla Patrón de relleno)	15	Color Gradiente 2 (Encabezado de tabla Patrón de relleno)	90; 89; 99	Ancho Gradiente 2 (Encabezado de tabla Patrón de relleno)	15
Gradiente 1 (Encabezado de tabla Patrón de relleno)	Sin verificar	Gradiente 2 (Encabezado de tabla Patrón de relleno)	Verificado		
Eje X					
Valores intermedios de la rotulación de escala del eje X	Verificado	Incremento de marcas grandes del eje X	4	Incremento de marcas del eje X	5
Mostrar eje X	Verificado	Mostrar rotulación del eje X	Verificado	Inicio del eje de tiempo	0
Número de puntos para eje de tiempo	100	Fin de eje de tiempo	100	Modo del eje de tiempo	Tiempo
Intervalo de tiempo	100				
Eje Y izquierdo					
Mostrar eje Y izquierdo	Verificado	Rango de valores automático en eje Y izquierdo	Sin verificar	Valor inicial del eje Y izquierdo	0
Valor final del eje Y izquierdo	10	Línea auxiliar del eje Y izquierdo	Verificado	Valor de la línea auxiliar del eje Y izquierdo	50
Mostrar rotulación del eje Y izquierdo	Verificado	Rotulación de escala de valores intermedios en eje Y izquierdo	Verificado	Longitud Rotulación Eje Y izquierdo	3
Incremento de marcas en eje Y izquierdo	2	Incremento de marcas grandes en eje Y izquierdo	5		
Eje Y derecho					
Mostrar eje Y derecho	Verificado	Rango de valores automático en eje Y derecho	Sin verificar	Valor inicial del eje Y derecho	0
Valor final del eje Y derecho	10	Línea auxiliar del eje Y derecho	Sin verificar	Valor de la línea auxiliar del eje Y derecho	0
Mostrar rotulación del eje Y derecho	Verificado	Rotulación de escala de valores intermedios en eje Y derecho	Verificado	Longitud Rotulación Eje Y derecho	3
Incremento de marcas en eje Y derecho	2	Incremento de marcas grandes en eje Y derecho	5		
Estilos/diseños					
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar				

Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--

Misceláneo

Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	Visor de curvas_1	
Curva\PV				
Ancho de barra	50	Modo de visualización de la curva	In interpolada	Color de primer plano
Línea de límite	Sin verificar	Estilo de línea	Compacto	Color Límite inferior
Nombre	PV	Cíclico	0,2	Valores de la curva
Lado	Izquierda	Color de estado	0; 0; 255	Variable de curva
Tipo Curva	Tiempo real cíclico	Color Límite superior	255; 0; 0	
Curva\SP				
Ancho de barra	50	Modo de visualización de la curva	In interpolada	Color de primer plano
Línea de límite	Sin verificar	Estilo de línea	Compacto	Color Límite inferior
Nombre	SP	Cíclico	0,2	Valores de la curva
Lado	Izquierda	Color de estado	0; 0; 255	Variable de curva
Tipo Curva	Tiempo real cíclico	Color Límite superior	255; 0; 0	

Campo ES_1

Tipo	Campo ES			
General				
Formato de visualización	Decimal	Longitud del campo	6	Formato representación
Modo	Entrada	Valor de proceso		Desplazar punto decimal
Mostrar ceros a la izquierda	Sin verificar			
Apariencia				
Color de fondo	255; 255; 255	Patrón de relleno fondo	Compacto	Color de fondo borde
Color Borde	66; 73; 82	Ancho Borde	4	Estilo de línea
Color de primer plano	49; 52; 74	Unidad		Radio de esquina
Comportamiento				
Entrada oculta	Sin verificar			
Representación				
Margen inferior	2	Adaptar tamaño	Sin verificar	Altura
Posición X	603	Margen izquierdo	3	Margen derecho
Posición Y	96	Margen superior	2	Ancho
Texto				
Fuente	Tahoma, 16px, style=Bold	Alineación horizontal	Izquierda	Orientación
Alineación vertical	Centro			
Límites				
Color Límite superior rebasado por exceso	239; 89; 99	Color Límite inferior rebasado por defecto	247; 162; 41	
Estilos/diseños				
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar			
Misceláneo				
Tooltip		Nivel	0 - Nivel_0	Nombre
Seguridad				
Permiso		Permitir operación	Verificado	
Dinamizaciones\Conexión de variable				
Nombre de la propiedad	Valor de proceso	Variable	SP_PH	

Campo de texto_1

Tipo	Campo de texto			
General				
Texto	SP PH			
Apariencia				
Color de fondo	255; 227; 231	Patrón de relleno fondo	Transparente	Color de fondo borde
Color Borde	66; 73; 82	Ancho Borde	0	Estilo de línea
Color de primer plano	49; 52; 74	Radio de esquina (borde)	3	
Representación				
Margen inferior	2	Adaptar tamaño	Verificado	Altura
Posición X	603	Margen izquierdo	3	Margen derecho
Posición Y	71	Margen superior	2	Ancho
Texto				
Fuente	Tahoma, 16px, style=Bold	Alineación horizontal	Izquierda	Orientación
Alineación vertical	Centro			
Parpadeo				
Parpadeo	Ninguno			
Estilos/diseños				
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar			
Misceláneo				
Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	Campo de texto_1	

Campo ES_2

Tipo	Campo ES			
------	----------	--	--	--

Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--

General					
Formato de visualización	Decimal	Longitud del campo	6	Formato representación	999.99
Modo	Salida	Valor de proceso		Desplazar punto decimal	0
Mostrar ceros a la izquierda	Sin verificar				
Apariencia					
Color de fondo	255; 255; 255	Patrón de relleno fondo	Compacto	Color de fondo borde	99; 101; 115
Color Borde	66; 73; 82	Ancho Borde	4	Estilo de línea	Doble línea
Color de primer plano	49; 52; 74	Unidad		Radio de esquina	3
Comportamiento					
Entrada oculta	Sin verificar				
Representación					
Margen inferior	2	Adaptar tamaño	Sin verificar	Altura	28
Posición X	603	Margen izquierdo	3	Margen derecho	2
Posición Y	152	Margen superior	2	Ancho	99
Texto					
Fuente	Tahoma, 16px, style=Bold	Alineación horizontal	Izquierda	Orientación	Horizontal
Alineación vertical	Centro				
Límites					
Color Límite superior rebasado por exceso	239; 89; 99	Color Límite inferior rebasado por defecto	247; 162; 41		
Estilos/diseños					
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar				
Misceláneo					
Tooltip		Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	Campo ES_2
Seguridad					
Permiso		Permitir operación	Verificado		
Dinamizaciones\Conexión de variable					
Nombre de la propiedad	Valor de proceso	Variable	PH		

Campo de texto_2					
Tipo	Campo de texto				
General					
Texto	PV PH				
Apariencia					
Color de fondo	255; 227; 231	Patrón de relleno fondo	Transparente	Color de fondo borde	99; 101; 115
Color Borde	66; 73; 82	Ancho Borde	0	Estilo de línea	Doble línea
Color de primer plano	49; 52; 74	Radio de esquina (borde)	3		
Representación					
Margen inferior	2	Adaptar tamaño	Verificado	Altura	23
Posición X	603	Margen izquierdo	3	Margen derecho	2
Posición Y	127	Margen superior	2	Ancho	60
Texto					
Fuente	Tahoma, 16px, style=Bold	Alineación horizontal	Izquierda	Orientación	Horizontal
Alineación vertical	Centro				
Parpadeo					
Parpadeo	Ninguno				
Estilos/diseños					
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar				
Misceláneo					
Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	Campo de texto_2		

Campo ES_3					
Tipo	Campo ES				
General					
Formato de visualización	Decimal	Longitud del campo	6	Formato representación	999.99
Modo	Salida	Valor de proceso		Desplazar punto decimal	0
Mostrar ceros a la izquierda	Sin verificar				
Apariencia					
Color de fondo	255; 255; 255	Patrón de relleno fondo	Compacto	Color de fondo borde	99; 101; 115
Color Borde	66; 73; 82	Ancho Borde	4	Estilo de línea	Doble línea
Color de primer plano	49; 52; 74	Unidad		Radio de esquina	3
Comportamiento					
Entrada oculta	Sin verificar				
Representación					
Margen inferior	2	Adaptar tamaño	Sin verificar	Altura	28
Posición X	603	Margen izquierdo	3	Margen derecho	2
Posición Y	205	Margen superior	2	Ancho	99
Texto					
Fuente	Tahoma, 16px, style=Bold	Alineación horizontal	Izquierda	Orientación	Horizontal
Alineación vertical	Centro				

--	--	--

Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--

Límites					
Color Límite superior rebasado por exceso	239; 89; 99	Color Límite inferior rebasado por defecto	247; 162; 41		
Estilos/diseños					
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar				
Misceláneo					
Tooltip		Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	Campo ES_3
Seguridad					
Permiso		Permitir operación	Verificado		
Dinamizaciones\Conexión de variable					
Nombre de la propiedad	Valor de proceso	Variable	TEMPERATURA		

Campo de texto_3					
Tipo	Campo de texto				
General					
Texto	PV TEMP [CELCIUS]				
Apariencia					
Color de fondo	255; 227; 231	Patrón de relleno fondo	Transparente	Color de fondo borde	99; 101; 115
Color Borde	66; 73; 82	Ancho Borde	0	Estilo de línea	Doble línea
Color de primer plano	49; 52; 74	Radio de esquina (borde)	3		
Representación					
Margen inferior	2	Adaptar tamaño	Verificado	Altura	23
Posición X	603	Margen izquierdo	3	Margen derecho	2
Posición Y	180	Margen superior	2	Ancho	167
Texto					
Fuente	Tahoma, 16px, style=Bold	Alineación horizontal	Izquierda	Orientación	Horizontal
Alineación vertical	Centro				
Parpadeo					
Parpadeo	Ninguno				
Estilos/diseños					
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar				
Misceláneo					
Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	Campo de texto_3		

Campo ES_4					
Tipo	Campo ES				
General					
Formato de visualización	Decimal	Longitud del campo	6	Formato representación	999.99
Modo	Entrada	Valor de proceso		Desplazar punto decimal	0
Mostrar ceros a la izquierda	Sin verificar				
Apariencia					
Color de fondo	255; 255; 255	Patrón de relleno fondo	Compacto	Color de fondo borde	99; 101; 115
Color Borde	66; 73; 82	Ancho Borde	4	Estilo de línea	Doble línea
Color de primer plano	49; 52; 74	Unidad		Radio de esquina	3
Comportamiento					
Entrada oculta	Sin verificar				
Representación					
Margen inferior	2	Adaptar tamaño	Sin verificar	Altura	28
Posición X	603	Margen izquierdo	3	Margen derecho	2
Posición Y	258	Margen superior	2	Ancho	99
Texto					
Fuente	Tahoma, 16px, style=Bold	Alineación horizontal	Izquierda	Orientación	Horizontal
Alineación vertical	Centro				
Límites					
Color Límite superior rebasado por exceso	239; 89; 99	Color Límite inferior rebasado por defecto	247; 162; 41		
Estilos/diseños					
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar				
Misceláneo					
Tooltip		Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	Campo ES_4
Seguridad					
Permiso		Permitir operación	Verificado		
Dinamizaciones\Conexión de variable					
Nombre de la propiedad	Valor de proceso	Variable	PH_LOW		

Campo de texto_4					
Tipo	Campo de texto				
General					
Texto	PH BAJO				
Apariencia					
Color de fondo	255; 227; 231	Patrón de relleno fondo	Transparente	Color de fondo borde	99; 101; 115
Color Borde	66; 73; 82	Ancho Borde	0	Estilo de línea	Doble línea

--	--	--

Totally Integrated Automation Portal					
Color de primer plano	49; 52; 74	Radio de esquina (borde)	3		
Representación					
Margen inferior	2	Adaptar tamaño	Verificado	Altura	23
Posición X	603	Margen izquierdo	3	Margen derecho	2
Posición Y	233	Margen superior	2	Ancho	76
Texto					
Fuente	Tahoma, 16px, style=Bold	Alineación horizontal	Izquierda	Orientación	Horizontal
Alineación vertical	Centro				
Parpadeo					
Parpadeo	Ninguno				
Estilos/diseños					
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar				
Misceláneo					
Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	Campo de texto_4		
Campo ES_5					
Tipo	Campo ES				
General					
Formato de visualización	Decimal	Longitud del campo	6	Formato representación	999.99
Modo	Entrada	Valor de proceso		Desplazar punto decimal	0
Mostrar ceros a la izquierda	Sin verificar				
Apariencia					
Color de fondo	255; 255; 255	Patrón de relleno fondo	Compacto	Color de fondo borde	99; 101; 115
Color Borde	66; 73; 82	Ancho Borde	4	Estilo de línea	Doble línea
Color de primer plano	49; 52; 74	Unidad		Radio de esquina	3
Comportamiento					
Entrada oculta	Sin verificar				
Representación					
Margen inferior	2	Adaptar tamaño	Sin verificar	Altura	28
Posición X	603	Margen izquierdo	3	Margen derecho	2
Posición Y	311	Margen superior	2	Ancho	99
Texto					
Fuente	Tahoma, 16px, style=Bold	Alineación horizontal	Izquierda	Orientación	Horizontal
Alineación vertical	Centro				
Límites					
Color Límite superior rebasado por exceso	239; 89; 99	Color Límite inferior rebasado por defecto	247; 162; 41		
Estilos/diseños					
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar				
Misceláneo					
Tooltip		Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	Campo ES_5
Seguridad					
Permiso		Permitir operación	Verificado		
Dinamizaciones\Conexión de variable					
Nombre de la propiedad	Valor de proceso	Variable	PH_HIGH		
Campo de texto_5					
Tipo	Campo de texto				
General					
Texto	PH ALTO				
Apariencia					
Color de fondo	255; 227; 231	Patrón de relleno fondo	Transparente	Color de fondo borde	99; 101; 115
Color Borde	66; 73; 82	Ancho Borde	0	Estilo de línea	Doble línea
Color de primer plano	49; 52; 74	Radio de esquina (borde)	3		
Representación					
Margen inferior	2	Adaptar tamaño	Verificado	Altura	23
Posición X	603	Margen izquierdo	3	Margen derecho	2
Posición Y	286	Margen superior	2	Ancho	77
Texto					
Fuente	Tahoma, 16px, style=Bold	Alineación horizontal	Izquierda	Orientación	Horizontal
Alineación vertical	Centro				
Parpadeo					
Parpadeo	Ninguno				
Estilos/diseños					
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar				
Misceláneo					
Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	Campo de texto_5		
Campo ES_6					
Tipo	Campo ES				
General					
Formato de visualización	Decimal	Longitud del campo	6	Formato representación	999.99

Totally Integrated Automation Portal					
Modo	Salida	Valor de proceso		Desplazar punto decimal	0
Mostrar ceros a la izquierda	Sin verificar				
Apariencia					
Color de fondo	255; 255; 255	Patrón de relleno fondo	Compacto	Color de fondo borde	99; 101; 115
Color Borde	66; 73; 82	Ancho Borde	4	Estilo de línea	Doble línea
Color de primer plano	49; 52; 74	Unidad		Radio de esquina	3
Comportamiento					
Entrada oculta	Sin verificar				
Representación					
Margen inferior	2	Adaptar tamaño	Sin verificar	Altura	28
Posición X	603	Margen izquierdo	3	Margen derecho	2
Posición Y	368	Margen superior	2	Ancho	99
Texto					
Fuente	Tahoma, 16px, style=Bold	Alineación horizontal	Izquierda	Orientación	Horizontal
Alineación vertical	Centro				
Límites					
Color Límite superior rebasado por exceso	239; 89; 99	Color Límite inferior rebasado por defecto	247; 162; 41		
Estilos/diseños					
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar				
Misceláneo					
Tooltip		Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	Campo ES_6
Seguridad					
Permiso		Permitir operación	Verificado		
Dinamizaciones\Conexión de variable					
Nombre de la propiedad	Valor de proceso	Variable	OXIGENO		
Campo de texto_6					
Tipo	Campo de texto				
General					
Texto	PV OXIGENO [PPM]				
Apariencia					
Color de fondo	255; 227; 231	Patrón de relleno fondo	Transparente	Color de fondo borde	99; 101; 115
Color Borde	66; 73; 82	Ancho Borde	0	Estilo de línea	Doble línea
Color de primer plano	49; 52; 74	Radio de esquina (borde)	3		
Representación					
Margen inferior	2	Adaptar tamaño	Verificado	Altura	23
Posición X	603	Margen izquierdo	3	Margen derecho	2
Posición Y	343	Margen superior	2	Ancho	163
Texto					
Fuente	Tahoma, 16px, style=Bold	Alineación horizontal	Izquierda	Orientación	Horizontal
Alineación vertical	Centro				
Parpadeo					
Parpadeo	Ninguno				
Estilos/diseños					
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar				
Misceláneo					
Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	Campo de texto_6		

Imágenes

Temperatura

Copia impresa de Temperatura



General

Nombre	Temperatura	Color de fondo	173; 174; 181	Color Cuadrícula	214; 215; 222
Número	2	Plantilla	Plantilla_1	Tooltip	

Niveles

Nivel activo	0
---------------------	---

Nivel_0	Verificado
Nivel_1	Verificado
Nivel_2	Verificado
Nivel_3	Verificado
Nivel_4	Verificado
Nivel_5	Verificado
Nivel_6	Verificado
Nivel_7	Verificado
Nivel_8	Verificado
Nivel_9	Verificado
Nivel_10	Verificado
Nivel_11	Verificado
Nivel_12	Verificado
Nivel_13	Verificado
Nivel_14	Verificado
Nivel_15	Verificado
Nivel_16	Verificado
Nivel_17	Verificado
Nivel_18	Verificado
Nivel_19	Verificado
Nivel_20	Verificado
Nivel_21	Verificado
Nivel_22	Verificado
Nivel_23	Verificado
Nivel_24	Verificado
Nivel_25	Verificado
Nivel_26	Verificado
Nivel_27	Verificado
Nivel_28	Verificado
Nivel_29	Verificado
Nivel_30	Verificado
Nivel_31	Verificado

Visor de curvas_1

Tipo	Visor de curvas
-------------	-----------------

Apariencia

Color de fondo	247; 243; 247	Color Foco	148; 182; 231	Ancho Foco	2
Color de regla	123; 125; 132	Color Escala	132; 130; 132	Mostrar regla	Verificado
Lado del eje de tiempo	Desde la derecha	Eje de referencia:	izquierda	Color Línea de cuadrícula:	123; 125; 132
Activar la línea de cuadrícula:	Verificado	Color de fondo:	239; 235; 239	Color Línea de cuadrícula:	Lines
Selección Color de fondo (apariencia)	214; 223; 239	Selección del color de primer plano (apariencia)	66; 73; 82		

Totally Integrated Automation Portal					
Representación					
Altura	283	Posición X	18	Posición Y	64
Ancho	564				
Borde					
Color de fondo (borde)	99; 105; 115	Color de primer plano (borde)	107; 113; 123	Ancho (borde)	1
Radio angular (borde)	4	Estilo (borde)	Compacto		
Texto					
Fuente	Tahoma, 13px, style=Bold	Fuente Tabla	Tahoma, 15px	Fuente título de la tabla	Tahoma, 15px, style=Bold
Barra de herramientas					
Barra de herramientas	Sin verificar				
Botón Borde					
Color de fondo:	99; 101; 115	Color de primer plano (Botón Borde)	156; 154; 165	Ancho:	1
Estilo:	Compacto	Radio angular (botón)	3		
Botón Patrón de relleno					
Color de fondo Gradiente (Botón Patrón de relleno)	239; 235; 239	Gradiente Color de fondo	239; 235; 239	Fondo Patrón de relleno (Botón Patrón de relleno)	Gradiente vertical
Color:	247; 247; 247	Ancho:	15	Color Gradiente 2 (Botón Patrón de relleno)	231; 223; 222
Ancho:	15	Gradiente 1 (Botón Patrón de relleno)	Verificado	Gradiente 2 (Botón Patrón de relleno)	Verificado
Tabla					
Número de entradas visibles	2	Mostrar líneas de cuadrícula	Verificado	Mostrar tabla de valores	Verificado
Color de fondo Tabla	255; 255; 255	Color Cuadrícula de tabla	255; 255; 255	Color de fondo Título de la tabla	132; 134; 140
Color de primer plano Título de la tabla	255; 255; 255	Color alternativo (apariciencia)	231; 231; 239		
Encabezado de tabla Borde					
Color de fondo (Encabezado de tabla borde)	99; 97; 107	Color (Encabezado de tabla Borde)	99; 97; 107	Ancho (Encabezado de tabla Borde)	1
Estilo (Encabezado de tabla Borde)	Compacto	Radio angular (Encabezado de tabla Borde)	2		
Encabezado de tabla Patrón de relleno					
Color de fondo Gradiente	132; 134; 140	Patrón de relleno (encabezado de tabla)	Gradiente vertical	Color Gradiente 1 (Encabezado de tabla Patrón de relleno)	123; 130; 140
Ancho Gradiente 1 (Encabezado de tabla Patrón de relleno)	15	Color Gradiente 2 (Encabezado de tabla Patrón de relleno)	90; 89; 99	Ancho Gradiente 2 (Encabezado de tabla Patrón de relleno)	15
Gradiente 1 (Encabezado de tabla Patrón de relleno)	Sin verificar	Gradiente 2 (Encabezado de tabla Patrón de relleno)	Verificado		
Eje X					
Valores intermedios de la rotulación de escala del eje X	Verificado	Incremento de marcas grandes del eje X	4	Incremento de marcas del eje X	5
Mostrar eje X	Verificado	Mostrar rotulación del eje X	Verificado	Inicio del eje de tiempo	0
Número de puntos para eje de tiempo	100	Fin de eje de tiempo	100	Modo del eje de tiempo	Tiempo
Intervalo de tiempo	100				
Eje Y izquierdo					
Mostrar eje Y izquierdo	Verificado	Rango de valores automático en eje Y izquierdo	Sin verificar	Valor inicial del eje Y izquierdo	0
Valor final del eje Y izquierdo	120	Línea auxiliar del eje Y izquierdo	Verificado	Valor de la línea auxiliar del eje Y izquierdo	50
Mostrar rotulación del eje Y izquierdo	Verificado	Rotulación de escala de valores intermedios en eje Y izquierdo	Verificado	Longitud Rotulación Eje Y izquierdo	3
Incremento de marcas en eje Y izquierdo	20	Incremento de marcas grandes en eje Y izquierdo	6		
Eje Y derecho					
Mostrar eje Y derecho	Verificado	Rango de valores automático en eje Y derecho	Sin verificar	Valor inicial del eje Y derecho	0
Valor final del eje Y derecho	120	Línea auxiliar del eje Y derecho	Sin verificar	Valor de la línea auxiliar del eje Y derecho	0
Mostrar rotulación del eje Y derecho	Verificado	Rotulación de escala de valores intermedios en eje Y derecho	Verificado	Longitud Rotulación Eje Y derecho	3
Incremento de marcas en eje Y derecho	20	Incremento de marcas grandes en eje Y derecho	6		
Estilos/diseños					
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar				

Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--

Misceláneo

Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	Visor de curvas_1		
Curva\PV					
Ancho de barra	50	Modo de visualización de la curva	In interpolada	Color de primer plano	0; 0; 0
Línea de límite	Sin verificar	Estilo de línea	Compacto	Color Límite inferior	255; 255; 0
Nombre	PV	Cíclico	0,2	Valores de la curva	999
Lado	lzquierda	Color de estado	0; 0; 255	Variable de curva	TEMPERATURA
Tipo Curva	Tiempo real cíclico	Color Límite superior	255; 0; 0		
Curva\SP					
Ancho de barra	50	Modo de visualización de la curva	In interpolada	Color de primer plano	255; 0; 0
Línea de límite	Sin verificar	Estilo de línea	Compacto	Color Límite inferior	255; 255; 0
Nombre	SP	Cíclico	0,2	Valores de la curva	999
Lado	lzquierda	Color de estado	0; 0; 255	Variable de curva	SP_TEMPERATURA
Tipo Curva	Tiempo real cíclico	Color Límite superior	255; 0; 0		

Campo ES_1

Tipo	Campo ES				
General					
Formato de visualización	Decimal	Longitud del campo	6	Formato representación	999.99
Modo	Entrada	Valor de proceso		Desplazar punto decimal	0
Mostrar ceros a la izquierda	Sin verificar				
Apariencia					
Color de fondo	255; 255; 255	Patrón de relleno fondo	Compacto	Color de fondo borde	99; 101; 115
Color Borde	66; 73; 82	Ancho Borde	4	Estilo de línea	Doble línea
Color de primer plano	49; 52; 74	Unidad		Radio de esquina	3
Comportamiento					
Entrada oculta	Sin verificar				
Representación					
Margen inferior	2	Adaptar tamaño	Sin verificar	Altura	28
Posición X	603	Margen izquierdo	3	Margen derecho	2
Posición Y	96	Margen superior	2	Ancho	99
Texto					
Fuente	Tahoma, 16px, style=Bold	Alineación horizontal	lzquierda	Orientación	Horizontal
Alineación vertical	Centro				
Límites					
Color Límite superior rebasado por exceso	239; 89; 99	Color Límite inferior rebasado por defecto	247; 162; 41		
Estilos/diseños					
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar				
Misceláneo					
Tooltip		Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	Campo ES_1
Seguridad					
Permiso		Permitir operación	Verificado		
Dinamizaciones\Conexión de variable					
Nombre de la propiedad	Valor de proceso	Variable	SP_TEMPERATURA		

Campo de texto_1

Tipo	Campo de texto				
General					
Texto	SP TEMP [CELCIUS]				
Apariencia					
Color de fondo	255; 227; 231	Patrón de relleno fondo	Transparente	Color de fondo borde	99; 101; 115
Color Borde	66; 73; 82	Ancho Borde	0	Estilo de línea	Doble línea
Color de primer plano	49; 52; 74	Radio de esquina (borde)	3		
Representación					
Margen inferior	2	Adaptar tamaño	Verificado	Altura	23
Posición X	603	Margen izquierdo	3	Margen derecho	2
Posición Y	71	Margen superior	2	Ancho	166
Texto					
Fuente	Tahoma, 16px, style=Bold	Alineación horizontal	lzquierda	Orientación	Horizontal
Alineación vertical	Centro				
Parpadeo					
Parpadeo	Ninguno				
Estilos/diseños					
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar				
Misceláneo					
Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	Campo de texto_1		

Campo ES_2

Tipo	Campo ES
------	----------

Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--

General					
Formato de visualización	Decimal	Longitud del campo	6	Formato representación	999.99
Modo	Salida	Valor de proceso		Desplazar punto decimal	0
Mostrar ceros a la izquierda	Sin verificar				
Apariencia					
Color de fondo	255; 255; 255	Patrón de relleno fondo	Compacto	Color de fondo borde	99; 101; 115
Color Borde	66; 73; 82	Ancho Borde	4	Estilo de línea	Doble línea
Color de primer plano	49; 52; 74	Unidad		Radio de esquina	3
Comportamiento					
Entrada oculta	Sin verificar				
Representación					
Margen inferior	2	Adaptar tamaño	Sin verificar	Altura	28
Posición X	603	Margen izquierdo	3	Margen derecho	2
Posición Y	152	Margen superior	2	Ancho	99
Texto					
Fuente	Tahoma, 16px, style=Bold	Alineación horizontal	Izquierda	Orientación	Horizontal
Alineación vertical	Centro				
Límites					
Color Límite superior rebasado por exceso	239; 89; 99	Color Límite inferior rebasado por defecto	247; 162; 41		
Estilos/diseños					
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar				
Misceláneo					
Tooltip		Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	Campo ES_2
Seguridad					
Permiso		Permitir operación	Verificado		
Dinamizaciones\Conexión de variable					
Nombre de la propiedad	Valor de proceso	Variable	TEMPERATURA		

Campo de texto_2

Tipo	Campo de texto				
General					
Texto	PV TEMP [CELCIUS]				
Apariencia					
Color de fondo	255; 227; 231	Patrón de relleno fondo	Transparente	Color de fondo borde	99; 101; 115
Color Borde	66; 73; 82	Ancho Borde	0	Estilo de línea	Doble línea
Color de primer plano	49; 52; 74	Radio de esquina (borde)	3		
Representación					
Margen inferior	2	Adaptar tamaño	Verificado	Altura	23
Posición X	603	Margen izquierdo	3	Margen derecho	2
Posición Y	127	Margen superior	2	Ancho	167
Texto					
Fuente	Tahoma, 16px, style=Bold	Alineación horizontal	Izquierda	Orientación	Horizontal
Alineación vertical	Centro				
Parpadeo					
Parpadeo	Ninguno				
Estilos/diseños					
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar				
Misceláneo					
Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	Campo de texto_2		

Campo ES_3

Tipo	Campo ES				
General					
Formato de visualización	Decimal	Longitud del campo	6	Formato representación	999.99
Modo	Salida	Valor de proceso		Desplazar punto decimal	0
Mostrar ceros a la izquierda	Sin verificar				
Apariencia					
Color de fondo	255; 255; 255	Patrón de relleno fondo	Compacto	Color de fondo borde	99; 101; 115
Color Borde	66; 73; 82	Ancho Borde	4	Estilo de línea	Doble línea
Color de primer plano	49; 52; 74	Unidad		Radio de esquina	3
Comportamiento					
Entrada oculta	Sin verificar				
Representación					
Margen inferior	2	Adaptar tamaño	Sin verificar	Altura	28
Posición X	603	Margen izquierdo	3	Margen derecho	2
Posición Y	205	Margen superior	2	Ancho	99
Texto					
Fuente	Tahoma, 16px, style=Bold	Alineación horizontal	Izquierda	Orientación	Horizontal
Alineación vertical	Centro				

Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--

Límites					
Color Límite superior rebasado por exceso	239; 89; 99	Color Límite inferior rebasado por defecto	247; 162; 41		
Estilos/diseños					
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar				
Misceláneo					
Tooltip		Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	Campo ES_3
Seguridad					
Permiso		Permitir operación	Verificado		
Dinamizaciones\Conexión de variable					
Nombre de la propiedad	Valor de proceso	Variable	PH		

Campo de texto_3					
Tipo	Campo de texto				
General					
Texto	PV PH				
Apariencia					
Color de fondo	255; 227; 231	Patrón de relleno fondo	Transparente	Color de fondo borde	99; 101; 115
Color Borde	66; 73; 82	Ancho Borde	0	Estilo de línea	Doble línea
Color de primer plano	49; 52; 74	Radio de esquina (borde)	3		
Representación					
Margen inferior	2	Adaptar tamaño	Verificado	Altura	23
Posición X	603	Margen izquierdo	3	Margen derecho	2
Posición Y	180	Margen superior	2	Ancho	60
Texto					
Fuente	Tahoma, 16px, style=Bold	Alineación horizontal	Izquierda	Orientación	Horizontal
Alineación vertical	Centro				
Parpadeo					
Parpadeo	Ninguno				
Estilos/diseños					
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar				
Misceláneo					
Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	Campo de texto_3		

Campo ES_4					
Tipo	Campo ES				
General					
Formato de visualización	Decimal	Longitud del campo	6	Formato representación	999.99
Modo	Salida	Valor de proceso		Desplazar punto decimal	0
Mostrar ceros a la izquierda	Sin verificar				
Apariencia					
Color de fondo	255; 255; 255	Patrón de relleno fondo	Compacto	Color de fondo borde	99; 101; 115
Color Borde	66; 73; 82	Ancho Borde	4	Estilo de línea	Doble línea
Color de primer plano	49; 52; 74	Unidad		Radio de esquina	3
Comportamiento					
Entrada oculta	Sin verificar				
Representación					
Margen inferior	2	Adaptar tamaño	Sin verificar	Altura	28
Posición X	603	Margen izquierdo	3	Margen derecho	2
Posición Y	256	Margen superior	2	Ancho	99
Texto					
Fuente	Tahoma, 16px, style=Bold	Alineación horizontal	Izquierda	Orientación	Horizontal
Alineación vertical	Centro				
Límites					
Color Límite superior rebasado por exceso	239; 89; 99	Color Límite inferior rebasado por defecto	247; 162; 41		
Estilos/diseños					
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar				
Misceláneo					
Tooltip		Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	Campo ES_4
Seguridad					
Permiso		Permitir operación	Verificado		
Dinamizaciones\Conexión de variable					
Nombre de la propiedad	Valor de proceso	Variable	OXIGENO		

Campo de texto_4					
Tipo	Campo de texto				
General					
Texto	PV OXIGENO [PPM]				
Apariencia					
Color de fondo	255; 227; 231	Patrón de relleno fondo	Transparente	Color de fondo borde	99; 101; 115
Color Borde	66; 73; 82	Ancho Borde	0	Estilo de línea	Doble línea

--	--	--

Color de primer plano	49; 52; 74	Radio de esquina (borde)	3		
Representación					
Margen inferior	2	Adaptar tamaño	Verificado	Altura	23
Posición X	603	Margen izquierdo	3	Margen derecho	2
Posición Y	231	Margen superior	2	Ancho	163
Texto					
Fuente	Tahoma, 16px, style=Bold	Alineación horizontal	Izquierda	Orientación	Horizontal
Alineación vertical	Centro				
Parpadeo					
Parpadeo	Ninguno				
Estilos/diseños					
Configuración de estilo/diseño	Sin verificar				
Misceláneo					
Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	Campo de texto_4		

APÉNDICE C
Programación en Arduino

```
/*UNIFICACION CODIGOS GUÍAS
PARA IMPLEMENTACION PM BIORREACTOR
LECTURA SENSOR pH y DO -AS SA
```

```
Origen: Fabricante
Modificado: PM-BIO
Guayaquil, Ecuador
*/
```

```
//*****
```

```
//Se coloca código corregido y evaluado de pH
```

```
String inputstring_pH = "";           //a string to hold incoming data from the PC
String sensorstring_pH = "";          //a string to hold the data from the Atlas
Scientific product
boolean input_string_complete_pH = false; //have we received all the data from
the PC
boolean sensor_string_complete_pH = false; //have we received all the data
from the Atlas Scientific product
float pH;                               //used to hold a floating point number that is the pH
```

```
//*****
```

```
//Codigo DO
```

```
//*****
```

```
String inputstring = "";              //a string to hold incoming data from the PC
String sensorstring = "";             //a string to hold the data from the Atlas Scientific
product
boolean input_string_complete = false; //have we received all the data from the
PC
boolean sensor_string_complete = false; //have we received all the data from
the Atlas Scientific product
```

float DO; //used to hold a floating point number that is the DO

```
//*****  
*****
```

const int analogOutPin_pH = 7; //para lectura del PLC S71200

const int analogOutPin_DO = 12; // para plc s71200

//CODIGO PERMANECE CONSTANTE

```
void setup() { //set up the hardware  
  //pH  
  Serial.begin(9600); //set baud rate for the hardware serial port_0 to  
9600  
  Serial3.begin(9600); //set baud rate for software serial port_3 to 9600  
  inputstring_pH.reserve(10); //set aside some bytes for receiving data  
from the PC  
  sensorstring_pH.reserve(30); //set aside some bytes for receiving data  
from Atlas Scientific product  
  
  //Serial.begin(9600); //set baud rate for the hardware serial port_0  
to 9600  
  Serial2.begin(9600); //set baud rate for software serial port_3 to 9600  
  inputstring.reserve(10); //set aside some bytes for receiving data from  
the PC  
  sensorstring.reserve(30); //set aside some bytes for receiving data from  
Atlas Scientific product  
}
```

```
void serialEvent() { //if the hardware serial port_0 receives a char
```

```
  //pH
```



```
inputstring_pH = Serial.readStringUntil(13);    //read the string until we see a <CR>
input_string_complete_pH = true;              //set the flag used to tell if we have
received a completed string from the PC
```

```
//DO
inputstring = Serial.readStringUntil(13);      //read the string until we see a <CR>
input_string_complete = true;                  //set the flag used to tell if we have received
a completed string from the PC

}
```

```
void serialEvent3() {                          //if the hardware serial port_3 receives a char
// pH
  sensorstring_pH = Serial3.readStringUntil(13); //read the string until we see a <CR>
  sensor_string_complete_pH = true;             //set the flag used to tell if we have
received a completed string from the PC

}
```

```
void serialEvent2() {                          //if the hardware serial port_3 receives a char
// DO
  sensorstring = Serial2.readStringUntil(13);  //read the string until we see a <CR>
  sensor_string_complete = true;               //set the flag used to tell if we have received
a completed string from the PC

}
```

```
void loop() {                                  //here we go...

//pH
  if (input_string_complete_pH == true) {      //if a string from the PC has been
received in its entirety
```

```

    Serial3.print(inputstring_pH);           //send that string to the Atlas Scientific
product
    Serial3.print('\r');                   //add a <CR> to the end of the string
    inputstring_pH = "";                   //clear the string
    input_string_complete_pH = false;      //reset the flag used to tell if we have
received a completed string from the PC
}

```

//DO

```

    if (input_string_complete == true) {    //if a string from the PC has been received
in its entirety
        Serial2.print(inputstring);       //send that string to the Atlas Scientific product
        Serial2.print('\r');              //add a <CR> to the end of the string
        inputstring = "";                 //clear the string
        input_string_complete = false;    //reset the flag used to tell if we have received
a completed string from the PC
    }

```

```

    if (sensor_string_complete_pH == true) { //if a string from the Atlas Scientific
product has been received in its entirety
        Serial.println(sensorstring_pH);  //send that string to the PC's serial monitor
        //Serial.println("estoy aqui");

```

//uncomment this section to see how to convert the pH reading from a string to a float

```

    if (isdigit(sensorstring_pH[0])) {    //if the first character in the string is a digit
        pH = sensorstring_pH.toFloat();   //convert the string to a floating point
number so it can be evaluated by the Arduino

```

```

    if (pH >= 7.0) {                      //if the pH is greater than or equal to 7.0
        Serial.println("BASE");           //print "high" this is demonstrating that the
Arduino is evaluating the pH as a number and not as a string

```

```

        float voltaje = pH* 5/1024;
        int nuevonum=pH; //17.985-----VALOR NUEVO: 18.385 ok!---version anterior:
18.385-----19.285 con PT100 VIEJA

```

```

float PH=pH+6;
analogWrite(analogOutPin_pH, nuevonum
delay(1000);
float m=map(pH, 0, 1023, 0, 7);
}
if (pH <= 6.99) { //if the pH is less than or equal to 6.99
  Serial.println("ACIDO"); //print "low" this is demonstrating that the
Arduino is evaluating the pH as a number and not as a string
  float voltaje = pH* 5/1024;
  int nuevonum=pH; 18.385
  float PH=pH+6;
  analogWrite(analogOutPin_pH, nuevonum); //prueba 1 ph= 0,1
  delay(1000);

float n=map(pH, 0, 1023, 0, 7);

}
}
}

if (sensor_string_complete == true) { //if a string from the Atlas Scientific
product has been received in its entirety
  Serial.println(sensorstring); //send that string to the PC's serial monitor
  /** //uncomment this section to see how to convert the
D.O. reading from a string to a float
  if (isdigit(sensorstring[0])) { //if the first character in the string is a digit
    DO = sensorstring.toFloat(); //convert the string to a floating point number
so it can be evaluated by the Arduino
    if (DO >= 6.0) { //if the DO is greater than or equal to 6.0
      Serial.println("La lectura del DO es:");
      Serial.println(DO);
      Serial.println("ALTO"); //print "high" this is demonstrating that the
Arduino is evaluating the DO as a number and not as a string
      analogWrite(analogOutPin_DO, DO); //prueba 1

```

```

Serial.print("VALOR DE PRUEBA:");
Serial.println(analogOutPin_DO);
}
if (DO <= 5.99) {                                //if the DO is less than or equal to 5.99
    Serial.println("La lectura del DO es:");
    Serial.println(DO);
    Serial.println("BAJO");                      //print "low" this is demonstrating that the
Arduino is evaluating the DO as a number and not as a string
    analogWrite(analogOutPin_DO, DO); //prueba 1
    Serial.print("VALOR DE PRUEBA:");
    Serial.println(analogOutPin_DO);
}
}
}
sensorstring_pH = "";                            //clear the string:
sensor_string_complete_pH = false;               //reset the flag used to tell if we have
received a completed string from the Atlas Scientific product


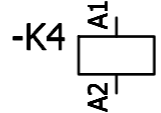
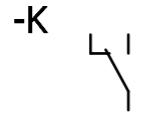
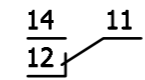

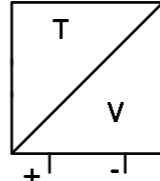
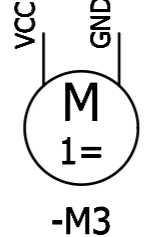
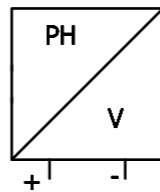
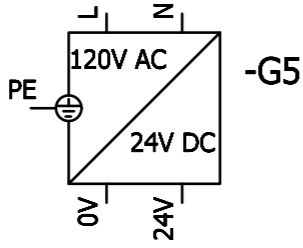
sensorstring = "";                               //clear the string:
sensor_string_complete = false;                  //reset the flag used to tell if we have
received a completed string from the Atlas Scientific product
}

```

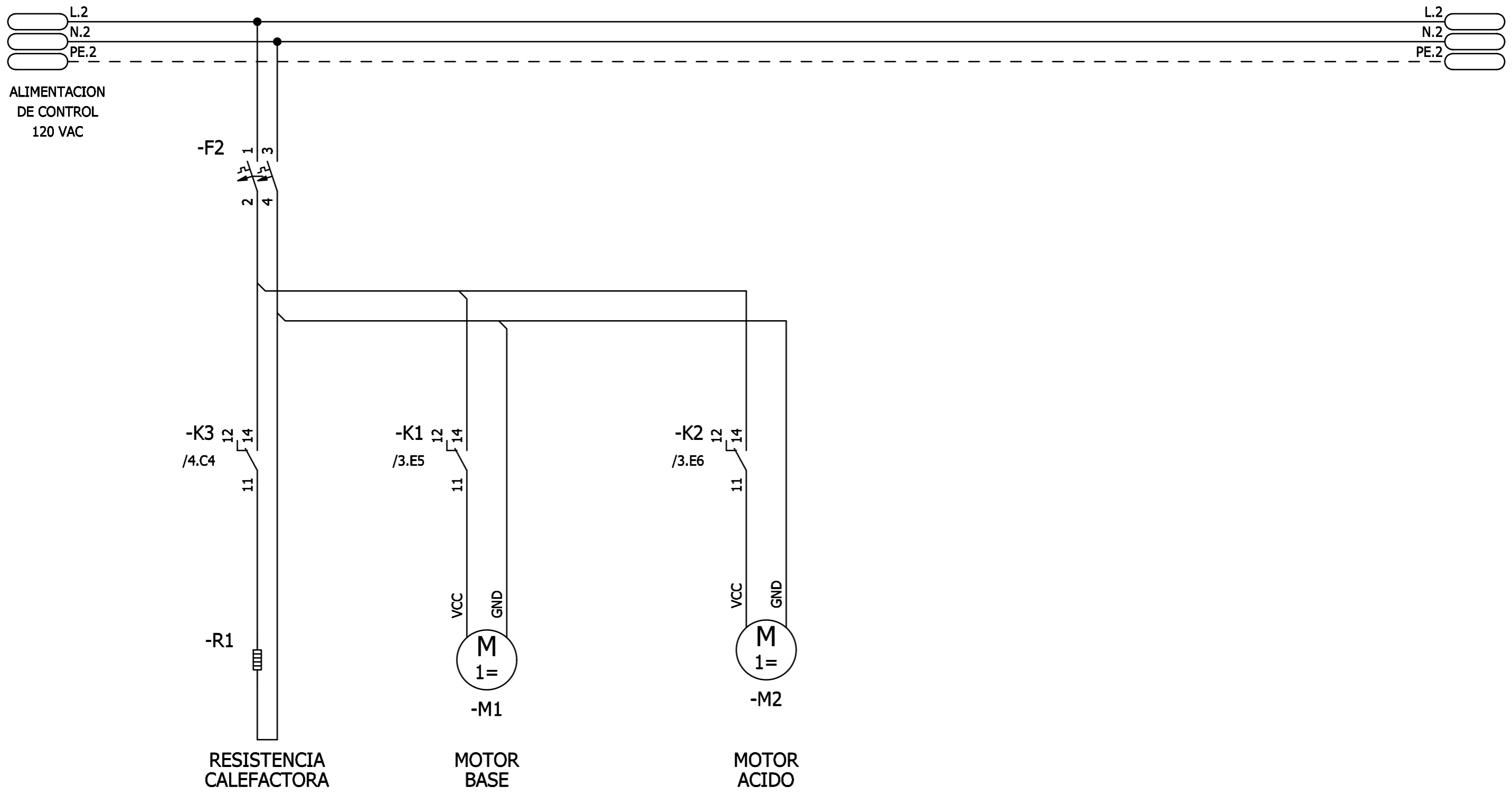
APÉNDICE D
Planos esquemáticos

iSe debe observar el copyright según DIN 34!

Creado con ELCAD (R) 7.3.2 SP2
 Todos los cables sin especificación de la sección son 1.7 x8 x9 mm²

Símbolo	Detalle	Símbolo	Detalle
-F5 	BREAKER DE RIEL DIN 2P	-K4 	RELE UNIVERSAL CONMUTADO
-K 	CONTACTO CONMUTADO DE RELE UNIVERSAL		
-R2 	RESISTENCIA CALEFACTORA		SENSOR DE TEMPERATURA SALIDA DE VOLTAJE
	MOTOR DC		SENSOR DE TPH SALIDA DE VOLTAJE
	FUENTE DE PODER ENTRADA 120VAC SALIDA 24VDC		

R. Modificación		Fecha	Nom.	Norma	IEC	Origen	Reem. a	Reem. por	2	PR: 17-002		BIORREACTOR		Hoja 2	
1	2	3	4	5	6	7	8	2 Hjs							

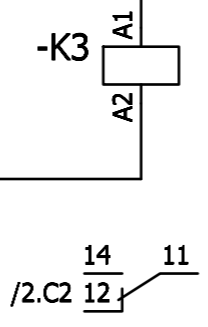
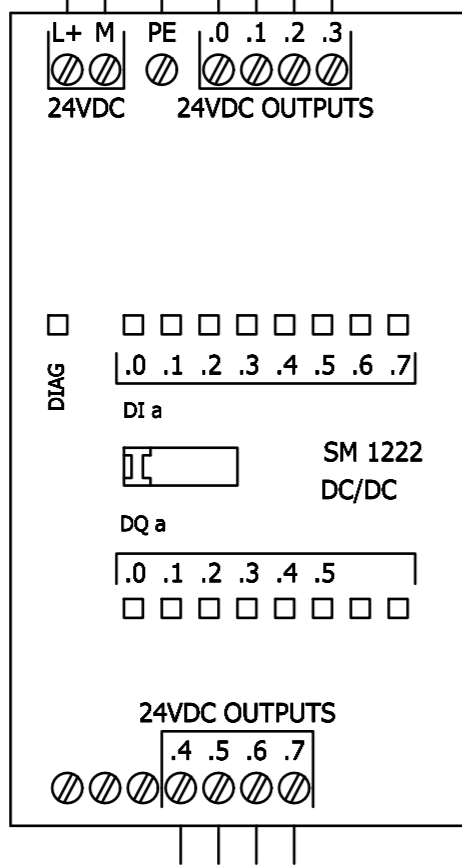


iSe debe observar el copyright según DIN 34!

Creado con ELCAD (R) 7.3.2 SP2
 Todos los cables sin especificación de la sección son 1.7 x 8 x 9 mm²

R. Modificación		Fecha	Nom.	Norma	IEC	Origen	Reem. a	Reem. por	ESQUEMAS 2	PROYECTO INTEGRADOR	PR:17-002	W01
1												
BIORREACTOR											Hoja 2	
											4 Hjs	

L.3
N.3
PE.3
/3.D3
/3.D3
/3.D3
ALIMENTACION
24 VDC



iSe debe observar el copyright según DIN 34!

Creado con ELCAD (R) 7.3.2 SP2
Todos los cables sin especificación de la sección son 1.7 x8 x9 mm²

R. Modificación		Fecha	Nom.	Norma	Origen	Reem. a	Reem. por	ESQUEMAS 4	PR:17-002	W01
								PROYECTO INTEGRADOR	BIORREACTOR	Hoja 4 4 Hjs

APÉNDICE E

Manual de usuario del biorreactor

Biorreactor DR-MA – biorreactor de Laboratorio

MANUAL DE OPERACIONES



Biorreactor DR-MA
ESPOL

Guayaquil, Ecuador Teléfono:
+593 995 230 799

Email: ipsornoz@espol.edu.ec saetero@espol.edu.ec jarias@espol.edu.ec

1. CHEQUEO DE LA ENTREGA E INSPECCIÓN

Después de recibir el equipo e inspeccionar cuidadosamente todas las partes del biorreactor para verificar posee algún daño.

En caso de visualizar daños en el equipo, informarlo inmediatamente por medio de una carta de reclamo.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. Concepto del diseño de *Biorreactor DR-MA*

Biorreactor DR-MA está diseñado para mantener un sistema biológicamente viable para el crecimiento microbiano; posee una capacidad volumétrica máxima de 15L, además de está conectado directamente al ordenador para examinar los parámetros de control del sistema.



Entre las innovaciones que posee *Biorreactor DR-MA*, es el mantenimiento de la esterilidad perfecta, y la curva de temperatura, potencial redox y oxígeno disuelto, además de poseer deflectores móviles que evitan la formación de vórtices y permiten una mejor limpieza del equipo.

2.1.1. Especificaciones

<u>Características <i>Biorreactor DR-MA</i></u>	
Escala del biorreactor	Laboratorio
Diseño	Tanque agitado
Modo de operación	Batch
Control de parámetros	Temperatura, pH, oxígeno disuelto.
Agitación	Min: 0 RPM Max: 150 RPM Potencia: 0.5 HP
Temperatura	Controlador automático con pt100 Min: Temperatura ambiente Max: 400°C
pH	Lector automático con sensor pH-metro Controlador automático con bombas peristálticas (adición de ácido y base) Recipientes para las soluciones ácido y base Tuberías de bombas peristálticas
Oxígeno disuelto (OD)	Controlador automático de OD Min: 2 ppm
Alertas	Para valores altos y bajos de cada parámetro
Dispositivo de muestreo	Válvula en la parte frontal del tanque agitado
Dispositivo de enfriamiento	Ventilador
Programa para ordenador	Tía Portal - PLC

2.1.2. Unidad principal de control de Biorreactor DR-MA

La mayoría de los parámetros deben ser controlados, debido a la complejidad de los procesos biológicos, para lo cual existen unidades de control y regulación de pH, temperatura y oxígeno disuelto.

2.1.3. Parámetro agitación

Biorreactor DR-MA utiliza un sistema de agitación de corriente continua, que se compone de un eje y un agitador tipo turbina de 6 paletas, que giran a 120 RPM.

2.1.4. Parámetro temperatura

Para la medición y control de temperatura se utiliza una pt100, la cual se usa para:

- Corrección automática de la temperatura (PID)
- Medición de la temperatura del medio de fermentación

2.1.5. Parámetro pH

Para la medición del pH se utiliza un electrodo de pH o pH-metro, y para su control se utilizan bombas peristálticas, tuberías y vasos de almacenamiento de ácido y base; estas bombas se activan si los niveles de ácido o base se encuentran fuera de los rangos establecidos.

Para el control automático del pH, el programa compara el valor de pH real con el preestablecido. De acuerdo a las diferencias de estos valores, ácido o base serán adicionados al medio.

2.1.6. Parámetro Oxígeno disuelto

Mediante la adición de aire estéril por medio de una bomba con filtro de aire, se controlan los intervalos de 10ml/min para usar como control automático de OD.

2.1.7. Sistema de muestreo

Para disminuir el riesgo de contaminación durante el muestreo, se ha instalado una válvula NPT en la parte frontal del tanque; dicha válvula posee un tapón hermético que evita la contaminación.

2.2. Medidas de seguridad

2.2.1. Precauciones para la manipulación

Seguir las medidas de seguridad y precauciones mientras manipula el *Biorreactor DR-MA* para su seguridad y la del equipo.

- ✚ No calentar el biorreactor vacío.
- ✚ Durante la esterilización, nunca llene más del volumen establecido.



2.2.2. Precauciones para la esterilización

- ✚ Ingrese 12 litros de agua al tanque y programe la temperatura a 100°C. Durante el proceso evite tocar la superficie del tanque para evitar quemaduras.



2.2.3. Precauciones para reactivos y microorganismos peligrosos

- ✚ Mientras manipule reactivos corrosivos y otros reactivos peligrosos utilice mandil, cofia, guantes y siga las instrucciones de seguridad del laboratorio.
- ✚ Durante la manipulación de patógenos y microorganismos peligrosos aplique las medidas de precaución necesarias de acuerdo con las reglas del laboratorio.
- ✚ Mientras que su proceso permita el empleo de otros ácidos tales como H_3PO_4 o H_2SO_4 , no utilice HCl como ácido para la fermentación.



3. INSTALACIONES



El proceso de instalación inicia con la conexión de todos los cables a la unidad principal de control. La unidad de control incluye conectores para los electrodos de pH, OD y temperatura, resistencia de calentamiento y otros microprocesadores que controlan todos los parámetros que necesitan ser medidos y procesados.

3.1. Paso a paso



3.2. Paso a paso (gráficos)

1. Lavar los baffles, el tanque y su tapa



2. Colocar el tanque previamente lavado en la estructura.



3. Colocar la tapa con la base superior



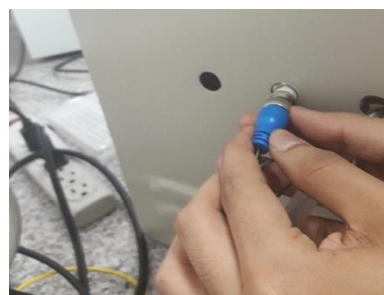
4. Verificar que coincidan todos los agujeros



5. Colocar la resistencia eléctrica



6. Conectar los sensores y los cables de poder



7. Esterilizar los sensores antes de ingresarlos al equipo



8. Equipo armado



3.3. Fuente de energía principal

El cable de la fuente de la energía principal de *Biorreactor DR-MA* tiene que ser conectado a la entrada de energía ubicada en la parte posterior de la unidad principal de control y el sistema es encendido desde la parte de adentro con un breaker rojo que se encuentra en la parte interna superior del mismo.

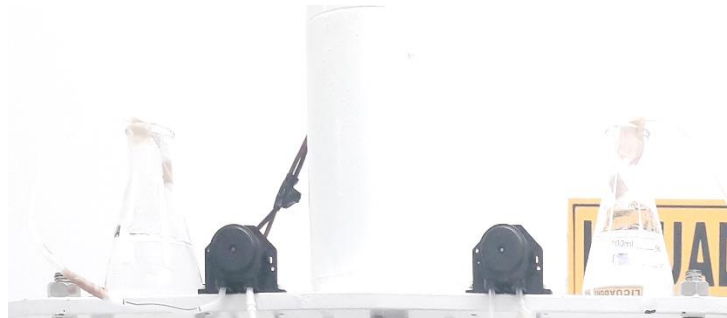
Una vez terminado de conectar completamente las otras conexiones, proceda a enchufar en la fuente de energía.

Verifique los siguientes ítems antes de encender *Biorreactor DR-MA*:

- Entrada de aire
- Bombas peristálticas
- Sensor de pH
- Sensor de OD
- Conexión de los sensores al tablero
- Conexión de la bomba de oxígeno

3.4. Instalaciones de las bombas peristálticas

Las bombas para la adición del ácido y la base empleadas para el control del pH debe ser conectada en la parte lateral del tablero de control.



4. CALIBRACIONES

4.1. Agitador

El parámetro agitación no requiere de calibración, sino de una regulación de las revoluciones por minuto que necesite el proceso.

4.2. Temperatura

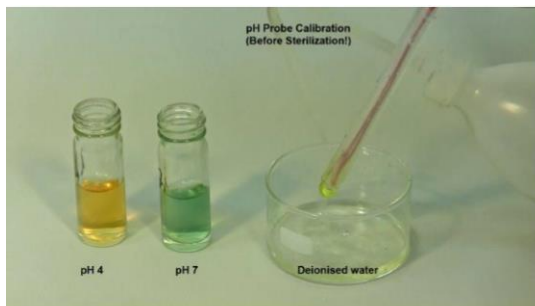
El electrodo de temperatura no puede ser calibrado, ya que los valores reales están validados.

4.3. pH

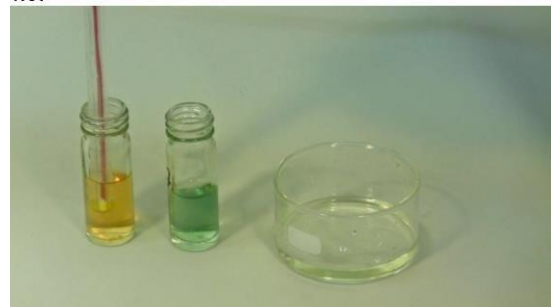
Para el parámetro potencial de Hidrógeno (pH) se tiene un sistema de calibración de tres puntos con tres soluciones estándares (ácido, base y neutro). La calibración del electrodo de pH, debe realizarse previo a la esterilización.

Seleccione las soluciones de acuerdo al intervalo de pH de trabajo. Para procedimientos con un rango de pH entre 6.0 y 7.0, se recomienda elegir la solución de pH 7, 10 y 4 para la calibración. Para la manipulación de estas sustancias, utilice la protección adecuada.

1. Prepare las soluciones necesarias y lave el electrodo con agua destilada. Seque el electrodo con papel secante



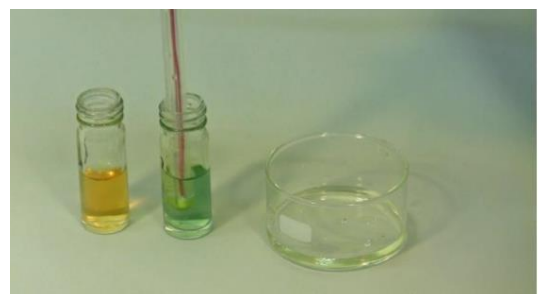
2. Sumerja el electrodo en la solución de calibración y agítelo suavemente. Y el sistema automáticamente guardará el valor.



3. Lave el electrodo con agua destilada y seque con papel secante



4. Sumerja el electrodo en la solución de calibración y agítelo suavemente. Y el sistema automáticamente guardará el valor.



4.4. Oxígeno disuelto

La cantidad de oxígeno disuelto en agua pura cambia con los parámetros: temperatura, la presión del aire y la concentración de sustancias disueltas en el medio.

La variación de la temperatura es regulada automáticamente. La calibración se realiza por lo general después de la esterilización con la agitación adecuada.

La calibración y la medición no pueden hacerse sin agitación. En caso de que la calibración se haga en un recipiente externo, asegúrese de que las burbujas de gas se mezclen bien en la solución.

La calibración del sensor de oxígeno disuelto (OD) tiene que realizarse ANTES y DESPUÉS de la ESTERILIZACIÓN.



5. SISTEMA DE LIMPIEZA

5.1. Procedimiento de preparación

Antes de realizar el procedimiento para desensamblar, limpiar y desinfectar el equipo de manera correcta es importante que primero se deje enfriar el tanque y posteriormente se deben seguir los siguientes pasos:

1. Desconectar de la corriente eléctrica el equipo (resistencia, sistema de enfriamiento, sistema de aireación, agitador)
2. Desenroscar las 4 tuercas de seguridad ubicadas en la parte superior de la tapa del soporte del Biorreactor
3. Desmontar la base superior del equipo
4. Retirar el sensor de temperatura
5. Retirar el tanque
6. Retirar los baffles
7. Retirar el cultivo restante mediante la válvula toma muestra

Una vez desensamblado el equipo en su totalidad se procede a realizar la limpieza del tanque, cabe recalcar que este tipo de limpieza es COP (Clean Out of Place).

5.2. Procedimiento de limpieza del tanque

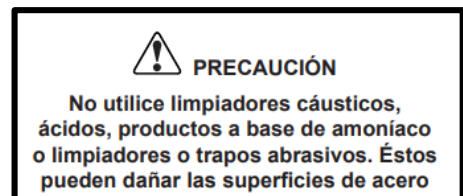
Prelavado

En esta etapa se busca la eliminación de partículas en el tanque antes de aplicar la solución de limpieza. Esto se puede lograr al hacer pasar agua fría o caliente a presión moderada.

Lavado

Se realiza la aplicación de componentes de lavado alcalino debido a que en el tanque habrá un medio ligeramente ácido. El componente de limpieza será un detergente en forma de espuma:

- Nombre producto Químico: Arofoam
- Tipo de producto: alcalino
- Concentración de uso: Disolución de 5%
- Temperatura: Agua a 50 °C
- Presión: 50 – 100 bar
- Tiempo: 5 - 10 minutos



Enjuague

Se realiza un enjuague con abundante agua potable para eliminar todos los rastros de la solución de limpieza. Luego se debe secar el tanque con toallas de papel desechables

Desinfección

Consiste en la aplicación de desinfectante:

- Nombre producto Químico: Peracid
- Tipo de producto: Ácido peracético
- Concentración de uso: 0,5 - 2%
- Temperatura: Ambiente o desde 30 °C
- Tiempo de actuación: 10-30 minutos

5.3. Procedimiento de limpieza del electrodo de pH

Para la limpieza del electrodo de pH será necesario tener agua destilada. Con ayuda de una pipeta, enjuagar el electrodo y luego séquelo con papel toalla antes de su almacenamiento.

5.4. Procedimiento de limpieza del sensor de temperatura

Prelavado

En esta etapa se busca la eliminación de partículas adheridas al sensor antes de aplicar la solución de limpieza. Esto se puede lograr al hacer pasar agua fría o caliente a presión moderada.

Lavado

Su limpieza se realizará por inmersión y se aplicará un componente de lavado alcalino debido a que el sensor va a estar en contacto con un medio ligeramente ácido. El componente de limpieza será un detergente en forma de espuma:

- Nombre producto Químico: Arofoam
- Tipo de producto: alcalino
- Concentración de uso: Disolución de 5%
- Temperatura: 50 °C
- Tiempo: 5 - 10 minutos

Enjuague

Se realiza un enjuague con abundante agua potable para eliminar todos los rastros de la solución de limpieza, luego se debe secar el sensor con toallas de papel desechables.

Desinfección

Consiste en la aplicación de desinfectante:

- Nombre producto Químico: Peracid
- Tipo de producto: Ácido peracético
- Concentración: 0,5 - 2%
- Temperatura: 30 °C (ambiente)
- Tiempo: 10-30 minutos

5.5. Procedimiento de limpieza del agitador

Prelavado

En esta etapa se busca la eliminación de partículas en el agitador antes de aplicar la solución de limpieza. Esto se puede lograr al hacer pasar agua fría o caliente a presión moderada.

Lavado

Este proceso se realizará por inmersión y se aplicará un componente de lavado alcalino debido a que en el agitador va a estar en contacto con un medio ligeramente ácido. El componente de limpieza será un detergente en forma de espuma:

- Nombre producto Químico: Arofoam
- Tipo de producto: alcalino
- Concentración: Disolución de 5%
- Temperatura: 50 °C
- Tiempo: 5 - 10 minutos

Enjuague

Se realiza un enjuague con abundante agua potable para eliminar todos los rastros de la solución de limpieza. Luego se debe secar el tanque con toallas de papel desechables

Desinfección

Consiste en la aplicación de desinfectante:

- Nombre producto Químico: Peracid
- Tipo de producto: Ácido peracético
- Concentración de uso: 0,5 - 2%
- Temperatura: Ambiente o desde 30 °C
- Tiempo de actuación: 10-30 minutos

5.6. Procedimiento de limpieza de la tubería de alimentación

Prelavado

En esta etapa se busca la eliminación de partículas adheridas en la tubería de alimentación antes de aplicar la solución de limpieza.

Lavado

Este proceso se llevará a cabo haciendo pasar por la tubería el componente de lavado alcalino debido a que la tubería estará en contacto con vapores de un medio ligeramente ácido.

El componente de limpieza será un detergente en forma de espuma:

- Nombre producto Químico: Arofoam
- Tipo de producto: alcalino
- Concentración: Disolución de 5%
- Temperatura: 50 °C
- Tiempo: 5 - 10 minutos

Enjuague

Se realiza un enjuague, haciendo pasar abundante agua potable para eliminar todos los rastros de la solución de limpieza.

Desinfección

Consiste en hacer pasar por la tubería el desinfectante:

- Nombre producto Químico: Peracid
- Tipo de producto: Ácido peracético
- Concentración de uso: 0,5 - 2%
- Temperatura: Ambiente o desde 30 °C
- Tiempo de actuación: 10-30 minutos

Manual / Guía de usuario de Biorreactor DR-MA

ESPOL

Guayaquil, Ecuador Teléfono:

+593 959 230 799

Email: ipsornoz@espol.edu.ec fsaetero@espol.edu.ec jarias@espol.edu.ec



ESPOL

"Impulsando la sociedad del conocimiento"



Ivette Sornoza
ipsornoz@espol.edu.ec
FIMCP



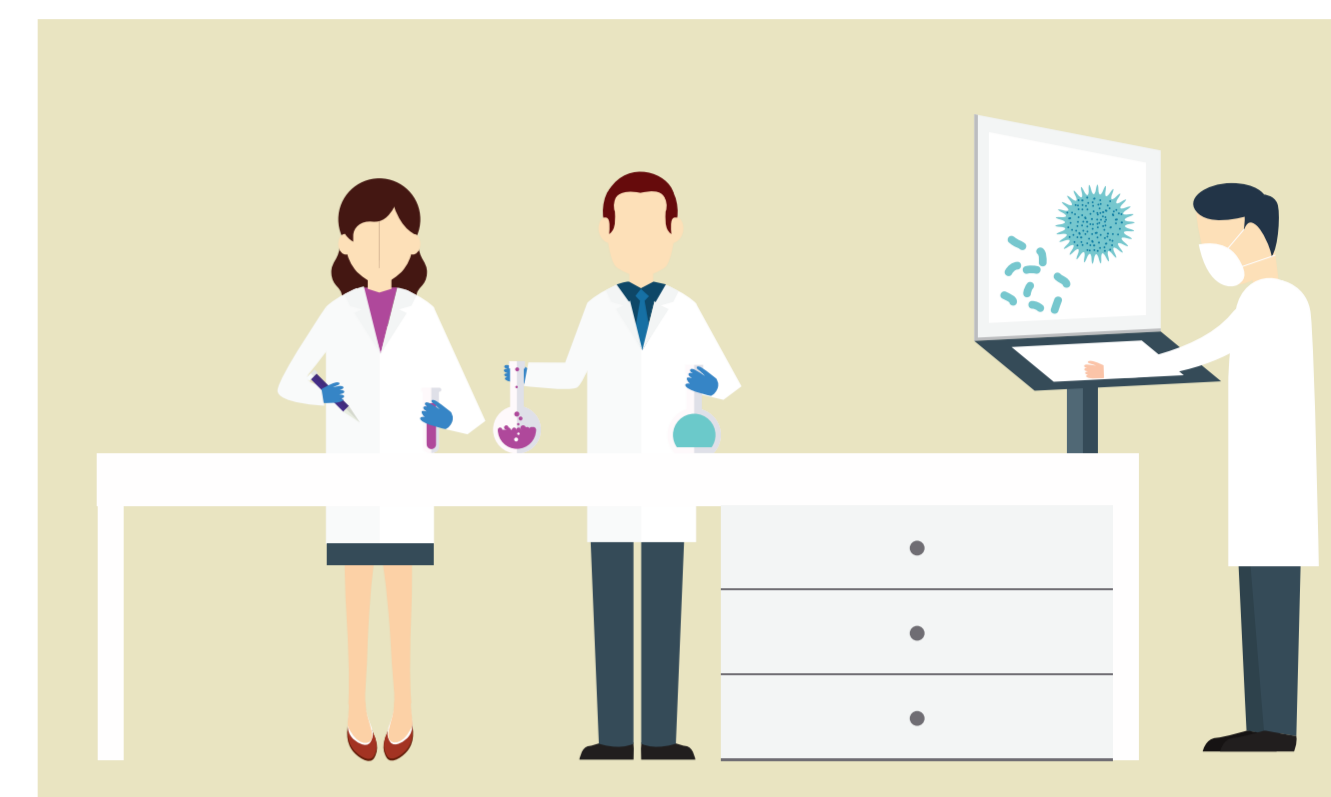
Francisco Saeteros
fsaetero@espol.edu.ec
FIMCP



Juan Arias
jarias@espol.edu.ec
FIEC

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE UN BIORREACTOR A ESCALA DE LABORATORIO CON SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO.

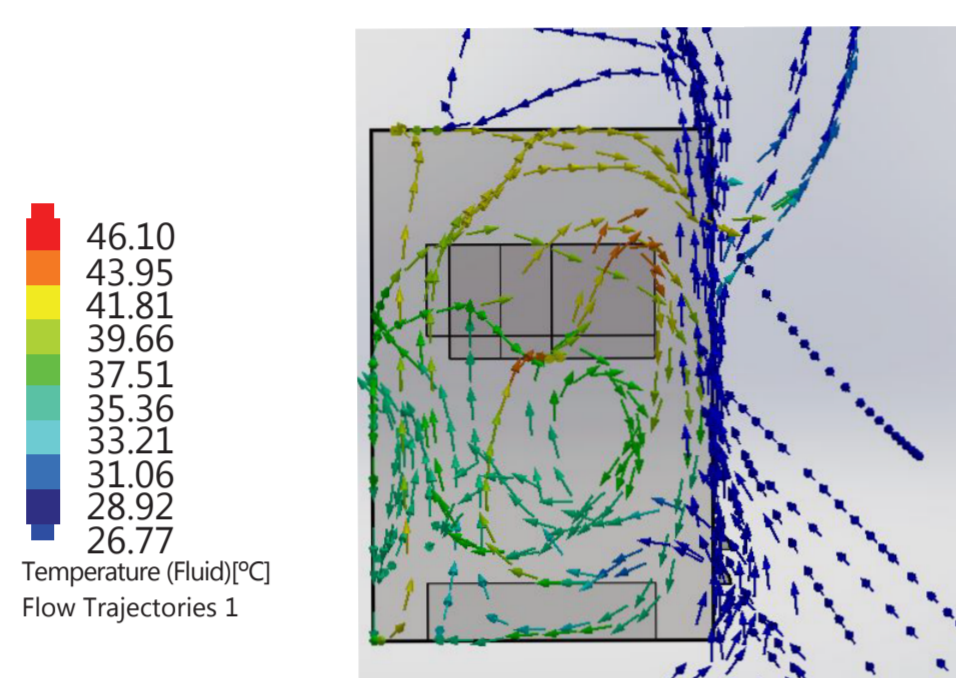
Los biorreactores son sistemas que proporcionan un medio ambiente adecuado y controlado que permite el crecimiento eficaz de las células y la formación de un producto; con el control automatizado de parámetros específicos como agitación, temperatura, potencial de hidrógeno (pH) y oxígeno disuelto.



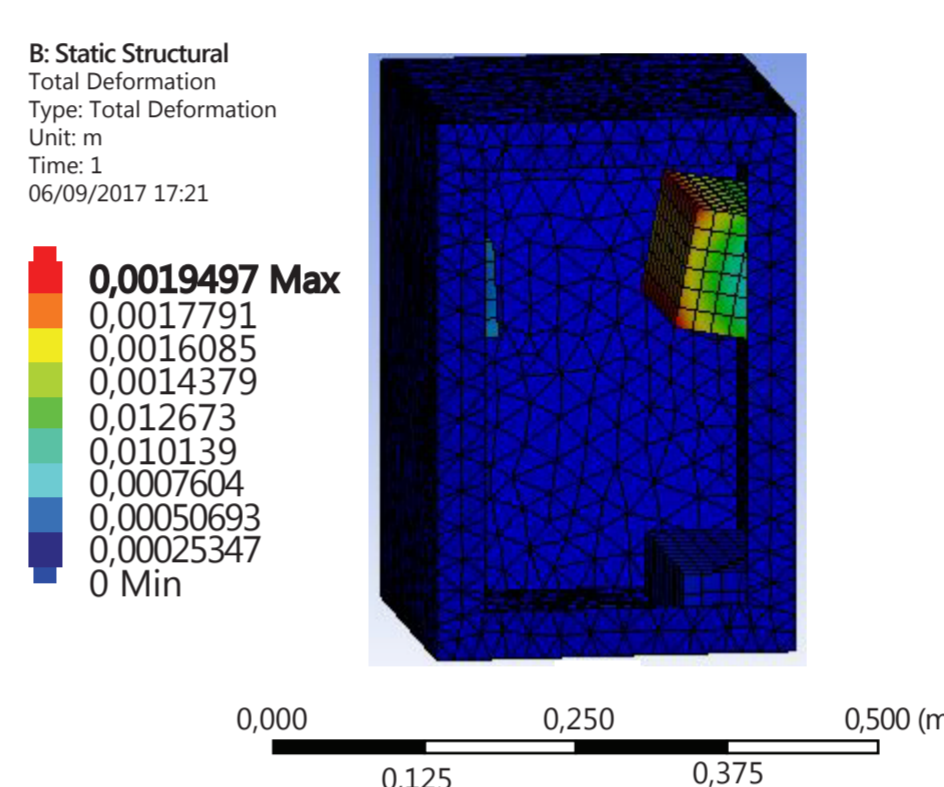
En el Ecuador los laboratorios que necesitan realizar cultivos bacterianos no cuentan con una oferta económicamente accesible de biorreactores con sistema de control automático. Para este proyecto se propuso rediseñar, construir y validar un biorreactor a escala para uso de laboratorio, esto para satisfacer la necesidad que tiene el CIBE y los laboratorios de Ing. en Alimentos para desarrollar procesos biotecnológicos.

PASO 01

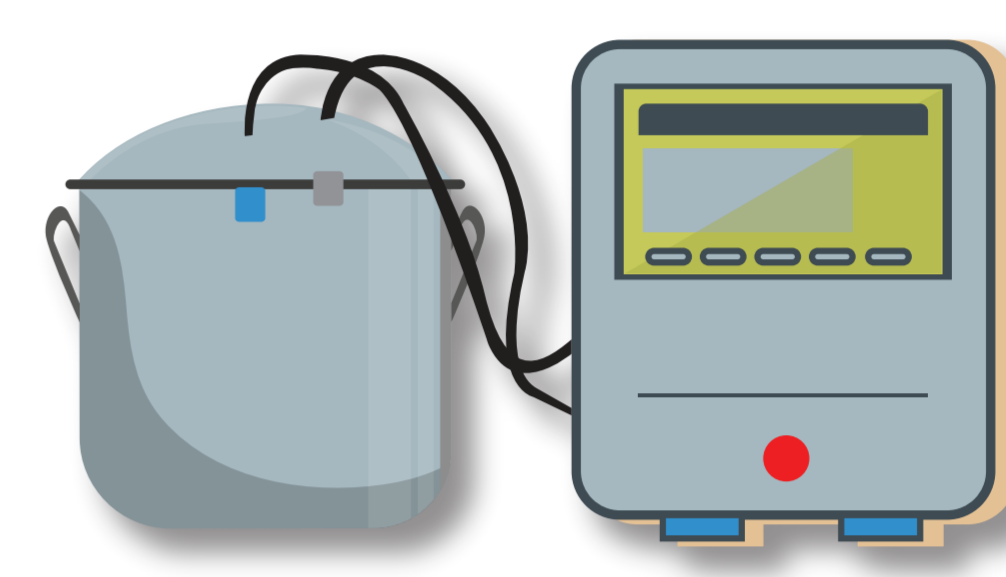
DISEÑO DE TABLERO DE CONTROL



Análisis Térmico



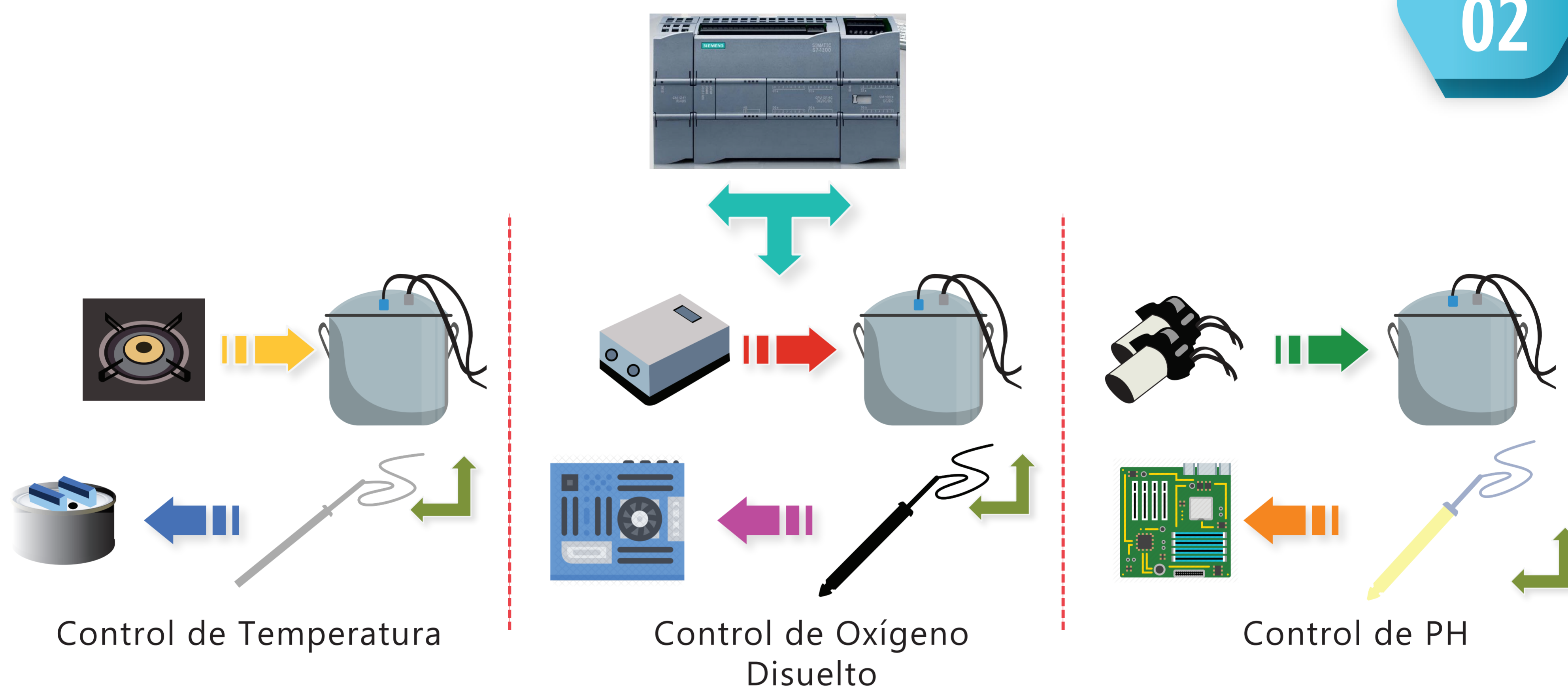
Análisis de Impacto



Biorreactor

CIRCUITO DE SISTEMA DE CONTROL

PASO 02



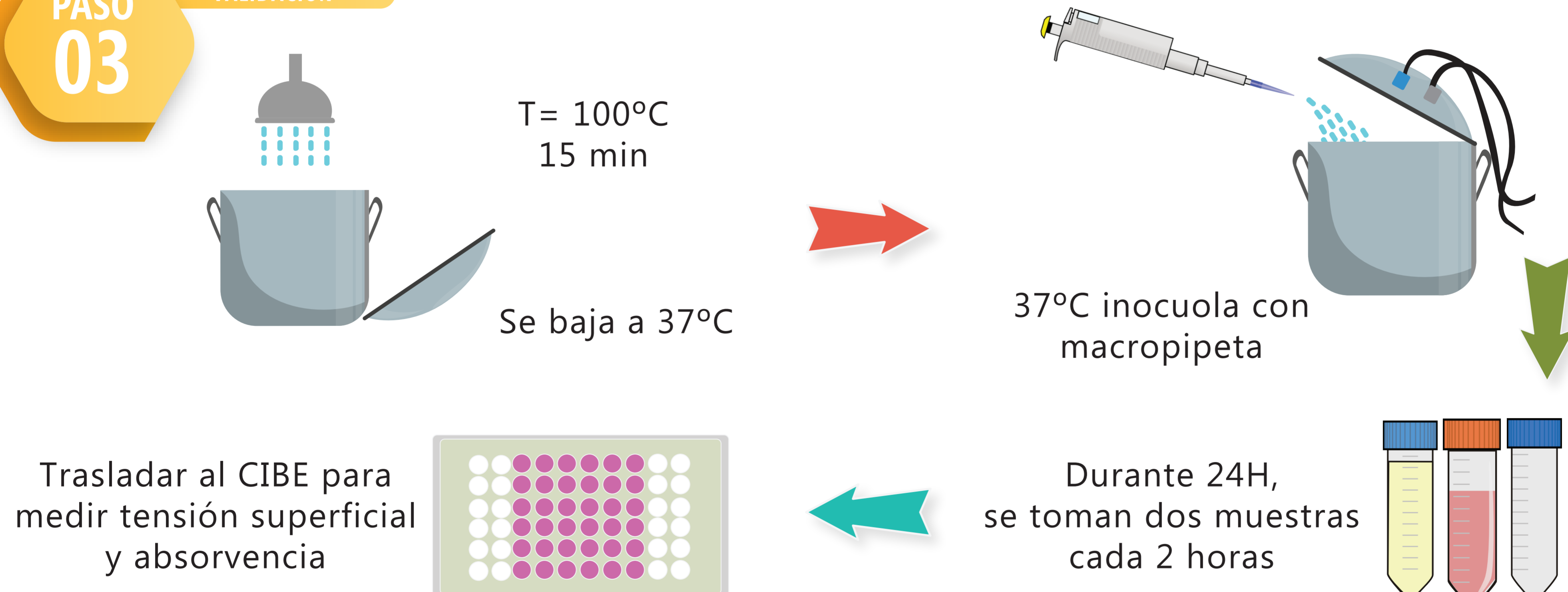
Control de Temperatura

Control de Oxígeno Disuelto

Control de PH

PASO 03

VALIDACIÓN



T= 100°C
15 min

Se baja a 37°C

37°C inocula con macropipeta

Durante 24H, se toman dos muestras cada 2 horas

Trasladar al CIBE para medir tensión superficial y absorbencia

CONCLUSIONES

Se logró diseñar, construir y validar el biorreactor de tanque agitado con sistema de control automático, con la producción de biotensoactivos (*Bacillus subtilis*) y cultivos estárter (*Saccharomyces cerevisiae*), obteniendo resultados favorables para dicha producción.

BIBLIOGRAFÍA

Jiménez, D., Medina, S., & Gracida, J. (2010). Propiedades, aplicaciones y producción de biotensoactivos. México.

Mariam, F. A. I. (2010). Thermal management of outside plant telecommunication cabinets: Design and CFD modeling methodology. The University of Texas at Arlington.