d

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

“Identificación y diseño del controlador para un sistema regulador de temperatura en un cuarto térmico**.**”

 **TESINA DE SEMINARIO**

Previo a la obtención del Título de:

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

Presentada por:

Juan Javier Echeverría Andrade

Jorge Xavier Negrete Reyes

GUAYAQUIL - ECUADOR

AÑO: 2011

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica del Litoral por brindarnos una formación de primera en nuestra aventura de convertirnos en ingenieros, a nuestro director de tesis, el Msc. Cesar Martin, así como a las demás personas que han formado parte del seminario.

También debemos agradecer a todos quienes han aportado en ayudarnos a cumplir con nuestra meta, el Ing. Mario Ortiz, profesores, amigos y autoridades de este prestigioso Establecimiento Educativo.

DEDICATORIA

A Mi Dios quien día a día me ha dado la fuerza para seguir adelante y me ha iluminado constantemente para lograr mis metas. A mi madre Yolanda, quien ha sido mi apoyo incondicional durante todos los días de mi vida, y a toda mi familia que han sido mi aliento y mi felicidad.

Juan Javier Echeverría Andrade

Dedico este trabajo a Dios, quien me brindo la constancia, dedicación y siempre estuvo a mi lado. A mis padres Jorge Isaac y Elga Elizabeth, mis hermanos Emilio y Ariana, mis abuelitos Julio y Margarita, mi tía Adelisa, quienes han sido aliento y soporte en los momentos más difíciles, a ellos mi eterna gratitud.

Jorge Xavier Negrete Reyes

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

 **Ing. César Martín M.** **Ing. Maria A. Alvarez Villanueva**

 PROFESOR DEL SEMINARIO PROFESOR DELEGADO

 DEL DECANO

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta tesis nos corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Juan Javier Echeverría Andrade

Jorge Xavier Negrete Reyes

RESUMEN

El presente estudio describe el diseño de un controlador para regular la temperatura en un cuarto térmico donde hay que considerar los elementos que intervienen como una caldera, un radiador, una electroválvula, una bomba de agua y la piscina donde se deposita los granos de cebada. Partimos de un modelo de la planta que es el resultado de un sistema de ecuaciones dinámicas y de estado estacionario que describen el funcionamiento del proceso industrial en estudio. A partir de eso se continuara con el procedimiento de identificación que es la base de nuestro estudio, para luego hacer el diseño del controlador del proceso mencionado donde es necesario cumplir un proceso metódico.

El **capítulo primero** trata sobre el análisis del problema de nuestro tema estudiado, se hará una descripción de la planta estudiada para la identificación y finalmente se hablará sobre una breve historia de la identificación de sistemas que es nuestro principal tema en estudio.

El **capítulo segundo** muestra el fundamento teórico y ecuaciones físicas que nos servirá para la comprensión y modelamiento matemático de nuestro proceso térmico, como también conceptos básicos del control automático que nos ayudara a recordar ciertos criterios para poder lograr un buen control. Además de eso se presenta teoría sobre la Identificación de Sistemas que es de suma importancia ya que ayudara a comprender al lector cual es la metodología que se usa en esta técnica así también como sus fundamentos teóricos.

El **capítulo tercero** comienza con el modelamiento matemático de la planta que estamos estudiando mediante leyes físicas de la termodinámica que es lo que muestra el comportamiento de nuestro sistema. De ahí mediante la transformada de Laplace logramos obtener una función de transferencia, que es el modelo final en el dominio de laplaciano con el cual se comienza el proceso de identificación. A continuación se generan señales de entrada que servirán para observar la respuesta del sistema.

En el **capítulo cuarto** con los datos de entrada y salida de la planta se procederá a la identificación del sistema, utilizando la herramienta IDENT del software Matlab, donde podremos analizar y seleccionar con criterio, fundamentado en las bases teóricas del estudio de identificación de sistemas, la mejor identificación para nuestra planta.

El **capítulo quinto**, nuestro último procedimiento, es diseñar el controlador, el cual tiene como función mejorar aspectos importantes de la respuesta de la planta como el error de estado estacionario, sobrenivel porcentual y tiempo de estabilización. Además de eso, nuestro último capítulo muestra la comprobación de todo el trabajo mediante validaciones del modelo con datos reales. Para el diseño del controlador se pueden utilizar diversos métodos y analizar cuál es el controlador que me ofrece la mejor respuesta dinámica sea este un controlador P (Proporcional), PI (Proporcional Integral) o PID (Proporcional Integral Derivativo).

Para terminar se encuentran las conclusiones y recomendaciones del trabajo presente y finalmente se encuentran los distintos anexos para complementar a los capítulos antes mencionados.

**ÍNDICE GENERAL**

|  |  |
| --- | --- |
| **agradecimiento**  | **II** |
| **dedicatoria**  | **III** |
| [**tribunal**](#_Toc203424937)  | **IV** |
| **declaratoria expresa**  | **V** |
| **RESUMEN …..……………………………………………....……………...….** | **VI** |
| [**Índice general**](#_Toc203424937)  | **VIII** |
| **ABREVIATURAS …………………………….……….………....…..……….** | **XII** |
| **ÍNDICE DE FIGURAS**  | **Xv** |
| **ÍNDICE DE TABLAS**  | **XXi** |
| **INTRODUCCIÓN ………………………………………………………………** | **XxII** |

**CAPITULO 1**

|  |  |
| --- | --- |
| **ANÁLISIS DEL PROBLEMA…………………………………...……………** | **1** |
| 1.1 Descripción de la planta a identificar…………………………………… | 2 |
| 1.2 Identificación de sistemas……………………………………………….. | 9 |

**CAPITULO 2**

|  |  |
| --- | --- |
| **FUNDAMENTOS TEÓRICOS……………………………………...……......** | **11** |
| 2.1 Termodinámica………………………………………………………........ | 11 |
|  2.1.1 | Leyes de la Termodinámica……………..…………………… | 12 |
|  2.1.2 | Transferencia de calor……………………………………...…. | 16 |
|  2.1.3 | Mecanismos de transferencia de calor……………...………. | 17 |
|  2.1.4 | Intercambiadores de Calor………………………………….... | 19 |
| 2.2 Conceptos básicos del control automático…………………………..... | 21 |
|  2.2.1 | Sistemas……………………………………….……………...... | 21 |
|  2.2.2 | Perturbaciones…………………………………………………. | 22 |
|  2.2.3 | Modelo matemático……………………………………………. | 23 |
|  2.2.4 | Transformada de Laplace…………………………………...... | 24 |
|  2.2.5 | Polos y ceros de la función de transferencia……………….. | 26 |
|  2.2.6 | Orden de un sistema………………………………………….. | 28 |
|  2.2.7 | Diagrama de bloques representativo de un sistema………. | 32 |
| 2.3 Conceptos básicos de la identificación de sistemas………………….. | 33 |
|  2.3.1 | Procedimiento de la identificación….………………………... | 33 |
|  2.3.2 | Métodos de identificación de sistemas……………………… | 37 |
|  2.3.2.1 | Métodos no paramétricos…………………………………….. | 38 |
|  2.3.2.2 | Identificación Paramétrica……………………………………. | 38 |
| 2.3.3 | Guías de diseño de la señal de entrada: señal multiseno (Schroeder-Phased)…………………………………………… | 45 |

**CAPITULO 3**

|  |  |
| --- | --- |
| **DISEÑO DEL MODELO BASE Y DISEÑO DE LA SEÑAL DE ENTRADA PARA LA IDENTIFICACIÓN……………………....…………..** | 47 |
| 3.1 Consideraciones………………………………………………….……… | 47 |
| 3.2 Diagrama de bloques del proceso……………………………..……….. | 48 |
| 3.3 Validación del modelo………………………………………..………….. | 63 |
| 3.4 Diseño de la señal de entrada para la identificación………………... | 66 |
|  3.4.1 | Obtención del tao dominante de la planta………………… | 68 |
|  3.4.2 | Obtención del tiempo de muestreo máximo……………… | 73 |
|  3.4.3 | Selección del tiempo de muestreo a utilizarse…………… | 74 |
|  3.4.4 | Diseño de la señal de entrada……………….……………… | 75 |

**CAPITULO 4**

|  |  |
| --- | --- |
| **IMPLEMENTACION DE LA IDENTIFICACION………………..…...……..** | **80** |
| 4.1 Análisis con diferentes modelos de identificación…………………….. | 85 |
|  4.1.1 | Modelo ARX……………………………………………………. | 86 |
|  4.1.2 | Modelo ARMAX…………………………..……………………. | 91 |
|  4.1.3 | Modelo Output Error (OE)…..…………..……………………. | 95 |
|  4.1.4 | Modelo BOX-JENKINS (BJ)...…………..……………………. | 99 |
| 4.2 Análisis de resultados……………………………………………………. | 103 |
| 4.3 Validación de resultados……………………………………………….. | 104 |

**CAPITULO 5**

|  |  |
| --- | --- |
| **DISENO DEL CONTROLADOR………………..……………………...…....** | **110** |
| 5.1 Acondicionador de señales……………………………………………… | 110 |
| 5.2 Determinación de las constantes PID…..……………………………… | 112 |
| 5.3 Pruebas con la planta……………………………………………………. | 118 |

|  |  |
| --- | --- |
| **CONCLUSIONES………………………………..………………..…………..** | **119** |
| **RECOMENDACIONES………………………….………………..…………..** | **121** |

**ANEXOS**

|  |  |
| --- | --- |
| Datos proporcionados por la Planta Cervecera local…………………...... | 123 |
|  |  |

|  |  |
| --- | --- |
| **BIBLIOGRAFIA…………………………………..………………..…………..** | **135** |

**ABREVIATURAS**

|  |  |
| --- | --- |
| fb(t) | Flujo de entrada al sistema |
| fc(t) | Flujo a que sale por la válvula de tres vías sin ir al caldero |
| fd(t) | Flujo que sale por la válvula de tres vías y luego va al caldero |
| fi(t) | Flujo de aire que entra a la piscina de cebada |
| fo(t) | Flujo de aire que sale de la piscina de cebada |
| V(t) | Voltaje de abertura de la válvula de tres vías |
| ρ | Densidad del fluido |
| *ρw* | Densidad volumétrica del agua |
| *ρa* | Densidad volumétrica del aire |
| *V* | Volumen del tanque contenedor de cebada |
| T1 | Temperatura a la salida de la caldera |
| T2 | Temperatura de entrada al sistema |
| T3(t) | Temperatura del fluido antes del radiador |
| Ti(t) | Temperatura del aire que entra a la piscina de cebada |
| Tc(t) | Temperatura de la cebada |
| Ta(t) | Temperatura exterior ambiente |
| T(t) | Temperatura del cuarto térmico donde está la cebada |
| ςw | Calor especifico del agua |
| ςa | Calor especifico del aire |
| ςc | Calor especifico de la cebada |
| *mc* | Masa de la cebada |
| *U* | Coeficiente global de la transferencia de calor |
| *A* | Área de transferencia de calor |
| Tr | Tiempo de levantamiento |
| Ts | Tiempo de asentamiento |
| Tp | Tiempo de pico |
| %SO | Sobre nivel porcentual |
| A/D | Convertidor analógico a digital |
| D/A | Convertidor digital a analógico |
| AR | Auto Regresivo |
| ARX | Auto-Regressive with eXogenous inputs  |
| ARMA | Media Móvil y Auto Regresivo |
| ARMAX | Auto-Regressive Moving Average with eXogenous inputs |
| OE | Output error |
| BJ | Box Jekins |
| FIR | Respuesta finita al impulso |
| MA | Media Móvil |
| P | Controlador Proporcional |
| PI | Controlador Integral |
| PD | Controlador Derivativo |
| PID | Controlador Proporcional Integral Derivativo |
| Kp | Constante proporcional del controlador |
| Ki | Constante integral del controlador |
| *τHdom* | Tao dominante alto |
| *τLdom* | Tao dominante bajo |
| PRBS | Secuencia Pseudo Aleatoria Binaria |
| Tsw | Tiempo de cambio |

**INDICE DE FIGURAS**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Figura 1.1 | Piscina de granos con los carros removedores de fondo... | 4 |
| Figura 1.2  | Representación básica del proceso de tostación de la cebada…………………………………………………………. | 6 |
| Figura 2.1 | Equilibrio Termodinámico……………………………………. | 13 |
| Figura 2.2 | Representación grafica de trabajo y calor…………………. | 15 |
| Figura 2.3  | Intercambiador de calor……………………………………… | 19 |
| Figura 2.4  | Radiador tipo industrial………………………………………. | 20 |
| Figura 2.5  | Representación básica de un sistema dinámico………….. | 21 |
| Figura 2.6  | Representación grafica de perturbaciones en un sistema de control………………………………………………………. | 22 |
| Figura 2.7  | Representación básica de un modelo matemático de un sistema………………………..……………………………….. | 23 |
| Figura 2.8 | Representación de la función de transferencia en un diagrama de bloques…………………………..……..……… | 24 |
| Figura 2.9 | Representación gráfica de la transformada de Laplace y su inversa……...……..……………………………………….. | 25 |
| Figura 2.10 | Gráfico de la trayectoria de las raíces……………...………. | 27 |
| Figura 2.11  | Respuesta Paso de un Sistema de Primer Orden (K = 3; τ = 1)………..…………………………………………. | 29 |
| Figura 2.12 | Respuesta Paso de un Sistema de Segundo Orden con diferentes valores de ξ……………………………………….. | 31 |
| Figura 2.13 | (a) Diagrama de bloques básico en lazo abierto, (b) Diagrama de bloques básico en lazo cerrado……………... | 32 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Figura 2.14  | Diagrama de bloques básico para la identificación de sistemas……………………………………………………….. | 33 |
| Figura 2.15 | Etapas de un proceso de identificación……………………. | 34 |
| Figura 2.16 | Diagrama de bloques de los modelos basados en el error de predicción…………………………………….……………. | 40 |
| Figura 2.17 | Diagrama de bloques de modelos basados en el modelo ARX…………………………………………………………….. | 41 |
| Figura 2.18 | Diagrama de bloques de los modelos basados en el modelo ARIMAX………………………………………………. | 42 |
| Figura 2.19  | Diagrama de bloques de los modelos basados en el modelo B-J……….……………………………………………. | 44 |
| Figura 2.20  | Diagrama de bloques de los modelos basados en el modelo OE…….………………………………………………. | 45 |
| Figura 3.1 | Diagrama de PASO 1………………………………………… | 49 |
| Figura 3.2  | Diagrama de bloques en simulink de PASO 1…………….. | 50 |
| Figura 3.3 | Diagrama de bloques en simulink del subsistema PASO 1 | 51 |
| Figura 3.4  | Vin(t) color azul, fd(t) color rojo y fc(t) color verde……..…… | 52 |
| Figura 3.5 | Diagrama de PASO 2………………………………………… | 52 |
| Figura 3.6 | (a)Diagrama de bloques en simulink del PASO 1 y PASO 2. (b)Diagrama de bloques del subsistema PASO 2……... | 56 |
| Figura 3.7 | Cambio de temperatura del agua que ingresa al radiador cuando la electroválvula recibe una señal escalón de 4 voltios…………………………………………………………... | 57 |
| Figura 3.8 | PASO 3, el ventilador genera un caudal constante y luego el flujo de aire que atravesó el radiador comienza a elevar la temperatura de los granos………………………………... | 57 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Figura 3.9 | Diagrama de bloques completo con las tres etapas del proceso, a la salida de la temperatura del radiador se suman perturbaciones……………………………………….. | 58 |
| Figura 3.10 | Diagrama de bloques con el subsistema del radiador y la piscina de semillas, a la salida de la temperatura de la piscina se suman perturbaciones…………………………… | 59 |
| Figura 3.11 | Diagrama de bloques con el subsistema del radiador donde el bloque f(u) es la ganancia de la función de transferencia que simula la dinámica del radiador………... | 59 |
| Figura 3.12 | Diagrama de bloques con lazo cerrado y controlador……. | 64 |
| Figura 3.13 | Señal de entrada……………………………………………… | 64 |
| Figura 3.14  | Datos reales del proceso………………………..…………… | 65 |
| Figura 3.15 | Datos obtenidos a partir del modelo………………..………. | 65 |
| Figura 3.16  | Interfaz de Input Design GUI………….…………………….. | 67 |
| Figura 3.17 | Diagrama de bloques en lazo abierto utilizado para encontrar el TAO dominante…….…………………………... | 69 |
| Figura 3.18 | Entrada tipo escalón con un valor de 2.5V en 5000 segundos y su respuesta……………………………………. | 69 |
| Figura 3.19 | Respuesta al escalón de 2,5 voltios genera un τdom de 7820 segundos………………………………………………... | 70 |
| Figura 3.20 | Entrada tipo escalón con un valor de 4.5V en 5000 segundos y su respuesta……………………………………. | 70 |
| Figura 3.21 | Respuesta al escalón de 4,5 voltios genera un τdom de 7870 segundos…….………………………………………….. | 71 |
| Figura 3.22 | Entrada tipo escalón con un valor de 4.5V en 5000 segundos y su respuesta……………………………………. | 71 |
| Figura 3.23 | Respuesta al escalón de 7 voltios genera un τdom de 7930 segundos……………………………..……………………….. | 72 |
| Figura 3.24 | cra(prueba7,10,20,2)…………………….…………………... | 77 |
| Figura 3.25 | Señal multiseno seleccionada……………….……………… | 78 |
| Figura 3.26  | Características de la señal de entrada………..……………. | 79 |
| Figura 4.1 | Señal de entrada multiseno cargada en el Workspace con el nombre de P7…………..………………………………….. | 80 |
| Figura 4.2 | Diagrama de bloques y grafico de entrada y salida de nuestro sistema…………….…………………………………. | 81 |
| Figura 4.3 | Herramienta System Identification Toolbox…………..……. | 82 |
| Figura 4.4 | Procedimiento para importar datos a Ident desde el Workspace………………...………………………..…………. | 83 |
| Figura 4.5 | Selección de datos para validar y para identificar……...…. | 84 |
| Figura 4.6 | Selección de modelos ARX utilizando *order selection*…… | 86 |
| Figura 4.7 | Diagrama de respuesta al escalón de los 4 modelos ARX generados……………...……………………………………… | 87 |
| Figura 4.8 | Diagrama de análisis residual de los 4 modelos ARX generados………………...…………………………………… | 88 |
| Figura 4.9 | Diagrama de análisis de respuesta de frecuencia de los 4 modelos ARX generados…………………………………….. | 89 |
| Figura 4.10 | Diagrama de análisis de medición y simulación de la respuesta en el tiempo de los 4 modelos ARX generado... | 90 |
| Figura 4.11 | Diagrama de respuesta al escalón de los 4 modelos ARMAX generados…………………………………………… | 91 |
| Figura 4.12 | Diagrama de análisis residual de los 4 modelos ARMAX generados…………...………………………………………… | 92 |
| Figura 4.13 | Diagrama de análisis de respuesta de frecuencia de los 4 modelos ARMAX generados…………………………..……. | 93 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Figura 4.14 | Diagrama de análisis de medición y simulación de la respuesta en el tiempo de los 4 modelos ARX generados. | 94 |
| Figura 4.15 | Diagrama de respuesta al escalón de los 4 modelos OE generados……………………...……………………………… | 95 |
| Figura 4.16 | Diagrama de análisis residual de los 4 modelos OE generados………………...…………………………………… | 96 |
| Figura 4.17 | Diagrama de análisis de respuesta de frecuencia de los 4 modelos OE generados…………...…………………………. | 97 |
| Figura 4.18 | Diagrama de análisis de medición y simulación de la respuesta en el tiempo de los 4 modelos OE generados… | 98 |
| Figura 4.19 | Diagrama de respuesta al escalón de los 4 modelos BJ generados………………………...…………………………… | 99 |
| Figura 4.20  | Diagrama de análisis residual de los 4 modelos BJ generados……………………………………………………... | 100 |
| Figura 4.21 | Diagrama de análisis de respuesta de frecuencia de los 4 modelos BJ generados………………………………………. | 101 |
| Figura 4.22 | Diagrama de análisis de medición y simulación de la respuesta en el tiempo de los 4 modelos BJ generados…. | 102 |
| Figura 4.23 | Modelo BJ55331 en el Workspace…………………………. | 103 |
| Figura 4.24 | De color azul la señal real, y de color verde la señal real luego de aplicarle remove means……………………..……. | 104 |
| Figura 4.25 | Diagrama de bloques para comparar y visualizar ambas respuestas…………..………………………………………… | 105 |
| Figura 4.26 | Grafico del *scope* donde muestra las respuestas del modelo identificado y la planta……………………………… | 106 |
| Figura 4.27 | Programación del archivo m-file para obtener el error relativo entre el modelo y la planta….……………………… | 107 |
| Figura 4.28  | Parámetros de la señal escalón………….……………........ | 108 |
| Figura 4.29 | Respuesta al escalón del modelo identificado y la planta | 108 |
| Figura 5.1 | Diagrama de bloques con el acondicionador de señal…… | 112 |
| Figura 5.2 | Ambiente grafico de la herramienta sisotool………………. | 113 |
| Figura 5.3 | Trayectoria de las raíces con los requerimientos…………. | 114 |
| Figura 5.4 | Diseño interactivo del controlador………………...………… | 115 |
| Figura 5.5 | Respuesta al escalón unitario con el controlador…………. | 116 |
| Figura 5.6 | Controlador………………………………………....…………. | 117 |
| Figura 5.7 | **a)** Diagrama de bloques de la planta real con el controlador **b)** Respuesta de la planta real con el controlador…………………………………………………….. | 118 |

ÍNDICE DE TABLAS

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Tabla 2.1 | Transformada de Laplace, funciones básicas………………... | 25 |
| Tabla 3.1 | τdom frente a diferentes entradas escalón………………………. | 72 |
| Tabla 3.2 | Tmuestreo frente a diferentes valores de alpha y un τdom de 788 segundos…………………………………………………………… | 74 |
| Tabla 3.3 | Señales multiseno diseñadas con Input design gui………….. | 76 |
| Tabla 3.4 | Señal multiseno seleccionada para realizar la identificación | 78 |
| Tabla 4.1 | Significado de variables – Identificación de la planta………... | 85 |
| Tabla 4.2 | Tabla de todos los modelos y aproximaciones………………… | 103 |
| Tabla 5.1 | Voltaje de entrada de la planta y su respectivo equivalente en temperatura de la piscinas del saladín…………………………. | 111 |

INTRODUCCIÓN

Con el avance de la tecnología y el crecimiento industrial acelerado que se vive día a día, el control automático nos brinda una gama de opciones y soluciones para hacer de nuestro proceso una precisa y eficiente obra de ingeniería.

Actualmente la ciencia se basa en la construcción de modelos a partir de experimentos que permitan conocer y entender los fenómenos y procesos que se encuentran en el mundo real. Estos modelos (hipótesis, leyes de la naturaleza, paradigmas, etc.), pueden ser de carácter formal y se caracterizan básicamente porque dan una aproximación de la realidad dentro de parámetros establecidos.

La modelización en forma general es encontrar modelos que representen los sistemas dinámicos. Estos modelos se puede obtener a través de dos formas: Modelización Matemática e Identificación de Sistemas. La modelización matemática es una aproximación analítica, que se basa en leyes físicas, para describir el comportamiento dinámico de un fenómeno o proceso. La identificación de sistemas es una aproximación experimental, donde se desarrollan algunos experimentos en el proceso y se determina un modelo, con parámetros asignados que no tienen un significado físico.

Para mejorar la respuesta del proceso en estudio se requiere del diseño de reguladores o controladores, que a su vez requieren del modelo del proceso como punto de partida. Con los conocimientos brindados por el control automático podemos diseñar un controlador, el cual dependiendo de las especificaciones de nuestro proceso y variables a controlar puede ser un controlador proporcional, proporcional integral o proporcional integral derivativo, el comúnmente conocido como un controlador PID.

En todo proceso existen diferentes tipos de variables a controlar, para esto utilizamos sensores que nos darán la información necesaria para realizar un lazo de control cerrado para monitorear y controlar dichas variables. Los sensores son de varios tipos: de temperatura, de posición, de proximidad, de peso, de caudal, de nivel, de presión, etc. Lo que se busca es monitorear y controlar la variable de importancia en el proceso para aumentar la eficiencia de elaboración del producto.

Con el controlador podemos corregir errores de estado estacionario, que son de suma importancia para procesos donde se requiere precisión, procesos como ensamblar vehículos, donde la precisión es indispensable para un correcto montaje, también en la industria alimenticia donde un control de temperatura es vital para la elaboración del producto, ya que de la temperatura depende su cocción y textura.

Otro parámetro a considerar es el tiempo de estabilización, que es el tiempo que requiere el sistema para cambiar y estabilizarse de un set point o punto de operación a una nueva referencia. Esta especificación es de vital importancia en todos los procesos de producción, ya que acelera la producción, es decir que se produce más en menos tiempo y sin ocasionar daños al producto, manteniendo la calidad del mismo.

Se tiene como principal objetivo hallar el modelo matemático de un proceso térmico representado por un diagrama de bloques construido en simulink mediante la Identificación de Sistemas, escogiendo una señal amigable de entrada para obtener una excelente resultados en esta etapa. Con eso podremos demostrar la validez, utilidad y conveniencia de esta técnica experimental. Luego de eso se diseñará un controlador óptimo que cumpla con las especificaciones del proceso identificado, y realizar una comparación con la forma actual de control.