

MODELADO, SIMULACIÓN Y PROPUESTA DE DISEÑO DE UN CONTROLADOR PARA EL PROCESO DE FERMENTACIÓN DE UNA INDUSTRIA PRODUCTORA DE DERIVADOS LÁCTEOS

PROBLEMA

En la industria de productos lácteos, la mayoría de los sabores, y características principales de los productos, son generados en la fermentación. Por esto, resulta importante controlar: la temperatura, pH y agitación, de este proceso, para garantizar la calidad de producto final.

OBJETIVO GENERAL

Proponer un sistema de control para en el proceso de fermentación de una industria de derivados de productos lácteos, simulando la dinámica del proceso mediante un modelo matemático.

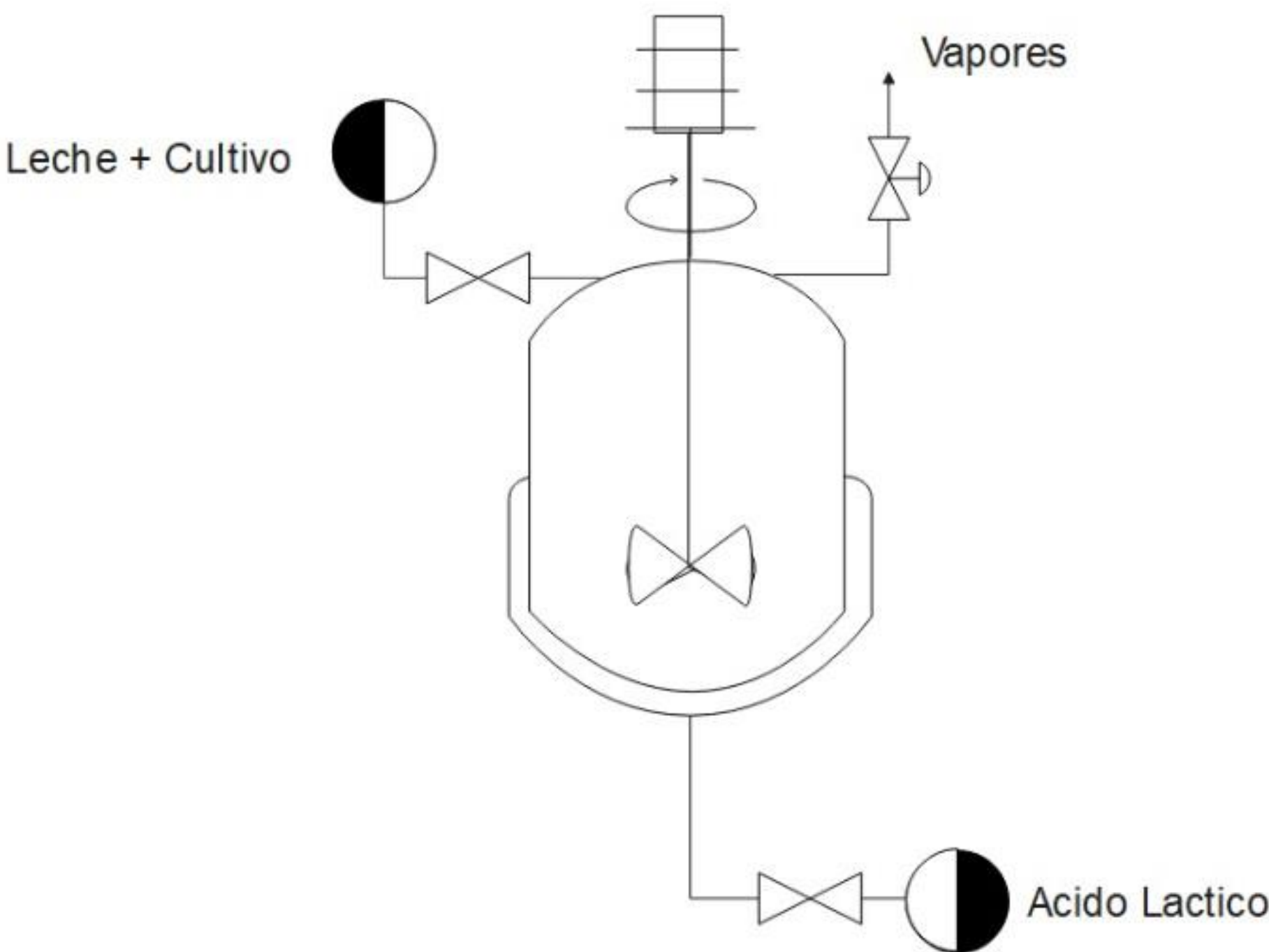


Figura 1. Diagrama de Flujo de Proceso de Reactor por Lotes.

PROPUESTA



RESULTADOS

Tiempo (h)	Biomasa (g/dm^3)	Sustrato(g/dm^3)	Producto(g/dm^3)	pH
0	0.15	35	1.713	6.55
0.5	0.16	32.92	1.800	6.51
1	0.18	30.84	1.891	6.48
1.3	0.42	29.6	2.340	6.39
1.7	0.78	25.94	2.430	6.33
2	1.3	23.2	2.877	6.1
2.3	2.14	16.8	4.054	5.61
2.7	2.24	13.82	5.487	5.29
3	2.64	11.6	6.344	5.06
3.3	2.75	11.27	7.141	4.9
4	2.84	10.52	9.613	4.78
4.3	2.88	10.2	9.920	4.66
4.5	2.86	9.8	9.8	4.58

Los resultados de los datos experimentales mostraron concordancia entre las fases para el ciclo fermentativo del caso industrial con los casos bases obtenidos mediante bibliografía.

El ajuste de parámetros sobre el caso industrial obtuvo resultados del perfil dinámico con un error inferior al 10%. Se redujo el Tiempo de operación de 4 a 2.7 horas, y se obtuvo un estado estacionario del pH de 4.9.

Finalmente, se diseñó un controlador considerando el Tiempo estacionario, disminuyendo el Tiempo estabilización de 1.87 segundos a 0,91 segundos.

CONCLUSIONES

- El modelado, simulación y propuesta de diseño de un controlador del proceso de fermentación por lotes se de collevó a cabo mediante tres etapas: Recopilación de datos de operación mediante metodologías experimentales; un ajuste de parámetros basado en el algoritmo de Lavenberg-Marquadt y la implementación de estrategia ntrol considerando los resultados del ajuste
- La calibración y ajuste de parámetros basados en el algoritmo de Lavenberg-Marquadt presenta valores aceptables. Los errores relativos porcentuales son inferiores al 10%.
 - El controlador propuesto responde ante perturbaciones de voltaje y mantiene la estabilidad de la velocidad angular.

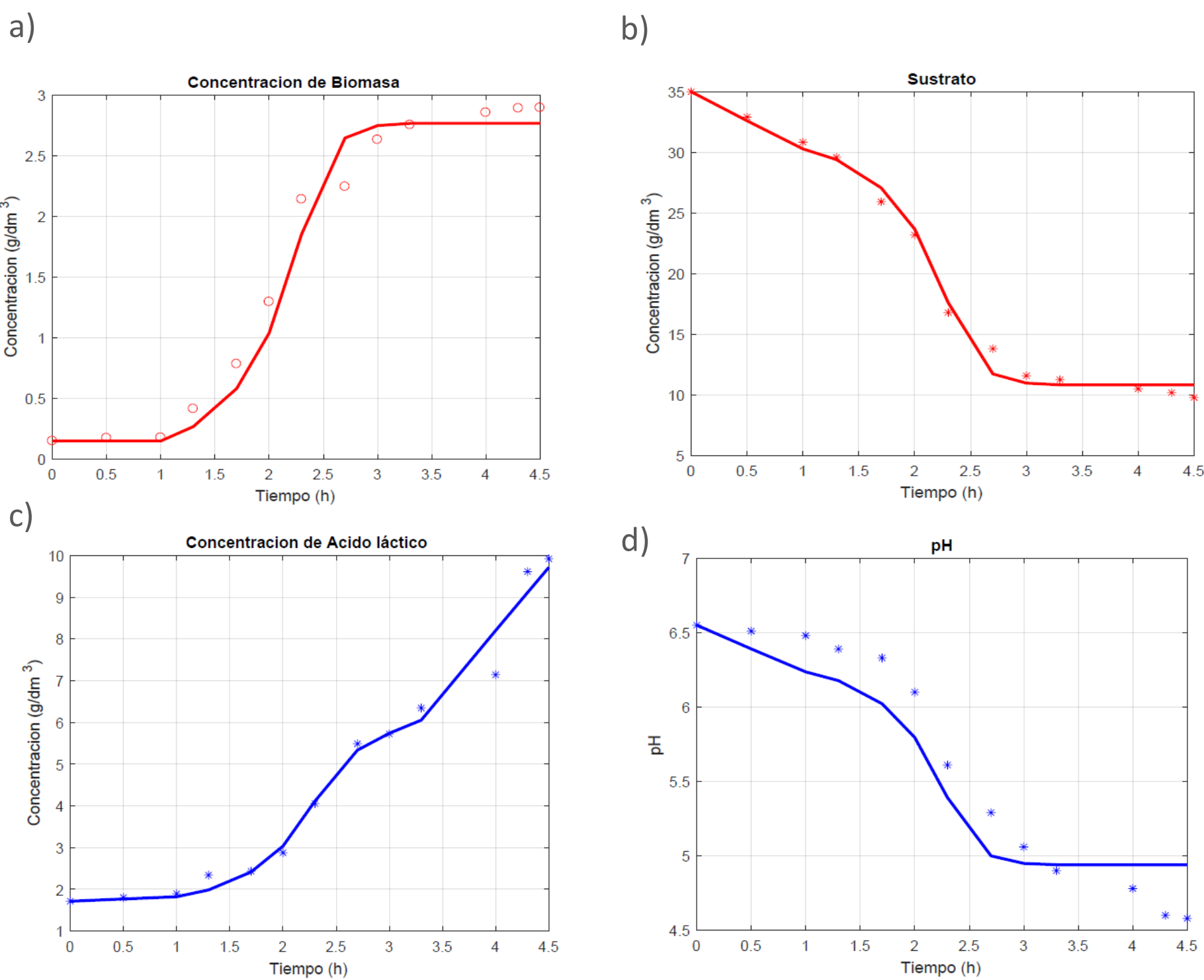


Figura 2. Ajuste de parámetros a) Biomasa, b) Sustrato, c) Producto, d) pH

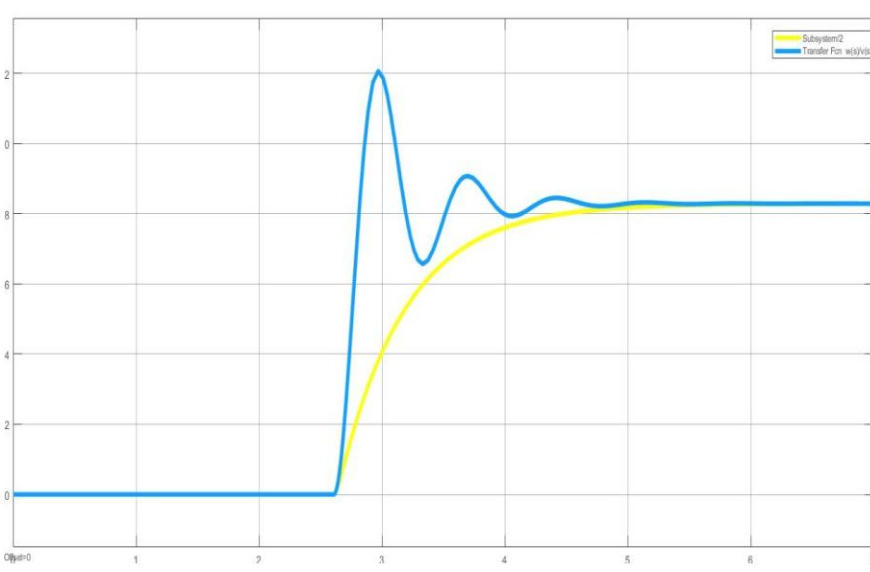


Figura 3. Función de Transferencia del motor; Variable de Entrada/Salida: Voltaje/Velocidad Angular

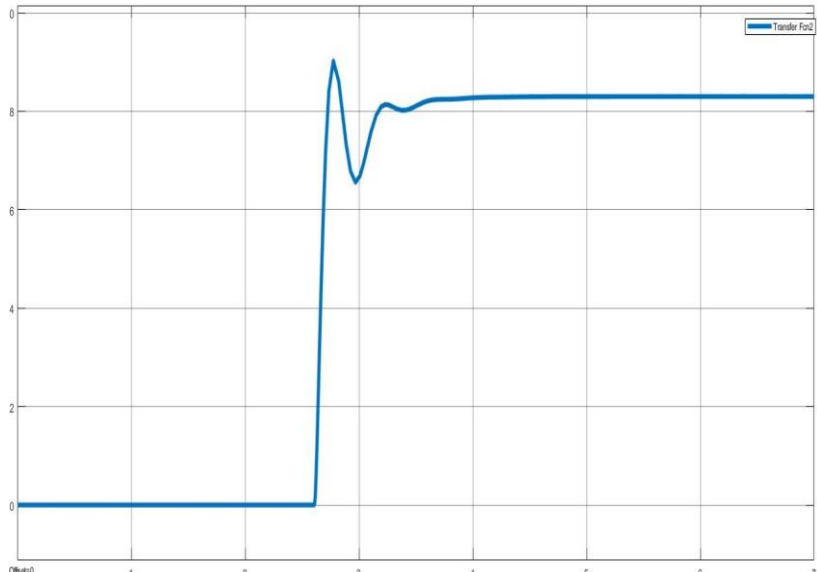


Figura 4. Controlador PID del motor

MODELING, SIMULATION AND DESIGN PROPOSAL OF A CONTROLLER FOR THE FERMENTATION PROCESS OF A PRODUCING INDUSTRY OF DAIRY DERIVATIVES

PROBLEM

In the dairy industry, most of the flavors, and main characteristics of the products, are generated in fermentation. For this reason, it is important to control: the temperature, pH and agitation of this process, to guarantee the quality of the final product.

GENERAL OBJECTIVE

Propose a control system for the fermentation process of an industry of dairy products, simulating the dynamics of the process through a mathematical model.

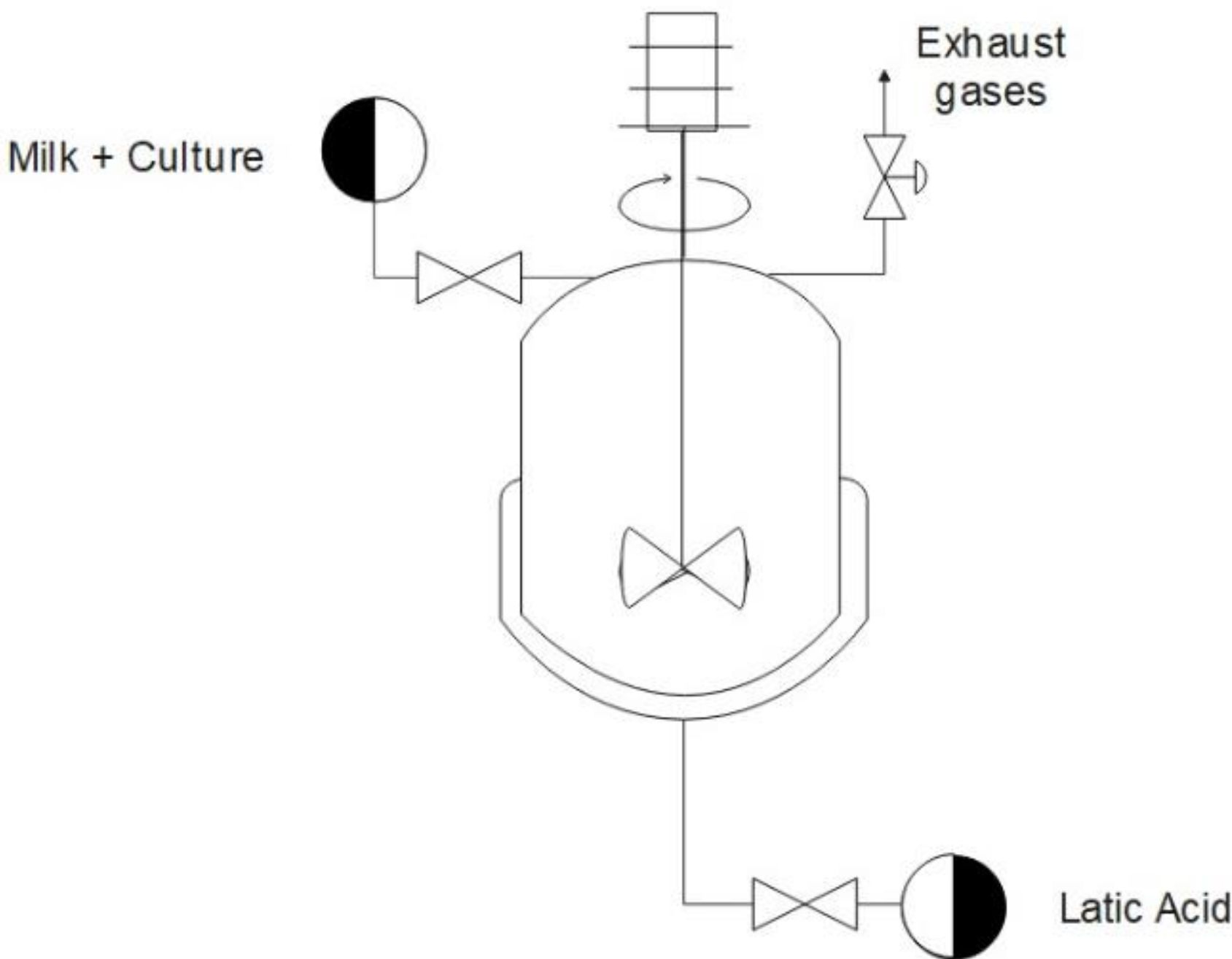
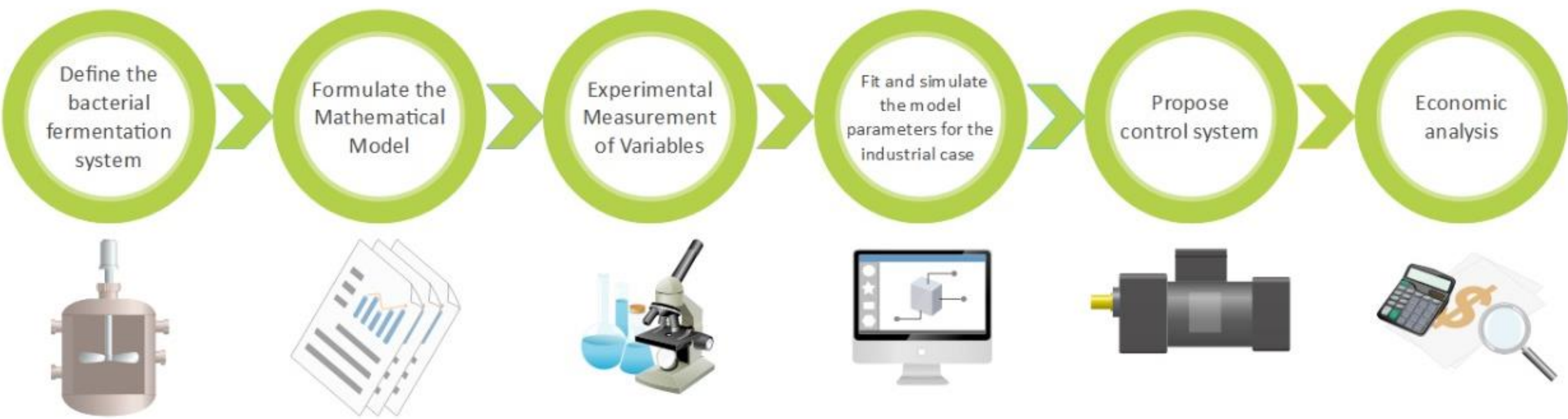


Figure 1. Batch Reactor Process Flow Diagram

PROPOSAL



RESULTS

Time (h)	Biomass (g/dm^3)	Substrate(g/dm^3)	Product(g/dm^3)	pH
0	0.15	35	1.713	6.55
0.5	0.16	32.92	1.800	6.51
1	0.18	30.84	1.891	6.48
1.3	0.42	29.6	2.340	6.39
1.7	0.78	25.94	2.430	6.33
2	1.3	23.2	2.877	6.1
2.3	2.14	16.8	4.054	5.61
2.7	2.24	13.82	5.487	5.29
3	2.64	11.6	6.344	5.06
3.3	2.75	11.27	7.141	4.9
4	2.84	10.52	9.613	4.78
4.3	2.88	10.2	9.920	4.66
4.5	2.86	9.8	9.8	4.58

The results of the experimental data showed concordance between the phases for the fermentation cycle of the industrial case with the base cases obtained through bibliography.

The adjustment of parameters on the industrial case obtained results of the dynamic profile with an error of less than 10%. The operating time was reduced from 4 to 2.7 hours, and a steady state pH of 4.9 was obtained.

Finally, a controller was designed considering the stationary time, decreasing the stabilization time from 1.87 seconds to 0.91 seconds.

CONCLUSIONS

- The modeling, simulation and proposal of a controller of the batch fermentation process was carried out through three stages: Collection of operation data through experimental methodologies; a parameter adjustment based on the Lavenberg-Marquadt algorithm and the implementation of the ntrol strategy considering the results of the adjustment

- Calibration and adjustment of parameters based on the Lavenberg-Marquadt algorithm presents acceptable values. The percentage relative errors are less than 10%.
- A controller for the bioreactor stirrer motor was proposed. The proposed controller responds to voltage disturbances and maintains the stability of the angular velocity immediately.

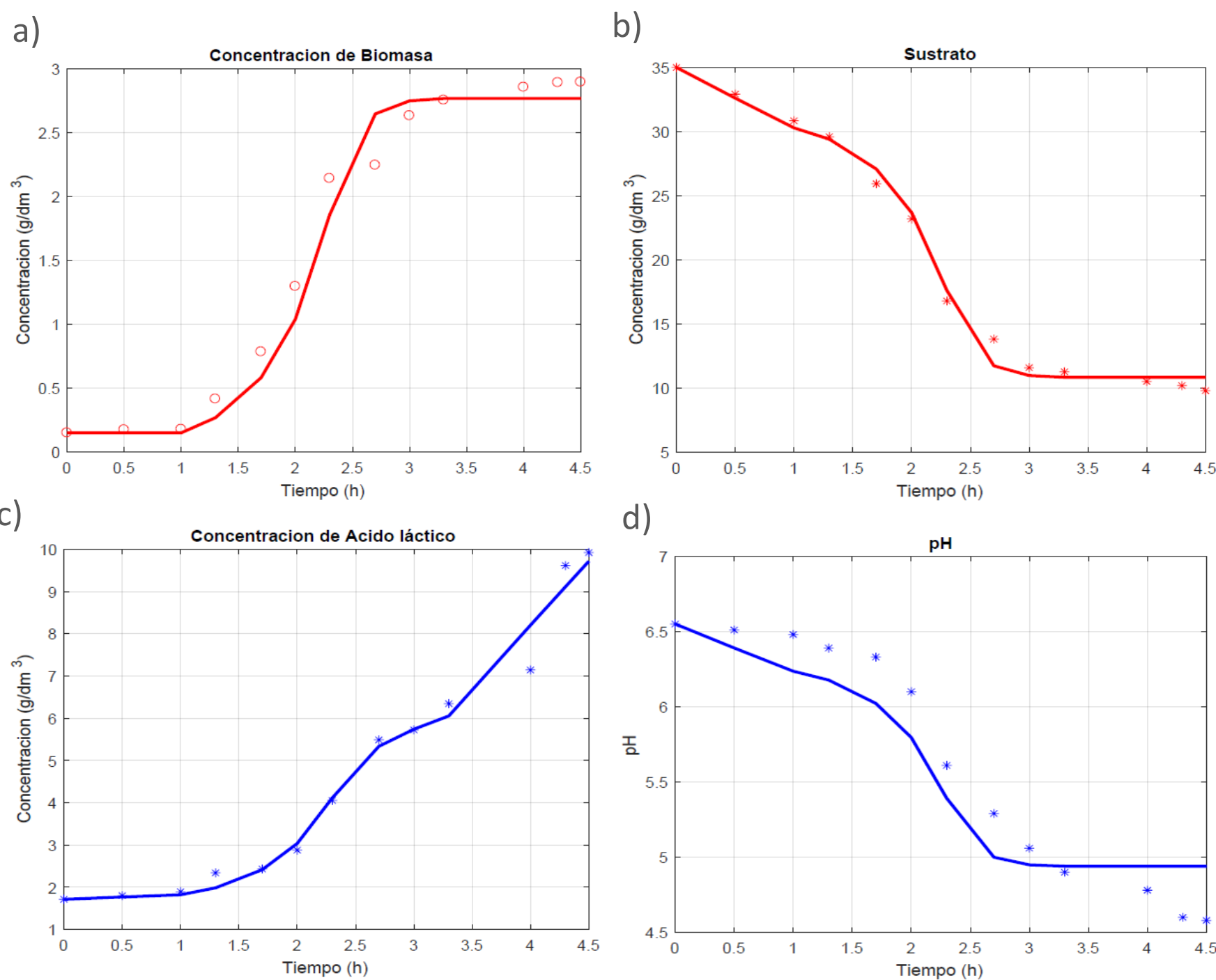


Figure 2. Parameter adjustment a) Biomass, b) Substrate, c) Product, d) pH

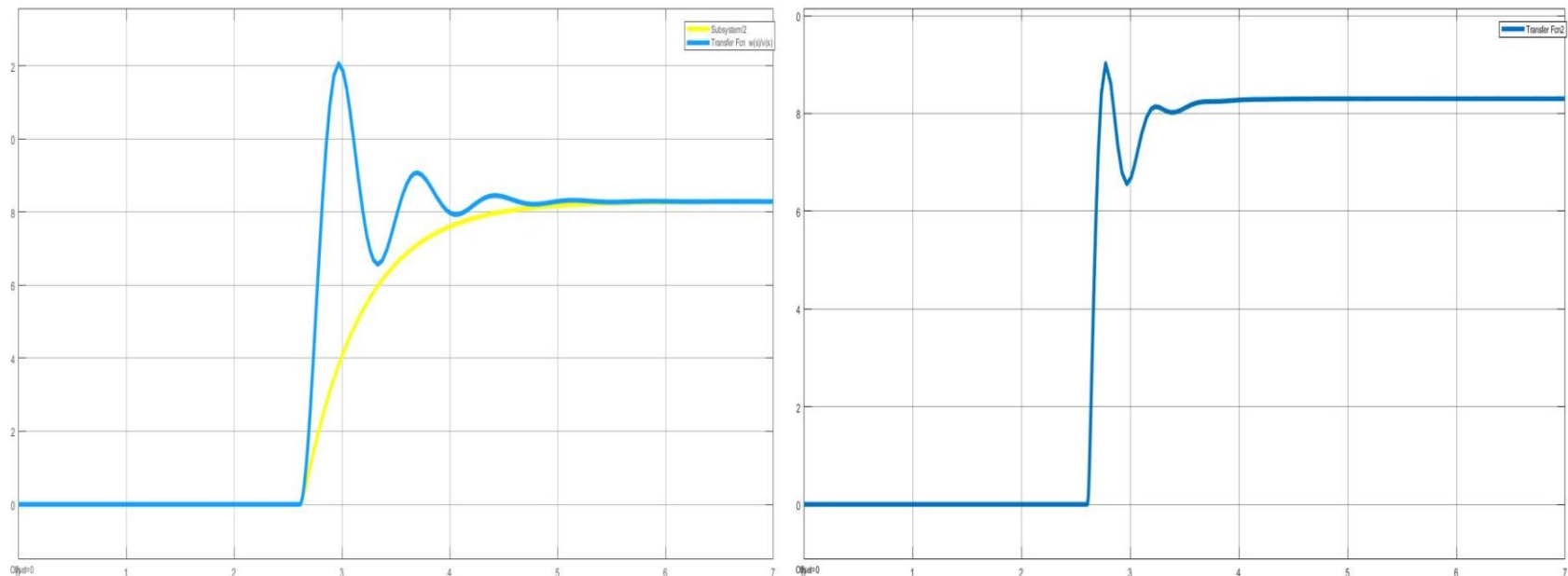


Figure 3. Transfer function of the motor; Variable Input/ Output: Voltage/ Angular Velocity

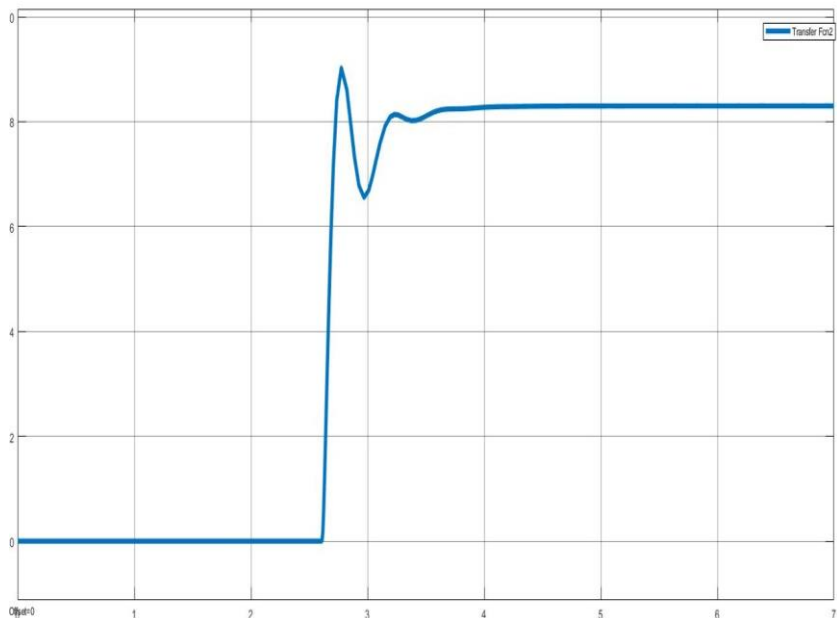


Figure 4. Motor PID Controller