

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**REDISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE
TEMPERATURA PARA EL HORNO ELÉCTRICO RESISTIVO DEL
LABORATORIO DE TRATAMIENTOS TÉRMICOS**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y CONTROL**

JUAN FERNANDO ARÉVALO MANCHENO

juanfr_86@hotmail.com

RAMIRO ANÍBAL VICENTE CALVA

ram_vicente@hotmail.com

Directora: Ing. Ana Verónica Rodas Benalcázar

ana.rodas@epn.edu.ec

Codirector: Ing. Rodrigo Lizardo Ruíz Ortíz

Rodrigo.ruiz@epn.edu.ec

Quito, marzo del 2014

DECLARACIÓN

Nosotros, Juan Fernando Arévalo Mancheno y Ramiro Aníbal Vicente Calva, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la Normatividad Institucional vigente.

Juan Fernando Arévalo Mancheno

Ramiro Aníbal Vicente Calva

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Juan Fernando Arévalo Mancheno y Ramiro Aníbal Vicente Calva, bajo nuestra supervisión.

Ing. ANA RODAS BENALCÁZAR
DIRECTORA DEL PROYECTO

Ing. RODRIGO RUÍZ
CODIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, el ser creador de todas las cosas por haberme dado los padres y la familia que tengo. A mi madre **Inés** por su incondicional apoyo ante cualquier adversidad o meta como es el término de esta carrera. A mi padre **Galo** por todas sus palabras de aliento, consuelo y esperanza. A mis hermanas.

Mi sincero agradecimiento a nuestra directora **Ing. Ana Rodas** y a nuestro codirector **Ing. Rodrigo Ruiz**; gracias por guiarnos en el presente proyecto de titulación.

A todos mis compañeros, con quiénes durante el transcurso de la carrera compartí salones y veladas de estudio. A mi amigo y compañero **Ramiro** por ser como es, por su apoyo, y por todo su sacrificio para terminar este proyecto.

Juan Fernando

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por su amor incondicional durante toda mi vida, al **Ing. Rodrigo Ruiz** por la oportunidad de realizar este trabajo, a mi amigo **Juan Arévalo** por haber realizado este trabajo de manera conjunta y ser una excelente persona, a **David Rivera** por habernos ayudado a realizar este trabajo donde fue parte importante en este proyecto, y a la **Ing. Ana Rodas** por su acertada ayuda.

En lo personal también agradezco a mis amigos *Luis Andrade, Daniel Murillo, Juan Benítez, Alex Martínez, David Yépez, Daniel Sánchez, Patricio Salazar, Rommel Pozo, Oscar Gonzales, Alan León, Iván Mullo, Iván Pazmiño, Andrés Guerrero, Alicia Carabalí, Sergio, William, Darwin, Carlos Villacís, Juan Ruíz, Daniel Ruíz, Angélica Ruíz, Luis Espinoza, a la Sra. Sori* (espero que no falte ninguno y si me faltan, espero me disculpen); a todos ustedes les agradezco por su incondicional amistad creo que esta ha sido el motor para seguir adelante.

Por último a la **Dra. Irina Moncayo** por haber incluido en mi vida un controlador automático.

Ramiro Vicente

DEDICATORIA

A mis padres ***Inés Mancheno*** y ***Galo Arévalo*** con todo mi amor. Han sido siempre mi roca, mi refugio y mi bendición.

Juan Fernando

DEDICATORIA

A mi madre por ser un modelo de lucha para mí.

Dedico este trabajo a las personas que día a día se levantan y construyen un mundo mejor a través del ensayo y error.

Ramiro Vicente

CONTENIDO

RESUMEN	I
PRESENTACIÓN	II
CAPITULO 1	
MARCO TEÓRICO.	1
1.1. FUNDAMENTO TEÓRICO.....	1
1.1.1. TRATAMIENTO TÉRMICO DE LOS ACEROS	1
1.1.1.1. Los Aceros.....	2
1.1.1.2. Fases de un tratamiento térmico	5
1.1.1.3. Tipos de tratamientos térmicos.....	5
1.1.1.3.1. <i>Temple</i>	6
1.1.1.3.2. <i>Normalizado</i>	6
1.1.1.3.3. <i>Revenido</i>	7
1.1.1.3.4. <i>Recocido</i>	8
1.1.2. HORNOS PARA TRATAMIENTOS TÉRMICOS	9
1.1.2.1. Hornos de recocido.....	10
1.1.2.2. Hornos tipo cámara	10
1.1.2.3. Hornos eléctricos	10
1.1.2.4. Hornos de convección	11
1.2. HORNO BLUE-M: MODELO CFD-10F-2	11
1.3. PROYECTO A IMPLEMENTAR	13
1.4. ALCANCE DEL PROYECTO	13
CAPITULO 2	
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL HARDWARE DEL SISTEMA	15
2.1. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA A IMPLEMENTAR	15
2.2. ADECUACIÓN DE LA PLANTA	16
2.2.1. AUTOMATIZACIÓN DE LA PUERTA DE ESCAPE DE CALOR.....	20
2.2.1.1. Acondicionamiento de la señal para el servomotor	22
2.3. TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.....	24

2.3.1. CONFIGURACIÓN DE LA DAQ NI-USB 6009	24
2.4. SISTEMA DE TEMPERATURA	25
2.4.1 MEDICIÓN DE TEMPERATURA	25
2.4.1.1. Elección de la termocupla.....	25
2.4.1.2. Acondicionamiento de la señal de temperatura	27
2.4.1.2.1. <i>Integrado AD595</i>	28
2.4.1.2.2. <i>Circuito del acondicionamiento de temperatura</i>	29
2.4.2. INSTALACIÓN DE LAS RESISTENCIAS DE CALENTAMIENTO.....	30
2.4.2.1. Control de potencia de las resistencias eléctricas	35
2.4.2.1.1. <i>Diseño del circuito contador cruce por cero</i>	36
2.4.2.1.2. <i>Diseño del control por ciclo integral de potencia</i>	39
2.4.2.1.3. <i>Relevador de estado sólido</i>	40
2.4.3. SISTEMA DE FLUJO DEL CALOR INTERNO.....	45
2.4.3.1. Motor y ventilador del Horno Blue-M	46
2.4.3.2. Distribución y control del calor en el horno Blue-M.....	47
2.4.3.3. Variador de velocidad del motor-ventilador.....	49
2.4.3.3.1. <i>Configuración del variador de frecuencia G110</i>	50
2.4.3.3.2. <i>Acondicionamiento de las señales del Variador</i>	56
2.5. TABLERO DE CONTROL.....	59
2.5.1. DIAGRAMA CIRCUITAL DEL SISTEMA	67
2.5.2. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL SISTEMA.....	69

CAPITULO 3

DESARROLLO DEL SISTEMA DE CONTROL Y HMI	70
3.1. DISEÑO Y MANEJO DE LA INTERFAZ HMI	70
3.1.1. PASOS PARA LA EJECUCION DE LA INTERFAZ	71
3.1.2. PROGRAMACIÓN DEL HMI.....	78
3.2. DISEÑO Y PROGRAMACION DE LOS CONTROLADORES.....	80
3.2.1. CONTROLADOR PID.....	80
3.2.1.1. Modelo matemático de la planta	82

3.2.1.1.1. <i>Planta para el calentamiento y establecimiento de temperatura.</i>	82
3.2.1.1.2. <i>Planta para el enfriamiento de temperatura</i>	89
3.2.1.2. Diseño automático del controlador PID.....	93
3.2.2. CONTROLADOR DIFUSO	95
3.2.2.1. Lógica Difusa	96
3.2.2.2. Implementación del sistema difuso.....	96
3.2.2.2.1. <i>Fusificación</i>	98
3.2.4.1.2 <i>Implementación de la estrategia de control lingüística</i>	103
3.2.2.2.3. <i>Defusificación</i>	107
3.2.5. PROGRAMA DE CONTROL PARA EL SERVOMOTOR.....	111

CAPITULO 4

PRUEBAS Y RESULTADOS	115
4.1. ANÁLISIS Y PRUEBAS DEL HARDWARE	115
4.1.1. PRUEBA INICIAL DE CALENTAMIENTO DEL EQUIPO.....	115
4.1.2. PRUEBAS DEL CONTROL DE POTENCIA CICLO INTEGRAL	116
4.1.3. PRUEBAS DE LA MEDICIÓN DE TEMPERATURA.....	120
4.1.4. PRUEBAS DE LA DISTRIBUCIÓN DE CALOR EN LA CÁMARA DEL HORNO.....	122
4.2. ANÁLISIS Y PRUEBAS DE LOS CONTROLADORES	123
4.2.1. AJUSTE Y CALIBRACIÓN DE LOS CONTROLADORES	123
4.2.1.1. Calibración del controlador PID	123
4.2.1.2. Calibración del controlador DIFUSO.....	127
4.2.2. ANÁLISIS DE LOS CONTROLADORES PID Y DIFUSO	128
4.2.2.1. Análisis del controlador DIFUSO	129
4.2.2.2. Análisis del controlador PID.....	130
4.2.3. PRUEBA DE FIABILIDAD DEL SISTEMA DE TEMPERATURA	132

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	135
---	------------

5.1. CONCLUSIONES.....	135
5.2. RECOMENDACIONES	138
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	140
ANEXOS	141

RESUMEN

En el presente trabajo se expone el rediseño electrónico y repotenciación de un horno que se encontraba fuera de funcionamiento y que era usado para calentamiento de piezas y tratamientos térmicos a baja temperatura. Como objetivo principal se estableció reinstaurar este horno y adaptarlo para realizar tratamientos térmicos de recocido en los cuáles se requiere controlar tiempos de permanencia a temperaturas deseadas y velocidades lentas de calentamiento y enfriamiento.

El horno tenía de fábrica dos resistencias de calentamiento con las cuáles no podía alcanzar rangos de temperatura requeridos para la gran mayoría de tratamientos térmicos de recocido, así que se incrementó su potencia de calentamiento añadiendo una resistencia de igual valor. Se utilizó el control por ciclo integral para controlar la potencia de la nueva carga trifásica balanceada que se ha instalado con las tres resistencias de calentamiento.

Se añadió la función de controlar enfriamientos lentos en el interior del horno. Para esto se incorporó: un variador de velocidad que controla al motor-ventilador que posee el horno, y un sistema compuesto principalmente por un servomotor para abrir automáticamente una pequeña compuerta de escape de calor del interior del horno durante el enfriamiento. El ventilador es el encargado de homogenizar la temperatura dentro de la cámara interna del horno y la compuerta de escape permite la transferencia del calor al medio ambiente.

Se optó por instalar al sistema de temperatura del horno un control automatizado desde un computador. Para la comunicación con los todos los dispositivos se utilizó una tarjeta de adquisición de datos DAQ USB 6009. Utilizando el Software Labview, se programó el sistema de control de tal manera que se puede escoger entre dos tipos de controladores modernos: PID y difuso. El operario establece desde una interface HMI las rampas de temperatura, el tipo de controlador y el tiempo de adquisición de datos.

PRESENTACIÓN

En el presente trabajo se busca dar una breve introducción sobre la teoría de tratamientos térmicos los cuales pueden ser llevados a cabo en el horno remodelado, así como un análisis y explicación sobre la implementación de los controladores PID y difuso.

En el primer capítulo se presenta una breve introducción al marco teórico sobre tratamientos térmicos, se habla también sobre el estado anterior del horno y se explica cuál va a ser el alcance del proyecto y lo que se pretende hacer.

En el segundo capítulo se explica el modelo de planta que se tiene, las adecuaciones mecánicas que se hicieron, además se explica todos los elementos electrónicos que fueron necesarios para adecuar, acondicionar y transmitir las ordenes que son aplicadas en el computador tales como el variador de velocidad, la tarjeta de adquisición, el relé de estado sólido, termocupla, protecciones, etc.

En el tercer capítulo se aborda los diferentes pasos y algoritmos que se utilizaron para aplicar los dos sistemas de control como son PID y Difuso, así como también se explica las diferentes funciones del HMI, los diagramas de flujo del programa y también del microcontrolador que gobierna el servomotor.

En el cuarto capítulo se explica sobre las primeras pruebas realizadas, las deducciones y calibraciones para la toma de datos de la temperatura. Además en este capítulo se hace una comparación entre los dos métodos alternativos de control.

En el quinto capítulo se presentan las conclusiones del presente trabajo y se da sugerencias para tener un correcto funcionamiento del horno y trabajos futuros que se puede llevar a cabo.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 FUNDAMENTO TEÓRICO

Varias de las nuevas aplicaciones que la industria desarrolla requieren de herramientas o piezas que soporten cada vez más altos esfuerzos; vibraciones más intensas o tensiones cada vez mayores de acuerdo a su uso. Para esto la humanidad ha venido desarrollando durante casi toda su historia técnicas para tratar los materiales, en especial los metales. En la actualidad estos procesos para tratar algunos metales se los denomina tratamientos térmicos. Establecimientos de temperaturas y velocidades de calentamiento y/o enfriamiento que se atribuyen en estos tratamientos, definen su tipo y por ende las propiedades que se alterarán en una pieza metálica.

Para estos propósitos y mucho más, se han venido utilizando recientemente equipos diseñados con sistemas embebidos. La evolución de estos sistemas ha permitido establecer nuevos sistemas de control más adaptativos y eficientes; y se ha incorporado nuevas funcionalidades como la adquisición y transmisión de datos hacia y desde un computador.

1.1.1 TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LOS ACEROS

Son procesos en los cuales mediante una sucesión de operaciones de calentamiento, permanencia a cierta temperatura y enfriamiento, se modifica la microestructura y las propiedades de las aleaciones sin variar su composición química, y en forma permanente [1].

Los tratamientos térmicos en los metales se han realizado desde la antigüedad. Su importancia en el impulso de las sociedades ha sido fundamental. Un ejemplo

[1] Tecnología Industrial II; Bloque 1; Tema 3: Tratamientos Térmicos.pdf; página 1.

de esto son las armas, herramientas y maquinarias que han cambiado la historia de la humanidad. Dichos tratamientos se los realizaba calentando al metal a una determinada temperatura y luego se lo enfriaba en algún medio, obteniendo mejoras en dicho metal.

En un tratamiento térmico los factores de temperatura y tiempo deben ser cuidadosamente establecidos dependiendo del material, tamaño y forma de la pieza. De esta manera se consigue modificar microscópicamente la estructura interna de los metales obteniendo propiedades que permitan conseguir los siguientes objetivos [2]:

- Estructura de mejor dureza y maquinabilidad.
- Eliminar tensiones internas y evitar deformaciones después del mecanizado.
- Estructura más homogénea.
- Máxima dureza y resistencia posible.
- Variar algunas de las propiedades físicas.

Actualmente gracias a estos beneficios los tratamientos térmicos han adquirido gran importancia en la industria en general, ya que con las constantes innovaciones se van requiriendo metales con mayores resistencias tanto al desgaste como a la tensión.

1.1.1.1 Los aceros

Son aleaciones de hierro y carbono y se clasifican en dos grandes grupos [3]:

a) Aceros al Carbono.- aleaciones básicas de hierro y carbono ej.: SAE 1045 (los primeros dos dígitos indican que es un acero al carbono sin ningún otro elemento metálico o no metálico y los últimos dos dígitos indican que posee 0.45% de C).

^[2] Fundación Ascamm Centro Tecnológico, Tratamientos Térmicos.pdf, página 2.

^[3] Manual Tratamientos Térmicos.pdf, AGA, Argentina, 1995, Sección A, páginas 3,4.

b) *Aceros Aleados*.- Son aleaciones de hierro y carbono con otros metales disueltos que producen cambios de propiedades de acuerdo a los distintos usos ej.: SAE 4140 - los dos primeros dígitos indican que es un acero aleado con Cr (cromo) y Mo (molibdeno) y los dos últimos dígitos siempre indican la cantidad de carbono que posee, en este caso 0.40%.

Para conocer la nomenclatura de los aceros se puede consultar la norma AISI-SAE [Ver Anexo 1].

Actualmente el acero es una de las aleaciones más utilizadas en los procesos productivos de la humanidad debido a su abundancia en la superficie terrestre y a la relativa facilidad de extracción de sus componentes; entre las muchas aplicaciones que tiene a nivel mundial se puede citar las siguientes:

- Industria metalúrgica: fabricación de ejes, engranes, soportes, rodamientos, etc.
- Industria de transporte: fabricación de automóviles, aviones, submarinos, etc.
- Industria alimenticia y agrícola: procesamiento de alimentos, preparación de terrenos para siembra utilizando maquinaria pesada.
- Industria de la construcción: fabricación de herramientas con piezas que soportan altos esfuerzos, vibraciones, presiones etc., edificios modernos, columnas de acero, clavos, etc.

Para todo esto es necesario modificar ciertas propiedades del acero según vaya a ser su uso. El tratamiento térmico aprovecha la propiedad de alotropía que tiene el hierro en estado sólido. Esta propiedad indica que la estructura cristalina del hierro cambia a distintas temperaturas y gracias a esto se puede modificar la dureza y resistencia del acero [4].

^[4] Manual Tratamientos Térmicos.pdf, AGA, Argentina, 1995, Sección A, página. 6.

El acero es una aleación que contiene principalmente hierro y carbono; durante ciertos rangos de temperatura el hierro cambian su estructura cristalina cúbica de cuerpo centrado (BCC) a cúbica de cara centrada (FCC), lo que modifica su capacidad de disolución de carbono teniendo la segunda mayor capacidad de disolver átomos de carbono.

El carbono tiene como característica fundamental el cambiar las propiedades del acero aun cuando interviene en pequeños porcentajes, así tenemos que al formar la ferrita cuyo contenido de carbono a temperatura ambiente es 0,008%, le otorga una dureza de aproximadamente 80 HB (Dureza Brinell), mientras que en la austenita que es una fase que se forma sobre los 723°C, su contenido de carbono es 0,8%, le da una dureza entre 180 y 200 HB. Lo que demuestra que a mayor disolución de átomos de carbono en el hierro mayor es su dureza y por lo tanto las propiedades de la aleación varían en forma significativa.

Estos cambios pueden ser previstos usando el diagrama hierro - carbono donde se muestra las distintas fases de equilibrio dependiendo de la concentración de carbono y de la temperatura a la cual se encuentra el acero. [Ver Anexo 2].

Este comportamiento de las aleaciones hierro – carbono, permite la realización de los tratamientos térmicos, un ejemplo es el temple, en el cuál se realiza un conjunto de operaciones de calentamiento (hasta la temperatura de temple, dado en el diagrama hierro – carbono), permanencia a dicha temperatura y el posterior enfriamiento rápido con lo cual se obtiene una fase de elevada dureza llamada martensita (estructura cristalina deformada de tipo tetragonal centrada en el cuerpo).

1.1.1.2 Fases de un tratamiento térmico

Un tratamiento térmico es un proceso que consta de las siguientes operaciones:

a. Calentamiento.- Se eleva la temperatura de manera uniforme con una velocidad controlada hasta un valor de temperatura adecuado para el tipo de acero y para el

tratamiento térmico a realizarse. Para conocer a que temperatura debe elevarse el metal es recomendable contar con los diagramas de cambio de fases como el hierro - carbono. En este tipo de diagramas se especifican las temperaturas en las que suceden los cambios de la estructura del material, dependiendo de su composición.

b. Permanencia a la temperatura de calentamiento.- Luego de calentar se mantiene la temperatura durante un tiempo especificado. En este tiempo la temperatura se homogeniza en toda la pieza metálica completando su transformación. El tiempo de permanencia depende de las dimensiones de la pieza de acero, y del tipo de tratamiento térmico del que se trate.

c. Enfriamiento.- En esta fase se debe controlar la velocidad de enfriamiento en función del tratamiento a realizar, en dependencia de las propiedades mecánicas requeridas en la pieza.

1.1.1.3 Tipos de tratamientos térmicos

Entre los principales tipos de tratamientos térmicos se tienen los siguientes:

1.1.1.3.1 Temple

El procedimiento empieza calentando el acero a una determinada temperatura (850-900°C), para posteriormente mantenerlo a dicha temperatura durante un quinto del tiempo de calentamiento con el fin de uniformizar la estructura de fase en la pieza y su temperatura. Por último la pieza se la enfría de manera rápida en un fluido como aceite o agua [5].

Con este proceso se modifica la microestructura del acero obteniendo un acero de alta dureza constituido por la fase de martensita. Esto da como resultado una

^[5] <http://en.wikipedia.org/wiki/Quenching>

aleación con alta dureza lo que lo hace muy frágil, por lo que es necesario a continuación realizar otro tratamiento térmico conocido como revenido [6].

En la Figura 1.1 se puede observar la rampa de velocidad y permanencia que sigue el proceso de temple.

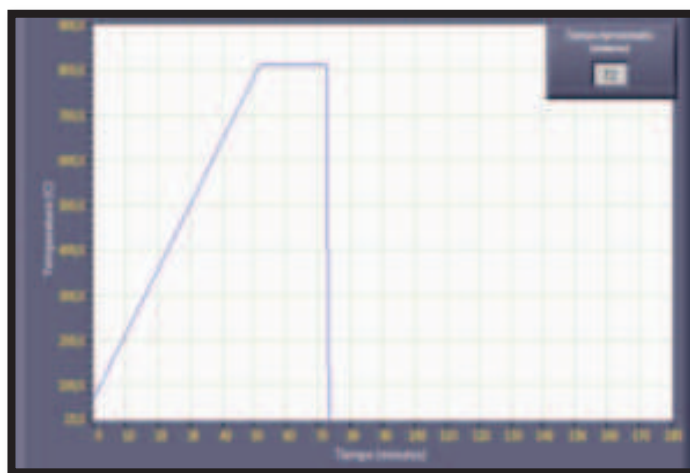


Figura. 1.1

Tratamiento de temple. Temperatura final 810. Velocidad de enfriamiento muy rápida.

1.1.1.3.2 Normalizado

De igual manera que el temple se calienta la pieza de acero hasta una temperatura alta, determinada por el tipo de acero (850-900°C); se mantiene la temperatura en dicho valor durante un quinto del tiempo de calentamiento; finalmente, a diferencia del temple, se debe enfriar al aire. Con este tratamiento térmico se logra armonizar la estructura del acero y darle mayor resistencia mecánica [6].

En la Figura 1.2 se puede observar la rampa de velocidad y permanencia que sigue el proceso de normalizado.

^[6] [http://en.wikipedia.org/wiki/Tempering#Tempering in steel](http://en.wikipedia.org/wiki/Tempering#Tempering_in_steel)

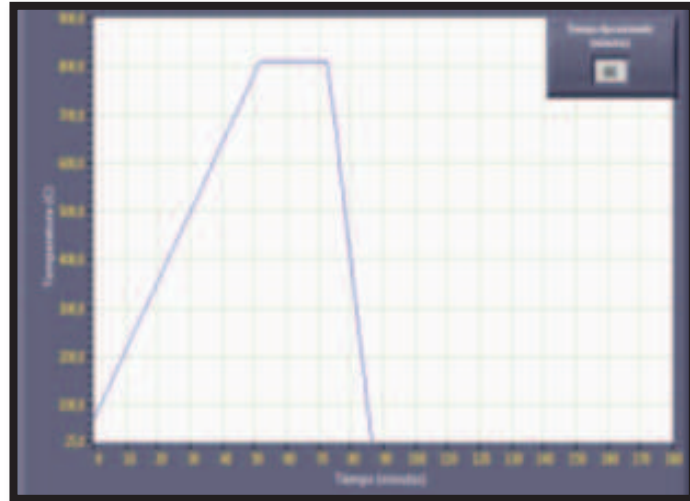


Figura. 1.2

Tratamiento de normalizado. Temperatura 810. Velocidad de enfriamiento al aire quieto.

1.1.1.3.3 Revenido

Este tratamiento térmico se realiza a una pieza que ha sido sometida a un tratamiento térmico de temple con la finalidad de corregir propiedades como la fragilidad. Consiste en calentar a la pieza hasta una temperatura máxima de 600°C; mantener la temperatura en este valor durante un cuarto del tiempo de calentamiento; y finalmente enfriar la pieza de manera rápida o lenta, dependiendo de los resultados deseados [7].

En la Figura 1.3 se puede observar la rampa de velocidad y permanencia el proceso de revenido.

^[7] [http://en.wikipedia.org/wiki/Tempering_\(metallurgy\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Tempering_(metallurgy))

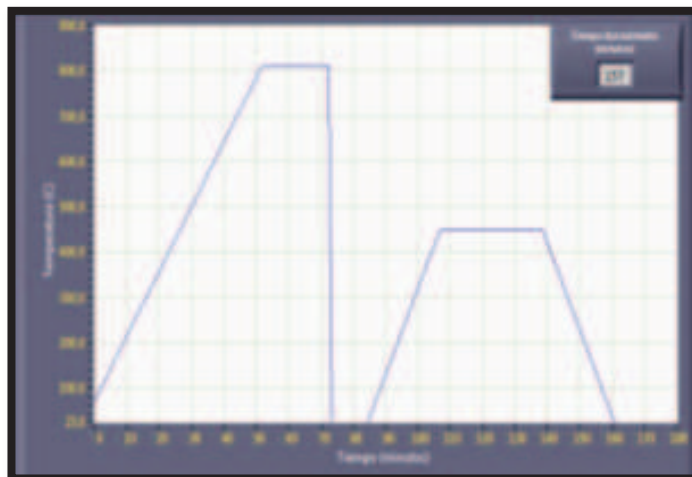


Figura. 1.3

Tratamiento de revenido donde primeramente se realiza un temple.

1.1.1.3.4 Recocido

El Recocido, a diferencia del temple permite reducir la dureza y mejorar la maleabilidad del acero. Entre sus objetivos están el mejorar las propiedades mecánicas, o promover estabilidad dimensional a la pieza metálica.

En la práctica, existe una variedad casi infinita de ciclos térmicos para los diferentes objetivos del recocido, éstos se clasifican según la temperatura a la que se calienta el acero y el método de enfriamiento usado. El éxito de cualquier recocido depende de la elección y control del ciclo térmico [7].

El procedimiento para realizar este tratamiento térmico es parecido a los anteriores: primero, el material se debe calentar hasta una temperatura de acuerdo al tipo de recocido; se mantiene el material a esta temperatura por un cuarto del tiempo de calentamiento; y luego se realiza el enfriamiento a una velocidad lenta. Esta velocidad es más lenta que la del normalizado y mucho más lenta que la del temple. El enfriamiento por lo general se lo realiza dentro del mismo horno donde se calentó.

^[7] [http://en.wikipedia.org/wiki/Tempering_\(metallurgy\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Tempering_(metallurgy))

En la Figura 1.4 se puede observar la rampa de velocidad y permanencia en el proceso de recocido.

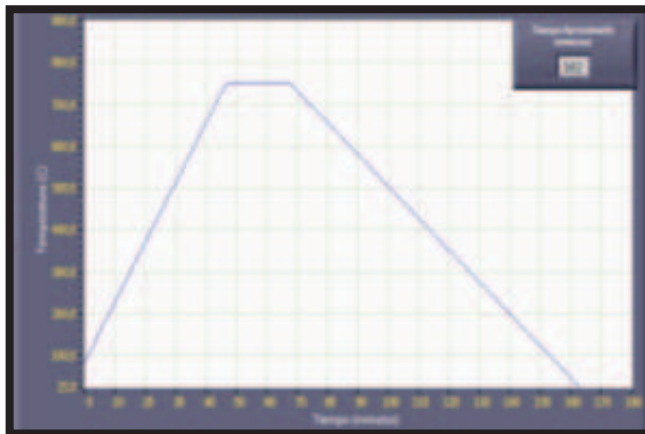


Figura. 1.4

Tratamiento de recocido con una velocidad lenta de enfriamiento.

1.1.2 HORNOS PARA TRATAMIENTOS TÉRMICOS

Para la realización de un tratamiento térmico el equipo necesario es el horno. Se pueden utilizar varios tipos de hornos. Su elección dependerá del tamaño y forma de la pieza; de las temperaturas de tratamiento térmico del material; y de las velocidades de calentamiento y enfriamiento.

Existen varias maneras de clasificar los hornos para los tratamientos térmicos. Estos pueden ser: hornos de precalentamiento, hornos de recocido y hornos de temple (de acuerdo al tipo de tratamiento térmico). Otras formas de clasificación son por el diseño del horno: tipo cámara, chimenea, tubular, o de baño; por el medio de calentamiento que utiliza: de aire circulante o de convección, los de gas inerte, de vacío o baño de sales; o por el tipo de sistema que utiliza para el calentamiento como son los hornos de electrodos, los eléctricos de arco, hornos eléctricos resistivos o el horno a gas.

El horno Blue-M del laboratorio de tratamientos de la Escuela Politécnica Nacional, con el que se va a realizar el presente proyecto de titulación,

corresponde a un horno de recocido tipo cámara, eléctrico de convección por lo que se explicará brevemente su operación.

1.1.2.1 Hornos de Recocido

Son aquellos hornos en donde se puede controlar el calentamiento, velocidades lentas para el enfriamiento; y en donde se pueden alcanzar valores de temperaturas con tiempos de permanencia para realizar un recocido.

1.1.2.2 Hornos Tipo Cámara

Su construcción es de las más antiguas y simples. Una cámara aislada con material refractario contiene la pieza a calentarse. Este tipo de hornos son los más usados gracias a su adaptabilidad a diferentes tipos de tratamientos térmicos.

1.1.2.3 Hornos Eléctricos Resistivos

Estos hornos utilizan el efecto Joule para el calentamiento del medio. Se construyen utilizando resistencias eléctricas de calentamiento y controlando el paso de corriente por las mismas se puede controlar la temperatura del horno.

Este tipo de hornos actualmente son los más usados ya que son relativamente fáciles de instalar, controlar y operar; tienen un rango de temperatura adecuado para la mayoría de los tratamientos térmicos; dan mayor uniformidad de temperatura; y son más económicos y ambientalmente amigables.

1.1.2.4 Hornos de Convección

Un horno de convección, a más de tener una fuente que irradia calor, utiliza un sistema de ventilación para hacer circular dicho calor en el interior de su cámara.

La característica principal que posee este tipo de horno es su uniformidad en calentamiento y cocción, es muy utilizado en la industria de secados y donde se requiera un proceso con lentos cambios de temperatura o una eliminación de humedad más rápida.

1.2 HORNO BLUE-M: MODELO CFD-10F-2

Éste horno se encuentra en el laboratorio de tratamientos térmicos de la Escuela Politécnica Nacional. Es un equipo que fue donado por la UNESCO alrededor de 1965, era utilizado para propósitos de tratamientos térmicos de recocidos a baja temperatura, para ciertos tratamientos térmicos de algunas piezas metálicas o inclusive para secar los electrodos utilizados en el laboratorio de soldadura.

Este horno consta de una cámara aislada donde se localizan las resistencias de calentamiento; un motor trifásico acoplado a un ventilador que sirve como distribuidor de aire en el interior y una pequeña compuerta de escape de calor como se muestra en la Figura 1.5.



Figura 1.5

Horno Blue-M con el tablero electromecánico antes de la intervención.

Anterior a la reconstrucción realizada en el presente proyecto de titulación, el horno poseía un control electromecánico fuera de uso constituido por un tablero con elementos mecánicos de visualización, circuitos electrónicos, fusibles, contactores, transformadores y perillas para establecer valores del régimen de tratamiento térmico requerido. No se conocía el funcionamiento de dicho controlador ya que éste estaba deteriorado y además no existía documento o diagrama de circuitos del mismo.

Se colocaba el material en el interior de la cámara y se procedía, mediante un tablero electromecánico de control a establecer la temperatura final y el tiempo del proceso de calentamiento. No se controlaba la velocidad del motor, el cual giraba constantemente en una sola dirección y a una velocidad que permitía homogenizar la temperatura dentro de la cámara. Para enfriar dentro del mismo horno simplemente el operario retiraba la pequeña compuerta de escape, apagaba las resistencias y dejaba encendido el motor – ventilador.

La potencia de calentamiento del horno Blue-M tenía como límite máximo 649°C como se muestra en la figura 1.7. El calor era entregado por dos resistencias conectadas en dos fases y distribuido por toda la mufla a través del ventilador que extrae el calor de éstas resistencias. Según testigos operarios del horno, éste no poseía una buena exactitud o a su vez se lo consideraban como inestable, puesto que, para regular la temperatura se procedía a regular el flujo de aire abriendo la pequeña compuerta de escape a un cierto nivel de forma manual.

Las características nominales del Horno Blue-M antes de su rediseño son las que indican la Figura 1.6.

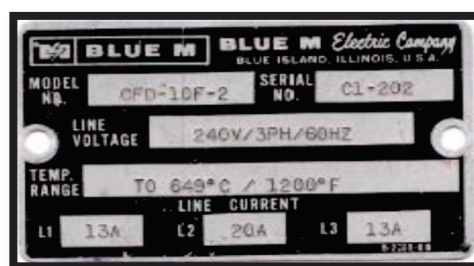


Figura 1.6

Placa del horno Blue-M de fábrica.

1.3 PROYECTO A IMPLEMENTAR

El objetivo principal del proyecto es optimizar y restablecer el funcionamiento de un horno marca Blue-M para utilizarlo en procesos de tratamientos térmicos.

Para ello se construirá un nuevo sistema de control de temperatura usando dos tipos de controladores y se desarrollará una HMI para monitoreo desde un computador.

1.4 ALCANCE DEL PROYECTO

Se ha utilizado como punto de partida un horno fuera de uso marca Blue-M localizado en el laboratorio de tratamientos térmicos de la Facultad de Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional.

El horno en el momento de la primera intervención, poseía controladores electromecánicos en mal estado y sin funcionamiento desde hace aproximadamente cuatro años. Estos elementos deberán ser reemplazados por elementos modernos para efectuar un control de temperatura más eficiente.

Para realizar un mayor número de tipos de tratamientos térmicos se incrementará la potencia calórica del horno. Adicionalmente se instalará un sistema automático para realizar enfriamientos lentos dentro del mismo horno.

Se añadirán dos resistencias de calentamiento con el fin de aumentar la temperatura interna hasta un rango de 700 a 800°C. Este rango de temperatura es el recomendable ya que el horno está construido con materiales como el acero que puede soportar temperaturas de hasta 1200°C, y, conjuntamente a esto también se debe cautelar la temperatura del motor el cuál se ve afectado directamente por la temperatura del horno. Posteriormente se deberán cambiar las mantas refractarias de temperatura que permiten aislar al horno del exterior; realizar un mantenimiento básico al motor trifásico; e instalar un sistema con un

servomotor para abrir automáticamente la compuerta de escape de calor del horno.

Para el sistema de temperatura, se instalará un relé de estado sólido trifásico para el control integral del calor que irradian las resistencias, y un variador de velocidad para homogenizar la temperatura en el interior del horno o para enfriar lentamente el mismo. Se desarrollarán los algoritmos de control PID y difuso como dos alternativas que permitirán controlar rampas de temperaturas programadas, creando a su vez un análisis comparativo entre estas dos alternativas de control.

La programación de los dos controladores así como de la interface hombre-máquina se hará usando el programa LabVIEW de National Instruments y la comunicación con todo el sistema se hará a través de una tarjeta de adquisición de datos vía USB a una placa electrónica. Es en esta placa donde se tendrán las respectivas protecciones y acondicionamientos necesarios para recibir o enviar las señales al computador y a los demás componentes del sistema.

CAPITULO 2

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL HARDWARE DEL SISTEMA

2.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA A IMPLEMENTAR

Para el control automático de temperatura se ha resuelto el diagrama de bloques mostrado en la Figura 2.1, el cual permite observar los distintos componentes del sistema.

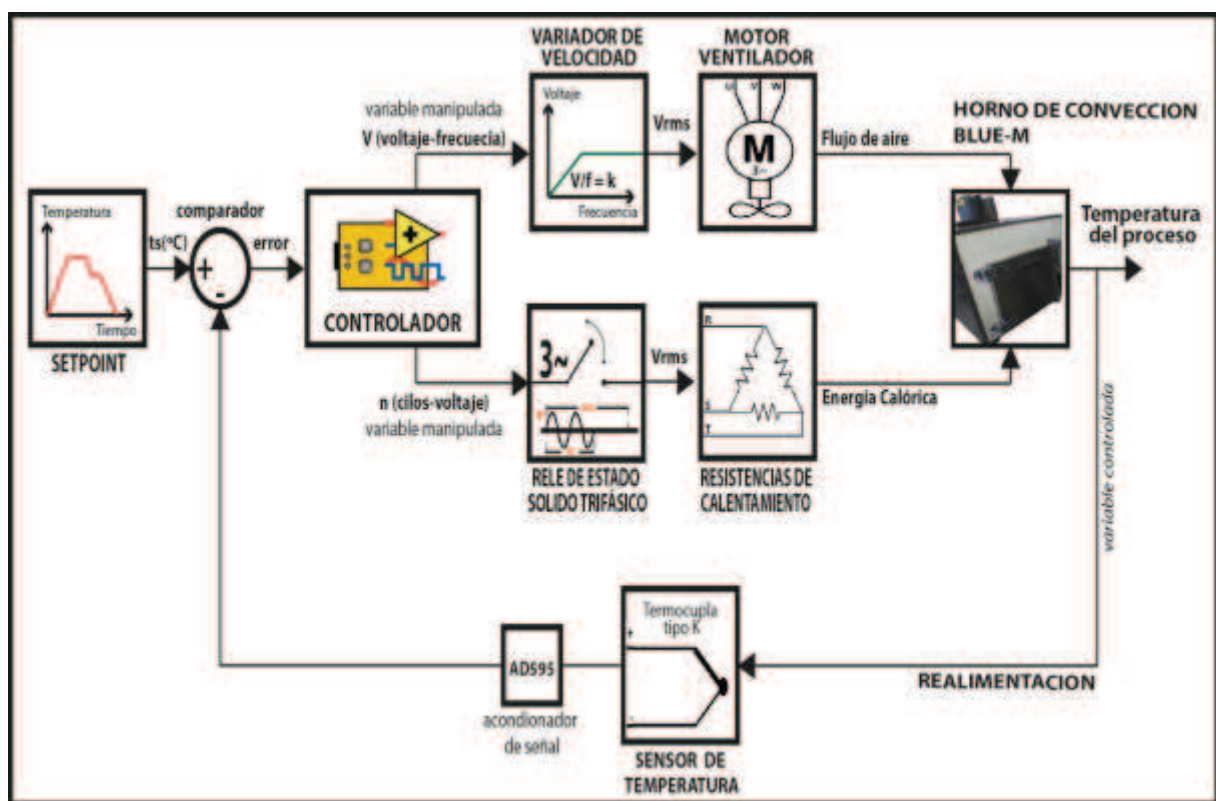


Figura 2.1

Diagrama de bloque general del sistema de temperatura implementado.

Se estableció como entrada valores de setpoint o rampas de temperatura que el usuario especifica por medio de una interface computacional; la medición de

temperatura se lo hace por medio de una termocupla tipo K con un integrado de acondicionamiento específico para este sensor. La diferencia entre el valor del setpoint y el valor medido de realimentación de temperatura es el error o dato que ingresa en el controlador. A continuación el controlador escogido (PID o difuso) utiliza este error para intervenir en las variables manipuladas concernientes, y operar a los elementos finales de control (motor-ventilador y resistencias) que producen la temperatura deseada en la planta.

El objetivo del control automático implementado es mantener el valor de la variable controlada o temperatura del proceso lo más cercano posible a los valores establecidos o setpoint a pesar de perturbaciones existentes, interviniendo en los valores de las variables manipuladas.

2.2 ADECUACIÓN DE LA PLANTA

Para lograr este objetivo fue necesario primeramente adecuar la planta e implementar los nuevos mecanismos de medición y control. En la Figura 2.2 se puede observar al horno antes de su adecuación.



Figura 2.2

Horno eléctrico Blue-M antes de su renovación.

En la primera revisión de la planta, se encontró que los controladores del mismo no funcionaban y que además estaban en amplio deterioro. Cada parte

constitutiva del horno fue analizada y probada para verificar su funcionamiento y posible reuso.

Se resolvió aumentar la potencia del horno añadiendo resistencias de calentamiento; renovar el recubrimiento térmico del horno para mejorar su aislamiento; colocar un dispositivo que permita abrir automáticamente la compuerta de escape de aire caliente; reutilizar el sistema motor-ventilador y cambiar el tablero de control con todos sus componentes por uno nuevo con equipos electrónicos modernos, eficientes y acorde con los nuevos controladores. En la Figura 2.3 se puede observar un esquema de todas las adecuaciones que se realizaron.

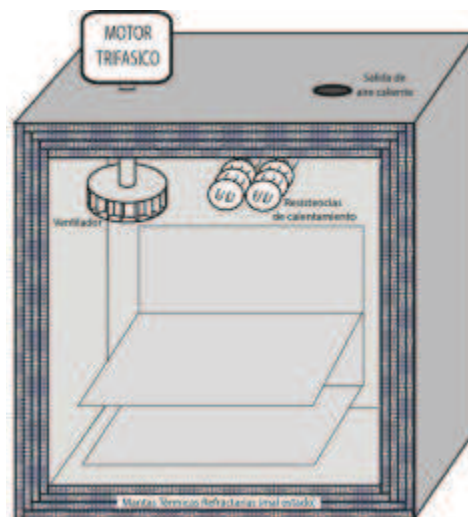


Figura 2.3

Esquema de los componentes del horno Blue-M antes de su restauración.

El horno se encuentra construido de acero casi en su totalidad. En general los aceros pueden soportar temperaturas de hasta 1200°C; así que aumentar la temperatura de 649°C que era la que tenía el horno como límite hasta 780°C no es un problema para la estructura del horno. Sin embargo al realizar pruebas se determinó que al aumentar la temperatura sobre los 780°C, el motor alcanza la temperatura máxima permisible de 105°C [8]; éste valor corresponde a la clase de aislamiento utilizado por el motor el cual es tipo A, según los datos de placa

[8] Máquinas eléctricas y sistemas de potencia, Eficiencia y calentamiento de máquinas eléctricas. Théodore Wild, páginas 127, 128.

mostrados en la tabla 2.2 del literal 2.4.3.1. Se estableció 780°C como el nuevo valor máximo de temperatura.

Primeramente se desechó todas las mantas térmicas refractarias que servían de aislante térmico entre el interior del horno y el exterior del mismo, ya que estaban en mal estado producto del tiempo y la humedad. Luego se añadió una resistencia de calentamiento a cada lado de la cámara interna del horno. Esta posición se eligió como la más adecuada tomando en cuenta: la facilidad para que el calor de las resistencias logre ser extraído; la posibilidad de montaje; que no intervengan con la cámara interna en donde se coloca el material a tratar; y la adecuación de éstas dos resistencias de calentamiento de valores industriales para conectarlas y obtener una resistencia equivalente de valor cercano al de las otras dos resistencias de fábrica que poseía el horno, esto con el fin de obtener una carga trifásica balanceada. También se desmontó el motor para llevarlo a un mantenimiento preventivo y poder reutilizarlo conjuntamente con el ventilador. Esto se puede observar en las Figuras 2.4 (a1) y (a2) respectivamente además de un esquema en la Figura 2.5 con las resistencias añadidas.



a1

a2

Figuras 2.4 (a1, a2)

(a1) Planchas térmicas en mal estado; (a2) Resistencias eléctricas de fábrica y añadidas.

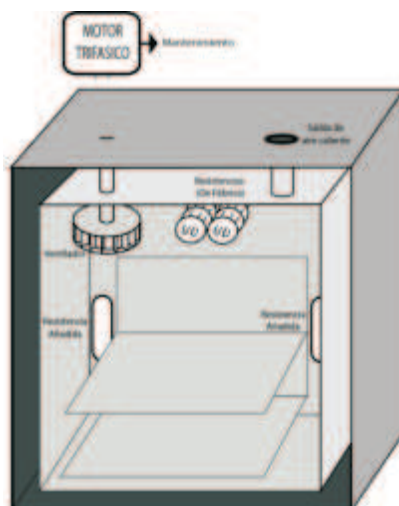
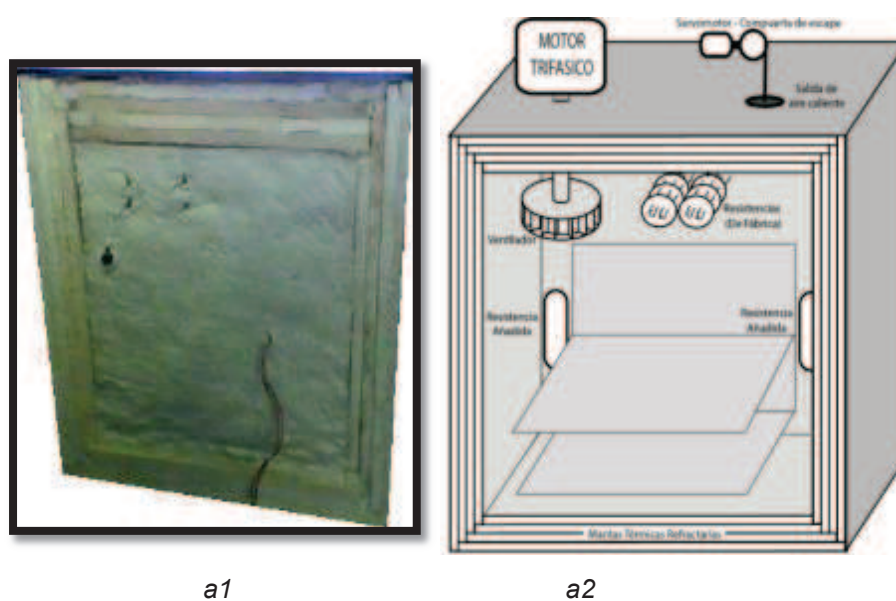


Figura 2.5

Esquema del horno Blue-M sin planchas térmicas, resistencias añadidas y motor desmontado.

Además, se colocaron nuevas planchas térmicas utilizando la técnica apropiada para evitar el mínimo escape de calor y el mayor aislamiento térmico. Esto se observa en las Figuras 2.6 (a1) y (a2) respectivamente.



a1

a2

Figura 2.6 (a1, a2).

(a1) Planchas térmicas nuevas y colocadas en el horno; (a2) Esquema del horno Blue-M reinstaurado.

2.2.1 AUTOMATIZACIÓN DE LA PUERTA DE ESCAPE DE CALOR

Para conseguir un enfriamiento lento dentro del horno, se automatizó el levantamiento de la compuerta de escape de aire caliente instalando un dispositivo que consta de un servomotor acoplado a un engranaje el cual está unido a una rueda dentada.

El programa realizado en LabVIEW, envía una señal analógica de 0V a 5V a un microcontrolador dependiendo si se desea abrir o cerrar la compuerta. Al recibir la señal analógica correspondiente, el microcontrolador envía un tren de pulsos al servomotor para que éste gire un ángulo específico, suficiente para que la rueda mueva una cadena acoplada a la compuerta de escape del horno, abriéndola o cerrándola.

El dispositivo instalado que se puede ver en la figura 2.7 consta de piezas mecánicas, las mismas fueron diseñadas de una manera empírica buscando las siguientes características:

- Apertura óptima de la tapa de escape del flujo de calor.
- El no deterioro, con proyección al tiempo y forma de uso.
- Evitar el calentamiento del servomotor, y su posible destrucción.

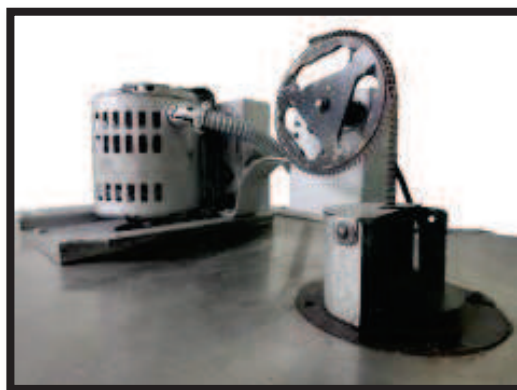


Figura 2.7

Dispositivo instalado para levantar la compuerta de escape.

Para la elección del motor que levantará la tapa, se consideró los siguientes parámetros:

a. Torque.- El torque que tiene que superar el motor se calcula partiendo de la masa total que moverá y el radio de la polea. La masa total es la suma de la tapa, cadena, y rueda dentada o polea y es igual a $m = 364$ gr. El radio de la polea es $r = 5,5$ cm. Por lo tanto el torque requerido es:

$$T = m * r \text{ [Kg * cm]} \quad (2.1.)$$

$$T = 0,364\text{Kg} * 5,5\text{cm} = 2,001\text{Kg} * \text{cm}$$

b. Tamaño y peso.- El motor tendría que ser lo más pequeño posible para no afectar la estructura del horno y facilitar su montaje.

c. Voltaje de alimentación.- La fuente establecida es de 5V DC.

El motor seleccionado y que contiene todos estos requerimientos, es el servomotor HITEC HS-311. Entre sus características más importantes esta su voltaje de alimentación a 4.8VDC y un torque de 42 oz/in (3 kg*cm) [Ver Anexo 3].

El servomotor es un dispositivo compuesto por un motor DC, y un sistema de engranajes llamado caja reductora que permite reducir la velocidad con la que puede girar el motor DC, aumentando de esta manera el torque. Posee un circuito de control que adquiere una señal codificada en forma de pulsos lo cual permite al servo colocarse en posiciones angulares determinadas. Esta señal es entregada por un microcontrolador el cual a su vez está conectado a la tarjeta de adquisición para comunicarse con el programa controlador.

Todo este sistema se encuentra recubierto y protegido contra altas temperaturas.

2.2.1.1 Acondicionamiento de la señal para el servomotor

Para poder controlar al servo motor se necesita enviarle señales en el orden de los milisegundos y específicamente menores a 2 milisegundos. La tarjeta de adquisición NI-DAQ 6009 utilizada no maneja este tipo de señales en estos rangos, su límite llega a señales de 2 milisegundos excepto en el pin “timer/counter” ya ocupado en el sistema. Es por esto que se ha dispuesto el uso de un microcontrolador. Ver Figura 2.8.

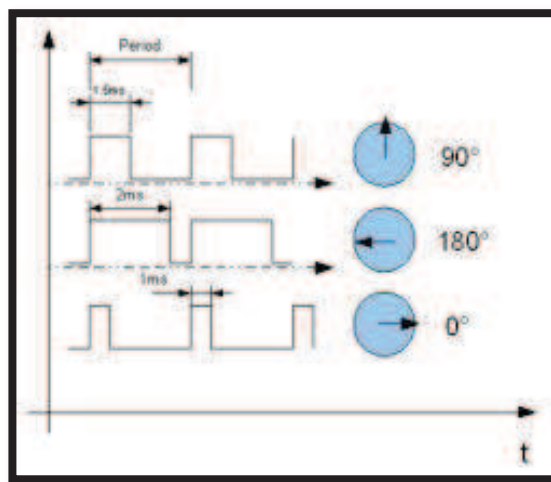


Figura 2.8

Señales de pulso para posicionar el servomotor en ángulos respectivos [9] .

El microcontrolador elegido es un Attiny85, el cual es el más sencillo y útil para esta aplicación.

Los recursos que cuenta éste microcontrolador y que son necesarios para controlar el servo son los siguientes:

- Un contador/temporizador para generar la señal cuadrada
- Una entrada analógica para comunicarse con la tarjeta de adquisición

^[9] http://complubot.educa.madrid.org/pre/modifica_servo_G5511AM_RC/modifica_servo_G5511AM_RC.php

Para generar la señal cuadrada (PWM), es necesario referenciar el voltaje que ingresa desde la tarjeta de adquisición. Se ha añadido un circuito seguidor de voltaje que está compuesto por un amplificador operacional lm324 el cual ingresa al microcontrolador por una de sus entradas analógicas. En el circuito de la Figura 2.9 se observa además un diodo que sirve para evitar reflujos de corriente desde el microcontrolador al operacional y una resistencia para limitar el exceso de corriente que ingresa al servomotor.

La señal enviada al servomotor es generada de manera automática y ordena el cierre o la apertura de la tapa durante el calentamiento o enfriamiento respectivamente. La orden de abrir o cerrar es dada por el programa LabVIEW la cual pasa a un pin de salida analógico de la tarjeta de Adquisición de datos el cual es llamado AO1.

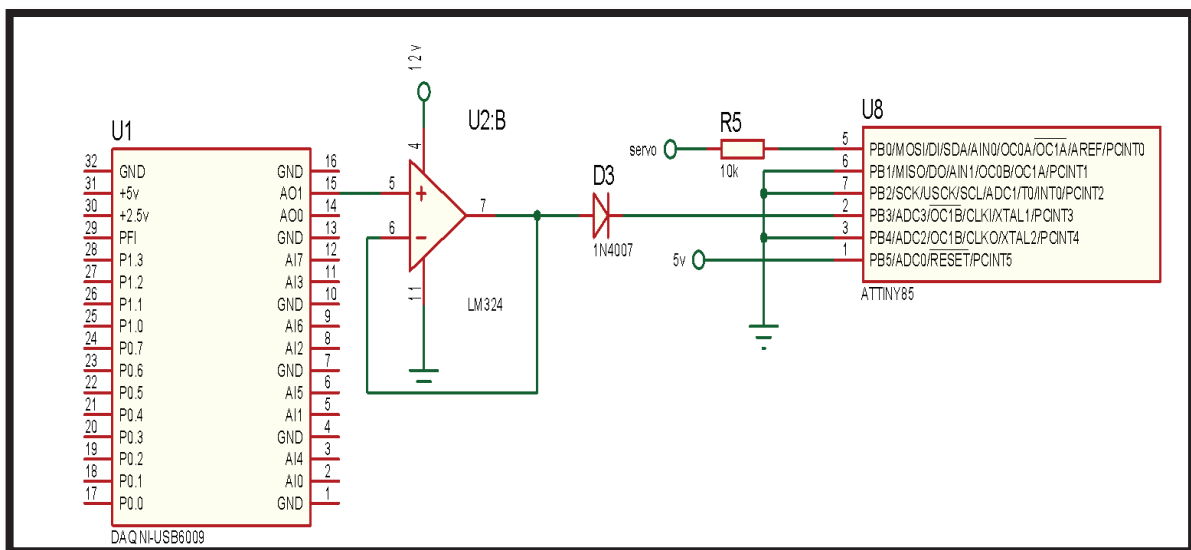


Figura 2.9

Circuito controlador del servomotor que levanta la tapa de escape.

2.3 TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Es un dispositivo electrónico utilizado para recibir o enviar señales análogas o digitales en tiempo real. Dependiendo de la tarjeta se puede contar con funciones adicionales como contadores de pulso, conversión de señales, entradas para termocupla, etc. Las señales que la tarjeta envía pueden ser tratadas mediante un computador. La comunicación entre la tarjeta y el computador permite una mayor versatilidad para tareas de monitoreo, registro de datos y toma de decisiones en procesos industriales.

Para la adquisición de la temperatura y la manipulación de los elementos finales de control se ha elegido utilizar una tarjeta de adquisición DAQ NI-USB 6009 [Ver Anexo 4].

2.3.1 CONFIGURACIÓN DE LA DAQ NI-USB 6009

Al trabajar con este tipo de dispositivos que tienen puertos digitales lo primero que se toma en consideración son las limitaciones de voltaje y corriente que soportan sus puertos [Ver Anexo 4]. Para la tarjeta DAQ NI-USB 6009 la restricción de voltaje es de 5V y de corriente de 8.5mA por cada pin para los pines de entrada y salida digital; por otro lado, el valor de voltaje máximo permitido para la entrada analógica es de 10V, lo cual es mayor que la máxima señal del AD595 que en este caso es 8V.

Para acoplar los diferentes dispositivos con la tarjeta de adquisición se diseñaron circuitos acondicionadores que permiten limitar la corriente en los pines de la tarjeta. La configuración de pines se los puede observar en la Figura 2.10.

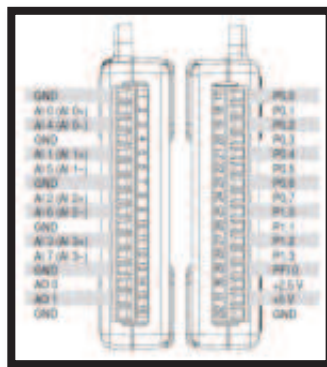


Figura 2.10

Pines de la tarjeta DAQ NI-USB 6009 [10].

2.4 SISTEMA DE TEMPERATURA

2.4.1 MEDICION DE TEMPERATURA

Para realizar control es necesaria la realimentación de la variable del proceso con el fin de conocer el error que se debe corregir. El valor de la temperatura debe ser adquirido por algún elemento para ser tratado en el software controlador del sistema de temperatura implementado. En procesos como los tratamientos térmicos se debe tomar en cuenta parámetros como el rango de operación y la ubicación de este elemento; es por esto que el dispositivo más apto y utilizado en estos casos es la termocupla. Éste dispositivo viene en diferentes tipos, para muchos rangos de temperatura y además son robustos para ambientes como los hornos.

2.4.1.1 Elección de la termocupla

El horno Blue-M o planta utilizaba una termocupla tipo J instalada en el interior de la cámara para medir la temperatura. Para decidir la reutilización o el cambio de esta termocupla se han tomado en cuenta los siguientes aspectos:

a. Rango de Funcionamiento.- Al repotenciar el horno, la temperatura máxima aumentó aproximadamente hasta 800°C. La termocupla ya existente era una tipo

[10] Ayuda de Labview. NI-USB 6009. Device Terminals help.

J con un rango útil de 95 a 750°C. Para alcanzar la nueva temperatura máxima y así tener un rango de seguridad, se decidió instalar una termocupla tipo K, la cual tiene un rango útil de 95 a 1260°C [11].

b. Atmosfera de Trabajo.- Tomando en cuenta que la atmósfera del horno es oxidante (atmósfera con oxígeno y cargada de monóxido de carbono), debido al tratamiento térmico realizado a los aceros al carbono; se recomienda la termocupla tipo K la cual es apta para trabajar en este medio [11].

c. Protecciones- Dentro del horno la termocupla tipo K no requiere de mucha protección por lo que se ha evitado poner una protección que recubra a la unión de la termocupla que mide la temperatura, puesto que se ha observado que esto disminuye notablemente el tiempo de respuesta del dispositivo. Por ello se ha decidido proteger solo al cuerpo para darle firmeza a la termocupla y al cable extensor.

Para reducir las interferencias electromagnéticas y obtener una correcta medida de la temperatura del proceso, se utilizó un cable blindado para conectar la termocupla del horno al tablero de control; y se recurrió a un acondicionamiento con un circuito integrado y filtros electrónicos.

En las figuras 2.11 y 2.12 se puede observar la adecuación de la nueva termocupla.

^[11] Creus A. Instrumentación Industrial, Alfa Omega, Marcomo, 6 edición, páginas 239, 240.

^[11] Creus A. Instrumentación Industrial, Alfa Omega, Marcomo, 6 edición, páginas 239, 240.



Figura 2.11
Cuerpo de la termocupla incorporada.

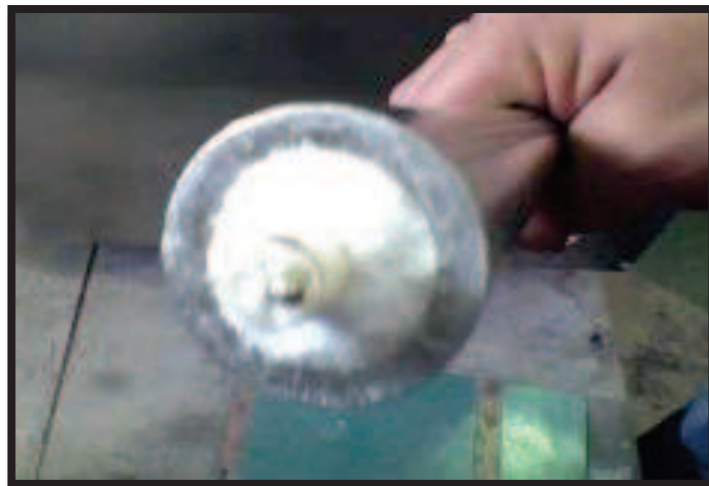


Figura 2.12
Juntura de la termocupla descubierta para mayor rapidez.

2.4.1.2 Acondicionamiento de la señal de temperatura

Para tratar con la información que envía la termocupla al medir la temperatura, es necesario primero acondicionarla. Se podría definir que acondicionar es cambiar una señal de medida de cualquier tipo a una eléctrica, para que pueda ser utilizada por otro instrumento.

Para el caso del sistema implementado se ha dispuesto valerse de un circuito integrado específico para este propósito. El dispositivo utilizado es el integrado AD595.

2.4.1.2.1 Integrado AD595

Estos circuitos integrados son específicos para acondicionar termocupla tipo K, dan solución a la amplificación de la señal del termopar y a la compensación de la junta fría (pérdida de energía en los extremos de la termocupla por condiciones de temperatura ambientales).

Otra razón por la que es necesario amplificar el valor de la termocupla es la recomendación que explica la National Instruments de que la tarjeta DAQ USB NI 6009 tiene 14 bits de resolución y un mínimo rango de +/- 1 Voltio, que relaciona a 122uV de resolución, por lo que el instrumento no es ideal para el caso de la termocupla K que tiene como resolución 41 uV por grado celsius [12].

Otra ventaja del uso de este integrado es una aceptable linealización de la variable. El AD595 amplifica la señal, idealmente lineal como se indica en la siguiente función de voltaje:

$$\text{Voltaje de termocupla tipo K} = \frac{\text{Voltaje Salida (AD595)}}{247,3} - 11 \text{ uV} \quad (2.2.)$$

Entre otras características de este integrado están las siguientes [Ver Anexo 5]:

- Salida de voltaje de baja impedancia: 10mV/°C.
- Rango de fuente de poder de: 5 V a +/-15 V.
- Baja Potencia <1mW.
- Alarma de falla de termopar.

^[12] <http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/8166630BD6965EEA86256FDD0052E89C>

^[13] AD595: http://www.me.psu.edu/rahn/me462/AD594_5_c.pdf

2.4.1.2.2 Circuito del acondicionamiento de temperatura

Siguiendo las especificaciones de la hoja de datos del integrado AD595 se procedió a realizar la siguiente conexión como se muestra en la Figura 2.13:

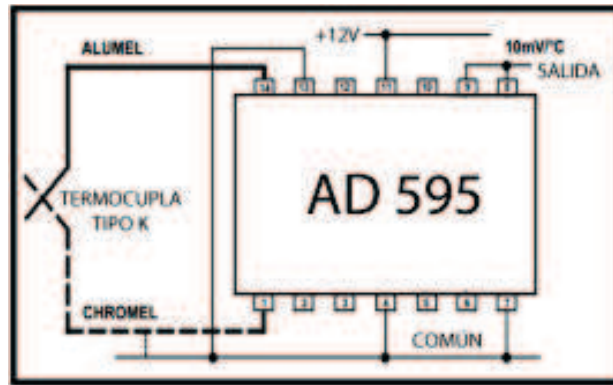


Figura 2.13 [13].

Diagrama de conexión del integrado AD595 [13].

Para este caso se alimentó al AD595 con 12V, valor suficiente ya que la señal de voltaje máxima de salida que entrega este dispositivo para 800°C es aproximadamente 8V.

Finalmente la señal de temperatura es tomada por una tarjeta de adquisición de datos a manera de voltaje, en una entrada analógica, para ser tratada por el software controlador del sistema. Esto se puede apreciar en la Figura 2.14.

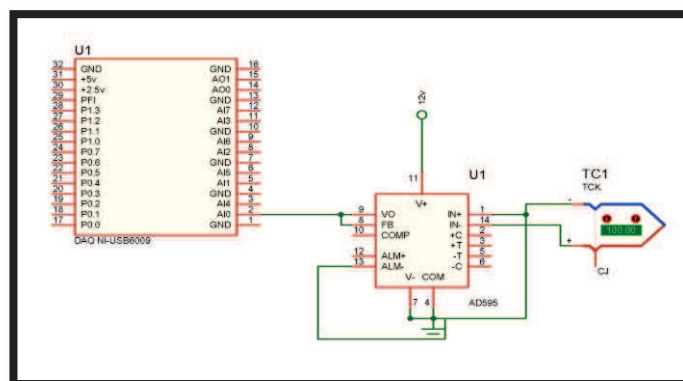


Figura 2.14

Gráfico de conexiones: DAQ NI 6009, AD595, termopar.

2.4.2 INSTALACIÓN DE LAS RESISTENCIAS DE CALENTAMIENTO

En el proceso, el calor se produce por medio de resistencias eléctricas de calentamiento. Aumentar la potencia calórica del horno Blue-M requirió el incremento de estas resistencias en su interior.

Anteriormente la planta tenía dos resistencias de aproximadamente 26Ω cada una. Estas se encuentran acopladas estructuralmente a la cámara del horno y están relativamente en buen estado para su reutilización. Al colocar una resistencia de calentamiento adicional se estableció que ésta debe de tener un valor total o equivalente de 26Ω , para obtener así un total de tres resistencias equivalentes del mismo valor.

En el mercado existen varios tipos de resistencias de calentamiento a las cuáles se las definen por su potencia, tamaño, voltaje de alimentación y por los materiales constituyentes del mismo.

Las resistencias instaladas son de marca Einstein con una potencia de 1000W y alimentación de 220V cada una.



Figura 2.15

Resistencias eléctricas de calentamiento marca Einstein instaladas.

La potencia y el voltaje de alimentación definen el valor de las nuevas resistencias de la siguiente forma:

$$P = 1000W ; V = 220V$$

$$P = V * I = \frac{V^2}{R} \rightarrow R = \frac{V^2}{P} \quad (2.3.)$$

$$R = \frac{220V^2}{1000W} = 48,4\Omega = R31 = R32$$

Por lo tanto, para tener una R de 26 ohmios se necesita conectar las dos nuevas resistencias R31 Y R32 en paralelo mostrados en la Figura 2.16 para obtener una resistencia equivalente de valor cercano al de las otras dos resistencias de fábrica R1 Y R2.

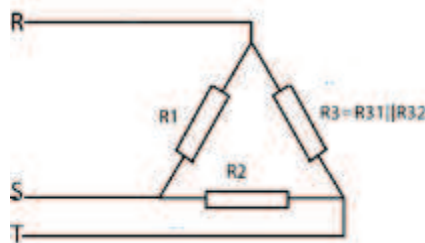


Figura 2.16

Diagrama de conexión de las resistencias de calentamiento.

$$R1 = R2 = 26\Omega$$

$$R3 = \frac{(R31)(R32)}{R31+R32} = \frac{(48,4\Omega)(48,4\Omega)}{48,4\Omega+48,4\Omega} = 24,8\Omega \quad (2.4.)$$

Para la instalación de las resistencias adicionales, primeramente se colocó cemento refractario en la parte posterior de la cámara para mejorar el aislamiento térmico en esta parte del horno y precautelar las conexiones adicionales que requieren estas nuevas resistencias. Como se observa en el gráfico de la Figura 2.17 para estas conexiones se utilizó cables que soportan altas temperaturas y adicionalmente se recubrió a estos cables con piezas cerámicas.

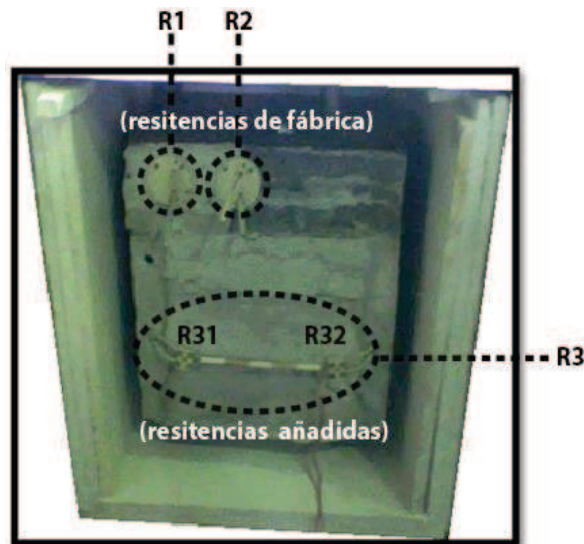


Figura 2.17

Vista posterior del horno. Disposición de las resistencias de calentamiento.

Se procedió a continuación a constatar que las resistencias tengan el mismo valor con un multímetro, dándonos como resultado los valores mostrados a continuación en la tabla 2.1. Esto también se puede apreciar en las Figuras 2.18 (a),(b) y (c) respectivamente.



Figuras 2.18 (a, b)



Figuras 2.18 (c)

(a) Medida de la primera resistencia de fábrica (b) Medida de la segunda resistencia de fábrica (c) Medida de la conexión en paralelo de las resistencias añadidas.

Resistencia (Fase)	Valor (Ω)
R1 (RS)	26,0
R2 (ST)	26,0
R3 (TR)	26,2

Tabla 2.1.

Valores medidos de las resistencias de calentamiento

Para finalizar la instalación de las resistencias eléctricas se conectó las mismas en configuración delta, esto por las siguientes dos razones:

1. Matemáticamente la conexión delta otorga mayor potencia eléctrica a los elementos que la conexión estrella [14]:

^[14] Electrónica industrial moderna. Timothy J. Maloney, páginas 494, 495.

Conexión delta:

El voltaje de la fase es igual al voltaje suministrado en la línea:

$$VFase = VLínea = 220V \quad (2.5.)$$

Por lo tanto la potencia entregada a una sola fase de la carga (un elemento) viene dado por (para una carga resistiva pura):

$$P_{1\phi} = \frac{(Vfase)^2}{R} = \frac{(220V)^2}{26\Omega} = 1,86kW \quad (2.6.)$$

Como R es la misma para las tres fases, la potencia trifásica es igual a la suma de potencias de éstas tres fases:

$$P_{3\phi} = 3P_{1\phi} = 3 * (1,86)kW = 5,58kW \quad (2.7.)$$

Conexión estrella:

Para esta conexión el voltaje de fase no es igual al voltaje de línea y se emplean las siguientes ecuaciones:

$$VFase = \frac{VLínea}{\sqrt{3}} = \frac{220V}{\sqrt{3}} = 127,01V \quad (2.8.)$$

$$P_{1\phi} = \frac{(Vfase)^2}{R} = \frac{(127,01V)^2}{26\Omega} = 620,44W \quad (2.9.)$$

$$P_{3\phi} = 3P_{1\phi} = 3 * (620,44)W = 1,86kW \quad (2.10.)$$

Es así que el calor proporcionado al proceso por la conexión delta es tres veces mayor que el entregado por la conexión estrella.

2. Al emplear el control por ciclo integral, se ha utilizado para el contador de ciclos, el voltaje de línea. Si se utiliza la conexión en estrella, siempre que se envíe una señal de control habrá un retraso de 30° con respecto a la señal que llega a las resistencias; mientras que en la conexión delta esto no sucede ya que

el voltaje de línea aplicado y censando es el mismo que el voltaje de fase que cae en las resistencias.

Para el dimensionamiento de los cables de conexión se tomó en cuenta las corrientes de fase y de línea del sistema trifásico implementado como se indica a continuación:

$$I_F = \frac{V_F}{R_\Delta} \quad (2.11.)$$

$$I_F = \frac{220V}{26\Omega} = 8,46 A$$

$$I_L = I_F * \sqrt{3} = 8,46A * \sqrt{3} = 14,65A \quad (2.12.)$$

Para los cables que conectan las resistencias tanto en delta (I_F) como al relé de estado sólido (I_L) se definió utilizando la corriente de línea más un 25% de seguridad:

$$I(\text{cable}) = 125\%I_L = 1,25 * 14,65A = 18,31A \quad (2.13.)$$

Utilizando las tablas que muestran el conductor apropiado según la corriente, se especificó utilizar el conductor #14-AWG-THHN/THWN el cuál soporta 600V, 90°C y 25A [15].

2.4.2.1. Control de potencia de las resistencias eléctricas

Se determinó utilizar el control de potencia por ciclo integral para el calentamiento de las resistencias eléctricas. Este tipo de control entrega ciclos de ondas completas de voltaje y corriente a las resistencias, eliminando así la generación de ruido o posibles distorsiones en la señal y mejorando la eficiencia del uso de la energía.

[15] Dimensionamiento de cables de cobre: <http://cableselec.com/descargas/thhn/THHN-Cabel.pdf>

Para realizar este tipo de control primero es necesario un circuito que permita contar ciclos enteros de la onda sinusoidal que entrega la red eléctrica.

2.4.2.1.1. *Diseño del circuito contador cruce por cero*

El conteo del número de ciclos se lo realiza en cada flanco de subida de una señal cuadrada que está sincronizada con la señal de alterna proveniente de dos fases de la red eléctrica. El estado alto de la señal cuadrada se establece en los flancos de subida de la onda sinusoidal de la red, mientras que el estado bajo se establece en cada flanco de bajada de esta onda sinusoidal. Ver Figura 2.19

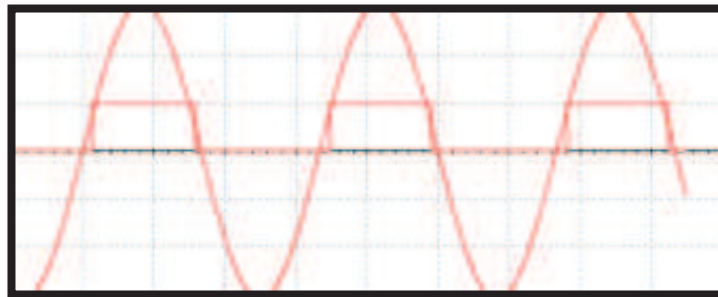


Figura 2.19

Contador cruce cero en flanco de subida de una señal sinusoidal.

El circuito implementado se muestra en la Figura 2.20 y consta de un rectificador de media onda que se obtiene al conectar dos fases de la red de corriente alterna (220 Voltios) con el diodo del opto acoplador 4N35, además en este circuito se ha añadido una resistencia que limita el paso de corriente y un diodo en antiparalelo que evita la destrucción del elemento, puesto que, por éste solo puede existir un voltaje inverso de 6V. El paso del voltaje y de la corriente se da sólo en el semiciclo positivo. Cuando esto sucede se enciende el led del optoacoplador, activando su transistor y cerrando el circuito de voltaje continuo alimentado con 5V. La señal que sale del optoacoplador es entonces una señal cuadrada, aislada y apta para ser tratada por el programa.

Adicionalmente se instaló una compuerta NOT que produce a la señal una estabilización en 5V, ya que en la etapa del transistor del opto acoplador no existe

una transferencia lineal de la corriente desde el opto diodo hacia el transistor, lo que podría generar errores si se conectara directamente hacia la tarjeta de adquisición. Ver Figura 2.20

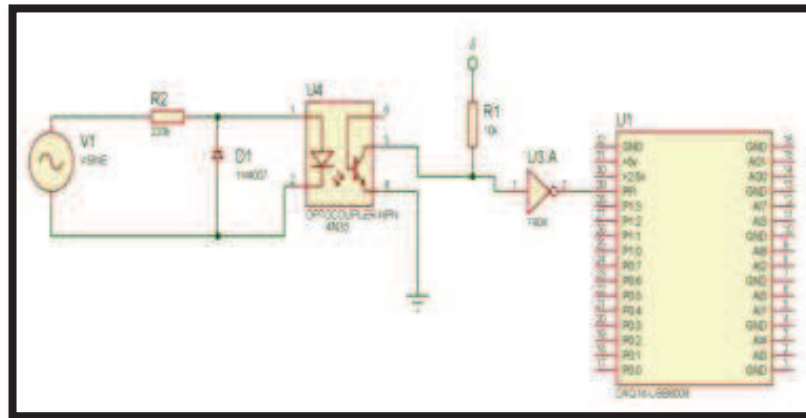


Figura 2.20

Circuito para detectar el cruce cero con el optoacoplador 4N35.

Lo primero que se debe tomar en cuenta son los datos nominales del optoacoplador 4N35 y de la DAQ-6009.

Los pines de la tarjeta máximo permiten el ingreso y salida de 8,5mA y 5V, mientras que el optoacoplador se debe diseñar tomando en cuenta la corriente máxima que pasará por el led y la transferencia de corriente que este dispositivo puede entregar.

Tomando en cuenta la corriente permitida para la DAQ y la gráfica de corrientes del optoacoplador de la Figura 2.21, se eligió una corriente $I_{Csat} = 0,1mA$. Esto representa una corriente aproximada $I_F = 1,5mA$.

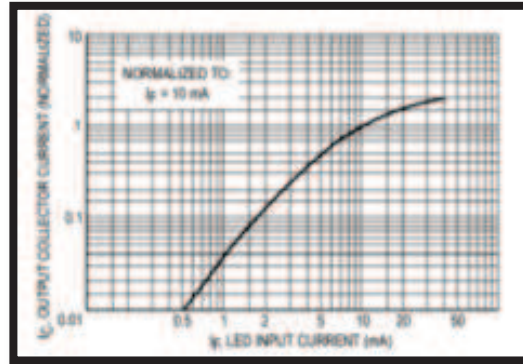


Figura 2.21

Corriente de salida versus corriente de entrada del 4N35 [16].

Asumiendo que estamos en conducción o saturación los datos de este dispositivo son [16]:

$$V_{CEsat} = 0,3 \text{ V}$$

$$I_{Csat} = \frac{V_{cc} - V_{cesat}}{R_1} \quad (2.14.)$$

$$R_1 = \frac{V_{cc} - v_{cesat}}{I_{Csat}} = \frac{5V - 0,3}{0.1mA} = 47k\Omega$$

Se ha elegido la resistencia estándar $R_1 = 47k\Omega$ mostrada en la Figura 2.20.

Para calcular la resistencia que limita la corriente que pasa por el led del optoacoplador se utiliza el máximo voltaje pico y la corriente I_F definida por la gráfica anterior con la corriente I_{Csat} .

$$I_F \approx 1,5mA$$

$$R_2 = \frac{V_p}{I_F} \quad (2.15.)$$

$$R_2 = \frac{\sqrt{2} * 220}{1,5mA} \approx 210k\Omega$$

Se ha escogido una resistencia estándar $R_2 = 220k\Omega$, de la Figura 2.19.

[16] Hoja de datos del 4N35. <http://measure.feld.cvut.cz/groups/edu/osv/4n35.pdf>

2.4.2.1.2. *Diseño del control por ciclo integral de potencia*

Para este tipo de control se ha utilizado un relé de estado sólido conformado por elementos SCR's, los cuales controlan el paso de la energía a las resistencias. Estos elementos son disparados en sincronía con el cruce por cero que experimenta la señal.

Para establecer cuantos ciclos van a dejar pasar los SCR's, es necesario primero definir un periodo total. Este periodo se conforma por un cierto número de ciclos de ondas completas. Puesto que la frecuencia de la onda sinusoidal es de 60Hz o en otras palabras de sesenta ciclos completos por segundo, se ha elegido este valor como el periodo total de ondas, $m=60$ ciclos. El tiempo de un segundo para este período, es apropiado para el control y la toma de datos de la temperatura del horno Blue-M.

Una vez definido el periodo total m , el controlador entrega un cierto número de ondas n , los cuáles indican el número de ondas o tiempo de activación de los elementos SCR's. De esto dependerá el valor de voltaje V_{rms} que se entregará a las resistencias y por ende el valor de temperatura. Ver Figura 2.22 y 2.23 respectivamente.

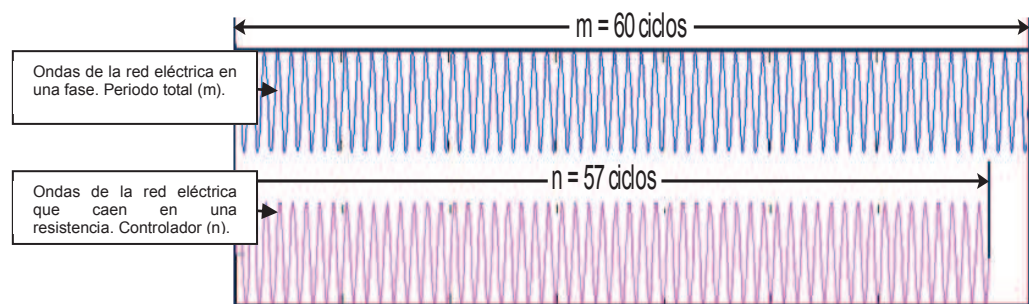


Figura 2.22

Ciclos de ondas completas cuando el controlador sube rápidamente la temperatura.

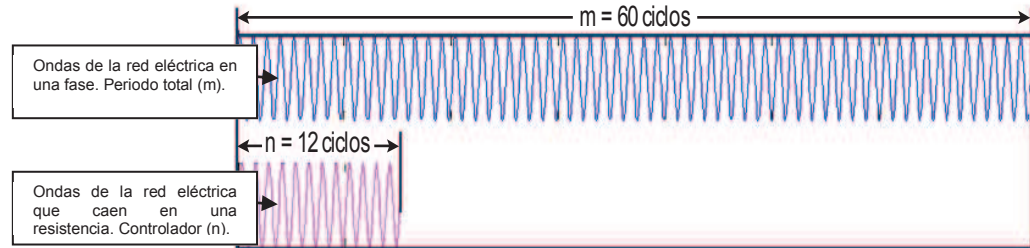


Figura 2.23

Ciclos de ondas completas cuando el controlador sube lentamente la temperatura.

2.4.2.1.3. Relevador de Estado Sólido

Se ha utilizado este dispositivo ya que se complementa con el control de potencia por ciclo integral permitiendo controlar de manera adecuada el paso de energía a las resistencias eléctricas de calentamiento. Entre sus características y propiedades aprovechadas están las siguientes:

- Simplicidad, rapidez y fiabilidad de accionamiento.
- Propiedad para disparar la señal solo en cruce por cero.
- Aislamiento de señal por medio de un optoacoplador.
- Protecciones de sobrevoltajes y sobrecorrientes.

Las ventajas más significativas que presenta este elemento es que no posee elementos electromecánicos por lo cual no presenta desgaste mecánico de sus partes, además de no generar armónicos significativos los cuales podrían ingresar a la red y generar ruido eléctrico a diferencia de lo que puede pasar con un elemento electromecánico.

Para el dimensionamiento de este dispositivo se debe tomar en consideración el voltaje $V_F = 220V$ y la corriente $I_L = 14,65A$ que ingresan a la carga trifásica; estos valores fueron presentados anteriormente en las ecuaciones 2.5 y 2.12 respectivamente.

El relé seleccionado del mercado es el SSR (relé de estado sólido) trifásico de marca RELEQUICK de referencia RS3A0P032DC440025Z.

Sus principales características son las siguientes [Ver Anexo 6]:

- Relé de estado sólido trifásico AC de conmutación en paso por cero
- Rangos de entrada: 3-32 VDC y 90-250 VAC
- Máxima corriente de carga (AC1 a 25°C): 25A
- Rango de operación: 40-530 VAC
- Rango de frecuencia: 47-63 Hz
- Máximo pico de tensión no repetitivo: 1000 Vp
- LED de indicación

El SSR deja pasar la energía de alterna cuando una señal digital de 5VDC es ingresada en sus terminales de continua. Esta señal es enviada por la tarjeta de adquisición de datos a través de uno de sus pines. Es importante para esto establecer la corriente que activara al relé trifásico y que es entregada por la tarjeta.

Debido a que no se tiene información de la corriente mínima para activar al relé, se procedió a tomarlo de manera experimental y se determinó que la corriente que dispara al optoacoplador interno del relé es de 20mA.

Como antes se mencionó, la tarjeta DAQ permite una corriente máxima de 8,5mA, por lo que se ha utilizado un TBJ para amplificar esta corriente. Para dimensionar el TBJ se han tomado sus valores mínimos de funcionamiento, lo que aseguran que el dispositivo TBJ no corra el riesgo de destruirse y que la tarjeta DAQ no maneje mucha carga. La conexión se la puede visualizar en la Figura 2.24.

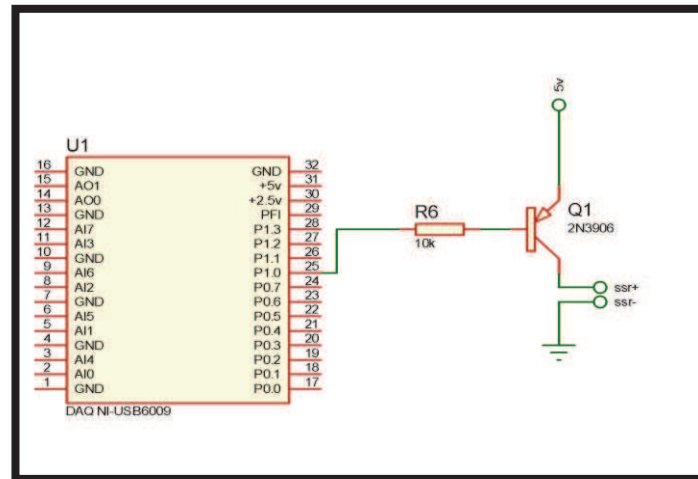


Figura 2.24

Circuito de acoplamiento entre la tarjeta DAQ y SSR.

Para el cálculo de la resistencia se ha tomado una corriente colector que activará al relé $I_c = 50\text{mA}$, la cual está dentro de sus rangos de operación determinados. Luego se ha determinado la corriente de base que entregará la tarjeta DAQ. Este valor se ha verificado para que no exceda la corriente permitida de los pines de la tarjeta DAQ.

Según la Figura 2.25 de la hoja de datos del TBJ 2N3904, para una $I_c = 50\text{mA}$ se obtendrá aproximadamente $\beta = 170$.

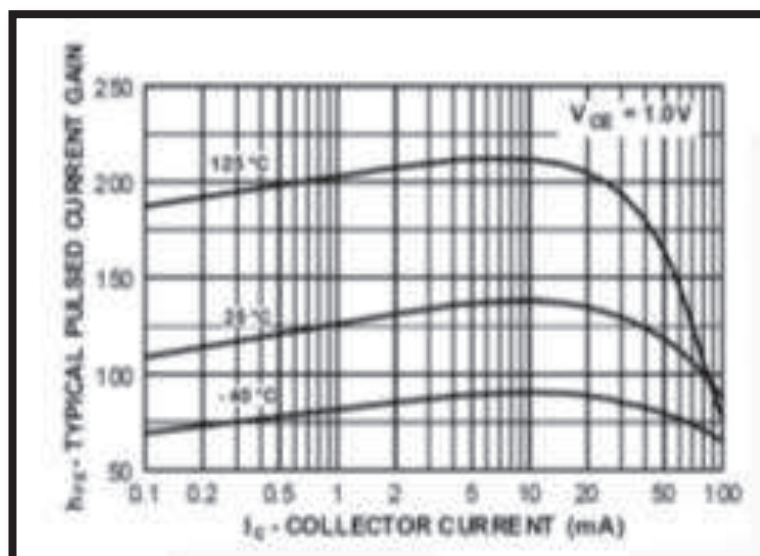


Figura 2.25

Ganancia β vs corriente del colector del TBJ 2n3905 [Ver Anexo 7].

$$I_c = \beta * I_b \quad (2.16.)$$

$$I_b = \frac{I_c}{\beta} = \frac{50mA}{170} = 0,3mA$$

Esta corriente es la que entregará el pin de la tarjeta DAQ y se encuentra dentro de sus valores permitidos y sugeridos. El cálculo de la resistencia R6 del circuito mostrado en la gráfica 2.23 queda de la siguiente manera:

$$I_b = \frac{Vb-0.6V}{R6} \rightarrow R6 = \frac{Vb-0.6V}{I_b} \quad (2.17.)$$

$$R6 = \frac{5-0.6V}{0,3mA} = 14k\Omega$$

Se ha dispuesto de una resistencia comercial estándar R6=12kΩ.

Finalmente se realizó la conexión de los puertos de continua y de alterna del SSR, siguiendo el diagrama de conexión externa de la hoja de datos de dicho relevador trifásico de marca RELEQUICK mostrado en la Figura 2.25.

En este diagrama podemos observar rápidamente el funcionamiento del SSR. Por la alimentación DC ingresa la señal acoplada desde la tarjeta DAQ cuando el controlador envía la orden de activar el paso de energía a las resistencias. El SSR posee un diodo led que permite visualizar la presencia de ésta señal DC, cuando esto sucede el diodo del fototransistor enciende y activa el circuito amplificador y detector de cruce cero que posee el SSR. Éste último circuito es el encargado de disparar los tiristores que permiten el paso de las señales de alterna a la carga. Los tiristores están protegidos a variaciones de voltaje y corriente a través de varistores para sobrevoltajes y redes snubber que evitan sobrevoltajes producidos por cargas inductivas en elementos activos de conmutación como los tiristores.

La forma de conexión se lo puede observar en la Figura 2.26 con su respectiva carga, conexión a la DAQ y además el circuito de cruce por cero de la conexión entre fases.

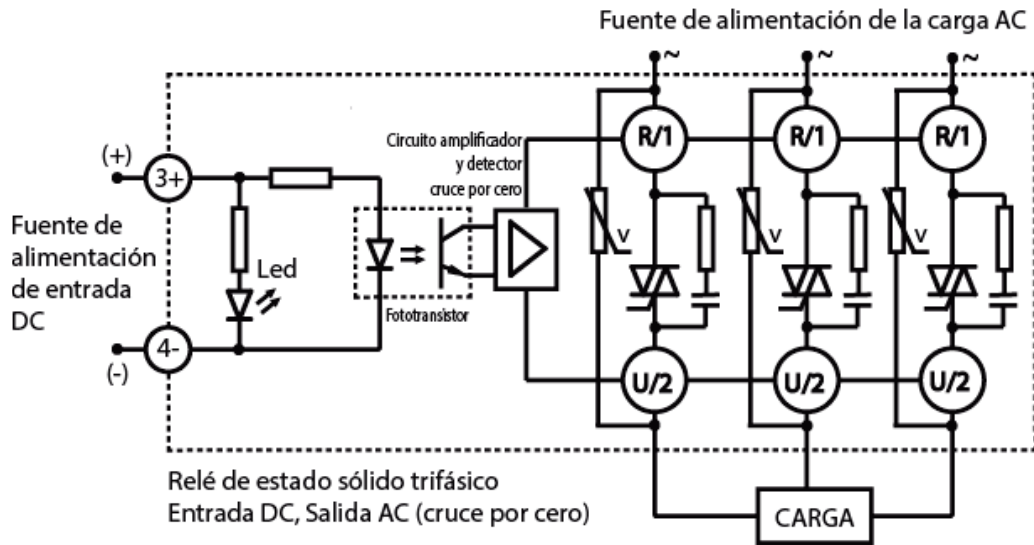


Figura 2.25

Diagrama esquemático de conexión externa del relevador de estado sólido

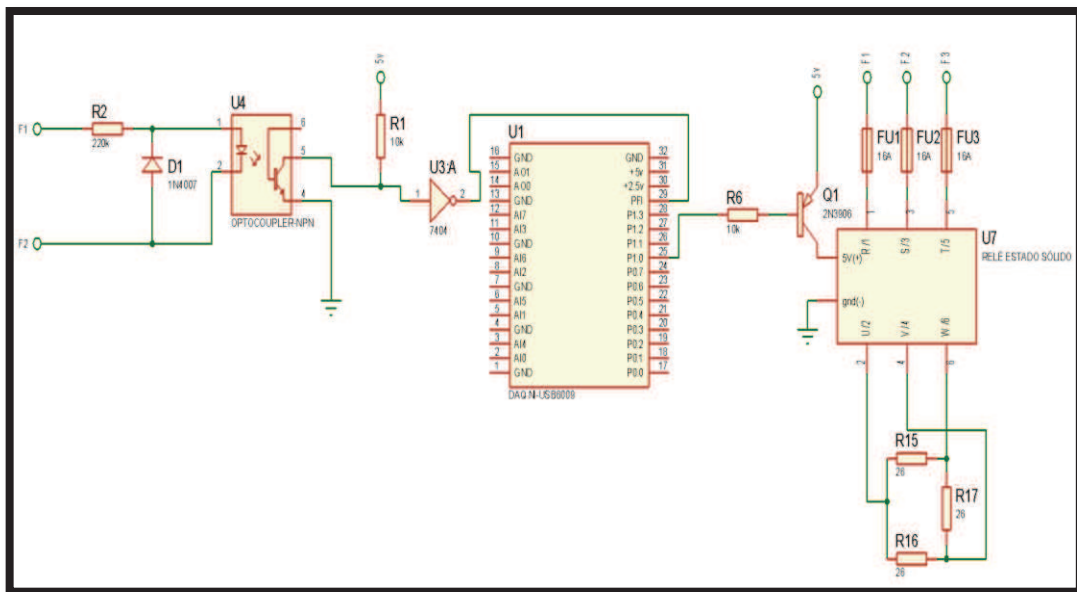


Figura 2.26

Diagrama de conexiones entre el detector de cruce por cero, el circuito de acoplamiento, la tarjeta de adquisición y el SSR

(F1, F2, F3 son fusibles correspondientes a las señales trifásicas alternas)

Para el dimensionamiento de los fusibles de protección se utilizó la corriente de línea que ingresará a la carga trifásica con su respectivo factor de seguridad, como muestra la ecuación 2.13 en el literal 2.4.2. Al tener una $I_F = 18,31A$ y

utilizar el conductor #14-AWG que soporta hasta 25A, se optó colocar fusibles de 20A [15].

2.4.3. SISTEMA DE FLUJO DEL CALOR INTERNO

El horno Blue-M utilizado es un horno eléctrico de convección, por lo que, a diferencia de los hornos eléctricos convencionales en donde solo se necesita encender o apagar las resistencias para controlar la temperatura en el interior del horno, aquí es necesario controlar tanto las resistencias como la velocidad del flujo de calor que se extrae desde estas resistencias y que se distribuye en el interior de la cámara.

2.4.3.1. Motor y ventilador del Horno Blue-M

En el horno Blue-M el flujo de calor se lo transfiere mediante un ventilador instalado en la parte superior izquierda interna de la cámara. Se conoce al ventilador como una máquina rotativa que pone el aire, o un gas en movimiento. Dependiendo del tipo de propulsor giratorio o hélice tenemos la dirección de la entrada y la salida de la circulación del aire.

El Horno Blue-M viene incorporado con un ventilador de hélice con paredes de cierre en forma curva y cubierto por una caja metálica. Su diseño original es de un ventilador centrífugo, y está dispuesto tal que la salida del flujo de aire apunta directamente a las resistencias de fábrica. En los ventiladores centrífugos la trayectoria del aire sigue una dirección axial a la entrada y paralela a un plano radial a la salida. La entrada y salida están en ángulo recto como se muestra en la Figura 2.27.

[15] Dimensionamiento de cables de cobre: <http://cableselec.com/descargas/thhn/THHN-Cabel.pdf>

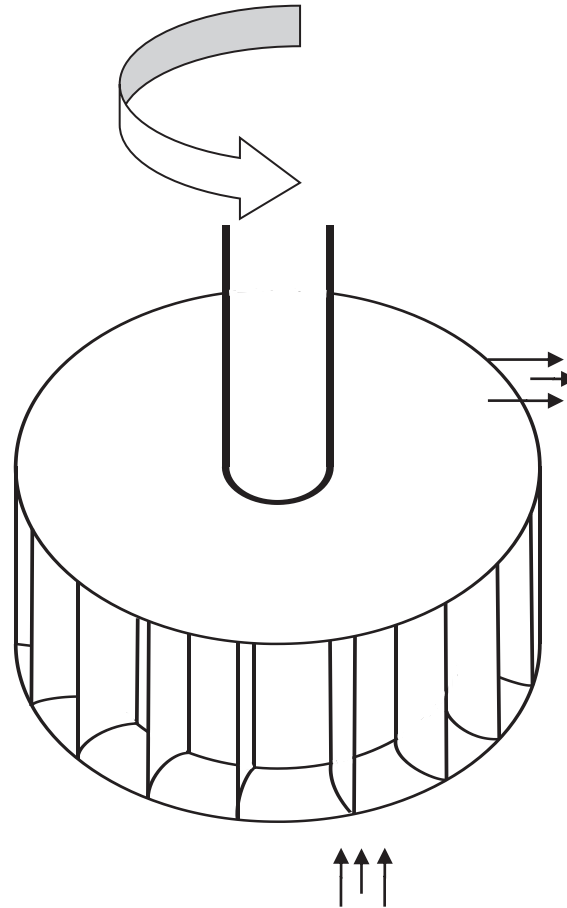


Figura 2.27

Esquema del ventilado centrífugo del horno restaurado.

El ventilador del horno Blue-M a su vez está acoplado al eje de un motor sincrónico trifásico jaula de ardilla.

Las características de placa de este motor son las que se muestra siguiente tabla 2.2. :

General Electric			
A-C motor			
ref:	5K33GG42Q	CLASS	A
HP	1/3	VOLTAJE	230/460
RPM	1725	AMPERIOS	1.6/0.8
PH	3	HZ	60

Tabla 2.2.

Valores nominales de placa del motor trifásico del horno Blue-M.

2.4.3.2. Distribución y control del calor en el horno Blue-M

La cámara y la estructura del motor-ventilador del horno Blue-M no se pueden modificar. El mecanismo para calentar, distribuir y enfriar el interior del mismo, era manual y ya se encontraba establecido de fábrica.

Con el nuevo sistema de control de temperatura implementado se ha establecido para la fase de calentamiento y de establecimiento una velocidad constante del motor-ventilador. Con esta velocidad se puede extraer el máximo calor de las resistencias y distribuirla por toda la cámara sin generar demasiadas pérdidas de temperatura y con un ruido bastante aceptable para una operación normal.

En la Figura 2.28 el esquema de flujo de calor que se toma en cuenta cuando el proceso está en calentamiento.

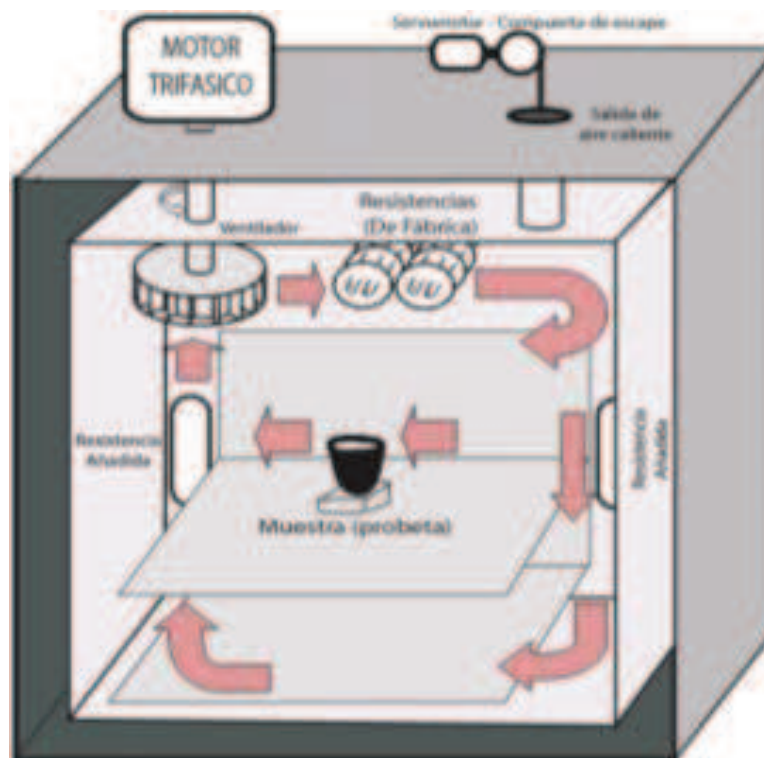


Figura 2.28

Esquema del flujo de calor en el horno en la fase de calentamiento o establecimiento de temperatura.

Para la fase en enfriamiento como se muestra en la Figura 2.29 se controla la velocidad del motor, y además se abre la compuerta de escape de calor. Esta compuerta se la ha automatizado usando un servomotor para que se abra únicamente en ésta fase, y permita que el calor se transfiera al ambiente.

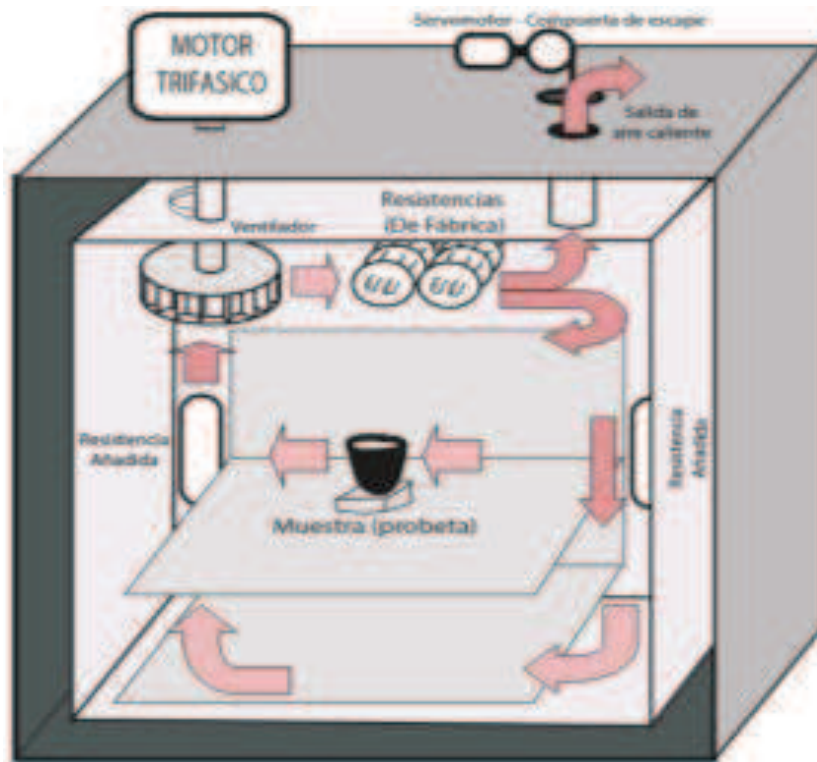


Figura 2.29

Esquema del flujo de calor en el horno en la fase de enfriamiento de temperatura.

2.4.3.3. Variador de velocidad del motor-ventilador

Para controlar la distribución del calor y el enfriamiento del horno, se controla la velocidad del motor-ventilador a través de un variador de velocidad.

Para la selección y configuración, el variador de velocidad se ha tomado en cuenta principalmente los siguientes parámetros.

a. *Tipo de carga.*- En este caso la carga del motor es un ventilador. Esto se puede apreciar en la Figura 2.30.

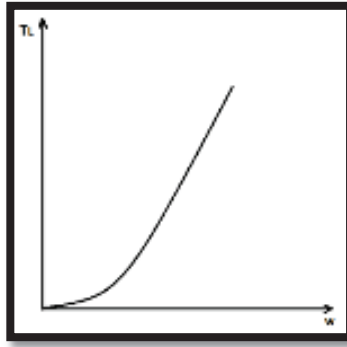


Figura 2.30

Características de torque de carga - velocidad para un ventilador.

b. Datos nominales del motor.- Se debe tomar en cuenta la potencia, el voltaje de alimentación, la frecuencia y la corriente nominal del motor a emplearse. Estos datos se muestran en la tabla 2.2 señalada anteriormente.

c. Modo de comunicación.- Para el sistema de temperatura implementado la tarjeta de adquisición es la encargada de comunicar las señales del controlador desde la PC hacia los elementos finales de control. Ésta tarjeta puede comunicarse mediante señales digitales y análogas, en los rangos de voltajes y corrientes señalados en la hoja de datos de la NI-DAQ6009 [Ver Anexo 4].

Considerando los parámetros mencionados se ha dispuesto un variador de velocidad comercial de marca SIEMENS SINAMICS G110 [17].

Éste variador tiene las siguientes características principales:

- Sistema de refrigeración (aletas de disipación).
- Potencias entre 0.12 kW y 3 kW.
- Alimentación monofásica: 1AC 220V, salida 3AC 220V.
- Entradas digitales libremente configurables.
- 1 entrada analógica (0-10)V, puede ser utilizada como entrada digital.
- Característica V/f lineal, cuadrática y multipunto (motores sincrónicos).
- Protección del motor y del convertidor.
- Frenado por inyección de corriente continua.

^[17] http://cache.automation.siemens.com/dnl/zlxMDE4NQAA_18947608_HB/G110_COM_18947608%20_sp_0404.pdf

- Control de freno electromecánico * Control por selectora (2 hilos) o por pulsadores (3 hilos).

Para controlar la velocidad del motor, se ha elegido la variante analógica. Este variador recibe una señal análoga variable de 0V a 10V, el cual es directamente proporcional a la frecuencia que entrega al motor.

2.4.3.3.1. Configuración del variador de frecuencia G110

Es necesario primero realizar los pasos de configuración rápida antes de la conexión de este dispositivo, ya que éste viene configurado de fábrica para un motor Siemens de cuatro polos y otras características inherentes a éste.

La puesta a servicio estándar sólo se hace en la primera puesta en servicio ya que a partir en ese momento los datos ya quedan guardados en su memoria interna.

Los pasos que se han seguido en la configuración del variador a través de su interface son los que se observan desde las tablas 2.3 hasta las 2.16:

MENU	OPCIONES
P00030	Nivel de acceso de usuario 1 Estándar (aplicación simple) 2 Extendido (aplicación estándar) 3 Experto (aplicación compleja)

Tabla 2.3. Paso 1 para configurar G110

Para P0030 se escogió la opción 3.

MENU	OPCIONES
P00010	Parámetro de puesta en marcha* 0 Preparado 1 Guía básica 30 Ajustes de fábrica

	(*) Para parametrizar los datos de la placa del motor hay que poner P0010=1.
--	--

Tabla 2.4. Paso 2 para configurar G110

En P00010 Se escoge la opción 1 para poder variar los otros parámetros.

MENU	OPCIONES
P0100	<p>Europa/América*</p> <p>(Entrada de la frecuencia de red)</p> <p>0 Europa [KW], 50 Hz</p> <p>1 Norte América [hp], 60 Hz</p> <p>2 Norte América[kW], 60 Hz</p> <p>(*) Si P0100=0 ó 1 determina la posición del interruptor DIP2(2) el valor de P0100.</p>

Tabla 2.5. Paso 3 para configurar G110

En P0100 se escoge la opción 1 para la red establecida en Ecuador, además se debe poner al switch físico en 60Hz.

MENU	OPCIONES
P034	<p>Tensión nominal del motor</p> <p>Tensión nominal del motor [V] de la placa de características). La tensión nominal del motor debe corresponder a la conexión real del motor (estrella triángulo)</p>
	Los parámetros del motor deben configurarse con precisión para que la protección de sobrecarga del motor funcione correctamente para frecuencias mayores a 5 Hz
P0305	<p>Corriente nominal del motor</p> <p>(Intensidad nominal del motor [A] de la placa de características).</p>

Tabla 2.6. Paso 4 para configurar G110

En el menú P0304 se ha puesto el valor de 230V y en la opción P0305 el valor de corriente de 1,6A.

MENU	OPCIONES
P0307	<p>Potencia nominal del motor</p> <p>(Potencia nominal del motor [KW/hp] de la placa de características)</p>

	Si P0100=0 ó 2 entrada en KW. Si P0100=1 en hp.
--	---

Tabla 2.7. Paso 5 para configurar G110

Para el menú P0307 se estableció la potencia $\frac{1}{2}$ de Hp. Es la mínima de este variador.

MENU	OPCIONES
P0310	<p>Frecuencia nominal del motor</p> <p>(Frecuencia nominal del motor [Hz] de la placa de características)</p> <p>Se vuelve a calcular el número de pares de polos si se cambia el parámetro.</p>

Tabla 2.8. Paso 6 para configurar G110

La frecuencia que se ha puesto es la nominal de 60 Hz.

MENU	OPCIONES
P0311	<p>Velocidad nominal del motor</p> <p>(Velocidad nominal del motor [rpm] de la placa de características)</p> <p>El ajuste a 0 motiva el cálculo interno del valor.</p> <p>Para la compensación de deslizamiento es necesario dar un valor.</p>

Tabla 2.9. Paso 7 para configurar G110

La velocidad nominal del motor es 1725rpm.

MENU	OPCIONES
P0700	<p>Selección fuente de ordenes</p> <p>0 Ajuste por defecto de fábrica</p> <p>1 BOP (teclado)</p> <p>2 Terminal</p> <p>5 USS</p>

Tabla 2.10. Paso 8 para configurar G110

Por el valor del menú P0700 se selecciona que las órdenes que reciba el variador sean de manera externa.

MENU	OPCIONES
P1000	Selección consigna de frecuencia 0 Sin consigna principal 1 Consigna MOP 2 Consigna analógica 3 USS

Tabla 2.11. Paso 9 para configurar G110

De la misma manera en el menú P1000, se escoge la opción 2 ya que se necesita la consigna analógica para variar la velocidad del variador.

MENU	OPCIONES
P1080	Frecuencia mínima (En Hz) Ajusta la frecuencia mínima del motor a la cual el motor funcionará independientemente de la consigna de frecuencia. El ajuste de este valor es válido para ambos sentidos de rotación horaria y antiohoraria.

Tabla 2.12. Paso 10 para configurar G110

La frecuencia mínima con la que es necesario arrancar es desde 0 HZ, ya que no es necesario iniciar con otra.

MENU	OPCIONES
P1082	Frecuencia máxima. (En Hz) Ajusta la frecuencia de motor máxima a la cual el motor funcionará independientemente de la consigna de frecuencia. El ajuste de este valor es válido para ambos sentidos de rotación horaria y anti horaria.

Tabla 2.13. Paso 11 para configurar G110

La frecuencia máxima que se ha decidido obtener es la nominal, es decir 60Hz. Aunque se podría poner un valor más alto de frecuencia, se determinó que no existía un cambio significativo ni podría ayudar al respecto al calentamiento, además de que el sonido que el motor genera podría ser perturbador.

MENU	OPCIONES
P1120	<p>Tiempo de aceleración (En s) Tiempo utilizado por el motor para acelerar desde el punto muerto hasta la frecuencia máxima del motor (P1082) cuando no se utiliza el redondeo.</p>

Tabla 2.14. Paso 12 para configurar G110

Se ha escogido en el menú P1120 el valor de 10 s, ya que no existe una necesidad para que la rampa de aceleración sea más rápida.

MENU	OPCIONES
P1121	<p>Tiempo de deceleración (En s) Tiempo utilizado por el motor para desacelerar desde la frecuencia máxima (P1082) hasta el punto muerto cuando no se utiliza el redondeo.</p>

Tabla 2.15. Paso 13 para configurar G110

Para el menú P1121 también se ha escogido el valor de 10s.

MENU	OPCIONES
P3900	<p>Fin de la puesta en servicio rápido (comienza cálculo motor) 0 Sin puesta en marcha rápida (sin cálculos de motor) 1 Inicio puesta en marcha rápida con borrado de ajustes de fábrica 2 Inicio puesta en marcha rápida 3 Inicio puesta en marcha rápida sólo para los datos del motor</p>
Fin	<p>En el caso que tenga que parametrizar otras funciones en el convertidor utilice las instrucciones "Puesta en servicio según aplicación". Se recomienda para accionamientos dinámicos.</p>

Tabla 2.16. Paso 14 para configurar G110

Se ha establecido para el menú P3900 la opción 0 ya que no se necesita hacer ningún cálculo del motor.

A continuación de la configuración se procede a realizar las conexiones físicas siguiendo el esquema de la hoja de datos del variador [17] y que se puede visualizar en la Figura 2.31.

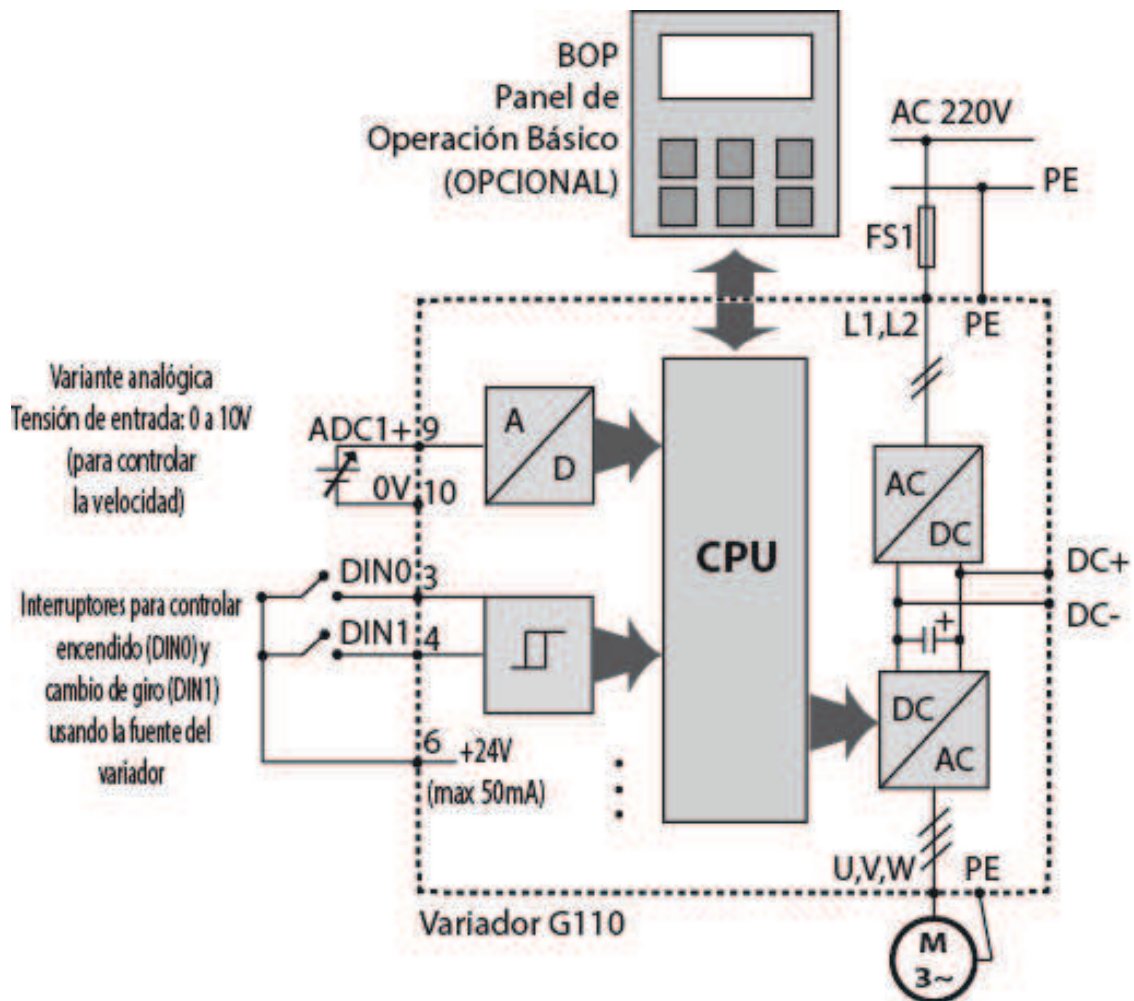


Figura 2.31

Diagrama de conexiones del variador G110 [17].

2.4.3.3.2. Acondicionamiento de las señales del Variador.

Para realizar el control del motor debe existir una comunicación entre la tarjeta de adquisición DAQ y el variador de velocidad G110.

^[17] http://cache.automation.siemens.com/dnl/zlxMDE4NQAA_18947608_HB/G110_COM_18947608%20_sp_0404.pdf

En el control de la velocidad del motor se ha tomado en cuenta que el voltaje variable que debe ingresar a las entradas del variador debe ser de 0V a 10V. Las salidas analógicas de la tarjeta de adquisición de datos pueden generar rangos de voltaje de 0V a 5V, por lo que es necesario duplicar el voltaje en una relación de 2 a 1.

En el circuito mostrado en la Figura 2.32, se puede observar la configuración de un amplificador operacional no inversor, en el cual la elevación de la señal de voltaje que se aprecia responde a la siguiente fórmula:

$$G = \frac{V_o}{V_{in}} = 1 + \frac{R_4}{R_3} \quad (2.18.)$$

Donde:

$$G=2$$

V_o = voltaje salida hacia el variador de velocidad del motor

V_{in} =voltaje de entrada proveniente de la tarjeta de adquisición de datos

De la ecuación se puede deducir que los valores de resistencias deben tener un mismo valor para obtener la ganancia deseada, además se ha añadido un diodo para evitar ruido eléctrico proveniente del variador.

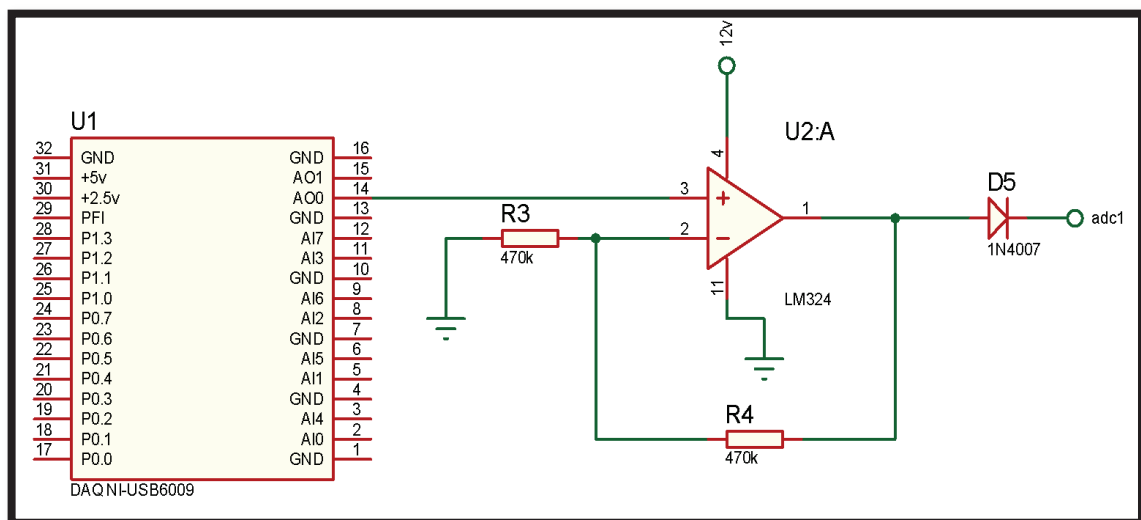


Figura 2.32

Circuito de acoplamiento entre la tarjeta DAQ y variador de frecuencia G110.

Para las órdenes de encendido o apagado e inversión de giro del motor se energiza los pines respectivos del variador de velocidad con 24VDC y máximo 50mA. Estas señales las envía el controlador por medio de la tarjeta DAQ. Sin embargo como estos valores no pueden ser entregados por la tarjeta se dispuso de optoacopladores tipo Darlington 4n33. Este tipo de optoacoplador permite la circulación de una mayor corriente por el fototransistor con respecto a un optoacoplador común.

Limitando la corriente con una R9 de colector:

$$I_c = \frac{V_{cc}}{R_9} \quad (2.19.)$$

$$I_c = \frac{5V}{330K\Omega} = 15mA$$

Esta corriente se encuentra dentro del rango para la activación de las funciones de encendido y cambio de giro del variador de velocidad.

Cálculo de la resistencia para el fototransistor de la Figura 2.34:

$$R_{14} = \frac{V}{I_{ct}} \quad (2.20.)$$

$$R_{14} = \frac{24V}{50mA} = 480\Omega$$

Se ha decidido poner una resistencia

$$R_{14} = 680\Omega$$

Calculando la potencia de esta resistencia

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{24^2}{680} = 0.84W \quad (2.21.)$$

Lo cual indica que debe ser una resistencia de potencia de por lo menos 1Watio. Ver Figuras 2.33 y 2.34 respectivamente.

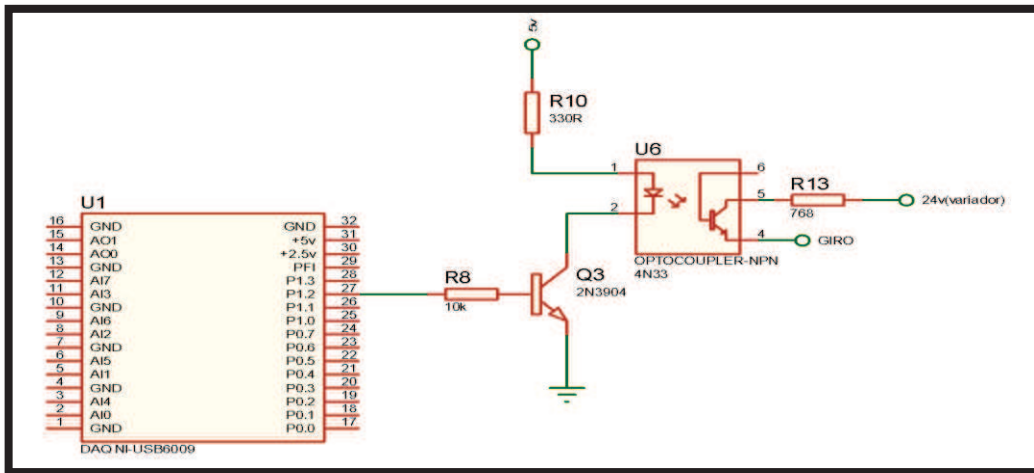


Figura 2.33

Circuito de acoplamiento entre la tarjeta DAQ Y variador de frecuencia G110 para el encendido o apagado del motor.

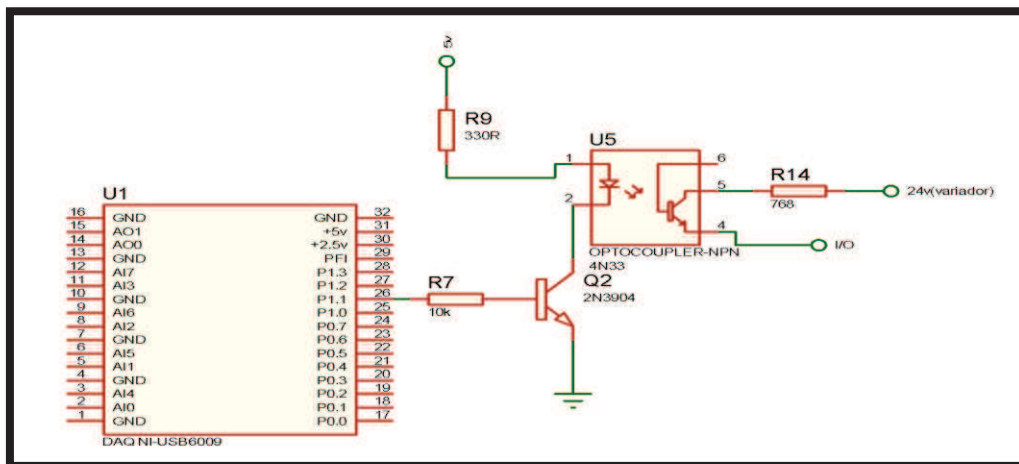


Figura 2.34

Circuito de acoplamiento entre la tarjeta DAQ Y variador de frecuencia G110 para controlar la inversión de giro del motor.

Para verificar que la corriente que entrega la DAQ por sus pines respectivos se encuentre dentro de los límites de la misma, se procede a calcular la corriente de base del transistor TBJ.

$$I_b = \frac{V_b - 0.6}{R7} \quad (2.22.)$$

$$I_b = \frac{5 - 0.6}{12K} = 0.36mA$$

Esta corriente se encuentra dentro de los valores recomendados para los pines de la tarjeta de adquisición.

2.5. TABLERO DE CONTROL

Los distintos dispositivos que se necesitan para el control de temperatura se han distribuidos en dos tableros. El tablero a.), y el tablero b.), mostrados en la Figura 2.35.



Figura 2.35

Horno Blue-M después de la restauración. Se muestra los dos tableros y los elementos de visualización y encendido.

En el primer tablero (a) está la fuente de energía continua, la placa electrónica, elementos de protección y maniobra, elementos de visualización y el dispositivo que permite el paso de energía a las resistencias de calentamiento; mientras que en el segundo tablero (b) se encuentran los elementos necesarios para gobernar el motor-ventilador.

Se ha dispuesto apartar el variador de velocidad de los demás dispositivos ya que se constató que el ruido electromagnético que éste variador produce afecta directamente a la tarjeta DAQ, al acondicionador AD595 e inclusive al SSR.

A continuación se describe brevemente los elementos integrados en los tableros y que son parte del sistema implementado. Ver Figura 2.36.

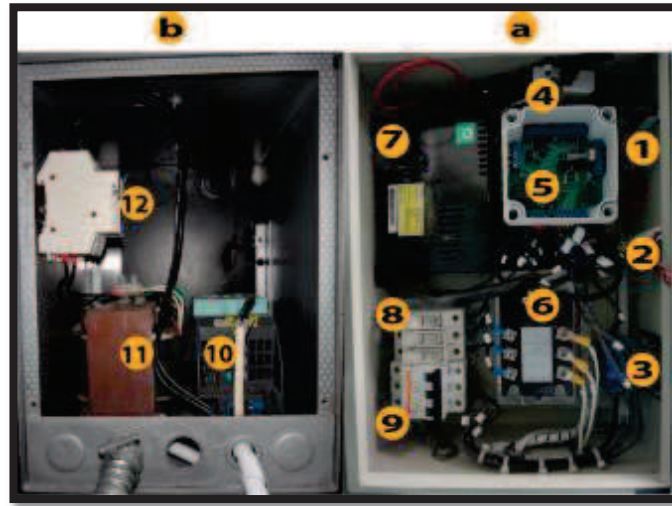


Figura 2.36

Tableros de control con sus componentes.

Tablero a:

1. *LCD*.- Se ha instalado una pantalla LCD 16x2. Este dispositivo está controlado internamente por un microcontrolador que permite tener una interfaz con otro dispositivo. En el sistema implementado la tarjeta de adquisición de datos es el dispositivo que se comunica directamente con la pantalla LCD, y es por medio de esta tarjeta que se envía la información que será mostrada.

Para la configuración de los pines de la tarjeta de adquisición de datos se utilizó todo el puerto P0 como sugiere National Instruments. En la Figura 2.37 se puede observar la conexión entre la DAQ y el LCD:

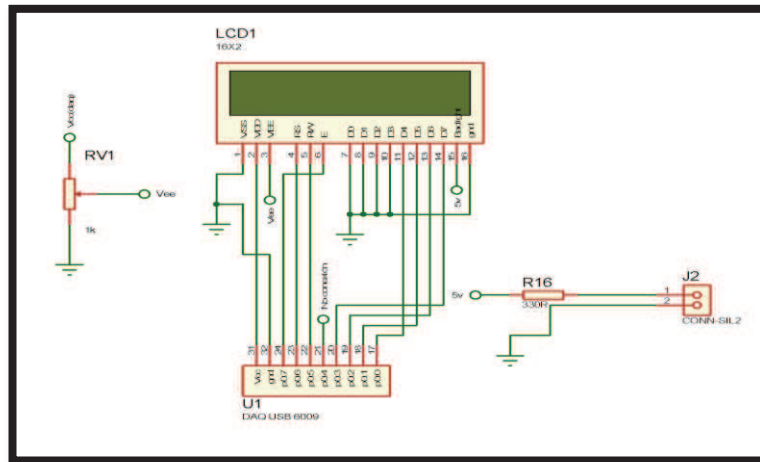


Figura 2.37

Conexión tarjeta de adquisición – LCD.

2. *Visualizadores LED.*- Para conocer el estado actual del horno de una manera rápida se añadieron al tablero de control dos focos indicadores. El foco verde indica que el sistema está alimentado; mientras que el foco rojo indica que el horno se encuentra en proceso. El foco verde se lo conecta directamente a dos fases de la alimentación para indicar el estado de alimentación a la red. Los focos utilizados incluyendo el rojo, están diseñados con una resistencia tal que permite conectarse directamente a los 220V con una corriente de 125mA.

En la Figura 2.38, se indica el circuito de conexión del foco verde:

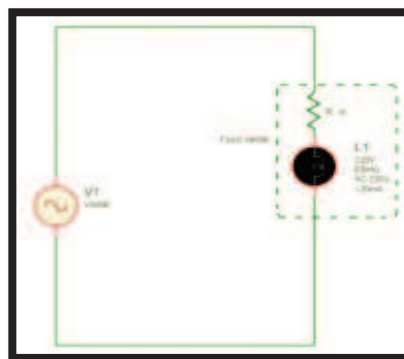


Figura 2.38

Conexión directa a la red del foco verde

Para controlar el encendido del foco rojo, se envía una señal a través de un pin de la tarjeta de adquisición a un relé electromecánico quien es el que permite el paso de la energía alterna que necesita el foco para encenderse. El relé tiene como valores nominales: 10A, 250VAC, (5-30)VDC. Su numeración de catálogo es JZC

4123. Adicionalmente se dispuso de un diodo 1n4007 en paralelo, como protección del dispositivo a energías almacenadas en la bobina del mismo.

Para asegurar la activación del relé con una mínima corriente entregada por la tarjeta se utilizó un transistor TBJ como amplificador de corriente. Por la base del transistor 2N3904, se hizo circular una corriente $I_b = 0,44mA$. El valor es bajo para minimizar la carga de la tarjeta y reducir calentamientos.

En la Figura 2.39 se puede observar la conexión desde la DAQ hacia el relé y el foco.

$$I_b = \frac{V_b - 0.6V}{R_{11}} \quad (2.23.)$$

$$R_{11} = \frac{5V - 0.6V}{0,5mA} \approx 9k\Omega$$

Se ha elegido una resistencia estándar $R_{11} = 10k\Omega$ mostrado en la Figura 2.39, por lo que se tiene:

$$I_b = \frac{5 - 0.6V}{10k} = 0.44mA \quad (2.24.)$$

$$\text{Calculando } I_c: \quad I_c = \beta * I_b = 100 * 0.44mA = 44mA \quad (2.25.)$$

I_c , corriente aproximada que ingresa al relé.

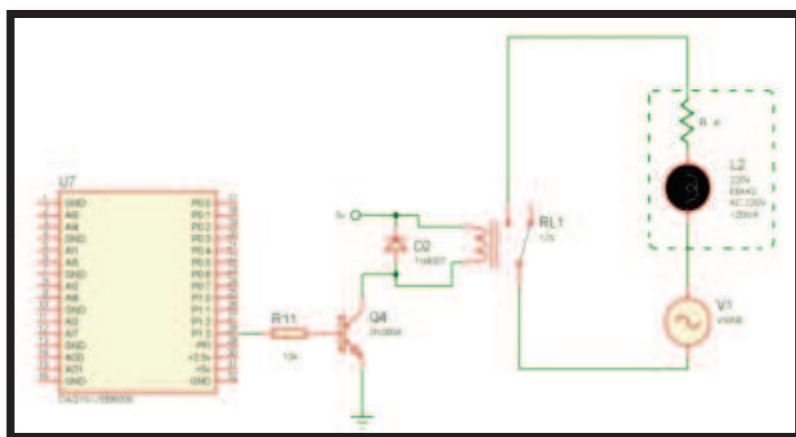


Figura 2.39

Circuito de conexión para el foco rojo del tablero de control.

3. *Conmutador.*- Llamado también selector de posición es un dispositivo que permite la conexión o desconexión de los circuitos eléctricos. El interruptor que se insertó en el panel de control sirve para abrir o cerrar el paso de corriente general a todo el sistema. Este conmutador es comercial de la marca CAMSCO de referencia: C32-099 y tiene dos posiciones de encendido y apagado para tres polos y permite el paso de corriente de hasta 32 Amperios y 480V. Para el dimensionamiento se consideró la ecuación (2.28.):

$$V_{max} = \sqrt{2} * 220V = 310V \quad (2.27.)$$

$$I_{maxtotal} = I_{maxresistencias} + I_{maxmotor} + I_{maxfuenteDC} \quad (2.28.)$$

$$I_{maxtotal} = 15A + 2A + 3A = 20A$$

4. *Tarjeta de adquisición de datos.*- Tarjeta electrónica DAQ NI-USB 6009 descrita anteriormente para comunicar las órdenes del controlador a los elementos finales de carrera a través de sus respectivos actuadores.

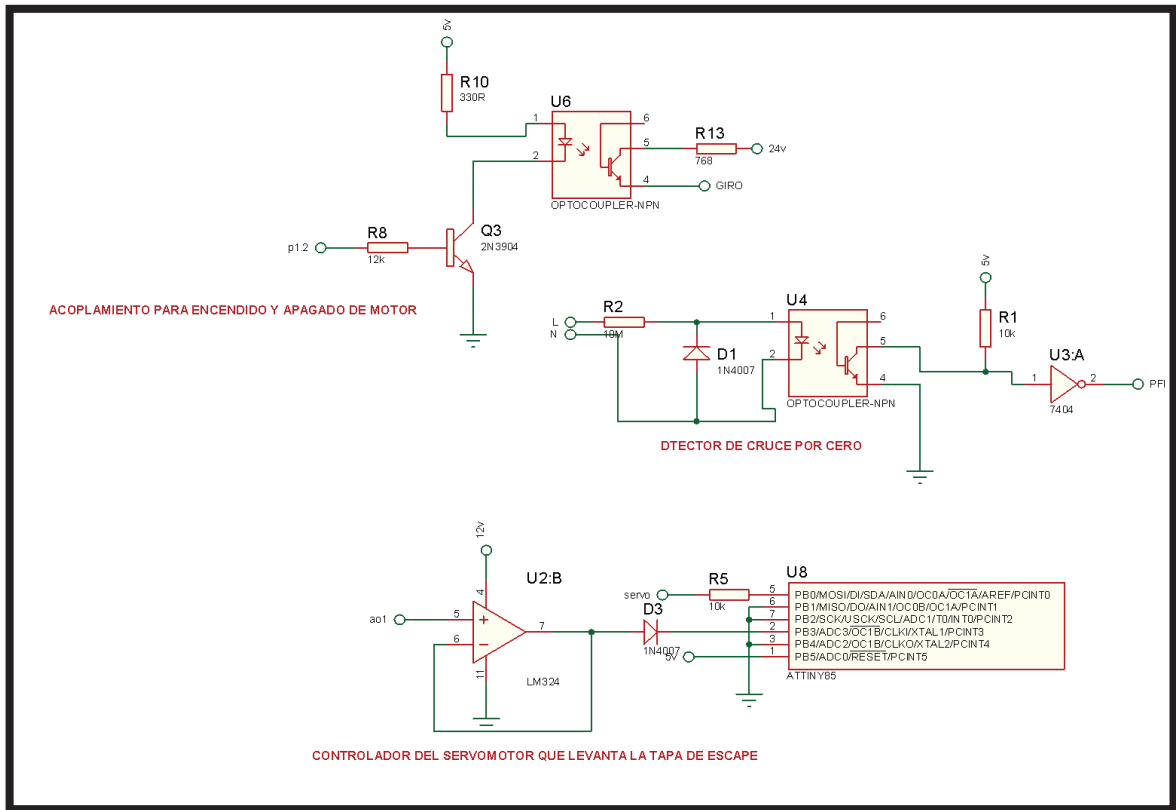
5. *Placa electrónica.*- La tarjeta de adquisición de datos DAQ no puede conectarse directamente con ciertos dispositivos como actuadores, termocuplas, o dispositivos que necesiten corrientes para su activación mayores que las que puede entregar. Para esto se diseñó circuitos de acoplamiento en cada proceso donde se requería la comunicación mediante la tarjeta entre el computador y algún elemento del sistema. Estos circuitos conforman la placa electrónica.

A se muestra la placa diseñada en la Figura 2.40:

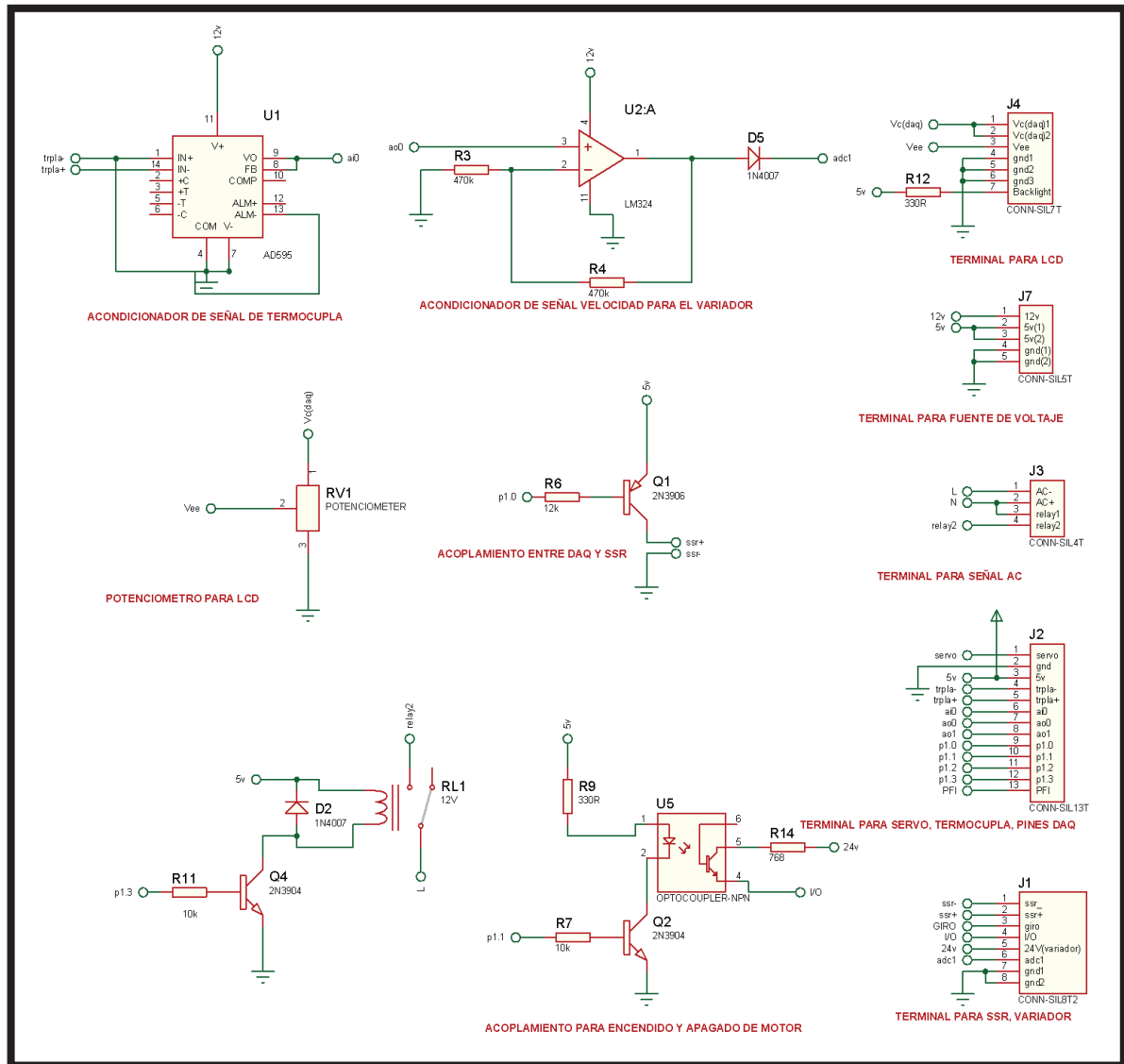


Figura 2.40

Placa implementada en el tablero de control



Figuras 2.41 (a)



Figuras 2.41 (b)

Diagramas de circuitos en la placa implementada

6. *Relé de estado sólido trifásico (SSR)*.- Dispositivo que permite el paso de la energía eléctrica a las resistencias de calentamiento.

7. *Fuente conmutada*.- La ventaja que presenta este tipo de fuente es que el rendimiento es mucho mayor con respecto a una fuente común debido a que existen menos pérdidas de calor. La razón porque se ha escogido este tipo de fuente es por la ventaja que se tiene al ser troceada la señal desde la red eléctrica, evita señales parásitas conocidas como ruido eléctrico y con esto asegurar una señal continua pura.

Para el dimensionamiento de ésta fuente se utilizó los siguientes requerimientos: Voltaje de entrada 220V; alimentación de 12VDC para el circuito acondicionador de temperatura (AD595), alimentación de 5VDC para las compuertas, amplificadores operacionales, el servomotor y LCD; y alimentación de 24VDC para el ventilador frontal del tablero electrónico. La corriente que manejan los dispositivos alimentados por la fuente no excede los 1.1A. Éste último valor de corriente corresponde a la máxima corriente del servomotor [Ver Anexo 3], el cual es el dispositivo que más energía demanda a la fuente.

En éste proyecto se ha utilizado la una fuente switching WEI-YA de numeración de catálogo: WY 15CG2. Esta fuente tiene las siguientes especificaciones:

- Voltaje de alimentación 230V/120V
- Fuentes 24V:5A; 5V:15A; 12V:5A
- Protecciones internas como fusibles, filtros, etc.

8. *Fusibles.*- Los fusibles dispuestos en el tablero b) son los encargados de proteger a las resistencias contra corrientes elevadas. Estos fusibles se dimensionaron tomando en cuenta Los cálculos de corrientes del literal 2.4.2 mostrados en las ecuaciones: 2.11, 2.12 y 2.13. A continuación se presenta los resultados:

$$I_F = 8,46 A$$

$$I_L = 14,65A$$

Utilizando un factor de seguridad de 25% se ha utilizado el conductor #14-AWG-THHN/THWN el cuál soporta 600V, 90°C y 25A [15]. Por lo tanto los fusibles se dimensionaron tomando en cuenta la corriente I_L que ingresa a la carga trifásica y la corriente que soporta el cable.

$$14,65 < I_{fusible} < 25A$$

^[15] Dimensionamiento de cables de cobre: <http://cableselec.com/descargas/thhn/THHN-Cabel.pdf>

9. *Relé termomagnético.*- Es un dispositivo de protección para todo el sistema a fallas de sobrecarga y de corto circuito. Para el presente sistema se ha utilizado el relé termo magnético de marca CAMSCO C60N, 3Polos, 20A, este dispositivo se dimensionó tomando en cuenta la corriente máxima total del sistema calculada anteriormente de 20A.

Tablero b:

10. *Variador de velocidad.*- Dispositivo que permite controlar el arranque, la velocidad y el apagado del motor – ventilador. Se ha dispuesto colocar este elemento en un tablero diferente de los otros dispositivos, ya que se constató que el variador genera ruido electromagnético que afecta a la placa, a la tarjeta DAQ y al SSR.

11. *Transformador de aislamiento.*- Se utilizó este elemento para aislar el efecto que produce el variador de frecuencia en la línea. El transformador se dimensionó utilizando los valores nominales del motor: 220V, 2A.

12. *Fusibles.*- Se dispuso un fusible en cada fase que ingresa al variador como complemento a la protección de este dispositivo y al transformador. El valor de fusibles es de 2A igual que la máxima corriente que soporta el transformador.

2.5.1. DIAGRAMA CIRCUITAL DEL SISTEMA

A continuación se presenta el diagrama circuital completo del sistema de temperatura implementado en el horno Blue-M. A través de la placa se conectan los diferentes dispositivos con la tarjeta DAQ tanto para enviar o recibir señales. Ver Figura 2.42.

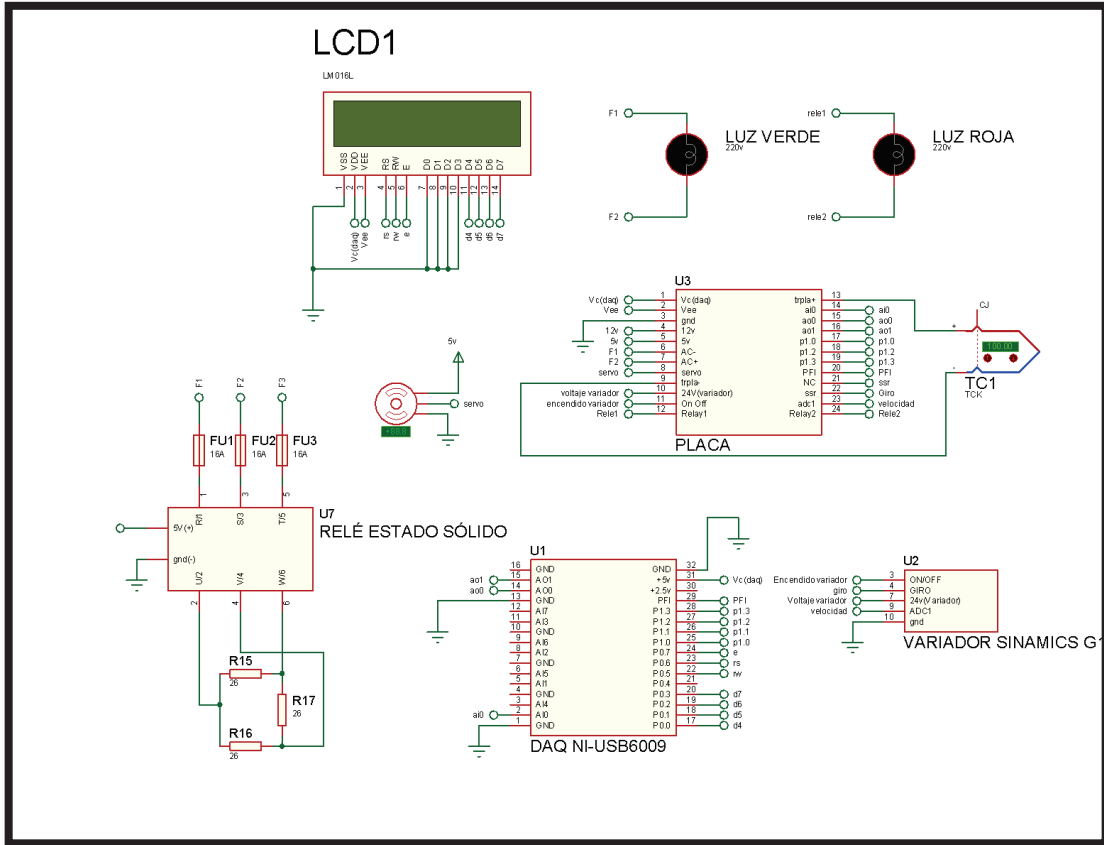


Figura 2.42

Conexión de todos los dispositivos desde y hacia la tarjeta de adquisición de datos DAQ NI USB-6009.

2.5.2. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL SISTEMA

En el siguiente diagrama se muestra la conexión de manera general de todo el sistema; se puede apreciar la parte de potencia, control y elementos de protección. Ver Figura 2.43.

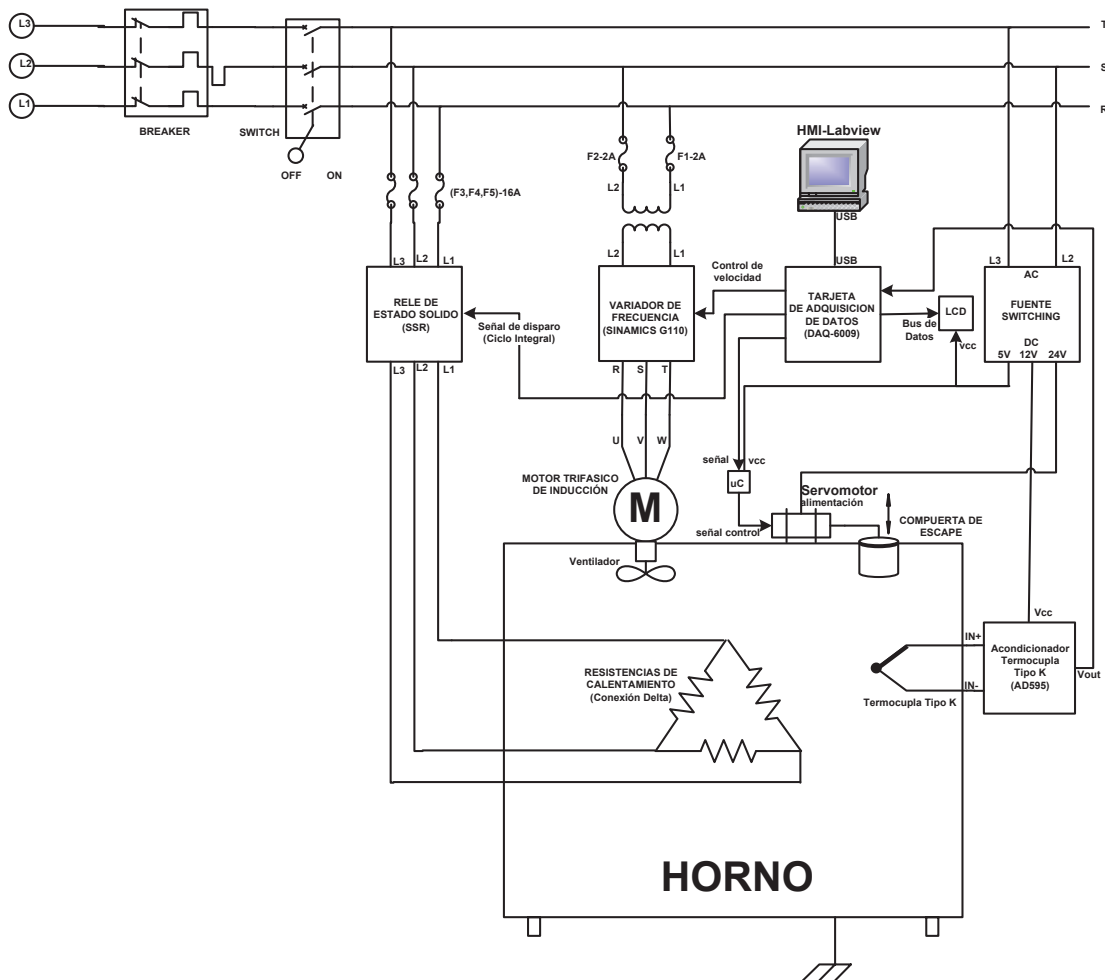


Figura 2.43

Diagrama esquemático general del sistema

CAPITULO 3

DESARROLLO DEL SISTEMA DE CONTROL Y HMI

3.1. DISEÑO Y MANEJO DE LA INTERFAZ HMI

Para realizar el control y monitoreo del sistema de temperatura se ha diseñado una interfaz computacional utilizando el software labVIEW; adicionalmente para mover el servomotor del sistema se desarrolló un programa para el microcontrolador usando el software Atmel Studio 6, en lenguaje C.

La pantalla de la interfaz se ha dividido en cuatro sectores como muestra la Figura 3.1. El sector A corresponde a un cuadro de texto guía donde se muestran instrucciones que se deben seguir para continuar con el proceso. En el sector B se encuentran los requisitos, botones y parámetros que se deben verificar, manipular e ingresar. El sector C es la ventana de monitoreo donde se visualiza el proceso simulado y en tiempo real con sus respectivos indicadores; mientras que en el sector D están ubicados visualizadores que indican la ejecución del proceso y el comando para salir del programa.

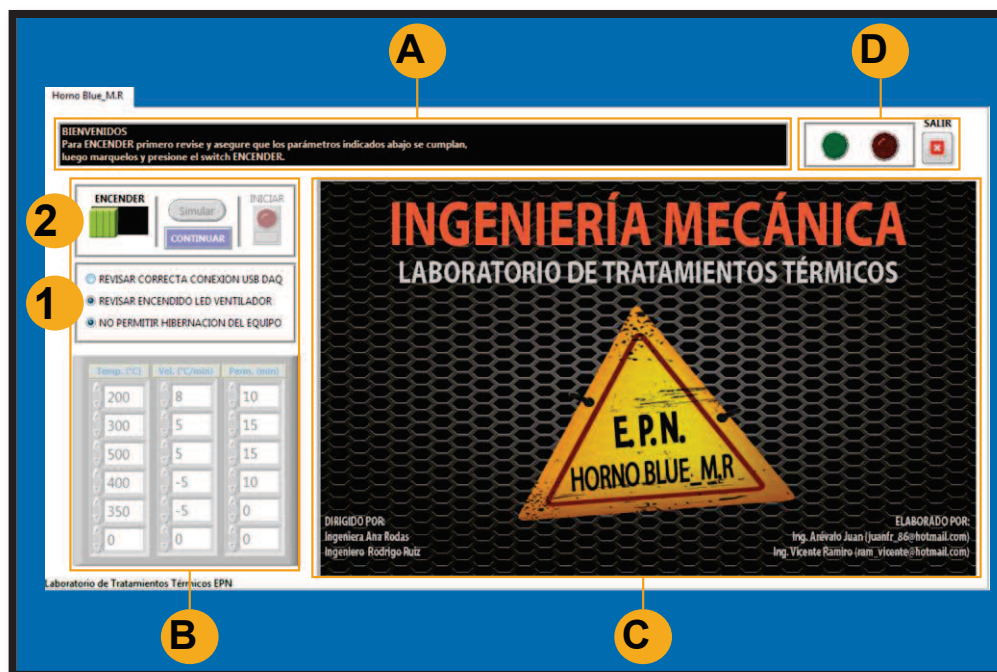


Figura 3.1
Pantalla inicial de la interfaz de temperatura del Horno Blue-M.

La programación y control del proceso de tratamiento térmico se facilita notablemente con la utilización de este software ya que se ha establecido un orden para el ingreso de cada parámetro haciéndolo intuitivo y minimizando el error humano.

3.1.1. PASOS PARA LA EJECUCIÓN DE LA INTERFAZ

Primeramente se debe encender el sistema utilizando el interruptor de la planta como se indica en la Figura 3.2. A continuación y antes de ejecutar el programa es indispensable revisar y cumplir los siguientes requisitos:

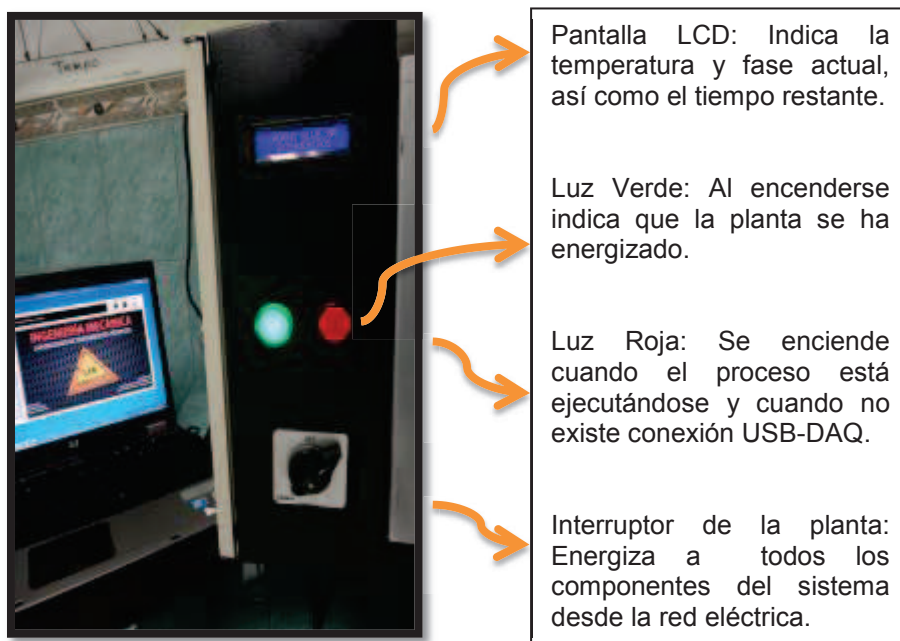


Figura 3.2
Encendido del sistema mediante el interruptor del tablero de control.

a. *Conexión USB-DAQ*: Si al momento de energizar la planta el PC no ha detectado a la tarjeta DAQ el programa no iniciará y se encenderá la luz roja del tablero de control. Además si se trata de ejecutar el programa sin conexión USB-DAQ o si el programa se encuentra ejecutándose y se ha perdido la conexión USB-DQ o si los drivers para la comunicación USB-DAQ estuviesen con algún conflicto entonces aparece un mensaje de error con su respectivo código como muestra la Figura 3.3:



Figura 3.3
Encendido del sistema mediante el interruptor del tablero de control.

Se recomienda consultar el código de error y verificar siempre, antes de iniciar el programa, la conexión del cable USB y el funcionamiento de todos los drivers necesarios para la comunicación con el PC.

b. Encendido del ventilador del tablero: El relevador de estado sólido genera calor al trabajar, este calor es acumulado en las aletas de disipación; sin embargo para que las aletas cumplan su función es necesario que las mismas puedan distribuir el calor al ambiente. Para esto se ha dispuesto de un ventilador el cual extrae el calor de las aletas y lo envía al ambiente fuera del tablero. Se colocó un led en serie al ventilador como luz piloto que se prende automáticamente al energizar la planta para confirmar el encendido de dicho ventilador y evitar el calentamiento interno del tablero.

c. Impedir que el PC entre en hibernación: Esto se ha dispuesto como preventiva para no perder el control o datos del sistema, ya que al hibernar el PC se inutiliza la comunicación con la DAQ.

Al abrir el programa, aparecerá la pantalla inicial de la interface mostrada en la Figura 3.1. A continuación para controlar el horno desde ésta interfaz se debe seguir la siguiente secuencia de pasos:

PASO	COMANDO	ACCIÓN
1	<i>Casillas de verificación</i>	Para precautelar que se cumplan los requisitos iniciales se ha dispuesto que antes de habilitarse el programa, se deben de marcar las tres casillas de verificación. Ver Figuras 3.1 y 3.4.
2	<i>Switch ENCENDER/ APAGAR</i>	Este interruptor habilita y deshabilita el inicio del programa. Ver Figuras 3.1 y 3.4.

Tabla 3.1.

Paso 1 y Paso 2 para el manejo del HMI



Figura 3.4

Pantalla del programa simulando rampas de temperatura ingresadas.

PASO	COMANDO	ACCIÓN
3	<i>Rampas de Temperatura</i>	Al habilitarse el programa se debe ingresar aquí las rampas de temperatura del tratamiento térmico a realizar. Se puede programar hasta seis rampas ingresando: el valor de temperatura que se quiere alcanzar en grados centígrados, la velocidad para alcanzar esta temperatura en grados centígrados

		<p>por minuto, y el tiempo de permanencia a esta temperatura en minutos. Para velocidades de enfriamiento se debe colocar su valor en negativo.</p> <p>Las casillas de ingreso de datos de las tres columnas tienen sus respectivas restricciones que permiten minimizar el error en el ingreso de los datos. El valor máximo de temperatura es de 780°C y el mínimo de 25°C, el cual es el rango de trabajo del horno. La velocidad máxima permitida tanto para el calentamiento como para el enfriamiento es de 5°C/minuto. El tiempo máximo permitido para un establecimiento es de 8 horas. Todo esto para precautelar el buen funcionamiento del sistema. Ver Figura.3.4.</p>
4	<p><i>Botón</i> <i>SIMULAR</i></p>	<p>Presionando este botón el usuario tiene la opción de simular las rampas de temperatura ingresadas para verificar que estén correctas. Ver Figura 3.4</p>
5	<p><i>Botón</i> <i>CONTINUAR</i> <i>/</i> <i>REGRESAR</i></p>	<p>Al presionar este botón se habilita el próximo paso donde se ingresan los últimos parámetros. Una vez presionado este botón se deshabilita el ingreso de rampas; es necesario volver a presionar este botón si se requiere modificar las rampas. Figura 3.4.</p>

Tabla 3.2.
Pasos 3, 4 y 5 para el manejo del HMI

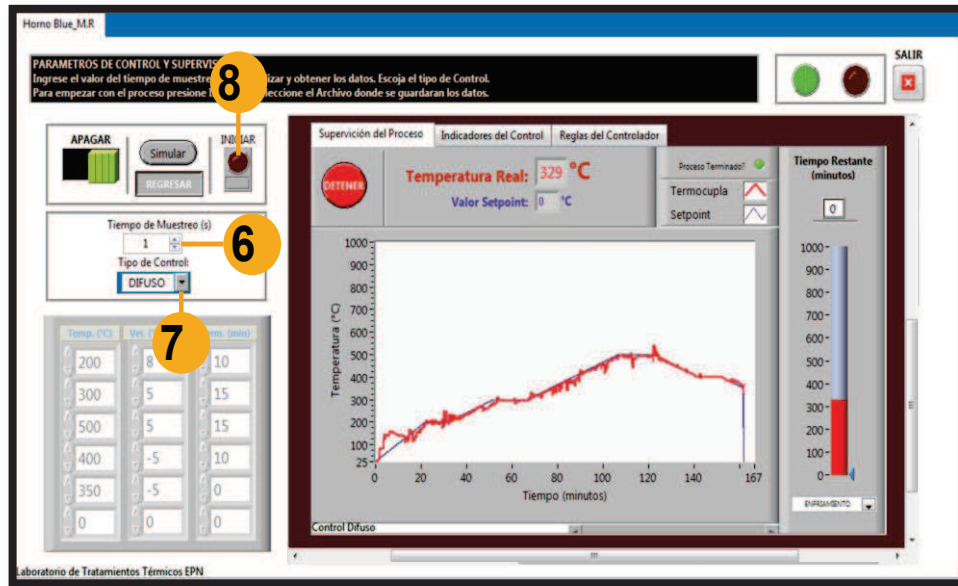


Figura 3.5

Pantalla del programa ejecutándose. Ventana con indicadores del controlador.

PASO	COMANDO	ACCIÓN
6	Tiempo de muestreo	Casilla para ingresar el tiempo entre 1 segundo y 60 segundos que se usará como intervalo para adquirir y almacenar la temperatura del proceso en una hoja de datos Excel. El valor preestablecido es de 1 segundo. Ver Figura 3.5.
7	Tipo de control	Aquí se selecciona el tipo de controlador que tratará al proceso. Se pueden escoger entre PID y DIFUSO. El controlador preestablecido es el PID. Ver Figura 3.5.
8	Botón de INICIO	Con este botón se ordena al sistema empezar con el proceso de tratamiento térmico. Al presionar este botón aparece un cuadro de dialogo que permite guardar la información en un archivo Excel y a continuación se abre la ventana del controlador escogido con sus respectivos indicadores. Ver Figura 3.5.

Tabla 3.3.
Pasos 6, 7 y 8 para el manejo del HMI

Adicionalmente en el HMI se ha colocado diferentes ventanas que se abren cuando el programa está ejecutando un proceso. En estas ventanas se encuentran visualizadores de los parámetros del controlador que está manejando el proceso. Para acceder a estas ventanas se debe seleccionar las pestañas de la ventana de monitoreo.

Par el controlador PID en la venta de indicadores de control se muestra la diferencia entre el valor de la curva teórica y la curva real, la fase que está activa (calentamiento, permanencia o enfriamiento de temperatura), los parámetros PID de los controladores, el número de ciclos que se entrega las resistencias de calentamiento a través del SSR y el voltaje hacia el variador de velocidad que se encuentra enviando el controlador. Ver Figura 3.6.

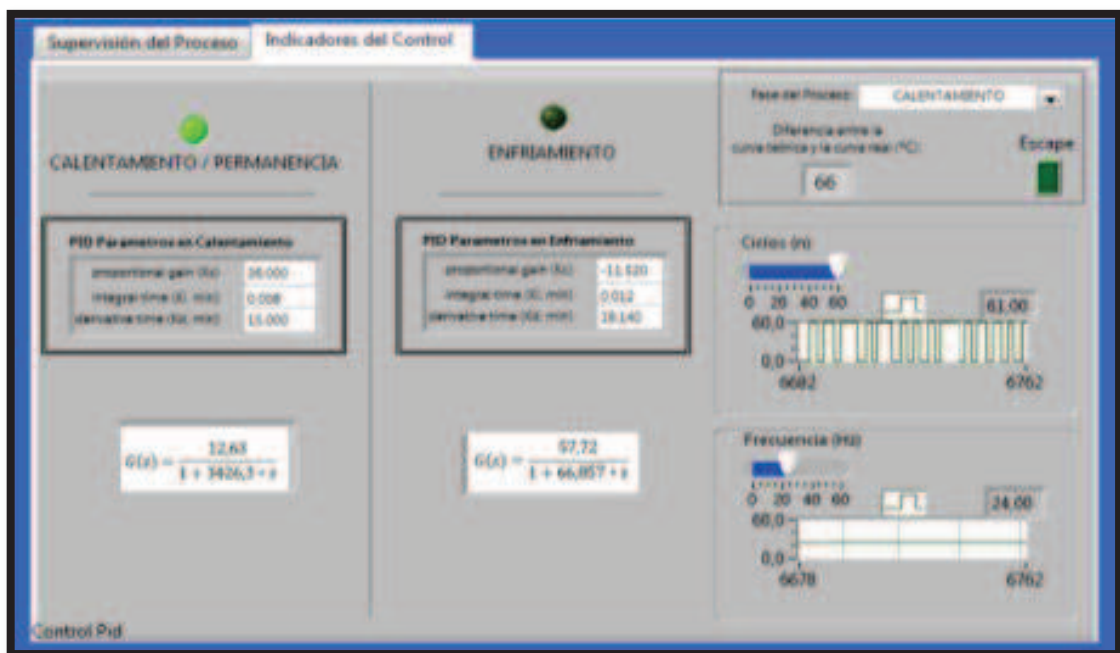


Figura 3.6

Pantalla del programa ejecutándose. Ventana con indicadores del controlador PID.

Al utilizar el controlador DIFUSO encontramos dos ventanas adicionales; en la venta de indicadores de control se muestra la diferencia entre el valor de la curva teórica y la curva real, la fase que se encuentra el proceso, las variables y términos del controlador difuso, el número de ciclos y el voltaje hacia el variador de velocidad que se encuentra enviando el controlador; mientras que en la

segunda ventana encontramos las reglas del controlador que se están siendo convocadas en el proceso. Ver Figura 3.7 y 3.8 respectivamente.

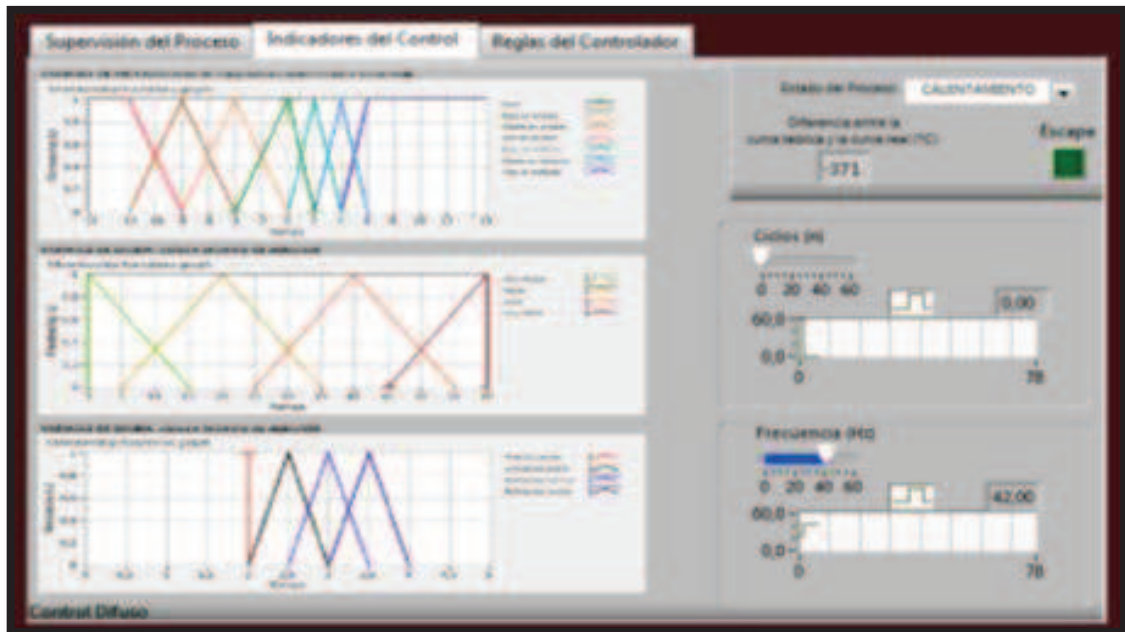


Figura 3.7

Pantalla del programa ejecutándose. Ventana con indicadores del controlador difuso.



Figura 3.8

Pantalla del programa ejecutándose. Ventana con las reglas del controlador difuso.

3.1.2. PROGRAMACIÓN DEL HMI

Toda la programación del HMI se realizó mediante software utilizando enlaces entre diferentes subVI's creados en el programa labVIEW. Estos subVI's contienen los comandos para adquirir o enviar señales y se han diseñado y clasificado según su función en subVI: principal, simular, control difuso y control PID.

A continuación se muestra los diagramas de flujo para cada subVI creado.

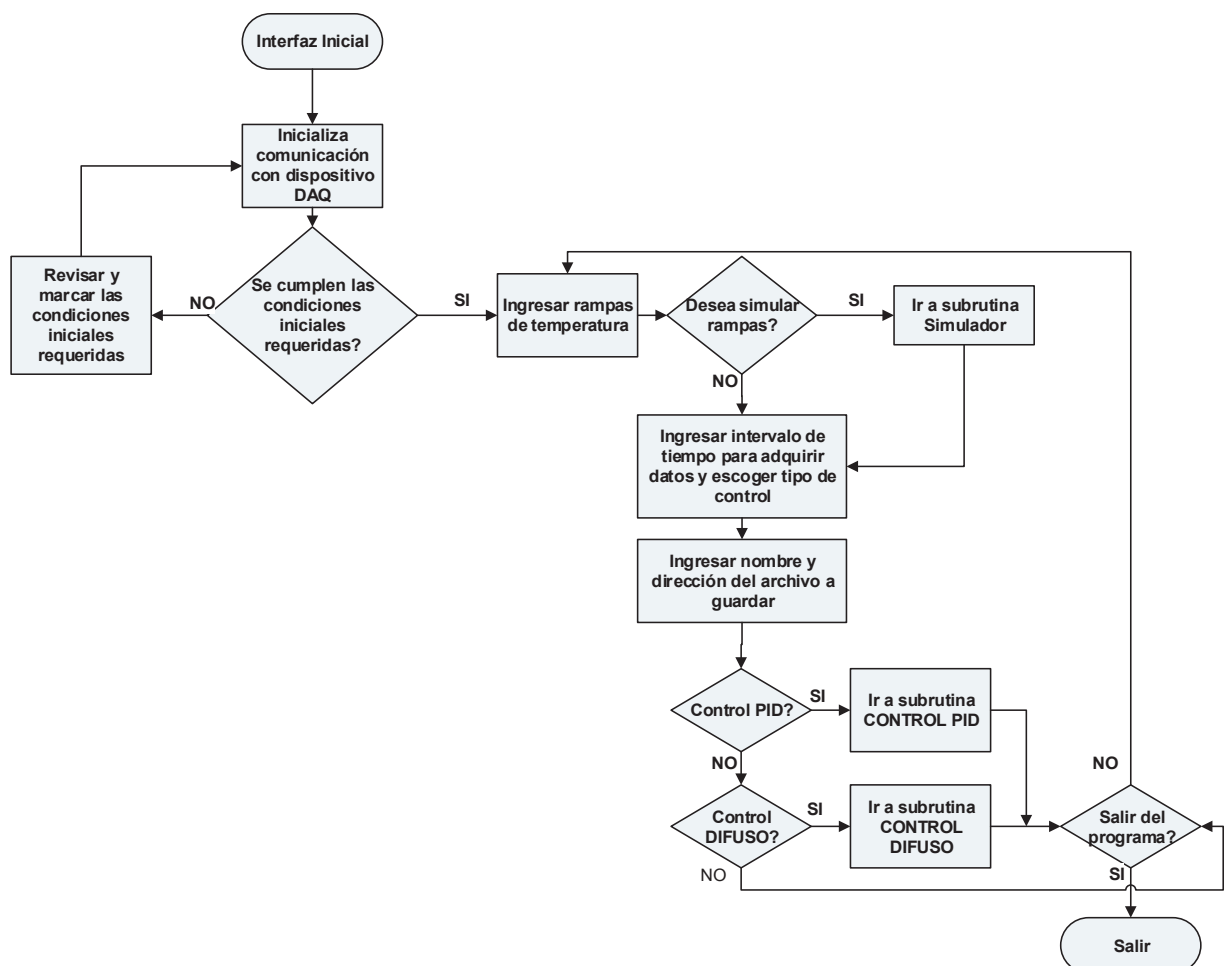


Figura 3.9

Diagrama de flujo del HMI. SubVI PRINCIPAL.

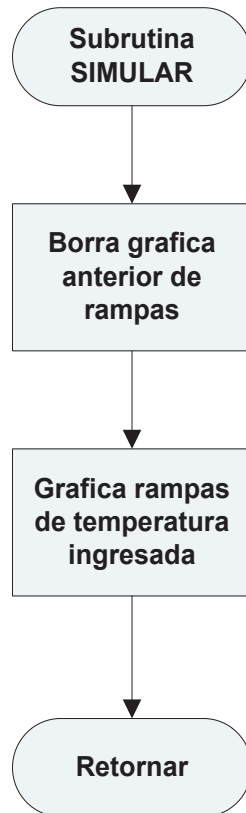


Figura 3.10

Diagrama de flujo del subVI SIMULAR.

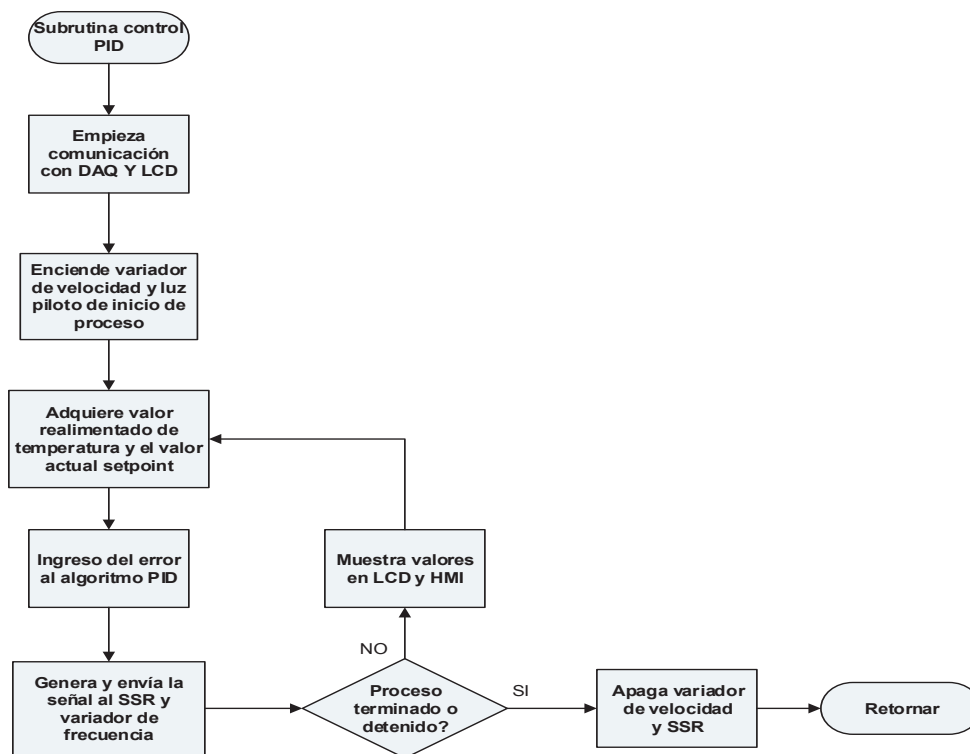


Figura 3.11

Diagrama de flujo del subVI Control PID.

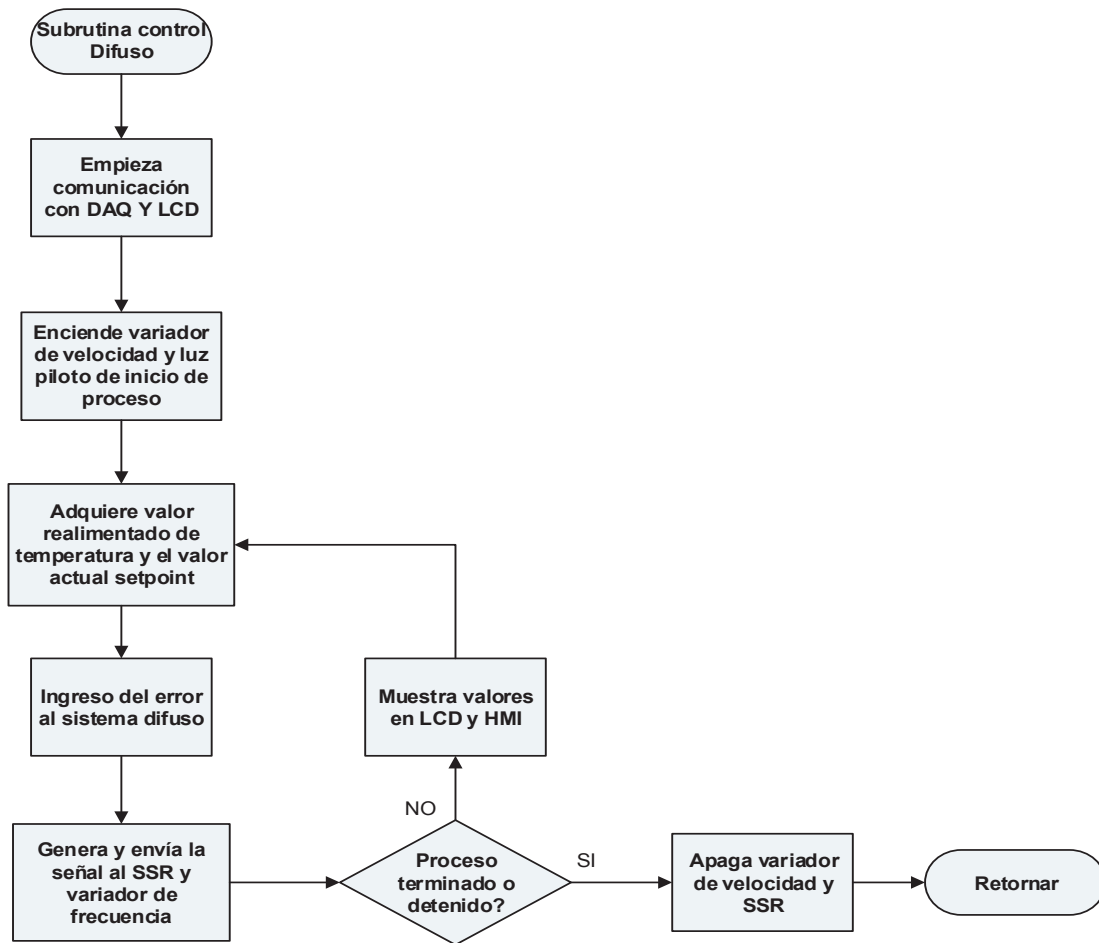


Figura 3.12

Diagrama de flujo del subVI Control DIFUSO.

3.2. DISEÑO Y PROGRAMACIÓN DE LOS CONTROLADORES

Para la realización del sistema de control de temperatura del horno Blue-M se estableció la utilización de los controladores PID y DIFUSO. La programación de estos controladores se realizó utilizando el módulo PID and Fuzzy Logic de labVIEW.

3.2.1. CONTROLADOR PID

Para el sistema realimentado que se implementó es necesario tratar el error que se produce cuando el valor de setpoint (valor en la curva teórica) es diferente al valor real del proceso. El controlador clásico PID introduce una ecuación diferencial para tratar dicho error y compensar al sistema. Para usar este método es necesario calcular los coeficientes de dicha ecuación.

En la Figura 3.13 se puede observar el esquema de realimentación con el controlador PID y la planta.

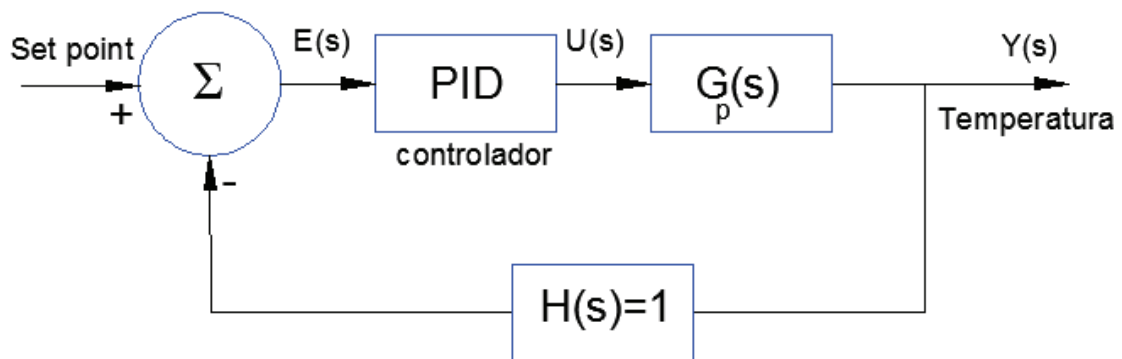


Figura 3.13

Diagrama de bloques del sistema realimentado con el controlador PID

$$u(t) = K_p * e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_p * T_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (3.1.)$$

$u(t)$: Es la variable manipulada después de haber sido tratado el error

$e(t)$: error

K_p : coeficiente proporcional

T_i : coeficiente integral

T_d : coeficiente derivativo

Para el diseño del controlador, se debe tomar en cuenta las siguientes ecuaciones:

$$G_C(s) = \frac{U(s)}{E(s)} \quad (3.2.)$$

$$G_C(s) = K_p \left[1 + \frac{K_i}{s} + K_d * s \right] \quad (3.3.)$$

3.2.1.1. Modelo Matemático de la planta

Lo primero que se realizó es encontrar un modelo matemático que pueda representar a la planta. Para esto se ha dividido el proceso en dos condiciones de operación normal. La primera condición es para la fase de calentamiento o establecimiento y la segunda para la fase de enfriamiento. Para estas dos fases se han establecidos diferentes modelos matemáticos que permiten obtener dos controladores PID, los cuales se activan según sea la fase en la que se encuentra el proceso.

3.2.1.1.1. *Planta para el calentamiento y establecimiento de temperatura.*

En la fase de calentamiento y establecimiento la operación normal de la planta se da con el motor a una velocidad constante de 24Hz y la compuerta de escape cerrada. Ésta velocidad se eligió después de realizar pruebas a distintas velocidades y verificar con cual se obtiene una mejor transferencia de calor.²⁰ El controlador solo manipula la cantidad de ciclos n para el control integral de potencia de las resistencias de calentamiento.

A través de relacionar la temperatura interna del centro del horno y el voltaje que cae en las resistencias se obtuvo una función de transferencia con la temperatura del proceso como salida y los ciclos que permite el paso de corriente como entrada. Se ha procedido a tomar los datos de temperatura del horno cada minuto debido a que se busca una tendencia que se aproxime al comportamiento de la relación entrada salida de este proceso, ésta toma de datos se lo realizó a través de un programa realizado en labVIEW.

²⁰ Capítulo 4: PRUEBAS Y RESULTADOS, literal 4.1.4.



Figura 3.14
Interfaz para la toma de los modelo de transferencia de calor del horno Bue-M.

A continuación se organizaron los datos como dos vectores para ser ingresados en el programa Matlab, esto se puede observar en la Figura 3.15. El primer vector es el número “n” que indica el número de ciclos que se envían al SSR, es decir si se escribe 60 se enviarán todos los ciclos y pasará todo el voltaje hacia las resistencias; mientras que el segundo vector es la temperatura adquirida.

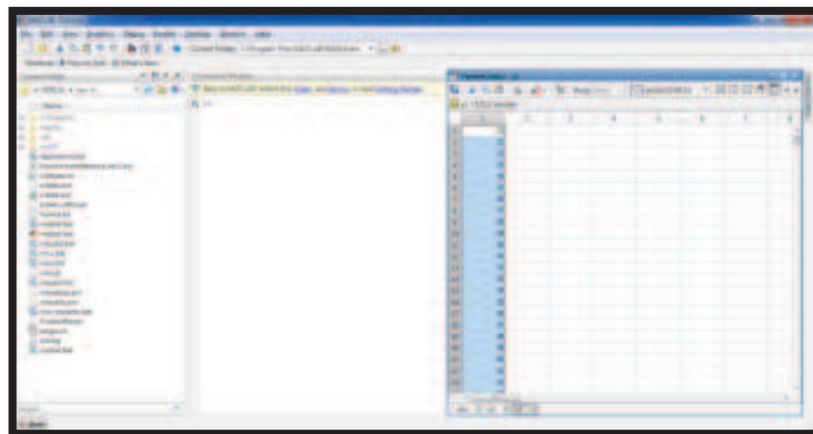


Figura 3.15
Ingreso del segundo vector denominado y1 (temperatura °C) y u1 (número de ciclos).

A continuación se procede a abrir la herramienta Ident de Matlab e ingresar los vectores a esta herramienta. Se tomaron valores de temperatura en los casos donde se enviaron como señal de entrada 15 ciclos, 30 ciclos y 60 ciclos y se obtuvo los siguientes resultados:

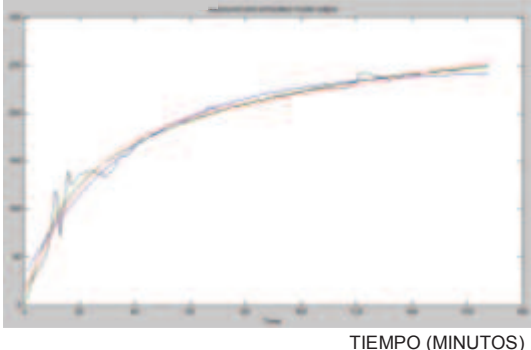
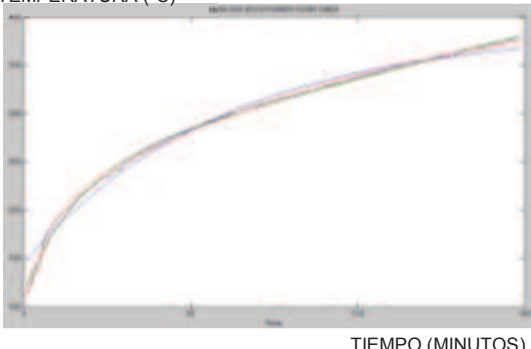
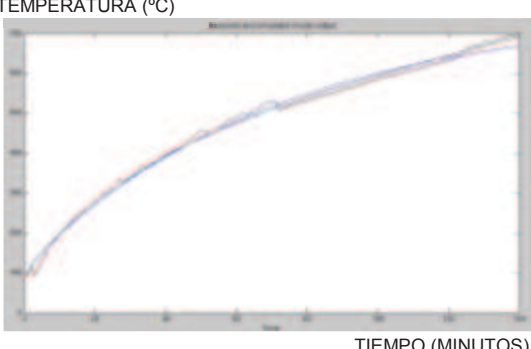
Número de ciclos n/60	Gráficas Temperatura vs Tiempo de la planta y de sus aproximaciones [Ver Anexo 10]	Funciones de transferencia dadas por Matlab que se aproximan a la planta	% de aproximación
n = 15 ciclos (25%)	 <p>TEMPERATURA (°C)</p> <p>TIEMPO (MINUTOS)</p> <p>Figura 3.16 Planta con n = 15 ciclos y sus aproximaciones.</p>	F1: (azul) $G_{(s)} = \frac{16,3}{1 + 40,16 * s}$	83,46
		F2: (verde) $G_{(s)} = \frac{17,7}{(1 + 73,1 * s)(1 + 10,1 * s)}$	87,75
		F3: (rojo) $G_{(s)} = \frac{0,03122}{s(1 + 20,23 * s)}$	86,91
n = 30 ciclos (50%)	 <p>TEMPERATURA (°C)</p> <p>TIEMPO (MINUTOS)</p> <p>Figura 3.17 Planta con n = 30 ciclos y sus aproximaciones.</p>	F1: (azul) $G_{(s)} = \frac{12,9}{1 + 59,34 * s}$	87,96
		F2: (verde) $G_{(s)} = \frac{15,075}{(1 + 123,29 * s)(1 + 8,3 * s)}$	95,51
		F3: (rojo) $G_{(s)} = \frac{0,03038}{s(1 + 16,487 * s)}$	95,11
n = 60 ciclos (100%)	 <p>TEMPERATURA (°C)</p> <p>TIEMPO (MINUTOS)</p> <p>Figura 3.18 Planta con n = 60 ciclos y sus aproximaciones.</p>	F1: (azul) $G_{(s)} = \frac{12,607}{1 + 70,524 * s}$	89,98
		F2: (verde) $G_{(s)} = \frac{70672}{(1 + 2,12 \times 10^6 * s)(1 + 30,68 * s)}$	92,87
		F3: (rojo) $G_{(s)} = \frac{0,040715}{s(1 + 22,325 * s)}$	94,0

Tabla 3.4

Comparación entre las distintas funciones transferencia obtenidas con Matlab que representan al modelo de la planta.

Como se expone en la tabla 3.4, se puede observar las gráficas de los datos de temperatura versus el número de ciclos, además la transposición de tres modelos

matemáticos generados por el Ident de Matlab, básicamente esto nos sirve para primero observar el mejor encaje o correspondencia a los datos reales tomados, esto se indica en la ventana del Ident en porcentaje, de ese modo se puede escoger el modelo de función de transferencia apropiado para cada caso. Por ejemplo, se puede observar que para 60 ciclos el mejor encaje es la función de transferencia F3:

$$G(s) = \frac{0,040715}{s(1+22,325*s)} \quad (3.4.)$$

Donde existe un porcentaje de correspondencia del 94%.

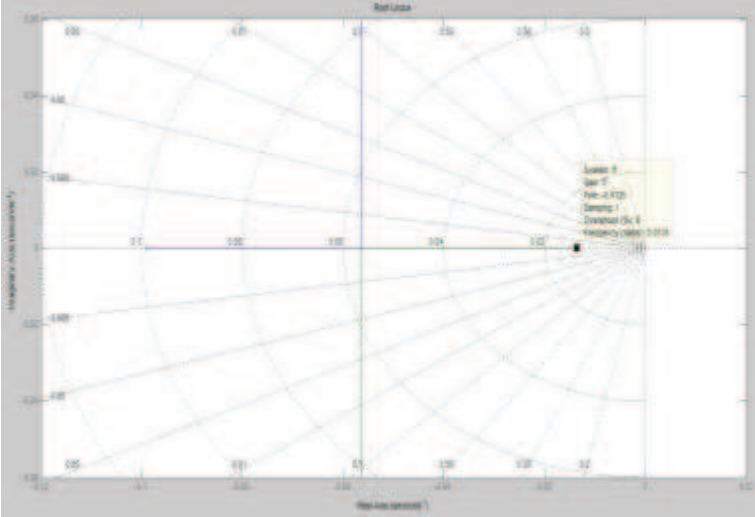
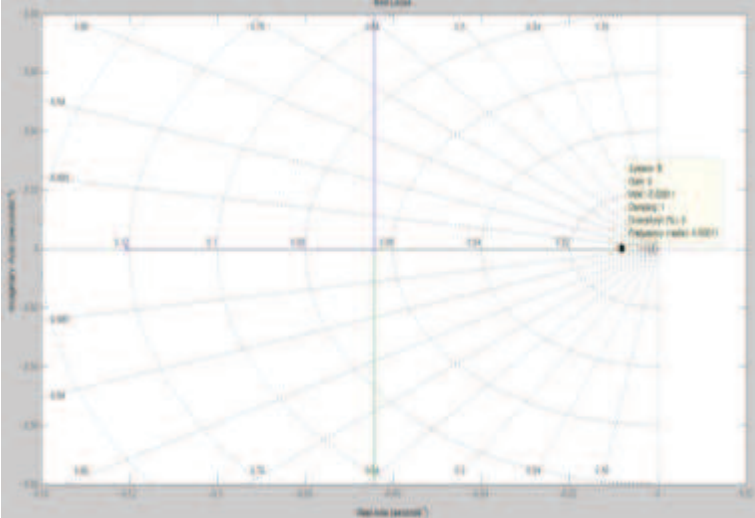
También se puede notar que los valores de función de transferencia se acercan en cada uno de los casos, es decir, si se comparan el F1 de los tres casos, se observa que los valores de ganancia y el valor de polo guardan cierta correspondencia.

A partir de la elección de las funciones de transferencia se procedió a realizar un análisis de estabilidad.

El análisis de estabilidad se lo realiza con el criterio del lugar geométrico de las raíces, el cual consiste en determinar los puntos del plano complejo de la función $G(s) * H(s)$ cuando el valor de ganancia K del sistema varía desde cero a un valor infinito. Este método nos permite notar que tan estable o no es el sistema realimentado, para esto se debe observar la pertenencia al semiplano izquierdo de los polos y ceros del sistema a lazo abierto; si estos no se encuentran en dicho semiplano indicaría inestabilidad en el sistema así como también la cercanía del lugar geométrico al semiplano derecho.

Para graficar los lugares geométricos se utilizó el programa Matlab mediante su función `rlocus`(transfer function) el cual realiza la gráfica de manera directa. A continuación se observa la siguiente tabla 3.5 donde se encuentran los gráficos del lugar geométrico de las raíces para cada 15 ciclos, 30 ciclos, 60 ciclos

tomando en cuenta que solo se graficaron las funciones que tenían el mejor encaje:

Número de ciclos n/60	Lugar geométrico de las raíces para la función de transferencia escogida (mayor encaje)	Funciones de transferencia (Matlab)
n = 15 ciclos (25%)	 <p data-bbox="678 1025 805 1057">Figura 3.19</p> <p data-bbox="359 1057 1118 1088">Lugar geométrico (planta lazo abierto sin compensar) con n = 10 ciclos.</p>	<p data-bbox="1300 750 1332 781">F2</p> $G_{(s)} = \frac{17,7}{(1 + 73,1 * s)(1 + 10,1 * s)}$
n = 30 ciclos (25%)	 <p data-bbox="678 1644 805 1675">Figura 3.20</p> <p data-bbox="359 1675 1118 1706">Lugar geométrico (planta lazo abierto sin compensar) con n = 25 ciclos.</p>	<p data-bbox="1300 1355 1332 1386">F2</p> $G_{(s)} = \frac{15,075}{(1 + 123,29 * s)(1 + 8,3 * s)}$

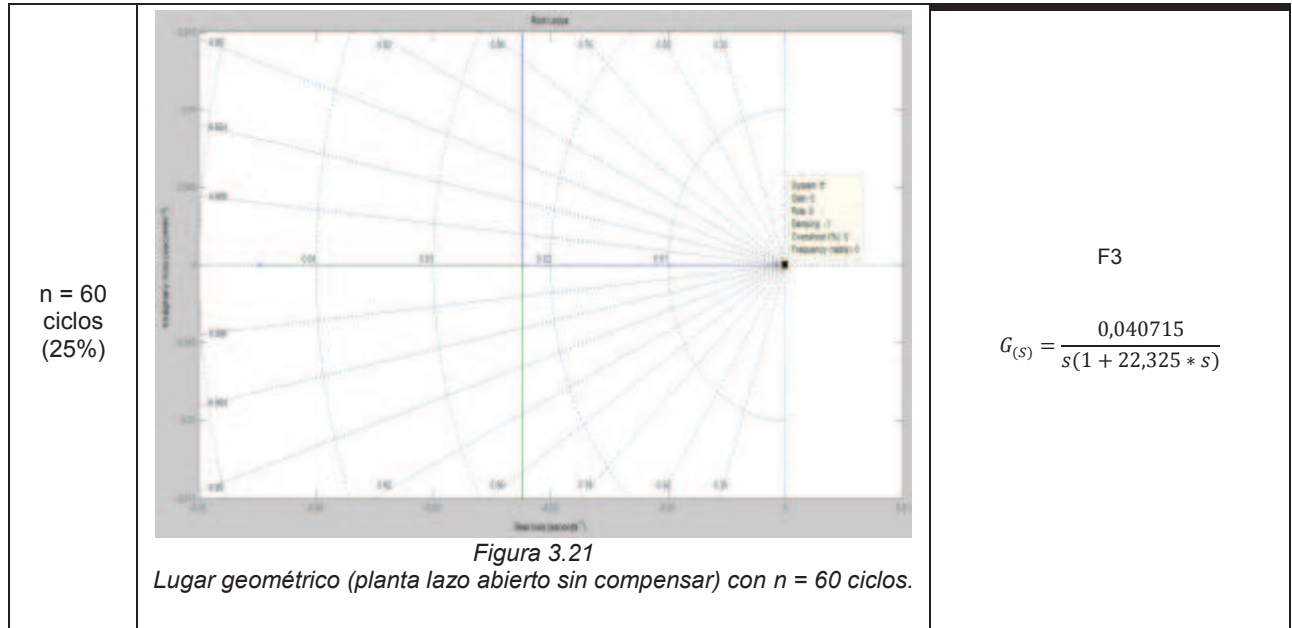


Tabla 3.5

Comparación de estabilidad entre los tres casos tomados mediante el lugar geométrico de las raíces.

A partir de la tabla 3.5, se puede observar que la función de transferencia más inestable o que se acerca más al plano derecho es la de 60 ciclos. Con este resultado se puede diseñar el controlador para la planta.

La función de transferencia elegida para las fases de calentamiento y establecimiento de temperatura es la siguiente:

$$G_{(s)} = \frac{0,040715}{s(1+22,325*s)} \quad (3.5.)$$

A partir de esto, se procedió a realizar el análisis de realimentación en lazo cerrado para observar los criterios de diseño del controlador. La ecuación de realimentación de la planta es la siguiente, tomando en cuenta que $H(s) = 1$:

$$F(S) = \frac{G(S)}{1+G(s)} \quad (3.6.)$$

Esta nueva función se la aplica una función paso, todo esto se lo realiza mediante los siguientes comandos de Matlab:

```
ft=tf([0.040715],[22.325 1 0])
reali=feedback(ft,1)
step(reali)
```

A continuación, se obtuvo el siguiente resultado como muestra en la Figura 3.22:

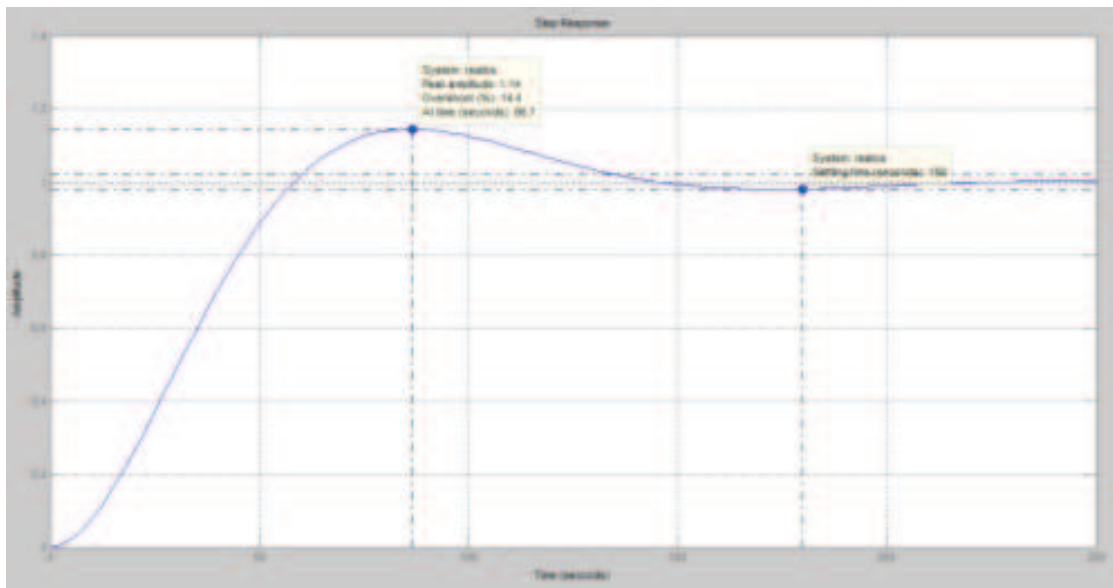


Figura 3.22
Respuesta paso al sistema realimentado en el calentamiento.

En la Figura 3.22, se puede observar que el máximo sobre impulso producido por la función paso es de $M_p=14.4\%$ y su tiempo de establecimiento es de $t_s=180$ min, hay que tomar en cuenta que cuando se modeló, se lo hizo en minutos por lo que el tiempo realmente está en esa magnitud. Con los resultados se buscó mejorar estos dos criterios, y para lograrlo se aplicó un controlador PID.

3.2.1.1.2. Planta para el enfriamiento de temperatura.

Para esta fase se abre la tapa que permite la salida del aire circundante y se manipula la velocidad del ventilador para transferir el calor del horno al ambiente.

Calentando el horno se procedió a hacer girar al motor a diferentes frecuencias hasta determinar la más inestable. Se tomó en cuenta el valor de la señal analógica de salida la DAQ de 0 a 5v como variable de salida que luego es acondicionada y se tiene valores directamente proporcionales al rango de frecuencias que puede generar el variador de velocidad.

Siguiendo la misma metodología que para la planta de calentamiento, se consiguió la gráfica de respuesta para esta fase y la misma posteriormente fue tratada con la herramienta Ident de Matlab.

A continuación se presenta la tabla 3.6 entre los casos tomados de 1.5 V, 2.5 V y 4 V.

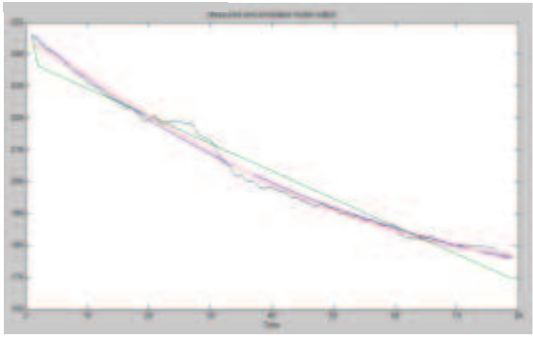
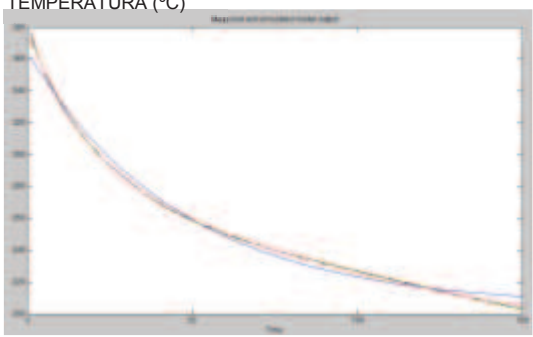
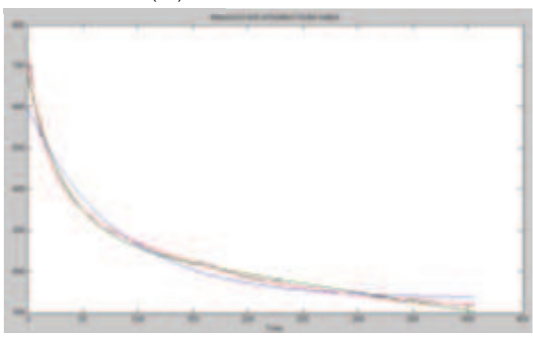
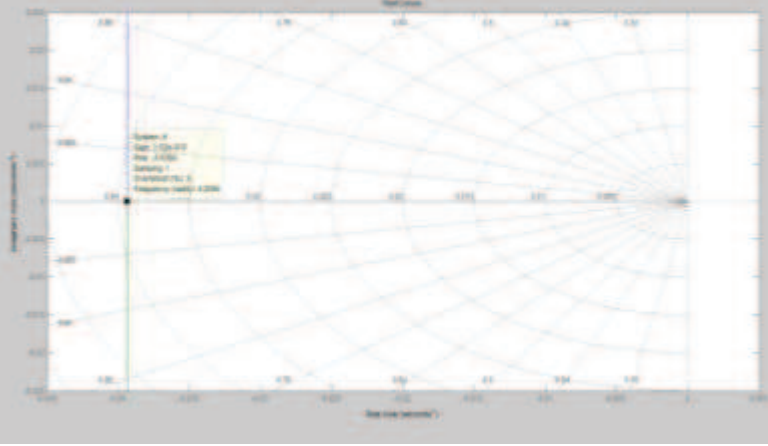
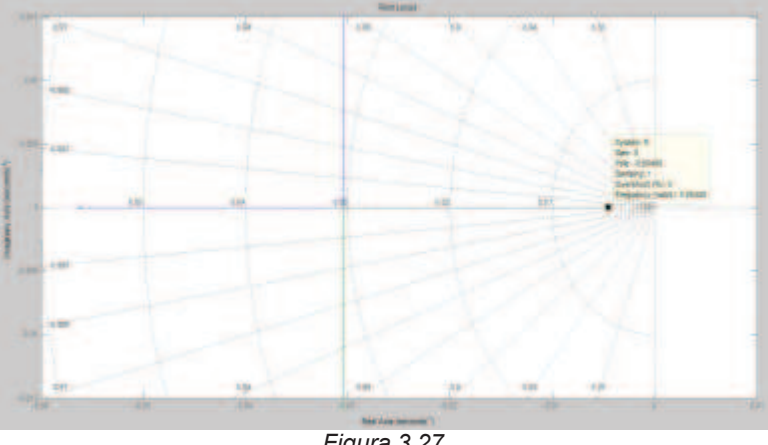
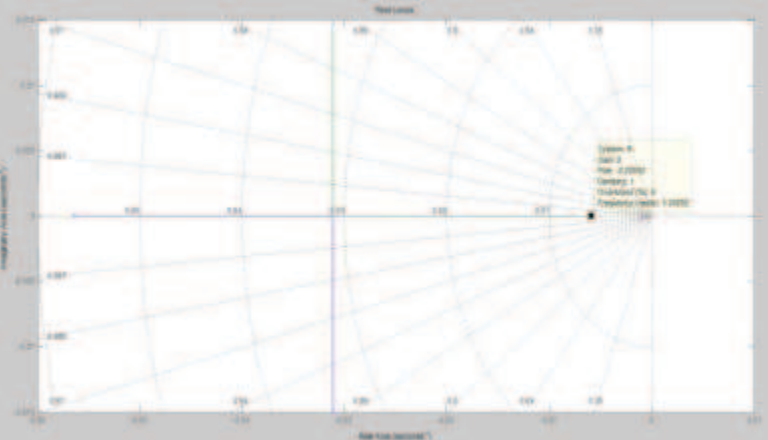
Voltaje- velocidad variador v/5	Gráficas Temperatura vs Tiempo de la planta y de sus aproximaciones [Ver Anexo 10]	Funciones de transferencia dadas por Matlab que se aproximan a la planta	% de aproxima ción
v = 1,5V Vout (DAQ) (30%)	<p>TEMPERATURA (°C)</p>  <p>TIEMPO (MINUTOS)</p> <p><i>Figura 3.23 Planta con 1,5V/18Hz y sus aproximaciones.</i></p>	<p>F1: (azul)</p> $G_{(s)} = \frac{100,65}{1 + 57,95 * s}$	90,45
		<p>F2: (verde)</p> $G_{(s)} = \frac{-0,5788}{s(1 + 0,001 * s)}$	80,58
		<p>F3: (rojo)</p> $G_{(s)} = \frac{110,25}{(1 + 25,39 * s)(1 + 25,38 * s)}$	90,92
v = 2,5V Vout (DAQ) (50%)	<p>TEMPERATURA (°C)</p>  <p>TIEMPO (MINUTOS)</p> <p><i>Figura 3.24 Planta con 2,5V/30Hz ciclos y sus aproximaciones.</i></p>	<p>F1: (azul)</p> $G_{(s)} = \frac{81,753}{1 + 46,66 * s}$	90,52
		<p>F2: (verde)</p> $G_{(s)} = \frac{-0,18473}{s(1 + 20,91 * s)}$	98,34
		<p>F3: (rojo)</p> $G_{(s)} = \frac{46,28}{(1 + 222,91 * s)(1 + 17,78 * s)}$	98,61
v = 4V Vout (DAQ) (80%)	<p>TEMPERATURA (°C)</p>  <p>TIEMPO (MINUTOS)</p> <p><i>Figura 3.25 Planta con 4V/48Hz ciclos y sus aproximaciones.</i></p>	<p>F1: (azul)</p> $G_{(s)} = \frac{33,69}{1 + 78,76 * s}$	82,93
		<p>F2: (verde)</p> $G_{(s)} = \frac{-0,1106}{s(1 + 20,91 * s)}$	92,36
		<p>F3: (rojo)</p> $G_{(s)} = \frac{21,73}{(1 + 169,04 * s)(1 + 17,73 * s)}$	97,55

Tabla 3.6

Comparación entre las distintas funciones transferencia obtenidas con el Matlab que representan al modelo de la planta en el enfriamiento.

Al igual que para el calentamiento se analizó la estabilidad de las funciones de transferencia de mayor proximidad con el lugar geométrico de las raíces. Esto se puede apreciar en la siguiente tabla 3.7:

Voltaje-velocidad variador v/5	Lugar geométrico de las raíces para la función de transferencia escogida (mayor encaje)	Funciones de transferencia escogida (Matlab)
<p>v = 1,5V Vout (DAQ) (30%)</p>	 <p style="text-align: center;"><i>Figura 3.26</i> Lugar geométrico (planta lazo abierto sin compensar) con 1,5V que corresponde a 18Hz.</p>	<p>F3:</p> $G(s) = \frac{110,25}{(1 + 25,39 * s)(1 + 25,38 * s)}$
<p>v = 2,5V Vout (DAQ) (50%)</p>	 <p style="text-align: center;"><i>Figura 3.27</i> Lugar geométrico (planta lazo abierto sin compensar) con 2,5V que corresponde a Hz.</p>	<p>F3:</p> $G(s) = \frac{46,28}{(1 + 222,91 * s)(1 + 17,78 * s)}$
<p>v = 4V Vout (DAQ) (80%)</p>		<p>F3:</p> $G(s) = \frac{21,73}{(1 + 169,04 * s)(1 + 17,73 * s)}$

	<p><i>Figura 3.28</i> <i>Lugar geométrico (planta lazo abierto sin compensar) con 4V que corresponde a 48Hz.</i></p>	
--	---	--

Tabla 3.7

Comparación de estabilidad entre los tres casos tomados mediante el lugar geométrico de las raíces en el enfriamiento.

A partir de esto se deduce que la función de transferencia que tiene menor estabilidad y que debe ser tratada es la que se obtuvo con 2.5V:

$$G(s) = \frac{46,28}{(1+222,91*s)(1+17,78*s)} \quad (3.7.)$$

Al igual que para el calentamiento, se procedió a realizar el análisis de la respuesta paso a la planta escogida de la ecuación (3.7.) para ésta fase en lazo cerrado. En la Figura 3.29 se puede observar el resultado de realimentación.

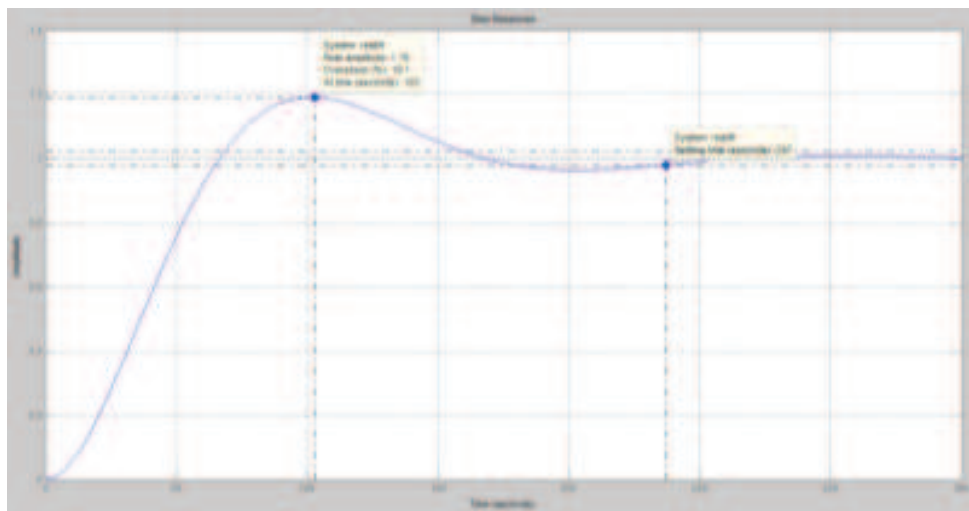


Figura 3.29

Respuesta paso al sistema realimentado en el enfriamiento.

En la Figura 3.29, se puede observar que el máximo sobre impulso producido por la función paso es de $M_p=19.1\%$ y su tiempo de establecimiento es de $t_s=237$ min. Estos resultados justifican la implementación de un controlador PID.

3.2.1.2. Diseño automático del controlador PID

A continuación, se procedió a simular y a calcular los coeficientes del controlador PID usando la herramienta Simulink de Matlab que nos permite utilizar un auto

sintonizador de PID, respetando los criterios antes expuestos de máximo sobre impulso y tiempo de establecimiento.

Se procedió a armar el diagrama de bloques como se expone en la Figura 3.30:

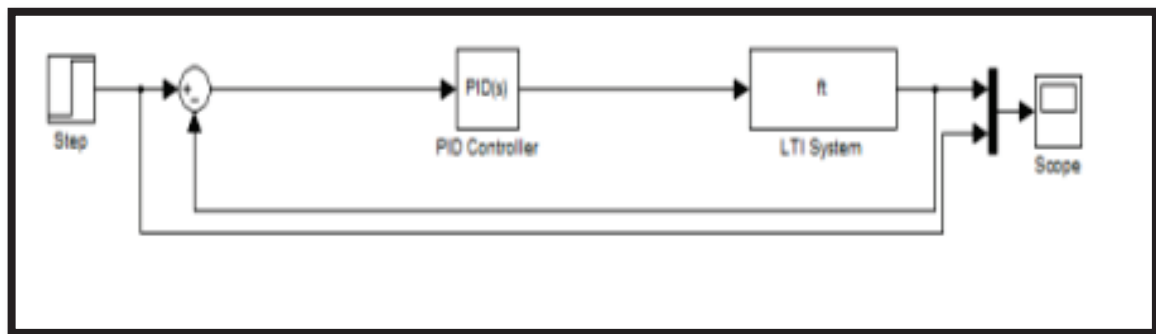


Figura 3.30

Diagrama de bloques implementado en Simulink para el calentamiento.

A partir de esto se utilizó la función de autotuning de PID que se tiene en el diagrama del bloque PID controller, en el cual se es posible variar el tiempo de establecimiento al mismo tiempo que va generando valores auto sintonizados de PID.

En la Figura 3.31 se expone los siguientes resultados del autotuning utilizando la planta de calentamiento, los cuales fueron obtenidos al variar el tiempo de respuesta mediante el controlador deslizante, al hacer esta acción se observó el tiempo de establecimiento, el cual en su mejor o menor valor fue de 2.75 minutos:

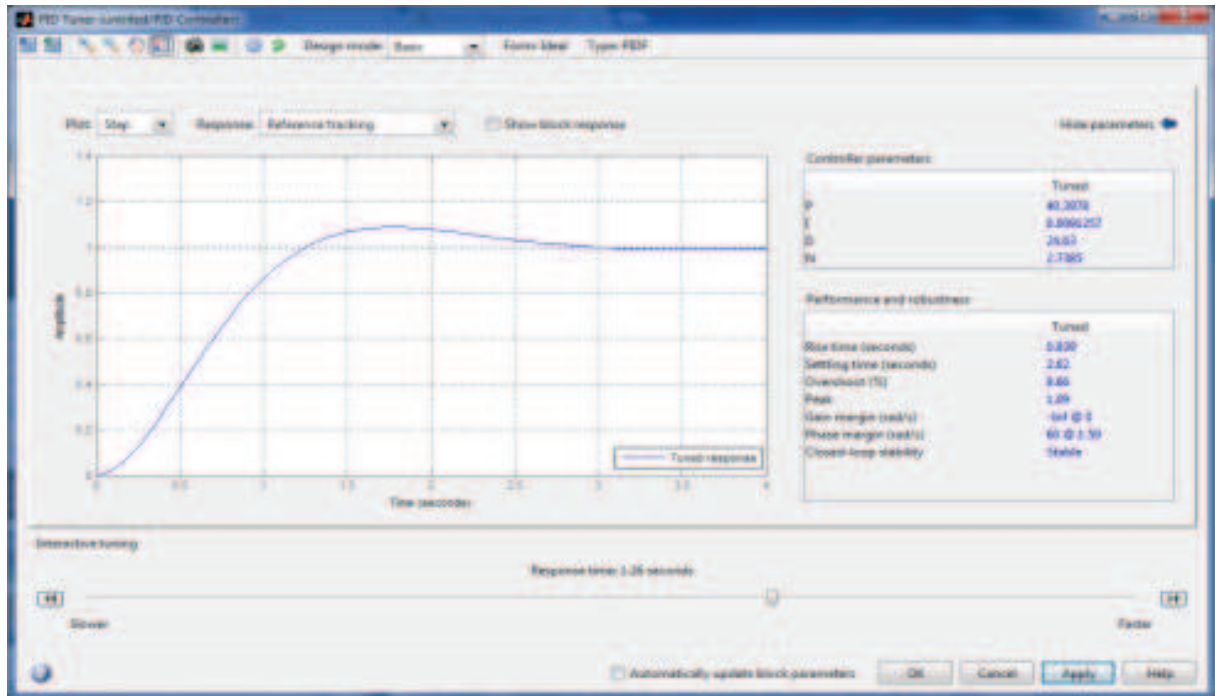


Figura 3.31

Valores del PID utilizando autotuning para la función de transferencia de calentamiento.

A continuación se extraen los siguientes resultados de la Figura 3.31:

$$K_i = 0.009 \text{ min} \quad (3.8.)$$

$$K_d = 24,63 \text{ min} \quad (3.9.)$$

$$K_c = 40,38 \quad (3.10.)$$

Para función de transferencia de enfriamiento se realizó el mismo procedimiento de autotuning y se obtuvo los siguientes resultados:

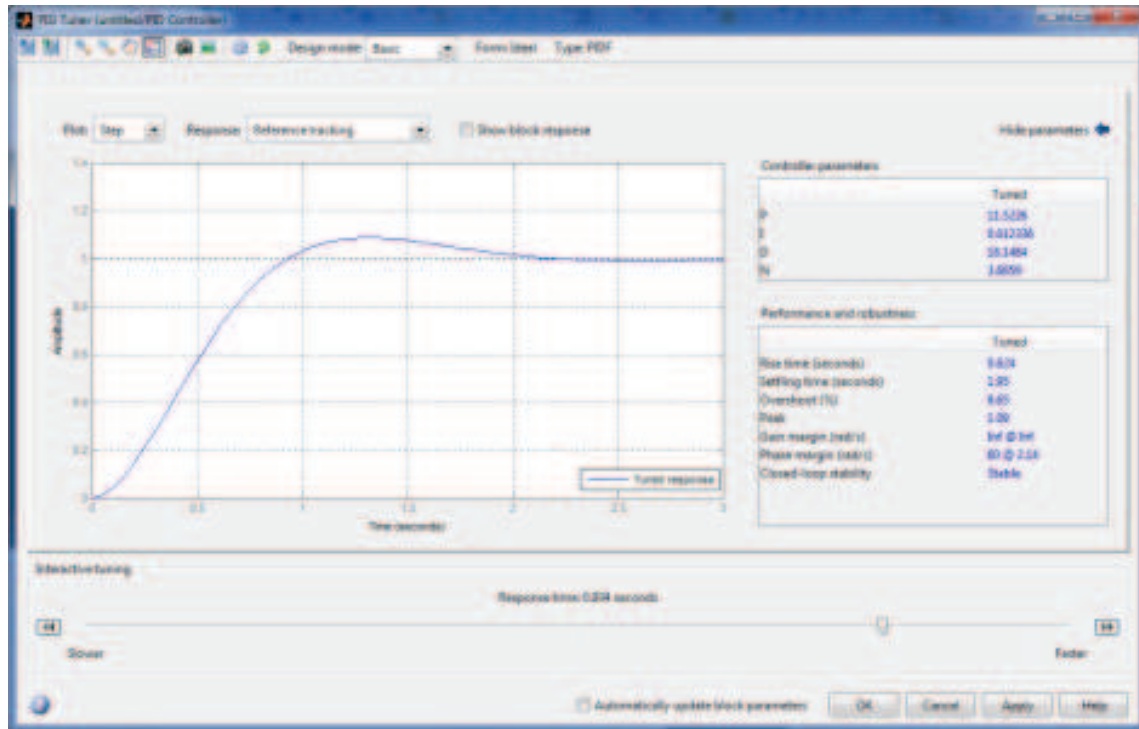


Figura 3.32

Valores del PID utilizando autotuning para la función de transferencia de enfriamiento.

Se puede observar que el sobre impulso es de $M_p=8.65\%$ y el tiempo de establecimiento es de $t_s=1.95$ min; los cuáles son valores dentro de los rangos permitidos.

$$K_i = 0.01 \text{ min} \quad (3.11.)$$

$$K_d = 18 \text{ min} \quad (3.12.)$$

$$K_c = -11,52 \quad (3.13.)$$

Se debe hacer notar que el valor de K_c (ganancia) es negativo para el enfriamiento, puesto que se ejerce una acción proporcional inversa al resultado, es decir a mayor velocidad del ventilador existirá menor calor en el horno.

3.2.2. CONTROLADOR DIFUSO

La mayoría de los algoritmos de control tradicionales requieren un modelo matemático del sistema que se desea controlar. Sin embargo, muchos sistemas físicos son difíciles o imposibles de modelar matemáticamente. Además muchos procesos no son lineales o son demasiados complejos para controlarlos con estas

estrategias tradicionales. La utilización de un controlador difuso puede ser la solución a estos sistemas, sobre todo para aquellos en donde se puede describir una estrategia de control cualitativamente usando lógica difusa.

3.2.2.1 Lógica difusa

Es un método para tomar decisiones en base a reglas establecidas. A diferencia de la lógica clásica donde se tienen dos estados de pertenencia para una información (verdadera o falsa), en la lógica difusa podemos tratar con información no tan precisa. Esta información por ejemplo puede ser la temperatura del horno, una temperatura baja, media baja, normal, media alta, alta o muy alta.

En resumen, en la lógica clásica el valor de la información está definido en 1 cuando la información pertenece a un estado, y 0 cuando no pertenece a ese estado. En la lógica difusa la información puede pertenecer a cualquier estado en valores que van de 0 a 1.

3.2.2.2 Implementación del sistema difuso [18]

Para diseñar un controlador difuso es necesario primeramente implementar el sistema difuso; para esto se define tres aspectos principales que son la fusificación, la estrategia de control y la defusificación. Cada parte de estos aspectos se desarrollaron para crear el sistema difuso de temperatura del horno Blue-M. El esquema del sistema difuso se lo puede observar en la Figura 3.33.

^[18] Manual Fuzzy Logic de National Instruments, labVIEW.

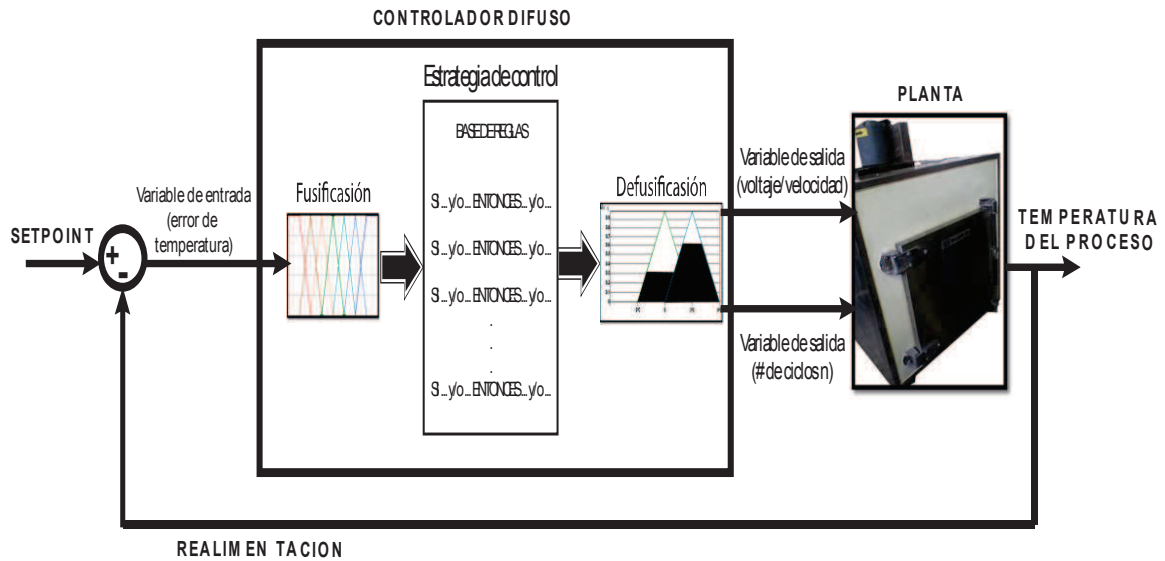


Figura 3.33

Esquema del proceso del controlador difuso implementado.

La implementación del controlador difuso a través de labVIEW se puede realizar usando el diseñador de sistemas difusos, o un conjunto de subVI's de lógica difusa.

Se estableció usar el diseñador de sistemas difusos ya que este cuenta con herramientas que facilitan la programación y la simulación de los tres aspectos principales del controlador difuso. Ver Figura 3.34.

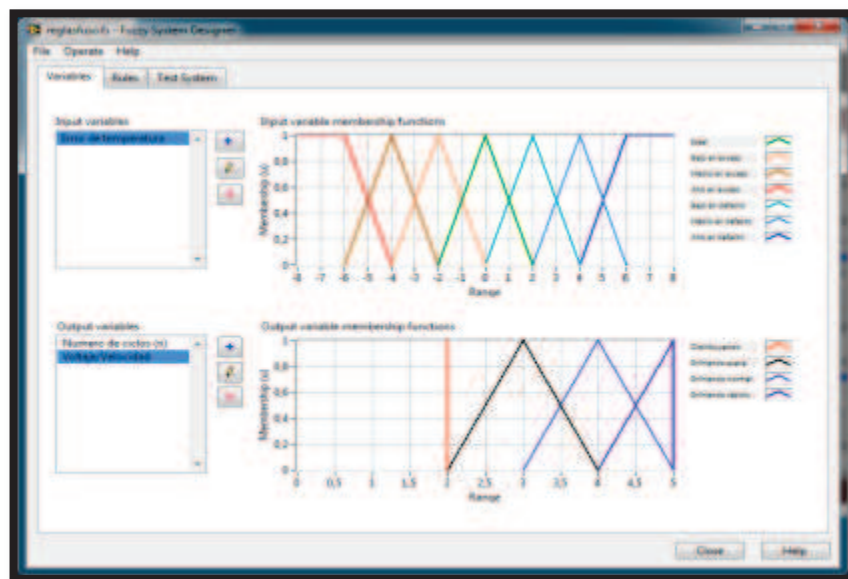


Figura 3.34

Diseñador de sistemas difusos de labVIEW. Página "Variables".

3.2.4.1.1. Fusificación

Es un proceso en donde se asocia a las variables de entrada con las variables de salida correspondiente de un sistema, utilizando términos lingüísticos.

Variables lingüísticas.- Estas variables representan en palabras o términos lingüísticos a las variables de entrada y a las variables de salida del sistema difuso.

En la página “Variables” del diseñador, se encuentran las ventanas para ingresar y editar las variables de entrada y salida del sistema difuso.

Para el caso del sistema de temperatura implementado se ha dispuesto utilizar una sola variable de entrada, el error de temperatura. Esta variable constituye la diferencia entre el valor de setpoint presente y el valor realimentado de la temperatura del proceso. El rango que esta variable representa corresponde desde -800°C a 800°C , el cuál es el rango máximo para la planta.

Así mismo se ha establecido dos variables lingüísticas de salida para controlar la temperatura del horno. La primera variable es el número de ciclos n , y la segunda variable es el voltaje/velocidad.

La variable número de ciclos n es un valor numérico entre 0 y 60, representa la cantidad de ciclos que el relevador de estado sólido debe activarse durante el control integral de potencia de las resistencias eléctricas de calentamiento.

A su vez la variable voltaje/velocidad representa el valor de voltaje de 0 a 5V que se amplifica de 0 a 10V para ser entregado al variador de velocidad. El variador manipula la velocidad del motor controlando su frecuencia de 0 a 60Hz directamente proporcional a este último voltaje amplificado.

Términos Lingüísticos.- Son palabras que representan categorías para los valores de las variables lingüísticas.

Para la variable lingüística error absoluto de temperatura, se ha distribuido su rango de valores en siete términos lingüísticos: ideal, bajo en exceso, medio en exceso, alto en exceso, bajo en defecto, medio en defecto, alto en defecto. El término en exceso se refiere cuando el valor de temperatura del horno es mayor que el valor del setpoint; caso contrario el término usado es en defecto.

Así mismo se han determinado términos lingüísticos respectivos para cada variable de salida del sistema difuso implementado. Para la variable denominada número de ciclos n se ha establecido los términos: muy poco, poco, alto, muy alto, mientras que para la variable voltaje/frecuencia se adjudicaron los términos: distribuir calor, enfriar muy lento, enfriar lento y enfriar rápido.

Una vez definido los términos y las variables lingüísticas el siguiente paso es establecer las funciones de pertenencia para los términos lingüísticos.

Funciones de pertenencia.- Son funciones numéricas que corresponden a los términos lingüísticos. Estas funciones representan el grado de pertenencia de una variable lingüística dentro de sus términos lingüísticos. Este grado de pertenencia es continuo entre valores de 0 y 1, cuando es 0 se indica 0% de pertenencia y cuando es 1 la pertenencia es del 100%.

Existen diferentes tipos de funciones de pertenencia estándar normalizadas que se pueden aplicar para la mayoría de procesos técnicos. Utilizando el diseñador de labVIEW se pueden escoger las siguientes funciones como se puede observar en la Figura 3.35:

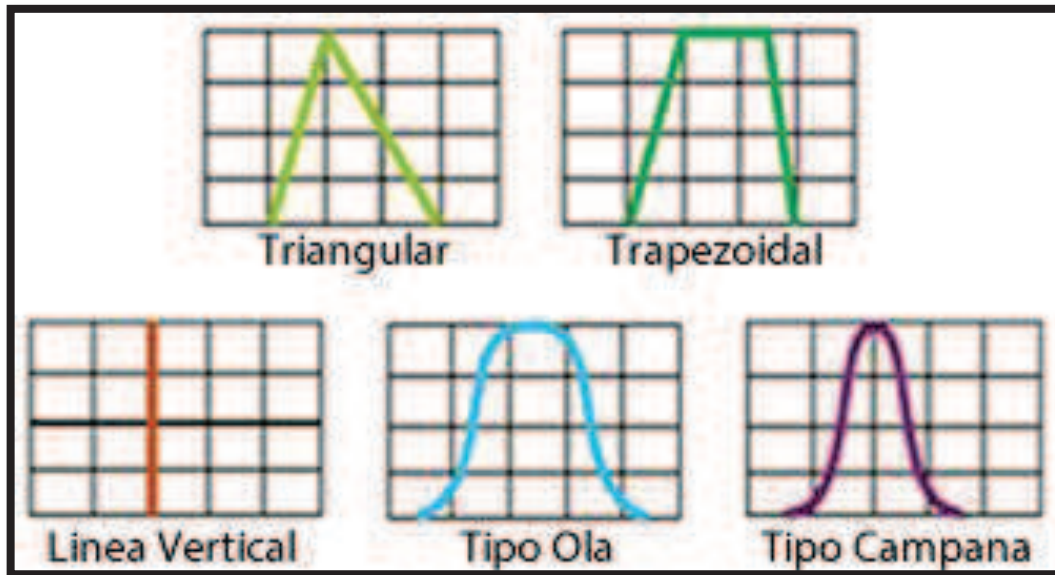


Figura 3.35

Funciones de pertenencia estándar normalizadas de labVIEW.

El uso de cualquiera de estas funciones se basa principalmente en las condiciones propias de cada proceso.

Para construir la función de pertenencia de la variable de entrada error de temperatura, se determinó intuitivamente que estaría en términos lingüísticos dentro de lo *ideal* cuando su valor este en un rango de -2°C a 2°C ; en *poco en exceso* para un rango de 0°C a -4°C de error; en *medio en exceso* para un rango de -2°C a -6°C de error; en *alto en exceso* para un rango de -4°C hasta los -800°C que es el posible error negativo; en *bajo en defecto* para un rango de 0°C a 4°C , en *medio en defecto* para un rango de 2°C a 6°C de error; en *alto en defecto* para un rango de 4°C hasta los 800°C que es el posible error positivo.

Como muestra la Figura 3.36 se ha establecido funciones de pertenencia tipo triangular para la mayoría de los términos lingüísticos de la variable lingüística de entrada llamada error de temperatura.

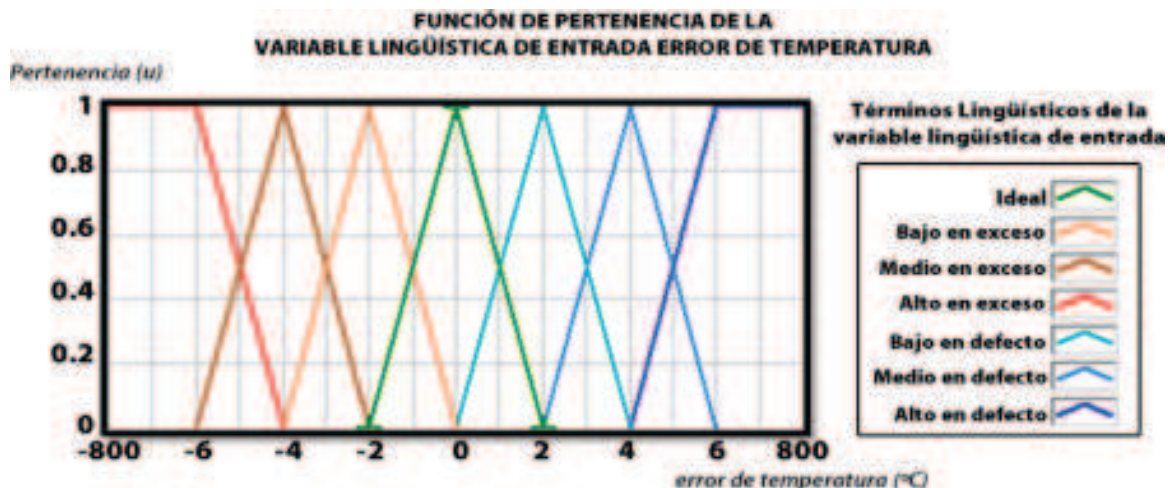


Figura 3.36

Fusificación de la variable entrada error de temperatura

Además se puede observar que existe superposiciones de las funciones de pertenencia en todo el rango de la variable de entrada, esto se definió para obtener una señal de salida continua y lineal en el proceso.

El tipo de función triangular se eligió para colocar un 100% de pertenencia en los términos lingüísticos, para valores definidos de error de temperatura. Sin embargo en los extremos del rango de la variable se ha determinado funciones tipo trapezoidal para asegurar que a partir de -6°C hasta -800°C , y desde 6°C hasta 800°C de error, los términos lingüísticos respectivos adquieran y mantengan el 100% de pertenencia.

Para la variable lingüística de salida denominada número de ciclos n se ha planteado los siguientes rangos de valores para sus términos lingüísticos: *muy pocos* de 0 a 15 ciclos; *pocos* de 5 a 35 ciclos; *alto* de 25 a 55 ciclos; y *muy alto* de 45 a 60 ciclos completos. Se ha dispuesto para todas estos términos lingüísticos el uso de funciones tipo triangular, así mismo con el fin de colocar valores establecidos de ciclos con 100% de pertenencia en determinados términos lingüísticos, como 0 ciclos para un 100% de pertenencia en el término lingüístico *muy poco*, o 60 ciclos para una pertenencia del 100% en el término lingüístico *muy alto*. Ver Figura 3.37

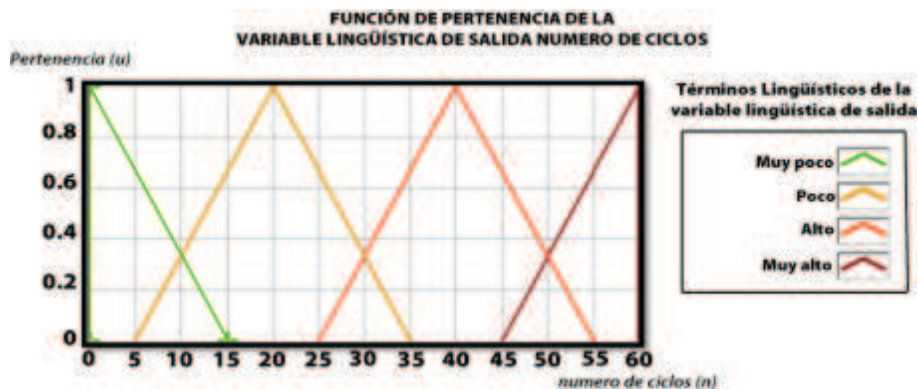


Figura 3.37

Fusificación de la variable de salida número de ciclos n

La segunda variable lingüística de salida llamada voltaje/velocidad tiene un rango de 0 a 5 y corresponde al voltaje que ingresa al variador de frecuencia para controlar la velocidad del motor. Cuando el controlador difuso entrega un valor de 0 por medio de esta variable, el variador entrega una frecuencia de 0Hz al motor; mientras que cuando el controlador difuso envía una salida de 5, el variador entrega una frecuencia de 60Hz lo que producirá el giro a la velocidad nominal del motor. Por cada unidad de valor de esta variable lingüística de salida el variador entrega 12 Hz al motor.

Esto se puede apreciar en la Figura 3.38.

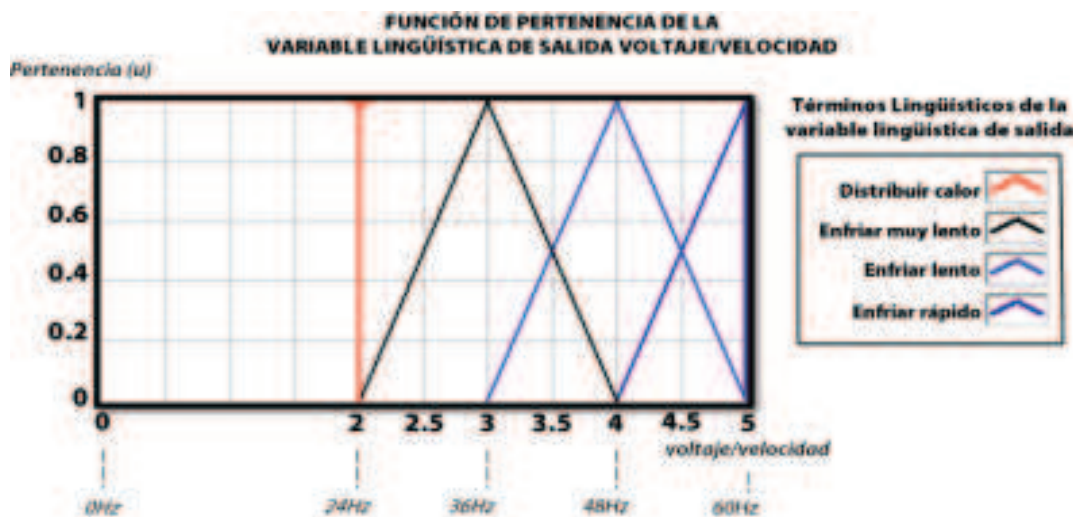


Figura 3.38

Fusificación de la variable de salida voltaje/velocidad

Se estableció en la segunda variable de salida los siguientes valores para sus términos lingüísticos:

Para *distribuir calor* un valor de 2 que corresponde a 24Hz en el motor, esta velocidad es la que se ha determinado en pruebas como la mejor velocidad del ventilador para elevar y distribuir la temperatura dentro del horno.

Para *enfriar muy lento* un rango entre 2 y 4; en *enfriar lento* un rango de 3 a 4,5; y en *enfriar rápido* un rango entre 4 y 5. Para el primer término lingüístico *distribuir calor* se utilizó una función tipo singleton o línea vertical con el fin de tener siempre el 100% de pertenencia al valor establecido, mientras que para el resto de términos lingüísticos se utilizó funciones de pertenencia tipo triangular.

3.2.4.1.2. *Implementación de la estrategia de control lingüística*

Después que las variables han sido “fusificadas”, el controlador usa el correspondiente término lingüístico de entrada y una base de reglas para determinar el término lingüístico resultante de la variable lingüística de salida.

Para establecer las reglas se usó el generador de reglas del diseñador de sistemas difusos. En esta página se agregan las reglas estableciendo el antecedente; el consecuente; el conector de los antecedentes, y la implicación de los consecuentes para cada regla; y el método de defusificación que se usaran todas las reglas agregadas. Ver Figura 3.39.

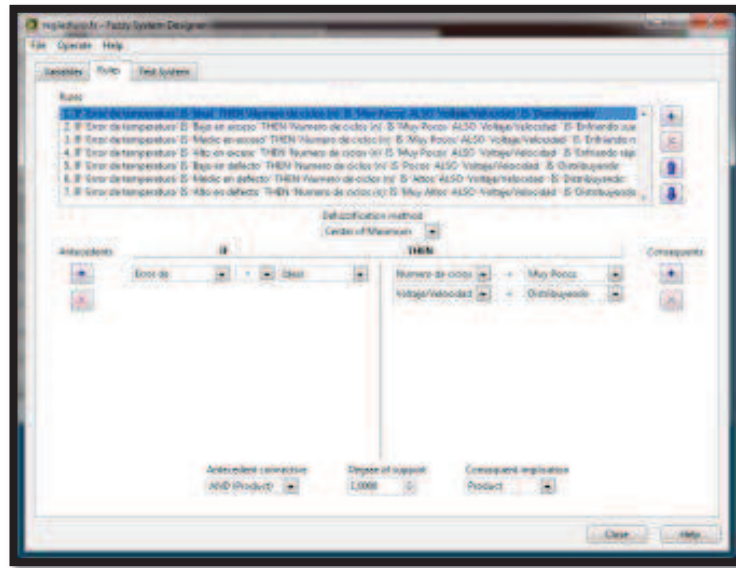


Figura 3.39

Diseñador de sistemas difusos de labVIEW. Página "Reglas".

La base de estas reglas se genera a partir del conocimiento experimental y depende del discernimiento humano que interpreta la experiencia.

Reglas.- Son pautas que describen en palabras la relación entre las variables lingüísticas de entrada y salida basado en sus términos lingüísticos. El conjunto de estas reglas forman la base de la estrategia de control del controlador difuso.

El número de reglas mínimas recomendadas en un sistema difuso viene dado por [18]:

$$N = P_1 * P_2 * \dots * P_n \quad (3.14.)$$

$$N = 7 \quad (3.15.)$$

Donde P_n es el número de términos lingüísticos de la variable lingüística de entrada n . Como este sistema solo tiene una variable de entrada con siete términos, el número de reglas queda determinado en siete.

[18] Manual Fuzzy Logic de National Instruments, labVIEW.

Es importante señalar que de la base de reglas dependen mucho las características dinámicas del sistema, es por esto que se debe corroborar que la base de reglas esté completa y que no contenga errores. Una base de reglas completa se tiene cuando al menos se active una regla para cada posible combinación de las variables lingüísticas de entrada y los términos lingüísticos.

Para el controlador difuso implementado se han determinado el siguiente grupo de reglas como se indica en la tabla 3.8:

Variable de entrada		Variables de salida			
Error de temperatura	IF	THEN	Numero de ciclos <i>n</i>	AND	Voltaje/Velocidad
	<i>Ideal</i>		Muy pocos		Distribuir calor
	<i>Bajo en exceso</i>		Muy pocos		Enfriar muy lento
	<i>Medio en exceso</i>		Muy pocos		Enfriar lento
	<i>Alto en exceso</i>		Muy pocos		Enfriar rápido
	<i>Bajo en defecto</i>		Pocos		Distribuir calor
	<i>Medio en defecto</i>		Altos		Distribuir calor
	<i>Alto en defecto</i>		Muy altos		Distribuir calor

Tabla 3.8

Reglas del controlador difuso

Como se observa en la tabla 3.8, para crear una regla se estableció una asociación entre la variable lingüística de entrada con un término lingüístico correspondiente para formar el antecedente de la regla; luego se asoció la variable lingüística de salida con el correspondiente término lingüístico para formar el consecuente. Este último representa la acción que se desea que el controlador difuso realice si se cumplen los términos lingüísticos de la variable lingüística de entrada en la regla.

Para conectar los posibles antecedentes de una regla y obtener un valor del antecedente equivalente, se usan conectores que indican la operación para calcular dicho valor. Estos conectores son: AND (mínimo) donde se escoge el grado de pertenencia más bajo de los antecedentes; AND (producto) que especifica usar el producto de los grados de pertenencia de los antecedentes; OR

(máximo) especifica usar el grado de pertenencia más alto de los antecedentes; y OR (probabilístico) que especifica usar la suma probabilística de los grados de pertenencia de los antecedentes.

El valor equivalente del antecedente equivale al grado o valor de verdad de la regla invocada. Las reglas que no sean invocadas tienen un grado de verdad igual a cero.

Como el sistema difuso implementado solo tiene un antecedente para cada regla, entonces no son necesarios estos conectores. Par este sistema el grado de verdad de cada regla es el valor de pertenecía de sus respectivos antecedentes.

Por ejemplo en el sistema difuso implementado si el error es igual a 1.5°C , se invocan a las siguientes dos reglas:

- (1) Si el error de temperatura es *bajo en defecto* entonces número de ciclos *poco* y voltaje/velocidad en *distribuir calor*.
- (2) Si el error de temperatura es *ideal* entonces número de ciclos *muy pocos* y voltaje/velocidad en *distribuir calor*. Ver Figura 3.40.

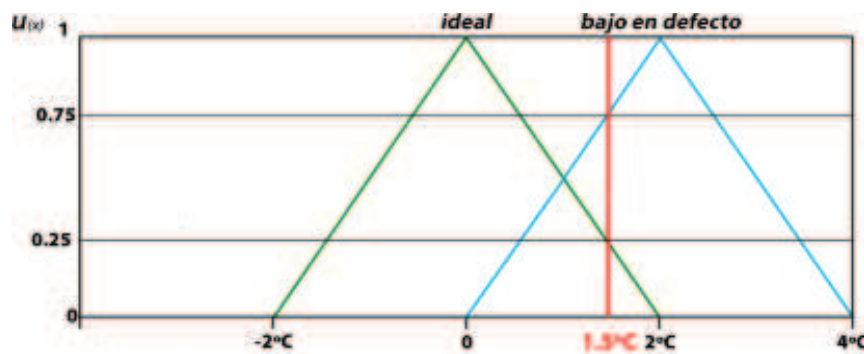


Figura 3.40

Establecimiento de los grado de verdad de las reglas invocadas para un error de temperatura de 1.5°C .

El grado de verdad de la primera regla es de 0,75 mientras que para la segunda regla el grado de verdad es de 0,25.

A continuación el controlador difuso utiliza el grado de verdad de los antecedentes para encontrar los respectivos consecuentes a través de la defusificación.

3.2.4.1.3. Defusificación

La defusificación es el proceso de convertir los grados de pertenencia de las variables lingüísticas de salida dentro de sus propios términos lingüísticos en valores numéricos.

Un controlador difuso puede usar uno de muchos métodos matemáticos para la defusificación. Escoger el método de defusificación depende del contexto del proceso; existen algunas pautas como obtener valores deseados de salida para específicos valores de entrada, o como las que muestra la siguiente tabla dada por la ayuda para sistemas difusos de LabVIEW..

CRITERIOS	MÉTODO			
	<i>Centro de área (CoA) y Centro de área modificada (mCoA)</i>	<i>Centro de sumas (CoS)</i>	<i>Cetro del máximo (CoM)</i>	<i>Media del máximo (MoM)</i>
<i>Concordancia de su intuición</i>	Improbable con funciones de pertenencia de diferentes formas o con superposiciones grandes.	Improbable con funciones de pertenencia de diferentes formas o con superposiciones grandes.	Bueno	Bueno
<i>Continuidad</i>	Si	Si	Si	No
<i>Esfuerzo computacional</i>	Muy alto	Medio	Bajo	Muy bajo
<i>Campo de aplicación</i>	Control en lazo cerrado, soporte en decisiones y análisis de datos.	Control en lazo cerrado, soporte en decisiones y análisis de datos.	Control en lazo cerrado, soporte en decisiones cuantitativas y análisis de datos.	Reconocimiento de configuraciones, soporte en decisiones cualitativas y análisis de datos.

Tabla 3.9

Pautas para seleccionar el método de defusificación.²³

²³ Ayuda de LabVIEW, fuzzy logic, fuzzy controllers.

Un aspecto importante del método de defusificación es la continuidad de la señal de salida. Un método de defusificación es continuo si para un pequeño cambio arbitrario de la señal de entrada, nunca se producirá un cambio abrupto en la señal de salida.

Para el sistema difuso diseñado se utilizó el método de centro del máximo (CoM). Este tipo de defusificación es el que se recomienda para el control en lazo cerrado aplicando lógica difusa.

Antes de realizar la defusificación, el controlador difuso utiliza una implicación para escalar la función de pertenencia de cada variable lingüística de salida basada en el correspondiente grado de verdad de la regla.

Usando el juego de herramientas PID and Fuzzy Logic de Labview se puede recurrir a dos tipos de implicaciones que son el mínimo o el producto. Con el método de implicación mínimo el controlador difuso corta a la función de pertenencia de salida en el valor de verdad de la regla correspondiente, mientras que el método de implicación por producto escala la función de pertenencia al valor de verdad de la regla correspondiente. Para el ejemplo del sistema difuso implementado se tienen las Figuras 3.42 y 3.43 respectivamente:

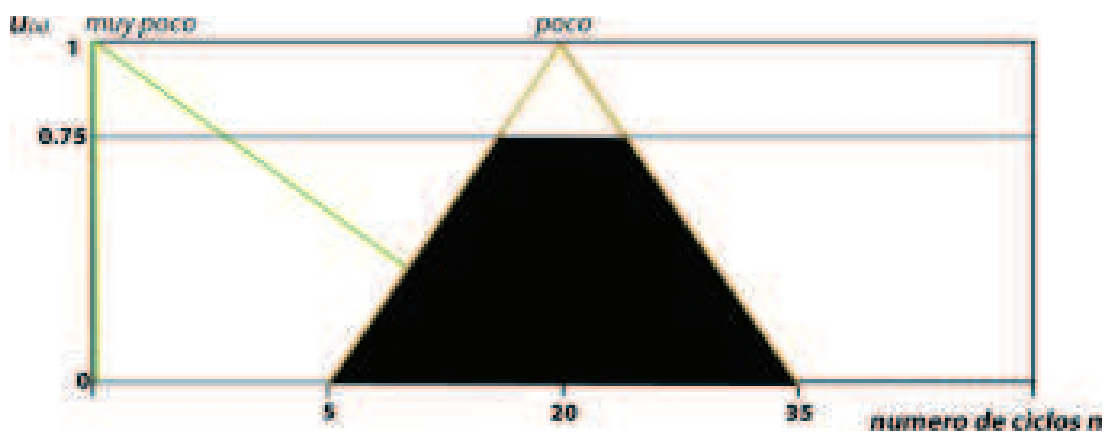


Figura 3.41

Método de implicación mínima para los consecuentes de la segunda regla invocada.

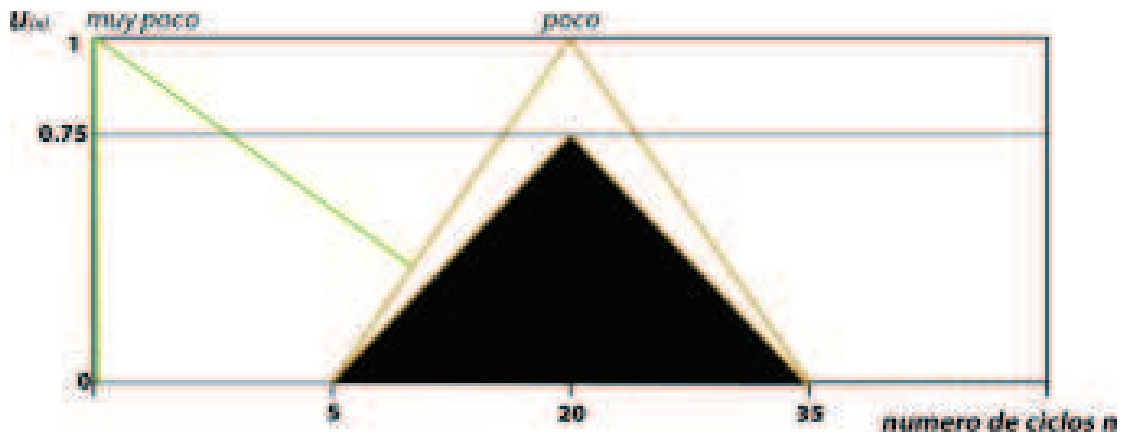


Figura 3.42

Método de implicación por producto para los consecuentes de la segunda regla invocada.

En el método de CoM, el controlador difuso primero determina el valor típico para cada función de pertenencia escalada de los términos lingüísticos de las variables de salida. Este valor típico según el tipo de función de pertenencia va a ser el centro máximo o de masa de la función. Como se han escogido funciones tipo triangular y el método CoM, escoger el tipo de implicación para los consecuentes es igual para ambos casos.

Por último el valor de salida de cada término es igual al promedio de los valores típicos correspondientes a cada grado de verdad de las funciones de pertenencia escaladas.

La fórmula matemática es:

$$x_{final} = \frac{x_1 u_1 + x_2 u_2 + \dots + x_n u_n}{u_1 + u_2 + \dots + u_n} \quad (3.16.)$$

Donde x_n es el valor típico para la función de pertenencia n , y u_n es el grado de verdad a la cual dicha función fue escalada. A continuación se lo puede observar en la Figura 3.43:

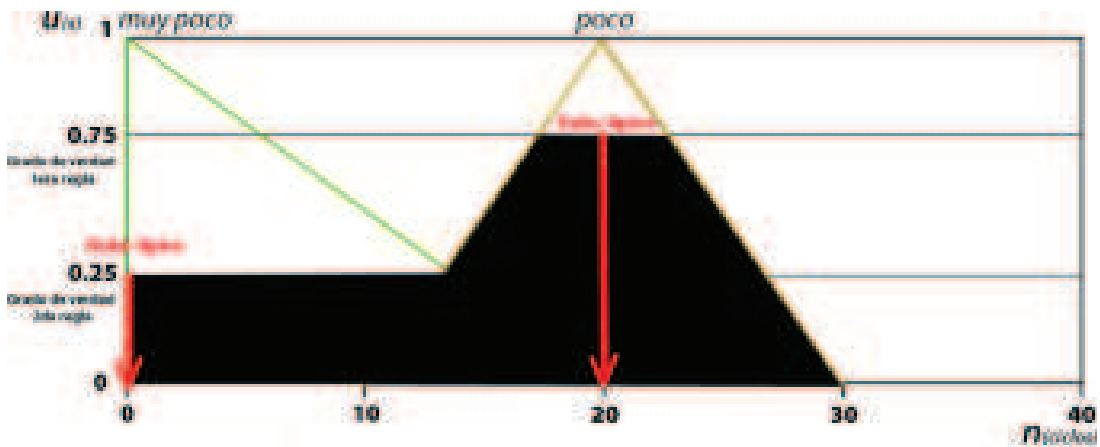


Figura 3.43

Valores típicos de las entradas “muy poco” y “poco”, y los grados de verdad para las reglas invocada.

Para la salida de los ciclos n:

$$n = \frac{(20)(0,75) + (0)(0,25)}{0,75 + 0,25} = 15 \text{ ciclos} \quad (3.17.)$$

Para el voltaje de 0 a 5 voltios que corresponde a la frecuencia de 0 a 60Hz del motor. Ver Figura 3.44:

$$v = \frac{(2)(0,75) + (2)(0,25)}{0,75 + 0,25} = 2V \rightarrow 12Hz \quad (3.18.)$$

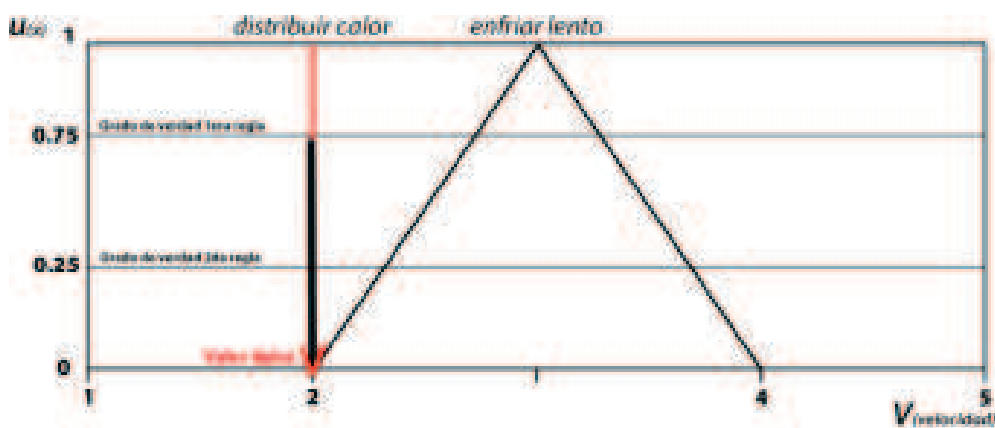


Figura 3.44

Valor típico de la variable de salida “voltaje/velocidad” y grados de verdad de las reglas invocadas.

Una vez completado el ingreso de los tres aspectos del controlador difuso en el diseñador es posible simular el proceso en la página “Prueba del Sistema” como se muestra en la Figura 3.45. En esta página se puede manipular los valores de las variables de entrada para observar la continuidad, linealidad y asertividad del proceso en función de lo que el programador humano crea conveniente. Ver Figura 3.45.

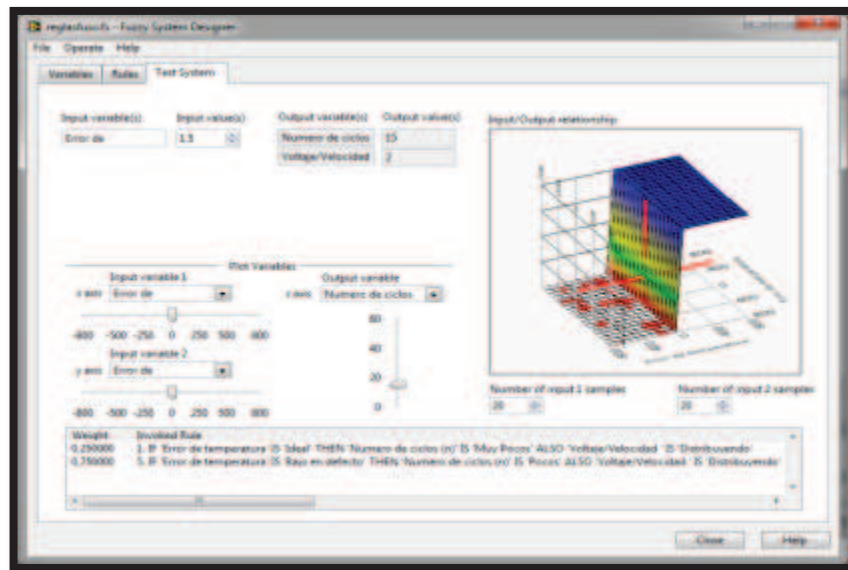


Figura 3.45

Diseñador de sistemas difusos de labVIEW. Página “Prueba del Sistema”. Ejemplo con error de temperatura 1,5°C.

3.2.5. PROGRAMA DE CONTROL PARA EL SERVOMOTOR.

La manera en que se controla al servo motor es a través una señal cuadrada (Pulse With Modulation) generada por un micro controlador. Para que funcione dicho dispositivo, se debe buscar los registros pertinentes que permiten este tipo de funcionalidad, en este caso se ha utilizado la técnica que sugiere la hoja de datos llamada “fast PWM”.

El modo “fast PWM” lo que básicamente hace es iniciar un conteo desde un valor llamado BOTTON que es cero hasta otro llamado TOP el cual puede llegar a ser hasta 255(es el equivalente decimal de 8 bits), cuando llega a este último valor el

contador cambia de nuevo al valor BOTTON o cero, además el valor TOP puede ser manipulado para ser cambiado a conveniencia. El diagrama de tiempo es presentado abajo. El valor de TCNT0 (registro de contador utilizado) es el diagrama de tiempo mostrado como un histograma para ilustrar la operación como una pendiente. Las comparaciones entre OCR0A (registro setpoint correspondiente al ángulo que se desea establecer) y TCNT0, nos permiten generar la forma de onda en el PIN respectivo, para la salida PWM. Ver Figura 3.46.

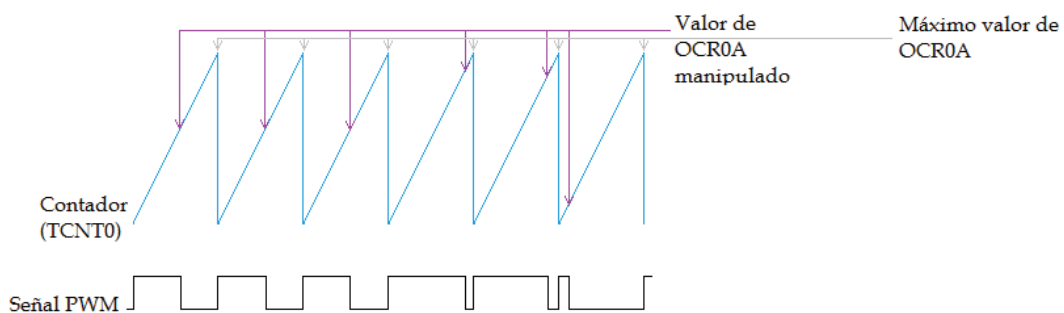


Figura 3.46

Modo "fast-PWM" utilizado en la programación del microcontrolador.

Mediante esta fórmula se puede calcular la frecuencia de trabajo de la señal PWM (señal cuadrada):

$$f_{PWM} = \frac{F_{reloj}}{N \cdot 256} \quad (3.19.)$$

Donde:

f_{PWM} : frecuencia de la señal PWM

F_{reloj} : frecuencia del microcontrolador

N : Preescalador

$$f_{PWM} = \frac{1000000}{64 \cdot 256} = 61 \text{ Hz} \quad (3.20.)$$

Siendo estos valores antes indicados los que permiten llegar a una frecuencia de 61 Hz, suficiente para el funcionamiento del servo motor. El mayor ancho de pulso que se debe tener es de 2ms que equivale 180°grados a partir de eso se ha

determinado oportuno hacer girar al servo motor a 45° grados, es decir se debe poner en la posición de:

Sea

$$P_{d1}: 180^\circ$$

P_{d2} : Posición deseada 2

$$P_{d2} = P_{d1} - 45^\circ \quad (3.21.)$$

$$P_{d2} = 180^\circ - 45^\circ = 135^\circ$$

Estos valores a su vez son pasados a valores equivalentes para la señal cuadrada (PWM). Donde:

$$P = \frac{1}{f} \quad (3.22.)$$

$$P_{PWM} = \frac{1}{61} = 16.39 \text{ ms}$$

$$OCR0A_1 = \frac{P_{d1}}{P_{PWM}} * 256 \quad (3.23.)$$

$$OCR0A_1 = \frac{2\text{ms}}{16,39\text{ms}} * 256$$

$$OCR0A_1 = 31.23 \approx 32$$

Para el otro punto, se debe calcular su equivalente para el registro OCR0A. En la Figura 3.47 se puede observar la relación proporcional lineal indicada:

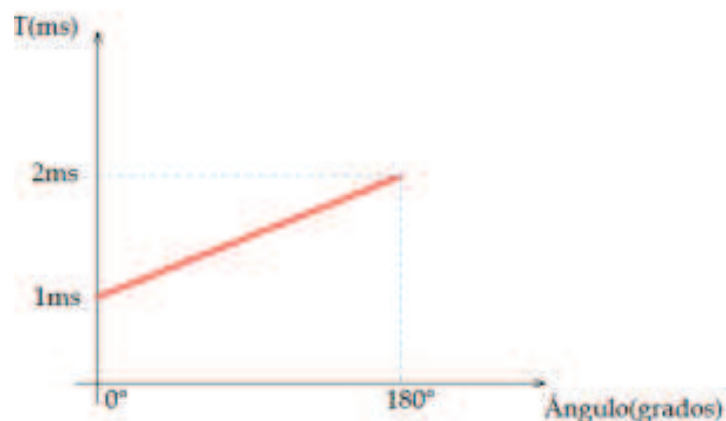


Figura 3.47

Gráfica del ancho de pulso vs. El ángulo de posición.

$$T = \frac{1\text{ms}}{180} * A + 1\text{ms} \quad (3.24.)$$

$$T = \frac{1ms}{180} * 135 + 1ms$$

$$T = 1.75ms$$

$$OCR0A_2 = \frac{1,75ms}{16,39ms} * 256$$

$$OCR0A_2 = 27.33 \approx 27$$

Además el valor analógico ingresa por la entrada análoga ADC1 para luego crear un valor equivalente que pone en una posición específica al servo motor, el valor máximo que se generará es de 256 bits con una referencia interna de Vcc es decir 5 voltios será equivalente al $OCR0A_1$ y en el otro caso 0 voltios equivaldrá a $OCR0A_2$.

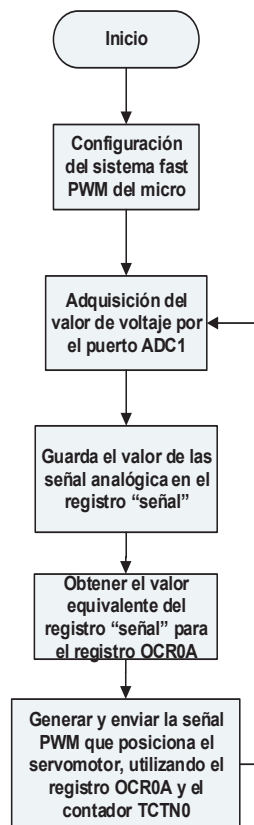


Figura 3.48

Diagrama de flujo del programa para el servomotor.

CAPITULO 4

PRUEBAS Y RESULTADOS

En el presente capítulo se detallarán todas las pruebas que se llevaron a cabo para evaluar la factibilidad del proyecto y las pruebas que sirvieron para la calibración y puesta en funcionamiento del sistema de control de temperatura del horno Blue-M. Además se muestra un análisis de los controladores implementados.

4.1. ANÁLISIS Y PRUEBAS DEL HARDWARE

4.1.1. PRUEBA INICIAL DE CALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO DEL EQUIPO

El primer paso fue observar el estado de los componentes del equipo, para lo cual se procedió a probar el estado de las resistencias de calentamiento y el motor ventilador. Este último no tenía control por lo que se lo alimentó directamente a su voltaje nominal y se comprobó su funcionamiento.

Así mismo se conectó las dos resistencias en paralelo a 220V y se tomó un primer grupo de datos de manera manual con un termómetro fluke y una termocupla tipo k, los mismos que se muestra en la tabla 4.1 y en la Figura 4.1:

<i>Tiempo (min.)</i>	<i>Temp. (°C)</i>
0	18,6
1,5	38,9
2	42,5
3	55,6
5	77,2
10	131,5
19	205,8
25	252,2
30	272,3
45	322,3
55	349,2
60	297,4
66	263,2
81	205
85	192,8

Tabla 4.1

Primero datos obtenidos manualmente del horno Blue-M fuera de servicio

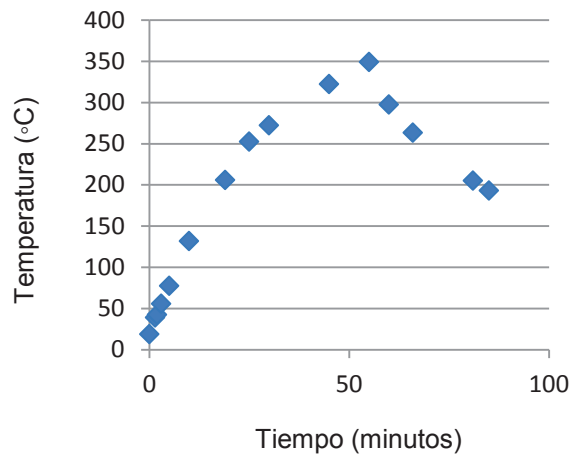


Figura 4.1

Gráfica en Excel. Temperatura vs tiempo.

Se elevó la temperatura solo hasta los 350°C para precautelar que el motor no se caliente en exceso ya que éste no estaba encendido. Luego se procedió a apagar las resistencias para observar su tendencia natural a enfriarse como se muestra en la Figura 4.1. Esta prueba nos demuestra la tendencia del horno a calentarse y enfriarse, por lo que es factible su reconstrucción y puesta en marcha.

4.1.2. PRUEBAS DEL CONTROL DE POTENCIA CICLO INTEGRAL

Para verificar el correcto funcionamiento del control de potencia ciclo integral, se procedió a observar el trabajo del relé de estado sólido al ingresar en estado de funcionamiento, el cuál activa y desactiva el paso del voltaje hacia las resistencias eléctricas. Se observó que tanto la señal que ingresa al relé de estado sólido como la señal que envía este relé, confirma el funcionamiento del control de potencia implementado.

La señal que ingresa al relé es controlada por software y es el número de ciclos “n” que el controlador envía para encender las resistencias de calentamiento. Esta señal se programó con un panel de labVIEW, y se la midió usando un osciloscopio como se muestra en las Figuras 4.2 y 4.3 respectivamente.

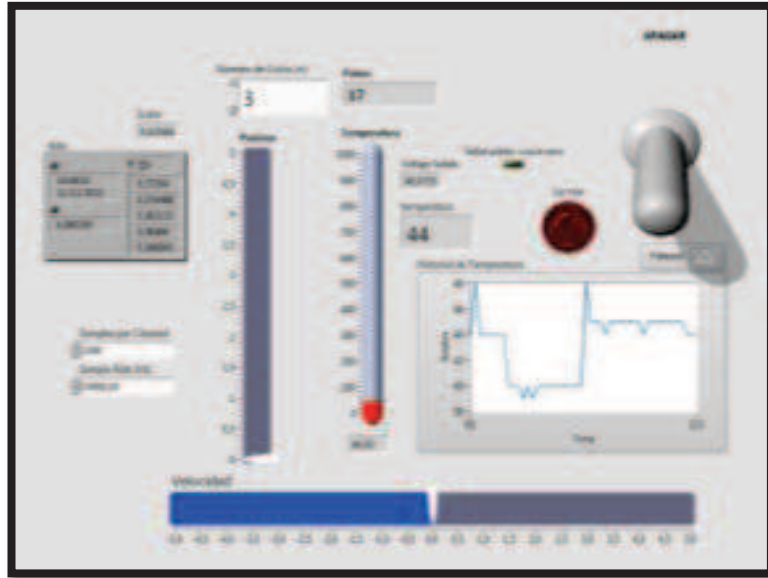


Figura 4.2

Ventana del programa que controla la planta. Número de ciclos igual a 3.



Figura 4.3

Señal tomada para ser tratada y activar al relé de estado sólido. Número de ciclos igual a 3.

Se puede observar que se cumple el número de ciclos ordenados a través del programa que gobierna a la planta. Lo característico de este tipo de control en el SSR (relé de estado sólido) es que al retrasarse el conteo de pulsos a través del circuito de cruce por cero por un instante de tiempo corto produce que este funcione a partir del siguiente cruce por cero. Se debe hacer notar que no existe inconveniente en la cantidad de ciclos "n", ya que al enviar la orden de apagado

también se retrasa. Esto se puede observar en las figuras 4.4 , 4.5, 4.6 y 4.7 respectivamente.

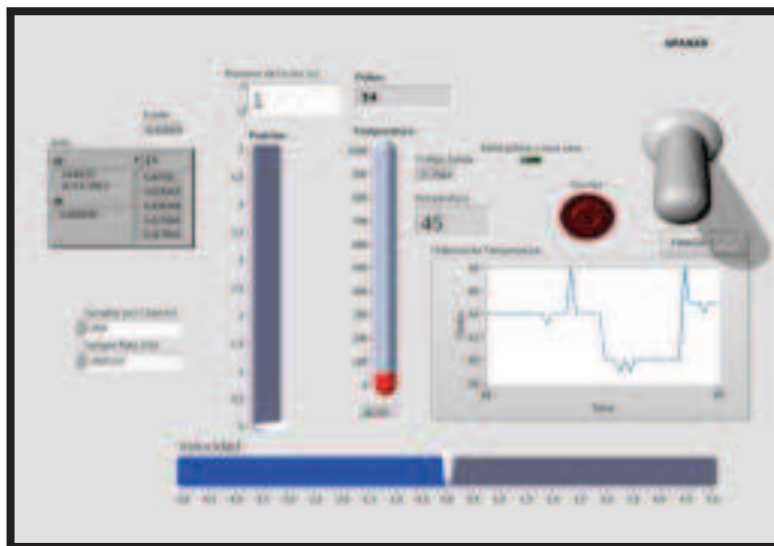


Figura 4.4

Ventana del programa que controla la planta. Número de ciclos igual a 1.

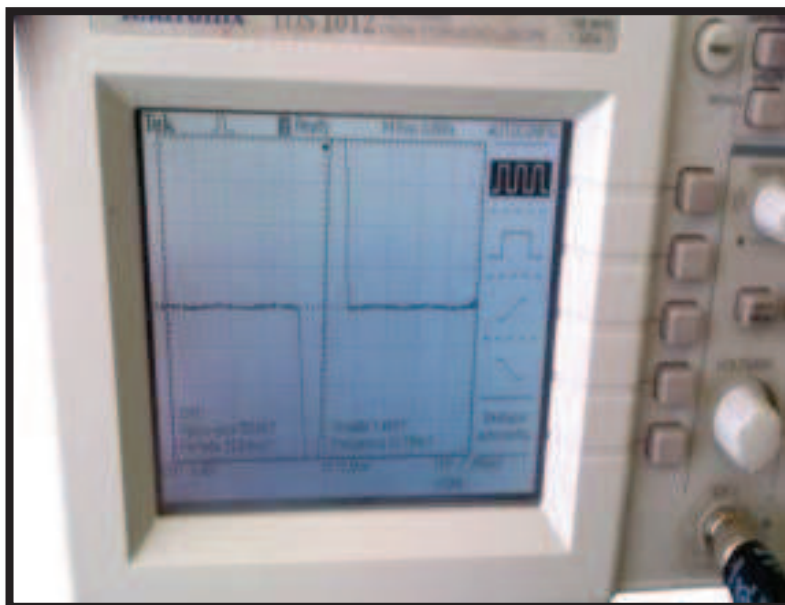


Figura 4.5

Señal tomada para ser tratada y activar al relé de estado sólido. Numero de ciclos igual a 1.

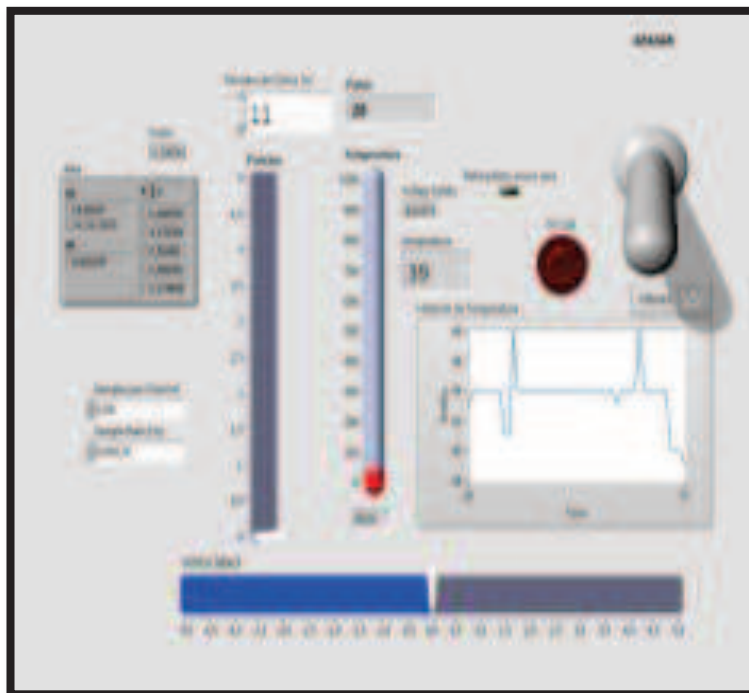


Figura 4.6

Ventana del programa que controla la planta. Número de ciclos igual a 11.

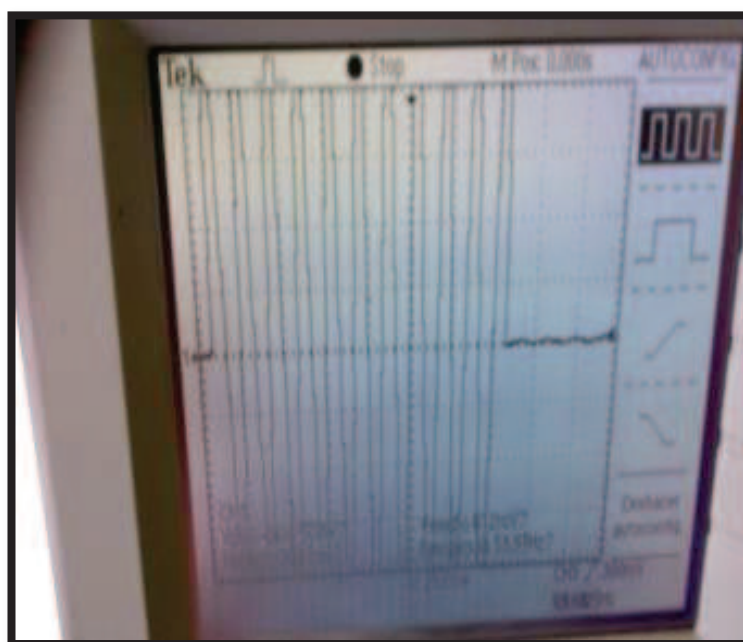


Figura 4.7

Señal tomada para ser tratada y activar al relé de estado sólido. Numero de ciclos igual a 11.

4.1.3. PRUEBAS DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA

Para determinar la correcta medición de temperatura primeramente se realizó pruebas tratando de obtener una trazabilidad con respecto al termómetro Fluke que se tuvo a disposición.

Una vez obtenida una medida paralela muy cercana entre la termocupla tipo k instalada y el termómetro Fluke, y para saber si esta es correcta, se realizó una prueba de fundición de estaño a 400°C. La prueba de fundición del estaño falló, por lo que se corroboró que la medición de la temperatura en la cámara interna del horno era incorrecta debido a que dicha termocupla se encuentra instalada por un orificio de fábrica a un lado de esta cámara. Esto produjo la necesidad de realizar una nueva calibración tomando como referencia la medida de la temperatura en el centro de la cámara. A partir de esta medición se obtuvo el siguiente grupo de datos mostrados en la tabla 4.2, con los cuáles se construyó la Figura 4.8.

Voltaje OUT AD595 (V)	Temp. Fluke (°C)						
0,332571	22,7	3,339742	266,4	4,625426	386,4	5,545289	472,7
0,723756	68,9	3,091768	273,2	4,662643	389,7	5,571951	475,7
0,845593	84,6	3,165084	279,8	4,699314	393,3	5,597056	478,1
0,955721	95,8	3,266698	285,8	4,743346	397	5,616358	480
1,06501	105,8	3,31968	292,1	4,776966	400,6	5,651657	482,3
1,294801	141	3,424199	297,8	4,82155	403,9	5,668477	485,3
1,469974	151,8	3,468319	285,8	4,864065	407,4	5,688545	487,3
1,730795	163,1	3,555338	292,1	4,902559	410,4	5,715349	489,3
1,71346	173,8	3,631086	297,8	4,919079	414	5,724723	491,9
1,869305	184,7	3,684694	303,6	4,978833	417,5	5,756617	494,8
2,045641	194,3	3,738857	308,8	5,017247	420,5	5,780896	496,2
2,157216	203,4	3,809195	314,8	5,057729	423,2	5,806621	498,3
2,306306	212,2	3,845104	320,2	5,09337	426,1	5,788171	501,5
2,400212	221,1	3,927194	324,4	5,124783	429,7	5,842836	502,8
2,481916	229,8	3,980255	330	5,160914	432,2	5,804725	508,1
2,611789	237,2	4,04504	335,1	5,199106	435,9	5,859373	510,5
2,694026	245,4	4,090285	340	5,230585	436,5	5,904195	513,3
2,717282	252,6	4,146815	345,1	5,255623	441,8	5,892109	515,6
2,853522	259,8	4,197358	349,2	5,286046	445,3	5,911277	516,6
2,976819	266,4	4,251762	354,1	5,317862	447,3	5,930846	519,8
2,682008	273,2	4,300621	358,2	5,344853	451	5,948669	521,1
2,763346	245,4	4,34579	362,1	5,372386	453,8	5,968345	523,2
2,883363	252,6	4,40916	366	5,403195	459,8	5,985054	525,4
2,961153	259,8	4,45708	371	5,431604	462,4	6,002636	526,6
		4,502443	374,4	5,459685	464,6	6,01828	529
		4,545787	378,6	5,487707	468	5,97567	531,1
		4,593237	382,5	5,518206	469,8	6,056562	532,5

6,077509	534,8	6,488678	586,7	6,864913	632,5	7,179443	674
6,037945	537,2	6,498602	588,6	6,878093	634,2	7,185858	675
6,115717	539	6,519869	589,9	6,883692	634,7	7,200856	676,3
6,073999	540,9	6,524996	591,7	6,897318	637	7,207365	677,8
6,151932	542,8	6,551057	593,2	6,917175	638,8	7,227851	679,4
6,102341	544,7	6,567525	594,8	6,92608	640,3	7,235193	680,5
6,123029	546,6	6,582585	596,6	6,938876	641,6	7,247905	682,6
6,176521	548,3	6,584095	598,6	6,952178	643,6	7,251414	683,7
6,194791	551,2	6,612409	600,1	6,960762	645,2	7,268622	684,6
6,209722	553,2	6,617586	602,1	6,979287	646,6	7,272038	685,9
6,296495	554,5	6,632185	603,6	6,988541	648	7,280742	687,9
6,251052	556,2	6,652635	605,4	7,003705	650	7,287453	688,9
6,26973	558,5	6,667981	606,6	7,014768	650,9	7,305505	690,5
6,273977	560,1	6,687618	608	7,025564	653,6	7,295555	692,1
6,289016	562,6	6,692051	610,6	7,033664	654,5	7,317878	693,6
6,305077	564,2	6,704846	611,7	7,047719	656,4	7,326537	694,9
6,322104	565,5	6,7212	614,9	7,062265	657,8	7,347278	695,8
6,35181	568,8	6,7378	615,7	7,074081	658,8	7,351496	697,8
6,368604	570,2	6,746629	617,1	7,083266	661	7,364189	699
6,380426	572,1	6,762128	619,5	7,093284	662,1	7,373288	700,5
6,400183	574,6	6,774926	621,3	7,112112	663,2	7,382905	702,2
6,408653	576	6,780228	622,8	7,110853	665,3	7,391366	703,2
6,43074	577,7	6,797098	624,4	7,123834	666,4	7,399053	703,9
6,438542	580	6,814409	625,9	7,136066	668,5	7,401797	707,5
6,447548	581,5	6,82388	627,2	7,151879	669,6	7,401295	709,9
6,47201	584	6,834917	629,1	7,15693	671,7	7,418567	712,4
6,481263	548,5	6,848718	630,4	7,168345	673		

Tabla 4.2

Primeros datos obtenidos manualmente del horno Blue-M fuera de servicio

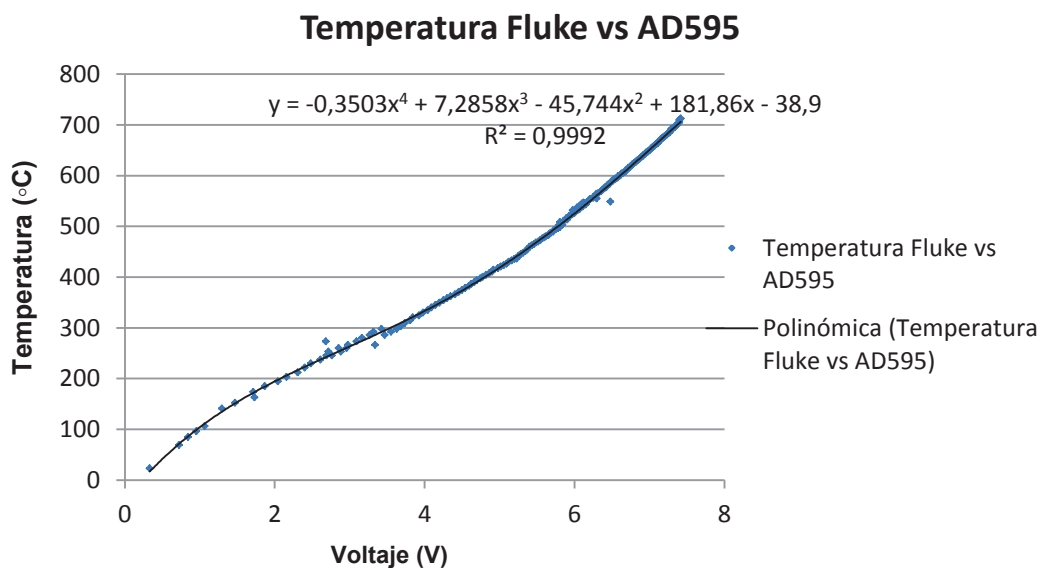


Figura 4.8

Gráfica de temperatura Fluke vs Voltaje de salida del AD595. Linealización polinómica en Excel.

Con la ayuda del programa Excel se procedió a determinar la mejor correlación con los datos del termómetro Fluke, y en este caso al observar el coeficiente de

correlación llamado R^2 se observó un mejor valor con respecto a la ecuación polinomial de cuarto grado.

4.1.4. PRUEBAS DE LA DISTRIBUCIÓN DE CALOR EN LA CÁMARA DEL HORNO

Se determinó que la transferencia de calor por efecto del ventilador que se encuentra dentro de la cámara al girar a diferentes velocidades no era la misma, por lo que fue necesario determinar la frecuencia de movimiento del motor en la cual se puede distribuir mejor el calor y alcanzar la mayor velocidad de calentamiento en la cámara. En la Figura 4.9, se puede observar la medición de temperatura a diferentes velocidades del motor cuando se enciende las resistencias al máximo voltaje permitido (220Vrms).

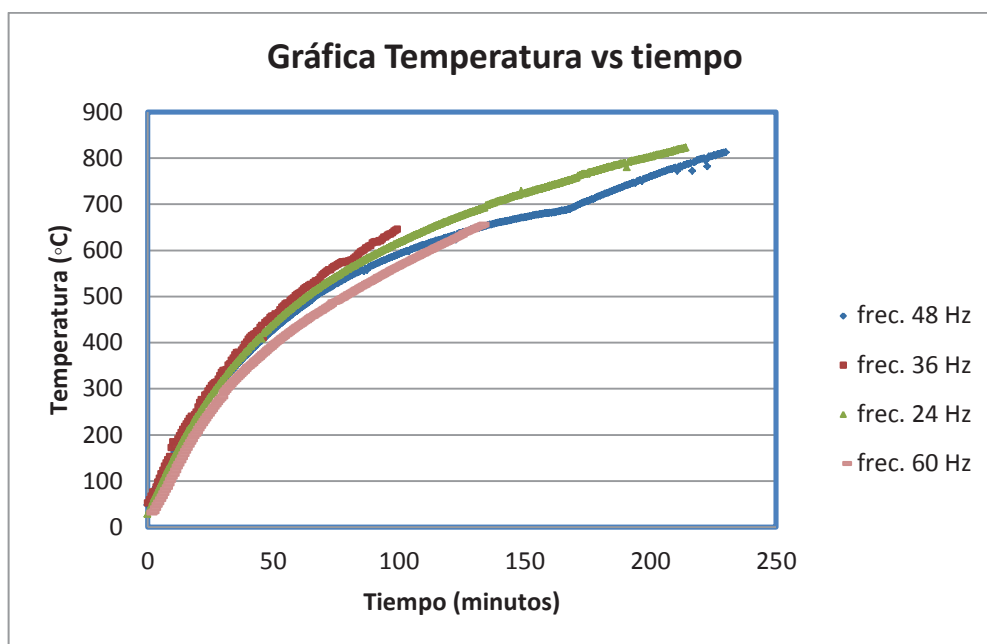


Figura 4.9

Temperatura en el centro del horno vs tiempo para varias velocidades del motor. [Datos Anexo 9]

Se puede observar que la mayor transferencia de calor se ha obtenido a una frecuencia de 36 Hz, esta sería razón suficiente para dejar al motor que gire a esta velocidad de manera constante durante el calentamiento y permanencia de temperatura; sin embargo se ha decidido poner a una frecuencia menor, es decir

a 24 Hz, puesto que de esta manera se reduce el ruido auditivo. Entre otras cosas se observa que la diferencia de calentamiento entre otras velocidades no difiere de manera considerable.

4.2. ANÁLISIS Y PRUEBAS DE LOS CONTROLADORES

4.2.1. AJUSTE Y CALIBRACIÓN DE LOS CONTROLADORES.

Cada controlador fue diseñado a partir de un fundamento teórico que se ha establecido a base de ecuaciones y reglas desarrolladas a través de la investigación de varios autores en los últimos años. Sin embargo en la práctica dichos parámetros teóricos deben ser sintonizados manualmente con la verificación de ciertos requisitos propios de cada sistema realizado durante algunas pruebas.

4.2.1.1 Calibración del controlador PID

Primeramente se procedió a sintonizar los valores del PID a partir de los valores encontrados por medio del Autotuning para PID de Matlab. Para esto se programó en el HMI varias rampas de temperatura como se muestran a continuación en la Figura 4.10.

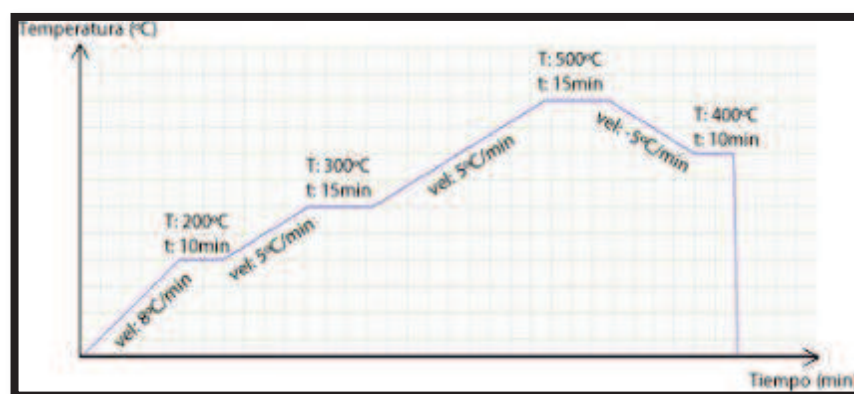


Figura 4.10

Rampas de temperatura (setpoint) programadas en el HMI.

Esta prueba se repitió varias veces, donde se cambiaban los parámetros del controlador a partir de los datos entregados por el autotuning de Matlab, hasta

obtener una respuesta satisfactoria para el proceso como se muestra en la Figura 4.11.

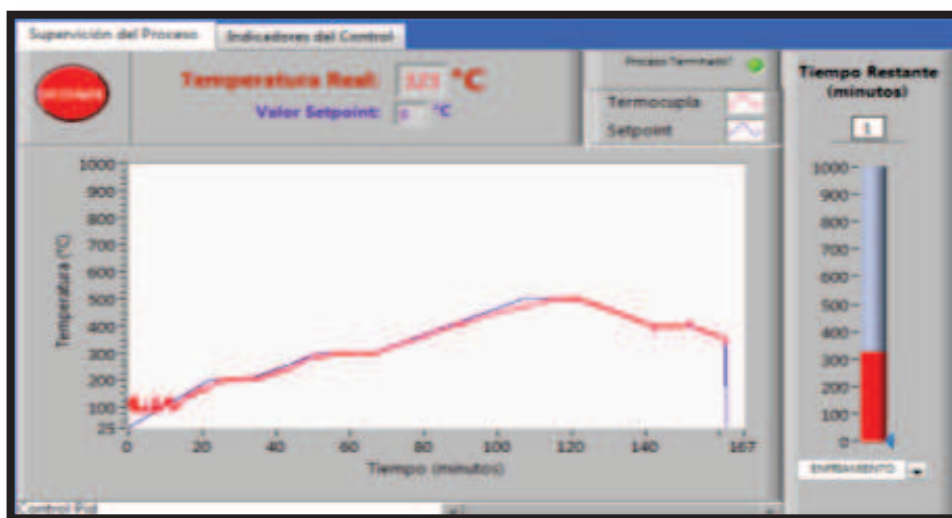


Figura 4.11

Rampas de temperatura con setpoint y valor medido en las últimas calibraciones de los parámetros PID. [Tabla de datos en Anexo 11]

Al finalizar la sintonización manual, los nuevos valores para los parámetros del PID quedaron como se muestra en la Figura 4.12.

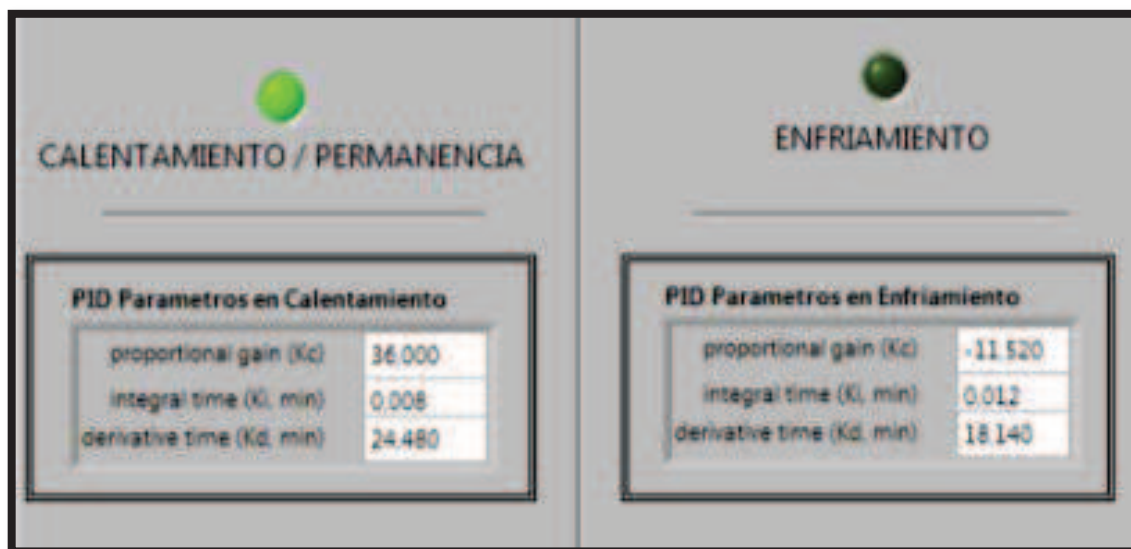


Figura 4.12

Parámetros PID sintonizados.

Adicionalmente se realizaron varias pruebas para revisar que los controladores funcionen óptimamente. Una de estas pruebas es un tratamiento térmico conocido como recocido de alivio de tensiones realizado a varias piezas metálicas, donde es necesario controlar las velocidades de calentamiento y enfriamiento. El procedimiento de esta prueba es la que se muestra en la Figura 4.13:

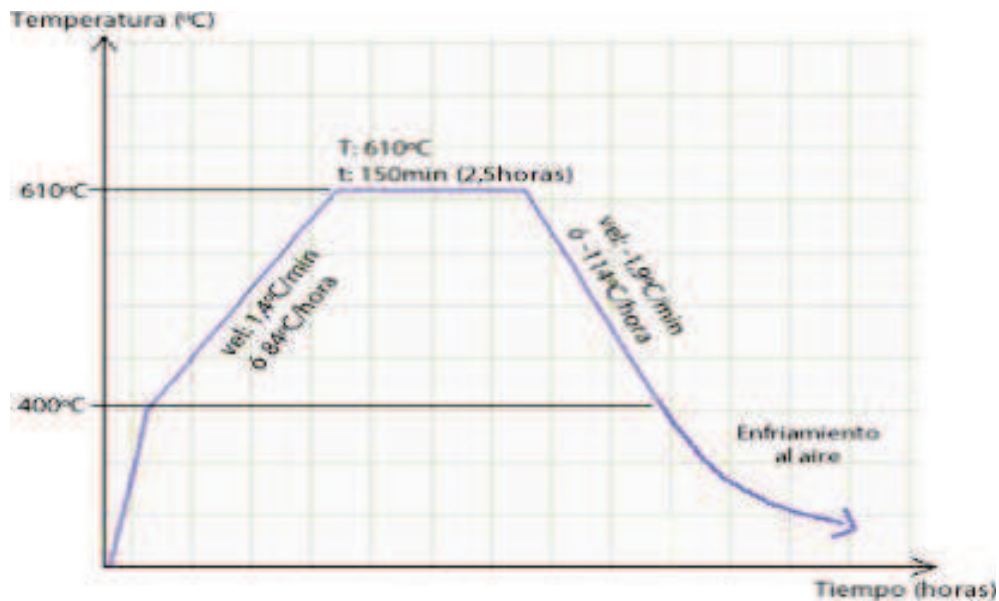
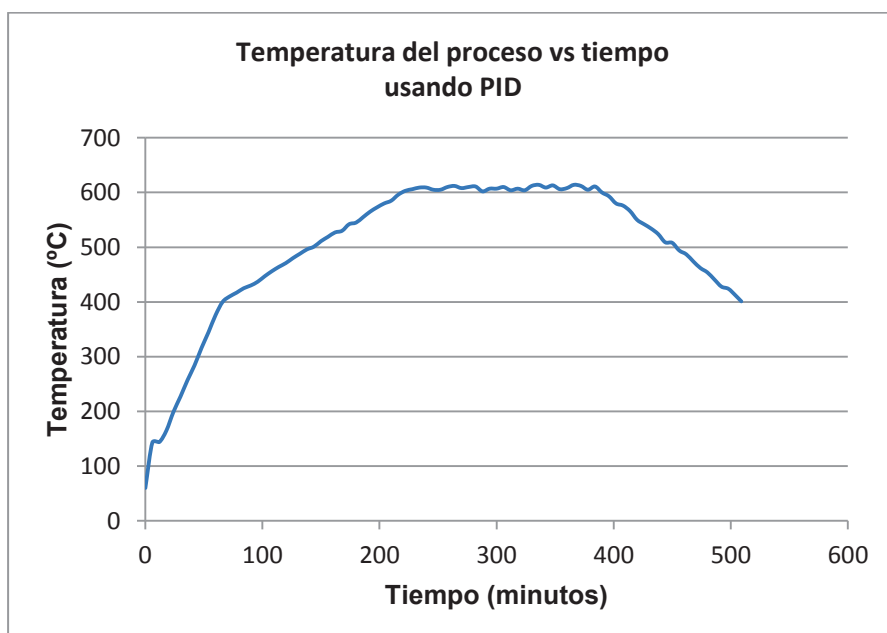


Figura 4.13

Rampas de temperatura vs tiempo para el tratamiento térmico esfuerzo y alivio.

Una vez realizada el procedimiento anterior con el controlador PID, se obtuvieron los siguientes resultados en la Figura 4.14:



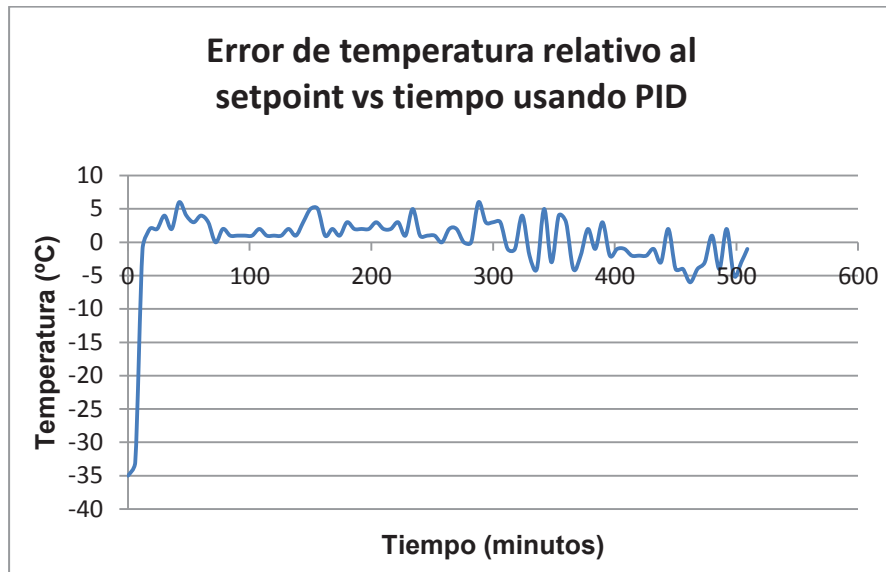


Figura 4.14

Rampas de temperatura con valor medido y error relativo vs tiempo usando el controlador PID.

[Tabla de datos en Anexo 12].

Como se muestra en la Figura 4.14 y como se comprobó en más pruebas , el controlador PID responden muy bien al sistema y los errores aproximados que se producen ($\pm 10^{\circ}\text{C}$) se encuentran dentro de los rangos permitidos para los tratamientos térmicos realizados en el laboratorio.

4.2.1.2 Calibración del controlador DISUSO

El controlador difuso demostró no necesitar muchos ajustes a los parámetros que se han establecido anteriormente ya que el mismo presenta resultados aceptables para el tipo de procesos que se realizarán en el sistema implementado. Sin embargo se han hecho las siguientes calibraciones en dependencia de ciertas características deseadas que se explican a continuación:

a. En la variable de entrada lingüística “error de temperatura” se ha expandido el rango de los términos lingüísticos que se encuentran en los valores negativos de ésta variable (cuando es necesario enfriar el error es en exceso). Se ha hecho esto con el fin de suavizar la señal que ingresa al motor, esto significa que no cambie brusca o continuamente su velocidad a variaciones pequeñas de temperatura. La Figura 4.15 se muestra esta calibración.

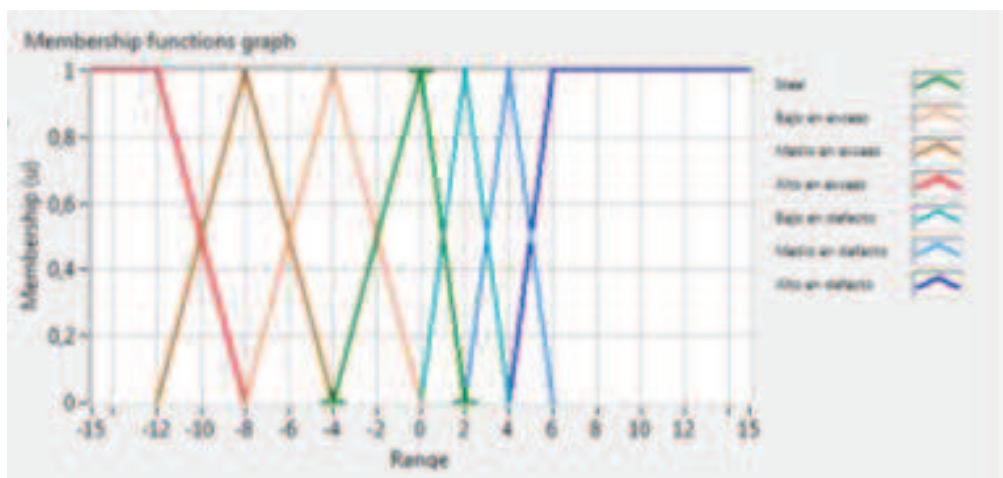


Figura 4.15

Variable lingüística de entrada “error de temperatura” calibrada.

b. Se ha establecido así mismo que la velocidad del motor no llegue hasta su velocidad nominal, que corresponde cuando la variable lingüística de salida “voltaje/velocidad” es igual a 5, ya que esto produce mucho ruido dentro del laboratorio. Por esto se ha dispuesto acortar el rango de valores de los términos lingüísticos de ésta variable lingüística como se muestra en la Figura 4.16.

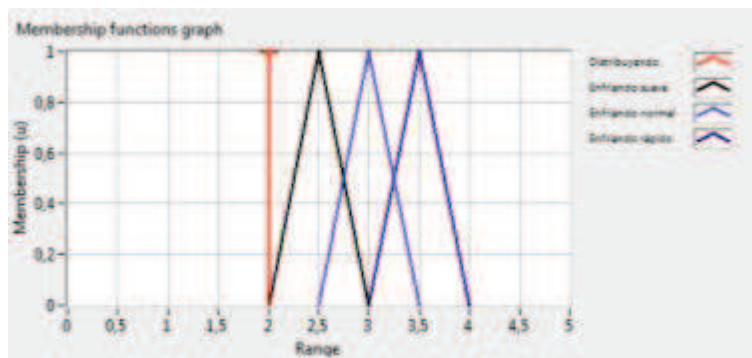


Figura 4.16

Variable lingüística de salida "voltaje/velocidad" calibrada.

4.2.2. ANÁLISIS DE LOS CONTROLADORES PID Y DIFUSO.

Para la comparación de los dos métodos, se procedió a programar y generar desde el HMI las mismas rampas de temperatura mencionadas en la Figura 4.17. Se realizó ésta prueba para cada tipo de controlador.

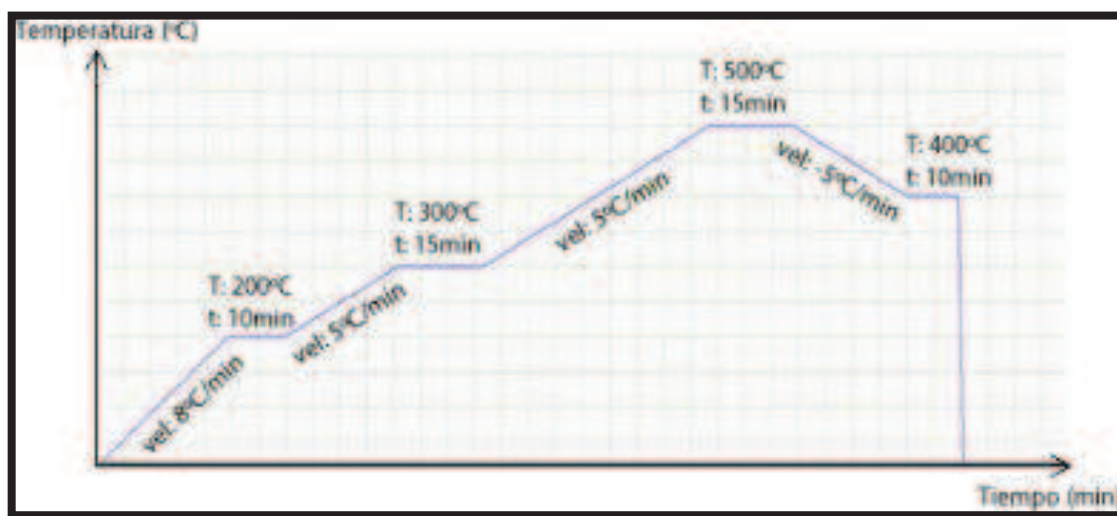


Figura 4.17

Rampas de temperatura vs tiempo utilizando el controlador DIFUSO. [Ver Anexo 13]

Es importante notar que a bajas temperaturas la medida es inestable por el hecho de utilizar un ventilador interno. Se ha comprobado en algunas pruebas que esto sucede aproximadamente hasta los 150°C en donde se homogeniza la temperatura interna del horno.

4.2.2.1 Análisis del controlador DIFUSO

El controlador difuso como se muestra en la Figura 4.18 produce una respuesta satisfactoria al sistema. La variación de temperatura no supera los 30°C en el rango de operación para un tratamiento térmico el cuál para nuestro sistema viene definido desde los 150°C hasta los 700°C.

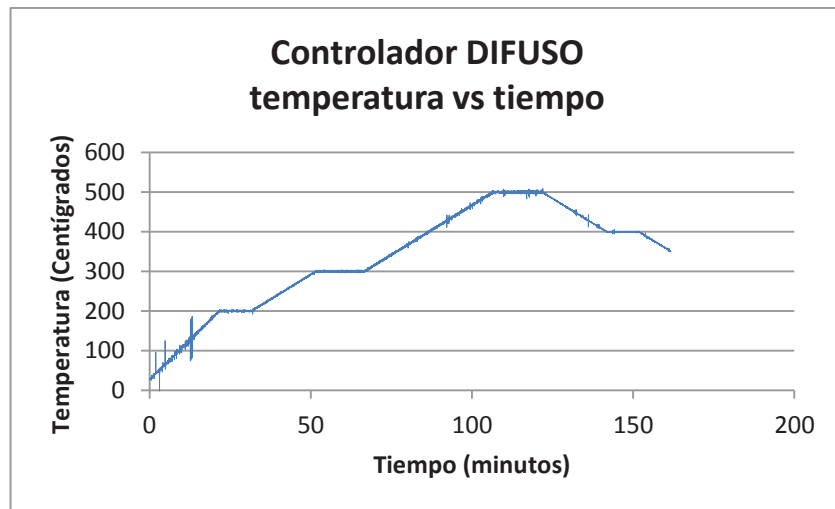


Figura 4.18

Rampas de temperatura vs tiempo utilizando el controlador DIFUSO. [Ver Anexo 13]

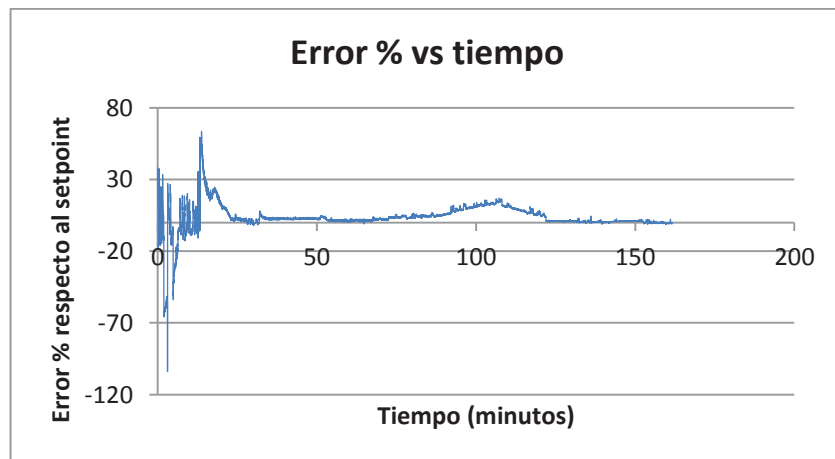


Figura 4.19

Error porcentual vs tiempo del controlador DIFUSO. [Ver Anexo 13]

$$\text{Error: } e = T_{\text{setpoint}} - T_{\text{proceso}} \quad (4.1.)$$

$$\text{Error \%} = \frac{\text{Error}(T_{\text{setpoint}} - T_{\text{proceso}})}{T_{\text{real}}} * 100 \quad (4.2.)$$

En total y obteniendo un promedio se tiene un error de 3,68%, lo cual demuestra la eficiencia de este tipo de controlador para este tipo de sistemas. Si se toma la desviación estándar como la siguiente fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (e_i - \bar{e})^2} \quad (4.3.)$$

σ : desviación estándar

N : número de datos, para esta prueba el valor es 10127

e_i : Los distintos valores de errores tomados

\bar{e} : El valor promedio de todos los valores de error tomados

Este valor nos permite ver la desviación de los datos con respecto al valor promedio, que en este caso es de 18,50 °C, lo cual es aceptable ya que en diferentes bibliografías sobre tratamientos térmicos se recomienda un desfase máximo de 40 a 80°C.

Se puede observar que el error es más alto en el instante de inicio hasta que toda la temperatura del horno se homogenice así como al inicio de la etapa de establecimiento.

4.2.2.2 Análisis del controlador PID

Realizando la misma prueba del controlador anterior se obtuvieron los siguientes resultados para PID. Los resultados se los puede observar en las Figuras 4.20 y 4.21 respectivamente.

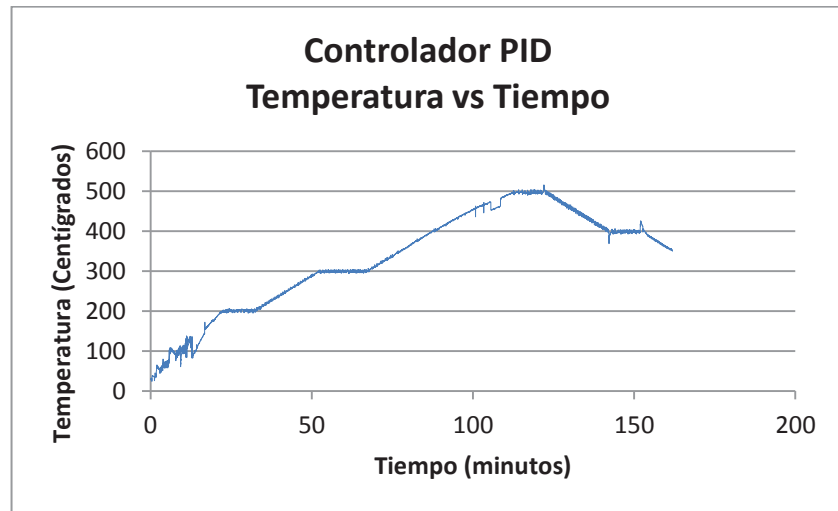


Figura 4.20

Rampas de temperatura vs tiempo utilizando el controlador PID. [Ver Anexo 14]

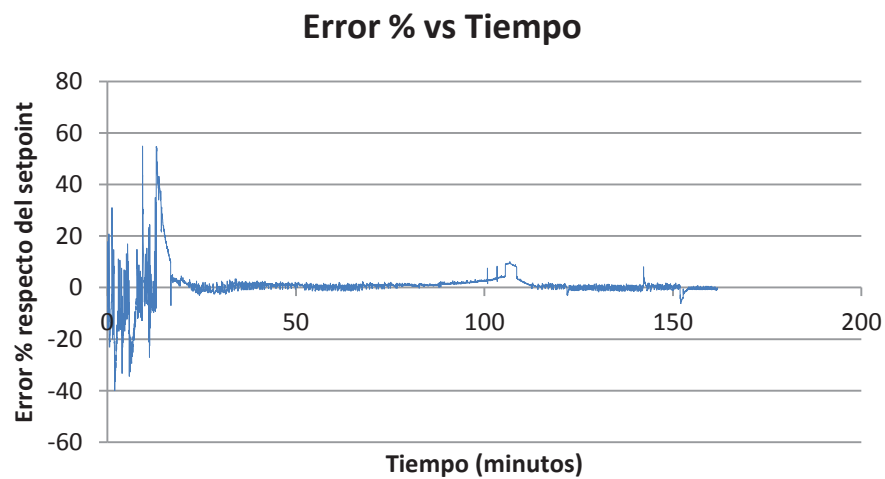


Figura 4.21

Error porcentual vs tiempo del controlador PID. [Ver Anexo 14]

Como se puede observar el mayor error que también se produce en este controlador es la iniciar el proceso, en temperaturas bajas de hasta los 150°C aproximadamente. Este tipo de controlador es muy eficaz también para el proceso. Calculando el error porcentual promedio con la fórmula (4.3.) se obtiene 0,64%, y la variación estándar es de 9,17°C; lo cual indica ser más preciso que el controlador difuso implementado.

4.2.3. PRUEBA DE FIABILIDAD DEL SISTEMA DE TEMPERATURA.

Para corroborar que efectivamente se esté llegando a la temperatura indicada y con las velocidades establecidas, se procedió a realizar un tratamiento térmico específico, con el cuál se obtienen ciertas propiedades si se lo realiza correctamente. Teóricamente se debe cumplir como se muestra en la Figura 4.22.

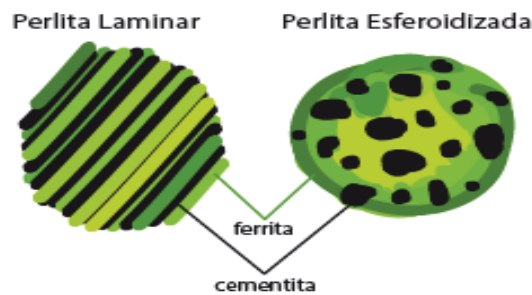


Figura 4.22

Esquema de la estructura de la perlita laminar y la perlita esferoidizada.

El tratamiento térmico realizado es un recocido esferoidizante, el cual permite la transformación de la perlita laminar en perlita esferoidizada. Esto sirve para mejorar la maquinabilidad del acero.

El régimen de recocido para obtener la perlita granular o esferoidizada se lo realiza por medio de calentamiento variando periódicamente la temperatura en las proximidades de $TA1 = 723^{\circ}C$, como se muestra en la Figura 4.23:

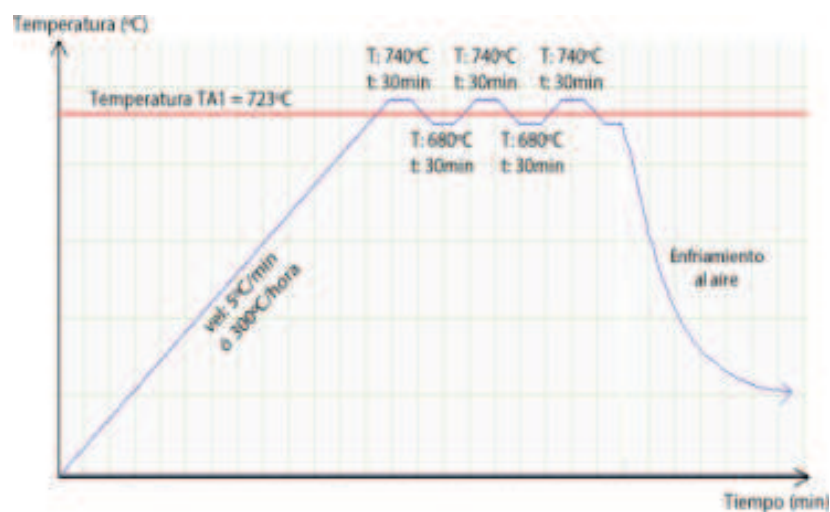


Figura 4.23

Tratamiento térmico; recocido esferoidizante.

Al requerir este tratamiento de varias rampas de calentamiento y enfriamiento con pequeños períodos de permanencia a las temperaturas altas y bajas, se puede comprobar la fidelidad del sistema de temperatura.

Este tratamiento se lo realizó a una probeta de acero AISI 1045. Para el control de las rampas de temperatura de este tratamiento térmico se utilizó el controlador PID.

En la Figura 4.24 se puede observar el resultado del tratamiento térmico realizado.

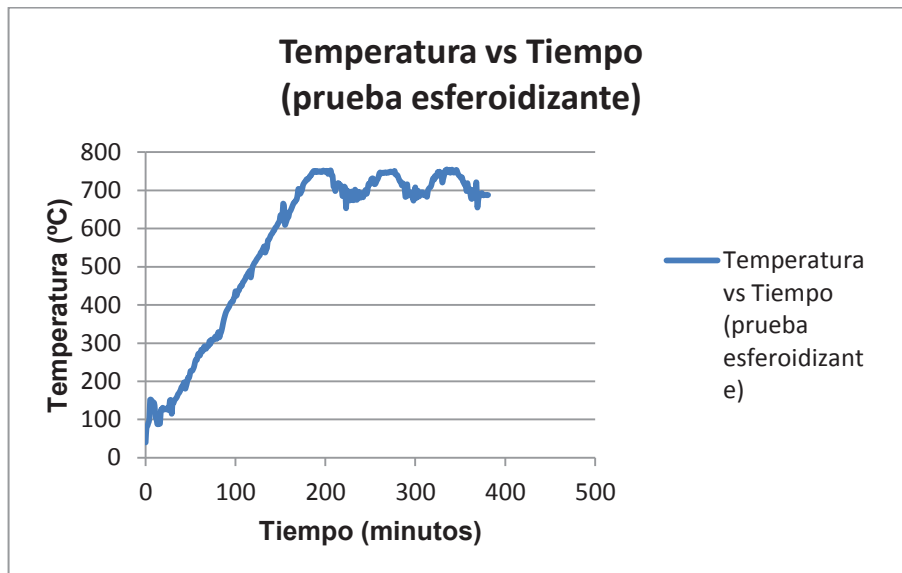


Figura 4.24

Recocido esferoizante realizado. Datos [Ver Anexo 15].

Una vez concluido el recocido esferoizante se procedió a preparar la probeta para ser sometida a un ensayo metalográfico. Se utilizó otra probeta testigo (acero sin tratamiento), para comparar las imágenes de sus microestructuras. Esto se puede observar en la Figura 4.25.

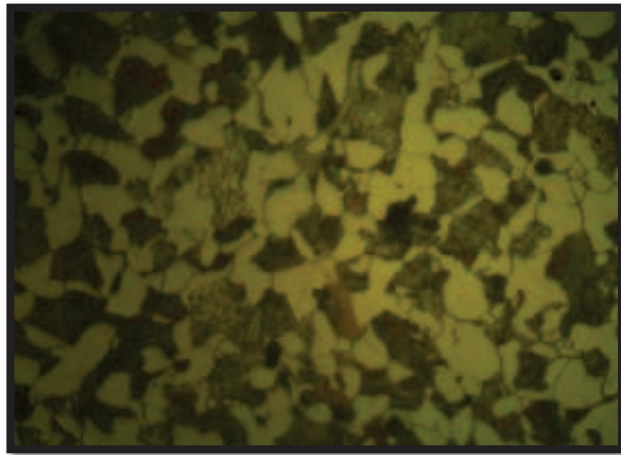


Figura 4.25

Microestructura de la probeta sin tratamiento térmico a 500x.

A continuación se realizó la metalografía a la probeta tratada, y se constató la formación de esferas perlíticas; concluyendo que la dureza obtenida es inferior a la del metal base y se confirmó la fiabilidad del sistema implementado. Esto se puede observar en la Figura 4.26

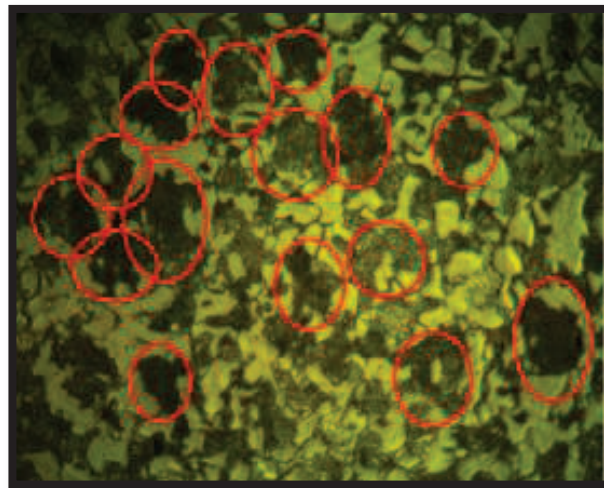


Figura 4.26

Microestructura de la probeta después del recocido de esferoidización a 500x.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se ha rediseñado y construido un sistema de control para el horno Blue-M del laboratorio de tratamientos térmicos. El nuevo sistema permite realizar tratamientos de recocidos con gran precisión ($\pm 10^{\circ}\text{C}$ de error) para este tipo de procesos; y la automatización de sus componentes hace de éste equipo un horno de última tecnología capaz de controlar velocidades de calentamiento y enfriamiento.
- El horno Blue-M de la Escuela Politécnica Nacional cuenta con un nuevo controlador electrónico; un sistema integrado para abrir y cerrar la tapa de escape del calor automáticamente; nuevas mantas térmicas y dispositivos como el variador de velocidad y el SSR los cuáles en conjunto alargan la vida útil del horno y mejoran su eficiencia.
- Los tratamientos térmicos son técnicas muy utilizadas por la industria moderna para mejorar las propiedades de los metales según vaya a ser su uso. Existe una variedad de tratamientos térmicos en dependencia de la propiedad que se desea modificar a la aleación hierro – carbono (aceros). Un tipo de estos tratamientos térmicos conocido como recocido, requiere adicionalmente un control en la velocidad de enfriamiento. Gracias al sistema de control de temperatura implementado en el horno Blue-M, se puede realizar en el laboratorio recocidos que permiten experimentar el comportamiento del hierro – carbono en éste tipo de procesos.
- La investigación e incorporación de conocimiento sobre los tratamientos térmicos ha sido estrictamente necesario para entender el proceso para el cuál se rediseñó el horno Blue-M. Valores de temperatura, velocidades y tiempos que se establecen en éstos tratamientos térmicos encaminaron algunas características

del nuevo controlado. Un ejemplo de esto sucede al establecer el rango de velocidades para el calentamiento y para el enfriamiento, donde se consideró el rango de temperaturas para controlar dichas velocidades. Para los tratamientos térmicos que se realizan en el horno repotenciado es necesario controlar dichas velocidades a partir de los 300°C, es por esto que se han establecido las velocidades medias que el horno presenta en altas temperaturas como las velocidades máximas.

- De la experiencia alcanzada en este proyecto, se puede ver que en los resultados obtenidos, tanto del control difuso como del controlador PID proveen una respuesta satisfactoria, rápida y estable para el sistema, incluso cuando éste es sometido a diferentes perturbaciones.
- La comparación entre los dos tipos de controladores implementados se ha establecido en los siguientes parámetros:

Estabilidad:

- Durante las operaciones de funcionamiento ambos controladores funcionan adecuadamente en el rango para los tratamientos térmicos que se realizan en el horno Blue-M restablecido.

Dificultad de implementación:

- El principal inconveniente que sostiene el control PID es la necesidad de contar con el modelo matemático de la planta. Esto es posible resolverlo utilizando una función de transferencia que entregue una respuesta aproximada al comportamiento experimental de la planta. Al utilizar éste método es necesario corroborar que la función de transferencia a compensar sea la más inestable. La posibilidad de utilizar herramientas computacionales como Ident de Matlab para encontrar una función de transferencia aproximada es tan útil como el utilizar el Autotuning de Matlab para encontrar los parámetros PID.

- El controlador difuso tiene la ventaja de no requerir el modelo matemático de la planta. Esta ventaja incrementa cuando existe más de una variable de entrada o salida en el sistema. Sin embargo a pesar de ser relativamente fácil una vez entendida su lógica, cae en la necesidad del uso preciso de normas y reglas de los sistemas difusos e incluso de cierto discernimiento que se adquiere al conocer los resultados que se desean.
- Al realizar las pruebas se pudo observar que fue necesario tomar precauciones tales como las diferentes protecciones para evitar el ruido eléctrico, calibrar el valor de la temperatura, y comprobar los tratamientos térmicos que se pueden realizar en este horno.
- Hay que señalar que la parte de acondicionamiento es muy importante para los controladores, ya que una entrada errónea provoca en los controladores una acción también errónea.
- Al diseñar el HMI, se buscó cumplir las necesidades que presenta los tratamientos térmicos, es decir programar rampas de velocidad positiva y negativa y también de tiempos de establecimiento de temperaturas. Además se buscó dar características que puedan dar una mejor apreciación del proceso como puede ser el registro de datos, la verificación del error con respecto al setpoint, y monitoreo de la planta en tiempo real.
- Es importante señalar la gran ventaja y facilidad que representa trabajar con la herramienta de lógica difusa que posee LabVIEW, debido a que el fuzzy toolbox de LabVIEW, a través de su interfaz (Fuzzy Set Editor), permite fácilmente diseñar y editar las funciones de membresía para cada variable lingüística, así mismo, a través de su interfaz (Rule Base Editor), se puede ingresar directamente la base de reglas y escoger el método de defusificación que se desee implementar, así como de simular el sistema difuso. Sin embargo también es importante tener en cuenta la carga computacional que representa el utilizar estas herramientas.

9.1. RECOMENDACIONES

- Para realizar una operación óptima del equipo se recomienda seguir rigurosamente los procedimientos indicados en el manual de operación que se encuentra en el anexo 14.

- Para el buen funcionamiento del horno y prolongar su vida útil se realizan las siguientes recomendaciones:
 - No exceder un tiempo de uso continuo mayor a 10 horas.
 - Utilizar un ventilador externo para refrigerar el motor en procesos térmicos de larga duración (mayor a 6 horas).
 - Se debe asegurar que la tarjeta DAQ haya sido reconocida por la computadora antes de encender la planta.
 - Precautelar siempre el encendido del ventilador del tablero de control.
 - Deshabilitar la hibernación del computador.

- Para evitar ruidos eléctricos o emisiones electromagnéticas, se debe buscar eliminar las fuentes de éste y atenuar su efecto, por ejemplo fue indispensable poner protecciones como filtros, cables blindados y jaulas de Faraday, así también un cable a tierra conectado al sistema. Se recomienda usar adicionalmente filtros por software.

- Se puede utilizar indistintamente uno de los dos controladores en el funcionamiento del horno Blue-M; sin embargo se debe tomar en cuenta que el controlador PID depende de las propiedades del horno (planta); por lo tanto si se realiza algún cambio en su interior o han pasado muchos años desde ésta restauración (desgaste en las resistencias de calentamiento), se recomienda ajustar los parámetros del PID. Esto no sucede con el controlador DIFUSO.

- Se recomienda la construcción de alerones que permitan disipar de mejor manera el calor del motor trifásico. A pesar de que el motor tiene un sistema de enfriamiento propio, este es insuficiente, ya que se observa que a partir de

determinado tiempo de uso, éste motor alcanza temperaturas cercanas a 100°C (mediciones hechas con un pirómetro). Es recomendable encontrar algún método que enfríe un poco más a este motor como por ejemplo colocar un ventilador externo cuando el tiempo de operación vaya a ser mayor a seis horas. Así mismo se debe realizar un mantenimiento del motor trifásico cada diez años, puesto que existe un pedido expreso de placa del mismo para proceder con lubricación al menos una vez durante cada período de este tiempo.

- Se debe buscar implementar algún cronograma que permita realizar un mantenimiento preventivo del horno, sobre todo en lo que respecta a la verificación de valores nominales y el cuidado de elementos tales como, las resistencias, la correcta calibración de la termocupla, motores y otros elementos en los cuales pueda existir desgaste.
- Se debe tomar en consideración, que en el inicio del proceso hasta aproximadamente los 150°C, la medida de la temperatura es un poco inestable, puesto que el interior del horno es grande y éste homogeniza su temperatura a dicho valor experimentalmente hallado. El horno Blue-M es un horno de convección donde el aire circula en su cámara interna; cuando el proceso inicia, existen diferencias de temperatura en su interior que se van atenuando poco a poco. Se recomienda también considerar que hasta los 200°C aproximadamente el sistema puede asegurar un enfriamiento controlado y adecuado a cualquier velocidad; sin embargo, bajo éste valor hallado también experimentalmente, la velocidad de enfriamiento empieza a bajar rápidamente ya que cada vez es más lento y difícil extraer el calor interno puesto que, éste calor es el que se ha acumulado en el horno ya sea en la estructura, paredes externas, puertas, etc; siendo estos lugares imposibles de enfriar con el sistema disponible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Tecnología Industrial II; Bloque 1; Tema 3: Tratamientos Térmicos.pdf; página 1.
http://www.tecnosefarad.com/wp-content/archivos/bach_2/materiales/T3_tratamientos_termicos.pdf
- [2] Fundación Ascamm Centro Tecnológico, Tratamientos Térmicos.pdf, página 2.
<http://es.scribd.com/doc/3919885/Tratamientos-termicos-1>
- [3] Manual Tratamientos Térmicos.pdf, AGA, Argentina, 1995, Sección A, páginas 3,4.
<http://www.4shared.net/download/12mY3Gib5MS1ITK7Z0Clfo>
- [4] Manual Tratamientos Térmicos.pdf, AGA, Argentina, 1995, Sección A, página 6.
<http://www.4shared.net/download/12mY3Gib5MS1ITK7Z0Clfo>
- [5] <http://en.wikipedia.org/wiki/Quenching>
- [6] [http://en.wikipedia.org/wiki/Tempering#Tempering in steel](http://en.wikipedia.org/wiki/Tempering#Tempering_in_steel)
- [7] [http://en.wikipedia.org/wiki/Tempering_\(metallurgy\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Tempering_(metallurgy))
- [8] Máquinas eléctricas y sistemas de potencia, Eficiencia y calentamiento de máquinas eléctricas. Théodore Wild, páginas 127, 128.
- [9] http://complubot.educa.madrid.org/pre/modifica_servo_G5511AM_RC
- [10] Ayuda de Labview. NI-USB 6009. Device Terminals help.
- [11] Creus A. Instrumentación Industrial, Alfa Omega, Marcomo, 6 edición, pág. 240
- [12] <http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/8166630BD6965EEA86256FDD0052E89C>
- [13] Página del AD595: http://www.me.psu.edu/rahn/me462/AD594_5_c.pdf
- [14] Electrónica industrial moderna. Timothy J. Maloney, páginas 494, 495.
- [15] <http://cableselec.com/descargas/thhn/THHN-Cabel.pdf>
- [16] Hoja de datos del 4N35. <http://measure.feld.cvut.cz/groups/edu/osv/4n35.pdf>
- [17] Manual del variador de velocidad Sinamics G110:
http://cache.automation.siemens.com/dnl/zlxMDE4NQAA_18947608_HB/G110_COM_18947608%20_sp_0404.pdf
- [18] Manual Fuzzy Logic de Labview

ANEXOS

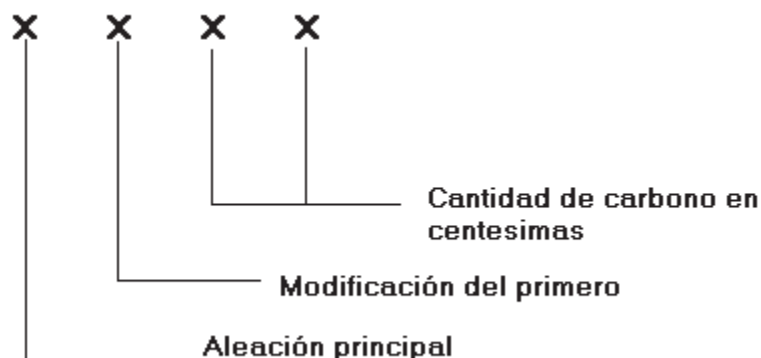
ANEXO 1: NORMAS AISI - SAE

CLASIFICACION AISI-SAE DE LOS ACEROS

La clasificación es la identificación específica de cada grado, tipo, o clase de acero dado por un número, letras, símbolos, nombre, o su combinación para la completa designación de un acero en particular. Dentro de la industria esta clasificación tiene una vital importancia y un uso específico por ejemplo el grado es usado para denotar la composición química, el tipo es usado para indicar el nivel de desoxidación, y la clase es usada para describir alguna otra cualidad, como el nivel de resistencia o una superficie pulida etc.

En 1912, la sociedad norteamericana de ingenieros automotores (SAE) promovió una reunión de productores y consumidores de aceros, para establecer una nomenclatura de la composición de los aceros. Más tarde, el instituto norteamericano del hierro y el acero, AISI, tomo la nomenclatura de la SAE y la expandió.

En el sistema AISI-SAE, los aceros se clasifican con cuatro dígitos. El primer dígito especifica la aleación principal, el segundo modifica al primero y los dos últimos dígitos, dan la cantidad de carbono en centésimas. En algunos aceros al cromo de alto carbono hay números de cinco dígitos, los tres últimos dan el porcentaje de carbono.



En la siguiente tabla se muestra la clasificación según AISI-SAE varios tipos de aceros:

DESIGNACIÓN	TIPO
10XX	Aceros ordinarios al carbón
11XX	Aceros al carbono re sulfurados de fácil maquinado
13XX	Aceros con 1.75% de Mn (1.5-2%)
15XX	Aceros al manganeso (1.0-1.65%)
23XX	Aceros al níquel, 3.5% de Ni (3.25-3.75%)
25XX	Aceros al níquel, 5% de Ni (4.75-5.25%)
31XX	Aceros al níquel-Cromo, 1.25% Ni y 0.65% Cr
33XX	Aceros al níquel-Cromo, 3.5% Ni y 1.60% Cr
40XX	Aceros al molibdeno, 0.25% Mo.
41XX	Aceros con Cr (0.4-1.2%), Mo (0.08-0.25%)
43XX	Aceros al Ni-Cr-Mo (1.8%Ni, 0.65%Cr, 0.25%Mo)
44XX	Molibdeno, (0.4-0.53%)

DESIGNACIÓN	TIPO
45XX	Molibdeno, (0.55%)
46XX	Níquel- Molibdeno, (1.8%Ni, 0.2%Mo)
47XX	Níquel- Cromo- Molibdeno, (1.05%Ni, 0.45%Cr, 0.2%Mo)
48XX	Níquel- Molibdeno, (3.5%Ni, 0.25%Mo)
50XX	Aceros al Cromo (bajo cromo, 0.28-0.40%)
51XX	Medio Cromo, (0.8-1.05%)
50XXX	Acero resistente al desgaste, 0.5%Cr
51XXX	Acero resistente al desgaste, medio Cr 1%
52XXX	Acero resistente al desgaste, alto Cr 1.45%
61XX	Aceros al Cromo-Vanadio, (0.75% Cr, 0.15%V)
8XXX	Aceros de triple aleación
81XX	0.3%Ni, 0.4%Cr, 0.12%Mo
86XX	0.55%Ni, 0.50%Cr, 0.20%Mo
87XX	0.55%Ni, 0.50%Cr, 0.25%Mo
88XX	0.55%Ni, 0.50%Cr, 0.35%Mo
92XX	Acero al Silicio-Manganeso, (2%Si y 0.8%Mn)
93XX	Aceros de triple aleación, 3.25%Ni, 1.2%Cr, 0.12%Mo
98XX	Aceros de triple aleación, 1%Ni, 0.8%Cr, 0.25%Mo
XXBXX	Aceros con Boro, (mínimo 0.0005% B)
50BXX	0.5%Cr
51BXX	0.8%Cr
81BXX	0.3%Ni, 0.45%Cr, 0.12%Mo
XXBVXX	Acero al Boro-Vanadio
XXLXX	Acero con plomo
XXXH	Acero con banda de templabilidad
EX	Nuevos tipos de acero con designación temporal

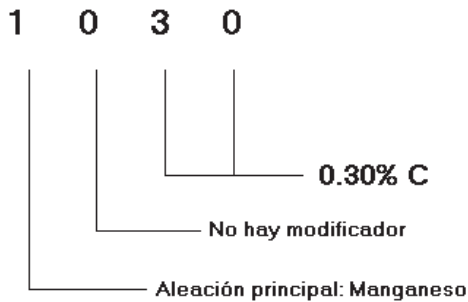
Debido al desarrollo de aceros multicomponentes, hay muchos aceros que no se encontraban en el sistema original. Las convenciones para el primer dígito son:

IDENTIFICADOR	ALEANTE
1.	MANGANESO
2.	NIQUEL
3.	NIQUEL-CROMO Principal aleante el cromo.
4.	MOLIBDENO
5.	CROMO
6.	CROMO-VANADIO Principal aleante el cromo
7.	NIQUEL-CROMO-MOLIBDENO Principal aleante el molibdeno.
8.	NIQUEL-CROMO-MOLIBDENO Principal aleante el níquel

Se observa entonces que si el primer número es 1 se sabe que es un acero al carbono; si el dígito siguiente es el 0, o sea que la designación es 10XX, se trata de un acero ordinario al carbono; así 1030 significa un acero ordinario al carbono con 0.30%C. Si el segundo dígito es uno, la designación es 11XX y significa que se trata de un acero re sulfurado, es decir, se le añadió azufre para hacerlo más maquinable, por ejemplo, el acero SAE 1108. Si el segundo dígito es 3, la designación es 13XX y se trata de un acero con contenido de manganeso entre 1.5 y 2%, por ejemplo, el SAE 1330.

Si el primer dígito es 2, se trata de acero al níquel, por ejemplo, el acero SAE 23XX que es un acero con 3.5% de Ni. Si el primer dígito es 3, se está señalando un acero al Ni-Cr, por ejemplo, el acero SAE 31XX con 1.25% de Ni y 0.65% de Cr.

Ejemplo:



Acero ordinario al carbono con 0.30% de carbono.

Como el proceso de fabricación de acero afecta los elementos residuales, tales como óxidos, sulfuros, silicatos, nitruros; los que a su vez afectan las propiedades del acero, a veces se añade una letra como prefijo al número AISI-SAE:

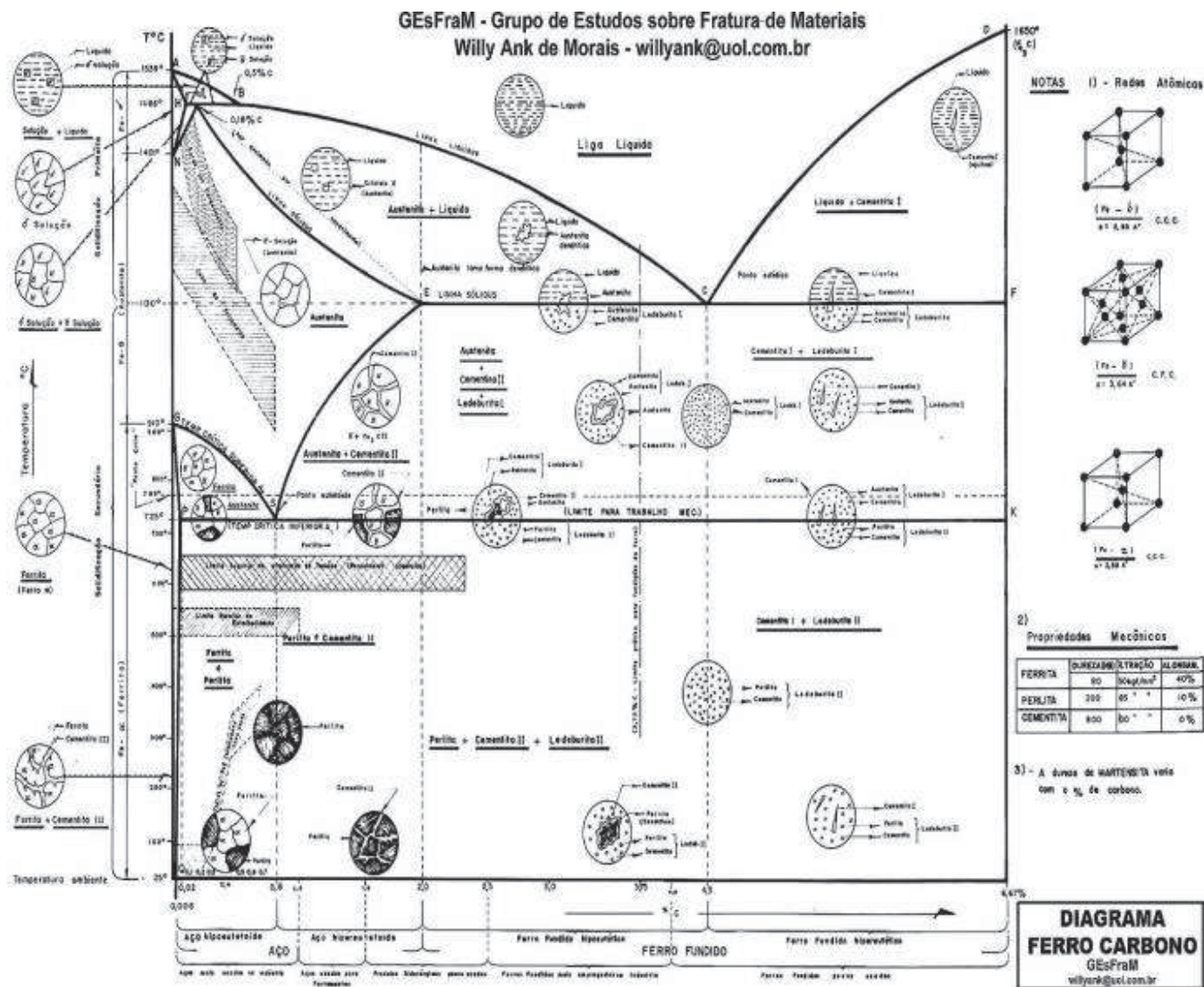
LETRA	PROCESO DE FABRICACIÓN
A	Acero Siemens Martins básico aleado
B	Acero al carbono, Bessemer
C	Acero al carbono, Siemens Martins básico
CB	Acero al carbono, Bessemer o Thomas
D	Acero Siemens Martins ácido
E	Acero de horno eléctrico
MT	Acero al carbono S-M básico, para tubos.

En general, los aceros 10XX de bajo carbono, de 1005 a 1025, se usan para cementación y para la fabricación de láminas. Los aceros 1015 a 1025 se usan como estructurales en vigas, placas, perfiles, ángulos, etc, con propósitos de construcción. Los aceros 11XX son de corte libre, pues se añaden hasta 0.33% de azufre, con el fin de facilitar la producción de partes que no van a soportar muchas tensiones.

Aceros con más de 1.0 de Manganeso, aceros 13XX, desarrollan ductilidad y resistencia y son superiores a los aceros ordinarios al carbono.

Las propiedades de los aceros dependen de la acción de los aleantes presentes.

ANEXO 2: DIAGRAMA HIERRO - CARBONO



ANEXO 3: SERVOMOTOR HITEC 311

HS - 311 Standard

Detailed Specifications

Control System: +Pulse Width Control 1500usec Neutral

Required Pulse: 3-5 Volt Peak to Peak Square Wave

Operating Voltage: 4.8-6.0 Volts

Operating Temperature Range: -20 to +60 Degree C

Operating Speed (4.8V): 0.19sec/60° at no load

Operating Speed (6.0V): 0.15sec/60° at no load

Stall Torque (4.8V): 42 oz/in (3.0 kg/cm)

Stall Torque (6.0V): 49 oz/in (4.5 kg/cm)

Current Drain (4.8V): 7.4mA/idle, 160mA no load operating

Current Drain (6.0V): 7.7mA/idle, 180mA no load operating

Dead Band Width: 5usec

Operating Angle: 40° one side pulse traveling 400usec

Direction: Clockwise/Pulse Traveling 1500 to 1900usec

Motor Type: Cored Metal Brush

Potentiometer Drive: 4 Slider/Direct Drive

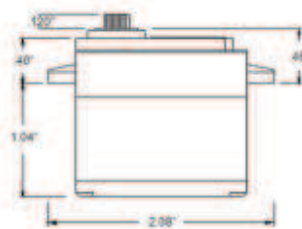
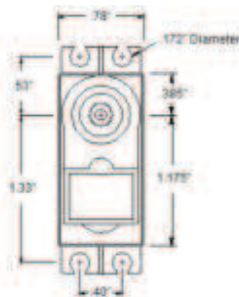
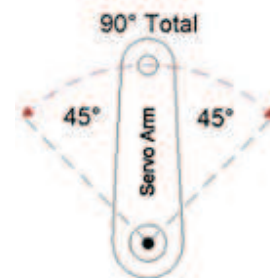
Bearing Type: Top/Resin Bushing

Gear Type: Nylon

360 Modifiable: [Yes](#)

Connector Wire Length: 11.81" (300mm)

Weight: 1.52oz (43g)



ANEXO 4: DAQ USB 6009



Ventas
Ecuador
512-683-0100
orders@ni.com

NI USB-6009

DAQ Multifunción de Bajo Costo de 14 Bits, 48 kS/s

- 8 entradas analógicas (14 bits, 48 kS/s)
- 2 salidas analógicas (12 bits a 150 S/s), 12 E/S digitales; contador de 32 bits
- Energizado por bus para una mayor movilidad, conectividad de señal integrada
- La versión OEM está disponible
- Compatible con LabVIEW, LabWindows/CVI y Measurement Studio para Visual Studio .NET
- Software controlador NI-DAQmx y software interactivo NI LabVIEW SignalExpress LE para registro de datos



Número de Parte	779026-01
Sistema Operativo/Objetivo	Linux , Mac OS , Pocket PC , Windows
Familia de Productos DAQ	Serie B
Tipos de Medida	Voltaje
Compatibilidad con RoHS	Sí
Entrada Analógica	
Canales	4 , 8
Canales de una sola terminal	8
Canales Diferenciales	4
Resolución	14 bits
Velocidad de Muestreo	48 kS/s
Rendimiento (Todos los Canales)	48 kS/s
Máx. Voltaje de Entrada Analógica	10 V
Rango de Voltaje Máximo	-10 V , 10 V
Precisión Máxima del Rango de Voltaje	138 mV
Rango de Voltaje Mínimo	-1 V , 1 V
Mínima Precisión del Rango de Voltaje	37.5 mV
Número de Rangos	8
Muestreo Simultáneo	No
Memoria Interna	512 B
Salida Analógica	
Canales	2
Resolución	12 bits
Máx. Voltaje de Entrada Analógica	5 V
Rango de Voltaje Máximo	0 V , 5 V
Precisión Máxima del Rango de Voltaje	7 mV
Rango de Voltaje Mínimo	0 V , 5 V
Mínima Precisión del Rango de Voltaje	7 mV
Razón de Actualización	150 S/s

Capacidad de Corriente Simple	5 mA
Capacidad de Corriente Total	10 mA
E/S Digital	
Canales Bidireccionales	12
Canales de Entrada Únicamente	0
Canales de Salida Únicamente	0
Temporización	Software
Niveles Lógicos	TTL
Entrada de Flujo de Corriente	Sinking , Sourcing
Salida de Flujo de Corriente	Sinking , Sourcing
Filtros de Entrada Programables	No
¿Soporta Estados de Encendido Programables?	No
Capacidad de Corriente Simple	8.5 mA
Capacidad de Corriente Total	102 mA
Temporizador Watchdog	No
¿Soporta Protocolo de Sincronización para E/S?	No
¿Soporta E/S de Patrones?	No
Máximo Rango de Entrada	0 V , 5 V
Máximo Rango de Salida	0 V , 5 V
Contadores/Temporizadores	
Número de Contadores/Temporizadores	1
Operaciones a Búfer	No
Eliminación de Rebotes	No
Sincronización GPS	No
Rango Máximo	0 V , 5 V
Frecuencia Máxima de la Fuente	5 MHz
Generación de Pulso	No
Resolución	32 bits
Estabilidad de Tiempo	50 ppm

Niveles Lógicos	TTL
Especificaciones Físicas	
Longitud	8.51 cm
Ancho	8.18 cm
Altura	2.31 cm
Conector de E/S	Terminales de tornillo
Temporización/Disparo/Sincronización	
Disparo	Digital
Bus de Sincronización (RTSI)	No

ANEXO 5: AD595



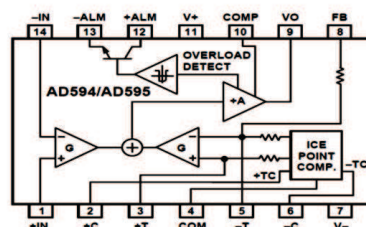
Monolithic Thermocouple Amplifiers with Cold Junction Compensation

AD594/AD595

FEATURES

Pretrimmed for Type J (AD594) or
 Type K (AD595) Thermocouples
 Can Be Used with Type T Thermocouple Inputs
 Low Impedance Voltage Output: 10 mV/°C
 Built-In Ice Point Compensation
 Wide Power Supply Range: +5 V to ±15 V
 Low Power: <1 mW typical
 Thermocouple Failure Alarm
 Laser Wafer Trimmed to 1°C Calibration Accuracy
 Setpoint Mode Operation
 Self-Contained Celsius Thermometer Operation
 High Impedance Differential Input
 Side-Brazed DIP or Low Cost Cerdip

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



PRODUCT DESCRIPTION

The AD594/AD595 is a complete instrumentation amplifier and thermocouple cold junction compensator on a monolithic chip. It combines an ice point reference with a precalibrated amplifier to produce a high level (10 mV/°C) output directly from a thermocouple signal. Pin-strapping options allow it to be used as a linear amplifier-compensator or as a switched output setpoint controller using either fixed or remote setpoint control. It can be used to amplify its compensation voltage directly, thereby converting it to a stand-alone Celsius transducer with a low impedance voltage output.

The AD594/AD595 includes a thermocouple failure alarm that indicates if one or both thermocouple leads become open. The alarm output has a flexible format which includes TTL drive capability.

The AD594/AD595 can be powered from a single ended supply (including +5 V) and by including a negative supply, temperatures below 0°C can be measured. To minimize self-heating, an unloaded AD594/AD595 will typically operate with a total supply current 160 µA, but is also capable of delivering in excess of ±5 mA to a load.

The AD594 is precalibrated by laser wafer trimming to match the characteristic of type J (iron-constantan) thermocouples and the AD595 is laser trimmed for type K (chromel-alumel) inputs. The temperature transducer voltages and gain control resistors

are available at the package pins so that the circuit can be recalibrated for the thermocouple types by the addition of two or three resistors. These terminals also allow more precise calibration for both thermocouple and thermometer applications.

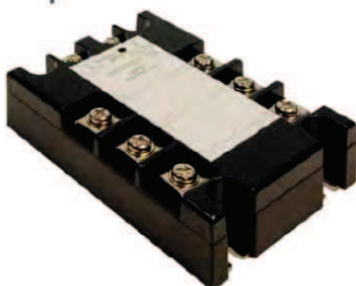
The AD594/AD595 is available in two performance grades. The C and the A versions have calibration accuracies of ±1°C and ±3°C, respectively. Both are designed to be used from 0°C to +50°C, and are available in 14-pin, hermetically sealed, side-brazed ceramic DIPs as well as low cost cerdip packages.

PRODUCT HIGHLIGHTS

1. The AD594/AD595 provides cold junction compensation, amplification, and an output buffer in a single IC package.
2. Compensation, zero, and scale factor are all precalibrated by laser wafer trimming (LWT) of each IC chip.
3. Flexible pinout provides for operation as a setpoint controller or a stand-alone temperature transducer calibrated in degrees Celsius.
4. Operation at remote application sites is facilitated by low quiescent current and a wide supply voltage range +5 V to dual supplies spanning 30 V.
5. Differential input rejects common-mode noise voltage on the thermocouple leads.

ANEXO 6: RELEVADOR DE ESTADO SOLIDO (SSR)

22 Relé trifásico (AC & conmutación en paso por cero)



- » Relé de estado sólido trifásico AC de conmutación en paso por cero.
- » 2 rangos de entrada: 3 - 32 VDC y 90 - 250 VAC.
- » Máxima corriente de carga (AC1 a 25° C): 25, 60, 80, 100, 120 A.
- » Rango de operación: 40 - 530 VAC.
- » Rango de frecuencia: 47- 63 Hz.
- » Máximo pico de tensión no repetitivo: 1.000 Vp.
- » LED de indicación.
- » Tapa protectora extraíble para mayor seguridad (IP 20).

Modelos y referencias

Paso por cero	Tensión de control	Tensión nominal	Intensidad nominal	Referencia
Sí	3 - 32 VDC	40 - 440 VAC	25 A	RS3A0P032DC440025Z
			60 A	RS3A0P032DC440060Z
			80 A	RS3A0P032DC440080Z
			120 A	RS3A0P032DC480120Z
	90 - 250 VAC		25 A	RS3A0P250AC440025Z
			60 A	RS3A0P250AC440060Z
			80 A	RS3A0P250AC440080Z
			100 A	RS3A0P280AC480100Z

Especificaciones

ESPECIFICACIONES GENERALES	Entrada VDC	Entrada VAC
Aislamiento dieléctrico (entre entrada y salida)	2.500 VAC	2.000 VAC
Temperatura de funcionamiento	-25 a 70° C	-40 a 80° C
Temperatura de almacenamiento	-35 a 85° C	-45 a 85° C
Humedad ambiental de funcionamiento	Hasta 85 %	
Marcado CE	Sí	

ESPEC. DE ENTRADA	Entrada VDC	Entrada VAC	
Rango de tensión de control	3 - 32 VDC	90 - 250 VAC	
Máxima corriente de entrada	5/25 mA @= 3 V / 32 V	5/30 mA @= 90 VAC / 250 VAC	15/20 mA @= 90 VAC / 250 VAC (solo RS3A0P250AC530100Z)
Tensión a la conexión	3 VDC	70 VAC	
Tensión a la desconexión	1 VDC	70 VAC	
Máxima tensión inversa	32 VDC	-	
Máx. retardo a la conexión		10 ms	
Máx. retardo a la desconexión		10 ms	

Relé trifásico (AC & conmutación en paso por cero)

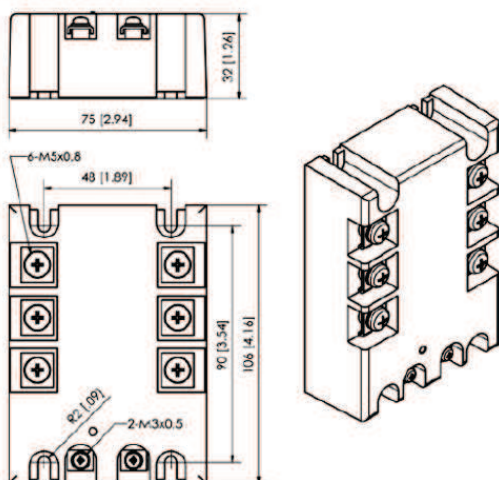


23

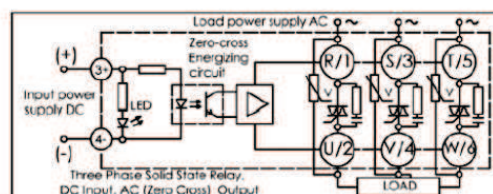
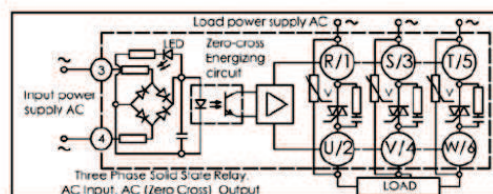
ESPECIFICACIONES DE SALIDA	Entrada VDC			Entrada VAC
Máxima corriente de carga (AC51 @ Ta = 25° C) (AC53a @ Ta = 25° C)	25, 60, 80 A 5, 15, 18 A	120 A 21 A	25, 60, 80 A 5, 15, 18 A	100 A 20 A
Rango de tensión de carga	40 - 440 VAC			40 - 530 VAC
Rango de frecuencia	50 - 60 Hz			47 - 63 Hz
Máximo pico de tensión no repetitivo	930 Vp			1.000 Vp
Máximo pico de corriente no repetitivo (t=10ms)	350 Ap / 25 A 630 Ap / 60 A 910 Ap / 80 A	1.400 Ap	350 Ap / 25 A 630 Ap / 60 A 910 Ap / 80 A	1.100 Ap
Máxima corriente de fuga	10 mA			1 mA
Máx. caída de tensión en funcionamiento	1,6 VAC			1,5 VAC
dv / dt mínima a la desconexión	300 V / useg			
Mínima corriente en la carga	0,1 Arms			
I _{PI} (10 ms) (datos orientativos)	625 A ² s (25 A) 2.025 A ² s (60 A) 4.225 A ² s (80 A) 6.050 A ² s (100 A) 9.800 A ² s (120 A)			

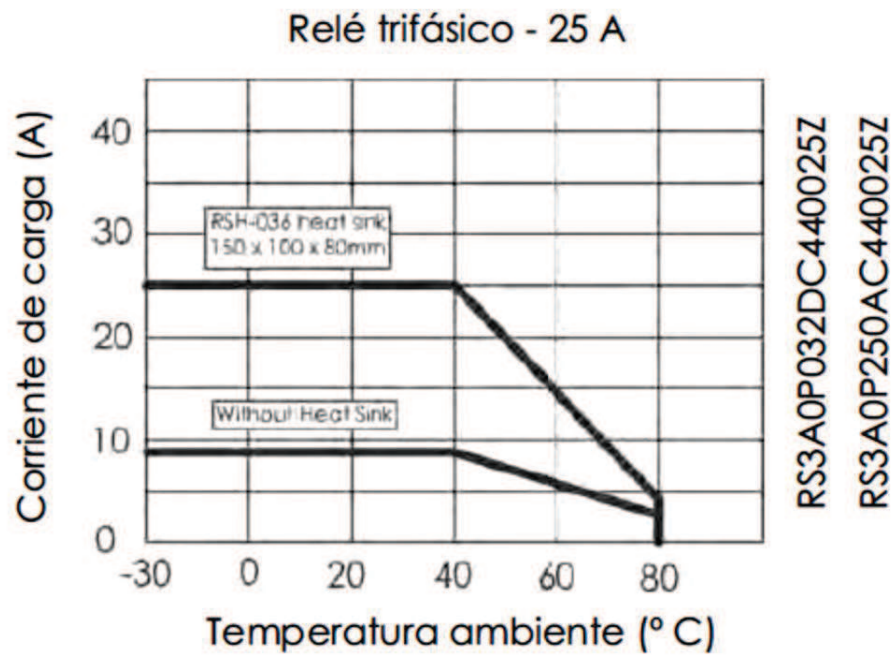
ESPECIFICACIONES DE CARCASA	Entrada VDC	Entrada VAC
Dimensiones (L x A x A mm)	105 x 75 x 32	120 x 85 x 50
Peso	500 g máximo	
Base metálica	Aluminio niquelado	
Par de apriete: boma de control (M3x6)	1,2 Nm	
Par de apriete: boma de alimentación (M5x9)	2,4 Nm	

Dimensiones




Diagramas de circuito






ANEXO 7: 2N3904



FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR*

October 2011

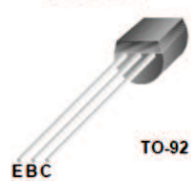


2N3904 / MMBT3904 / PZT3904 NPN General Purpose Amplifier

Features

- This device is designed as a general purpose amplifier and switch.
- The useful dynamic range extends to 100 mA as a switch and to 100 MHz as an amplifier.


2N3904



TO-92

E B C

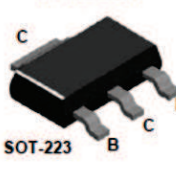
MMBT3904



SOT-23
Mark:1A

C B E

PZT3904



SOT-223

C B E

Absolute Maximum Ratings* $T_a = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage	40	V
V_{CBO}	Collector-Base Voltage	60	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage	6.0	V
I_C	Collector Current - Continuous	200	mA
T_J, T_{stg}	Operating and Storage Junction Temperature Range	-55 to +150	$^\circ\text{C}$

* These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

NOTES:

- 1) These ratings are based on a maximum junction temperature of 150 degrees C.
- 2) These are steady state limits. The factory should be consulted on applications involving pulsed or low duty cycle operations.

Thermal Characteristics $T_a = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Max.			Units
		2N3904	*MMBT3904	**PZT3904	
P_D	Total Device Dissipation Derate above 25°C	625	350	1,000	mW
		5.0	2.8	8.0	$\text{mW}/^\circ\text{C}$
$R_{\theta JC}$	Thermal Resistance, Junction to Case	83.3			$^\circ\text{C}/\text{W}$
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance, Junction to Ambient	200	357	125	$^\circ\text{C}/\text{W}$

* Device mounted on FR-4 PCB 1.6" X 1.6" X 0.06".

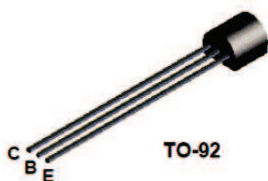
** Device mounted on FR-4 PCB 36 mm X 18 mm X 1.5 mm; mounting pad for the collector lead min. 6 cm^2 .

2N3904 / MMBT3904 / PZT3904 — NPN General Purpose Amplifier

ANEXO 8: 2N3905

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR™

2N3905



PNP General Purpose Amplifier

This device is designed for use as general purpose amplifiers and switches requiring collector currents to 100 mA.

Absolute Maximum Ratings* TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage	40	V
V_{CBO}	Collector-Base Voltage	40	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage	5.0	V
I_C	Collector Current - Continuous	200	mA
T_J, T_{stg}	Operating and Storage Junction Temperature Range	-55 to +150	°C

*These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

NOTES:

- 1) These ratings are based on a maximum junction temperature of 150 degrees C.
- 2) These are steady state limits. The factory should be consulted on applications involving pulsed or low duty cycle operations.

Thermal Characteristics TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Characteristic	Max	Units
		2N3905	
P_D	Total Device Dissipation Derate above 25°C	625	mW
		5.0	mW/°C
$R_{\theta JC}$	Thermal Resistance, Junction to Case	83.3	°C/W
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance, Junction to Ambient	200	°C/W

ANEXO 9: TEMPERATURA VS TIEMPO, PARA VARIAS VELOCIDADES DEL VENTILADOR

Datos adquiridos para una velocidad de 36HZ:

Tiempo (minutos)	Temperatura (°C)
0,0	52,2
0,3	59,5
0,7	67,4
1,0	75,9
1,3	77,8
1,7	87,5
2,0	97,3
2,3	105,6
2,7	115,3
3,3	132,1
3,7	138,9
4,0	146,4
4,3	152,9
4,7	172,8
5,0	184,9
5,3	176,9
5,7	185,1
6,0	191,1
6,3	198,4
6,7	205,2
7,0	212,1
7,7	223,7
8,0	229,3
8,3	235,4
8,7	240,2
9,0	239,0
9,3	244,1
9,7	249,5
10,0	260,8
10,3	270,4
10,7	276,4
11,0	271,7
11,3	285,9
11,7	288,1
12,0	295,4
12,7	306,8
13,3	313,3
13,7	314,9
14,0	320,6

14,3	328,7
14,7	335,3
15,0	339,7
15,3	340,3
15,7	341,3
16,0	351,1
16,3	353,9
17,0	366,3
17,3	373,6
18,0	379,0
18,3	376,3
18,7	383,9
19,0	388,8
19,3	396,5
19,7	401,0
20,0	407,7
20,3	411,3
20,7	415,0
21,0	417,8
21,3	419,2
21,7	423,9
22,0	426,3
22,3	433,3
22,7	437,2
23,0	410,7
23,7	447,1
24,0	448,7
24,3	454,7
24,7	457,3
25,0	458,2
25,3	462,4
25,7	461,0
26,0	464,8
26,3	471,4
26,7	477,0
27,0	479,8
27,3	483,5
27,7	485,6
28,0	485,5
28,3	491,1
28,7	494,3

29,0	497,1
29,3	501,5
29,7	504,3
30,0	506,7
30,3	508,4
30,7	512,3
31,0	516,0
31,3	518,7
31,7	521,2
32,0	524,1
32,3	526,2
32,7	525,9
33,0	530,2
33,3	533,7
33,7	534,4
34,0	536,4
34,3	542,2
34,7	546,7
35,0	549,5
35,7	555,1
36,0	558,0
36,7	562,1
37,0	564,6
37,3	566,2
37,7	568,7
38,0	570,9
38,3	572,9
39,3	575,7
39,7	573,3
40,0	577,0
40,3	578,6
40,7	579,5
41,0	582,8
41,7	589,6
42,0	593,2
42,7	598,8
43,0	600,6
43,3	604,8
43,7	606,4
44,0	609,0
44,3	610,6

45,0	617,9
45,3	618,6
45,7	617,8
46,0	620,7
46,3	620,9
46,7	624,7
47,0	628,3
47,3	628,9
47,7	632,8
48,0	634,5
48,3	635,4
48,7	638,5
49,0	641,5
49,3	644,1
49,7	646,2
50,3	650,7
50,7	651,8
51,0	653,3
51,7	656,6
52,0	658,1
52,3	657,9
53,0	660,6
Tiempo (minutos)	Temperatura (°C)
53,3	664,6
53,7	664,9
54,0	667,6
54,3	669,9
54,7	672,2
55,0	673,8
55,7	677,1
56,0	679,1

Datos adquiridos para una velocidad de 24HZ:

Tiempo (minutos)	Temperatura (°C)
0,0	28,2
0,3	38,3
0,7	46,6
1,0	55,3
1,3	63,5
1,7	71,0
2,0	78,9
2,3	86,7
3,3	109,9
3,7	118,1
4,0	125,5
4,3	131,9
4,7	139,4
5,0	146,8
5,3	154,3
5,7	161,4
6,0	168,9
6,7	182,2
7,0	188,9
7,3	195,7
7,7	202,6
8,0	208,9
8,3	212,7
8,7	217,6
9,0	226,5
9,3	232,5
9,7	238,2
10,3	249,2
10,7	254,8
11,0	259,9
11,3	266,1
11,7	271,5
12,3	281,7
12,7	287,3
13,0	292,0
13,7	301,8
14,0	306,9
14,3	311,6
14,7	316,6

15,0	320,8
15,3	325,6
16,0	335,6
16,7	344,1
17,0	348,5
17,7	356,9
18,0	361,2
18,3	365,9
18,7	369,4
19,0	373,7
19,3	378,0
19,7	382,1
20,0	385,8
20,3	390,5
20,7	392,9
21,0	397,4
21,3	400,9
21,7	405,2
22,0	408,5
22,3	412,2
22,7	408,1
23,0	419,9
23,3	423,1
23,7	426,1
24,7	436,8
25,0	440,3
25,3	443,3
25,7	447,0
26,0	450,1
26,3	453,0
26,7	456,7
27,0	459,8
27,3	463,0
27,7	466,3
28,0	469,3
28,3	472,1
28,7	474,8
29,0	477,9
29,7	483,6
30,3	489,5
30,7	492,3

31,0	495,4
31,3	497,5
31,7	500,3
32,0	503,0
32,3	505,8
32,7	508,7
33,0	511,2
33,3	513,8
33,7	516,6
34,0	518,5
34,3	521,0
34,7	523,9
35,3	528,5
35,7	530,5
36,3	535,4
36,7	537,8
37,0	539,9
37,3	542,6
37,7	544,7
38,3	549,0
38,7	551,4
39,0	553,4
39,3	555,9
39,7	558,3
40,0	560,2
40,3	562,4
40,7	564,6
41,0	566,4
41,3	568,3
41,7	570,9
42,0	572,5
42,3	574,4
43,0	578,7
43,3	580,5
Tiempo (minutos)	Temperatura (°C)
43,7	582,6
44,3	586,4
44,7	588,1
45,0	589,8
45,3	592,2

45,7	593,3
46,0	596,0
46,3	597,3
46,7	599,8
47,0	601,3
47,3	603,2
47,7	605,3
48,0	606,7
48,3	608,2
48,7	609,9
49,0	612,6
49,7	615,7
50,0	617,3
50,3	618,9
50,7	620,4
51,3	624,3
51,7	625,9
52,0	627,4
52,3	629,5
52,7	631,0
53,0	632,5
53,3	634,3
53,7	635,5
54,3	639,3
54,7	640,7
55,0	642,5
55,3	643,7
55,7	645,5
56,0	647,1

Datos adquiridos para una velocidad de 48HZ:

Tiempo (minutos)	Temperatura (°C)
0,0	52,2
0,3	59,5
0,7	67,4
1,0	75,9
1,3	77,8
2,0	97,3
2,3	105,6
2,7	115,3
3,0	123,1
3,3	132,1
3,7	138,9
4,0	146,4
4,3	152,9
4,7	172,8
5,0	184,9
5,3	176,9
5,7	185,1
6,0	191,1
6,3	198,4
6,7	205,2
7,0	212,1
7,3	218,3
7,7	223,7
8,0	229,3
8,7	240,2
9,0	239,0
9,3	244,1
9,7	249,5
10,3	270,4
10,7	276,4
11,0	271,7
11,3	285,9
12,0	295,4
12,3	300,7
12,7	306,8
13,0	310,1
13,3	313,3
13,7	314,9
14,0	320,6

14,7	335,3
15,0	339,7
15,3	340,3
15,7	341,3
16,0	351,1
16,3	353,9
17,0	366,3
17,3	373,6
17,7	378,2
18,0	379,0
18,3	376,3
18,7	383,9
19,0	388,8
19,3	396,5
19,7	401,0
20,0	407,7
20,3	411,3
20,7	415,0
21,0	417,8
21,3	419,2
21,7	423,9
22,0	426,3
22,3	433,3
22,7	437,2
23,3	443,7
23,7	447,1
24,0	448,7
24,3	454,7
24,7	457,3
25,0	458,2
25,3	462,4
26,0	464,8
26,3	471,4
27,0	479,8
27,3	483,5
27,7	485,6
28,0	485,5
28,7	494,3
29,0	497,1
29,3	501,5
29,7	504,3

30,0	506,7
30,3	508,4
30,7	512,3
31,0	516,0
31,3	518,7
32,0	524,1
32,3	526,2
32,7	525,9
33,0	530,2
33,3	533,7
33,7	534,4
34,0	536,4
34,3	542,2
34,7	546,7
35,0	549,5
35,3	552,6
35,7	555,1
36,3	557,6
37,0	564,6
37,3	566,2
37,7	568,7
38,0	570,9
38,3	572,9
39,0	573,6
39,3	575,7
39,7	573,3
40,0	577,0
40,3	578,6
40,7	579,5
41,0	582,8
41,3	585,7
41,7	589,6
42,0	593,2
43,0	600,6
43,3	604,8
Tiempo (minutos)	Temperatura (°C)
43,7	606,4
44,0	609,0
44,3	610,6
44,7	616,4

45,0	617,9
45,3	618,6
45,7	617,8
46,0	620,7
46,7	624,7
47,0	628,3
47,3	628,9
47,7	632,8
48,0	634,5
48,3	635,4
48,7	638,5
49,0	641,5
49,3	644,1
49,7	646,2
50,0	648,7
50,3	650,7
50,7	651,8
51,0	653,3
51,3	653,7
51,7	656,6
52,0	658,1
52,7	656,5
53,0	660,6
53,7	664,9
54,0	667,6
54,7	667,9
55,0	668,8
55,3	669,4
56,0	669,1

Datos adquiridos para una velocidad de 60HZ:

Tiempo (minutos)	Temperatura (°C)
0,0	30,9
0,3	34,1
0,7	40,8
1,0	47,9
1,3	53
1,7	60,1
2,3	73,6
2,7	80,1
3,0	86,8
3,3	93,9
3,7	101,5
4,0	108,6
4,3	115,1
4,7	122,6
5,0	130,9
5,3	136,9
5,7	143,9
6,0	151,1
6,3	158,2
6,7	164,6
7,0	171,2
7,3	178
7,7	184,2
8,0	190
8,7	201,9
9,0	207,4
9,3	213,6
9,7	219
10,0	224,6
10,3	230,3
10,7	234,5
11,0	240,5
11,3	245,1
11,7	250,6
12,0	254,8
12,7	265
13,3	274,7
13,7	278,2
14,0	282,9

14,3	292,1
14,7	296,5
15,0	301,2
15,3	304,9
16,0	312,9
16,3	316,3
16,7	320,2
17,0	324,2
17,3	327,6
17,7	331,2
18,3	338,4
18,7	342,1
19,0	346,1
19,3	348,8
19,7	352,3
20,0	354,9
20,3	358,6
20,7	361,8
21,0	365
21,3	368,2
21,7	371,6
22,0	375,1
22,3	377,6
22,7	380,8
23,0	384,4
23,3	387,5
23,7	390,2
24,3	396,8
24,7	399,5
25,3	405,7
25,7	408,6
26,0	410,7
26,3	413,9
26,7	416,9
27,0	419,4
27,3	422,1
27,7	425
28,0	427,5
28,3	430,1
28,7	432,8
29,0	435,3

29,3	437,8
29,7	440,1
30,0	442,9
30,3	445,5
31,0	450,2
31,3	452,9
31,7	455,8
32,0	457,5
32,3	460,2
32,7	462
33,0	464,5
33,3	467
33,7	468,7
34,3	473,6
34,7	476
35,0	478,2
35,3	480,2
35,7	482,8
36,0	487
36,3	488
36,7	489,1
37,0	490,6
37,3	493,5
37,7	495,4
38,0	497,1
38,3	499,8
38,7	501,8
39,0	504,4
39,3	506,1
39,7	508,2
40,0	510,3
40,3	512,8
40,7	514,6
41,0	516,6
Tiempo (minutos)	Temperatura (°C)
41,3	519,1
41,7	521
42,0	523
42,3	524,9
42,7	527,1

43,0	529,1
43,3	531,1
44,0	535,2
44,7	539,4
45,0	541,6
45,3	543,5
45,7	545,2
46,0	547,5
46,3	549,5
46,7	551,5
47,0	553,2
47,3	555,5
47,7	557,8
48,0	559,2
48,3	561
48,7	563,3
49,0	565,1
49,3	567
49,7	568,7
50,0	570,7
50,3	572,7
50,7	574,6
51,0	576,2
51,3	578
51,7	580,1
52,3	583,5
53,0	587,3
53,3	589,1
53,7	591,3
54,0	592,7
54,7	596,7
55,0	598
55,3	600
56,0	603,3

ANEXO 10: TEMPERATURA VS TIEMPO PARA ENCONTRAR LA PLANTA

Tiempo (min)	Temperatura en °C para ciclos		
	n=15	n=30	n=60
1	21	114	90
2	25	121	117
3	26	132	92
4	31	139	109
5	35	147	127
6	38	167	142
7	45	178	159
8	51	182	172
9	65	186	183
10	75	191	198
11	117	195	209
12	120	199	219
13	72	201	226
14	95	204	236
15	114	208	244
16	140	212	252
17	126	215	260
18	126	218	266
19	132	220	274
20	136	224	283
21	137	226	290
22	138	229	296
23	139	231	300
24	140	234	303
25	139	236	318
26	138	236	323
27	136	240	335
28	139	243	327
29	133	242	332
30	135	248	337
31	138	251	342
32	140	252	348
33	144	254	368
34	152	257	366
35	155	259	362
36	155	261	370
37	155	263	375
38	157	264	383

39	161	266	391
40	166	267	396
41	169	269	398
42	172	272	403
43	174	273	414
44	177	275	408
45	178	276	419
46	180	278	430
47	178	280	431
48	179	281	439
49	180	282	449
Tiempo (min)	Temperatura en °C para ciclos		
	n=15	n=30	n=60
50	184	284	459
51	184	285	453
52	187	284	451
53	188	287	451
54	189	289	458
55	190	290	466
56	191	292	469
57	191	292	478
58	190	294	484
59	193	296	486
60	192	297	491
61	194	298	495
62	196	300	502
63	196	301	495
64	197	300	502
65	196	302	508
66	205	303	514
67	204	304	517
68	206	306	524
69	206	307	528
70	202	309	530
71	204	310	531
72	203	311	511
73	204	310	510
74	206	313	513
75	207	312	516
76	207	315	519

77	208	316	522
78	207	317	525
79	209	317	528
80	210	319	530
81	209	319	533
82	210	319	535
83	211	321	538
84	213	323	541
85	213	323	543
86	212	325	546
87	213	326	549
88	216	324	551
89	215	328	554
90	217	328	557
91	217	328	561
92	216	329	562
93	218	330	565
94	218	332	567
95	218	330	570
96	218	333	573
97	221	333	576
98	220	336	579
99	220	337	581
100	222	337	584
101	221	339	587
102	221	339	589
103	223	340	592
104	224	341	594
105	224	342	596
106	225	342	597
107	226	344	600
108	225	345	602
109	227	344	605
110	227	347	608
111	227	347	610
112	227	349	612
113	227	348	614
114	226	351	617
115	226	352	619
116	226	350	622
117	226	352	624

118	230	353	627
119	231	355	629
120	233	354	632
121	240	356	633
122	240	357	636
123	242	358	641
124	242	358	654
125	240	360	663
126	240	361	666
127	238	360	668
128	239	362	670
Tiempo (min)	Temperatura en °C para ciclos		
	n=15	n=30	n=60
129	237	361	672
130	236	362	681
131	237	365	679
132	233	366	680
133	238	366	683
134	238	366	685
135	238	368	689
136	238	368	691
137	240	369	694
138	240	368	695
139	240	371	697
140	239	372	698
141	241	372	
142	240	372	
143	240	373	
144	242	373	

ANEXO 11: TEMPERATURA VS TIEMPO; ÚLTIMA CALIBRACIÓN DEL CONTROLADOR PID.

Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)
76,00	0,000
102,00	1,000
108,00	2,000
103,00	3,000
108,00	4,000
141,00	5,000
138,00	6,000
160,00	7,000
157,00	8,000
171,00	9,000
179,00	10,000
186,00	11,000
195,00	12,000
196,00	13,000
230,00	14,000
224,00	15,000
221,00	16,000
215,00	17,000
211,00	18,000
195,00	19,000
204,00	20,000
199,00	21,000
203,00	22,000
207,00	23,000
203,00	24,000
207,00	25,000
212,00	26,000
217,00	27,000
221,00	28,000
229,00	29,000
239,00	30,000
264,00	31,000
250,00	32,000
246,00	33,000
249,00	34,000
254,00	35,000
244,00	36,000
261,00	37,000
273,00	38,000

277,00	39,000
283,00	40,000
284,00	41,000
284,00	42,000
295,00	43,000
300,00	44,000
297,00	45,000
296,00	46,000
299,00	47,000
297,00	48,000
295,00	49,000
302,00	50,000
302,00	51,000
299,00	52,000
301,00	53,000
299,00	54,000
299,00	55,000
298,00	56,000
301,00	57,000
302,00	58,000
304,00	59,000
306,00	60,000
310,00	61,000
313,00	62,000
319,00	63,000
323,00	64,000
324,00	65,000
327,00	66,000
333,00	67,000
337,00	68,000
340,00	69,000
344,00	70,000
349,00	71,000
353,00	72,000
357,00	73,000
359,00	74,000
369,00	75,000
356,00	76,000
362,00	77,000
367,00	78,000
379,00	79,000

372,00	80,000
371,00	82,000
379,00	83,000
385,00	84,000
392,00	85,000
399,00	86,000
406,00	87,000
411,00	88,000
419,00	89,000
423,00	90,000
427,00	91,000
430,00	92,000
435,00	93,000
440,00	94,000
443,00	95,000
448,00	96,000
453,00	97,000
456,00	98,000
459,00	99,000
Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)
464,00	100,000
468,00	101,000
473,00	102,000
476,00	103,000
478,00	104,000
483,00	105,000
488,00	106,000
493,00	107,000
496,00	108,000
499,00	109,000
497,00	110,000
495,00	111,000
496,00	112,000
498,00	113,000
499,00	114,000
496,00	115,000
499,00	116,000
499,00	117,000
499,00	118,000
499,00	119,000

499,00	120,000
499,00	121,000
498,00	122,000
499,00	123,000
540,00	124,000
507,00	125,000
491,00	126,000
479,00	127,000
473,00	128,000
470,00	129,000
463,00	130,000
458,00	131,000
452,00	132,000
457,00	133,000
451,00	134,000
445,00	135,000
444,00	136,000
438,00	137,000
431,00	138,000
429,00	139,000
421,00	140,000
414,00	141,000
411,00	142,000
407,00	143,000
385,00	144,000
396,00	145,000
396,00	146,000
401,00	147,000
406,00	148,000
399,00	149,000
406,00	150,000
405,00	151,000
404,00	152,000

ANEXO 12: TEMPERATURA Y ERROR VS TIEMPO; CONTROLADOR PID.

Temp. (°C)	Error de temperatura relativo al Setpoint (°C)	Tiempo (minutos)
60	-35	0
143	-33	6
144	-1	12
165	2	18
199	2	24
227	4	30
257	2	36
284	6	42
316	4	48
345	3	54
376	4	60
400	3	66
410	0	72
417	2	78
425	1	84
430	1	90
437	1	96
447	1	102
456	2	108
464	1	114
471	1	120
480	1	126
488	2	132
496	1	138
501	3	144
511	5	150
519	5	156
527	1	162
530	2	168
542	1	174
545	3	180
555	2	186
565	2	192
573	2	198
580	3	204
585	2	210
596	2	216
603	3	222

606	1	228
609	5	234
609	1	240
605	1	246
605	1	252
610	0	258
612	2	264
608	2	270
610	0	276
611	0	282
602	6	288
607	3	294
607	3	300
Temp. (°C)	Error de temperatura relativo al Setpoint (°C)	Tiempo (minutos)
610	3	306
604	-1	312
607	-1	318
604	4	324
612	-2	330
614	-4	336
609	5	342
613	-3	348
606	4	354
608	3	360
614	-4	366
612	-2	372
605	2	378
611	-1	384
600	3	390
593	-2	396
580	-1	402
576	-1	408
566	-2	414
550	-2	420
542	-2	426
534	-1	432
524	-3	438
509	2	444
508	-4	450

494	-4	456
487	-6	462
474	-4	468
462	-3	474
454	1	480
441	-4	486
428	2	492
424	-5	498
412	-3	504
401	-1	509

ANEXO 13: TEMPERATURA Y ERROR VS TIEMPO; CONTROLADORES DIFUSO Y PID.

Tiempo (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
0	21	8	28	5
1	21	6	28	-2
2	23	6	29	-2
3	24	4	29	-3
4	25	3	30	-3
5	25	3	31	-4
6	27	3	31	-5
7	28	1	31	-4
8	31	0	30	-4
9	34	-3	31	-3
10	33	-6	32	-4
11	34	-5	31	-5
19	32	-3	32	-4
20	31	-2	30	-4
21	31	-1	24	-2
22	30	-1	24	5
23	30	0	25	5
24	30	0	26	4
25	29	0	28	3
26	24	1	36	1
27	23	7	37	-7
28	22	8	38	-8
29	24	9	39	-9
30	24	7	39	-9
31	26	7	39	-9
32	26	5	39	-9
33	27	5	39	-9
34	27	4	39	-9
35	29	5	39	-9
36	27	3	39	-9
37	30	5	39	-8
38	32	2	39	-8
39	38	0	38	-8
40	38	-6	38	-7
41	39	-6	38	-7
42	39	-6	38	-7
43	39	-6	38	-7
44	39	-6	38	-7
45	39	-6	37	-6
46	38	-6	37	-5
47	38	-5	37	-5
48	37	-5	37	-5
49	37	-4	37	-5
50	37	-3	37	-5
51	37	-3	37	-5
52	36	-3	37	-4
53	34	-2	36	-4
54	36	0	36	-3
55	35	-2	36	-3
56	35	-1	36	-3
57	34	0	36	-3
58	28	1	36	-3
65	33	5	36	-2
66	33	3	36	-2
67	34	3	36	-1
68	35	2	36	-1
69	36	1	35	-1
70	42	0	27	0
71	41	-6	26	8
72	42	-4	29	9
73	42	-5	30	6
74	42	-5	31	5
75	42	-5	32	5

76	42	-5	34	4
77	41	-5	42	2
78	41	-4	44	-6
79	41	-4	45	-8
80	40	-3	45	-9
81	38	-2	45	-9
82	40	0	45	-8
83	40	-2	45	-8
84	39	-2	45	-8
85	41	-1	45	-8
86	40	-3	45	-8
87	39	-1	45	-8
88	38	0	45	-8
89	29	1	44	-8
90	30	10	44	-6
91	31	9	44	-6
92	33	8	44	-6
93	34	6	43	-6
94	35	5	43	-5
95	35	5	43	-5
96	37	5	41	-5
97	37	3	34	-2
98	37	3	34	5
99	38	3	36	5
100	39	2	37	3
101	39	1	36	2
102	38	2	36	3
103	39	3	36	3
104	40	2	41	3
105	39	1	49	-1
106	39	2	50	-9
115	117	-75	60	-24
116	117	-75	62	-19
117	118	-74	63	-21
118	117	-75	63	-22
119	116	-74	63	-22
120	116	-73	65	-21
121	116	-73	63	-23
122	116	-73	62	-21
123	115	-73	62	-20
124	115	-72	61	-20
125	115	-71	61	-19
126	116	-71	63	-19
127	115	-72	63	-20
128	115	-71	63	-20
129	114	-71	62	-20
130	115	-70	61	-19
131	114	-71	62	-18
132	113	-69	61	-19
133	113	-68	59	-18
134	113	-68	61	-16
Tiempo (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
147	112	-65	56	-11
148	112	-65	57	-11
149	113	-65	55	-12
150	113	-66	55	-9
151	112	-66	55	-9
152	113	-65	55	-9
153	111	-66	54	-9
154	111	-64	55	-8
155	112	-63	55	-9
156	111	-64	55	-9
157	112	-63	56	-8
158	110	-64	56	-9

159	111	-62	53	-9
160	108	-63	55	-6
161	112	-60	55	-8
162	111	-63	55	-8
163	112	-62	55	-8
164	112	-63	53	-8
165	111	-63	55	-5
166	111	-62	55	-7
167	111	-62	55	-7
168	111	-62	54	-7
169	111	-62	54	-6
170	111	-61	54	-6
171	112	-61	51	-6
172	110	-62	44	-2
173	107	-60	45	5
174	111	-57	48	4
175	111	-61	55	1
176	111	-61	57	-6
177	111	-60	57	-8
178	111	-60	58	-8
179	111	-60	57	-9
180	111	-60	60	-7
181	110	-60	59	-10
182	105	-59	59	-9
183	52	-54	58	-9
184	51	-1	57	-8
185	40	1	59	-7
186	44	12	57	-9
187	45	8	58	-6
188	44	7	58	-7
189	43	8	58	-7
190	44	9	58	-7
191	45	8	57	-7
192	44	8	58	-6
193	47	9	57	-7
194	47	6	58	-6
195	49	6	55	-6
196	51	4	47	-3
197	51	2	47	5
198	47	2	49	5
199	50	6	51	3
200	52	4	60	1
201	50	2	61	-8
202	50	4	63	-8
203	49	4	62	-10
204	51	5	62	-9
205	50	3	62	-9
206	52	4	62	-9
207	54	3	63	-9
208	54	1	62	-10
209	50	1	62	-9
210	50	5	62	-8
211	51	5	62	-8
212	52	4	62	-8
213	54	3	61	-8
214	52	1	61	-7
215	51	4	61	-7
216	52	5	61	-7
217	52	4	61	-6
218	53	4	61	-6
219	57	3	60	-6
220	61	-1	61	-5
221	61	-5	60	-6
222	61	-4	57	-5
223	62	-4	51	-2

224	61	-5	53	4
225	61	-4	55	3
226	60	-4	63	1
227	60	-3	65	-7
228	59	-3	65	-9
229	59	-2	69	-9
230	59	-1	70	-13
231	58	-1	80	-14
232	58	0	69	-23
233	57	0	59	-12
234	45	1	60	-2
235	49	13	69	-3
236	50	9	70	-12
237	51	9	70	-13
238	52	8	73	-13
239	49	7	73	-16
240	49	10	74	-15
241	51	10	69	-16
242	53	8	71	-11
243	57	6	73	-13
244	59	2	70	-15
245	59	1	70	-12
246	60	1	72	-12
247	70	0	70	-13
248	68	-10	69	-11
249	70	-8	71	-10
250	70	-10	70	-12
251	70	-10	72	-11
252	72	-9	72	-13
253	72	-11	71	-13
254	72	-11	69	-12
255	71	-11	69	-9
256	72	-10	70	-9
257	70	-11	71	-10
258	70	-9	70	-11
259	70	-9	67	-10
260	69	-8	69	-7
261	69	-7	69	-9
262	72	-7	65	-8
263	72	-10	58	-4
264	73	-10	57	3
265	73	-11	58	4
266	73	-11	61	3
267	72	-10	69	0
268	72	-9	72	-8
269	70	-9	73	-11
270	70	-7	71	-11
271	69	-7	72	-9
272	70	-6	71	-10
273	68	-7	74	-9
274	68	-5	71	-12
275	68	-4	72	-9
276	69	-4	72	-10
277	68	-5	72	-9
278	70	-4	73	-9
279	69	-6	70	-10
280	70	-5	72	-7
281	70	-6	67	-9
282	67	-5	59	-4
283	69	-2	61	4
284	70	-4	64	2
285	70	-5	72	0
286	70	-5	72	-8
287	70	-5	70	-8
288	130	-5	73	-6

289	128	-65	73	-9
290	129	-62	73	-9
291	128	-63	71	-9
292	115	-62	73	-6
293	113	-49	71	-8
294	114	-47	70	-6
295	113	-48	72	-5
296	112	-47	70	-7
297	113	-45	72	-5
298	112	-46	71	-7
299	113	-45	68	-6
300	113	-46	58	-2
301	113	-46	61	8
302	113	-46	62	5
303	109	-46	61	4
304	108	-42	63	5
305	108	-40	65	3
306	107	-40	74	1
307	106	-39	75	-7
308	106	-38	76	-8
309	105	-38	75	-9
310	105	-37	76	-8
311	104	-37	74	-9
312	104	-35	76	-7
313	104	-35	74	-9
314	104	-35	76	-7
315	102	-35	76	-8
316	102	-33	74	-8
317	100	-33	67	-6
318	101	-31	58	1
319	101	-32	59	10
320	100	-31	60	9
321	100	-30	61	8
322	101	-30	61	8
323	101	-31	62	8
324	100	-31	64	7
325	101	-30	63	5
326	100	-31	66	6
327	101	-29	75	3
328	101	-30	75	-6
329	102	-30	76	-6
330	101	-31	77	-6
331	99	-30	74	-7
332	99	-28	63	-4
333	102	-28	69	7
334	103	-31	72	1
335	98	-31	78	-2
336	98	-26	78	-8
337	101	-26	77	-7
338	100	-29	78	-6
339	94	-28	69	-7
Tiempo (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
340	94	-22	71	2
341	94	-22	78	0
342	93	-21	81	-7
343	92	-20	85	-10
344	92	-19	88	-14
345	92	-19	89	-16
346	91	-19	103	-17
347	89	-18	90	-31
348	92	-16	77	-18
349	89	-19	86	-5
350	90	-15	105	-14
351	91	-16	100	-33

352	91	-17	90	-27
353	92	-17	93	-17
354	93	-18	103	-20
355	97	-19	102	-30
356	98	-23	94	-29
357	97	-23	99	-21
358	95	-22	96	-26
359	99	-20	95	-23
360	94	-24	103	-21
361	100	-19	108	-29
362	99	-25	109	-34
363	97	-24	108	-35
364	97	-22	104	-34
365	97	-21	94	-30
366	94	-21	94	-20
367	90	-18	94	-19
368	95	-14	94	-19
369	95	-19	99	-19
370	97	-19	98	-24
371	94	-21	96	-23
372	95	-17	99	-21
373	96	-18	100	-24
374	95	-19	98	-25
375	95	-18	103	-22
376	93	-18	103	-27
377	91	-16	103	-27
378	91	-14	106	-27
379	85	-14	107	-30
380	88	-7	107	-31
381	83	-10	108	-31
382	83	-5	108	-31
383	84	-5	108	-31
384	84	-6	107	-31
385	84	-6	102	-30
386	85	-6	104	-25
387	83	-6	102	-27
388	84	-4	102	-25
389	83	-5	100	-25
390	83	-4	100	-22
391	84	-4	105	-22
392	84	-5	103	-27
393	84	-5	103	-25
394	83	-5	105	-25
395	83	-3	101	-27
396	84	-3	101	-23
397	84	-4	102	-22
398	85	-4	105	-23
399	83	-5	104	-26
400	84	-3	102	-25
401	84	-4	105	-23
402	84	-3	105	-26
403	85	-3	103	-26
404	85	-4	103	-24
405	86	-4	103	-23
406	85	-5	101	-23
407	86	-4	99	-21
408	85	-5	100	-19
409	85	-4	100	-20
410	86	-3	98	-20
411	86	-4	98	-18
412	85	-4	98	-17
413	83	-3	98	-17
414	80	-1	98	-17
415	70	2	97	-17
416	71	12	100	-16

417	76	12	100	-19
418	77	7	100	-19
419	73	6	98	-19
420	74	10	98	-16
421	74	9	100	-16
422	79	9	101	-18
423	80	4	102	-19
424	80	3	98	-20
425	80	4	96	-16
426	73	4	100	-14
427	77	11	101	-17
428	80	7	98	-18
429	84	4	97	-15
430	87	0	98	-14
431	92	-3	99	-15
432	92	-7	98	-16
433	92	-7	97	-15
434	92	-7	96	-14
435	93	-7	97	-12
436	93	-8	96	-13
437	93	-8	93	-12
438	92	-8	97	-9
439	93	-7	95	-13
440	93	-7	99	-11
441	92	-7	98	-15
442	92	-6	97	-13
443	93	-6	97	-12
444	91	-7	96	-12
445	91	-5	97	-11
446	89	-5	98	-12
447	90	-2	97	-13
448	90	-3	96	-12
449	90	-3	96	-11
450	89	-3	95	-10
451	90	-2	93	-9
452	90	-3	94	-7
453	90	-3	93	-8
454	90	-3	91	-7
455	90	-2	91	-5
456	88	-2	91	-5
457	89	0	93	-4
458	88	-1	92	-6
459	89	0	92	-5
460	89	-1	93	-5
461	87	-1	92	-6
462	75	2	93	-5
463	74	14	93	-6
464	82	15	94	-6
465	80	7	92	-6
466	82	9	93	-4
467	80	7	88	-5
468	87	9	76	0
469	87	2	81	12
470	85	3	82	7
471	87	5	81	6
472	84	3	83	8
473	89	6	85	6
474	89	1	85	4
475	93	1	88	4
476	101	-3	97	1
477	101	-10	100	-8
478	103	-10	101	-11
479	100	-12	101	-12
480	100	-9	101	-11
481	98	-9	100	-11

482	99	-7	102	-10
483	99	-8	101	-12
484	98	-8	101	-11
485	98	-6	101	-11
486	96	-6	100	-11
487	94	-4	101	-9
488	95	-2	101	-10
489	95	-3	100	-10
490	94	-3	98	-9
491	94	-2	99	-7
492	94	-1	99	-8
493	94	-1	99	-8
494	94	-1	97	-8
495	94	-1	98	-5
496	94	-1	98	-6
497	93	-1	95	-6
498	93	0	88	-3
499	93	0	84	4
500	79	1	91	8
501	81	15	100	1
502	80	13	100	-7
503	86	14	101	-7
504	83	8	100	-8
505	87	11	102	-7
506	84	7	100	-9
507	91	11	100	-7
508	89	4	99	-7
509	96	6	103	-6
510	105	-1	97	-9
511	106	-10	89	-3
512	108	-11	92	5
513	108	-13	99	2
514	110	-13	102	-5
515	109	-14	104	-8
516	108	-13	104	-10
517	109	-12	103	-9
518	109	-13	105	-8
519	108	-13	105	-10
520	107	-12	104	-10
521	107	-11	103	-9
522	106	-10	99	-8
523	106	-9	89	-4
524	105	-9	94	6
525	104	-8	105	2
526	104	-7	107	-9
527	105	-7	107	-11
528	107	-8	107	-11
529	106	-10	106	-11
530	107	-8	107	-10
531	107	-9	108	-11
532	106	-9	109	-11
Tiempo (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
533	105	-8	103	-12
534	103	-7	93	-6
535	104	-5	98	4
536	106	-6	100	-1
537	105	-7	106	-3
538	105	-6	107	-9
539	102	-6	108	-10
540	102	-3	107	-10
541	100	-3	106	-9
542	101	-1	107	-8
543	101	-2	112	-9
544	103	-2	111	-14

545	104	-3	111	-13
546	105	-4	113	-13
547	102	-5	112	-14
548	102	-2	112	-13
549	102	-2	113	-13
550	100	-2	110	-14
551	102	0	110	-11
552	99	-1	112	-11
553	89	2	110	-13
554	86	12	112	-11
555	85	15	111	-12
556	88	16	86	-11
557	82	13	61	14
558	94	19	71	39
559	90	7	67	29
560	98	12	76	33
561	89	4	77	24
562	92	13	77	24
563	92	10	79	24
564	100	10	77	22
565	97	2	79	24
566	102	5	82	22
567	99	1	85	19
568	95	4	86	16
569	99	8	88	15
570	102	4	89	14
571	102	1	90	13
572	97	1	90	12
573	103	6	91	12
574	112	0	91	11
575	110	-8	92	11
576	110	-6	94	10
577	111	-6	95	9
578	111	-7	97	8
579	111	-7	98	6
580	106	-7	98	5
581	110	-2	100	5
582	110	-5	101	3
583	110	-5	100	2
584	109	-5	103	3
585	108	-4	110	1
586	109	-3	106	-6
587	108	-4	100	-2
588	107	-3	104	4
589	107	-2	111	0
590	107	-1	112	-7
591	108	-1	113	-8
592	106	-2	113	-8
593	105	0	113	-8
594	93	1	112	-8
595	95	13	112	-7
596	92	11	112	-7
597	94	15	111	-7
598	98	13	110	-6
599	101	9	110	-5
600	99	6	109	-4
601	100	8	108	-3
602	101	7	107	-2
603	106	6	93	-1
604	103	1	100	13
605	104	5	104	6
606	105	4	106	2
607	109	3	106	1
608	116	-1	99	1
609	116	-8	95	8

610	117	-8	100	12
611	117	-9	101	7
612	118	-8	100	6
613	119	-9	105	7
614	118	-10	111	2
615	118	-9	113	-3
616	118	-9	114	-5
617	118	-9	114	-6
618	117	-9	115	-6
619	118	-8	114	-7
620	118	-8	112	-6
621	118	-8	112	-4
622	117	-8	111	-3
623	118	-7	111	-2
624	118	-8	110	-2
625	119	-8	94	-1
626	119	-9	98	15
627	118	-8	100	11
628	120	-7	100	9
629	119	-9	100	9
630	122	-8	101	10
631	121	-11	102	9
632	120	-10	101	8
633	122	-9	104	9
634	121	-11	105	6
635	117	-9	107	5
636	120	-5	107	3
637	118	-8	107	4
638	119	-6	109	4
639	121	-7	116	2
640	121	-9	117	-5
641	123	-9	119	-6
642	123	-10	119	-8
643	123	-10	119	-8
644	120	-10	119	-8
645	121	-7	119	-7
646	120	-8	118	-7
647	119	-7	118	-6
648	120	-6	118	-6
649	119	-7	118	-6
650	119	-5	117	-6
651	120	-5	117	-5
652	120	-6	117	-4
653	120	-6	116	-4
654	118	-6	115	-3
655	119	-4	115	-2
656	117	-5	115	-2
657	119	-2	86	-2
658	119	-4	131	27
659	118	-4	85	-18
660	115	-3	128	29
661	115	0	84	-14
662	111	0	128	30
663	99	4	132	-14
664	108	16	88	-18
665	108	8	125	26
666	107	8	132	-11
667	108	9	138	-17
668	101	8	85	-23
669	105	15	123	30
670	101	11	134	-8
671	104	15	84	-19
672	107	13	127	31
673	113	10	133	-12
674	107	4	137	-18

675	113	10	133	-21
676	108	4	134	-17
677	111	9	130	-18
678	111	6	130	-14
679	108	6	129	-14
680	115	10	129	-13
681	113	3	124	-13
682	113	5	118	-7
683	115	5	107	-1
684	108	3	119	10
685	115	10	126	-2
686	119	3	128	-9
687	127	0	126	-11
688	125	-8	129	-9
689	129	-6	122	-12
690	129	-10	112	-4
691	129	-10	114	6
692	129	-10	115	4
693	130	-10	116	3
694	128	-11	117	2
695	128	-8	117	1
696	128	-8	116	1
697	125	-8	119	3
698	128	-5	120	0
699	128	-8	128	-1
700	128	-8	128	-9
701	128	-8	128	-9
702	128	-7	128	-9
703	127	-7	129	-9
704	127	-6	129	-10
705	127	-6	128	-9
706	125	-6	128	-8
707	125	-4	127	-8
708	125	-4	128	-7
709	124	-4	127	-8
710	123	-2	127	-7
711	123	-1	127	-7
712	121	-1	126	-6
713	110	1	126	-5
714	114	12	126	-5
715	109	8	124	-5
716	113	13	126	-3
717	112	10	125	-5
718	115	11	133	-4
719	111	8	133	-12
720	114	12	132	-11
721	117	9	132	-10
722	121	6	134	-10
723	122	2	133	-12
724	117	2	132	-11
725	125	7	128	-10
Tiempo (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
726	133	-1	120	-6
727	132	-9	122	3
728	133	-8	132	1
729	134	-9	135	-9
730	132	-10	135	-12
731	134	-8	135	-12
732	133	-9	136	-12
733	133	-8	136	-13
734	133	-8	137	-12
735	132	-8	135	-13
736	133	-7	135	-11
737	131	-8	135	-11

738	130	-6	135	-11
739	130	-5	135	-11
740	130	-4	135	-11
741	121	-4	136	-11
742	121	5	136	-11
743	116	5	135	-11
744	115	10	133	-10
745	114	11	136	-8
746	121	12	123	-11
747	117	6	108	2
748	118	10	122	17
749	122	9	124	3
750	126	5	125	2
751	122	1	125	1
752	126	5	115	1
753	127	1	116	11
754	136	0	119	10
755	137	-8	119	7
756	137	-9	121	7
757	137	-9	117	6
758	83	-9	123	10
759	128	45	133	4
760	137	0	83	-6
761	137	-9	126	44
762	83	-8	135	1
763	129	46	86	-8
764	137	0	134	41
765	137	-8	85	-6
766	135	-8	131	43
767	84	-6	85	-3
768	128	45	134	43
769	129	1	87	-6
770	131	1	129	41
771	84	-1	84	-1
772	133	46	136	45
773	85	-3	87	-7
774	133	45	132	42
775	85	-3	86	-3
776	136	45	83	43
777	85	-5	84	46
778	133	46	83	45
779	85	-2	84	46
780	135	46	84	46
781	85	-4	84	46
782	135	46	85	46
783	86	-4	85	45
784	135	45	83	45
785	87	-3	88	47
786	136	45	88	42
787	88	-4	88	43
788	134	44	88	43
789	84	-2	89	43
790	137	48	91	42
791	88	-5	90	40
792	83	45	88	41
793	84	50	91	43
794	83	49	92	40
795	137	50	91	40
796	89	-4	91	41
797	84	44	92	41
798	84	49	93	40
799	84	49	94	39
800	85	50	94	38
801	85	49	94	38
802	86	49	93	39

803	87	48	93	40
804	86	47	93	40
805	87	48	94	40
806	87	47	94	39
807	87	48	95	39
808	86	48	96	38
809	88	49	96	37
810	88	47	95	38
811	90	47	97	39
812	90	45	98	37
813	89	45	100	36
814	92	46	100	34
815	89	44	99	34
816	89	47	101	35
817	87	47	95	34
818	89	49	94	40
819	90	47	95	41
820	93	46	95	40
821	92	43	95	40
822	93	45	96	40
823	83	44	96	39
824	85	54	96	39
825	85	52	97	40
826	86	52	97	39
827	89	51	97	39
828	91	48	98	39
829	90	46	98	38
830	93	48	98	38
831	93	45	99	38
832	94	45	99	38
833	88	44	99	38
834	92	50	99	38
835	94	46	100	38
836	95	44	100	37
837	94	44	100	37
838	96	45	100	37
839	96	43	101	37
840	95	43	101	37
841	98	44	101	37
842	97	41	102	37
843	93	42	102	36
844	97	46	102	36
845	98	43	103	36
846	99	42	103	35
847	99	41	100	36
848	99	41	104	39
849	99	41	104	35
850	97	41	104	35
851	98	43	105	35
852	99	43	105	34
853	102	42	106	34
854	102	39	106	33
855	99	39	115	34
856	104	42	114	25
857	100	37	115	26
858	105	41	116	25
859	105	36	107	24
860	103	37	107	33
861	104	39	108	33
862	105	38	107	33
863	104	37	109	34
864	104	38	109	32
865	104	38	110	32
866	107	38	110	31
867	108	36	110	31

868	105	35	111	31
869	107	38	111	30
870	104	36	111	31
871	109	39	110	31
872	109	34	112	32
873	110	34	112	30
874	109	33	112	30
875	111	35	112	30
876	110	33	113	30
877	110	34	113	30
878	111	34	114	30
879	113	33	114	29
880	113	31	114	29
881	112	31	115	29
882	113	33	115	28
883	109	32	115	28
884	112	36	116	28
885	111	33	116	28
886	110	34	116	28
887	110	35	116	28
888	114	35	116	28
889	115	31	117	28
890	112	31	117	27
891	112	34	117	27
892	115	34	117	28
893	114	31	118	28
894	117	32	118	27
895	116	29	118	27
896	117	30	119	27
897	115	30	119	26
898	115	32	119	26
899	116	32	119	26
900	117	31	119	27
901	117	30	119	27
902	112	30	120	27
903	117	35	119	26
904	118	30	121	27
905	118	30	121	25
906	117	30	121	25
907	117	31	121	26
908	117	31	122	26
909	119	31	122	25
910	118	29	122	25
911	121	30	123	25
912	123	28	123	24
913	120	26	123	24
914	118	29	123	24
915	117	31	123	25
916	118	32	123	25
917	117	31	123	25
918	118	32	124	25
Tiempo (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
919	118	31	125	24
920	116	32	125	23
921	120	34	125	23
922	123	30	125	24
923	125	27	126	24
924	125	25	126	23
925	124	25	126	23
926	123	26	126	23
927	124	28	127	23
928	125	27	127	22
929	127	26	127	22
930	126	24	128	23

931	123	25	128	22
932	124	28	128	22
933	123	27	128	22
934	122	28	128	22
935	121	30	127	22
936	123	31	129	23
937	124	29	129	22
938	124	28	129	22
939	123	28	130	22
940	125	29	130	21
941	124	27	130	21
942	123	29	130	21
943	124	30	131	21
944	127	29	131	20
945	127	26	131	21
946	127	26	132	21
947	125	26	132	20
948	126	28	132	20
949	127	27	132	20
950	128	27	132	20
951	129	26	132	20
952	130	25	132	21
953	128	24	133	21
954	130	26	133	20
955	130	24	133	20
956	133	24	133	20
957	129	22	133	20
958	132	26	134	20
959	132	23	134	19
960	129	23	134	20
961	131	26	135	20
962	131	24	135	19
963	129	24	135	19
964	131	26	134	19
965	132	25	136	20
966	131	24	136	18
967	129	25	136	19
968	132	27	136	19
969	132	24	135	19
970	132	24	137	20
971	130	24	137	18
972	129	27	137	18
973	133	28	138	18
974	135	24	138	17
975	134	22	138	18
976	134	23	138	18
977	136	23	139	18
978	137	21	139	17
979	134	20	139	17
980	133	24	139	17
981	131	25	140	17
982	135	27	140	17
983	133	23	140	17
984	131	25	141	17
985	133	27	141	16
986	133	25	142	16
987	135	26	141	15
988	133	24	141	16
989	135	26	142	16
990	133	24	142	16
991	132	26	142	16
992	129	27	142	16
993	133	30	142	16
994	134	26	142	16
995	134	26	143	16

996	138	26	144	15
997	137	22	143	15
998	135	23	144	16
999	136	25	144	15
1000	134	24	144	15
1001	135	26	144	15
1002	135	26	145	15
1003	136	26	145	14
1004	136	25	143	14
1005	134	25	168	17
1006	136	27	172	-8
1007	138	25	172	-12
1008	136	23	172	-12
1009	136	25	172	-12
1010	137	26	172	-12
1011	138	25	172	-12
1012	137	24	160	-11
1013	137	25	154	1
1014	137	25	154	7
1015	137	25	154	7
1016	137	25	155	7
1017	139	26	155	6
1018	138	24	155	6
1019	138	25	155	6
1020	135	25	155	7
1021	137	28	155	7
1022	138	26	155	7
1023	140	25	157	7
1024	139	23	156	5
1025	138	25	157	6
1026	140	26	157	5
1027	138	24	158	6
1028	141	26	158	5
1029	137	23	158	5
1030	134	27	157	5
1031	134	30	156	6
1032	135	31	159	7
1033	135	30	158	4
1034	135	30	156	5
1035	135	30	158	8
1036	138	30	160	6
1037	137	27	160	4
1038	138	28	160	4
1039	137	27	161	4
1040	138	29	161	3
1041	137	28	160	3
1042	137	29	160	5
1043	138	29	161	5
1044	137	28	160	4
1045	136	29	161	5
1046	137	30	160	4
1047	136	30	159	5
1048	138	31	161	6
1049	138	29	160	4
1050	136	29	161	6
1051	135	31	161	5
1052	136	32	162	5
1053	137	31	161	4
1054	137	30	162	5
1055	138	31	162	4
1056	137	30	162	4
1057	136	31	162	5
1058	138	32	162	5
1059	138	30	162	5
1060	136	30	163	5

1061	137	32	162	4
1062	139	32	161	5
1063	137	30	163	6
1064	138	32	163	4
1065	138	31	163	5
1066	140	31	163	5
1067	137	29	163	5
1068	137	32	163	5
1069	138	32	164	5
1070	138	32	163	4
1071	136	32	164	5
1072	138	34	163	5
1073	138	32	164	6
1074	139	32	164	5
1075	140	31	164	5
1076	140	30	164	5
1077	138	31	164	5
1078	140	33	164	5
1079	140	31	165	5
1080	139	31	165	5
1081	140	32	165	5
1082	138	31	166	5
1083	140	33	165	4
1084	141	31	165	5
1085	139	31	166	5
1086	141	33	166	4
1087	140	31	166	5
1088	142	32	166	5
1089	141	30	166	5
1090	142	31	166	5
1091	141	30	167	5
1092	141	32	167	4
1093	142	32	167	4
1094	141	31	168	4
1095	142	32	166	4
1096	143	31	168	6
1097	144	30	168	4
1098	142	29	168	4
1099	142	31	168	4
1100	143	32	168	4
1101	144	31	168	4
1102	142	30	169	5
1103	145	32	169	4
1104	143	29	169	4
1105	143	31	169	4
1106	144	31	170	4
1107	143	31	169	3
1108	145	32	169	4
1109	146	30	170	4
1110	144	29	170	4
1111	147	31	170	4
Tiempo (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
1112	148	28	170	4
1113	145	27	170	4
1114	149	30	170	4
1115	150	27	171	4
1116	150	26	170	3
1117	148	26	170	5
1118	149	28	170	5
1119	148	27	171	5
1120	148	28	171	4
1121	149	28	172	4
1122	150	28	172	3
1123	149	27	172	3

1124	148	28	172	3
1125	149	29	172	4
1126	147	28	173	4
1127	151	30	173	3
1128	151	26	173	3
1129	152	26	173	3
1130	151	26	174	3
1131	148	27	174	2
1132	153	30	174	3
1133	153	25	174	3
1134	153	25	175	3
1135	152	25	173	2
1136	153	26	173	4
1137	154	26	175	4
1138	151	25	175	2
1139	151	28	173	2
1140	154	28	176	5
1141	153	25	177	2
1142	155	26	176	1
1143	153	24	175	2
1144	156	26	176	3
1145	156	24	176	2
1146	158	24	176	2
1147	156	22	176	3
1148	156	24	176	3
1149	158	24	176	3
1150	156	22	176	3
1151	155	24	176	3
1152	156	26	176	3
1153	156	25	177	3
1154	158	25	175	2
1155	157	23	177	5
1156	158	24	177	3
1157	157	23	175	3
1158	153	24	178	5
1159	154	28	179	2
1160	154	28	175	1
1161	161	28	175	5
1162	161	21	175	6
1163	159	21	175	6
1164	162	23	175	6
1165	159	20	175	6
1166	161	23	176	6
1167	161	22	176	5
1168	161	22	176	5
1169	161	22	176	5
1170	159	22	176	6
1171	161	24	176	6
1172	161	22	177	6
1173	162	22	177	5
1174	159	21	174	5
1175	161	25	177	8
1176	162	23	177	5
1177	162	22	177	6
1178	161	22	178	6
1179	163	23	178	5
1180	162	21	178	5
1181	162	22	178	5
1182	163	23	177	5
1183	162	22	178	6
1184	164	23	178	5
1185	165	21	179	6
1186	166	20	179	5
1187	164	19	179	5
1188	165	21	179	5

1189	165	20	179	5
1190	166	21	179	5
1191	164	20	179	5
1192	165	22	180	6
1193	166	21	180	5
1194	167	20	180	5
1195	166	19	180	5
1196	166	20	180	5
1197	165	21	180	5
1198	164	22	181	5
1199	167	23	179	4
1200	165	20	181	7
1201	168	22	182	5
1202	168	19	182	4
1203	168	19	182	4
1204	169	19	182	4
1205	167	19	182	4
1206	170	21	182	4
1207	169	18	182	5
1208	170	19	183	5
1209	171	18	183	4
1210	172	17	183	4
1211	172	16	183	4
1212	172	17	183	4
1213	171	17	183	4
1214	169	18	183	4
1215	171	20	184	5
1216	173	18	184	4
1217	171	16	184	4
1218	172	18	184	4
1219	172	17	184	4
1220	173	18	185	4
1221	172	17	184	3
1222	170	18	185	5
1223	172	20	185	4
1224	172	18	185	4
1225	172	18	185	4
1226	171	18	185	4
1227	172	20	186	4
1228	172	19	185	3
1229	173	19	186	4
1230	172	18	186	4
1231	173	19	186	4
1232	173	18	186	4
1233	174	18	186	4
1234	174	17	186	4
1235	175	18	187	4
1236	174	17	187	3
1237	174	18	187	4
1238	175	18	187	4
1239	174	17	188	4
1240	175	18	188	3
1241	175	17	188	3
1242	174	18	188	3
1243	175	19	188	3
1244	174	18	188	3
1245	175	19	188	4
1246	174	18	188	4
1247	175	19	189	4
1248	175	18	189	3
1249	175	18	189	3
1250	176	19	189	3
1251	176	18	190	3
1252	174	18	190	3
1253	176	20	190	3

1254	178	18	190	3
1255	175	16	190	3
1256	178	19	190	3
1257	178	17	190	3
1258	177	17	191	3
1259	178	18	191	2
1260	177	17	191	3
1261	176	18	191	3
1262	176	19	191	3
1263	178	19	191	3
1264	178	17	191	3
1265	177	18	191	3
1266	178	19	192	3
1267	179	18	192	3
1268	180	17	192	3
1269	178	16	192	3
1270	178	18	192	3
1271	179	18	192	3
1272	180	18	193	3
1273	180	17	193	2
1274	180	17	193	2
1275	178	17	193	3
1276	179	19	193	3
1277	181	18	193	3
1278	180	16	194	3
1279	180	17	194	2
1280	181	18	194	2
1281	182	17	194	2
1282	180	16	194	3
1283	180	18	194	3
1284	180	18	195	3
1285	179	18	195	2
1286	182	19	193	2
1287	183	17	195	4
1288	182	16	196	2
1289	184	17	195	1
1290	183	15	195	3
1291	182	16	196	3
1292	182	17	196	2
1293	184	17	196	2
1294	184	15	196	2
1295	185	16	198	2
1296	184	15	199	0
1297	185	16	199	0
1298	185	15	199	0
1299	185	15	199	0
1300	183	15	199	0
1301	185	17	199	0
1302	184	15	199	0
1303	185	16	199	0
1304	183	15	197	0
Tiempo (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
1305	186	17	195	3
1306	183	14	194	5
1307	186	17	195	6
1308	185	14	195	5
1309	186	15	195	5
1310	185	14	196	5
1311	187	15	196	4
1312	185	13	196	4
1313	187	15	196	4
1314	187	13	197	4
1315	186	13	196	3
1316	187	14	197	4

1317	186	13	197	3
1318	188	14	197	3
1319	187	12	197	3
1320	187	13	197	3
1321	188	13	197	3
1322	188	12	198	3
1323	189	12	198	2
1324	188	11	198	2
1325	189	12	199	2
1326	187	11	199	1
1327	188	13	198	1
1328	189	12	199	2
1329	188	11	199	1
1330	188	12	198	1
1331	187	12	198	2
1332	187	13	200	2
1333	190	13	201	0
1334	190	10	202	-1
1335	189	10	202	-2
1336	191	11	202	-2
1337	189	9	202	-2
1338	189	11	202	-2
1339	190	11	202	-2
1340	191	10	202	-2
1341	188	9	202	-2
1342	190	12	202	-2
1343	191	10	202	-2
1344	190	9	201	-2
1345	191	10	197	-1
1346	191	9	197	3
1347	191	9	199	3
1348	191	9	199	1
1349	192	9	197	1
1350	190	8	198	3
1351	191	10	198	2
1352	192	9	198	2
1353	192	8	199	2
1354	190	8	199	1
1355	191	10	199	1
1356	192	9	199	1
1357	193	8	200	1
1358	193	7	201	0
1359	192	7	203	-1
1360	194	8	203	-3
1361	192	6	203	-3
1362	193	8	202	-3
1363	193	7	202	-2
1364	192	7	202	-2
1365	194	8	202	-2
1366	192	6	202	-2
1367	194	8	201	-2
1368	194	6	198	-1
1369	195	6	198	2
1370	195	5	198	2
1371	195	5	199	2
1372	197	5	199	1
1373	195	3	197	1
1374	195	5	199	3
1375	195	5	201	1
1376	196	5	201	-1
1377	194	4	202	-1
1378	196	6	202	-2
1379	195	4	202	-2
1380	195	5	202	-2
1381	193	5	201	-2

1382	196	7	197	-1
1383	195	4	198	3
1384	194	5	199	2
1385	196	6	199	1
1386	195	4	197	1
1387	196	5	199	3
1388	197	4	200	1
1389	195	3	200	0
1390	197	5	197	0
1391	195	3	198	3
1392	196	5	200	2
1393	195	4	202	0
1394	196	5	202	-2
1395	194	4	202	-2
1396	195	6	202	-2
1397	197	5	202	-2
1398	197	3	202	-2
1399	195	3	204	-2
1400	197	5	204	-4
1401	194	3	203	-4
1402	197	6	203	-3
1403	195	3	203	-3
1404	195	5	203	-3
1405	196	5	204	-3
1406	195	4	203	-4
1407	196	5	203	-3
1408	194	4	202	-3
1409	196	6	202	-2
1410	196	4	203	-2
1411	195	4	204	-3
1412	196	5	203	-4
1413	196	4	202	-3
1414	195	4	202	-2
1415	194	5	200	-2
1416	196	6	195	0
1417	194	4	197	5
1418	195	6	197	3
1419	196	5	198	3
1420	197	4	198	2
1421	196	3	199	2
1422	196	4	198	1
1423	196	4	198	2
1424	197	4	198	2
1425	196	3	198	2
1426	196	4	200	2
1427	198	4	203	0
1428	198	2	202	-3
1429	198	2	201	-2
1430	196	2	199	-1
1431	198	4	201	1
1432	195	2	204	-1
1433	198	5	205	-4
1434	198	2	204	-5
1435	197	2	204	-4
1436	197	3	204	-4
1437	197	3	204	-4
1438	198	3	202	-4
1439	198	2	198	-2
1440	197	2	198	2
1441	198	3	199	2
1442	197	2	199	1
1443	198	3	198	1
1444	197	2	201	2
1445	198	3	202	-1
1446	196	2	205	-2

1447	196	4	202	-5
1448	196	4	197	-2
1449	197	4	200	3
1450	197	3	202	0
1451	195	3	202	-2
1452	196	5	201	-2
1453	195	4	202	-1
1454	195	5	204	-2
1455	197	5	202	-4
1456	193	3	198	-2
1457	194	7	199	2
1458	194	6	204	1
1459	193	6	206	-4
1460	195	7	206	-6
1461	189	5	206	-6
1462	190	11	206	-6
1463	190	10	205	-6
1464	190	10	206	-5
1465	191	10	205	-6
1466	190	9	205	-5
1467	189	10	205	-5
1468	191	11	203	-5
1469	192	9	202	-3
1470	192	8	205	-2
1471	192	8	205	-5
1472	193	8	205	-5
1473	193	7	205	-5
1474	193	7	205	-5
1475	192	7	205	-5
1476	194	8	204	-5
1477	194	6	204	-4
1478	193	6	203	-4
1479	195	7	202	-3
1480	195	5	203	-2
1481	195	5	200	-3
1482	195	5	201	0
1483	195	5	203	-1
1484	194	5	204	-3
1485	193	6	204	-4
1486	193	7	204	-4
1487	193	7	204	-4
1488	195	7	204	-4
1489	195	5	204	-4
1490	195	5	203	-4
1491	196	5	202	-3
1492	195	4	204	-2
1493	194	5	203	-4
1494	195	6	204	-3
1495	196	5	204	-4
1496	196	4	201	-4
1497	196	4	198	-1
Tiempo (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
1498	197	4	200	2
1499	196	3	201	0
1500	195	4	203	-1
1501	195	5	203	-3
1502	195	5	203	-3
1503	195	5	203	-3
1504	196	5	203	-3
1505	195	4	203	-3
1506	196	5	203	-3
1507	196	4	203	-3
1508	195	4	203	-3
1509	195	5	203	-3

1510	194	5	202	-3
1511	194	6	203	-2
1512	195	6	203	-3
1513	196	5	202	-3
1514	194	4	202	-2
1515	196	6	202	-2
1516	196	4	202	-2
1517	195	4	201	-2
1518	194	5	196	-1
1519	196	6	196	4
1520	194	4	198	4
1521	195	6	199	2
1522	195	5	198	1
1523	194	5	198	2
1524	196	6	199	2
1525	196	4	199	1
1526	193	4	198	1
1527	196	7	200	2
1528	197	4	201	0
1529	196	3	203	-1
1530	197	4	203	-3
1531	195	3	203	-3
1532	197	5	203	-3
1533	197	3	203	-3
1534	197	3	203	-3
1535	195	3	203	-3
1536	197	5	203	-3
1537	197	3	203	-3
1538	197	3	203	-3
1539	197	3	203	-3
1540	197	3	203	-3
1541	197	3	203	-3
1542	197	3	203	-3
1543	195	3	202	-3
1544	197	5	203	-2
1545	195	3	203	-3
1546	195	5	203	-3
1547	195	5	203	-3
1548	195	5	203	-3
1549	193	5	202	-3
1550	196	7	202	-2
1551	196	4	202	-2
1552	194	4	200	-2
1553	197	6	196	0
1554	198	3	199	4
1555	196	2	202	1
1556	197	4	202	-2
1557	197	3	201	-2
1558	196	3	199	-1
1559	196	4	197	1
1560	196	4	199	3
1561	198	4	202	1
1562	197	2	202	-2
1563	196	3	203	-2
1564	197	4	203	-3
1565	197	3	203	-3
1566	198	3	202	-3
1567	198	2	202	-2
1568	197	2	202	-2
1569	196	3	202	-2
1570	195	4	202	-2
1571	197	5	202	-2
1572	196	3	202	-2
1573	196	4	202	-2
1574	195	4	202	-2

1575	196	5	202	-2
1576	196	4	202	-2
1577	198	4	201	-2
1578	196	2	198	-1
1579	197	4	198	2
1580	196	3	198	2
1581	196	4	198	2
1582	198	4	199	2
1583	196	2	199	1
1584	197	4	199	1
1585	196	3	199	1
1586	197	4	200	1
1587	197	3	199	0
1588	197	3	200	1
1589	196	3	200	0
1590	196	4	198	0
1591	196	4	200	2
1592	195	4	202	0
1593	196	5	204	-2
1594	197	4	203	-4
1595	197	3	204	-3
1596	196	3	204	-4
1597	196	4	204	-4
1598	196	4	204	-4
1599	196	4	202	-4
1600	197	4	199	-2
1601	195	3	199	1
1602	197	5	200	1
1603	197	3	201	0
1604	197	3	202	-1
1605	196	3	204	-2
1606	196	4	204	-4
1607	198	4	203	-4
1608	197	2	204	-3
1609	197	3	204	-4
1610	196	3	204	-4
1611	195	4	203	-4
1612	197	5	203	-3
1613	195	3	203	-3
1614	198	5	202	-3
1615	197	2	203	-2
1616	197	3	203	-3
1617	197	3	203	-3
1618	195	3	202	-3
1619	196	5	201	-2
1620	195	4	197	-1
1621	196	5	199	3
1622	196	4	200	1
1623	197	4	200	0
1624	198	3	198	0
1625	196	2	198	2
1626	198	4	199	2
1627	198	2	200	1
1628	197	2	200	0
1629	196	3	199	0
1630	197	4	199	1
1631	198	3	200	1
1632	196	2	201	0
1633	194	4	204	-1
1634	198	6	204	-4
1635	197	2	202	-4
1636	197	3	200	-2
1637	195	3	200	0
1638	198	5	201	0
1639	195	2	204	-1

1640	196	5	204	-4
1641	197	4	204	-4
1642	197	3	204	-4
1643	197	3	204	-4
1644	198	3	204	-4
1645	198	2	204	-4
1646	198	2	204	-4
1647	198	2	204	-4
1648	199	2	204	-4
1649	197	1	204	-4
1650	196	3	204	-4
1651	197	4	204	-4
1652	196	3	204	-4
1653	197	4	204	-4
1654	197	3	204	-4
1655	197	3	203	-4
1656	196	3	203	-3
1657	197	4	202	-3
1658	197	3	203	-2
1659	196	3	203	-3
1660	194	4	203	-3
1661	195	6	203	-3
1662	197	5	203	-3
1663	197	3	202	-3
1664	197	3	203	-2
1665	195	3	203	-3
1666	194	5	202	-3
1667	196	6	202	-2
1668	197	4	202	-2
1669	197	3	202	-2
1670	198	3	202	-2
1671	198	2	202	-2
1672	198	2	203	-2
1673	199	2	203	-3
1674	198	1	203	-3
1675	197	2	203	-3
1676	197	3	203	-3
1677	198	3	201	-3
1678	196	2	200	-1
1679	196	4	200	0
1680	197	4	197	0
1681	200	3	200	3
1682	202	0	200	0
1683	202	-2	198	0
1684	202	-2	199	2
1685	202	-2	199	1
1686	202	-2	199	1
1687	202	-2	199	1
1688	202	-2	201	1
1689	202	-2	203	-1
1690	202	-2	204	-3
Tiempo	Temp.	Error	Temp.	Error
(min)	Difuso	Difuso	PID	PID
	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
1691	201	-2	205	-4
1692	203	-1	205	-5
1693	202	-3	204	-5
1694	202	-2	204	-4
1695	202	-2	205	-4
1696	201	-2	205	-5
1697	201	-1	205	-5
1698	201	-1	205	-5
1699	201	-1	205	-5
1700	201	-1	205	-5
1701	201	-1	205	-5
1702	200	-1	205	-5

1703	200	0	204	-5
1704	200	0	205	-4
1705	200	0	204	-5
1706	200	0	204	-4
1707	200	0	204	-4
1708	200	0	204	-4
1709	200	0	204	-4
1710	199	0	204	-4
1711	195	1	204	-4
1712	195	5	204	-4
1713	195	5	204	-4
1714	196	5	203	-4
1715	196	4	204	-3
1716	197	4	204	-4
1717	196	3	203	-4
1718	197	4	203	-3
1719	198	3	203	-3
1720	196	2	203	-3
1721	198	4	203	-3
1722	195	2	203	-3
1723	196	5	203	-3
1724	196	4	202	-3
1725	195	4	202	-2
1726	196	5	202	-2
1727	197	4	202	-2
1728	196	3	203	-2
1729	197	4	203	-3
1730	196	3	203	-3
1731	197	4	203	-3
1732	196	3	202	-3
1733	196	4	202	-2
1734	196	4	202	-2
1735	198	4	201	-2
1736	198	2	198	-1
1737	198	2	199	2
1738	196	2	198	1
1739	198	4	196	2
1740	199	2	198	4
1741	197	1	199	2
1742	198	3	198	1
1743	200	2	198	2
1744	203	0	199	2
1745	201	-3	200	1
1746	202	-1	199	0
1747	202	-2	198	1
1748	201	-2	200	2
1749	202	-1	203	0
1750	202	-2	204	-3
1751	202	-2	203	-4
1752	200	-2	203	-3
1753	201	0	204	-3
1754	202	-1	203	-4
1755	200	-2	203	-3
1756	200	0	203	-3
1757	199	0	204	-3
1758	195	1	204	-4
1759	198	5	203	-4
1760	195	2	204	-3
1761	197	5	204	-4
1762	199	3	203	-4
1763	195	1	203	-3
1764	196	5	203	-3
1765	196	4	203	-3
1766	196	4	203	-3
1767	196	4	203	-3

1768	195	4	203	-3
1769	197	5	203	-3
1770	196	3	201	-3
1771	196	4	200	-1
1772	195	4	200	0
1773	195	5	199	0
1774	197	5	199	1
1775	197	3	200	1
1776	197	3	200	0
1777	196	3	199	0
1778	196	4	199	1
1779	196	4	201	1
1780	198	4	203	-1
1781	197	2	204	-3
1782	198	3	205	-4
1783	198	2	204	-5
1784	197	2	205	-4
1785	196	3	204	-5
1786	197	4	204	-4
1787	197	3	205	-4
1788	197	3	205	-5
1789	198	3	204	-5
1790	199	2	205	-4
1791	198	1	203	-5
1792	199	2	201	-3
1793	197	1	199	-1
1794	198	3	201	1
1795	201	2	203	-1
1796	203	-1	204	-3
1797	203	-3	204	-4
1798	203	-3	204	-4
1799	202	-3	205	-4
1800	203	-2	205	-5
1801	201	-3	205	-5
1802	203	-1	205	-5
1803	204	-3	204	-5
1804	203	-4	204	-4
1805	204	-3	204	-4
1806	203	-4	204	-4
1807	203	-3	203	-4
1808	203	-3	203	-3
1809	202	-3	203	-3
1810	202	-2	203	-3
1811	202	-2	203	-3
1812	202	-2	203	-3
1813	202	-2	203	-3
1814	202	-2	201	-3
1815	202	-2	195	-1
1816	202	-2	198	5
1817	201	-2	200	2
1818	201	-1	203	0
1819	201	-1	202	-3
1820	202	-1	203	-2
1821	201	-2	202	-3
1822	201	-1	202	-2
1823	201	-1	203	-2
1824	200	-1	203	-3
1825	201	0	203	-3
1826	201	-1	202	-3
1827	201	-1	202	-2
1828	201	-1	202	-2
1829	201	-1	202	-2
1830	200	-1	201	-2
1831	201	0	196	-1
1832	201	-1	198	4

1833	201	-1	197	2
1834	201	-1	197	3
1835	201	-1	198	3
1836	201	-1	198	2
1837	200	-1	198	2
1838	200	0	198	2
1839	200	0	200	2
1840	200	0	203	0
1841	200	0	204	-3
1842	200	0	203	-4
1843	200	0	204	-3
1844	200	0	203	-4
1845	200	0	203	-3
1846	200	0	204	-3
1847	200	0	203	-4
1848	200	0	204	-3
1849	200	0	203	-4
1850	200	0	203	-3
1851	200	0	203	-3
1852	200	0	203	-3
1853	199	0	203	-3
1854	196	1	203	-3
1855	197	4	202	-3
1856	195	3	202	-2
1857	195	5	203	-2
1858	195	5	203	-3
1859	196	5	203	-3
1860	197	4	201	-3
1861	196	3	198	-1
1862	197	4	198	2
1863	196	3	199	2
1864	196	4	199	1
1865	197	4	198	1
1866	197	3	198	2
1867	197	3	199	2
1868	197	3	200	1
1869	199	3	198	0
1870	197	1	200	2
1871	197	3	204	0
1872	197	3	203	-4
1873	197	3	202	-3
1874	198	3	204	-2
1875	198	2	204	-4
1876	200	2	205	-4
1877	203	0	205	-5
1878	203	-3	204	-5
1879	203	-3	205	-4
1880	203	-3	205	-5
1881	203	-3	204	-5
1882	203	-3	204	-4
1883	203	-3	205	-4
Temp. Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error Difuso (°C)	Error PID (°C)	
1884	203	-3	204	-5
1885	203	-3	204	-4
1886	203	-3	204	-4
1887	202	-3	204	-4
1888	203	-2	204	-4
1889	202	-3	204	-4
1890	202	-2	203	-4
1891	202	-2	202	-3
1892	202	-2	202	-2
1893	202	-2	203	-2
1894	202	-2	202	-3
1895	202	-2	202	-2

1896	202	-2	203	-2
1897	202	-2	202	-3
1898	201	-2	203	-2
1899	201	-1	202	-3
1900	202	-1	202	-2
1901	202	-2	202	-2
1902	202	-1	202	-2
1903	202	-1	201	-2
1904	202	-1	198	-1
1905	202	-1	195	2
1906	202	-1	198	5
1907	201	-1	202	2
1908	201	0	202	-2
1909	200	0	202	-2
1910	196	1	202	-2
1911	197	5	203	-2
1912	197	4	203	-2
1913	197	4	202	-2
1914	196	5	202	-1
1915	198	6	203	-1
1916	197	4	201	-2
1917	187	5	199	0
1918	187	15	199	2
1919	187	15	200	2
1920	190	15	200	1
1921	190	12	199	1
1922	188	12	200	2
1923	188	14	200	1
1924	188	14	201	2
1925	191	14	201	1
1926	190	12	201	1
1927	190	13	201	1
1928	192	13	203	1
1929	189	11	204	-1
1930	190	14	205	-2
1931	192	13	205	-3
1932	193	11	206	-3
1933	192	10	206	-4
1934	193	11	206	-4
1935	194	10	206	-4
1936	191	9	206	-3
1937	194	12	205	-3
1938	194	10	205	-2
1939	192	10	205	-2
1940	195	12	203	-2
1941	194	9	199	0
1942	193	10	201	4
1943	195	11	201	2
1944	195	9	197	2
1945	196	9	201	6
1946	195	8	204	2
1947	196	9	204	-1
1948	194	8	204	0
1949	195	10	204	0
1950	196	10	204	0
1951	196	9	205	0
1952	197	9	204	-1
1953	196	8	200	0
1954	197	9	199	4
1955	194	8	202	5
1956	197	11	204	2
1957	197	8	204	0
1958	198	8	200	0
1959	198	7	201	4
1960	196	7	202	4

1961	199	9	202	3
1962	198	7	201	3
1963	198	8	201	4
1964	197	8	202	4
1965	199	9	203	3
1966	199	7	204	2
1967	199	7	203	1
1968	199	7	201	2
1969	199	7	204	4
1970	198	7	207	1
1971	198	8	206	-2
1972	199	8	204	0
1973	200	7	204	2
1974	200	7	204	2
1975	199	7	204	2
1976	200	8	205	2
1977	199	7	206	1
1978	199	8	209	0
1979	199	8	208	-3
1980	200	8	209	-2
1981	199	7	209	-3
1982	199	8	207	-3
1983	199	8	202	-1
1984	201	8	205	5
1985	200	6	206	2
1986	202	8	203	1
1987	200	6	206	4
1988	200	8	208	1
1989	201	8	209	-1
1990	200	7	209	-2
1991	201	8	209	-2
1992	201	7	209	-2
1993	201	7	208	-2
1994	201	7	206	-1
1995	202	7	205	1
1996	203	6	205	3
1997	203	5	205	3
1998	200	6	204	3
1999	202	9	204	4
2000	203	7	205	4
2001	203	6	205	3
2002	201	6	206	3
2003	201	8	206	2
2004	202	8	206	2
2005	201	7	207	2
2006	201	8	207	1
2007	204	8	207	1
2008	203	5	208	2
2009	203	6	208	1
2010	203	7	207	1
2011	202	7	208	2
2012	204	8	208	1
2013	203	6	208	1
2014	203	7	208	1
2015	204	7	208	1
2016	204	6	209	1
2017	204	6	210	0
2018	205	6	211	-1
2019	204	5	211	-2
2020	205	6	212	-1
2021	205	5	211	-2
2022	203	6	211	-1
2023	205	8	211	-1
2024	205	6	211	-1
2025	205	6	211	-1

2026	205	6	211	-1
2027	204	6	211	-1
2028	206	7	209	-1
2029	206	5	206	1
2030	205	5	207	4
2031	207	6	207	3
2032	206	4	204	4
2033	204	5	205	7
2034	205	8	207	6
2035	205	7	207	4
2036	206	7	209	4
2037	207	6	211	2
2038	207	5	211	0
2039	205	5	211	0
2040	206	7	212	0
2041	205	6	212	-1
2042	205	7	212	-1
2043	206	7	212	-1
2044	205	6	211	0
2045	207	7	207	1
2046	206	6	209	5
2047	208	7	207	3
2048	208	5	205	5
2049	206	5	209	7
2050	207	7	210	3
2051	207	6	208	2
2052	208	6	209	4
2053	208	5	210	3
2054	207	5	208	2
2055	207	6	208	4
2056	209	6	209	5
2057	208	4	210	4
2058	207	6	210	3
2059	209	7	210	3
2060	207	5	210	3
2061	207	7	210	3
2062	207	7	211	3
2063	207	7	211	2
2064	209	7	211	2
2065	209	5	211	2
2066	209	5	211	2
2067	209	5	212	2
2068	209	5	212	2
2069	209	5	212	2
2070	208	6	213	2
2071	208	7	213	1
2072	209	7	211	1
2073	210	6	213	3
2074	209	5	214	1
2075	210	6	217	0
2076	210	5	216	-3
Tiempo (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
2077	208	5	216	-2
2078	210	7	216	-2
2079	209	5	216	-2
2080	209	6	216	-1
2081	209	6	216	-1
2082	210	7	215	-1
2083	211	6	212	0
2084	211	5	211	3
2085	212	5	213	4
2086	212	4	215	2
2087	210	4	216	0
2088	210	6	216	-1

2089	211	6	216	-1
2090	210	5	216	-1
2091	211	6	217	-1
2092	212	5	215	-1
2093	212	4	211	1
2094	210	5	212	5
2095	212	7	212	4
2096	212	5	213	4
2097	212	5	213	3
2098	211	5	212	3
2099	212	6	213	4
2100	213	5	213	3
2101	211	4	212	3
2102	213	6	213	4
2103	212	4	213	3
2104	211	5	213	4
2105	212	6	214	4
2106	213	6	214	3
2107	213	5	214	3
2108	212	5	214	3
2109	211	6	214	3
2110	211	7	214	3
2111	212	7	215	3
2112	213	6	215	2
2113	214	5	215	2
2114	213	4	216	2
2115	212	5	215	1
2116	213	6	214	3
2117	212	5	216	4
2118	214	7	217	2
2119	213	5	215	1
2120	213	6	216	3
2121	214	6	216	2
2122	212	5	215	2
2123	213	7	216	3
2124	215	6	217	2
2125	214	4	217	1
2126	215	5	215	1
2127	213	4	216	3
2128	213	6	218	3
2129	214	6	221	1
2130	215	6	220	-2
2131	215	5	220	-1
2132	214	5	220	-1
2133	215	6	220	-1
2134	215	5	221	-1
2135	214	5	220	-2
2136	216	6	217	-1
2137	215	4	216	2
2138	216	5	218	3
2139	214	4	220	1
2140	214	6	221	0
2141	216	6	220	-1
2142	215	5	215	0
2143	216	6	217	5
2144	216	5	218	3
2145	214	5	215	2
2146	216	7	216	5
2147	216	5	217	4
2148	215	5	217	3
2149	216	6	217	3
2150	216	5	218	3
2151	217	5	218	2
2152	215	4	218	3
2153	215	6	218	3

2154	215	7	219	3
2155	215	7	219	2
2156	216	7	218	2
2157	217	6	220	3
2158	216	5	222	1
2159	217	6	223	-1
2160	216	5	223	-2
2161	217	6	223	-2
2162	218	5	222	-2
2163	214	4	218	-1
2164	215	8	219	4
2165	218	7	219	3
2166	218	5	219	3
2167	216	5	219	3
2168	216	7	219	3
2169	218	7	220	3
2170	218	5	220	2
2171	218	5	220	2
2172	218	5	220	2
2173	217	5	221	2
2174	218	6	221	1
2175	218	5	219	1
2176	217	5	220	4
2177	219	6	221	3
2178	219	5	221	2
2179	217	5	221	2
2180	217	7	221	2
2181	219	7	222	2
2182	217	5	222	1
2183	219	7	220	1
2184	219	5	222	3
2185	217	5	223	1
2186	220	7	225	0
2187	220	4	225	-2
2188	217	4	225	-1
2189	218	7	225	-1
2190	219	7	225	-1
2191	219	6	224	-1
2192	220	6	219	0
2193	220	5	221	5
2194	219	5	222	3
2195	219	6	221	2
2196	218	6	221	3
2197	221	7	222	3
2198	221	4	222	2
2199	219	4	220	2
2200	220	6	220	5
2201	219	5	222	5
2202	219	7	221	3
2203	221	7	220	4
2204	221	5	223	5
2205	221	5	225	2
2206	219	5	227	0
2207	220	7	227	-2
2208	221	6	226	-2
2209	221	5	222	-1
2210	220	5	222	3
2211	220	6	223	3
2212	220	6	223	3
2213	220	6	224	3
2214	221	7	224	2
2215	220	6	223	2
2216	222	7	224	3
2217	221	5	224	2
2218	222	6	223	2

2219	221	5	224	3
2220	222	6	224	2
2221	222	5	225	2
2222	222	5	225	1
2223	221	5	223	1
2224	221	6	225	4
2225	223	6	228	2
2226	223	5	228	-1
2227	222	5	229	-1
2228	221	6	228	-2
2229	223	7	226	-1
2230	223	5	224	1
2231	222	5	225	3
2232	223	6	225	2
2233	223	5	225	2
2234	224	5	225	2
2235	224	4	225	2
2236	222	4	225	3
2237	223	6	225	3
2238	222	6	225	3
2239	222	7	224	3
2240	224	7	225	4
2241	224	5	225	3
2242	222	5	226	3
2243	222	7	226	2
2244	223	7	226	2
2245	225	6	226	2
2246	225	4	227	2
2247	222	4	227	1
2248	223	7	227	2
2249	223	6	227	2
2250	225	7	228	2
2251	223	5	229	1
2252	222	7	231	0
2253	223	8	231	-2
2254	223	7	231	-2
2255	225	7	231	-2
2256	224	5	231	-2
2257	223	6	230	-2
2258	226	7	227	-1
2259	226	4	225	2
2260	224	4	227	5
2261	226	6	227	3
2262	226	5	227	3
2263	225	5	227	3
2264	226	6	227	3
2265	226	5	227	3
2266	226	5	227	3
2267	225	5	227	3
2268	226	6	226	3
2269	227	5	228	4
Temp. Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error Difuso (°C)	Error PID (°C)	
2270	226	4	228	2
2271	226	5	228	2
2272	224	5	227	3
2273	226	7	228	4
2274	227	6	228	3
2275	227	5	228	3
2276	226	5	228	3
2277	227	6	229	3
2278	225	5	229	2
2279	225	7	228	2
2280	226	7	228	3
2281	227	6	230	3

2282	225	5	233	1
2283	226	7	233	-2
2284	226	6	233	-1
2285	227	6	233	-1
2286	228	6	233	-1
2287	228	5	233	-1
2288	227	5	232	-1
2289	228	6	229	0
2290	228	5	229	3
2291	228	5	229	3
2292	229	5	229	3
2293	229	4	230	3
2294	229	4	231	2
2295	226	4	230	1
2296	228	7	230	3
2297	227	5	229	3
2298	228	7	229	4
2299	229	6	229	4
2300	229	5	230	4
2301	227	5	230	3
2302	227	7	231	3
2303	229	7	231	2
2304	227	5	231	2
2305	229	7	231	2
2306	229	5	232	2
2307	229	5	232	1
2308	227	5	231	2
2309	229	7	232	3
2310	228	6	231	2
2311	229	7	229	3
2312	228	6	233	5
2313	230	7	235	1
2314	229	5	235	-1
2315	230	6	235	-1
2316	230	5	236	-1
2317	230	5	236	-2
2318	229	5	235	-2
2319	229	6	231	-1
2320	229	6	231	4
2321	231	6	232	4
2322	231	5	233	3
2323	231	5	232	2
2324	229	5	231	3
2325	230	7	232	4
2326	229	6	232	3
2327	231	7	232	3
2328	231	5	232	3
2329	231	5	232	3
2330	231	5	232	3
2331	229	5	232	3
2332	230	7	232	4
2333	230	6	232	4
2334	230	7	233	4
2335	231	7	232	3
2336	230	6	233	4
2337	231	7	232	3
2338	230	6	233	4
2339	231	7	234	3
2340	232	6	234	2
2341	231	5	234	2
2342	232	6	234	2
2343	231	5	235	2
2344	231	6	234	2
2345	233	6	232	3
2346	231	5	235	5

2347	233	7	238	2
2348	233	5	237	-1
2349	232	5	233	0
2350	231	6	233	4
2351	233	7	235	4
2352	233	5	235	2
2353	231	5	234	2
2354	231	7	235	3
2355	233	7	235	2
2356	233	5	235	3
2357	233	5	235	3
2358	232	6	235	3
2359	234	7	235	3
2360	234	5	235	3
2361	232	5	235	3
2362	232	7	236	3
2363	234	7	236	2
2364	232	5	236	2
2365	232	7	237	2
2366	234	7	237	1
2367	233	5	235	1
2368	231	6	237	4
2369	232	8	240	2
2370	232	8	240	-1
2371	235	8	240	-1
2372	235	5	239	-1
2373	233	5	236	0
2374	233	7	234	3
2375	234	7	237	5
2376	235	6	240	2
2377	234	5	239	-1
2378	234	6	233	0
2379	234	6	236	6
2380	235	6	240	4
2381	236	5	240	0
2382	233	5	240	0
2383	235	8	239	0
2384	235	6	234	1
2385	236	6	237	6
2386	234	5	239	3
2387	235	7	239	1
2388	235	6	237	1
2389	236	6	236	3
2390	234	5	236	4
2391	236	7	237	4
2392	236	5	237	4
2393	236	5	237	4
2394	237	6	237	4
2395	235	5	237	4
2396	237	7	238	4
2397	235	5	238	3
2398	235	7	238	3
2399	237	7	236	3
2400	237	5	238	5
2401	236	5	239	3
2402	237	6	238	2
2403	235	5	239	3
2404	235	7	240	3
2405	236	7	240	2
2406	238	7	240	2
2407	238	5	241	2
2408	237	5	240	1
2409	236	6	239	2
2410	238	7	240	3
2411	237	5	240	2

2412	236	6	241	2
2413	237	7	241	1
2414	238	6	241	1
2415	238	5	241	1
2416	238	5	241	2
2417	238	5	241	2
2418	239	6	241	2
2419	239	5	241	2
2420	237	5	242	2
2421	238	7	241	1
2422	238	6	242	2
2423	239	6	242	1
2424	237	5	239	1
2425	238	7	243	4
2426	238	6	245	0
2427	239	6	245	-2
2428	239	5	244	-1
2429	239	5	241	0
2430	239	6	239	3
2431	240	6	241	5
2432	239	5	242	3
2433	239	6	241	2
2434	238	6	239	3
2435	238	7	241	5
2436	239	7	241	3
2437	240	6	241	3
2438	240	5	242	3
2439	240	5	241	2
2440	240	5	242	4
2441	239	5	242	3
2442	240	7	243	3
2443	239	6	243	2
2444	237	7	240	2
2445	241	9	243	5
2446	240	5	244	2
2447	240	6	243	1
2448	241	6	243	2
2449	239	5	244	2
2450	241	7	244	1
2451	240	5	242	1
2452	240	6	244	4
2453	240	6	245	2
2454	240	7	244	1
2455	242	7	242	2
2456	242	5	244	4
2457	239	5	247	2
2458	240	8	247	-1
2459	240	7	248	-1
2460	241	7	247	-2
2461	240	6	242	-1
2462	241	7	242	4
Temp. Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error Difuso (°C)	Error PID (°C)	
2463	241	6	244	4
2464	240	6	244	3
2465	242	7	241	3
2466	242	6	244	6
2467	242	6	247	3
2468	242	6	248	0
2469	241	6	247	-1
2470	242	7	242	0
2471	243	6	243	5
2472	242	5	244	4
2473	243	6	244	3
2474	243	5	244	3

2475	242	5	244	3
2476	242	6	244	4
2477	243	6	245	4
2478	243	6	245	3
2479	243	6	245	3
2480	244	6	245	3
2481	244	5	245	3
2482	242	5	245	3
2483	243	7	246	3
2484	244	6	245	2
2485	244	5	246	3
2486	244	5	246	2
2487	244	5	247	2
2488	244	5	247	2
2489	243	5	246	2
2490	244	7	244	3
2491	243	6	247	5
2492	244	7	249	2
2493	244	6	251	0
2494	243	6	250	-2
2495	243	7	245	-1
2496	244	7	247	4
2497	245	6	246	2
2498	243	5	244	3
2499	243	7	247	5
2500	243	7	249	3
2501	245	7	250	1
2502	243	6	251	0
2503	244	8	251	-1
2504	245	7	250	-1
2505	245	6	244	0
2506	244	6	244	6
2507	245	7	246	6
2508	246	6	247	4
2509	246	5	247	3
2510	244	5	247	3
2511	245	7	247	3
2512	246	6	247	4
2513	246	5	247	4
2514	245	6	248	4
2515	245	7	248	3
2516	245	7	248	3
2517	246	7	248	3
2518	247	6	248	3
2519	247	5	249	3
2520	245	5	248	2
2521	245	7	249	3
2522	245	7	249	2
2523	247	7	249	2
2524	247	5	249	3
2525	247	5	249	3
2526	247	6	249	3
2527	247	6	250	3
2528	247	6	249	2
2529	248	6	248	3
2530	246	5	251	4
2531	246	7	251	1
2532	248	7	251	1
2533	246	5	250	1
2534	247	7	250	2
2535	247	6	250	2
2536	248	6	250	3
2537	247	5	251	3
2538	248	7	250	2
2539	248	6	250	3

2540	249	6	251	3
2541	249	5	251	2
2542	248	5	249	2
2543	247	6	251	4
2544	248	7	251	2
2545	248	6	251	2
2546	248	6	251	2
2547	249	6	251	2
2548	249	5	251	3
2549	247	5	251	3
2550	249	8	251	3
2551	249	6	252	3
2552	249	6	251	2
2553	249	6	250	3
2554	249	6	252	4
2555	249	6	252	2
2556	248	6	251	2
2557	247	7	252	3
2558	250	8	253	2
2559	250	5	253	1
2560	249	5	251	2
2561	250	6	253	4
2562	250	6	256	2
2563	250	6	256	-1
2564	250	6	256	-1
2565	251	6	256	-1
2566	250	5	256	-1
2567	249	6	255	-1
2568	250	7	252	0
2569	251	6	251	3
2570	250	5	252	4
2571	249	6	252	3
2572	249	7	252	4
2573	249	7	252	4
2574	251	8	252	4
2575	251	6	252	4
2576	250	6	252	4
2577	250	7	252	4
2578	251	7	252	4
2579	252	6	253	4
2580	251	5	253	3
2581	250	6	253	3
2582	250	7	253	3
2583	251	7	253	3
2584	251	6	253	4
2585	251	6	254	4
2586	251	7	254	3
2587	251	7	254	3
2588	251	7	254	3
2589	251	7	255	3
2590	248	7	255	2
2591	251	10	255	2
2592	250	7	255	2
2593	251	8	255	2
2594	250	7	256	2
2595	250	8	255	1
2596	251	8	255	3
2597	252	7	256	3
2598	252	7	256	2
2599	252	7	254	2
2600	252	7	257	4
2601	251	7	259	1
2602	250	8	260	-1
2603	253	9	260	-2
2604	253	6	258	-2

2605	252	6	254	0
2606	253	7	256	4
2607	253	6	256	2
2608	252	6	255	3
2609	253	7	256	4
2610	252	7	256	3
2611	253	8	256	3
2612	253	7	256	3
2613	254	7	256	3
2614	254	6	257	3
2615	254	6	257	2
2616	254	6	257	2
2617	253	6	258	2
2618	254	7	257	1
2619	254	6	257	2
2620	253	6	257	3
2621	253	7	258	3
2622	254	8	257	2
2623	255	7	257	3
2624	255	6	258	3
2625	255	6	258	2
2626	255	6	256	2
2627	255	6	258	4
2628	255	6	258	2
2629	255	6	258	2
2630	255	6	259	2
2631	255	6	259	1
2632	255	6	258	2
2633	255	6	259	3
2634	256	7	259	2
2635	255	6	259	2
2636	256	7	259	2
2637	255	6	260	2
2638	256	7	259	1
2639	255	6	258	2
2640	256	7	259	3
2641	255	6	259	2
2642	256	7	260	2
2643	257	6	260	1
2644	255	5	259	2
2645	255	7	260	3
2646	255	8	260	2
2647	256	8	259	2
2648	257	7	260	3
2649	256	6	260	2
2650	257	7	260	2
2651	257	6	260	2
2652	256	6	260	2
2653	257	7	260	2
2654	256	6	260	2
2655	255	7	260	2
Temp. Difuso (°C)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
2656	256	8	260	3
2657	258	7	261	3
2658	256	6	261	2
2659	258	8	261	2
2660	258	6	261	2
2661	256	6	261	2
2662	258	8	262	2
2663	258	6	261	1
2664	258	6	261	2
2665	258	6	261	2
2666	258	6	262	2
2667	258	6	262	1

2668	256	6	262	2
2669	259	8	263	2
2670	257	6	263	1
2671	259	8	262	1
2672	258	6	262	2
2673	258	7	262	2
2674	259	7	263	2
2675	259	6	262	1
2676	259	6	259	2
2677	258	6	262	5
2678	259	7	265	2
2679	260	6	266	-1
2680	260	5	266	-1
2681	257	5	266	-1
2682	259	9	266	-1
2683	260	7	266	-1
2684	257	6	266	-1
2685	258	9	264	-1
2686	259	8	261	1
2687	260	7	261	4
2688	259	6	260	4
2689	258	7	262	5
2690	259	8	262	3
2691	258	7	261	3
2692	260	8	262	5
2693	259	6	262	4
2694	259	8	262	4
2695	259	8	263	4
2696	259	8	263	3
2697	261	8	263	3
2698	261	6	263	3
2699	260	6	263	3
2700	261	7	263	3
2701	260	6	264	3
2702	261	7	264	2
2703	259	6	264	2
2704	261	8	264	3
2705	261	6	264	3
2706	261	7	265	3
2707	261	7	265	2
2708	261	7	263	2
2709	260	7	265	4
2710	261	8	266	2
2711	261	7	265	1
2712	260	7	265	2
2713	261	8	265	2
2714	261	7	265	2
2715	261	7	265	2
2716	260	7	266	3
2717	262	8	265	2
2718	261	7	265	3
2719	260	8	265	3
2720	262	9	265	3
2721	261	7	265	3
2722	262	8	266	3
2723	261	7	266	2
2724	261	8	266	2
2725	262	8	266	2
2726	263	7	264	2
2727	262	6	266	4
2728	262	7	266	3
2729	263	7	266	3
2730	263	7	266	3
2731	263	7	267	3
2732	263	7	267	2

2733	263	7	267	2
2734	262	7	267	2
2735	263	8	267	2
2736	263	7	267	2
2737	262	7	267	2
2738	263	8	268	2
2739	264	7	267	1
2740	264	6	267	3
2741	263	6	268	3
2742	264	8	268	2
2743	264	7	266	2
2744	264	7	268	4
2745	264	7	271	2
2746	263	7	272	-1
2747	264	8	271	-2
2748	264	7	265	-1
2749	264	7	265	5
2750	265	7	268	5
2751	264	6	271	2
2752	265	7	271	0
2753	263	6	270	0
2754	265	9	265	1
2755	265	7	267	6
2756	265	7	267	4
2757	264	7	268	4
2758	264	8	268	3
2759	264	8	268	3
2760	265	8	268	3
2761	266	7	268	3
2762	265	6	268	3
2763	264	7	269	3
2764	265	8	269	3
2765	265	7	269	3
2766	265	8	269	3
2767	266	8	269	3
2768	266	7	268	3
2769	265	7	269	4
2770	266	8	269	3
2771	266	7	269	3
2772	264	7	269	3
2773	266	9	270	3
2774	266	7	270	2
2775	267	7	270	2
2776	265	6	270	3
2777	267	8	270	3
2778	267	7	270	3
2779	266	7	270	3
2780	267	8	271	3
2781	267	7	271	2
2782	267	7	268	2
2783	267	7	271	5
2784	267	7	274	2
2785	267	7	275	-1
2786	265	7	275	-2
2787	268	9	275	-2
2788	267	6	275	-1
2789	268	7	274	-1
2790	268	7	269	0
2791	267	7	269	5
2792	267	8	270	5
2793	268	8	270	4
2794	268	7	270	4
2795	268	7	271	4
2796	267	7	271	3
2797	268	8	271	3

2798	268	7	271	3
2799	268	7	271	3
2800	268	7	272	4
2801	269	7	272	3
2802	268	7	271	3
2803	269	8	272	4
2804	269	7	273	3
2805	268	7	272	2
2806	269	8	271	3
2807	268	7	273	4
2808	269	8	273	2
2809	269	7	272	2
2810	269	7	273	3
2811	269	7	273	2
2812	268	7	273	3
2813	269	8	274	3
2814	269	8	273	2
2815	270	8	273	3
2816	269	7	274	3
2817	268	8	273	2
2818	270	9	274	3
2819	270	7	274	2
2820	268	7	274	2
2821	267	9	274	2
2822	269	10	274	2
2823	270	8	275	2
2824	269	7	275	2
2825	270	8	274	2
2826	270	8	275	3
2827	270	8	273	2
2828	271	8	274	4
2829	269	7	275	3
2830	271	9	276	2
2831	270	7	276	1
2832	269	8	273	1
2833	271	9	276	4
2834	271	7	277	1
2835	271	7	279	0
2836	271	7	279	-1
2837	271	7	278	-1
2838	271	8	274	0
2839	272	8	274	4
2840	272	7	274	4
2841	272	7	275	4
2842	272	7	274	3
2843	271	7	275	4
2844	272	8	275	3
2845	271	7	275	3
2846	270	8	275	3
2847	271	9	275	3
2848	271	8	275	4
Tiempo (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
2849	273	8	275	4
2850	271	7	276	4
2851	273	9	276	3
2852	272	7	276	3
2853	273	8	276	3
2854	272	7	276	3
2855	271	8	277	3
2856	271	9	276	2
2857	273	9	276	3
2858	273	7	277	3
2859	273	7	277	2
2860	273	7	277	3

2861	272	7	277	3
2862	273	9	277	3
2863	273	8	278	3
2864	273	8	278	2
2865	274	8	277	2
2866	273	7	279	3
2867	274	8	280	1
2868	272	7	282	0
2869	274	9	282	-2
2870	274	7	280	-2
2871	274	7	276	0
2872	273	7	279	5
2873	274	8	282	2
2874	274	8	282	-1
2875	272	8	282	-1
2876	274	10	280	-1
2877	274	8	275	1
2878	275	8	277	6
2879	274	7	277	4
2880	274	8	277	4
2881	275	8	277	4
2882	275	7	277	4
2883	275	7	277	4
2884	275	7	278	5
2885	275	7	277	4
2886	275	8	278	5
2887	275	8	278	4
2888	275	8	278	4
2889	274	8	279	4
2890	275	9	278	3
2891	274	8	279	4
2892	276	9	279	3
2893	276	7	280	3
2894	275	7	279	2
2895	276	8	280	3
2896	276	7	280	3
2897	276	7	280	3
2898	275	8	280	3
2899	276	9	280	3
2900	276	8	280	3
2901	276	8	280	3
2902	275	8	280	3
2903	275	9	281	3
2904	276	9	281	2
2905	277	8	281	2
2906	278	7	281	2
2907	276	6	281	2
2908	278	8	281	3
2909	278	6	282	3
2910	278	7	281	2
2911	275	7	280	3
2912	277	10	281	4
2913	278	8	282	3
2914	278	7	282	2
2915	278	7	281	2
2916	278	7	282	3
2917	278	7	282	2
2918	278	7	283	2
2919	278	7	283	1
2920	277	7	281	2
2921	279	8	283	4
2922	279	7	286	2
2923	277	7	286	-1
2924	279	9	286	-1
2925	278	7	286	-1

2926	279	8	286	-1
2927	277	7	286	-1
2928	279	9	285	-1
2929	278	7	281	0
2930	279	8	282	4
2931	279	7	282	3
2932	279	7	282	4
2933	278	7	281	4
2934	278	9	282	5
2935	279	9	282	4
2936	279	8	282	4
2937	279	8	281	4
2938	280	8	282	5
2939	280	7	283	4
2940	280	7	282	3
2941	280	7	283	4
2942	280	7	283	3
2943	280	7	283	3
2944	278	7	283	4
2945	280	9	283	4
2946	279	8	284	4
2947	280	9	284	3
2948	278	8	284	3
2949	280	10	284	3
2950	280	8	284	3
2951	280	8	284	3
2952	280	8	284	3
2953	281	8	284	3
2954	281	7	285	3
2955	281	7	285	2
2956	279	7	285	3
2957	280	9	285	3
2958	281	9	285	3
2959	280	8	285	3
2960	282	9	285	3
2961	281	7	285	3
2962	282	8	286	3
2963	282	7	286	2
2964	282	7	286	2
2965	282	7	286	2
2966	282	7	286	2
2967	282	7	287	2
2968	280	7	286	2
2969	282	9	286	3
2970	282	8	287	3
2971	282	8	287	2
2972	282	8	286	2
2973	282	8	286	3
2974	281	8	287	3
2975	282	9	286	2
2976	283	8	287	3
2977	283	7	288	2
2978	283	7	288	1
2979	283	7	288	1
2980	282	7	288	2
2981	284	8	288	2
2982	284	7	288	2
2983	284	7	288	2
2984	284	7	288	2
2985	284	7	289	2
2986	284	7	288	1
2987	283	7	284	2
2988	284	8	289	6
2989	282	7	292	1
2990	284	9	292	-2

2991	284	7	292	-2
2992	283	7	292	-1
2993	284	8	291	-1
2994	284	8	286	0
2995	284	8	288	5
2996	285	8	288	3
2997	284	7	288	3
2998	284	8	288	3
2999	285	8	288	3
3000	285	7	288	3
3001	285	7	288	3
3002	285	7	288	3
3003	285	7	288	3
3004	285	7	288	4
3005	285	7	289	4
3006	284	8	289	3
3007	285	9	289	3
3008	285	8	289	3
3009	286	8	289	3
3010	288	7	289	3
3011	287	5	289	3
3012	287	6	287	3
3013	286	6	290	5
3014	286	7	292	2
3015	287	7	293	0
3016	287	6	293	0
3017	286	6	293	0
3018	287	8	293	0
3019	286	7	293	0
3020	286	8	293	0
3021	286	8	293	0
3022	287	8	291	0
3023	287	7	288	2
3024	285	7	289	5
3025	287	9	289	4
3026	287	7	288	4
3027	287	7	289	5
3028	287	7	289	5
3029	288	7	289	5
3030	286	7	289	5
3031	287	9	289	5
3032	289	8	290	5
3033	289	6	289	4
3034	287	6	290	5
3035	289	8	289	4
3036	290	6	290	5
3037	290	5	291	4
3038	290	5	291	3
3039	288	5	290	3
3040	287	7	290	5
3041	289	8	289	5
Tiempo (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
3042	288	7	290	6
3043	289	8	291	5
3044	289	7	291	4
3045	287	7	291	4
3046	289	9	291	4
3047	289	7	292	4
3048	289	7	292	3
3049	289	7	292	3
3050	289	7	292	3
3051	289	7	292	3
3052	290	7	292	4
3053	288	6	293	4

3054	289	9	292	3
3055	289	8	293	4
3056	289	8	293	3
3057	290	8	293	3
3058	288	7	293	3
3059	290	9	294	3
3060	290	7	294	2
3061	289	7	294	2
3062	290	8	294	2
3063	285	7	294	2
3064	285	12	294	3
3065	286	12	294	3
3066	286	12	294	3
3067	287	12	294	3
3068	287	11	294	3
3069	286	11	295	3
3070	285	12	295	2
3071	286	13	294	2
3072	287	12	295	3
3073	285	11	295	2
3074	287	13	295	2
3075	287	11	295	2
3076	287	11	295	3
3077	287	11	294	3
3078	286	12	295	4
3079	287	13	295	3
3080	287	12	295	3
3081	288	12	295	3
3082	288	11	295	3
3083	288	11	295	3
3084	287	11	296	3
3085	288	12	296	2
3086	287	11	296	2
3087	288	12	296	2
3088	288	11	296	3
3089	288	11	296	3
3090	287	12	296	3
3091	287	13	296	3
3092	286	13	296	3
3093	289	14	296	3
3094	287	11	296	3
3095	289	13	296	3
3096	289	11	296	3
3097	288	11	296	3
3098	289	12	296	3
3099	289	11	296	3
3100	289	11	297	4
3101	288	11	296	3
3102	288	12	297	4
3103	287	12	297	3
3104	288	13	297	3
3105	289	12	297	3
3106	289	11	297	3
3107	288	11	297	3
3108	288	12	298	3
3109	290	12	298	2
3110	288	10	298	2
3111	289	12	298	2
3112	289	11	298	2
3113	289	11	298	2
3114	290	11	298	2
3115	290	10	299	2
3116	290	10	298	1
3117	290	10	298	2
3118	288	10	299	2

3119	290	12	299	1
3120	288	10	298	1
3121	290	12	299	2
3122	290	10	299	1
3123	290	10	298	1
3124	290	10	299	2
3125	291	10	299	1
3126	290	9	299	1
3127	291	10	300	1
3128	290	9	299	0
3129	291	10	298	1
3130	291	9	299	2
3131	291	9	300	1
3132	289	9	300	0
3133	291	11	297	0
3134	289	9	298	3
3135	291	11	300	2
3136	289	9	302	0
3137	291	11	303	-2
3138	292	9	301	-3
3139	290	8	296	-1
3140	290	10	299	4
3141	291	10	302	1
3142	291	9	302	-2
3143	291	9	301	-2
3144	292	9	298	-1
3145	290	8	298	2
3146	291	10	299	2
3147	290	9	298	1
3148	291	10	296	2
3149	287	9	298	4
3150	290	13	299	2
3151	289	10	298	1
3152	290	11	297	2
3153	290	10	299	3
3154	289	10	302	1
3155	289	11	303	-2
3156	290	11	303	-3
3157	291	10	302	-3
3158	291	9	302	-2
3159	291	9	302	-2
3160	291	9	302	-2
3161	292	9	302	-2
3162	290	8	301	-2
3163	292	10	298	-1
3164	291	8	294	2
3165	292	9	297	6
3166	290	8	301	3
3167	292	10	301	-1
3168	292	8	301	-1
3169	293	8	301	-1
3170	291	7	301	-1
3171	290	9	300	-1
3172	292	10	296	0
3173	292	8	295	4
3174	292	8	296	5
3175	294	8	297	4
3176	294	6	297	3
3177	295	6	297	3
3178	293	5	297	3
3179	295	7	297	3
3180	295	5	298	3
3181	293	5	298	2
3182	295	7	298	2
3183	295	5	298	2

3184	295	5	298	2
3185	295	5	299	2
3186	294	5	298	1
3187	293	6	298	2
3188	293	7	299	2
3189	294	7	297	1
3190	295	6	298	3
3191	296	5	299	2
3192	295	4	300	1
3193	295	5	299	0
3194	295	5	299	1
3195	295	5	299	1
3196	295	5	300	1
3197	296	5	299	0
3198	296	4	297	1
3199	296	4	300	3
3200	295	4	301	0
3201	296	5	303	-1
3202	296	4	303	-3
3203	295	4	303	-3
3204	296	5	303	-3
3205	296	4	303	-3
3206	294	4	302	-3
3207	294	6	302	-2
3208	295	6	302	-2
3209	296	5	301	-2
3210	295	4	297	-1
3211	295	5	296	3
3212	296	5	298	4
3213	294	4	298	2
3214	296	6	296	2
3215	295	4	298	4
3216	296	5	298	2
3217	296	4	297	2
3218	294	4	298	3
3219	294	6	298	2
3220	296	6	298	2
3221	296	4	297	2
3222	294	4	299	3
3223	294	6	302	1
3224	295	6	302	-2
3225	294	5	302	-2
3226	295	6	302	-2
3227	296	5	302	-2
3228	294	4	302	-2
3229	297	6	302	-2
3230	297	3	302	-2
3231	296	3	302	-2
3232	295	4	301	-2
3233	296	5	297	-1
3234	297	4	297	3
Tiempo (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
3235	295	3	298	3
3236	297	5	297	2
3237	298	3	295	3
3238	295	2	297	5
3239	295	5	297	3
3240	296	5	297	3
3241	295	4	298	3
3242	295	5	298	2
3243	295	5	298	2
3244	296	5	298	2
3245	294	4	299	2
3246	296	6	299	1

3247	295	4	298	1
3248	295	5	299	2
3249	296	5	299	1
3250	295	4	299	1
3251	293	5	300	1
3252	297	7	299	0
3253	295	3	300	1
3254	296	5	298	0
3255	297	4	298	2
3256	297	3	300	2
3257	295	3	303	0
3258	297	5	303	-3
3259	297	3	304	-3
3260	295	3	304	-4
3261	297	5	303	-4
3262	296	3	303	-3
3263	295	4	303	-3
3264	294	5	303	-3
3265	296	6	303	-3
3266	296	4	302	-3
3267	296	4	302	-2
3268	296	4	302	-2
3269	294	4	302	-2
3270	291	6	302	-2
3271	291	9	301	-2
3272	292	9	297	-1
3273	290	8	297	3
3274	293	10	296	3
3275	295	7	297	4
3276	294	5	297	3
3277	295	6	297	3
3278	295	5	298	3
3279	297	5	298	2
3280	296	3	298	2
3281	297	4	298	2
3282	297	3	298	2
3283	297	3	298	2
3284	296	3	299	2
3285	297	4	299	1
3286	297	3	298	1
3287	297	3	299	2
3288	298	3	300	1
3289	297	2	300	0
3290	297	3	299	0
3291	297	3	299	1
3292	296	3	300	1
3293	295	4	300	0
3294	295	5	300	0
3295	295	5	300	0
3296	297	5	300	0
3297	296	3	300	0
3298	296	4	298	0
3299	296	4	299	2
3300	295	4	300	1
3301	296	5	298	0
3302	296	4	299	2
3303	296	4	301	1
3304	297	4	304	-1
3305	297	3	304	-4
3306	295	3	303	-4
3307	296	5	304	-3
3308	297	4	304	-4
3309	295	3	303	-4
3310	297	5	303	-3
3311	296	3	302	-3

3312	295	4	302	-2
3313	294	5	303	-2
3314	295	6	301	-3
3315	296	5	296	-1
3316	296	4	299	4
3317	295	4	301	1
3318	294	5	302	-1
3319	294	6	302	-2
3320	296	6	301	-2
3321	296	4	296	-1
3322	297	4	297	4
3323	294	3	298	3
3324	294	6	298	2
3325	295	6	298	2
3326	295	5	299	2
3327	295	5	299	1
3328	296	5	296	1
3329	294	4	299	4
3330	296	6	300	1
3331	297	4	302	0
3332	297	3	302	-2
3333	296	3	302	-2
3334	298	4	302	-2
3335	297	2	302	-2
3336	298	3	302	-2
3337	297	2	302	-2
3338	298	3	301	-2
3339	297	2	297	-1
3340	296	3	296	3
3341	297	4	297	4
3342	298	3	298	3
3343	296	2	297	2
3344	298	4	298	3
3345	297	2	297	2
3346	297	3	298	3
3347	298	3	298	2
3348	297	2	299	2
3349	296	3	299	1
3350	296	4	297	1
3351	298	4	299	3
3352	298	2	301	1
3353	296	2	303	-1
3354	297	4	302	-3
3355	297	3	303	-2
3356	294	3	303	-3
3357	296	6	302	-3
3358	294	4	300	-2
3359	295	6	298	0
3360	296	5	298	2
3361	296	4	298	2
3362	294	4	299	2
3363	295	6	298	1
3364	295	5	298	2
3365	294	5	299	2
3366	296	6	299	1
3367	295	4	298	1
3368	295	5	299	2
3369	297	5	299	1
3370	296	3	297	1
3371	295	4	299	3
3372	294	5	302	1
3373	297	6	303	-2
3374	297	3	303	-3
3375	296	3	303	-3
3376	296	4	303	-3

3377	295	4	303	-3
3378	297	5	303	-3
3379	296	3	302	-3
3380	296	4	302	-2
3381	295	4	302	-2
3382	296	5	302	-2
3383	296	4	302	-2
3384	297	4	301	-2
3385	297	3	297	-1
3386	298	3	297	3
3387	297	2	298	3
3388	296	3	298	2
3389	297	4	298	2
3390	296	3	298	2
3391	296	4	298	2
3392	296	4	299	2
3393	298	4	299	1
3394	297	2	298	1
3395	295	3	299	2
3396	297	5	299	1
3397	297	3	299	1
3398	298	3	298	1
3399	297	2	299	2
3400	297	3	300	1
3401	296	3	297	0
3402	297	4	299	3
3403	297	3	303	1
3404	297	3	303	-3
3405	294	3	303	-3
3406	297	6	303	-3
3407	296	3	303	-3
3408	295	4	302	-3
3409	296	5	301	-2
3410	295	4	298	-1
3411	296	5	297	2
3412	297	4	298	3
3413	295	3	299	2
3414	297	5	298	1
3415	297	3	298	2
3416	295	3	299	2
3417	295	5	299	1
3418	296	5	298	1
3419	297	4	299	2
3420	297	3	299	1
3421	297	3	299	1
3422	297	3	299	1
3423	296	3	300	1
3424	297	4	301	0
3425	298	3	304	-1
3426	297	2	303	-4
3427	297	3	303	-3
Tiempo (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
3428	297	3	303	-3
3429	298	3	303	-3
3430	297	2	303	-3
3431	296	3	303	-3
3432	295	4	303	-3
3433	296	5	302	-3
3434	295	4	302	-2
3435	296	5	302	-2
3436	296	4	301	-2
3437	296	4	295	-1
3438	298	4	297	5
3439	297	2	298	3

3440	297	3	297	2
3441	296	3	298	3
3442	296	4	298	2
3443	296	4	298	2
3444	295	4	298	2
3445	296	5	298	2
3446	296	4	298	2
3447	296	4	299	2
3448	294	4	298	1
3449	295	6	298	2
3450	294	5	299	2
3451	294	6	300	1
3452	296	6	300	0
3453	297	4	298	0
3454	296	3	296	2
3455	297	4	299	4
3456	297	3	303	1
3457	295	3	303	-3
3458	297	5	303	-3
3459	296	3	303	-3
3460	296	4	302	-3
3461	296	4	302	-2
3462	295	4	302	-2
3463	296	5	302	-2
3464	295	4	302	-2
3465	295	5	303	-2
3466	297	5	302	-3
3467	296	3	302	-2
3468	297	4	302	-2
3469	297	3	301	-2
3470	297	3	296	-1
3471	296	3	297	4
3472	297	4	297	3
3473	297	3	298	3
3474	296	3	297	2
3475	296	4	297	3
3476	297	4	298	3
3477	296	3	298	2
3478	295	4	298	2
3479	298	5	298	2
3480	298	2	298	2
3481	297	2	298	2
3482	296	3	297	2
3483	297	4	298	3
3484	297	3	299	2
3485	295	3	299	1
3486	297	5	299	1
3487	296	3	300	1
3488	297	4	299	0
3489	297	3	300	1
3490	295	3	300	0
3491	297	5	298	0
3492	298	3	300	2
3493	295	2	304	0
3494	297	5	304	-4
3495	295	3	304	-4
3496	296	5	303	-4
3497	295	4	301	-3
3498	298	5	299	-1
3499	297	2	300	1
3500	296	3	299	0
3501	296	4	297	1
3502	298	4	297	3
3503	298	2	299	3
3504	297	2	303	1

3505	298	3	303	-3
3506	298	2	303	-3
3507	299	2	303	-3
3508	297	1	302	-3
3509	297	3	303	-2
3510	297	3	302	-3
3511	299	3	302	-2
3512	299	1	302	-2
3513	297	1	301	-2
3514	298	3	297	-1
3515	298	2	297	3
3516	297	2	297	3
3517	298	3	297	3
3518	297	2	297	3
3519	298	3	297	3
3520	298	2	297	3
3521	295	2	297	3
3522	296	5	298	3
3523	294	4	298	2
3524	295	6	298	2
3525	293	5	298	2
3526	296	7	298	2
3527	295	4	299	2
3528	296	5	299	1
3529	293	4	297	1
3530	295	7	299	3
3531	296	5	302	1
3532	295	4	303	-2
3533	294	5	303	-3
3534	295	6	303	-3
3535	297	5	303	-3
3536	296	3	303	-3
3537	296	4	303	-3
3538	297	4	303	-3
3539	294	3	303	-3
3540	295	6	303	-3
3541	297	5	302	-3
3542	297	3	302	-2
3543	295	3	302	-2
3544	296	5	302	-2
3545	297	4	302	-2
3546	293	3	301	-2
3547	296	7	295	-1
3548	295	4	296	5
3549	295	5	296	4
3550	295	5	298	4
3551	297	5	298	2
3552	296	3	298	2
3553	297	4	298	2
3554	295	3	298	2
3555	297	5	298	2
3556	297	3	298	2
3557	295	3	298	2
3558	295	5	298	2
3559	295	5	298	2
3560	297	5	299	2
3561	297	3	299	1
3562	296	3	299	1
3563	298	4	300	1
3564	297	2	300	0
3565	296	3	298	0
3566	296	4	298	2
3567	297	4	300	2
3568	295	3	303	0
3569	296	5	304	-3

3570	298	4	304	-4
3571	295	2	304	-4
3572	297	5	304	-4
3573	296	3	303	-4
3574	297	4	303	-3
3575	298	3	303	-3
3576	297	2	303	-3
3577	299	3	302	-3
3578	297	1	302	-2
3579	298	3	302	-2
3580	297	2	301	-2
3581	297	3	297	-1
3582	295	3	297	3
3583	299	5	298	3
3584	297	1	298	2
3585	298	3	298	2
3586	299	2	298	2
3587	296	1	298	2
3588	297	4	299	2
3589	296	3	299	1
3590	298	4	296	1
3591	296	2	299	4
3592	296	4	301	1
3593	298	4	303	-1
3594	298	2	303	-3
3595	298	2	303	-3
3596	299	2	303	-3
3597	299	1	303	-3
3598	298	1	302	-3
3599	298	2	302	-2
3600	298	2	302	-2
3601	296	2	302	-2
3602	299	4	301	-2
3603	299	1	297	-1
3604	298	1	297	3
3605	297	2	298	3
3606	298	3	297	2
3607	296	2	297	3
3608	297	4	298	3
3609	297	3	298	2
3610	297	3	298	2
3611	296	3	298	2
3612	298	4	298	2
3613	297	2	298	2
3614	298	3	299	2
3615	296	2	299	1
3616	297	4	298	1
3617	296	3	299	2
3618	297	4	300	1
3619	296	3	297	0
3620	298	4	300	3
Tiempo (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
3621	296	2	301	0
3622	295	4	303	-1
3623	296	5	303	-3
3624	294	4	303	-3
3625	296	6	303	-3
3626	298	4	303	-3
3627	297	2	303	-3
3628	297	3	303	-3
3629	297	3	303	-3
3630	299	3	303	-3
3631	298	1	303	-3
3632	294	2	302	-3

3633	293	6	302	-2
3634	294	7	302	-2
3635	292	6	301	-2
3636	294	8	297	-1
3637	292	6	296	3
3638	294	8	297	4
3639	294	6	298	3
3640	294	6	298	2
3641	294	6	298	2
3642	294	6	298	2
3643	294	6	298	2
3644	296	6	298	2
3645	296	4	299	2
3646	296	4	299	1
3647	297	4	298	1
3648	294	3	299	2
3649	295	6	300	1
3650	296	5	299	0
3651	296	4	299	1
3652	296	4	298	1
3653	298	4	299	2
3654	297	2	300	1
3655	296	3	299	0
3656	298	4	299	1
3657	296	2	300	1
3658	298	4	301	0
3659	296	2	304	-1
3660	298	4	304	-4
3661	297	2	303	-4
3662	298	3	303	-3
3663	298	2	302	-3
3664	298	2	301	-2
3665	296	2	299	-1
3666	295	4	299	1
3667	297	5	299	1
3668	297	3	299	1
3669	296	3	299	1
3670	296	4	300	1
3671	294	4	301	0
3672	293	6	303	-1
3673	297	7	303	-3
3674	296	3	303	-3
3675	297	4	303	-3
3676	298	3	303	-3
3677	295	2	303	-3
3678	297	5	303	-3
3679	295	3	302	-3
3680	296	5	302	-2
3681	296	4	302	-2
3682	297	4	301	-2
3683	297	3	297	-1
3684	298	3	296	3
3685	296	2	298	4
3686	296	4	297	2
3687	297	4	294	3
3688	294	3	297	6
3689	296	6	299	3
3690	296	4	301	1
3691	295	4	301	-1
3692	295	5	301	-1
3693	295	5	301	-1
3694	296	5	301	-1
3695	295	4	300	-1
3696	297	5	295	0
3697	296	3	296	5

3698	294	4	297	4
3699	296	6	297	3
3700	295	4	297	3
3701	297	5	297	3
3702	295	3	297	3
3703	297	5	298	3
3704	297	3	298	2
3705	296	3	298	2
3706	296	4	298	2
3707	297	4	298	2
3708	296	3	298	2
3709	297	4	299	2
3710	298	3	299	1
3711	298	2	299	1
3712	295	2	298	1
3713	297	5	300	2
3714	296	3	303	0
3715	297	4	304	-3
3716	297	3	304	-4
3717	297	3	304	-4
3718	297	3	304	-4
3719	296	3	304	-4
3720	295	4	303	-4
3721	297	5	303	-3
3722	296	3	303	-3
3723	296	4	303	-3
3724	296	4	301	-3
3725	295	4	298	-1
3726	297	5	299	2
3727	297	3	299	1
3728	296	3	298	1
3729	295	4	299	2
3730	294	5	299	1
3731	294	6	297	1
3732	295	6	300	3
3733	294	5	301	0
3734	294	6	302	-1
3735	295	6	303	-2
3736	296	5	302	-3
3737	295	4	302	-2
3738	293	5	302	-2
3739	296	7	302	-2
3740	294	4	302	-2
3741	296	6	301	-2
3742	294	4	297	-1
3743	295	6	298	3
3744	296	5	298	2
3745	296	4	298	2
3746	294	4	298	2
3747	295	6	298	2
3748	295	5	298	2
3749	295	5	298	2
3750	295	5	299	2
3751	295	5	299	1
3752	296	5	299	1
3753	295	4	299	1
3754	295	5	300	1
3755	293	5	301	0
3756	296	7	304	-1
3757	296	4	303	-4
3758	295	4	303	-3
3759	294	5	303	-3
3760	295	6	303	-3
3761	296	5	304	-3
3762	296	4	302	-4

3763	294	4	298	-2
3764	295	6	298	2
3765	295	5	299	2
3766	295	5	298	1
3767	295	5	297	2
3768	295	5	298	3
3769	296	5	299	2
3770	295	4	299	1
3771	295	5	299	1
3772	295	5	299	1
3773	296	5	299	1
3774	297	4	300	1
3775	296	3	300	0
3776	296	4	299	0
3777	295	4	297	1
3778	297	5	300	3
3779	294	3	303	0
3780	297	6	304	-3
3781	295	3	304	-4
3782	294	5	303	-4
3783	296	6	303	-3
3784	295	4	304	-3
3785	295	5	303	-4
3786	297	5	303	-3
3787	297	3	303	-3
3788	296	3	303	-3
3789	296	4	303	-3
3790	296	4	303	-3
3791	296	4	302	-3
3792	295	4	302	-2
3793	295	5	302	-2
3794	295	5	302	-2
3795	296	5	302	-2
3796	296	4	301	-2
3797	296	4	297	-1
3798	296	4	297	3
3799	297	4	297	3
3800	297	3	297	3
3801	297	3	297	3
3802	298	3	298	3
3803	299	2	298	2
3804	296	1	298	2
3805	296	4	298	2
3806	298	4	299	2
3807	295	2	298	1
3808	293	5	297	2
3809	294	7	299	3
3810	296	6	302	1
3811	295	4	303	-2
3812	295	5	302	-3
3813	295	5	303	-2
Tiempo (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
3814	296	5	303	-3
3815	294	4	303	-3
3816	293	6	302	-3
3817	296	7	302	-2
3818	295	4	302	-2
3819	297	5	302	-2
3820	296	3	301	-2
3821	298	4	297	-1
3822	296	2	295	3
3823	298	4	298	5
3824	296	2	302	2
3825	297	4	302	-2

3826	296	3	302	-2
3827	296	4	301	-2
3828	297	4	297	-1
3829	296	3	296	3
3830	298	4	297	4
3831	296	2	298	3
3832	298	4	298	2
3833	296	2	298	2
3834	297	4	298	2
3835	295	3	299	2
3836	294	5	299	1
3837	294	6	296	1
3838	297	6	299	4
3839	298	3	300	1
3840	297	2	303	0
3841	298	3	302	-3
3842	298	2	302	-2
3843	297	2	303	-2
3844	296	3	302	-3
3845	296	4	303	-2
3846	298	4	303	-3
3847	296	2	302	-3
3848	297	4	302	-2
3849	297	3	302	-2
3850	297	3	302	-2
3851	296	3	302	-2
3852	299	4	302	-2
3853	297	1	301	-2
3854	298	3	296	-1
3855	298	2	296	4
3856	297	2	297	4
3857	295	3	297	3
3858	298	5	298	3
3859	298	2	298	2
3860	297	2	298	2
3861	297	3	298	2
3862	296	3	298	2
3863	295	4	299	2
3864	294	5	299	1
3865	295	6	298	1
3866	294	5	299	2
3867	294	6	299	1
3868	295	6	298	1
3869	294	5	300	2
3870	295	6	302	0
3871	293	5	304	-2
3872	294	7	303	-4
3873	293	6	304	-3
3874	296	7	304	-4
3875	294	4	304	-4
3876	295	6	304	-4
3877	294	5	304	-4
3878	295	6	304	-4
3879	297	5	303	-4
3880	295	3	303	-3
3881	295	5	303	-3
3882	299	5	303	-3
3883	298	1	303	-3
3884	299	2	302	-3
3885	301	1	302	-2
3886	302	-1	301	-2
3887	303	-2	296	-1
3888	300	-3	298	4
3889	299	0	298	2
3890	295	1	298	2

3891	296	5	298	2
3892	295	4	298	2
3893	295	5	298	2
3894	295	5	298	2
3895	294	5	298	2
3896	295	6	299	2
3897	296	5	298	1
3898	295	4	298	2
3899	296	5	299	2
3900	294	4	299	1
3901	295	6	298	1
3902	294	5	300	2
3903	294	6	302	0
3904	293	6	303	-2
3905	296	7	302	-3
3906	294	4	303	-2
3907	296	6	303	-3
3908	296	4	302	-3
3909	296	4	303	-2
3910	294	4	302	-3
3911	297	6	302	-2
3912	296	3	302	-2
3913	294	4	302	-2
3914	294	6	301	-2
3915	295	6	296	-1
3916	295	5	296	4
3917	296	5	298	4
3918	297	4	298	2
3919	297	3	298	2
3920	297	3	298	2
3921	297	3	299	2
3922	296	3	298	1
3923	294	4	297	2
3924	297	6	299	3
3925	295	3	301	1
3926	297	5	302	-1
3927	297	3	302	-2
3928	297	3	302	-2
3929	297	3	302	-2
3930	296	3	302	-2
3931	295	4	302	-2
3932	298	5	302	-2
3933	297	2	302	-2
3934	295	3	300	-2
3935	295	5	297	0
3936	295	5	298	3
3937	296	5	297	2
3938	296	4	298	3
3939	296	4	298	2
3940	295	4	298	2
3941	295	5	299	2
3942	296	5	299	1
3943	294	4	297	1
3944	297	6	299	3
3945	297	3	301	1
3946	294	3	303	-1
3947	296	6	303	-3
3948	296	4	303	-3
3949	294	4	303	-3
3950	295	6	303	-3
3951	296	5	303	-3
3952	296	4	303	-3
3953	297	4	302	-3
3954	295	3	302	-2
3955	294	5	302	-2

3956	296	6	302	-2
3957	296	4	301	-2
3958	296	4	295	-1
3959	296	4	297	5
3960	296	4	297	3
3961	295	4	296	3
3962	295	5	297	4
3963	296	5	298	3
3964	295	4	298	2
3965	294	5	298	2
3966	296	6	299	2
3967	295	4	299	1
3968	294	5	298	1
3969	296	6	299	2
3970	297	4	299	1
3971	295	3	299	1
3972	295	5	300	1
3973	295	5	300	0
3974	294	5	299	0
3975	297	6	300	1
3976	296	3	301	0
3977	296	4	304	-1
3978	296	4	303	-4
3979	295	4	303	-3
3980	297	5	304	-3
3981	296	3	303	-4
3982	297	4	303	-3
3983	296	3	303	-3
3984	297	4	303	-3
3985	296	3	302	-3
3986	295	4	303	-2
3987	296	5	302	-3
3988	295	4	302	-2
3989	297	5	301	-2
3990	295	3	296	-1
3991	297	5	297	4
3992	297	3	297	3
3993	295	3	298	3
3994	295	5	298	2
3995	297	5	298	2
3996	297	3	299	2
3997	296	3	299	1
3998	297	4	297	1
3999	296	3	299	3
4000	295	4	300	1
4001	296	5	298	0
4002	295	5	297	2
4003	296	6	299	3
4004	297	5	302	1
4005	295	4	303	-2
4006	295	6	303	-3
Tiempo (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
4007	297	6	303	-3
4008	297	4	304	-3
4009	297	4	303	-4
4010	296	4	302	-3
4011	296	5	303	-2
4012	295	5	303	-2
4013	299	6	302	-2
4014	300	3	302	-1
4015	299	2	302	-1
4016	296	3	302	-1
4017	296	6	301	-1
4018	298	6	297	0

4019	298	4	297	4
4020	298	4	298	4
4021	298	4	298	3
4022	299	4	298	3
4023	298	3	298	3
4024	298	4	298	4
4025	301	4	299	4
4026	299	2	299	3
4027	301	4	299	3
4028	300	2	300	3
4029	302	3	300	2
4030	299	1	299	2
4031	299	4	300	3
4032	300	4	300	2
4033	299	3	301	2
4034	299	4	301	1
4035	299	4	301	1
4036	298	4	301	2
4037	299	5	301	2
4038	298	5	301	2
4039	297	6	301	2
4040	299	7	301	2
4041	299	5	301	2
4042	297	5	302	2
4043	298	7	302	1
4044	299	6	301	1
4045	300	5	302	2
4046	298	4	303	1
4047	300	6	300	0
4048	299	4	302	4
4049	299	5	306	2
4050	300	6	307	-2
4051	300	5	306	-3
4052	299	5	307	-2
4053	300	6	306	-3
4054	297	5	306	-2
4055	302	8	305	-2
4056	297	3	301	-1
4057	296	8	299	3
4058	296	9	302	5
4059	298	9	305	2
4060	295	7	304	0
4061	294	10	298	1
4062	295	12	301	7
4063	296	11	301	4
4064	295	10	299	4
4065	297	11	301	6
4066	295	9	301	4
4067	296	11	301	4
4068	296	10	301	4
4069	296	10	302	4
4070	295	10	302	3
4071	297	11	300	3
4072	298	9	302	6
4073	298	8	302	4
4074	298	9	302	4
4075	299	9	302	4
4076	298	8	303	4
4077	298	9	303	3
4078	298	9	303	3
4079	299	9	303	3
4080	300	8	304	3
4081	301	7	304	2
4082	300	6	304	2
4083	300	7	304	2

4084	298	7	304	3
4085	302	9	304	3
4086	301	6	304	3
4087	302	7	305	3
4088	302	6	306	2
4089	301	6	304	1
4090	302	7	305	3
4091	303	6	305	2
4092	304	5	306	2
4093	300	4	306	1
4094	302	8	305	1
4095	301	6	306	2
4096	302	7	306	2
4097	301	6	305	2
4098	301	8	305	3
4099	301	8	306	3
4100	303	8	306	2
4101	302	6	306	2
4102	301	7	306	2
4103	301	8	306	2
4104	302	8	307	2
4105	303	7	307	1
4106	302	6	307	1
4107	303	7	307	1
4108	300	6	307	2
4109	302	9	308	2
4110	303	8	307	1
4111	302	7	307	2
4112	304	8	307	2
4113	304	6	308	2
4114	304	6	308	1
4115	303	6	306	1
4116	302	7	308	3
4117	304	8	310	1
4118	305	6	311	-1
4119	302	5	311	-2
4120	304	8	311	-1
4121	305	6	311	-1
4122	304	6	311	-1
4123	304	7	311	-1
4124	303	7	311	-1
4125	304	8	310	-1
4126	305	7	305	0
4127	306	6	305	5
4128	305	5	306	5
4129	302	6	306	4
4130	305	9	306	4
4131	306	6	307	4
4132	305	5	307	4
4133	303	6	307	4
4134	305	9	307	4
4135	304	7	307	4
4136	304	8	307	4
4137	304	8	307	4
4138	306	8	307	4
4139	305	6	308	4
4140	306	7	307	3
4141	306	6	308	4
4142	306	6	307	3
4143	305	6	308	4
4144	307	7	308	4
4145	307	5	309	4
4146	307	6	309	3
4147	305	6	309	3
4148	306	8	310	3

4149	307	7	310	2
4150	307	6	310	2
4151	305	6	310	2
4152	306	8	310	2
4153	307	7	310	2
4154	306	6	310	2
4155	306	7	311	2
4156	306	7	311	2
4157	307	7	310	2
4158	308	7	311	3
4159	307	6	311	2
4160	306	7	310	2
4161	306	8	311	3
4162	307	8	311	2
4163	306	7	311	2
4164	307	8	311	2
4165	306	7	311	2
4166	306	8	309	2
4167	308	8	312	4
4168	307	6	314	2
4169	308	7	316	0
4170	307	7	315	-2
4171	308	8	315	-1
4172	307	7	315	-1
4173	308	8	315	-1
4174	308	7	315	-1
4175	306	7	314	-1
4176	307	9	309	0
4177	307	8	309	5
4178	308	8	311	5
4179	307	7	309	3
4180	308	8	309	6
4181	307	7	311	6
4182	308	9	311	4
4183	306	8	312	4
4184	307	10	311	3
4185	309	9	309	4
4186	308	7	311	6
4187	309	8	311	4
4188	309	7	311	4
4189	308	7	311	4
4190	307	8	312	4
4191	309	9	312	3
4192	307	7	312	4
4193	310	9	312	4
4194	310	7	313	4
4195	308	7	313	3
4196	310	9	313	3
4197	310	7	313	3
4198	310	7	313	3
4199	308	7	313	3
Tiempo (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
4200	309	9	313	3
4201	310	8	314	3
4202	309	7	314	2
4203	310	8	314	2
4204	311	7	313	3
4205	311	6	315	4
4206	310	7	318	2
4207	310	8	318	-1
4208	309	8	317	-1
4209	309	9	313	0
4210	311	9	312	4
4211	312	7	314	5

4212	311	6	314	3
4213	311	7	312	3
4214	312	7	315	5
4215	312	6	317	2
4216	312	6	319	1
4217	312	6	318	-1
4218	312	7	314	0
4219	313	7	315	4
4220	313	6	314	3
4221	310	6	315	4
4222	313	9	314	3
4223	313	6	315	4
4224	313	6	315	3
4225	313	6	315	3
4226	313	6	315	3
4227	313	6	315	3
4228	314	6	315	4
4229	311	5	315	4
4230	311	9	315	4
4231	312	9	316	4
4232	313	8	316	3
4233	314	7	316	3
4234	313	6	316	3
4235	313	7	316	3
4236	311	7	317	3
4237	313	9	317	2
4238	313	7	317	2
4239	313	7	318	2
4240	315	7	318	2
4241	315	5	317	2
4242	314	6	317	3
4243	314	7	317	3
4244	315	7	317	3
4245	312	6	318	3
4246	314	9	317	2
4247	316	7	316	3
4248	316	5	318	4
4249	314	5	318	2
4250	315	7	318	2
4251	314	6	318	2
4252	314	7	318	3
4253	314	7	318	3
4254	315	8	318	3
4255	316	7	318	3
4256	314	6	318	3
4257	315	8	318	3
4258	315	7	318	3
4259	314	7	318	3
4260	314	8	319	3
4261	314	8	319	2
4262	313	8	319	2
4263	315	9	319	2
4264	315	7	320	3
4265	317	7	319	2
4266	316	6	318	3
4267	317	7	319	4
4268	315	6	320	3
4269	318	8	320	2
4270	318	5	319	2
4271	317	5	320	3
4272	315	6	320	2
4273	318	8	320	2
4274	318	5	320	2
4275	315	5	319	2
4276	316	8	321	4

4277	316	7	325	2
4278	318	8	325	-2
4279	316	6	325	-2
4280	318	8	324	-2
4281	318	6	323	-1
4282	319	6	321	0
4283	319	5	319	2
4284	316	5	320	4
4285	318	8	320	3
4286	319	6	320	3
4287	319	5	320	3
4288	317	5	321	4
4289	318	7	320	3
4290	317	7	320	4
4291	317	8	320	4
4292	319	8	321	4
4293	319	6	321	3
4294	319	6	321	3
4295	316	6	322	3
4296	319	9	321	2
4297	319	6	321	3
4298	319	6	321	3
4299	319	6	321	3
4300	319	6	322	4
4301	319	6	322	3
4302	320	7	323	3
4303	320	6	323	2
4304	320	6	321	2
4305	320	6	323	4
4306	321	6	325	2
4307	321	5	326	0
4308	320	5	327	-1
4309	318	6	326	-2
4310	321	8	322	-1
4311	319	5	320	3
4312	319	7	322	6
4313	321	7	322	4
4314	319	6	321	4
4315	320	8	322	5
4316	320	7	322	4
4317	318	7	322	4
4318	321	9	322	4
4319	321	6	322	4
4320	321	6	322	4
4321	320	6	323	4
4322	321	7	323	3
4323	319	6	323	3
4324	321	8	323	4
4325	321	6	324	4
4326	322	7	324	3
4327	322	6	323	3
4328	321	6	323	4
4329	320	7	324	4
4330	321	8	325	3
4331	323	7	325	2
4332	320	5	325	2
4333	322	8	324	2
4334	323	6	325	3
4335	323	5	325	2
4336	321	5	325	3
4337	323	7	325	3
4338	320	6	326	3
4339	322	9	326	2
4340	322	7	324	2
4341	321	7	326	4

4342	323	8	327	2
4343	323	6	326	1
4344	323	6	326	2
4345	323	6	326	2
4346	323	6	326	2
4347	320	6	326	2
4348	318	9	327	3
4349	319	11	326	2
4350	321	11	326	3
4351	318	9	327	3
4352	320	12	327	2
4353	318	10	326	2
4354	319	12	327	3
4355	320	11	327	2
4356	317	10	327	2
4357	320	13	327	2
4358	318	10	326	2
4359	318	12	327	3
4360	318	12	327	3
4361	319	12	327	3
4362	319	12	328	3
4363	319	12	328	2
4364	319	12	326	2
4365	320	12	328	4
4366	319	11	330	2
4367	319	12	332	0
4368	320	12	332	-2
4369	319	11	332	-2
4370	319	12	331	-2
4371	318	12	327	-1
4372	321	13	327	4
4373	319	10	327	4
4374	320	13	328	4
4375	320	12	327	3
4376	322	12	327	4
4377	321	10	328	4
4378	320	11	327	3
4379	320	12	328	4
4380	322	12	328	3
4381	323	10	328	3
4382	322	9	328	3
4383	321	10	328	3
4384	323	11	328	4
4385	323	9	328	4
4386	321	10	328	4
4387	323	12	328	4
4388	321	10	329	4
4389	323	12	329	3
4390	323	10	329	3
4391	321	10	329	3
4392	322	12	330	3
Temp. Difuso (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
4393	321	11	329	2
4394	322	12	330	3
4395	321	11	330	2
4396	323	12	330	3
4397	323	10	329	3
4398	323	11	331	4
4399	321	11	333	2
4400	323	13	334	0
4401	323	11	334	-1
4402	324	11	335	-1
4403	321	10	334	-2
4404	323	13	329	-1

4405	323	11	330	4
4406	322	11	328	3
4407	324	12	330	5
4408	321	10	330	4
4409	322	13	327	4
4410	322	13	330	7
4411	323	13	330	4
4412	323	12	329	4
4413	324	12	330	5
4414	324	11	330	4
4415	325	11	330	4
4416	325	10	331	4
4417	323	10	331	3
4418	323	12	330	3
4419	325	12	330	4
4420	323	10	331	5
4421	324	12	331	4
4422	325	12	331	4
4423	325	11	331	4
4424	325	11	331	4
4425	325	11	332	4
4426	324	11	332	3
4427	325	12	332	3
4428	325	11	332	3
4429	323	11	331	3
4430	326	13	332	4
4431	326	10	333	3
4432	324	10	332	3
4433	326	12	332	4
4434	326	11	333	4
4435	325	11	333	3
4436	326	12	333	3
4437	326	11	333	3
4438	326	11	333	3
4439	326	11	333	3
4440	326	11	333	3
4441	324	11	334	3
4442	326	13	334	2
4443	326	11	334	2
4444	327	11	334	3
4445	325	10	334	3
4446	325	13	333	3
4447	327	13	334	4
4448	325	11	334	3
4449	329	13	334	3
4450	327	9	335	3
4451	327	11	335	2
4452	327	11	335	2
4453	327	11	333	2
4454	328	11	335	4
4455	328	10	336	2
4456	327	10	335	2
4457	327	11	334	3
4458	328	12	335	4
4459	329	11	335	3
4460	327	10	336	3
4461	330	12	336	2
4462	329	9	334	2
4463	328	10	336	4
4464	329	11	336	2
4465	328	10	333	2
4466	328	11	336	5
4467	327	11	339	2
4468	329	12	340	0
4469	329	10	340	-1

4470	329	11	340	-1
4471	328	11	340	-1
4472	329	12	338	-1
4473	329	11	333	1
4474	330	11	335	6
4475	329	10	335	4
4476	328	11	335	4
4477	327	12	335	4
4478	328	13	335	4
4479	325	12	335	4
4480	322	15	336	5
4481	324	18	335	4
4482	324	17	336	5
4483	323	17	336	4
4484	326	18	336	4
4485	325	15	336	4
4486	327	16	336	4
4487	328	14	337	4
4488	328	13	336	3
4489	327	13	336	4
4490	328	14	337	4
4491	327	13	337	3
4492	328	14	337	4
4493	326	13	336	4
4494	326	16	338	5
4495	328	16	337	3
4496	328	14	335	4
4497	327	14	338	6
4498	328	15	342	3
4499	323	14	342	-1
4500	327	19	342	-1
4501	331	15	341	-1
4502	330	11	337	0
4503	330	12	337	4
4504	330	12	338	5
4505	329	12	337	4
4506	332	14	337	5
4507	332	11	338	5
4508	329	11	337	4
4509	331	14	335	5
4510	331	12	338	7
4511	331	12	338	4
4512	331	12	337	4
4513	332	12	338	5
4514	332	11	339	4
4515	331	11	338	3
4516	331	12	339	5
4517	330	12	340	4
4518	332	14	338	3
4519	330	12	339	5
4520	332	14	339	4
4521	331	12	339	4
4522	333	13	339	4
4523	332	11	339	4
4524	330	12	339	4
4525	331	14	339	4
4526	331	13	339	4
4527	333	13	340	4
4528	333	11	340	4
4529	333	11	339	4
4530	333	12	339	5
4531	332	12	340	5
4532	334	13	340	4
4533	332	11	340	4
4534	334	13	340	4

4535	334	11	341	4
4536	333	11	341	3
4537	333	12	341	3
4538	334	12	341	3
4539	334	11	341	3
4540	334	11	341	4
4541	334	11	342	4
4542	335	12	342	3
4543	336	11	341	3
4544	335	10	342	4
4545	334	11	342	3
4546	335	12	342	3
4547	333	11	342	3
4548	334	13	342	3
4549	333	12	342	3
4550	335	13	343	3
4551	333	11	342	2
4552	335	13	343	4
4553	336	11	343	3
4554	335	11	343	3
4555	334	12	343	3
4556	335	13	343	3
4557	336	12	343	3
4558	333	11	343	3
4559	335	14	344	3
4560	336	12	344	2
4561	335	11	344	2
4562	335	12	344	2
4563	334	12	344	2
4564	336	13	344	3
4565	336	11	344	3
4566	336	12	345	3
4567	336	12	345	2
4568	337	12	345	2
4569	335	11	345	2
4570	337	13	345	2
4571	337	11	345	2
4572	337	11	345	2
4573	337	11	345	2
4574	337	11	346	2
4575	337	11	346	1
4576	337	11	345	2
4577	336	11	346	3
4578	337	13	345	2
4579	336	12	345	3
4580	337	13	346	3
4581	336	12	346	2
4582	337	13	346	2
4583	336	12	346	2
4584	334	13	346	2
4585	338	15	346	2
Tiempo (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
4586	338	11	347	2
4587	337	11	346	1
4588	336	12	345	3
4589	337	13	347	4
4590	336	13	350	2
4591	337	14	350	-1
4592	338	13	350	-1
4593	338	12	349	-1
4594	338	12	344	0
4595	338	12	345	5
4596	338	12	346	4
4597	337	12	344	3

4598	338	13	345	5
4599	335	12	346	4
4600	336	15	346	4
4601	336	14	346	4
4602	337	15	346	4
4603	336	14	346	4
4604	337	15	346	4
4605	336	14	344	4
4606	336	15	347	6
4607	337	15	349	3
4608	338	14	351	1
4609	338	13	349	-1
4610	338	13	347	1
4611	338	13	347	3
4612	337	13	346	4
4613	338	14	347	5
4614	338	14	346	4
4615	336	14	346	5
4616	336	16	346	5
4617	334	16	347	5
4618	335	18	346	4
4619	337	17	347	5
4620	337	15	347	4
4621	337	15	347	4
4622	337	15	347	4
4623	338	15	347	4
4624	337	14	347	5
4625	339	15	348	5
4626	337	14	348	4
4627	338	16	348	4
4628	338	15	348	4
4629	339	15	349	4
4630	339	14	348	3
4631	339	14	348	4
4632	339	14	348	4
4633	337	14	348	4
4634	339	16	349	4
4635	337	14	349	3
4636	339	16	349	4
4637	338	14	349	4
4638	337	16	349	4
4639	337	17	349	4
4640	339	17	350	4
4641	339	15	350	3
4642	339	15	350	3
4643	339	15	350	3
4644	339	15	350	3
4645	339	15	351	3
4646	338	15	349	2
4647	338	16	350	4
4648	340	16	350	4
4649	338	14	350	4
4650	340	17	348	4
4651	340	15	351	6
4652	338	15	352	3
4653	338	17	349	2
4654	339	17	349	5
4655	340	16	350	5
4656	339	15	351	4
4657	341	16	351	3
4658	339	14	351	3
4659	341	16	351	3
4660	341	14	351	4
4661	340	14	351	4
4662	341	16	351	4

4663	342	15	352	4
4664	340	14	351	3
4665	342	16	351	4
4666	342	14	352	4
4667	342	14	352	3
4668	339	14	352	3
4669	340	17	352	3
4670	342	16	352	3
4671	342	14	352	3
4672	342	14	352	4
4673	342	14	352	4
4674	341	15	352	4
4675	342	16	353	4
4676	342	15	353	3
4677	343	15	353	3
4678	343	14	354	3
4679	343	14	353	2
4680	340	14	354	3
4681	343	17	353	2
4682	343	14	354	3
4683	343	14	354	2
4684	343	14	354	3
4685	346	14	354	3
4686	346	12	354	3
4687	346	12	354	3
4688	346	12	355	3
4689	348	12	354	2
4690	349	10	351	3
4691	349	9	353	6
4692	348	9	355	4
4693	349	10	354	2
4694	348	9	354	3
4695	350	10	354	3
4696	350	8	355	4
4697	350	8	355	3
4698	350	9	355	3
4699	350	9	355	3
4700	350	9	355	3
4701	347	9	355	3
4702	349	12	355	3
4703	350	10	355	3
4704	347	9	356	3
4705	350	12	356	2
4706	351	9	355	2
4707	351	8	356	3
4708	351	8	356	3
4709	350	8	356	3
4710	350	10	356	3
4711	348	10	356	3
4712	350	12	355	3
4713	349	10	356	4
4714	350	11	355	3
4715	349	10	355	4
4716	350	11	355	4
4717	349	10	355	4
4718	348	11	356	4
4719	350	12	356	3
4720	348	10	356	4
4721	350	12	355	4
4722	349	11	356	5
4723	349	12	356	4
4724	351	12	356	4
4725	350	10	356	4
4726	350	11	356	4
4727	351	11	356	4

4728	349	10	356	4
4729	349	12	356	4
4730	350	12	356	4
4731	351	11	355	4
4732	351	10	356	6
4733	351	10	356	5
4734	351	11	356	5
4735	350	11	357	5
4736	351	12	356	4
4737	351	11	357	5
4738	351	11	357	4
4739	352	11	357	4
4740	349	10	357	4
4741	349	13	358	4
4742	351	13	357	3
4743	352	11	357	4
4744	350	10	358	5
4745	352	12	358	4
4746	352	11	358	4
4747	351	11	358	4
4748	352	12	358	4
4749	352	11	359	4
4750	352	11	358	3
4751	352	11	358	4
4752	353	11	359	4
4753	351	10	359	3
4754	353	12	359	3
4755	350	10	358	3
4756	353	13	359	5
4757	350	10	359	4
4758	353	14	359	4
4759	353	11	359	4
4760	352	11	359	4
4761	353	12	359	4
4762	351	11	359	4
4763	353	13	359	4
4764	354	11	360	4
4765	354	10	359	3
4766	353	10	360	4
4767	352	11	360	3
4768	352	12	360	4
4769	353	12	360	4
4770	352	12	360	4
4771	353	13	360	4
4772	353	12	358	4
4773	353	12	360	6
4774	353	12	360	4
4775	354	12	360	4
4776	354	11	360	4
4777	354	11	360	4
4778	353	11	360	4
Temp. Difuso (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
4779	355	12	360	4
4780	354	10	360	5
4781	353	11	361	5
4782	355	13	362	4
4783	353	11	361	3
4784	351	13	359	4
4785	347	15	361	6
4786	351	19	362	4
4787	351	15	361	3
4788	353	15	362	4
4789	353	13	362	3
4790	351	13	362	3

4791	354	15	362	3
4792	354	12	362	4
4793	352	12	362	4
4794	353	15	363	4
4795	355	14	363	3
4796	354	12	363	3
4797	355	13	363	3
4798	356	12	363	3
4799	353	11	363	3
4800	356	14	361	3
4801	356	11	363	5
4802	356	11	363	3
4803	357	11	361	3
4804	357	10	363	6
4805	357	10	364	4
4806	357	11	364	3
4807	354	11	364	3
4808	356	14	363	3
4809	357	12	363	4
4810	356	11	364	4
4811	347	12	364	3
4812	346	21	364	3
4813	347	22	364	3
4814	347	21	364	3
4815	346	21	364	3
4816	348	22	365	4
4817	350	20	364	3
4818	352	19	364	4
4819	349	17	365	4
4820	351	20	365	3
4821	350	18	365	3
4822	346	19	365	3
4823	349	23	365	3
4824	355	20	364	3
4825	354	14	365	4
4826	356	15	365	3
4827	355	13	364	3
4828	355	14	365	5
4829	353	14	366	4
4830	357	17	366	3
4831	358	13	366	3
4832	357	12	366	3
4833	358	13	366	3
4834	356	12	366	3
4835	354	14	366	3
4836	357	16	366	3
4837	356	13	366	3
4838	358	14	365	3
4839	358	12	367	4
4840	358	12	367	3
4841	358	12	365	3
4842	359	13	367	5
4843	359	12	368	3
4844	357	12	368	2
4845	359	14	365	2
4846	359	12	366	5
4847	359	12	368	4
4848	360	12	367	2
4849	359	11	367	3
4850	360	12	367	3
4851	359	11	368	3
4852	359	12	368	3
4853	359	12	368	3
4854	357	13	368	3
4855	353	15	368	3

4856	353	19	368	3
4857	354	19	369	3
4858	353	18	369	2
4859	355	19	367	2
4860	356	17	369	4
4861	356	16	369	2
4862	357	16	369	2
4863	356	15	369	2
4864	356	16	370	3
4865	356	16	369	2
4866	357	17	368	3
4867	357	16	369	4
4868	356	16	370	3
4869	356	17	369	2
4870	358	17	369	3
4871	358	15	370	3
4872	355	15	370	2
4873	356	18	370	2
4874	354	17	370	2
4875	352	19	370	2
4876	353	21	370	3
4877	355	20	370	3
4878	356	19	370	3
4879	357	18	371	3
4880	359	17	370	2
4881	358	15	369	3
4882	357	16	369	4
4883	359	17	371	4
4884	359	15	371	2
4885	358	15	369	2
4886	358	16	371	4
4887	358	16	371	2
4888	360	16	369	3
4889	358	14	371	5
4890	359	17	371	3
4891	360	16	371	3
4892	361	15	372	3
4893	359	14	372	2
4894	359	16	370	2
4895	360	16	372	4
4896	360	15	372	2
4897	361	15	370	2
4898	361	14	372	4
4899	362	14	372	2
4900	359	13	372	3
4901	359	16	372	3
4902	361	17	372	3
4903	360	15	372	3
4904	360	16	372	3
4905	362	16	372	3
4906	362	14	373	3
4907	361	14	373	2
4908	361	15	373	2
4909	360	15	373	2
4910	361	16	373	2
4911	359	15	374	2
4912	362	17	373	2
4913	360	14	372	3
4914	362	17	373	4
4915	362	15	373	3
4916	362	15	373	3
4917	362	15	373	3
4918	362	15	374	3
4919	362	15	374	2
4920	362	15	374	2

4921	363	15	374	2
4922	363	14	374	2
4923	363	14	374	2
4924	363	14	374	3
4925	361	14	375	3
4926	362	17	375	2
4927	362	16	374	2
4928	362	16	375	3
4929	363	16	375	2
4930	361	15	374	2
4931	361	17	375	3
4932	363	17	375	2
4933	361	15	375	2
4934	364	17	375	2
4935	360	14	375	2
4936	363	18	375	3
4937	362	15	376	3
4938	364	17	376	2
4939	364	15	375	2
4940	362	15	376	3
4941	363	17	376	2
4942	364	16	375	2
4943	364	15	376	3
4944	364	15	376	2
4945	365	15	377	2
4946	364	14	376	1
4947	365	15	376	2
4948	364	14	377	3
4949	365	15	377	2
4950	363	15	376	2
4951	363	17	377	3
4952	365	17	376	2
4953	365	15	374	3
4954	361	15	376	5
4955	365	19	377	3
4956	365	15	374	2
4957	362	15	377	5
4958	363	18	379	2
4959	365	17	381	0
4960	364	15	381	-1
4961	363	16	381	-1
4962	364	18	381	-1
4963	368	17	380	-1
4964	369	13	375	0
4965	371	12	374	5
4966	366	10	375	6
4967	367	15	375	5
4968	365	14	375	5
4969	361	16	374	5
4970	361	20	375	6
4971	364	20	375	5
Temp. Difuso (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
4972	365	17	375	6
4973	364	16	375	6
4974	363	18	376	6
4975	365	19	375	5
4976	365	17	376	6
4977	365	17	376	5
4978	365	17	376	5
4979	365	17	376	5
4980	367	17	377	5
4981	366	15	377	4
4982	363	16	377	4
4983	369	19	377	4

4984	370	13	377	5
4985	364	12	378	5
4986	368	19	377	4
4987	366	15	378	5
4988	367	17	378	4
4989	368	16	378	4
4990	368	15	378	4
4991	369	15	378	4
4992	369	14	378	4
4993	367	14	379	4
4994	366	16	379	3
4995	364	17	379	3
4996	367	19	379	4
4997	367	16	379	4
4998	365	17	379	4
4999	364	19	379	4
5000	366	20	377	4
5001	368	18	379	6
5002	367	16	380	4
5003	368	17	380	3
5004	368	16	380	3
5005	368	16	380	3
5006	368	16	380	3
5007	368	16	380	3
5008	368	16	380	4
5009	368	16	380	4
5010	369	17	381	4
5011	367	16	381	3
5012	366	18	380	3
5013	369	19	381	4
5014	369	16	381	3
5015	369	16	381	3
5016	368	16	381	3
5017	368	17	381	3
5018	369	17	381	3
5019	368	16	381	3
5020	371	17	381	4
5021	370	14	382	4
5022	370	16	382	3
5023	369	16	383	3
5024	371	17	382	2
5025	371	15	380	3
5026	368	15	382	5
5027	369	18	382	3
5028	370	17	382	3
5029	367	16	382	3
5030	370	19	383	3
5031	370	16	382	2
5032	370	16	383	4
5033	368	16	383	3
5034	369	19	383	3
5035	371	18	383	3
5036	371	16	383	3
5037	371	16	384	3
5038	372	16	384	2
5039	372	15	382	2
5040	371	15	381	4
5041	372	16	383	5
5042	372	15	384	3
5043	371	15	382	2
5044	371	16	384	5
5045	372	16	384	3
5046	369	16	382	3
5047	372	19	384	5
5048	373	16	384	3

5049	369	15	383	3
5050	371	19	384	4
5051	371	17	383	3
5052	371	17	384	4
5053	370	17	384	3
5054	370	18	384	3
5055	370	18	384	3
5056	372	18	384	4
5057	372	16	384	4
5058	373	17	384	4
5059	372	16	384	4
5060	371	17	385	4
5061	370	18	385	3
5062	372	19	385	3
5063	374	17	385	3
5064	374	15	384	3
5065	374	15	385	4
5066	371	15	385	3
5067	373	18	385	3
5068	375	16	385	4
5069	375	14	385	4
5070	373	15	385	4
5071	374	17	385	4
5072	374	16	386	4
5073	375	16	385	3
5074	375	15	385	4
5075	373	15	386	4
5076	375	17	386	3
5077	375	15	386	3
5078	374	15	386	3
5079	375	16	386	3
5080	375	15	386	4
5081	375	15	386	4
5082	376	16	386	4
5083	375	15	386	4
5084	376	16	387	4
5085	376	15	386	3
5086	376	15	387	4
5087	376	15	387	3
5088	376	15	387	3
5089	376	15	386	3
5090	375	15	387	4
5091	376	16	387	3
5092	376	15	387	4
5093	374	15	387	4
5094	376	18	387	4
5095	376	16	388	4
5096	377	16	387	3
5097	377	15	387	4
5098	377	15	388	4
5099	377	15	388	3
5100	377	15	388	3
5101	377	15	389	3
5102	377	15	389	2
5103	375	15	389	2
5104	376	17	389	3
5105	377	16	389	3
5106	375	16	389	3
5107	376	18	389	3
5108	376	17	389	3
5109	377	17	389	3
5110	377	16	389	3
5111	376	16	389	3
5112	377	17	388	3
5113	377	16	389	4

5114	375	16	389	3
5115	378	18	389	3
5116	377	15	389	4
5117	379	16	389	4
5118	378	15	390	4
5119	379	16	390	3
5120	376	15	390	3
5121	378	18	389	3
5122	377	16	390	4
5123	377	17	390	3
5124	379	17	389	3
5125	379	15	390	4
5126	378	15	390	3
5127	378	16	390	3
5128	379	16	390	4
5129	379	15	391	4
5130	379	16	391	3
5131	377	16	388	3
5132	379	18	390	6
5133	379	16	391	4
5134	379	16	391	3
5135	379	16	391	3
5136	378	16	391	3
5137	378	17	391	3
5138	379	17	391	3
5139	380	16	391	3
5140	377	15	391	4
5141	379	18	392	4
5142	376	17	391	3
5143	379	20	392	4
5144	377	17	391	3
5145	379	19	391	4
5146	380	17	391	4
5147	380	16	390	4
5148	378	16	392	5
5149	381	18	392	3
5150	378	15	391	3
5151	381	18	392	4
5152	379	15	392	4
5153	379	17	392	4
5154	378	18	392	4
5155	379	19	392	4
5156	380	18	392	4
5157	375	17	393	4
5158	376	22	392	3
5159	378	21	393	4
5160	376	19	393	3
5161	377	21	392	3
5162	376	20	393	4
5163	377	21	393	3
5164	376	20	393	4
Temp. Difuso (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
5165	377	21	393	4
5166	376	21	393	4
5167	375	22	393	4
5168	376	23	393	4
5169	372	22	393	4
5170	376	26	394	4
5171	376	22	394	3
5172	376	22	394	3
5173	377	22	394	3
5174	376	21	394	3
5175	377	22	394	3
5176	377	21	394	4

5177	375	21	393	4
5178	376	24	394	5
5179	376	23	394	4
5180	376	23	394	4
5181	377	23	394	4
5182	378	22	395	4
5183	378	21	395	3
5184	378	21	395	3
5185	378	21	396	3
5186	376	21	396	2
5187	378	23	396	2
5188	375	21	395	3
5189	377	24	395	4
5190	377	23	396	4
5191	377	23	396	3
5192	377	23	396	3
5193	379	23	396	3
5194	380	21	396	3
5195	383	20	396	3
5196	383	17	396	3
5197	380	17	396	3
5198	384	20	396	3
5199	384	16	396	3
5200	384	16	396	4
5201	382	16	396	4
5202	384	19	396	4
5203	384	17	396	4
5204	383	17	397	4
5205	384	18	397	3
5206	384	17	396	3
5207	386	17	396	4
5208	385	15	397	4
5209	386	16	397	3
5210	384	15	397	3
5211	385	17	397	3
5212	386	16	396	4
5213	384	15	397	5
5214	386	18	397	4
5215	386	16	397	4
5216	386	16	397	4
5217	385	16	396	4
5218	385	17	397	5
5219	385	17	396	4
5220	386	17	398	5
5221	386	16	398	3
5222	385	16	396	3
5223	387	17	398	5
5224	387	15	398	4
5225	385	15	397	4
5226	386	18	398	5
5227	384	17	398	4
5228	387	19	397	4
5229	387	16	398	5
5230	387	16	398	4
5231	385	16	399	4
5232	386	18	398	3
5233	386	17	399	4
5234	385	17	399	3
5235	388	18	399	3
5236	388	15	399	4
5237	388	15	399	4
5238	388	16	399	4
5239	386	16	399	4
5240	388	18	399	4
5241	386	16	400	4

5242	387	18	400	3
5243	386	17	400	3
5244	387	18	400	3
5245	385	17	400	3
5246	388	19	400	3
5247	388	16	400	3
5248	387	16	400	4
5249	387	17	400	4
5250	385	18	400	4
5251	388	20	400	4
5252	387	17	400	4
5253	387	18	399	4
5254	385	18	401	5
5255	383	20	401	3
5256	384	22	399	3
5257	384	21	401	5
5258	384	21	401	3
5259	387	21	399	3
5260	387	18	401	6
5261	387	18	401	4
5262	385	19	401	4
5263	385	21	401	4
5264	387	21	402	4
5265	388	19	401	3
5266	387	18	401	4
5267	388	19	402	4
5268	386	18	401	3
5269	387	20	402	4
5270	388	19	401	3
5271	387	18	402	4
5272	388	19	400	4
5273	387	18	403	6
5274	385	20	405	3
5275	388	22	406	1
5276	388	19	406	0
5277	387	19	406	0
5278	388	20	406	0
5279	386	19	405	0
5280	387	21	398	1
5281	388	20	400	8
5282	386	19	400	6
5283	388	21	401	6
5284	388	19	400	6
5285	389	19	401	7
5286	389	19	401	6
5287	389	19	401	6
5288	389	19	401	6
5289	391	19	400	6
5290	389	17	401	7
5291	391	19	401	6
5292	391	17	401	6
5293	389	17	401	6
5294	391	19	401	6
5295	390	17	401	6
5296	390	18	401	7
5297	391	18	401	7
5298	391	18	401	7
5299	391	18	401	7
5300	391	18	401	7
5301	390	18	402	7
5302	390	19	399	6
5303	390	19	403	9
5304	392	19	406	5
5305	392	17	407	2
5306	391	17	401	1

5307	391	18	400	7
5308	389	18	402	9
5309	391	20	402	7
5310	392	19	402	7
5311	392	18	402	7
5312	389	18	402	7
5313	392	21	402	7
5314	390	18	403	7
5315	390	20	403	6
5316	391	20	403	6
5317	391	19	403	6
5318	391	19	403	6
5319	390	19	403	6
5320	389	20	403	7
5321	389	21	404	7
5322	390	22	405	6
5323	391	21	404	5
5324	389	20	403	6
5325	391	22	404	7
5326	393	20	403	6
5327	392	18	403	7
5328	390	19	404	7
5329	393	21	404	6
5330	393	18	404	6
5331	392	18	405	6
5332	390	19	405	6
5333	392	21	405	6
5334	393	20	405	6
5335	392	19	405	6
5336	393	20	405	6
5337	393	19	405	6
5338	391	19	402	6
5339	393	21	405	9
5340	394	19	406	6
5341	394	18	405	5
5342	393	18	405	6
5343	391	19	405	6
5344	393	21	405	7
5345	393	19	405	7
5346	394	20	405	7
5347	391	19	405	7
5348	394	22	405	7
5349	394	19	406	7
5350	392	19	405	6
5351	393	21	406	7
5352	394	20	406	6
5353	394	19	406	6
5354	395	19	407	6
5355	391	18	406	5
5356	393	22	407	7
5357	392	20	407	6
Tiempo (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
5358	392	22	406	6
5359	394	22	407	7
5360	394	20	407	6
5361	394	20	407	6
5362	395	20	407	6
5363	395	19	407	6
5364	395	19	404	6
5365	394	19	407	9
5366	395	20	408	6
5367	395	19	408	5
5368	393	19	408	6
5369	395	21	408	6

5370	395	20	407	6
5371	395	20	408	7
5372	395	20	408	6
5373	395	20	408	6
5374	395	20	408	6
5375	395	20	408	6
5376	395	20	409	6
5377	395	20	409	5
5378	394	20	408	5
5379	392	21	409	6
5380	395	23	409	6
5381	395	20	409	6
5382	393	21	409	6
5383	395	23	410	6
5384	394	21	410	5
5385	395	22	409	5
5386	393	21	409	6
5387	395	23	409	6
5388	393	21	409	6
5389	395	23	410	6
5390	393	21	410	5
5391	395	23	410	5
5392	395	21	409	6
5393	395	21	410	7
5394	396	22	410	6
5395	396	21	410	6
5396	393	21	410	6
5397	394	24	410	6
5398	392	23	411	6
5399	393	25	410	5
5400	396	24	410	6
5401	394	21	410	6
5402	396	23	410	6
5403	396	21	410	6
5404	396	21	410	7
5405	394	21	410	7
5406	395	24	410	7
5407	396	23	411	7
5408	395	22	411	6
5409	397	23	411	6
5410	395	21	411	6
5411	397	23	411	6
5412	395	21	412	6
5413	396	23	411	5
5414	396	22	411	6
5415	397	22	411	6
5416	397	21	412	7
5417	397	21	411	6
5418	395	22	412	7
5419	397	24	412	6
5420	394	22	412	6
5421	396	25	412	6
5422	397	23	412	6
5423	398	22	412	6
5424	396	21	412	6
5425	397	23	412	6
5426	397	22	412	6
5427	396	22	412	6
5428	395	23	412	7
5429	396	24	413	7
5430	397	24	413	6
5431	397	23	414	6
5432	398	23	414	5
5433	397	22	413	5
5434	397	23	412	6

5435	397	23	412	7
5436	397	23	414	7
5437	398	23	413	5
5438	396	22	414	6
5439	397	24	414	5
5440	395	23	414	6
5441	398	25	414	6
5442	398	23	414	6
5443	398	23	414	6
5444	398	23	415	6
5445	397	23	413	5
5446	398	24	414	7
5447	398	23	414	6
5448	397	23	414	6
5449	398	24	415	6
5450	397	23	415	5
5451	398	24	415	5
5452	395	23	414	6
5453	398	26	415	7
5454	399	24	415	6
5455	398	23	415	6
5456	398	24	414	6
5457	399	24	415	7
5458	398	23	415	6
5459	399	24	413	6
5460	400	23	414	8
5461	400	22	415	7
5462	396	22	415	6
5463	400	26	415	6
5464	400	22	415	7
5465	400	22	415	7
5466	397	23	415	7
5467	400	26	415	7
5468	399	23	416	7
5469	400	24	415	6
5470	398	23	416	7
5471	398	25	416	6
5472	398	25	416	6
5473	400	25	416	6
5474	399	23	415	6
5475	401	24	415	7
5476	401	22	416	8
5477	401	22	416	7
5478	401	23	416	7
5479	400	23	416	7
5480	399	24	417	7
5481	399	25	417	6
5482	398	25	416	6
5483	400	26	416	7
5484	398	24	415	7
5485	400	26	416	8
5486	401	24	417	7
5487	400	23	416	6
5488	398	24	416	8
5489	399	26	417	8
5490	399	26	416	7
5491	401	26	416	8
5492	401	24	416	8
5493	401	24	417	8
5494	401	24	417	7
5495	401	24	413	7
5496	399	24	417	11
5497	399	26	417	7
5498	400	26	417	7
5499	401	25	418	7

5500	399	24	418	7
5501	402	26	419	7
5502	400	24	418	6
5503	402	26	419	7
5504	400	24	419	6
5505	402	26	419	6
5506	402	24	418	6
5507	399	24	418	7
5508	401	27	419	7
5509	402	25	418	6
5510	402	24	419	7
5511	400	24	419	6
5512	402	26	419	7
5513	402	24	419	7
5514	402	25	419	7
5515	399	25	420	7
5516	402	28	419	6
5517	400	25	419	7
5518	401	27	420	7
5519	401	26	420	6
5520	402	26	419	6
5521	401	25	420	7
5522	402	26	421	6
5523	402	25	420	5
5524	403	25	420	7
5525	401	24	417	7
5526	403	27	419	10
5527	402	25	419	8
5528	401	26	420	8
5529	384	27	420	7
5530	385	44	420	7
5531	384	43	421	7
5532	398	44	420	6
5533	400	30	421	7
5534	393	28	421	6
5535	397	35	421	6
5536	398	31	421	7
5537	399	30	421	7
5538	398	30	421	7
5539	398	31	421	7
5540	396	31	421	7
5541	399	33	421	7
5542	397	30	421	7
5543	401	32	421	7
5544	401	28	422	7
5545	400	28	420	6
5546	396	29	422	8
5547	397	33	422	6
5548	398	32	423	7
5549	396	31	422	6
5550	396	34	422	7
Tiempo (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
5551	394	34	422	7
5552	392	36	422	7
5553	395	38	422	7
5554	396	35	423	7
5555	393	34	422	6
5556	394	37	422	7
5557	395	36	423	7
5558	397	35	423	6
5559	397	33	422	6
5560	397	33	423	8
5561	397	33	423	7
5562	395	34	422	7

5563	397	36	423	8
5564	394	34	422	7
5565	396	37	423	8
5566	397	35	422	7
5567	386	34	423	8
5568	387	45	423	7
5569	387	44	424	7
5570	385	44	424	6
5571	391	46	423	6
5572	387	40	421	8
5573	391	44	424	10
5574	384	41	424	7
5575	394	48	423	7
5576	392	38	423	8
5577	394	40	423	8
5578	396	38	423	8
5579	400	36	424	8
5580	400	32	424	7
5581	400	32	424	7
5582	399	32	424	7
5583	401	33	424	7
5584	399	31	425	8
5585	400	33	424	7
5586	402	33	425	8
5587	401	31	425	7
5588	403	32	426	7
5589	403	30	425	6
5590	401	30	425	7
5591	403	32	425	7
5592	401	30	425	7
5593	403	32	426	7
5594	403	30	426	6
5595	402	30	426	6
5596	402	31	426	7
5597	402	31	426	7
5598	402	32	426	7
5599	402	32	426	7
5600	405	32	425	7
5601	404	29	426	8
5602	402	30	426	7
5603	403	32	425	7
5604	405	31	426	8
5605	405	29	426	7
5606	404	29	426	7
5607	405	30	426	7
5608	403	29	427	8
5609	402	31	427	7
5610	404	33	426	7
5611	402	31	426	8
5612	405	33	427	8
5613	405	30	427	7
5614	405	30	427	7
5615	405	30	427	7
5616	405	30	427	7
5617	405	30	428	7
5618	403	30	428	6
5619	400	32	427	6
5620	402	35	428	8
5621	396	33	428	7
5622	400	40	427	7
5623	399	36	427	8
5624	400	37	428	8
5625	401	36	427	7
5626	400	35	428	8
5627	399	36	428	7

5628	399	37	429	7
5629	401	37	429	6
5630	398	35	428	6
5631	400	38	429	7
5632	401	36	429	7
5633	400	35	428	7
5634	398	37	426	8
5635	400	39	428	10
5636	401	37	429	8
5637	399	36	429	7
5638	397	38	429	7
5639	400	40	429	7
5640	399	37	429	7
5641	399	38	429	7
5642	400	38	429	7
5643	402	37	429	7
5644	402	35	429	8
5645	403	35	428	8
5646	401	35	429	9
5647	402	37	429	8
5648	401	36	429	8
5649	403	37	429	8
5650	404	35	429	8
5651	405	34	429	8
5652	404	33	430	8
5653	405	34	430	7
5654	405	33	429	7
5655	404	33	430	8
5656	405	34	430	8
5657	405	33	430	8
5658	405	34	428	8
5659	403	34	429	10
5660	405	36	430	9
5661	404	34	430	8
5662	405	35	430	8
5663	404	34	430	8
5664	403	35	430	8
5665	405	36	431	8
5666	406	34	431	7
5667	405	33	431	7
5668	405	34	431	8
5669	405	34	431	8
5670	404	35	431	8
5671	405	36	431	8
5672	404	35	432	8
5673	406	36	431	7
5674	405	34	432	8
5675	404	35	432	7
5676	405	36	432	7
5677	406	35	432	7
5678	406	34	431	7
5679	406	34	431	8
5680	403	34	431	9
5681	406	37	432	9
5682	406	35	432	8
5683	405	35	432	8
5684	406	36	432	8
5685	402	35	432	8
5686	406	39	432	8
5687	406	35	432	8
5688	406	35	432	8
5689	406	35	433	8
5690	406	35	433	7
5691	404	35	432	7
5692	399	37	433	9

5693	395	42	433	8
5694	395	47	433	8
5695	396	47	433	8
5696	399	46	433	8
5697	400	43	433	8
5698	399	42	433	8
5699	398	43	432	8
5700	398	44	432	9
5701	400	44	433	9
5702	397	42	433	8
5703	398	45	434	8
5704	400	44	433	8
5705	401	42	433	9
5706	403	42	434	9
5707	404	40	433	8
5708	404	39	433	9
5709	408	39	434	9
5710	408	35	434	8
5711	409	35	434	8
5712	406	34	434	8
5713	408	37	430	8
5714	407	35	434	12
5715	408	36	433	8
5716	409	35	434	10
5717	410	34	435	9
5718	409	34	434	8
5719	409	35	434	9
5720	408	35	435	9
5721	408	36	435	8
5722	410	36	435	8
5723	406	34	434	8
5724	408	38	431	9
5725	410	36	434	12
5726	410	34	435	9
5727	409	34	435	8
5728	409	35	435	9
5729	410	35	435	9
5730	409	35	435	9
5731	407	36	435	9
5732	408	38	436	9
5733	411	37	435	8
5734	410	34	436	9
5735	410	35	436	8
5736	407	35	436	8
5737	410	38	436	8
5738	410	35	436	8
5739	410	35	436	8
5740	410	35	436	9
5741	410	35	436	9
5742	409	36	436	9
5743	410	37	436	9
Tiempo (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
5744	409	36	436	9
5745	410	37	436	9
5746	410	36	436	9
5747	410	36	437	9
5748	409	36	437	8
5749	411	37	437	8
5750	410	35	437	8
5751	411	36	437	8
5752	409	35	437	9
5753	411	37	437	9
5754	411	36	437	9
5755	411	36	437	9

5756	411	36	437	9
5757	411	36	438	9
5758	409	36	438	8
5759	411	38	437	8
5760	408	36	438	9
5761	402	39	439	8
5762	403	45	437	7
5763	399	44	438	9
5764	400	48	439	9
5765	399	47	438	8
5766	399	49	439	9
5767	399	49	438	8
5768	396	49	439	9
5769	399	52	438	8
5770	398	49	438	9
5771	396	50	438	9
5772	398	52	438	9
5773	399	50	438	9
5774	399	49	438	9
5775	397	49	439	9
5776	399	51	438	9
5777	398	49	439	10
5778	399	51	439	9
5779	399	50	438	9
5780	399	50	438	10
5781	397	50	439	10
5782	401	52	436	9
5783	402	48	439	12
5784	399	47	439	9
5785	402	50	439	9
5786	399	47	440	9
5787	402	50	439	8
5788	402	47	440	10
5789	403	47	439	9
5790	400	47	439	10
5791	401	50	439	10
5792	405	49	439	10
5793	403	45	440	10
5794	404	47	440	9
5795	404	46	440	9
5796	405	46	440	9
5797	404	45	439	9
5798	404	46	440	10
5799	403	46	441	9
5800	406	47	440	9
5801	403	44	441	10
5802	400	48	440	9
5803	399	51	441	10
5804	403	52	441	9
5805	411	48	440	9
5806	411	40	441	10
5807	412	40	441	9
5808	413	39	441	9
5809	412	38	441	9
5810	410	39	441	9
5811	412	41	441	9
5812	412	39	442	10
5813	412	39	442	9
5814	412	40	441	9
5815	412	40	442	10
5816	412	40	441	9
5817	410	40	442	10
5818	411	42	442	9
5819	411	41	442	9
5820	412	41	442	9

5821	413	40	442	9
5822	412	39	442	9
5823	413	40	442	9
5824	411	39	443	10
5825	413	41	442	9
5826	413	40	442	10
5827	413	40	442	10
5828	413	40	442	10
5829	413	40	442	10
5830	414	40	443	10
5831	410	39	443	9
5832	413	43	443	9
5833	411	40	443	9
5834	414	42	443	9
5835	414	39	443	9
5836	412	39	443	10
5837	414	41	443	10
5838	413	40	444	10
5839	414	41	444	9
5840	413	40	443	9
5841	412	41	444	10
5842	414	42	444	9
5843	414	40	444	9
5844	412	40	444	9
5845	411	42	444	9
5846	412	43	444	9
5847	414	42	444	9
5848	411	40	444	10
5849	413	43	444	10
5850	414	42	445	10
5851	413	41	440	9
5852	414	42	444	14
5853	414	41	445	10
5854	413	41	445	9
5855	414	42	444	9
5856	414	41	445	10
5857	414	41	445	9
5858	412	41	444	9
5859	414	43	444	10
5860	414	41	445	11
5861	411	41	445	10
5862	415	45	444	10
5863	414	41	445	11
5864	412	42	445	10
5865	414	44	445	10
5866	416	42	445	10
5867	416	40	445	10
5868	416	40	445	10
5869	416	40	445	10
5870	415	40	446	10
5871	416	41	446	9
5872	416	40	446	10
5873	416	40	446	10
5874	415	41	446	10
5875	415	42	446	10
5876	415	42	446	10
5877	415	42	446	10
5878	416	42	446	10
5879	414	41	445	10
5880	415	43	446	11
5881	415	42	446	10
5882	416	42	446	10
5883	416	41	445	10
5884	416	41	446	12
5885	412	41	446	11

5886	413	46	446	11
5887	416	45	446	11
5888	416	42	447	11
5889	416	42	447	10
5890	416	42	446	10
5891	416	42	446	11
5892	414	42	447	11
5893	413	44	447	10
5894	414	45	448	10
5895	414	44	447	9
5896	415	44	447	11
5897	414	43	447	11
5898	417	45	447	11
5899	415	42	447	11
5900	415	44	447	11
5901	416	44	447	11
5902	417	43	447	11
5903	414	42	447	11
5904	417	45	447	11
5905	415	42	447	11
5906	415	44	447	11
5907	416	44	447	11
5908	418	43	448	12
5909	416	41	447	11
5910	416	44	448	12
5911	415	44	447	11
5912	418	45	448	12
5913	418	42	447	11
5914	418	42	448	12
5915	417	42	447	11
5916	418	43	448	12
5917	418	42	448	11
5918	419	42	448	11
5919	419	41	448	11
5920	417	41	448	12
5921	418	43	448	12
5922	419	43	447	12
5923	418	42	447	13
5924	418	43	448	13
5925	419	43	448	12
5926	419	42	448	12
5927	418	42	448	12
5928	416	43	448	12
5929	417	45	448	12
5930	418	44	449	12
5931	418	43	448	11
5932	419	43	449	13
5933	417	42	449	12
5934	420	45	449	12
5935	420	42	449	12
5936	418	42	450	12
Tiempo (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
5937	419	44	449	11
5938	419	43	450	12
5939	420	43	450	11
5940	419	42	450	11
5941	420	43	450	11
5942	418	42	450	11
5943	417	44	449	11
5944	417	45	449	13
5945	418	45	449	13
5946	419	45	449	13
5947	419	44	450	13
5948	419	44	449	12

5949	419	44	449	13
5950	418	44	449	13
5951	418	45	450	13
5952	418	45	450	12
5953	418	45	450	12
5954	416	45	450	12
5955	418	47	450	12
5956	419	45	450	13
5957	417	44	450	13
5958	419	47	452	13
5959	420	45	452	11
5960	418	44	451	11
5961	419	46	452	12
5962	416	45	451	11
5963	416	48	452	12
5964	408	48	451	11
5965	417	56	452	12
5966	416	47	452	11
5967	411	48	453	11
5968	415	53	453	11
5969	417	49	452	11
5970	418	48	452	12
5971	415	47	453	12
5972	416	50	453	11
5973	419	49	452	11
5974	417	46	452	12
5975	418	48	453	12
5976	416	47	453	11
5977	418	49	452	11
5978	416	47	453	12
5979	419	49	453	11
5980	416	46	453	12
5981	416	49	453	12
5982	419	50	453	12
5983	418	47	452	12
5984	420	48	453	13
5985	418	46	454	12
5986	418	48	454	11
5987	420	48	454	11
5988	420	46	453	11
5989	418	46	454	12
5990	421	48	453	11
5991	418	45	454	12
5992	420	48	454	12
5993	419	46	454	12
5994	421	48	454	12
5995	420	46	454	12
5996	421	47	454	12
5997	419	46	454	12
5998	421	48	455	12
5999	419	46	454	11
6000	419	48	454	12
6001	421	48	454	12
6002	421	46	454	12
6003	421	46	454	12
6004	421	46	455	13
6005	419	46	455	12
6006	419	49	453	12
6007	422	49	455	14
6008	420	46	455	12
6009	410	48	455	12
6010	414	58	455	12
6011	415	54	455	12
6012	416	53	455	12
6013	419	52	456	12

6014	418	49	455	11
6015	418	50	456	12
6016	421	50	456	12
6017	420	47	456	12
6018	422	49	456	12
6019	423	47	456	12
6020	423	46	456	12
6021	423	46	456	12
6022	423	46	456	12
6023	421	46	456	12
6024	423	48	456	12
6025	423	46	456	12
6026	423	46	456	12
6027	423	46	456	12
6028	423	46	456	13
6029	423	46	456	13
6030	423	47	457	13
6031	423	47	456	12
6032	422	47	457	13
6033	418	48	457	12
6034	418	52	457	12
6035	421	52	457	12
6036	421	49	458	12
6037	420	49	457	11
6038	420	50	457	12
6039	419	50	455	12
6040	423	51	458	15
6041	418	47	457	12
6042	419	53	457	13
6043	420	52	457	13
6044	420	51	458	13
6045	421	51	458	12
6046	421	50	437	12
6047	418	50	436	33
6048	422	53	458	34
6049	420	49	463	12
6050	422	51	457	7
6051	420	49	457	13
6052	422	51	458	14
6053	422	49	458	13
6054	422	50	458	13
6055	422	50	458	13
6056	423	50	457	13
6057	423	49	457	14
6058	422	49	457	14
6059	423	50	458	14
6060	422	49	458	13
6061	422	50	458	13
6062	423	50	459	13
6063	422	49	458	12
6064	421	50	458	14
6065	421	51	458	14
6066	421	52	458	14
6067	422	52	459	14
6068	422	51	458	13
6069	423	51	458	14
6070	422	50	458	14
6071	422	51	459	14
6072	423	51	459	13
6073	423	50	458	13
6074	422	50	459	14
6075	421	51	459	13
6076	423	52	459	14
6077	423	50	459	14
6078	422	51	460	14

6079	423	52	460	13
6080	423	51	460	13
6081	421	51	460	13
6082	422	53	460	13
6083	423	52	461	13
6084	421	51	460	12
6085	421	53	460	13
6086	423	53	460	13
6087	420	51	460	13
6088	421	54	460	14
6089	420	53	460	14
6090	417	55	461	14
6091	422	58	460	13
6092	423	53	461	14
6093	424	52	461	13
6094	425	51	461	13
6095	425	50	461	13
6096	425	50	461	13
6097	425	50	461	13
6098	424	50	462	13
6099	422	51	461	12
6100	424	53	462	14
6101	424	51	462	13
6102	423	52	461	13
6103	424	53	461	14
6104	420	52	461	14
6105	420	56	462	14
6106	425	56	461	13
6107	425	51	461	14
6108	427	51	461	14
6109	424	49	461	14
6110	424	52	462	14
6111	426	52	462	13
6112	426	50	462	14
6113	425	50	462	14
6114	426	52	462	14
6115	427	51	461	14
6116	427	50	462	15
6117	427	50	462	14
6118	427	50	462	14
6119	427	50	463	14
6120	427	50	462	13
6121	425	50	462	14
6122	424	52	463	14
6123	428	53	463	13
6124	428	49	463	14
6125	428	49	462	14
6126	428	50	463	15
6127	428	50	462	14
6128	428	50	463	15
6129	428	50	463	14
Tiempo (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
6130	428	50	463	14
6131	428	50	463	14
6132	428	50	463	14
6133	425	50	463	14
6134	429	53	463	14
6135	429	49	463	14
6136	429	49	463	15
6137	429	49	463	15
6138	427	50	463	15
6139	429	52	463	15
6140	429	50	463	15
6141	429	50	463	15

6142	430	50	464	15
6143	428	49	463	14
6144	429	51	463	15
6145	428	50	463	15
6146	428	51	464	15
6147	429	51	463	14
6148	429	50	464	16
6149	427	50	464	15
6150	427	53	463	15
6151	429	53	464	16
6152	429	51	464	15
6153	429	51	463	15
6154	430	51	464	16
6155	430	50	464	15
6156	430	50	464	15
6157	426	50	465	15
6158	430	54	464	14
6159	430	50	465	15
6160	430	50	464	15
6161	430	50	464	16
6162	419	51	464	16
6163	416	62	465	16
6164	417	65	465	15
6165	416	64	465	15
6166	419	65	465	15
6167	418	62	465	15
6168	424	63	465	15
6169	427	57	465	15
6170	425	54	462	15
6171	428	56	464	18
6172	426	53	465	17
6173	429	55	466	16
6174	429	53	465	15
6175	429	53	465	16
6176	429	53	465	16
6177	430	53	465	16
6178	430	52	466	16
6179	430	52	465	15
6180	429	52	466	16
6181	430	53	466	15
6182	430	52	466	15
6183	429	52	466	15
6184	430	53	465	16
6185	430	52	466	17
6186	426	53	466	16
6187	424	57	466	16
6188	430	59	465	16
6189	425	53	466	17
6190	424	58	466	16
6191	424	59	466	16
6192	431	59	466	16
6193	430	52	467	16
6194	428	53	466	15
6195	423	55	467	16
6196	417	60	466	16
6197	422	66	466	17
6198	427	62	466	17
6199	429	57	446	17
6200	429	55	446	37
6201	430	55	468	37
6202	430	54	472	15
6203	429	54	465	11
6204	431	55	466	18
6205	428	53	466	17
6206	430	56	466	17

6207	428	54	466	17
6208	429	56	466	18
6209	426	55	466	18
6210	428	59	466	18
6211	429	57	466	18
6212	430	56	467	18
6213	430	55	467	17
6214	429	55	467	17
6215	430	56	467	17
6216	427	55	467	17
6217	431	58	466	17
6218	432	54	467	18
6219	431	53	467	17
6220	431	54	467	18
6221	431	54	467	18
6222	430	55	467	18
6223	431	56	467	18
6224	429	55	467	18
6225	428	57	468	18
6226	429	58	467	17
6227	430	57	467	18
6228	430	56	467	18
6229	432	56	467	18
6230	432	54	467	18
6231	431	54	468	18
6232	432	55	468	18
6233	432	54	467	18
6234	432	55	468	19
6235	431	55	467	18
6236	433	56	468	19
6237	433	54	468	18
6238	432	54	468	18
6239	433	55	468	18
6240	431	54	468	18
6241	433	56	468	18
6242	433	54	468	18
6243	433	54	468	18
6244	433	54	468	19
6245	434	54	468	19
6246	434	54	468	19
6247	434	54	468	19
6248	434	54	468	19
6249	434	54	468	19
6250	433	54	468	19
6251	432	55	469	19
6252	435	56	469	18
6253	433	53	469	18
6254	435	55	469	18
6255	435	53	468	18
6256	436	53	469	20
6257	435	52	469	19
6258	435	54	469	19
6259	435	54	469	19
6260	435	54	469	19
6261	435	54	469	19
6262	435	54	470	19
6263	435	54	469	18
6264	433	54	470	19
6265	435	56	469	18
6266	435	54	470	19
6267	435	54	470	18
6268	433	54	467	19
6269	433	56	470	22
6270	433	57	470	19
6271	433	57	470	19

6272	433	57	470	19
6273	436	57	470	19
6274	435	54	470	19
6275	435	55	470	19
6276	431	55	470	19
6277	431	59	470	19
6278	430	59	470	19
6279	432	60	470	19
6280	431	58	470	20
6281	433	59	470	20
6282	430	58	470	20
6283	433	61	470	20
6284	434	58	471	20
6285	431	57	471	19
6286	431	60	471	19
6287	434	60	471	19
6288	432	57	471	19
6289	431	59	471	19
6290	433	60	471	19
6291	432	58	471	19
6292	433	59	471	20
6293	434	58	471	20
6294	434	58	471	20
6295	433	58	471	20
6296	434	59	471	20
6297	434	58	471	20
6298	433	58	471	20
6299	434	59	471	20
6300	435	58	471	20
6301	435	57	471	20
6302	433	57	472	20
6303	434	59	472	19
6304	435	58	473	20
6305	435	57	472	19
6306	435	58	472	20
6307	433	58	473	20
6308	436	60	473	19
6309	436	57	473	19
6310	435	57	473	19
6311	437	58	473	19
6312	436	56	472	19
6313	438	57	473	20
6314	436	55	472	19
6315	438	57	472	20
6316	437	55	472	21
6317	432	56	473	21
6318	435	62	473	20
6319	434	59	473	20
6320	433	60	473	20
6321	434	61	473	20
6322	435	60	472	20
Tiempo (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
6323	436	59	473	21
6324	437	58	473	20
6325	435	57	473	20
6326	438	59	473	20
6327	439	56	473	20
6328	437	55	473	21
6329	439	57	473	21
6330	438	56	473	21
6331	440	57	473	21
6332	440	55	453	21
6333	437	55	453	41
6334	438	58	453	41

6335	439	57	453	41
6336	438	56	453	41
6337	441	57	453	41
6338	441	54	453	41
6339	438	54	453	41
6340	441	57	454	42
6341	439	54	454	41
6342	440	57	453	41
6343	440	56	453	42
6344	438	56	454	42
6345	439	58	454	41
6346	438	57	454	41
6347	439	58	454	41
6348	440	57	454	41
6349	440	56	454	41
6350	437	56	454	41
6351	437	59	454	41
6352	438	59	454	42
6353	439	58	454	42
6354	440	58	454	42
6355	438	57	454	42
6356	440	59	454	42
6357	441	57	454	42
6358	440	56	453	42
6359	441	57	455	43
6360	441	56	455	41
6361	441	56	455	41
6362	441	56	455	41
6363	440	56	455	41
6364	440	57	455	42
6365	438	57	455	42
6366	441	60	455	42
6367	437	57	455	42
6368	441	61	455	42
6369	438	57	455	42
6370	440	60	455	42
6371	441	58	455	42
6372	441	57	455	42
6373	440	57	455	42
6374	438	58	455	42
6375	439	60	455	42
6376	435	59	455	43
6377	431	63	455	43
6378	428	68	455	43
6379	429	71	456	43
6380	430	70	455	42
6381	430	69	456	43
6382	429	69	456	42
6383	434	70	456	42
6384	431	65	456	42
6385	435	68	456	42
6386	437	64	456	42
6387	438	62	456	42
6388	435	61	456	43
6389	436	64	456	43
6390	437	64	456	43
6391	437	63	456	43
6392	436	63	456	43
6393	432	64	456	43
6394	434	68	456	43
6395	436	66	456	43
6396	436	64	456	43
6397	436	64	456	43
6398	436	64	456	43
6399	433	64	456	43

6400	437	67	457	44
6401	437	63	457	43
6402	437	63	457	43
6403	433	63	454	43
6404	433	67	457	46
6405	434	67	457	43
6406	435	66	457	43
6407	436	65	457	43
6408	437	64	457	43
6409	437	63	457	43
6410	437	63	457	43
6411	438	63	457	43
6412	437	62	457	43
6413	438	63	457	43
6414	438	62	458	43
6415	438	62	458	42
6416	439	62	458	42
6417	438	61	458	42
6418	438	62	458	42
6419	439	62	458	42
6420	439	61	458	42
6421	439	61	458	42
6422	438	61	458	42
6423	438	62	458	42
6424	436	62	458	42
6425	438	64	458	42
6426	438	62	458	42
6427	439	62	458	42
6428	439	61	458	42
6429	439	61	458	42
6430	438	61	458	42
6431	437	62	458	42
6432	438	63	458	42
6433	439	62	459	42
6434	434	61	459	41
6435	430	66	459	41
6436	428	70	459	41
6437	429	72	459	41
6438	430	71	459	41
6439	430	70	459	41
6440	427	70	459	41
6441	429	73	459	41
6442	430	71	459	41
6443	430	70	459	41
6444	431	70	459	41
6445	429	69	460	41
6446	432	71	459	40
6447	433	68	460	41
6448	433	67	460	40
6449	432	67	460	40
6450	432	68	460	40
6451	433	68	460	40
6452	432	67	460	40
6453	434	68	460	40
6454	435	66	460	40
6455	436	65	459	40
6456	436	64	460	41
6457	435	64	460	40
6458	437	65	460	40
6459	436	63	460	40
6460	437	64	460	40
6461	437	63	460	40
6462	436	63	460	40
6463	434	64	460	40
6464	433	66	460	40

6465	434	67	460	40
6466	432	66	460	40
6467	432	68	460	40
6468	433	68	461	40
6469	433	67	461	39
6470	432	67	461	39
6471	431	68	461	39
6472	431	69	461	39
6473	431	69	461	39
6474	431	69	461	39
6475	431	69	461	39
6476	431	69	461	39
6477	431	69	461	39
6478	431	69	461	39
6479	429	69	461	39
6480	431	71	461	39
6481	431	69	461	39
6482	431	69	461	39
6483	431	69	461	39
6484	431	69	460	39
6485	432	69	461	40
6486	432	68	461	39
6487	437	68	462	39
6488	440	63	462	38
6489	443	60	461	38
6490	447	57	462	39
6491	445	53	462	38
6492	447	55	459	38
6493	447	53	462	41
6494	446	53	462	38
6495	447	54	462	38
6496	447	53	462	38
6497	446	53	462	38
6498	447	54	462	38
6499	448	53	462	38
6500	448	52	462	38
6501	448	52	462	38
6502	448	52	462	38
6503	448	52	462	38
6504	448	52	462	38
6505	446	52	462	38
6506	448	54	462	38
6507	449	52	463	38
6508	449	51	463	37
6509	448	51	463	37
6510	449	52	463	37
6511	449	51	463	37
6512	449	51	483	37
6513	449	51	483	17
6514	446	51	479	17
6515	447	54	482	21
Tiempo (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
6516	449	53	482	18
6517	447	51	480	18
6518	449	53	482	20
6519	449	51	482	18
6520	449	51	482	18
6521	448	51	482	18
6522	449	52	482	18
6523	446	51	482	18
6524	447	54	482	18
6525	448	53	482	18
6526	449	52	482	18
6527	450	51	483	18

6528	450	50	483	17
6529	450	50	484	17
6530	450	50	484	16
6531	451	50	484	16
6532	450	49	485	16
6533	451	50	484	15
6534	449	49	485	16
6535	449	51	485	15
6536	450	51	485	15
6537	449	50	485	15
6538	449	51	485	15
6539	450	51	485	15
6540	451	50	485	15
6541	451	49	485	15
6542	448	49	485	15
6543	450	52	485	15
6544	451	50	485	15
6545	450	49	485	15
6546	451	50	485	15
6547	448	49	485	15
6548	448	52	485	15
6549	448	52	485	15
6550	449	52	485	15
6551	451	51	486	15
6552	451	49	486	14
6553	450	49	486	14
6554	450	50	486	14
6555	449	50	484	14
6556	447	51	486	16
6557	450	53	486	14
6558	451	50	486	14
6559	449	49	486	14
6560	451	51	486	14
6561	448	49	486	14
6562	451	52	486	14
6563	451	49	486	14
6564	448	49	487	14
6565	449	52	486	13
6566	451	51	486	14
6567	451	49	486	14
6568	452	49	486	14
6569	449	48	486	14
6570	451	51	487	14
6571	451	49	486	13
6572	448	49	486	14
6573	449	52	487	14
6574	452	51	487	13
6575	452	48	484	13
6576	451	48	487	16
6577	451	49	487	13
6578	450	49	487	13
6579	451	50	488	13
6580	448	49	487	12
6581	449	52	487	13
6582	448	51	487	13
6583	452	52	488	13
6584	450	48	488	12
6585	451	50	488	12
6586	451	49	488	12
6587	450	49	487	12
6588	439	50	488	13
6589	447	61	488	12
6590	446	53	488	12
6591	446	54	488	12
6592	447	54	488	12

6593	446	53	488	12
6594	449	54	488	12
6595	450	51	488	12
6596	450	50	488	12
6597	449	50	488	12
6598	447	51	488	12
6599	447	53	488	12
6600	446	53	489	12
6601	447	54	489	11
6602	445	53	489	11
6603	448	55	489	11
6604	445	52	488	11
6605	446	55	489	12
6606	447	54	489	11
6607	449	53	489	11
6608	449	51	488	11
6609	450	51	489	12
6610	446	50	489	11
6611	450	54	489	11
6612	441	50	489	11
6613	445	59	490	11
6614	445	55	490	10
6615	447	55	490	10
6616	448	53	489	10
6617	446	52	489	11
6618	447	54	490	11
6619	446	53	490	10
6620	449	54	490	10
6621	447	51	490	10
6622	449	53	491	10
6623	451	51	490	9
6624	450	49	490	10
6625	451	50	490	10
6626	449	49	490	10
6627	451	51	490	10
6628	451	49	490	10
6629	451	49	490	10
6630	452	49	490	10
6631	452	48	490	10
6632	452	48	491	10
6633	449	48	490	9
6634	451	51	491	10
6635	449	49	489	9
6636	452	51	491	11
6637	450	48	490	9
6638	452	50	491	10
6639	452	48	491	9
6640	451	48	491	9
6641	451	49	491	9
6642	452	49	491	9
6643	452	48	492	9
6644	452	48	491	8
6645	452	48	491	9
6646	452	48	491	9
6647	452	48	492	9
6648	448	48	491	8
6649	446	52	491	9
6650	447	54	491	9
6651	448	53	491	9
6652	451	52	491	9
6653	451	49	492	9
6654	450	49	492	8
6655	452	50	492	8
6656	453	48	492	8
6657	453	47	492	8

6658	452	47	491	8
6659	454	48	492	9
6660	453	46	492	8
6661	451	47	492	8
6662	454	49	492	8
6663	454	46	492	8
6664	454	46	492	8
6665	455	46	493	8
6666	453	45	492	7
6667	451	47	492	8
6668	454	49	493	8
6669	455	46	493	7
6670	454	45	493	7
6671	455	46	493	7
6672	455	45	493	7
6673	456	45	493	7
6674	456	44	493	7
6675	456	44	493	7
6676	455	44	493	7
6677	455	45	493	7
6678	453	45	493	7
6679	453	47	493	7
6680	456	47	493	7
6681	454	44	493	7
6682	452	46	494	7
6683	456	48	494	6
6684	454	44	493	6
6685	456	46	494	7
6686	453	44	494	6
6687	453	47	494	6
6688	456	47	494	6
6689	455	44	493	6
6690	455	45	494	7
6691	456	45	494	6
6692	456	44	494	6
6693	454	44	493	6
6694	456	46	494	7
6695	454	44	494	6
6696	455	46	494	6
6697	455	45	494	6
6698	455	45	494	6
6699	455	45	493	6
6700	455	45	494	7
6701	453	45	494	6
6702	453	47	494	6
6703	454	47	494	6
6704	454	46	494	6
6705	455	46	495	6
6706	455	45	495	5
6707	456	45	495	5
6708	456	44	495	5
Tempo (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
6709	457	44	495	5
6710	456	43	495	5
6711	457	44	495	5
6712	457	43	495	5
6713	456	43	496	5
6714	457	44	495	4
6715	457	43	496	5
6716	455	43	496	4
6717	454	45	495	4
6718	456	46	495	5
6719	454	44	495	5
6720	457	46	496	5

6721	457	43	495	4
6722	455	43	496	5
6723	457	45	494	4
6724	456	43	496	6
6725	457	44	496	4
6726	455	43	496	4
6727	457	45	496	4
6728	457	43	496	4
6729	454	43	496	4
6730	455	46	495	4
6731	458	45	496	5
6732	455	42	496	4
6733	458	45	496	4
6734	454	42	496	4
6735	458	46	496	4
6736	458	42	496	4
6737	454	42	496	4
6738	458	46	496	4
6739	456	42	497	4
6740	457	44	497	3
6741	458	43	496	3
6742	458	42	497	4
6743	458	42	497	3
6744	456	42	496	3
6745	456	44	497	4
6746	456	44	497	3
6747	458	44	497	3
6748	457	42	494	3
6749	458	43	497	6
6750	459	42	500	3
6751	458	41	502	0
6752	458	42	501	-2
6753	456	42	496	-1
6754	458	44	495	4
6755	458	42	495	5
6756	458	42	496	5
6757	458	42	495	4
6758	457	42	495	5
6759	459	43	496	5
6760	456	41	496	4
6761	459	44	492	4
6762	459	41	496	8
6763	459	41	501	4
6764	458	41	501	-1
6765	457	42	500	-1
6766	457	43	491	0
6767	459	43	493	9
6768	459	41	495	7
6769	459	41	494	5
6770	459	41	494	6
6771	459	41	495	6
6772	459	41	495	5
6773	457	41	495	5
6774	459	43	495	5
6775	459	41	495	5
6776	460	41	495	5
6777	456	40	496	5
6778	455	44	495	4
6779	459	45	496	5
6780	459	41	495	4
6781	459	41	496	5
6782	458	41	495	4
6783	457	42	496	5
6784	455	43	496	4
6785	458	45	496	4

6786	456	42	496	4
6787	459	44	497	4
6788	459	41	496	3
6789	459	41	497	4
6790	459	41	497	3
6791	459	41	497	3
6792	460	41	497	3
6793	456	40	497	3
6794	457	44	497	3
6795	460	43	496	3
6796	460	40	497	4
6797	460	40	497	3
6798	457	40	497	3
6799	459	43	497	3
6800	457	41	497	3
6801	459	43	497	3
6802	459	41	497	3
6803	460	41	498	3
6804	461	40	497	2
6805	459	39	498	3
6806	461	41	498	2
6807	458	39	498	2
6808	461	42	498	2
6809	460	39	498	2
6810	461	40	497	2
6811	458	39	498	3
6812	459	42	498	2
6813	461	41	497	2
6814	462	39	498	3
6815	461	38	498	2
6816	461	39	497	2
6817	461	39	498	3
6818	461	39	498	2
6819	459	39	498	2
6820	459	41	498	2
6821	461	41	498	2
6822	459	39	498	2
6823	462	41	498	2
6824	462	38	498	2
6825	462	38	498	2
6826	462	38	498	2
6827	462	38	498	2
6828	458	38	498	2
6829	459	42	498	2
6830	461	41	498	2
6831	462	39	498	2
6832	462	38	498	2
6833	462	38	499	2
6834	462	38	498	1
6835	462	38	497	2
6836	460	38	498	3
6837	462	40	498	2
6838	461	38	499	2
6839	459	39	498	1
6840	462	41	498	2
6841	462	38	498	2
6842	462	38	498	2
6843	459	38	499	2
6844	463	41	499	1
6845	463	37	497	1
6846	460	37	499	3
6847	461	40	502	1
6848	461	39	504	-2
6849	463	39	504	-4
6850	463	37	503	-4

6851	461	37	503	-3
6852	461	39	502	-3
6853	463	39	501	-2
6854	463	37	493	-1
6855	463	37	495	7
6856	464	37	496	5
6857	463	36	495	4
6858	463	37	495	5
6859	460	37	495	5
6860	463	40	496	5
6861	464	37	495	4
6862	464	36	495	5
6863	463	36	496	5
6864	463	37	495	4
6865	463	37	496	5
6866	463	37	496	4
6867	460	37	497	4
6868	464	40	496	3
6869	464	36	497	4
6870	464	36	497	3
6871	462	36	497	3
6872	464	38	497	3
6873	463	36	497	3
6874	461	37	497	3
6875	462	39	497	3
6876	464	38	497	3
6877	464	36	498	3
6878	464	36	498	2
6879	464	36	498	2
6880	462	36	498	2
6881	464	38	498	2
6882	461	36	498	2
6883	465	39	498	2
6884	462	35	498	2
6885	464	38	498	2
6886	464	36	499	2
6887	464	36	498	1
6888	464	36	499	2
6889	464	36	498	1
6890	464	36	499	2
6891	460	36	498	1
6892	463	40	497	2
6893	464	37	498	3
6894	464	36	498	2
6895	461	36	498	2
6896	463	39	498	2
6897	462	37	499	2
6898	464	38	498	1
6899	463	36	498	2
6900	465	37	498	2
6901	465	35	498	2
Temp. Difuso (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
6902	464	35	497	2
6903	460	36	498	3
6904	464	40	497	2
6905	460	36	497	3
6906	464	40	497	3
6907	460	36	498	3
6908	464	40	498	2
6909	464	36	499	2
6910	464	36	499	1
6911	464	36	498	1
6912	465	36	500	2
6913	461	35	503	0

6914	462	39	504	-3
6915	465	38	504	-4
6916	462	35	503	-4
6917	465	38	503	-3
6918	463	35	503	-3
6919	465	37	501	-3
6920	462	35	492	-1
6921	464	38	496	8
6922	464	36	497	4
6923	464	36	494	3
6924	465	36	495	6
6925	466	35	495	5
6926	462	34	494	5
6927	466	38	494	6
6928	466	34	494	6
6929	463	34	494	6
6930	465	37	494	6
6931	463	35	495	6
6932	467	37	495	5
6933	467	33	495	5
6934	463	33	495	5
6935	467	37	495	5
6936	467	33	495	5
6937	467	33	495	5
6938	467	33	496	5
6939	466	33	496	4
6940	467	34	497	4
6941	467	33	497	3
6942	467	33	497	3
6943	467	33	498	3
6944	466	33	496	2
6945	463	34	497	4
6946	467	37	498	3
6947	465	33	497	2
6948	466	35	497	3
6949	468	34	498	3
6950	467	32	498	2
6951	470	33	497	2
6952	468	30	498	3
6953	470	32	497	2
6954	468	30	496	3
6955	468	32	498	4
6956	467	32	499	2
6957	471	33	497	1
6958	471	29	496	3
6959	471	29	497	4
6960	470	29	498	3
6961	472	30	499	2
6962	471	28	499	1
6963	471	29	494	1
6964	468	29	498	6
6965	469	32	502	2
6966	468	31	502	-2
6967	471	32	501	-2
6968	469	29	496	-1
6969	471	31	498	4
6970	471	29	498	2
6971	471	29	497	2
6972	471	29	499	3
6973	470	29	499	1
6974	471	30	496	1
6975	467	29	498	4
6976	467	33	498	2
6977	471	33	493	2
6978	471	29	496	7

6979	467	29	495	4
6980	470	33	496	5
6981	470	30	495	4
6982	470	30	496	5
6983	470	30	498	4
6984	466	30	497	2
6985	470	34	497	3
6986	470	30	496	3
6987	470	30	496	4
6988	469	30	497	4
6989	466	31	497	3
6990	469	34	497	3
6991	470	31	494	3
6992	470	30	496	6
6993	470	30	496	4
6994	470	30	496	4
6995	470	30	497	4
6996	470	30	497	3
6997	468	30	497	3
6998	468	32	497	3
6999	469	32	497	3
7000	469	31	496	3
7001	469	31	496	4
7002	470	31	497	4
7003	470	30	496	3
7004	468	30	496	4
7005	471	32	496	4
7006	467	29	497	4
7007	470	33	495	3
7008	469	30	497	5
7009	471	31	497	3
7010	470	29	495	3
7011	471	30	498	5
7012	467	29	500	2
7013	471	33	502	0
7014	468	29	502	-2
7015	471	32	503	-2
7016	468	29	501	-3
7017	451	32	490	-1
7018	450	49	495	10
7019	450	50	498	5
7020	455	50	499	2
7021	456	45	494	1
7022	453	44	495	6
7023	456	47	494	5
7024	453	44	494	6
7025	457	47	494	6
7026	456	43	494	6
7027	457	44	494	6
7028	460	43	495	6
7029	461	40	495	5
7030	463	39	495	5
7031	463	37	495	5
7032	464	37	495	5
7033	464	36	496	5
7034	464	36	493	4
7035	465	36	497	7
7036	464	35	500	3
7037	465	36	498	0
7038	465	35	494	2
7039	464	35	495	6
7040	465	36	495	5
7041	463	35	495	5
7042	465	37	495	5
7043	467	35	495	5

7044	467	33	497	5
7045	467	33	495	3
7046	466	33	492	5
7047	464	34	495	8
7048	464	36	495	5
7049	468	36	495	5
7050	470	32	496	5
7051	467	30	496	4
7052	457	33	496	4
7053	455	43	497	4
7054	457	45	497	3
7055	460	43	496	3
7056	458	40	496	4
7057	460	42	497	4
7058	468	40	497	3
7059	462	32	498	3
7060	463	38	497	2
7061	466	37	497	3
7062	466	34	497	3
7063	466	34	497	3
7064	467	34	497	3
7065	466	33	497	3
7066	470	34	497	3
7067	470	30	498	3
7068	468	30	497	2
7069	455	32	499	3
7070	461	45	504	1
7071	464	39	504	-4
7072	465	36	503	-4
7073	470	35	502	-3
7074	469	30	501	-2
7075	469	31	492	-1
7076	467	31	495	8
7077	472	33	496	5
7078	472	28	496	4
7079	471	28	493	4
7080	472	29	495	7
7081	473	28	496	5
7082	474	27	496	4
7083	475	26	497	4
7084	472	25	496	3
7085	474	28	497	4
7086	470	26	496	3
7087	471	30	496	4
7088	473	29	496	4
7089	474	27	498	4
7090	475	26	497	2
7091	474	25	495	3
7092	474	26	497	5
7093	471	26	499	3
7094	473	29	503	1
Tiempo (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
7095	474	27	504	-3
7096	475	26	503	-4
7097	475	25	500	-3
7098	473	25	495	0
7099	476	27	496	5
7100	475	24	497	4
7101	472	25	496	3
7102	475	28	495	4
7103	474	25	495	5
7104	475	26	496	5
7105	476	25	496	4
7106	474	24	496	4

7107	472	26	496	4
7108	473	28	496	4
7109	476	27	496	4
7110	472	24	496	4
7111	475	28	496	4
7112	474	25	496	4
7113	475	26	496	4
7114	475	25	496	4
7115	474	25	497	4
7116	475	26	496	3
7117	475	25	496	4
7118	471	25	496	4
7119	475	29	497	4
7120	472	25	497	3
7121	475	28	497	3
7122	475	25	497	3
7123	472	25	497	3
7124	476	28	497	3
7125	475	24	497	3
7126	476	25	498	3
7127	475	24	498	2
7128	473	25	498	2
7129	475	27	499	2
7130	476	25	499	1
7131	473	24	494	1
7132	472	27	497	6
7133	474	28	503	3
7134	473	26	504	-3
7135	476	27	504	-4
7136	476	24	504	-4
7137	474	24	504	-4
7138	475	26	503	-4
7139	471	25	504	-3
7140	474	29	502	-4
7141	475	26	496	-2
7142	475	25	495	4
7143	474	25	497	5
7144	476	26	497	3
7145	475	24	496	3
7146	474	25	496	4
7147	477	26	496	4
7148	474	23	497	4
7149	475	26	498	3
7150	475	25	497	2
7151	471	25	497	3
7152	466	29	498	3
7153	466	34	497	2
7154	467	34	498	3
7155	470	33	498	2
7156	469	30	498	2
7157	468	31	499	2
7158	466	32	498	1
7159	468	34	497	2
7160	468	32	499	3
7161	469	32	501	1
7162	466	31	503	-1
7163	469	34	503	-3
7164	470	31	502	-3
7165	468	30	502	-2
7166	470	32	501	-2
7167	467	30	494	-1
7168	466	33	493	6
7169	468	34	496	7
7170	468	32	496	4
7171	468	32	495	4

7172	471	32	496	5
7173	472	29	496	4
7174	473	28	496	4
7175	473	27	496	4
7176	473	27	496	4
7177	474	27	496	4
7178	473	26	497	4
7179	474	27	496	3
7180	470	26	496	4
7181	471	30	497	4
7182	474	29	497	3
7183	474	26	497	3
7184	470	26	497	3
7185	474	30	498	3
7186	473	26	498	2
7187	474	27	498	2
7188	474	26	498	2
7189	464	26	499	2
7190	461	36	498	1
7191	466	39	494	2
7192	470	34	498	6
7193	470	30	503	2
7194	469	30	503	-3
7195	470	31	503	-3
7196	468	30	503	-3
7197	465	32	502	-3
7198	470	35	502	-2
7199	468	30	501	-2
7200	471	32	497	-1
7201	472	29	493	3
7202	472	28	496	7
7203	470	28	496	4
7204	470	30	494	4
7205	468	30	496	6
7206	470	32	496	4
7207	467	30	495	4
7208	467	33	496	5
7209	465	33	496	4
7210	470	35	497	4
7211	465	30	497	3
7212	471	35	495	3
7213	474	29	496	5
7214	477	26	496	4
7215	476	23	496	4
7216	475	24	496	4
7217	478	25	496	4
7218	480	22	497	4
7219	479	20	497	3
7220	479	21	494	3
7221	479	21	497	6
7222	478	21	503	3
7223	480	22	502	-3
7224	479	20	502	-2
7225	476	21	501	-2
7226	477	24	496	-1
7227	476	23	496	4
7228	476	24	497	4
7229	479	24	497	3
7230	479	21	496	3
7231	479	21	496	4
7232	477	21	497	4
7233	480	23	496	3
7234	477	20	497	4
7235	477	23	496	3
7236	479	23	497	4

7237	476	21	497	3	
7238	479	24	498	3	
7239	479	21	497	2	
7240	477	21	498	3	
7241	477	23	498	2	
7242	478	23	498	2	
7243	479	22	499	2	
7244	475	21	498	1	
7245	478	25	498	2	
7246	479	22	498	2	
7247	479	21	498	2	
7248	479	21	499	2	
7249	478	21	498	1	
7250	476	22	495	2	
7251	476	24	499	5	
7252	476	24	501	1	
7253	474	24	503	-1	
7254	473	26	503	-3	
7255	475	27	503	-3	
7256	475	25	502	-3	
7257	476	25	502	-2	
7258	476	24	501	-2	
7259	476	24	496	-1	
7260	475	24	495	4	
7261	473	25	496	5	
7262	475	27	495	4	
7263	475	25	496	5	
7264	475	25	495	4	
7265	473	25	495	5	
7266	475	27	496	5	
7267	472	25	496	4	
7268	469	28	496	4	
7269	470	31	496	4	
7270	472	30	493	4	
7271	473	28	497	7	
7272	474	27	502	3	
7273	475	26	502	-2	
7274	473	25	501	-2	
7275	474	27	496	-1	
7276	475	26	493	4	
7277	474	25	496	7	
7278	476	26	497	4	
7279	475	24	493	3	
7280	475	25	496	7	
7281	474	25	496	4	
7282	472	26	493	4	
7283	470	28	496	7	
7284	470	30	496	4	
7285	470	30	496	4	
7286	476	30	496	4	
7287	479	24	497	4	
7288	477	21	497	3	
7289	478	23	497	3	
7290	480	22	496	3	
7291	481	20	496	4	
7292	480	19	497	4	
7293	481	20	497	3	
7294	479	19	498	3	
7295	478	21	497	2	
7296	479	22	497	3	
7297	481	21	497	3	
7298	481	19	497	3	
7299	481	19	497	3	
	Tiempo	Temp.	Error	Temp.	Error
	(min)	Difuso	Difuso	PID	PID
		(°C)	(°C)	(°C)	(°C)

7300	478	19	497	3
7301	481	22	497	3
7302	481	19	497	3
7303	481	19	498	3
7304	481	19	499	2
7305	477	19	498	1
7306	479	23	498	2
7307	480	21	499	2
7308	481	20	499	1
7309	480	19	499	1
7310	482	20	499	1
7311	482	18	499	1
7312	481	18	499	1
7313	482	19	511	1
7314	482	17	515	-11
7315	481	17	515	-15
7316	481	18	514	-15
7317	491	18	514	-14
7318	494	8	511	-14
7319	495	5	510	-11
7320	494	4	516	-10
7321	494	5	515	-16
7322	495	5	513	-15
7323	495	4	514	-13
7324	494	4	512	-15
7325	494	5	511	-13
7326	493	4	511	-12
7327	493	5	510	-12
7328	494	5	508	-11
7329	494	4	507	-9
7330	493	4	508	-8
7331	493	5	506	-9
7332	493	5	505	-7
7333	494	5	504	-6
7334	494	4	504	-5
7335	493	4	502	-5
7336	491	5	502	-4
7337	493	7	503	-4
7338	493	4	502	-5
7339	493	4	502	-4
7340	493	4	502	-4
7341	492	4	501	-4
7342	492	5	500	-3
7343	492	5	500	-2
7344	492	5	499	-2
7345	493	5	499	-1
7346	491	4	498	-1
7347	492	6	493	0
7348	492	5	494	4
7349	492	5	494	3
7350	493	4	493	3
7351	492	3	494	4
7352	492	4	495	3
7353	492	4	495	2
7354	492	4	494	2
7355	492	4	496	3
7356	492	4	500	1
7357	491	4	501	-3
7358	491	5	502	-4
7359	492	5	500	-5
7360	492	4	500	-4
7361	491	4	501	-4
7362	491	4	500	-5
7363	491	4	499	-4
7364	491	4	498	-3

7365	488	4	499	-2
7366	487	7	499	-3
7367	487	8	498	-3
7368	487	8	497	-2
7369	487	8	496	-1
7370	487	8	492	0
7371	487	8	491	4
7372	487	8	491	4
7373	492	8	492	4
7374	492	2	493	3
7375	493	2	492	2
7376	492	1	492	3
7377	492	2	493	3
7378	492	2	494	2
7379	492	2	493	1
7380	492	2	493	2
7381	491	2	493	2
7382	491	3	494	2
7383	491	3	494	1
7384	490	3	493	0
7385	490	4	493	1
7386	490	3	494	1
7387	489	3	500	0
7388	489	4	498	-6
7389	489	4	498	-4
7390	489	4	499	-4
7391	489	4	499	-5
7392	489	4	498	-5
7393	488	4	497	-4
7394	488	5	497	-3
7395	488	5	495	-3
7396	488	5	490	-2
7397	488	5	490	3
7398	488	4	490	3
7399	489	4	490	3
7400	488	3	490	3
7401	489	4	491	3
7402	489	3	492	2
7403	488	3	491	1
7404	488	4	492	2
7405	487	4	492	1
7406	488	5	492	1
7407	487	4	491	1
7408	487	5	491	1
7409	487	5	492	1
7410	487	4	498	0
7411	486	4	497	-6
7412	487	5	496	-5
7413	487	4	495	-4
7414	486	4	494	-3
7415	487	5	495	-2
7416	488	4	492	-3
7417	487	3	487	0
7418	487	4	488	5
7419	487	4	489	4
7420	487	4	488	2
7421	486	4	488	3
7422	486	4	489	3
7423	486	4	489	2
7424	486	4	489	2
7425	486	4	489	2
7426	486	4	490	2
7427	486	4	490	1
7428	486	4	490	1
7429	486	4	490	1

7430	486	4	490	1
7431	485	4	490	1
7432	485	5	489	0
7433	485	5	490	1
7434	485	4	496	0
7435	485	4	496	-6
7436	485	4	495	-6
7437	485	4	495	-5
7438	485	4	494	-5
7439	485	4	492	-4
7440	485	4	487	-2
7441	485	4	488	3
7442	484	4	488	2
7443	485	5	486	2
7444	485	4	487	3
7445	485	4	488	2
7446	484	3	487	1
7447	484	4	487	2
7448	484	4	487	2
7449	484	4	487	2
7450	484	4	489	2
7451	484	4	494	0
7452	484	4	493	-5
7453	483	4	493	-4
7454	483	5	492	-4
7455	483	5	492	-3
7456	483	5	493	-4
7457	483	5	490	-5
7458	483	4	485	-2
7459	483	4	485	3
7460	483	4	485	3
7461	483	4	485	3
7462	483	4	485	3
7463	483	4	486	3
7464	483	4	486	2
7465	483	4	486	2
7466	482	4	487	2
7467	483	5	489	1
7468	483	4	492	-2
7469	483	4	491	-5
7470	482	3	492	-4
7471	482	4	491	-5
7472	482	4	491	-4
7473	481	4	490	-4
7474	482	5	489	-3
7475	481	4	490	-2
7476	481	5	490	-3
7477	481	5	488	-3
7478	481	5	483	-1
7479	482	5	483	4
7480	481	4	483	3
Tiempo (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
7481	481	5	484	3
7482	481	4	484	2
7483	481	4	483	2
7484	481	4	484	3
7485	481	4	485	2
7486	480	4	485	1
7487	480	5	484	1
7488	481	5	485	2
7489	480	4	486	1
7490	480	5	492	0
7491	480	5	490	-6
7492	480	5	490	-5

7493	480	5	489	-5
7494	480	4	488	-4
7495	480	4	487	-3
7496	480	4	487	-2
7497	480	4	485	-2
7498	480	4	480	0
7499	480	4	481	5
7500	480	4	481	4
7501	480	4	480	4
7502	480	4	482	5
7503	480	4	482	3
7504	479	4	482	2
7505	479	5	483	2
7506	479	4	483	1
7507	479	4	483	1
7508	479	4	484	1
7509	479	4	489	0
7510	479	4	489	-5
7511	479	4	489	-5
7512	479	4	488	-5
7513	478	4	486	-4
7514	478	5	480	-2
7515	478	5	482	4
7516	478	5	486	1
7517	478	5	485	-3
7518	478	4	484	-2
7519	478	4	479	-1
7520	478	4	478	4
7521	478	4	479	5
7522	478	4	479	4
7523	478	4	478	4
7524	478	4	479	5
7525	478	4	480	4
7526	478	4	480	3
7527	477	4	480	3
7528	477	5	482	2
7529	478	5	486	0
7530	477	3	486	-4
7531	477	4	485	-4
7532	477	4	485	-3
7533	477	4	485	-3
7534	477	4	484	-3
7535	477	4	483	-2
7536	477	4	485	-1
7537	477	4	484	-3
7538	477	4	482	-2
7539	476	4	478	0
7540	476	5	478	3
7541	477	5	478	3
7542	476	3	478	3
7543	476	4	478	3
7544	477	4	479	3
7545	476	3	479	2
7546	476	4	479	2
7547	475	4	479	2
7548	476	5	480	2
7549	476	4	480	1
7550	476	4	480	1
7551	476	4	480	1
7552	476	4	480	0
7553	475	4	479	0
7554	475	4	479	1
7555	474	4	481	1
7556	473	5	485	-1
7557	474	6	485	-5

7558	475	5	485	-5
7559	475	4	485	-5
7560	474	4	484	-5
7561	474	5	482	-4
7562	473	5	477	-2
7563	474	6	477	3
7564	474	5	477	2
7565	474	5	476	2
7566	474	4	477	3
7567	475	4	477	2
7568	475	3	477	2
7569	475	3	477	2
7570	474	3	478	2
7571	475	4	479	1
7572	475	3	484	0
7573	474	3	483	-5
7574	474	4	484	-4
7575	474	4	482	-5
7576	473	4	482	-4
7577	474	5	482	-4
7578	473	3	481	-4
7579	474	4	481	-3
7580	473	3	480	-3
7581	473	4	478	-2
7582	473	4	473	0
7583	474	4	474	5
7584	473	3	473	4
7585	473	4	473	5
7586	472	4	474	5
7587	472	5	474	4
7588	472	5	474	3
7589	471	5	475	3
7590	471	5	476	2
7591	472	5	475	1
7592	472	4	476	2
7593	471	4	476	1
7594	472	5	476	1
7595	472	4	476	1
7596	471	4	476	1
7597	472	5	478	1
7598	472	4	481	-1
7599	471	4	481	-4
7600	471	5	481	-5
7601	470	5	480	-5
7602	470	5	480	-4
7603	470	5	481	-4
7604	470	5	479	-5
7605	470	5	479	-3
7606	470	5	479	-3
7607	471	5	477	-3
7608	471	4	471	-1
7609	471	4	472	5
7610	471	4	472	4
7611	471	4	471	4
7612	471	4	472	4
7613	471	4	473	3
7614	471	3	472	2
7615	471	3	472	3
7616	471	3	473	3
7617	470	3	474	2
7618	470	4	474	1
7619	469	4	474	1
7620	470	5	474	1
7621	470	4	474	1
7622	470	4	474	1

7623	469	4	473	1
7624	469	5	474	1
7625	469	5	479	0
7626	469	4	479	-5
7627	469	4	479	-5
7628	469	4	478	-5
7629	469	4	477	-4
7630	470	4	477	-3
7631	468	3	478	-3
7632	469	5	476	-4
7633	469	4	470	-2
7634	467	4	470	4
7635	468	6	470	4
7636	468	5	470	3
7637	469	5	471	3
7638	468	3	472	2
7639	468	4	471	1
7640	468	4	471	2
7641	468	4	473	2
7642	466	4	476	0
7643	466	6	475	-3
7644	466	6	476	-2
7645	467	6	476	-3
7646	467	5	477	-3
7647	467	5	476	-4
7648	468	5	476	-4
7649	469	4	475	-4
7650	469	2	474	-3
7651	469	2	474	-2
7652	468	2	474	-2
7653	468	3	473	-2
7654	468	3	471	-1
7655	469	3	466	1
7656	468	2	467	6
7657	469	3	467	5
7658	468	2	466	5
7659	468	3	467	6
7660	467	3	466	4
7661	467	4	467	5
7662	468	3	468	4
7663	467	2	468	3
7664	467	3	467	3
7665	467	3	468	4
7666	467	3	468	3
7667	466	3	468	3
7668	466	4	470	3
7669	466	4	473	1
7670	466	4	474	-2
7671	466	4	474	-3
7672	465	4	472	-4
7673	465	5	469	-2
Tiempo (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
7674	465	4	469	1
7675	465	4	469	1
7676	466	4	469	1
7677	465	3	470	1
7678	466	4	473	0
7679	465	3	473	-3
7680	465	4	473	-3
7681	465	4	473	-3
7682	464	4	472	-3
7683	465	5	472	-2
7684	464	4	472	-3
7685	465	5	471	-3

7686	464	3	470	-2
7687	464	4	466	-1
7688	464	4	466	3
7689	465	4	465	3
7690	465	3	466	4
7691	465	3	466	3
7692	464	3	466	3
7693	464	4	467	3
7694	464	4	467	2
7695	464	4	466	2
7696	464	4	467	2
7697	463	4	468	1
7698	464	4	472	0
7699	463	3	472	-4
7700	463	4	472	-4
7701	463	4	471	-4
7702	464	4	471	-3
7703	464	3	472	-3
7704	463	3	470	-4
7705	463	4	464	-2
7706	463	4	464	4
7707	463	4	464	4
7708	463	4	465	3
7709	463	4	466	2
7710	463	3	465	1
7711	463	3	466	2
7712	462	3	467	1
7713	463	4	472	0
7714	463	3	471	-5
7715	462	3	471	-4
7716	462	4	470	-4
7717	462	4	470	-3
7718	462	4	468	-3
7719	462	4	462	-1
7720	461	4	463	4
7721	461	5	463	3
7722	462	4	462	3
7723	462	3	464	4
7724	461	3	465	2
7725	462	4	464	1
7726	460	3	463	2
7727	461	5	464	3
7728	462	4	464	2
7729	460	3	464	2
7730	461	5	465	2
7731	461	4	466	1
7732	460	4	470	-1
7733	460	5	470	-5
7734	460	4	470	-5
7735	461	4	468	-5
7736	460	3	468	-3
7737	460	4	468	-3
7738	460	4	467	-3
7739	461	4	466	-2
7740	460	3	467	-1
7741	460	4	467	-2
7742	460	4	466	-2
7743	460	4	466	-1
7744	460	4	465	-2
7745	459	4	459	-1
7746	459	4	458	5
7747	460	4	458	6
7748	459	3	459	6
7749	459	4	460	5
7750	458	4	458	4

7751	458	5	459	6
7752	458	5	460	5
7753	458	5	460	4
7754	459	5	461	4
7755	459	4	461	3
7756	458	4	461	2
7757	458	5	461	2
7758	458	4	461	2
7759	457	4	463	2
7760	457	5	468	0
7761	458	5	468	-5
7762	454	4	468	-5
7763	454	8	468	-5
7764	455	8	467	-5
7765	454	7	466	-4
7766	455	8	465	-3
7767	454	7	466	-2
7768	453	8	465	-4
7769	454	9	464	-3
7770	452	7	464	-2
7771	454	9	464	-2
7772	452	7	463	-2
7773	452	9	463	-1
7774	454	9	463	-1
7775	454	7	461	-1
7776	453	7	455	1
7777	453	8	456	7
7778	456	8	456	6
7779	456	5	457	6
7780	457	5	457	4
7781	457	4	456	4
7782	458	3	458	5
7783	458	2	458	3
7784	458	2	458	3
7785	458	2	459	3
7786	457	2	459	2
7787	456	3	459	2
7788	455	4	459	2
7789	455	5	460	2
7790	454	5	459	1
7791	454	6	460	2
7792	454	6	466	0
7793	455	6	466	-6
7794	456	4	465	-6
7795	456	3	464	-5
7796	456	3	465	-4
7797	456	3	465	-5
7798	456	3	464	-5
7799	456	3	463	-4
7800	455	3	462	-3
7801	455	4	462	-2
7802	456	4	462	-2
7803	455	3	460	-2
7804	455	4	455	-1
7805	455	4	455	4
7806	455	3	455	4
7807	455	3	455	4
7808	455	3	456	4
7809	454	3	456	3
7810	454	4	456	3
7811	452	4	457	3
7812	452	6	457	2
7813	452	6	457	2
7814	452	6	458	2
7815	452	6	459	1

7816	453	6	464	-1
7817	454	5	466	-6
7818	454	3	464	-8
7819	454	3	463	-6
7820	452	3	463	-5
7821	453	5	462	-5
7822	454	4	461	-4
7823	454	3	461	-3
7824	453	3	462	-3
7825	454	4	460	-4
7826	453	3	453	-2
7827	453	4	453	5
7828	453	4	454	4
7829	453	4	454	3
7830	452	3	453	3
7831	452	4	454	4
7832	452	4	456	3
7833	452	4	461	1
7834	452	4	461	-4
7835	452	4	461	-4
7836	452	4	460	-4
7837	452	4	459	-3
7838	452	4	459	-2
7839	452	4	460	-2
7840	452	4	459	-4
7841	452	4	458	-3
7842	451	3	457	-2
7843	452	4	453	-1
7844	452	3	452	3
7845	451	3	453	4
7846	451	4	453	3
7847	452	4	453	3
7848	452	3	454	3
7849	451	3	454	2
7850	451	4	454	2
7851	451	4	454	2
7852	451	4	455	1
7853	450	4	460	0
7854	450	4	460	-5
7855	450	4	461	-5
7856	451	4	461	-6
7857	451	3	461	-6
7858	450	3	459	-6
7859	450	4	459	-4
7860	451	4	458	-4
7861	450	3	458	-3
7862	451	4	457	-3
7863	450	3	456	-2
7864	451	4	456	-2
7865	450	3	456	-2
7866	450	3	454	-2
7867	450	3	449	0
7868	449	3	449	5
7869	449	4	449	5
7870	449	4	449	5
7871	449	4	450	5
7872	449	4	450	4
7873	449	4	450	4
7874	449	4	451	4
7875	448	4	451	3
7876	447	5	451	2
7877	449	6	452	2
7878	448	3	453	1
7879	448	4	457	0
7880	447	4	458	-4
7881	448	5	458	-5
7882	447	4	457	-5
7883	447	5	456	-4
7884	448	5	456	-3
7885	449	4	457	-3
7886	449	3	455	-4
7887	449	3	449	-2
7888	448	3	449	3
7889	449	4	449	3
7890	447	2	449	3
7891	448	4	450	3
7892	448	3	450	2
7893	448	3	450	2
7894	449	3	451	2
7895	448	2	452	1
7896	446	3	458	0
7897	446	5	456	-6
7898	445	5	457	-4
7899	448	6	457	-5
7900	448	3	456	-6
7901	448	3	455	-5
7902	449	2	454	-4
7903	449	1	454	-3
7904	449	1	454	-3
7905	449	1	453	-3
7906	448	1	453	-2
7907	448	2	453	-2
7908	447	2	451	-2
7909	447	3	445	0
7910	446	3	446	6
7911	445	4	446	5
7912	445	5	446	4
7913	445	5	446	4
7914	444	4	447	4
7915	444	5	448	3
7916	442	5	448	2
7917	441	7	449	2
7918	439	8	451	1
7919	442	10	455	-1
7920	440	7	456	-5
7921	436	9	456	-6
7922	436	13	455	-6
7923	437	13	454	-5
7924	441	12	453	-5
7925	444	8	452	-4
7926	440	4	453	-3
7927	445	8	452	-4
7928	447	3	451	-3
7929	447	1	452	-2
7930	448	1	452	-3
7931	448	0	451	-3
7932	445	0	450	-2
7933	445	3	450	-1
7934	447	3	450	-1
7935	441	1	450	-1
7936	435	7	449	-2
7937	443	13	443	-1
7938	444	4	443	5
7939	444	3	443	5
7940	445	3	443	5
7941	445	2	444	5
7942	444	2	445	4
7943	444	3	444	3

7944	445	3	445	4
7945	438	2	445	3
7946	438	9	445	3
7947	443	9	447	3
7948	444	4	452	0
7949	446	3	452	-5
7950	446	0	452	-5
7951	447	0	452	-5
7952	447	-1	450	-5
7953	446	-1	450	-3
7954	446	0	451	-3
7955	446	0	450	-4
7956	446	0	449	-3
7957	445	0	450	-2
7958	445	1	449	-3
7959	445	1	449	-2
7960	445	1	449	-3
7961	445	1	448	-3
7962	445	0	447	-2
7963	444	0	441	-1
7964	444	1	442	5
7965	443	1	441	4
7966	443	2	440	5
7967	443	2	442	6
7968	443	2	443	4
7969	443	2	443	3
7970	443	2	443	3
7971	443	2	444	3
7972	443	2	445	1
7973	442	2	449	0
7974	443	2	450	-4
7975	443	1	450	-5
7976	442	1	449	-5
7977	442	2	448	-4
7978	442	2	448	-3
7979	442	2	448	-3
7980	442	2	447	-3
7981	442	2	447	-2
7982	442	2	446	-2
7983	442	2	445	-1
7984	442	2	439	-1
7985	441	2	440	5
7986	441	2	439	4
7987	441	2	440	5
7988	441	2	440	4
7989	441	2	441	4
7990	441	2	442	3
7991	440	2	441	2
7992	441	3	441	3
7993	441	2	442	3
7994	440	2	443	2
7995	440	3	443	1
7996	440	3	442	0
7997	441	3	442	1
7998	441	1	442	1
7999	440	1	444	1
8000	440	2	449	-1
8001	439	2	449	-6
8002	440	3	449	-6
8003	439	2	448	-6
8004	440	3	446	-5
8005	439	2	447	-3
8006	440	3	447	-4
8007	439	2	446	-4
8008	439	3	444	-4

8009	438	3	440	-2
8010	438	3	440	2
8011	437	3	440	2
8012	437	4	440	2
8013	436	4	441	2
8014	438	5	442	1
8015	438	3	446	0
8016	439	3	447	-4
8017	439	2	447	-5
8018	438	2	446	-5
8019	439	3	445	-4
8020	438	2	445	-4
8021	438	3	445	-4
8022	436	2	444	-4
8023	437	4	445	-3
8024	436	3	443	-4
8025	438	4	437	-2
8026	439	2	436	4
8027	439	1	437	5
8028	438	1	437	4
8029	438	2	437	4
8030	438	2	439	4
8031	438	2	445	2
8032	439	2	444	-5
8033	439	1	445	-4
8034	439	0	445	-5
8035	435	0	444	-5
8036	435	4	444	-4
8037	435	4	445	-4
8038	435	4	443	-5
8039	435	4	443	-3
8040	435	4	442	-3
8041	434	4	441	-2
8042	434	5	441	-1
8043	434	5	441	-1
8044	435	5	440	-2
8045	434	4	435	-1
8046	435	4	435	4
8047	435	3	435	4
8048	435	3	435	4
8049	435	3	435	4
8050	435	3	436	4
8051	435	3	437	3
8052	434	3	438	2
8053	435	4	437	1
8054	435	3	437	2
8055	434	3	438	2
8056	433	4	444	0
8057	432	5	443	-6
8058	431	5	443	-5
8059	430	6	443	-5
Tempo (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
8060	435	7	443	-5
8061	435	2	441	-5
8062	435	2	442	-3
8063	438	2	440	-4
8064	438	-1	434	-2
8065	439	-1	434	4
8066	438	-2	434	4
8067	438	-1	434	4
8068	438	-1	436	3
8069	438	-1	441	1
8070	437	-2	441	-4
8071	437	-1	440	-4

8072	437	-1	441	-3
8073	437	-1	441	-4
8074	437	-1	440	-4
8075	437	-1	440	-3
8076	436	-1	439	-3
8077	437	0	439	-2
8078	436	-1	439	-2
8079	435	0	439	-2
8080	434	1	437	-3
8081	434	2	433	-1
8082	434	1	432	3
8083	434	1	432	4
8084	434	1	432	4
8085	433	1	434	4
8086	433	2	440	2
8087	433	2	440	-4
8088	433	2	439	-4
8089	433	2	439	-3
8090	433	2	440	-3
8091	433	2	438	-4
8092	433	2	435	-3
8093	433	2	433	0
8094	432	1	432	2
8095	432	2	432	3
8096	432	2	433	3
8097	432	2	434	2
8098	432	2	433	1
8099	432	2	434	2
8100	431	2	435	1
8101	432	3	440	0
8102	431	2	439	-5
8103	429	3	439	-4
8104	430	5	438	-5
8105	427	4	439	-4
8106	427	6	438	-5
8107	426	6	437	-4
8108	428	7	438	-3
8109	427	5	437	-4
8110	428	6	436	-3
8111	429	5	436	-2
8112	430	4	438	-2
8113	430	3	436	-4
8114	430	3	430	-2
8115	430	3	431	4
8116	430	3	429	2
8117	430	3	430	4
8118	429	2	431	3
8119	428	3	431	2
8120	427	4	431	2
8121	428	5	431	2
8122	425	4	432	2
8123	428	7	433	1
8124	426	4	438	0
8125	425	6	438	-5
8126	425	7	438	-5
8127	425	7	438	-5
8128	425	7	438	-6
8129	424	7	437	-6
8130	428	7	435	-5
8131	429	3	435	-3
8132	430	2	435	-3
8133	431	1	434	-3
8134	431	0	434	-2
8135	431	0	434	-2
8136	431	0	433	-2

8137	431	0	432	-1
8138	431	0	428	0
8139	432	0	427	4
8140	431	-1	427	4
8141	431	0	428	4
8142	431	-1	429	3
8143	431	-1	428	2
8144	431	-1	429	3
8145	431	-1	429	2
8146	431	-1	429	2
8147	430	-1	431	2
8148	430	0	437	0
8149	430	0	436	-6
8150	429	0	437	-5
8151	429	1	436	-6
8152	428	1	435	-6
8153	428	2	434	-5
8154	428	1	435	-4
8155	429	1	434	-5
8156	429	0	434	-4
8157	429	0	434	-4
8158	428	0	433	-4
8159	427	1	432	-3
8160	428	2	433	-2
8161	428	1	432	-3
8162	427	1	431	-2
8163	427	2	432	-1
8164	427	2	432	-3
8165	426	2	431	-3
8166	410	2	431	-2
8167	409	18	430	-2
8168	424	19	425	-1
8169	426	4	425	4
8170	427	2	425	4
8171	427	1	426	4
8172	428	1	426	3
8173	428	0	425	3
8174	429	0	426	4
8175	429	-1	427	3
8176	428	-1	426	1
8177	428	0	427	2
8178	428	-1	428	1
8179	427	-1	434	0
8180	427	0	434	-6
8181	428	0	433	-6
8182	427	-1	433	-5
8183	428	0	432	-5
8184	427	-1	432	-4
8185	427	0	432	-4
8186	426	0	432	-4
8187	425	1	430	-4
8188	425	2	428	-3
8189	425	2	425	-1
8190	425	1	425	2
8191	424	1	426	2
8192	425	2	425	1
8193	425	1	425	2
8194	424	1	426	2
8195	424	2	427	1
8196	424	2	432	0
8197	424	2	432	-5
8198	424	2	432	-5
8199	424	2	432	-5
8200	423	2	430	-6
8201	423	3	431	-4

8202	423	2	430	-5
8203	423	2	429	-4
8204	423	2	429	-3
8205	423	2	429	-3
8206	423	2	429	-3
8207	424	2	428	-3
8208	423	1	428	-2
8209	423	2	428	-2
8210	423	2	426	-2
8211	423	2	421	0
8212	422	2	421	4
8213	423	3	421	4
8214	423	1	422	4
8215	423	1	423	3
8216	423	1	423	2
8217	422	1	423	2
8218	422	2	424	2
8219	422	2	425	1
8220	422	2	430	0
8221	422	2	430	-5
8222	421	2	430	-5
8223	421	3	430	-5
8224	422	3	429	-6
8225	421	2	428	-5
8226	421	2	427	-4
8227	421	2	428	-3
8228	422	2	428	-4
8229	422	1	427	-4
8230	421	1	425	-3
8231	421	2	421	-1
8232	421	2	421	3
8233	421	2	422	3
8234	421	2	422	2
8235	421	2	422	2
8236	421	2	423	1
8237	421	2	429	0
8238	420	1	428	-6
8239	420	2	428	-5
8240	420	2	428	-5
8241	420	2	427	-5
8242	420	2	426	-4
8243	420	2	427	-3
8244	420	2	427	-4
8245	420	2	426	-4
8246	420	2	426	-3
8247	420	2	425	-3
8248	420	2	424	-3
8249	420	2	424	-2
8250	420	1	425	-2
8251	420	1	424	-3
8252	420	1	424	-2
Tiempo (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
8253	420	1	424	-2
8254	420	1	423	-2
8255	420	1	423	-1
8256	419	1	423	-1
8257	419	2	422	-1
8258	419	2	416	0
8259	419	2	417	6
8260	418	2	417	4
8261	418	3	416	4
8262	418	2	417	5
8263	419	2	418	4
8264	418	1	418	3

8265	418	2	418	3
8266	417	2	419	3
8267	417	3	420	2
8268	417	3	420	1
8269	417	3	421	1
8270	417	3	425	0
8271	417	3	424	-4
8272	418	3	425	-4
8273	417	2	425	-5
8274	418	2	424	-5
8275	417	1	423	-4
8276	417	2	424	-3
8277	417	2	424	-4
8278	417	2	423	-4
8279	417	2	422	-3
8280	417	2	422	-2
8281	417	2	422	-2
8282	416	2	420	-2
8283	416	3	415	0
8284	416	3	416	4
8285	416	3	416	3
8286	416	2	415	3
8287	416	2	417	4
8288	416	2	419	2
8289	416	2	423	0
8290	416	2	423	-4
8291	415	2	422	-4
8292	415	3	422	-3
8293	415	3	422	-3
8294	415	3	421	-3
8295	415	3	421	-2
8296	415	3	421	-3
8297	415	3	420	-3
8298	416	2	419	-2
8299	415	1	414	-1
8300	415	2	414	4
8301	414	2	414	4
8302	413	3	415	4
8303	413	4	415	3
8304	412	4	415	3
8305	413	5	416	3
8306	414	4	418	2
8307	414	3	422	0
8308	413	3	422	-5
8309	412	4	422	-5
8310	411	4	422	-5
8311	410	5	421	-5
8312	410	6	422	-4
8313	410	6	421	-5
8314	412	6	421	-4
8315	411	4	420	-4
8316	411	5	420	-3
8317	411	5	419	-3
8318	412	5	419	-2
8319	411	4	419	-2
8320	412	5	417	-3
8321	414	4	412	-1
8322	413	1	413	4
8323	413	2	413	3
8324	409	2	413	3
8325	410	6	414	3
8326	410	5	415	2
8327	412	5	414	1
8328	412	3	414	2
8329	410	3	415	2

8330	411	5	416	1
8331	411	4	421	0
8332	409	4	421	-6
8333	410	6	419	-6
8334	411	4	419	-4
8335	410	3	420	-4
8336	410	4	420	-5
8337	411	4	418	-5
8338	407	3	418	-3
8339	411	7	418	-3
8340	408	3	417	-3
8341	408	6	417	-2
8342	408	6	417	-2
8343	409	6	416	-2
8344	410	5	415	-2
8345	411	4	410	-1
8346	411	2	411	4
8347	410	2	412	3
8348	406	3	410	2
8349	409	7	411	4
8350	409	4	412	3
8351	407	4	412	2
8352	407	6	412	2
8353	409	6	412	2
8354	409	4	413	2
8355	410	4	415	1
8356	409	3	418	-2
8357	410	4	418	-5
8358	409	2	418	-5
8359	412	3	417	-5
8360	410	0	417	-4
8361	408	2	417	-4
8362	406	4	417	-4
8363	413	6	415	-4
8364	415	-1	410	-2
8365	415	-3	411	3
8366	416	-3	410	2
8367	416	-4	410	3
8368	416	-4	411	2
8369	415	-4	411	1
8370	415	-4	411	1
8371	415	-4	412	1
8372	414	-4	417	0
8373	415	-3	418	-5
8374	414	-4	418	-6
8375	412	-3	418	-6
8376	409	-1	417	-6
8377	411	2	417	-5
8378	412	0	416	-5
8379	412	-1	417	-4
8380	413	-1	416	-6
8381	413	-2	415	-5
8382	411	-3	415	-4
8383	411	-1	416	-4
8384	411	-1	415	-5
8385	411	-1	414	-4
8386	411	-1	414	-3
8387	411	-1	414	-3
8388	410	-1	413	-3
8389	411	0	413	-2
8390	410	-1	413	-2
8391	410	0	411	-2
8392	410	0	407	-1
8393	410	0	408	3
8394	409	-1	407	2

8395	409	0	407	3
8396	409	0	409	3
8397	409	0	414	1
8398	408	0	414	-4
8399	407	1	414	-4
8400	408	2	414	-4
8401	408	1	413	-4
8402	408	1	413	-3
8403	408	1	413	-3
8404	407	1	412	-4
8405	407	2	411	-3
8406	407	1	412	-2
8407	408	1	412	-3
8408	409	0	412	-3
8409	409	-1	411	-3
8410	408	-1	410	-2
8411	408	0	410	-1
8412	408	0	410	-1
8413	407	0	410	-1
8414	407	1	409	-1
8415	407	1	404	0
8416	407	1	405	4
8417	406	1	405	3
8418	406	1	405	3
8419	406	1	406	3
8420	406	1	406	2
8421	406	1	406	2
8422	406	1	407	2
8423	406	1	407	1
8424	406	1	407	1
8425	406	1	407	1
8426	406	1	408	1
8427	406	1	413	0
8428	405	1	413	-6
8429	406	2	413	-6
8430	406	0	413	-6
8431	407	0	412	-6
8432	406	-1	412	-5
8433	405	0	412	-5
8434	405	1	410	-5
8435	404	1	410	-3
8436	405	2	410	-3
8437	404	1	409	-3
8438	404	2	409	-2
8439	405	2	409	-2
8440	404	1	408	-3
8441	404	2	407	-2
8442	404	1	403	-1
8443	404	1	403	3
8444	404	1	403	3
8445	404	1	404	3
Tiempo (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
8446	404	1	404	2
8447	404	1	404	2
8448	404	1	405	2
8449	404	1	406	1
8450	404	1	410	0
8451	403	1	411	-4
8452	403	2	411	-6
8453	404	2	410	-6
8454	404	0	409	-5
8455	404	0	409	-4
8456	404	0	410	-4
8457	404	0	409	-5

8458	404	0	408	-4
8459	403	0	408	-3
8460	403	1	409	-3
8461	403	1	408	-4
8462	403	1	407	-3
8463	402	1	407	-2
8464	402	2	407	-3
8465	402	2	406	-3
8466	402	1	406	-2
8467	402	1	406	-2
8468	402	1	406	-2
8469	402	1	405	-2
8470	402	1	405	-1
8471	401	1	405	-1
8472	402	2	404	-1
8473	402	1	399	0
8474	401	1	400	5
8475	401	2	400	4
8476	401	2	400	3
8477	401	2	400	3
8478	401	1	401	3
8479	401	1	402	2
8480	401	1	402	1
8481	401	1	402	1
8482	401	1	403	1
8483	401	1	410	0
8484	400	1	409	-7
8485	400	2	409	-6
8486	400	2	409	-6
8487	400	2	408	-6
8488	401	2	408	-6
8489	400	1	407	-6
8490	400	1	406	-5
8491	402	1	407	-4
8492	402	-1	407	-5
8493	401	-1	406	-5
8494	401	0	405	-4
8495	401	0	405	-3
8496	400	0	405	-3
8497	399	1	404	-3
8498	399	2	404	-2
8499	399	2	405	-2
8500	399	2	404	-4
8501	400	2	402	-3
8502	401	0	398	-1
8503	402	-1	398	3
8504	403	-2	398	3
8505	401	-3	400	3
8506	402	-1	406	1
8507	401	-2	406	-5
8508	401	-1	404	-5
8509	400	-1	404	-3
8510	399	0	405	-3
8511	400	1	404	-4
8512	401	0	403	-4
8513	400	-1	404	-3
8514	401	0	404	-4
8515	400	-1	404	-4
8516	400	0	403	-4
8517	400	0	402	-3
8518	401	0	402	-2
8519	401	-1	402	-2
8520	400	-1	401	-2
8521	400	0	396	-1
8522	400	0	396	4

8523	400	0	397	4
8524	400	0	397	3
8525	400	0	397	3
8526	400	0	398	3
8527	399	0	398	2
8528	397	1	399	2
8529	397	3	399	1
8530	397	3	399	1
8531	398	3	369	1
8532	398	2	385	31
8533	398	2	389	15
8534	398	2	384	11
8535	398	2	387	16
8536	397	2	386	13
8537	397	3	387	14
8538	398	3	386	13
8539	398	2	388	14
8540	398	2	388	12
8541	398	2	389	12
8542	398	2	390	11
8543	398	2	390	10
8544	398	2	390	10
8545	398	2	391	10
8546	398	2	390	9
8547	398	2	390	10
8548	398	2	392	10
8549	398	2	391	8
8550	398	2	392	9
8551	398	2	392	8
8552	398	2	392	8
8553	398	2	393	8
8554	398	2	394	7
8555	398	2	392	6
8556	398	2	393	8
8557	398	2	394	7
8558	398	2	393	6
8559	398	2	394	7
8560	397	2	395	6
8561	397	3	395	5
8562	397	3	395	5
8563	397	3	396	5
8564	397	3	396	4
8565	397	3	396	4
8566	398	3	396	4
8567	397	2	397	4
8568	397	3	396	3
8569	397	3	397	4
8570	397	3	397	3
8571	397	3	397	3
8572	397	3	397	3
8573	397	3	397	3
8574	397	3	398	3
8575	397	3	398	2
8576	397	3	398	2
8577	397	3	399	2
8578	397	3	399	1
8579	397	3	400	1
8580	397	3	400	0
8581	398	3	397	0
8582	397	2	398	3
8583	397	3	397	2
8584	397	3	399	3
8585	397	3	405	1
8586	397	3	404	-5
8587	397	3	404	-4

8588	397	3	405	-4
8589	397	3	404	-5
8590	397	3	404	-4
8591	397	3	404	-4
8592	397	3	403	-4
8593	397	3	404	-3
8594	397	3	403	-4
8595	397	3	403	-3
8596	397	3	402	-3
8597	397	3	402	-2
8598	397	3	402	-2
8599	397	3	402	-2
8600	398	3	402	-2
8601	397	2	402	-2
8602	397	3	401	-2
8603	397	3	394	-1
8604	397	3	393	6
8605	396	3	396	7
8606	397	4	396	4
8607	396	3	394	4
8608	397	4	397	6
8609	397	3	400	3
8610	397	3	402	0
8611	396	3	402	-2
8612	397	4	402	-2
8613	397	3	402	-2
8614	397	3	402	-2
8615	397	3	402	-2
8616	392	3	402	-2
8617	393	8	401	-2
8618	396	7	393	-1
8619	396	4	396	7
8620	397	4	396	4
8621	397	3	394	4
8622	397	3	396	6
8623	397	3	396	4
8624	396	3	397	4
8625	396	4	396	3
8626	397	4	397	4
8627	397	3	396	3
8628	396	3	398	4
8629	397	4	398	2
8630	397	3	398	2
8631	397	3	398	2
8632	397	3	398	2
8633	397	3	398	2
8634	397	3	398	2
8635	397	3	399	2
8636	396	3	399	1
8637	397	4	397	1
8638	396	3	401	3
Tiempo (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
8639	397	4	403	-1
8640	395	3	406	-3
8641	396	5	406	-6
8642	397	4	406	-6
8643	396	3	405	-6
8644	396	4	406	-5
8645	390	4	405	-6
8646	396	10	404	-5
8647	396	4	404	-4
8648	397	4	404	-4
8649	398	3	404	-4
8650	398	2	403	-4

8651	398	2	403	-3
8652	397	2	403	-3
8653	397	3	403	-3
8654	398	3	403	-3
8655	398	2	402	-3
8656	398	2	402	-2
8657	398	2	401	-2
8658	398	2	396	-1
8659	398	2	394	4
8660	398	2	396	6
8661	398	2	396	4
8662	397	2	395	4
8663	397	3	396	5
8664	397	3	396	4
8665	397	3	395	4
8666	397	3	396	5
8667	397	3	395	4
8668	397	3	396	5
8669	397	3	396	4
8670	397	3	397	4
8671	397	3	397	3
8672	397	3	397	3
8673	396	3	396	3
8674	397	4	396	4
8675	396	3	396	4
8676	397	4	396	4
8677	397	3	397	4
8678	397	3	397	3
8679	397	3	397	3
8680	397	3	398	3
8681	397	3	398	2
8682	397	3	399	2
8683	397	3	397	1
8684	397	3	395	3
8685	397	3	397	5
8686	397	3	397	3
8687	397	3	397	3
8688	397	3	397	3
8689	397	3	397	3
8690	397	3	397	3
8691	397	3	397	3
8692	396	3	398	3
8693	397	4	398	2
8694	397	3	399	2
8695	397	3	399	1
8696	397	3	397	1
8697	397	3	399	3
8698	398	3	399	1
8699	397	2	397	1
8700	397	3	399	3
8701	397	3	403	1
8702	397	3	402	-3
8703	397	3	403	-2
8704	397	3	402	-3
8705	397	3	402	-2
8706	397	3	400	-2
8707	396	3	398	0
8708	396	4	399	2
8709	396	4	399	1
8710	395	4	396	1
8711	396	5	399	4
8712	397	4	399	1
8713	397	3	397	1
8714	397	3	399	3
8715	397	3	400	1

8716	396	3	398	0
8717	396	4	400	2
8718	396	4	400	0
8719	397	4	397	0
8720	396	3	397	3
8721	396	4	400	3
8722	396	4	400	0
8723	396	4	397	0
8724	396	4	396	3
8725	396	4	399	4
8726	396	4	399	1
8727	396	4	399	1
8728	396	4	399	1
8729	396	4	400	1
8730	396	4	400	0
8731	396	4	399	0
8732	396	4	400	1
8733	396	4	400	0
8734	396	4	398	0
8735	396	4	397	2
8736	396	4	398	3
8737	396	4	400	2
8738	396	4	401	0
8739	397	4	404	-1
8740	396	3	404	-4
8741	396	4	404	-4
8742	396	4	404	-4
8743	396	4	403	-4
8744	396	4	403	-3
8745	396	4	403	-3
8746	396	4	402	-3
8747	396	4	402	-2
8748	396	4	399	-2
8749	396	4	394	1
8750	396	4	397	6
8751	396	4	398	3
8752	396	4	393	2
8753	396	4	397	7
8754	396	4	401	3
8755	396	4	399	-1
8756	396	4	393	1
8757	396	4	396	7
8758	396	4	396	4
8759	397	4	396	4
8760	396	3	397	4
8761	397	4	397	3
8762	396	3	397	3
8763	396	4	399	3
8764	396	4	400	1
8765	396	4	397	0
8766	396	4	396	3
8767	396	4	399	4
8768	397	4	401	1
8769	396	3	403	-1
8770	396	4	403	-3
8771	396	4	402	-3
8772	396	4	402	-2
8773	396	4	402	-2
8774	396	4	402	-2
8775	396	4	401	-2
8776	396	4	396	-1
8777	396	4	395	4
8778	396	4	398	5
8779	396	4	399	2
8780	396	4	395	1

8781	396	4	399	5
8782	396	4	400	1
8783	396	4	403	0
8784	396	4	403	-3
8785	396	4	402	-3
8786	396	4	402	-2
8787	396	4	402	-2
8788	396	4	402	-2
8789	397	4	402	-2
8790	397	3	400	-2
8791	396	3	395	0
8792	396	4	398	5
8793	396	4	399	2
8794	396	4	396	1
8795	396	4	396	4
8796	395	4	399	4
8797	395	5	399	1
8798	396	5	396	1
8799	396	4	397	4
8800	396	4	399	3
8801	396	4	399	1
8802	396	4	397	1
8803	397	4	400	3
8804	396	3	400	0
8805	397	4	398	0
8806	397	3	399	2
8807	397	3	401	1
8808	397	3	404	-1
8809	397	3	404	-4
8810	396	3	404	-4
8811	396	4	404	-4
8812	396	4	404	-4
8813	396	4	404	-4
8814	396	4	404	-4
8815	396	4	403	-4
8816	397	4	403	-3
8817	396	3	403	-3
8818	396	4	402	-3
8819	396	4	402	-2
8820	396	4	402	-2
8821	396	4	402	-2
8822	396	4	402	-2
8823	396	4	402	-2
8824	396	4	401	-2
8825	396	4	398	-1
8826	396	4	395	2
8827	396	4	398	5
8828	397	4	401	2
8829	396	3	402	-1
8830	396	4	401	-2
8831	396	4	396	-1
Temp. Difuso (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
8832	396	4	397	4
8833	396	4	398	3
8834	396	4	399	2
8835	396	4	399	1
8836	396	4	396	1
8837	396	4	399	4
8838	396	4	402	1
8839	396	4	403	-2
8840	396	4	403	-3
8841	396	4	401	-3
8842	397	4	398	-1
8843	396	3	400	2

8844	396	4	399	0
8845	396	4	399	1
8846	396	4	400	1
8847	396	4	400	0
8848	396	4	398	0
8849	396	4	398	2
8850	396	4	401	2
8851	396	4	400	-1
8852	396	4	398	0
8853	396	4	401	2
8854	397	4	402	-1
8855	396	3	404	-2
8856	396	4	404	-4
8857	396	4	404	-4
8858	397	4	404	-4
8859	396	3	404	-4
8860	397	4	403	-4
8861	396	3	403	-3
8862	397	4	403	-3
8863	396	3	403	-3
8864	396	4	402	-3
8865	396	4	401	-2
8866	396	4	399	-1
8867	396	4	397	1
8868	396	4	398	3
8869	396	4	399	2
8870	396	4	399	1
8871	396	4	397	1
8872	397	4	400	3
8873	396	3	401	0
8874	397	4	403	-1
8875	396	3	403	-3
8876	396	4	403	-3
8877	397	4	402	-3
8878	396	3	403	-2
8879	396	4	402	-3
8880	396	4	402	-2
8881	396	4	402	-2
8882	396	4	402	-2
8883	396	4	402	-2
8884	396	4	401	-2
8885	396	4	393	-1
8886	395	4	393	7
8887	396	5	394	7
8888	396	4	395	6
8889	396	4	394	5
8890	396	4	395	6
8891	397	4	395	5
8892	396	3	396	5
8893	397	4	396	4
8894	396	3	397	4
8895	397	4	398	3
8896	397	3	397	2
8897	396	3	399	3
8898	396	4	401	1
8899	396	4	401	-1
8900	396	4	402	-1
8901	396	4	402	-2
8902	395	4	401	-2
8903	396	5	398	-1
8904	396	4	396	2
8905	396	4	396	4
8906	397	4	401	4
8907	397	3	404	-1
8908	396	3	403	-4

8909	396	4	403	-3
8910	396	4	400	-3
8911	396	4	394	0
8912	396	4	397	6
8913	397	4	397	3
8914	396	3	395	3
8915	397	4	397	5
8916	396	3	397	3
8917	396	4	395	3
8918	396	4	397	5
8919	396	4	400	3
8920	396	4	402	0
8921	396	4	403	-2
8922	396	4	402	-3
8923	396	4	403	-2
8924	396	4	403	-3
8925	396	4	403	-3
8926	396	4	403	-3
8927	396	4	403	-3
8928	396	4	403	-3
8929	396	4	402	-3
8930	397	4	402	-2
8931	397	3	402	-2
8932	397	3	401	-2
8933	396	3	396	-1
8934	396	4	398	4
8935	396	4	397	2
8936	396	4	397	3
8937	396	4	397	3
8938	396	4	398	3
8939	396	4	398	2
8940	396	4	399	2
8941	396	4	399	1
8942	396	4	396	1
8943	396	4	398	4
8944	396	4	398	2
8945	396	4	396	2
8946	397	4	398	4
8947	396	3	399	2
8948	396	4	396	1
8949	396	4	400	4
8950	396	4	401	0
8951	396	4	403	-1
8952	396	4	403	-3
8953	396	4	402	-3
8954	396	4	402	-2
8955	396	4	402	-2
8956	396	4	402	-2
8957	396	4	402	-2
8958	396	4	401	-2
8959	395	4	395	-1
8960	395	5	394	5
8961	396	5	397	6
8962	396	4	399	3
8963	396	4	400	1
8964	396	4	396	0
8965	396	4	397	4
8966	396	4	397	3
8967	396	4	397	3
8968	396	4	397	3
8969	396	4	397	3
8970	396	4	397	3
8971	396	4	398	3
8972	396	4	398	2
8973	396	4	398	2

8974	396	4	399	2
8975	396	4	399	1
8976	396	4	397	1
8977	395	4	398	3
8978	394	5	400	2
8979	395	6	400	0
8980	395	5	400	0
8981	395	5	398	0
8982	396	5	399	2
8983	396	4	401	1
8984	396	4	404	-1
8985	396	4	403	-4
8986	396	4	404	-3
8987	396	4	404	-4
8988	394	4	404	-4
8989	395	6	402	-4
8990	395	5	398	-2
8991	395	5	398	2
8992	395	5	401	2
8993	395	5	404	-1
8994	395	5	404	-4
8995	395	5	403	-4
8996	395	5	404	-3
8997	396	5	404	-4
8998	396	4	403	-4
8999	397	4	402	-3
9000	397	3	401	-2
9001	397	3	397	-1
9002	396	3	399	3
9003	397	4	399	1
9004	396	3	398	1
9005	396	4	401	2
9006	396	4	402	-1
9007	396	4	404	-2
9008	396	4	403	-4
9009	395	4	403	-3
9010	395	5	403	-3
9011	396	5	403	-3
9012	396	4	403	-3
9013	395	4	403	-3
9014	396	5	402	-3
9015	395	4	402	-2
9016	396	5	402	-2
9017	396	4	402	-2
9018	396	4	401	-2
9019	396	4	395	-1
9020	397	4	395	5
9021	396	3	397	5
9022	397	4	397	3
9023	396	3	396	3
9024	397	4	398	4
Tiempo (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
9025	396	3	398	2
9026	397	4	396	2
9027	397	3	399	4
9028	397	3	402	1
9029	397	3	402	-2
9030	397	3	402	-2
9031	396	3	402	-2
9032	396	4	402	-2
9033	396	4	402	-2
9034	397	4	402	-2
9035	396	3	402	-2
9036	397	4	400	-2

9037	397	3	395	0
9038	397	3	398	5
9039	397	3	400	2
9040	397	3	401	0
9041	397	3	400	-1
9042	397	3	395	0
9043	396	3	393	5
9044	394	4	395	7
9045	394	6	396	5
9046	395	6	396	4
9047	395	5	396	4
9048	396	5	397	4
9049	396	4	397	3
9050	396	4	397	3
9051	396	4	397	3
9052	397	4	398	3
9053	397	3	398	2
9054	397	3	398	2
9055	397	3	398	2
9056	397	3	399	2
9057	397	3	399	1
9058	397	3	397	1
9059	397	3	400	3
9060	397	3	400	0
9061	397	3	398	0
9062	397	3	398	2
9063	397	3	400	2
9064	396	3	402	0
9065	397	4	402	-2
9066	397	3	402	-2
9067	396	3	402	-2
9068	397	4	402	-2
9069	394	3	402	-2
9070	394	6	402	-2
9071	394	6	402	-2
9072	393	6	399	-2
9073	393	7	396	1
9074	394	7	399	4
9075	393	6	398	1
9076	393	7	397	2
9077	393	7	398	3
9078	393	7	399	2
9079	394	7	398	1
9080	395	6	397	2
9081	395	5	396	3
9082	396	5	399	4
9083	396	4	399	1
9084	397	4	398	1
9085	396	3	400	2
9086	396	4	403	0
9087	396	4	402	-3
9088	396	4	402	-2
9089	396	4	402	-2
9090	395	4	402	-2
9091	395	5	402	-2
9092	394	5	402	-2
9093	394	6	402	-2
9094	394	6	401	-2
9095	395	6	397	-1
9096	395	5	395	3
9097	395	5	398	5
9098	394	5	397	2
9099	395	6	396	3
9100	393	5	399	4
9101	395	7	398	1

9102	396	5	397	2
9103	396	4	399	3
9104	396	4	399	1
9105	395	4	396	1
9106	394	5	399	4
9107	395	6	399	1
9108	395	5	398	1
9109	395	5	400	2
9110	395	5	398	0
9111	395	5	397	2
9112	396	5	404	3
9113	396	4	418	-4
9114	396	3	417	-18
9115	396	3	417	-17
9116	394	3	416	-17
9117	392	5	412	-16
9118	390	7	416	-12
9119	391	9	425	-16
9120	392	8	425	-25
9121	393	7	426	-25
9122	393	6	425	-26
9123	394	6	424	-25
9124	395	5	424	-25
9125	395	4	425	-25
9126	395	3	423	-26
9127	395	3	422	-24
9128	395	3	422	-23
9129	395	3	421	-23
9130	395	3	421	-22
9131	395	3	420	-22
9132	395	3	421	-21
9133	395	3	421	-22
9134	395	3	419	-22
9135	395	3	419	-20
9136	395	3	419	-21
9137	395	3	419	-21
9138	395	2	419	-21
9139	394	2	418	-21
9140	394	3	418	-20
9141	394	3	417	-20
9142	394	3	417	-19
9143	395	3	416	-19
9144	395	2	416	-18
9145	394	2	416	-18
9146	394	3	416	-18
9147	394	3	415	-18
9148	393	3	415	-18
9149	394	4	415	-18
9150	394	2	415	-18
9151	393	2	415	-18
9152	393	3	414	-18
9153	394	3	415	-17
9154	394	2	414	-18
9155	394	2	413	-17
9156	393	2	413	-16
9157	394	3	413	-16
9158	394	2	413	-16
9159	394	2	413	-16
9160	394	2	412	-17
9161	396	2	412	-16
9162	397	-1	398	-16
9163	398	-2	401	-2
9164	397	-3	405	-5
9165	399	-2	405	-9
9166	397	-4	406	-9

9167	397	-2	406	-10
9168	397	-2	405	-10
9169	397	-2	405	-9
9170	397	-2	405	-9
9171	396	-2	405	-9
9172	396	-1	405	-10
9173	396	-1	405	-10
9174	396	-2	404	-10
9175	396	-2	403	-9
9176	396	-2	404	-8
9177	396	-2	404	-9
9178	396	-2	403	-9
9179	396	-2	403	-8
9180	395	-2	403	-8
9181	395	-1	402	-8
9182	395	-1	402	-7
9183	394	-1	402	-7
9184	395	0	402	-8
9185	395	-1	402	-8
9186	394	-2	401	-8
9187	394	-1	400	-7
9188	394	-1	400	-6
9189	393	-1	400	-6
9190	394	0	400	-6
9191	394	-1	400	-6
9192	393	-1	400	-6
9193	394	0	400	-6
9194	394	-1	399	-6
9195	393	-1	400	-5
9196	393	0	399	-7
9197	393	0	399	-6
9198	393	-1	399	-6
9199	392	-1	399	-6
9200	392	0	399	-6
9201	390	0	399	-6
9202	389	2	399	-6
9203	389	3	398	-6
9204	390	3	398	-5
9205	390	2	398	-5
9206	391	2	398	-5
9207	388	1	398	-5
9208	384	4	397	-6
9209	385	8	397	-5
9210	385	6	397	-5
9211	385	6	397	-5
9212	385	6	397	-5
9213	385	6	396	-5
9214	385	6	396	-4
9215	385	6	396	-4
9216	385	6	396	-4
9217	386	6	395	-4
Temp. Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error Difuso (°C)	Error PID (°C)	
9218	387	5	396	-3
9219	387	4	396	-4
9220	387	4	395	-5
9221	387	4	395	-4
9222	388	3	396	-4
9223	387	2	395	-5
9224	384	3	395	-4
9225	383	6	395	-4
9226	382	7	394	-4
9227	385	8	394	-3
9228	392	5	394	-3
9229	393	-2	394	-3

9230	394	-3	393	-3
9231	395	-4	393	-2
9232	395	-5	394	-3
9233	394	-5	393	-4
9234	392	-5	393	-3
9235	392	-3	393	-3
9236	392	-3	393	-3
9237	392	-3	392	-3
9238	392	-3	392	-2
9239	392	-3	391	-2
9240	391	-3	392	-1
9241	391	-2	392	-2
9242	391	-2	391	-2
9243	390	-2	391	-1
9244	390	-1	391	-2
9245	390	-1	391	-2
9246	390	-2	390	-2
9247	389	-2	388	-1
9248	389	-1	389	1
9249	388	-1	391	0
9250	388	0	390	-2
9251	388	0	391	-1
9252	388	0	391	-2
9253	388	0	391	-2
9254	387	0	390	-2
9255	384	1	391	-1
9256	384	4	391	-3
9257	384	4	390	-3
9258	384	3	389	-2
9259	379	3	388	-1
9260	381	8	387	0
9261	383	6	388	1
9262	383	4	390	0
9263	384	4	390	-2
9264	384	3	390	-2
9265	384	3	390	-2
9266	383	3	389	-2
9267	383	4	390	-1
9268	383	4	390	-3
9269	384	4	389	-3
9270	384	2	388	-2
9271	385	2	387	-1
9272	386	1	387	0
9273	387	0	389	0
9274	388	-1	389	-2
9275	388	-2	389	-2
9276	389	-2	389	-2
9277	389	-3	388	-2
9278	389	-3	388	-1
9279	388	-3	388	-1
9280	387	-2	387	-2
9281	387	-1	385	-1
9282	387	-2	385	1
9283	386	-2	386	1
9284	387	-1	388	0
9285	387	-2	388	-2
9286	385	-2	388	-2
9287	385	0	387	-2
9288	384	0	387	-1
9289	384	1	387	-1
9290	383	1	388	-1
9291	384	2	387	-2
9292	383	1	386	-2
9293	383	2	384	-1
9294	383	1	384	1

9295	383	1	385	1
9296	381	1	387	0
9297	380	3	387	-2
9298	383	4	387	-2
9299	384	1	387	-2
9300	384	0	387	-2
9301	384	0	386	-2
9302	382	0	386	-1
9303	384	2	387	-1
9304	386	0	385	-3
9305	386	-2	383	-1
9306	385	-3	383	1
9307	386	-2	384	1
9308	386	-3	387	0
9309	386	-3	387	-3
9310	385	-3	386	-3
9311	385	-2	386	-2
9312	384	-2	387	-2
9313	385	-1	386	-3
9314	385	-2	385	-2
9315	385	-2	386	-1
9316	384	-2	385	-3
9317	384	-1	385	-2
9318	385	-2	385	-2
9319	384	-3	385	-2
9320	384	-2	384	-2
9321	384	-2	384	-1
9322	383	-2	384	-1
9323	383	-1	383	-1
9324	383	-1	381	0
9325	383	-1	381	2
9326	383	-1	382	2
9327	384	-1	382	1
9328	383	-2	382	0
9329	383	-1	382	0
9330	383	-2	382	0
9331	383	-2	382	0
9332	383	-2	384	0
9333	382	-2	384	-2
9334	382	-1	384	-2
9335	381	-1	384	-2
9336	381	0	384	-2
9337	381	0	383	-2
9338	380	0	383	-1
9339	379	1	383	-1
9340	379	2	382	-2
9341	379	2	380	-1
9342	378	1	380	1
9343	376	2	380	1
9344	376	4	381	1
9345	375	4	384	0
9346	374	5	384	-3
9347	376	6	384	-3
9348	377	4	383	-3
9349	378	3	383	-2
9350	380	2	383	-2
9351	381	0	383	-2
9352	381	-1	382	-3
9353	381	-1	382	-2
9354	381	-2	382	-2
9355	381	-2	382	-2
9356	381	-2	381	-2
9357	381	-2	380	-1
9358	380	-2	379	0
9359	377	-1	380	1

9360	377	2	381	0
9361	377	2	382	-1
9362	377	2	381	-2
9363	377	2	382	-1
9364	377	2	382	-3
9365	377	2	381	-3
9366	376	1	381	-2
9367	377	2	381	-2
9368	378	1	380	-2
9369	379	0	379	-1
9370	380	-1	378	0
9371	380	-2	378	1
9372	380	-2	377	1
9373	380	-2	378	2
9374	380	-2	379	1
9375	379	-2	381	0
9376	380	-1	381	-3
9377	380	-2	380	-3
9378	379	-3	381	-2
9379	379	-2	381	-3
9380	379	-2	380	-3
9381	379	-2	380	-2
9382	379	-2	380	-2
9383	379	-2	379	-2
9384	379	-2	379	-1
9385	377	-2	379	-1
9386	377	0	378	-1
9387	376	0	376	0
9388	376	1	376	1
9389	376	1	377	1
9390	377	0	379	0
9391	377	-1	379	-2
9392	377	-1	379	-2
9393	377	-1	378	-2
9394	377	-1	374	-1
9395	377	-1	376	3
9396	373	-1	379	1
9397	374	3	378	-2
9398	374	2	378	-1
9399	375	2	379	-1
9400	376	1	379	-3
9401	377	0	378	-3
9402	377	-2	377	-2
9403	377	-2	376	-1
9404	377	-2	376	0
9405	378	-2	378	0
9406	377	-3	378	-2
9407	377	-2	378	-2
9408	376	-2	377	-2
9409	376	-1	377	-1
9410	376	-1	378	-1
Tiempo (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
9411	377	-1	377	-2
9412	376	-2	376	-2
9413	376	-1	374	-1
9414	375	-2	374	1
9415	375	-1	374	1
9416	375	-1	375	1
9417	375	-1	378	0
9418	375	-1	378	-3
9419	374	-1	378	-3
9420	374	0	378	-3
9421	374	0	378	-3
9422	374	0	377	-3

9423	375	0	377	-2
9424	374	-1	377	-3
9425	374	0	376	-3
9426	373	-1	376	-2
9427	374	0	376	-2
9428	374	-1	376	-2
9429	373	-1	376	-2
9430	372	0	375	-2
9431	372	1	375	-1
9432	372	1	375	-1
9433	372	1	375	-1
9434	372	1	374	-1
9435	372	1	371	0
9436	372	1	372	2
9437	372	1	372	1
9438	373	0	372	1
9439	373	-1	373	1
9440	373	-1	376	0
9441	373	-1	376	-3
9442	374	-1	375	-3
9443	374	-2	375	-2
9444	374	-2	376	-2
9445	374	-2	376	-3
9446	374	-2	375	-3
9447	373	-2	375	-2
9448	374	-1	375	-3
9449	374	-2	374	-3
9450	374	-3	374	-2
9451	373	-3	375	-2
9452	372	-2	374	-3
9453	373	-1	373	-2
9454	373	-2	374	-1
9455	373	-2	374	-2
9456	372	-2	373	-2
9457	373	-1	373	-1
9458	372	-2	373	-1
9459	372	-1	372	-1
9460	372	-1	370	-1
9461	372	-1	370	1
9462	372	-2	370	1
9463	372	-2	371	1
9464	372	-2	373	0
9465	371	-2	374	-2
9466	372	-1	374	-3
9467	372	-2	374	-3
9468	372	-2	374	-3
9469	371	-2	373	-3
9470	371	-1	373	-2
9471	371	-1	373	-2
9472	370	-1	373	-3
9473	371	0	372	-3
9474	370	-2	372	-2
9475	371	-1	372	-2
9476	370	-2	371	-2
9477	370	-1	371	-1
9478	370	-1	372	-1
9479	370	-1	371	-2
9480	369	-1	371	-1
9481	369	0	371	-1
9482	368	0	371	-1
9483	367	1	370	-1
9484	366	2	367	-1
9485	368	3	367	2
9486	369	0	368	2
9487	369	-1	369	1

9488	369	-1	371	0
9489	369	-1	371	-2
9490	369	-1	371	-2
9491	368	-1	371	-2
9492	368	0	371	-2
9493	369	0	371	-2
9494	368	-1	370	-2
9495	369	0	369	-1
9496	369	-1	368	-1
9497	369	-1	368	0
9498	368	-2	371	0
9499	369	-1	370	-3
9500	369	-2	370	-2
9501	368	-2	370	-2
9502	367	-1	370	-2
9503	368	0	369	-2
9504	367	-1	369	-1
9505	367	0	370	-1
9506	367	0	369	-2
9507	367	0	369	-1
9508	366	0	369	-2
9509	366	1	369	-2
9510	366	0	369	-2
9511	366	0	368	-2
9512	366	0	365	-1
9513	366	0	366	2
9514	366	0	366	1
9515	366	0	366	1
9516	366	0	367	1
9517	366	0	369	0
9518	365	0	369	-2
9519	364	1	369	-2
9520	365	2	369	-3
9521	365	1	368	-3
9522	364	0	368	-2
9523	362	1	369	-2
9524	363	3	368	-3
9525	364	2	367	-2
9526	364	1	368	-1
9527	364	1	368	-2
9528	365	1	367	-2
9529	367	0	367	-1
9530	366	-2	367	-1
9531	366	-1	367	-1
9532	367	-1	367	-2
9533	367	-2	366	-2
9534	367	-3	363	-1
9535	367	-3	364	2
9536	366	-3	364	1
9537	365	-2	364	1
9538	365	-1	365	1
9539	365	-1	367	0
9540	364	-1	367	-2
9541	363	0	367	-2
9542	363	1	367	-2
9543	363	1	367	-2
9544	363	1	367	-3
9545	362	1	366	-3
9546	363	1	366	-2
9547	364	0	366	-2
9548	364	-1	366	-2
9549	364	-1	365	-2
9550	364	-1	366	-1
9551	364	-1	366	-2
9552	364	-1	365	-2

9553	364	-1	365	-1
9554	364	-1	365	-1
9555	364	-1	364	-1
9556	364	-1	361	-1
9557	364	-1	362	2
9558	363	-2	362	1
9559	363	-1	363	1
9560	363	-1	365	0
9561	363	-1	365	-2
9562	362	-1	365	-2
9563	362	0	365	-2
9564	363	0	365	-2
9565	363	-1	364	-2
9566	363	-1	364	-1
9567	362	-1	364	-1
9568	362	0	364	-2
9569	363	0	364	-2
9570	364	-2	363	-2
9571	364	-3	361	-1
9572	363	-3	362	1
9573	363	-2	364	0
9574	364	-2	364	-2
9575	365	-3	363	-2
9576	364	-4	363	-1
9577	363	-3	364	-1
9578	364	-2	363	-2
9579	363	-3	363	-1
9580	361	-2	363	-2
9581	363	0	362	-2
9582	363	-3	360	-1
9583	362	-3	360	1
9584	363	-2	361	1
9585	363	-3	363	0
9586	363	-3	363	-2
9587	362	-3	363	-2
9588	363	-2	363	-2
9589	362	-3	362	-2
9590	361	-2	362	-1
9591	361	-1	362	-1
9592	362	-1	362	-2
9593	361	-2	361	-2
9594	362	-2	359	-1
9595	362	-3	360	1
9596	362	-3	362	0
9597	361	-3	362	-2
9598	361	-2	362	-2
9599	361	-2	361	-2
9600	361	-2	362	-1
9601	361	-2	362	-2
9602	361	-2	361	-2
9603	360	-2	361	-1
Tiempo (min)	Temp. Difuso (°C)	Error Difuso (°C)	Temp. PID (°C)	Error PID (°C)
9604	360	-1	361	-2
9605	360	-1	361	-2
9606	360	-2	360	-2
9607	360	-2	357	-1
9608	360	-2	358	2
9609	360	-2	358	1
9610	360	-2	358	1
9611	360	-2	359	1
9612	359	-2	361	0
9613	359	-1	362	-2
9614	360	-1	362	-3
9615	360	-2	361	-3

9616	359	-2	361	-3
9617	360	-1	361	-3
9618	359	-3	361	-3
9619	359	-2	360	-3
9620	359	-2	361	-2
9621	360	-2	361	-3
9622	359	-3	360	-3
9623	359	-2	359	-2
9624	359	-2	360	-1
9625	359	-2	360	-2
9626	359	-2	359	-2
9627	359	-2	359	-1
9628	359	-2	359	-2
9629	359	-2	358	-2
9630	359	-3	356	-1
9631	359	-3	357	1
9632	359	-3	359	0
9633	359	-3	359	-2
9634	358	-3	358	-2
9635	358	-2	358	-1
9636	358	-2	359	-1
9637	358	-2	358	-2
9638	358	-2	357	-1
9639	357	-2	356	0
9640	358	-1	356	0
9641	357	-2	357	0
9642	358	-2	358	-1
9643	358	-3	358	-2
9644	358	-3	358	-2
9645	358	-3	358	-2
9646	357	-3	358	-2
9647	357	-2	357	-2
9648	357	-2	358	-1
9649	357	-2	357	-2
9650	356	-2	357	-1
9651	356	-1	357	-1
9652	354	-1	357	-2
9653	354	1	356	-2
9654	354	0	354	-1
9655	355	0	354	1
9656	355	-1	355	1
9657	354	-1	357	0
9658	355	0	357	-2
9659	353	-1	357	-2
9660	352	1	357	-2
9661	352	2	357	-2
9662	350	2	357	-2
9663	346	4	356	-2
9664	351	8	356	-2
9665	352	3	357	-2
9666	353	1	356	-3
9667	352	0	356	-2
9668	352	1	357	-2
9669	352	1	355	-3
9670	353	1	353	-1
9671	353	0	354	1
9672	354	0	356	0
9673	354	-1	356	-2
9674	355	-1	356	-2
9675	354	-2	356	-2
9676	355	-1	356	-3
9677	355	-2	356	-3
9678	355	-3	355	-3
9679	355	-3	354	-2
9680	355	-3	353	-1

9681	354	-3	354	0
9682	354	-2	356	-1
9683	354	-2	355	-3
9684	354	-2	355	-2
9685	354	-2	356	-2
9686	353	-2	355	-3
9687	353	-1	355	-2
9688	354	-1	356	-3
9689	354	-2	355	-4
9690	353	-3	354	-3
9691	353	-2	355	-2
9692	353	-2	355	-3
9693	354	-2	354	-3
9694	353	-3	354	-2
9695	353	-2	355	-2
9696	352	-2	354	-3
9697	352	-1	353	-2
9698	353	-1	354	-1
9699	353	-2	354	-2
9700	353	-2	353	-3
9701	353	-2	353	-2

ANEXO 14

MANUAL DE OPERACIÓN

HORNO BLUE-M

1. INSTALACIÓN DEL PROGRAMA BLUE-M

El programa que controla el funcionamiento del horno Blue-M está diseñado en el software de labVIEW por lo que es necesario instalar ciertos controladores y drives en la PC donde se ejecutará dicho programa. Los driver necesarios son:

- NI-DAQmx
- Nimodbus
- NI-VISA

Los pasos para instalar el programa son los siguientes:

1. Instalar los drivers mencionados anteriormente.
2. Copiar la carpeta "Horno BlueMR" del CD en la PC.
3. Copiar el archivo "reglasfuso.fs" que se encuentra en Horno BlueMR\data a la unidad c:
4. Crear un acceso directo del archivo ejecutable "HornoBM"

2. CONEXIÓN Y REQUISITOS

DATOS NOMINALES:

- Voltaje de Alimentación: 220V.
- Temperatura Máxima Permitida: 780°C.
- Velocidad de calentamiento y/o enfriamiento Máxima: 5°C/minuto ó 300°C/hora.

Para el funcionamiento del horno y mejorar su vida útil es recomendable seguir las siguientes acotaciones:

- No exceder un tiempo de uso continuo mayor a 10 horas.
- Se debe asegurar que la tarjeta DAQ haya sido reconocida por la computadora antes de encender la planta.
- Precautelar siempre el encendido del ventilador del tablero de control.
- Deshabilitar la hibernación o suspensión del computador que controla el proceso.
- Utilizar un ventilador externo para refrigerar el horno para procesos térmicos de larga duración (mayor a 6 horas).

ESCUELA
POLITÉCNICA
NACIONAL

Laboratorio de
Tratamientos Térmicos

FACULTAD DE MECÁNICA

TESIS:

REDISEÑO Y CONSTRUCCIÓN
DE UN SISTEMA DE CONTROL
DE TEMPERATURA PARA EL
HORNO ELÉCTRICO RESISTIVO
DEL LABORATORIO DE
TRATAMIENTOS TÉRMICOS

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y
CONTROL

REALIZADO POR:

JUAN ARÉVALO MANCHENO
juanfr_86@hotmail.com
RAMIRO VICENTE CAVLA
ram_vicente@hotmail.com

DIRIGIDO POR:

Ing. Ana Rodas
Ing. Rodrigo Ruíz

2014

IMPORTANTE!

ANTES DE INICIAR UN
PROCESO VERIFIQUE:

- a. Conexión y detección de la tarjeta DAQ-USB.
- b. Encendido del ventilador del tablero de control.
- c. Impedir que el PC entre en hibernación o suspensión.

3. MANEJO DE LA INTERFAZ

Primero se debe conectar el cable de comunicación USB – DAQ antes de encender el sistema con el interruptor de la planta como se indica en la Figura 1.



Figura 1

A continuación y previo a ejecutar el programa es indispensable revisar y cumplir los siguientes requisitos:

a. Conexión USB-DAQ: Es un requisito fundamental que la DAQ haya sido reconocida por el PC antes de iniciar con el programa. Cuando la planta se energiza y aún no se ha detectado la conexión USB-DAQ el foco rojo del tablero de control se encenderá hasta que dicha conexión se establezca. Si el PC no ha detectado a la tarjeta DAQ es necesario verificar la conexión del cable USB y el funcionamiento de todos los drivers necesarios para la comunicación con el PC.

b. Encendido del ventilador del tablero: El relevador de estado sólido genera calor al trabajar, este calor es acumulado en las aletas de disipación; sin embargo para que las aletas cumplan su función es necesario que las mismas puedan distribuir el calor al ambiente. Para esto se ha dispuesto de un ventilador el cual extrae el calor de las aletas y lo envía al ambiente fuera del tablero. Se colocó un una luz (led) que se prende automáticamente al energizar la planta para confirmar el encendido de dicho ventilador.

c. Impedir que el PC entre en hibernación: Esto se ha dispuesto como preventiva para no perder el control o datos del sistema, ya que al hibernar el PC se inutiliza la comunicación con la DAQ. El usuario deberá configurar el PC para que éste no entre en hibernación nunca.

3.1. PASOS PARA LA EJECUCIÓN DE LA INTERFAZ

La pantalla de la interfaz se ha dividido en cuatro sectores como muestra la Figura 1.

El sector A corresponde a un cuadro de texto guía donde se muestran instrucciones que se deben seguir para continuar con el proceso. En el sector B se encuentran los requisitos, botones y parámetros que se deben verificar, manipular e ingresar. El sector C es la ventana de monitoreo donde se visualiza el proceso simulado y en tiempo real con sus respectivos indicadores; mientras que en el sector D están ubicados visualizadores que indican la ejecución del proceso y el comando para salir del programa.

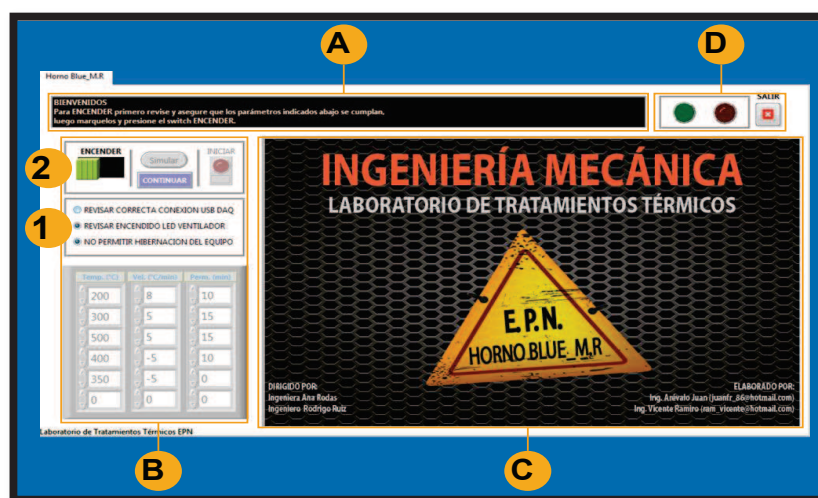


Figura 2

La programación y control del desarrollo del proceso de tratamiento térmico se facilita notablemente con la utilización de este software ya que se ha establecido un orden para el ingreso de cada parámetro haciéndolo intuitivo y minimizando el error humano. Al abrir el programa, aparecerá la pantalla inicial de la interface mostrada en la figura 1. A continuación para controlar el horno desde esta interfaz se debe seguir la siguiente secuencia de pasos:

PASO	COMANDO	ACCIÓN
1	Casillas de verificación	Para precautelar que se cumplan los requisitos iniciales se ha dispuesto que antes de habilitarse el programa, se deben de marcar las tres casillas de verificación. Figura 2.
2	Switch ENCENDER/APAGAR	Este interruptor habilita y deshabilita el inicio del programa. Figura 2.

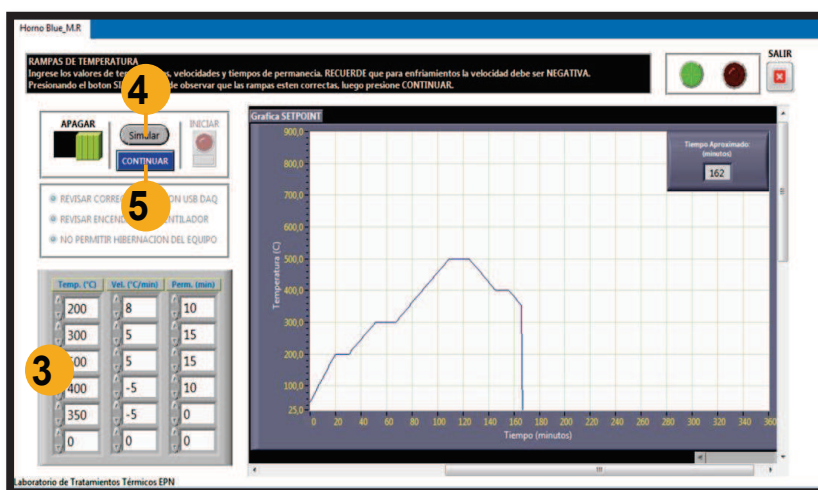


Figura 3

PASO	COMANDO	ACCIÓN
3	<i>Rampas de Temperatura</i>	Al habilitarse el programa se debe ingresar aquí las rampas de temperatura del tratamiento térmico a realizar. Se puede programar hasta seis rampas ingresando: el valor de temperatura que se quiere alcanzar en grados centígrados, la velocidad para alcanzar esta temperatura en grados centígrados por minuto, y el tiempo de permanencia a esta temperatura en minutos. Para velocidades de enfriamiento se debe colocar su valor en negativo. Las casillas de ingreso de datos de las tres columnas tienen sus respectivas restricciones que permiten minimizar el error en el ingreso de los datos. El valor máximo de temperatura es de 780°C y el mínimo de 25°C, el cual es el rango de trabajo del horno. La velocidad máxima permitida tanto para el calentamiento como para el enfriamiento es de 5°C/minuto. El tiempo máximo permitido para un establecimiento es de 8 horas. Todo esto para precautelar el buen funcionamiento del sistema. Figura 3.
4	<i>Botón SIMULAR</i>	Presionando este botón el usuario tiene la opción de simular las rampas de temperatura ingresadas para verificar que estén correctas. Figura 3.
5	<i>Botón CONTINUAR/REGRESAR</i>	Al presionar este botón se habilita el próximo paso donde se ingresan los últimos parámetros. Una vez presionado este botón se deshabilita el ingreso de rampas; es necesario volver a presionar este botón si se requiere modificar las rampas. Figura 3.
6	<i>Tiempo de muestreo</i>	Casilla para ingresar el tiempo entre 1 y 10 minutos que se usará como intervalo para adquirir y almacenar la temperatura del proceso en una hoja de datos Excel. El valor preestablecido es de 1 minuto. Figura 4.
7	<i>Tipo de control</i>	Aquí se selecciona el tipo de controlador que tratará al proceso. Se pueden escoger entre PID y DIFUSO. El controlador preestablecido es el PID. Figura 4.
8	<i>Botón de INICIO</i>	Con este botón se ordena al sistema empezar con el proceso de tratamiento térmico. Al presionar este botón aparece un cuadro de dialogo que permite guardar la información en un archivo Excel y a continuación se abre la ventana del controlador escogido con sus respectivos indicadores. Figura 4.

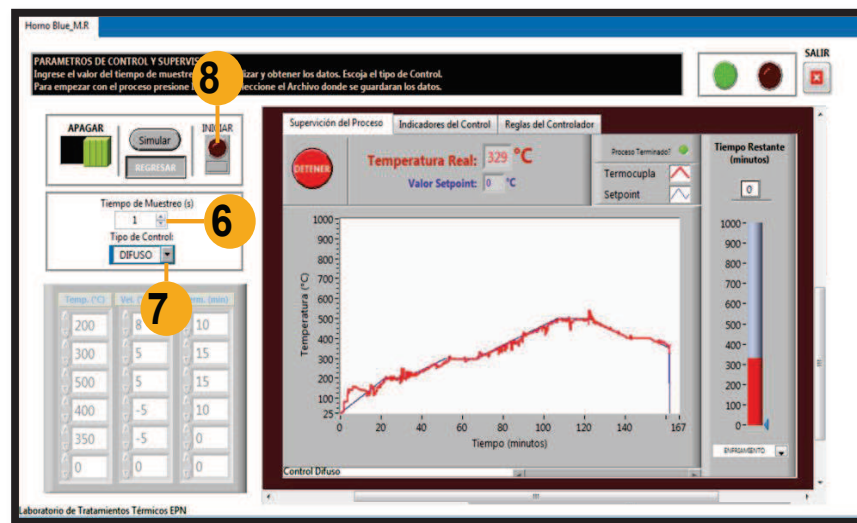


Figura 4

4. PARTES DEL SISTEMA DE TEMPERATURA

Los distintos dispositivos que se necesitan para el control de temperatura se han distribuidos en dos tableros. El tablero a.), y el tablero b.), mostrados en la Figura 5.



Figura 5

En el primer tablero (a) está la fuente de energía continua, la placa electrónica, elementos de protección y maniobra, elementos de visualización y el dispositivo que permite el paso de energía a las resistencias de calentamiento; mientras que en el segundo tablero (b) se encuentran los elementos necesarios para gobernar el motor-ventilador.

Se ha dispuesto apartar el variador de velocidad de los demás dispositivos ya que se constató que el ruido electromagnético que éste variador produce afecta directamente a la tarjeta DAQ, al acondicionador AD595 e inclusive al SSR.

A continuación se describe brevemente los elementos integrados en los tableros y que son parte del sistema implementado.

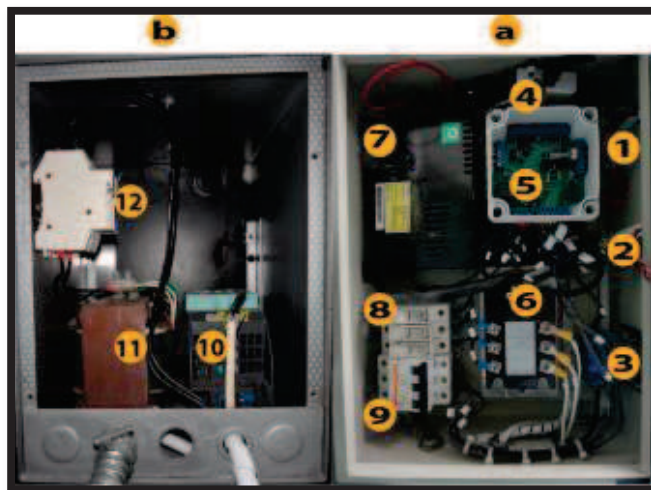


Figura 6

Tablero a:

1. LCD.- Se ha instalado una pantalla LCD 16x2. Este dispositivo está controlado internamente por un microcontrolador que permite tener una interfaz con otro dispositivo. En el sistema implementado la tarjeta de adquisición de datos es el dispositivo que se comunica directamente con la pantalla LCD, y es por medio de esta tarjeta que se envía la información que será mostrada.

2. Visualizadores LED.- Para conocer el estado actual del horno de una manera rápida se añadieron al tablero de control dos focos indicadores. El foco verde indica que el sistema está alimentado; mientras que el foco rojo indica que el horno se encuentra en proceso. El foco verde se lo conecta directamente a dos fases de la alimentación para indicar el estado de alimentación a la red. Los focos utilizados incluyendo el rojo, están diseñados con una resistencia tal que permite conectarse directamente a los 220V con una corriente de 125mA.

Para controlar el encendido del foco rojo, se envía una señal a través de un pin de la tarjeta de adquisición a un relé electromecánico quien es el que permite el paso de la energía alterna que necesita el foco para encenderse. El relé tiene como valores nominales: 10A, 250VAC, (5-30)VDC. Su numeración de catálogo es JZC 4123. Adicionalmente se dispuso de un diodo 1n4007 en paralelo, como protección del dispositivo a energías almacenadas en la bobina del mismo.

3. Conmutador.- Llamado también selector de posición es un dispositivo que permite la conexión o desconexión de los circuitos eléctricos. El interruptor que se insertó en el panel de control sirve para abrir o cerrar el paso de corriente general a todo el sistema. Este conmutador es comercial de la marca CAMSCO de referencia: C32-099 y tiene dos posiciones de encendido y apagado para tres polos y permite el paso de corriente de hasta 32 Amperios y 480V.

4. Tarjeta de adquisición de datos.- Tarjeta electrónica DAQ NI-USB 6009 descrita anteriormente para comunicar las órdenes del controlador a los elementos finales de carrera a través de sus respectivos actuadores.

5. Placa electrónica.- La tarjeta de adquisición de datos DAQ no puede conectarse directamente con ciertos dispositivos como actuadores, termocuplas, o dispositivos que necesiten corrientes para su activación mayores que las que puede entregar. Para esto se diseñó circuitos de acoplamiento en cada proceso donde se requería la comunicación mediante la tarjeta entre el computador y algún elemento del sistema. Estos circuitos conforman la placa electrónica.

6. Relé de estado sólido trifásico (SSR).- Dispositivo que permite el paso de la energía eléctrica a las resistencias de calentamiento.

7. Fuente conmutada.- La ventaja que presenta este tipo de fuente es que el rendimiento es mucho mayor con respecto a una fuente común debido a que existen menos pérdidas de calor. La razón porque se ha escogido este tipo de fuente es por la ventaja que se tiene al ser troceada la señal desde la red eléctrica, evita señales parásitas conocidas como ruido eléctrico y con esto asegurar una señal continua pura.

En éste proyecto se ha utilizado la una fuente switching WEI-YA de numeración de catálogo: WY 15CG2. Esta fuente tiene las siguientes especificaciones:

Voltaje de alimentación 230V/120V

Fuentes 24V:5A; 5V:15A; 12V:5A

Protecciones internas como fusibles, filtros, etc.

8. Fusibles.- Los fusibles dispuestos en el tablero b) son los encargados de proteger a las resistencias contra corrientes elevadas.

$$14,65 < I_{\text{fusible}} < 25A$$

9. Relé termomagnético.- Es un dispositivo de protección para todo el sistema a fallas de sobrecarga y de corto circuito. Para el presente sistema se ha utilizado el relé termo magnético de marca CAMSCO C60N, 3Polos, 20A, este dispositivo se dimensionó tomando en cuenta la corriente máxima total del sistema calculada de 20A.

Tablero b:

10. Variador de velocidad.- Dispositivo que permite controlar el arranque, la velocidad y el apagado del motor – ventilador. Se ha dispuesto colocar este elemento en un tablero diferente de los otros dispositivos, ya que se constató que el variador genera ruido electromagnético que afecta a la placa, a la tarjeta DAQ y al SSR.

11. Transformador de aislamiento.- Se utilizó este elemento para aislar el efecto que produce el variador de frecuencia en la línea. El transformador se dimensionó utilizando los valores nominales del motor: 220V, 2A.

12. Fusibles.- Se dispuso un fusible en cada fase que ingresa al variador como complemento a la protección de este dispositivo y al transformador. El valor de fusibles es de 2A igual que la máxima corriente que soporta el transformador.

5. RECOMENDACIONES

- Se puede utilizar cualquier tipo de controlador en cualquier proceso del horno; sin embargo se debe tomar en cuenta que el controlador PID depende de las propiedades del horno (planta); por lo tanto si se realiza algún cambio en su interior o han pasado muchos años desde ésta restauración, se recomienda ajustar los parámetros del PID. Esto no sucede con el controlador DIFUSO. Se recomienda la construcción de alerones que permitan disipar de mejor manera el calor del motor trifásico.
- A pesar de que el motor tiene un sistema de enfriamiento propio, este es insuficiente, ya que se observa que a partir de determinado tiempo de uso existe un calentamiento, que bordea los 100°C (mediciones hechas con un pirómetro).
- Es recomendable encontrar algún método que enfríe un poco más a este motor como por ejemplo colocar un ventilador externo cuando el tiempo de operación vaya a ser mayor a seis horas.
- Así mismo se debe realizar un mantenimiento del motor trifásico cada diez años, puesto que existe un pedido expreso de placa mismo para proceder con lubricación al menos una vez durante cada período de este tiempo.
- Se debe buscar implementar algún cronograma que permita realizar un mantenimiento preventivo del horno, sobre todo en lo que respecta a la verificación de valores nominales y el cuidado de elementos tales como, las resistencias, la correcta calibración de la termocupla, motores y otros elementos en los cuales pueda existir desgaste.
- Se debe tomar en consideración, que en el inicio del proceso hasta aproximadamente los 150°C, la medida de la temperatura es un poco inestable, puesto que el interior del horno es grande y éste homogeniza su temperatura a dicho valor experimentalmente hallado. El horno Blue-M es un horno de convección donde el aire circula en su cámara interna; cuando el proceso inicia, existen diferencias de temperatura en su interior, las cuáles se van atenuando poco a poco. Se recomienda también considerar que hasta los 200°C aproximadamente el sistema puede asegurar un enfriamiento controlado y adecuado a cualquier velocidad; sin embargo, bajo éste valor hallado también experimentalmente, la velocidad de enfriamiento empieza a bajar rápidamente ya que cada vez es más lento y difícil extraer el calor interno puesto que, éste calor es el que se ha acumulado en el horno ya sea en la estructura, paredes externas, puertas, etc; siendo estos lugares imposibles de enfriar con el sistema disponible.

6. SOLUCIONES PARA PROBLEMAS

a. *El horno Blue-M no enciende:*

- Verificar conexión a la red trifásica.
- Es posible que el breaker que se encuentra en el tablero (a) se encuentre en posición OFF. Así mismo revisar los fusibles (20 Amperios) en el mismo tablero. Si alguna de éstas dos posibilidades ha ocurrido se debe constatar la causa del mismo.

b. *El programa no se inicia:*

- Verifique que se haya establecido correctamente la conexión USB-DAQ, que el cable no presente fallas y que el PC haya reconocido a la Tarjeta DAQ NI USB-6009. Si el problema persiste es necesario reinstalar los drivers mencionados anteriormente y revisar que la PC otorgue todos los permisos para la comunicación USB-DAQ.
- Constatar que la carpeta "Horno Blue-M" se encuentre en la PC así como el ejecutable HornoBM.exe.

c. *El programa inicia pero el proceso no se ejecuta:*

- Reinicie el programa y verificar que la conexión USB-DAQ se encuentre establecida. Para esto, desde Windows en la barra de tareas del escritorio (notificaciones) se puede confirmar que el dispositivo NI-Daq ha sido reconocido e instalado. También se puede constatar que la DAQ esta debidamente conectada a la PC, revisando que la luz indicadora roja del tablero de control. Esta

luz se enciende cuando el proceso aún no se ejecuta y la DAQ está desconectada, y cuando el proceso se está ejecutando normalmente.

Si el problema persiste es necesario reinstalar los drivers mencionados anteriormente y revisar que la PC otorgue todos los permisos para la comunicación USB-DAQ.

d. *El proceso se ha detenido:*

- Comprobar que el PC no esté suspendido o en hibernación.
- Verificar que la conexión USB-DAQ se encuentre establecida.
- Es recomendable que

e. *No se ejecuta el controlador Difuso:*

- Confirmar que el archivo "reglasfuso.fs" se encuentre en la unidad c:



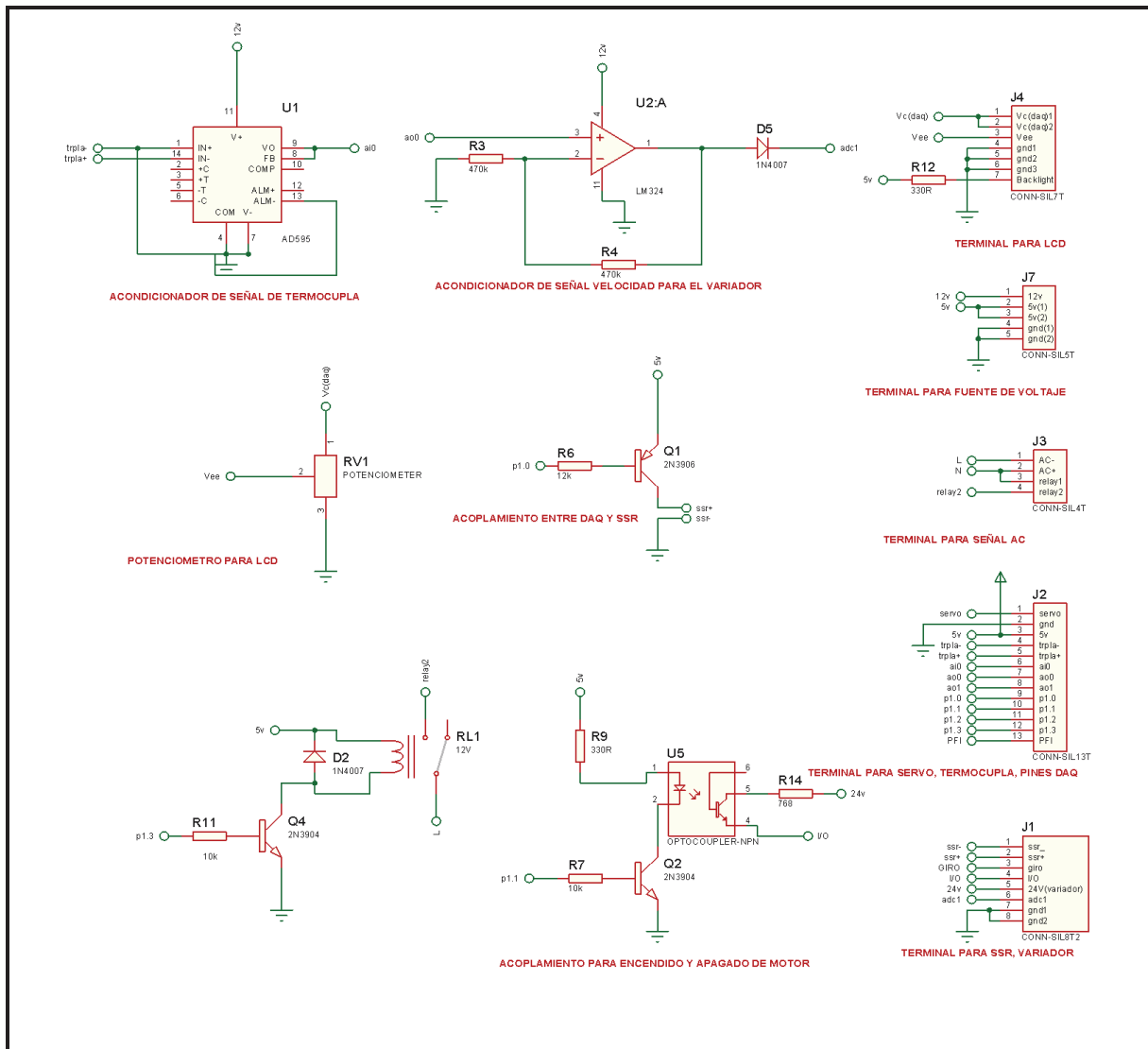
Figura 5

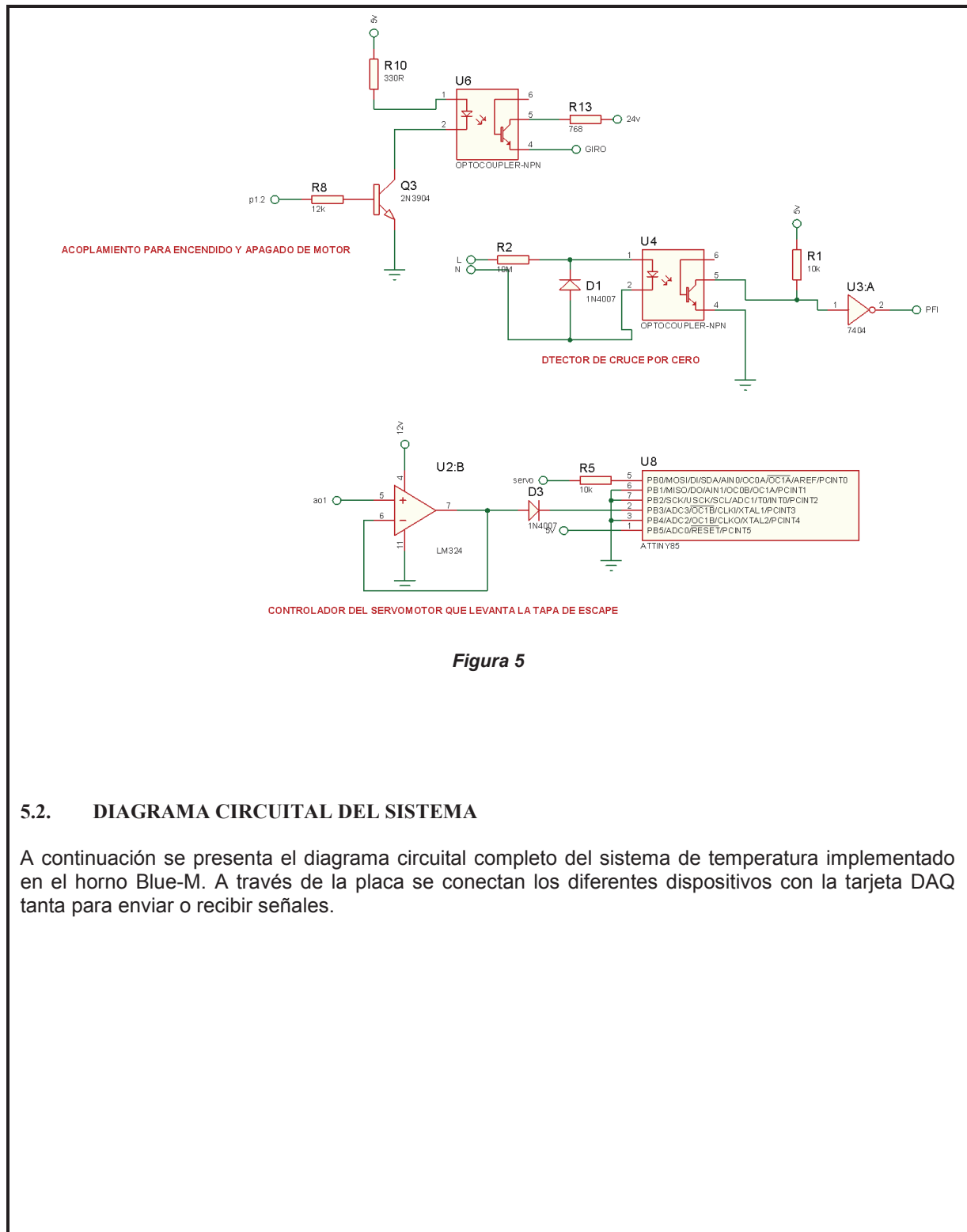
Adicionalmente es recomendable ante la presencia de algún error, anotar su código y revisar la solución en internet (foros de labVIEW).

7. ESQUEMAS Y DIAGRAMAS DEL SISTEMA

7.1. DIAGRAMA CIRCUITAL DE LA placa

Se presenta aquí la conexión de los diferentes dispositivos que se conectan desde y hacia la tarjeta de Adquisición de Datos DAQ NI-USB 6009; así como los acondicionamientos que se realizaron para hacer factible dichas conexiones.





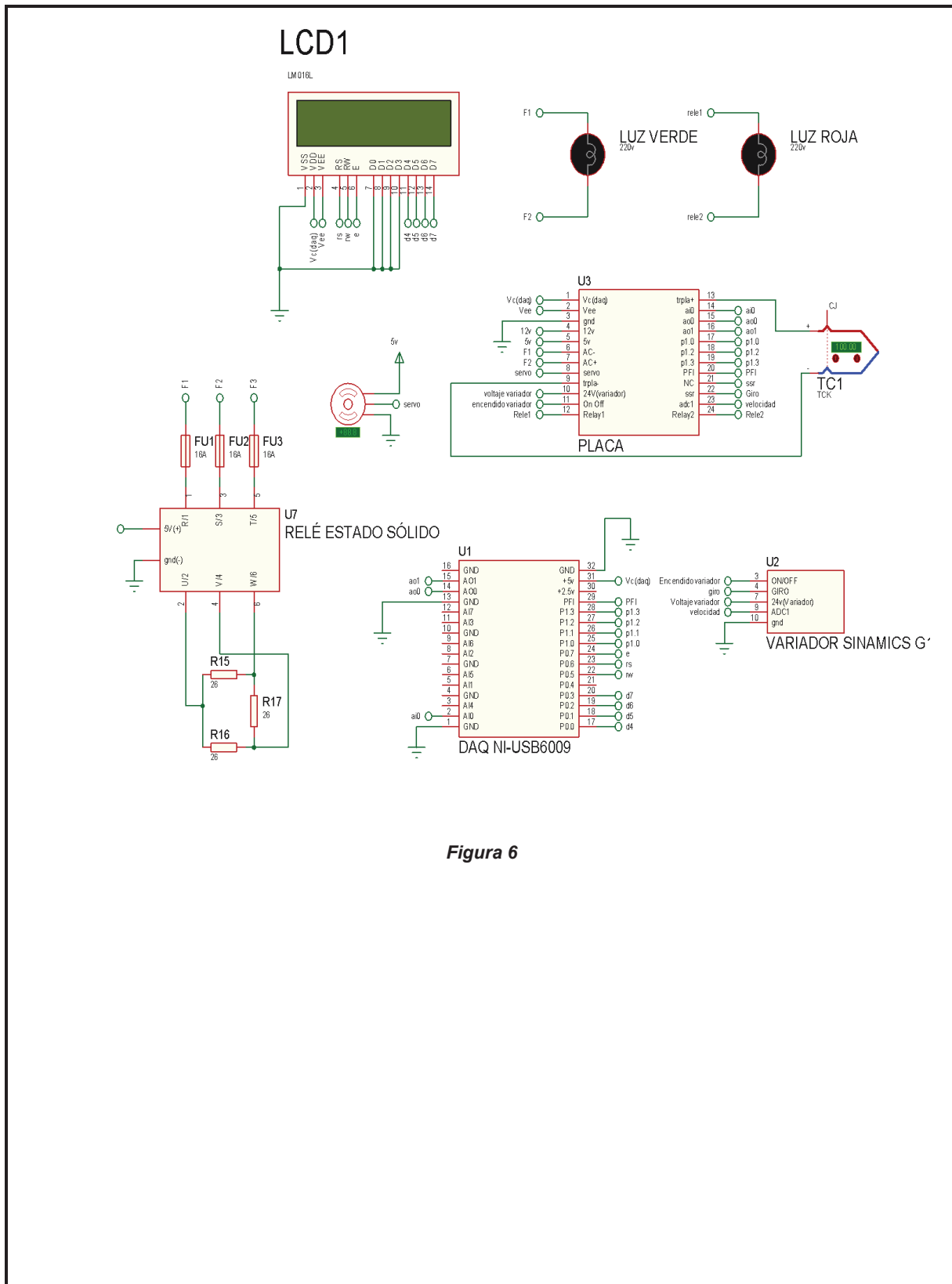


Figura 6

5.3. DIAGRAMA esquemático de todo EL SISTEMA

En el siguiente diagrama se muestra la conexión de manera general de todo el sistema; se puede apreciar la parte de potencia, control y elementos de protección.

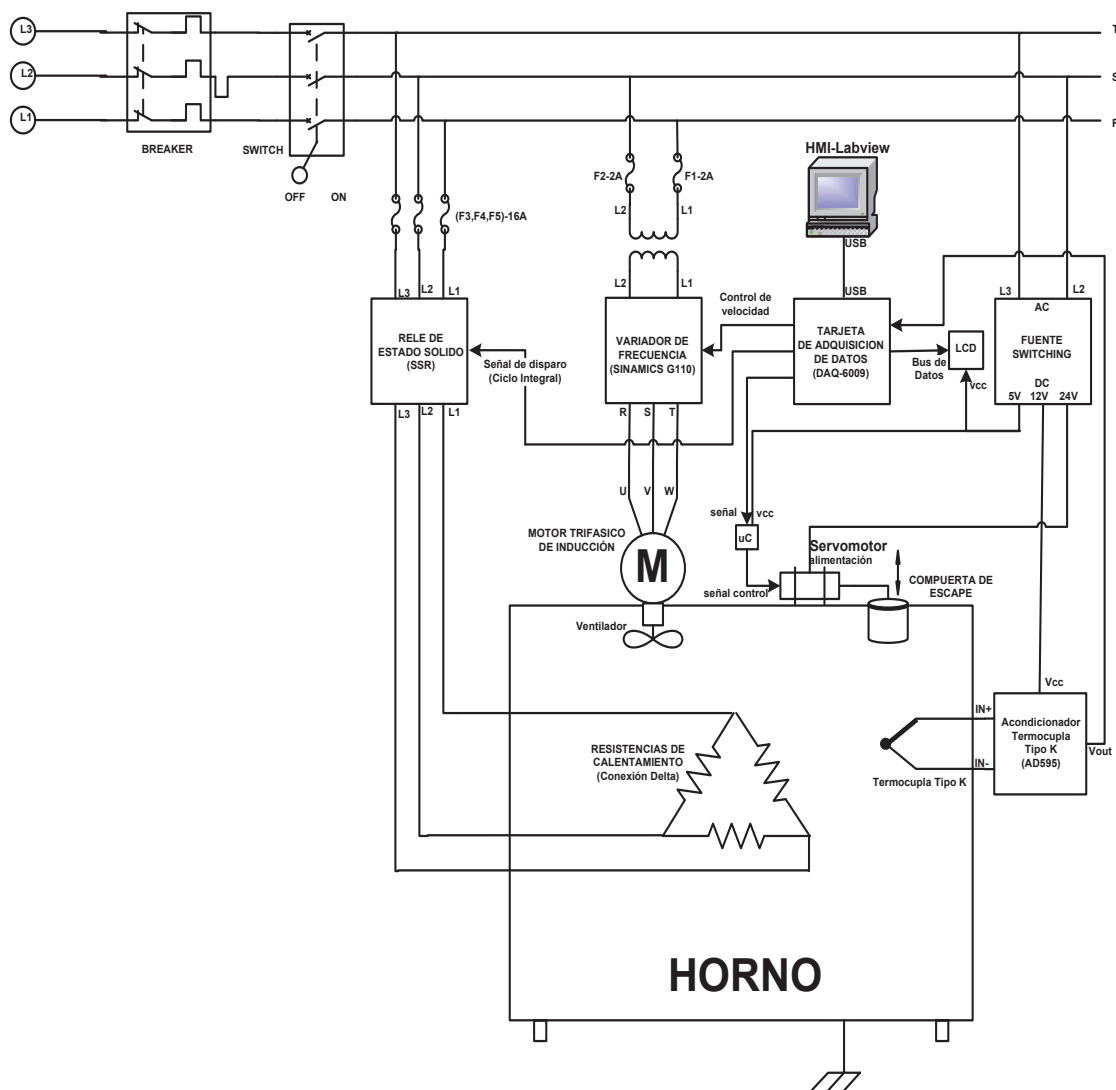


Figura 7