



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE MECATRÓNICA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA MEZCLADORA PARA
RECUBRIMIENTO DE GRAGEAS CON SISTEMA DE AIRE INCORPORADO**

CON CAPACIDAD DE 5KG

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

AUTORES:

MATEO ANDRÉ RAZA LASSO

RICARDO ANDRE SALAZAR CARVAJAL

TUTOR:

LORENA ALEJANDRA FERNÁNDEZ YÁNEZ

Quito – Ecuador

2024

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Nosotros, Mateo André Raza Lasso con documento de identificación N° 1718751983 y Ricardo Andre Salazar Carvajal con documento de identificación N° 1750822916; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que, sin fines de lucro, la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 23 de febrero del 2024

Atentamente,

Ricardo Andre Salazar Carvajal
1750822916

Mateo André Raza Lasso
CI 1718751983

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, **Mateo André Raza Lasso** con documento de identificación N° 1718751983 y **Ricardo Andre Salazar Carvajal** con documento de identificación N° 1750822916, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del *Dispositivo Tecnológico*: “Diseño Y Construcción De Una Máquina Mezcladora Para Recubrimiento De Grageas Con Sistema De Aire Incorporado Con Capacidad De 5kg”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero/a en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 23 de febrero del 2024

Atentamente,



Ricardo Andre Salazar Carvajal
1750822916



Mateo André Raza Lasso
CI 1718751983

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Lorena Alejandra Fernández Yánez, con documento de identificación N° 1717366098, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA MEZCLADORA PARA RECUBRIMIENTO DE GRAGEAS CON SISTEMA DE AIRE INCORPORADO CON CAPACIDAD DE 5KG, realizado por **Mateo André Raza Lasso** con documento de identificación N° 1718751983 y **Ricardo Andre Salazar Carvajal** con documento de identificación N° 1750822916, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de un *Dispositivo Tecnológico* que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 23 de febrero del 2024

Atentamente,



Ing. Lorena Alejandra Fernández Yánez, MSc.

1717366098

DEDICATORIA

Dedico este documento a mi mamá Ximena del Rocío Carvajal Flores, mi papá Gustavo Patricio Salazar Lanas, quienes con todo el cariño me brindaron la oportunidad para seguir adelante, y me apoyan para cumplir todas mis metas, a mi abuelita Julia Margarita Flores Pasquel y a mi hermana Patricia Isabel Salazar Carvajal que fueron mi apoyo para culminar cada etapa de mi vida y a mis mascotas Makani y Candy que fueron y son un apoyo emocional muy grande e importante para mí. A toda mi familia que siempre los guardaré en mi corazón.

Atentamente:

Ricardo Andre Salazar Carvajal

DEDICATORIA

A mi abuela que siempre ha estado a mi lado de una manera incondicional, formándome desde el hogar, con buenos hábitos, buena educación y me ha ayudado a salir adelante en cada uno de los malos momentos que he pasado sobre todo por ser mi segunda madre y quererme sobre todas las cosas.

A mi Abuelo que me ha apoyado de manera económica siempre y haberme dado la confianza para estudiar lo que más me ha gustado, por haberme llenado de sabiduría y todo su conocimiento en el área de la mecánica.

A mi Madre por esforzarse para darme siempre una educación de calidad y haberme apoyado en todos los sueños que me he planteado, por haberme aconsejado y ayudado en los momentos más difíciles de mi vida, por haberme demostrado lo que es el esfuerzo y lo que es ser padre y madre a la vez.

Mateo André Raza Lasso

AGRADECIMIENTO

Agradezco a toda mi familia que me ayudó en toda mi carrera universitaria, a aquellos profesores que con toda la paciencia del mundo siempre me instruyeron de la mejor manera y me ayudaron en todas mis falencias y a los compañeros que llegué a formar en todo este transcurso. Un agradecimiento especial a mi tutora de titulación MSc. Alejandra Fernández Yáñez que fue mi guía para terminar la carrera, este proyecto y forma parte de los profesores que recordaré con mucho aprecio.

Ricardo Andre Salazar Carvajal

AGRADECIMIENTO

El principal agradecimiento a mi familia cercana, que desde pequeño me han querido mucho y me han sabido apoyar desde pequeño y por el gran cariño que me han demostrado desde siempre de manera incondicional, a mi primo David que siempre me ha sabido cuidar, enseñar y apoyar en todas mis locuras, por los grandes consejos y inspiración para haber estudiado esta carrera.

A mis verdaderos amigos, los cuales siempre estuvieron ahí apoyándome cuando más lo necesité, por sus consejos y por su gran presencia y apoyo que me supieron brindar a lo largo de estos años y me han dado la fortaleza para seguir adelante y no rendirme.

A mi compañero de trabajo de titulación, el cual apoyó a la realización del proyecto y también me ha demostrado una buena amistad pese a todos los problemas que se nos han cruzado, siendo así una persona a quien admiro mucho como profesional y más que todo como ser humano.

Por último, pero no menos importante, a la tutora del Trabajo de Titulación que nos ayudado y instruido no solo en la elaboración de dicho proyecto, sino que a lo largo de nuestra formación académica profesional y preparación para los desafíos que se nos presentarán en el futuro.

Mateo André Raza Lasso

ÍNDICE

RESUMEN	XIV
ABSTRACT	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVI
OBJETIVOS.....	XVI
Objetivo general.....	XVI
Objetivos específicos	XVI
Problema de estudio.....	XVI
Justificación	XVII
CAPÍTULO I.....	1
Marco Teórico y selección de alternativas.....	1
1.1. Historia de la confitería	1
1.2. Grageas	1
1.3. Diversos tipos de núcleos y recubrimientos en las grageas.....	2
1.3.1. Grageas de macadamia salada y curry madrás	2
1.3.2. Grageas de almendra y coco.....	2
1.3.3. Grageas de pistacho y frambuesa	3
1.3.4. Grageas de tiramisú	3
1.3.5. Grageas avellanas y chocolate.....	4
1.4. Proceso de elaboración de las grageas.....	4
1.4.1. Enfriamiento de los frutos secos.....	4
1.4.2. Recubrimientos.....	5
1.4.3. Redondeado de las grageas.....	5
1.4.4. Acabado final.....	5
1.4.5. Almacenamiento de las grageas	5
1.5. Los aceros inoxidables.....	5
1.5.1. Propiedades Mecánicas.....	6
1.5.2. Clasificación de aceros inoxidables.....	6
1.5.2.1. Acero inoxidable martensítico.....	6
1.5.2.2. Acero inoxidable ferrítico.....	6
1.5.2.3. Acero inoxidable austenítico	7
1.5.2.4. Acero inoxidable dúplex.....	7
1.5.2.5. Aceros inoxidables por precipitación	7

1.5.3.	Los aceros inoxidables y la corrosión.....	7
1.5.4.	Uso de los aceros inoxidables.....	8
1.6.	Análisis de alternativas de diseño.....	8
1.6.1.	Máquina tipo batidora para garrapiñar (Opción 01).....	8
1.6.1.1.	Beneficios	9
1.6.1.2.	Limitantes	9
1.6.2.	Máquina para recubrimiento todo en uno (Opción 2)	9
1.6.2.1.	Beneficios	10
1.6.2.2.	Limitantes	10
1.6.3.	Máquina de recubrimiento de película by-1250 de alta calidad (Opción 3)	10
1.6.3.1.	Beneficios	11
1.6.3.2.	Limitantes	11
1.7.	Identificación de necesidades	11
1.8.	Identificación de la alternativa más viable	12
CAPÍTULO II.....		14
Diseño		14
2.1.	Diseño mecánico.....	14
2.1.1.	Sistema de recubrimiento	14
2.1.2.	Volumen del recipiente/bowl.....	14
2.1.3.	Cálculo de la potencia del motor	16
2.1.4.	Cálculo del factor seguridad del eje del motor	19
2.1.5.	Selección de pernos	21
2.1.6.	Cálculo de la unión soldada.....	24
2.1.7.	Simulaciones estáticas	29
2.2.	Diseño electrónico	30
2.2.1.	Control PID.....	31
CAPÍTULO III		38
Implementación.....		38
3.1.	Implementación y conexiones del motor	38
3.2.	Implementación y conexiones del sistema calefactor	41
CAPÍTULO IV		45
Resultados y pruebas de funcionamiento.....		45
4.1.	Pruebas del control PID.....	45
4.2.	Pruebas del recubrimiento en varios núcleos	46

4.3.	Análisis de resultados	49
4.4.	Manuales de operación y mantenimiento	50
4.5.	Manual de Operación.....	51
4.6.	Manual de mantenimiento	51
4.7.	Mantenimiento general.....	51
4.8.	Mantenimiento interior	52
4.9.	Recomendaciones	52
4.10.	Análisis de costos	52
4.10.1.	Costos directos.....	53
4.10.2.	Costos indirectos.....	54
4.10.3.	Costo final.....	54
4.10.4.	VAN y TIR	54
CONCLUSIONES.....		57
RECOMENDACIONES		59
REFERENCIAS		60
ANEXOS		62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Grageas cubiertas de chocolate [4].	1
Figura 2. Gragea de macadamia y curry [6].	2
Figura 3. Gragea de almendras cubiertas con chocolate de coco [8].	3
Figura 4. Gragea de pistacho y frambuesa [8].	3
Figura 5. Grageas de tiramisú [8].	4
Figura 6. Grageas de chocolate con avellana [8].	4
Figura 7. Máquina tipo batidora para garrapiñar [18].	9
Figura 8. Máquina para recubrimiento todo en uno [19].	10
Figura 9. Máquina de recubrimiento de película by-1250 de alta calidad [20].	11
Figura 10. Modelado del bowl.	16
Figura 11. Concentración de grageas en el bowl, para determinar distancia del brazo.	17
Figura 12. Limite elástico AISI 304	20
Figura 13. Unión con pernos sometida a esfuerzo cortante y tensión	21
Figura 14. Propiedades mecánicas para pernos métricos [21].	23
Figura 15. Piezas para soldar	25
Figura 16. Propiedades torsionales de la soldadura de filete [21]	26
Figura 17. Soldadura base motor.	27
Figura 18. Esfuerzo de Von Mises aplicado al eje del motor.	29
Figura 19. Deformaciones del eje del motor	30
Figura 20. Factor de seguridad del eje.	30
Figura 21. Gráfica de la respuesta a escalón a partir de datos experimentales.	32
Figura 22. Respuesta al escalón en un sistema de primer orden	33
Figura 23. Planta obtenida a partir de MATLAB	34
Figura 24. Código utilizado en MATLAB para obtener los parámetros del controlador	34
Figura 25. Valores para las constantes del PID obtenidas de MATLAB	35
Figura 26. PID en simulink.	35
Figura 27. Respuesta del control PID en simulink	36
Figura 28. Respuesta de un sistema PID [31].	36
Figura 29. Esquema de fuerza y control del motor.	39
Figura 30. Motorreductor monofásico.	39
Figura 31. Cableado del motor	40
Figura 32. Botonera principal de la máquina.	40
Figura 33. Estructura para elevar e inclinar el motor a 30°	41
Figura 34. Ensamble de la botonera, motor y tubo de aire.	41
Figura 35. Diagrama de conexiones del controlador de temperatura	42
Figura 36. Estructura para el sistema de aire temperado.	43
Figura 37. Vista frontal de la máquina terminada.	43
Figura 38. Máquina en funcionamiento.	44
Figura 39. Funcionamiento del controlador de temperatura.	45
Figura 40. Valores registrados por el sensor LM35.	46
Figura 41. Representación gráfica de los datos del sensor.	46
Figura 42. Grageas de avellanas y chocolate.	47

Figura 43. Grageas de almendra y chocolate.....	48
Figura 44. Grageas de maní y chocolate.....	48
Figura 45. Grageas de bolitas de caramelo.....	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Evaluación de las alternativas de diseño.	13
Tabla 2. Evaluación de alternativa de diseño por ponderación.	13
Tabla 3. Desempeño de alternativas de diseño.	14
Tabla 4. Masas y volumen desplazado de agua del experimento por el principio de Arquímedes.	15
Tabla 5. Volumen ocupado por las diferentes semillas	15
Tabla 6. Dimensiones del bowl	16
Tabla 7. Carga sujeta al motor	16
Tabla 8. Características del motorreductor.	18
Tabla 9. Datos experimentales del sistema de aire	31
Tabla 10. Componentes electrónicos conexiones.	42
Tabla 11. Resumen de los resultados finales de las grageas.	50
Tabla 12. Costos del material eléctrico o electrónico.	53
Tabla 13. Costos de los materiales mecánicos.	53
Tabla 14. Costos indirectos de fabricación.	54
Tabla 15. Costo total.	54
Tabla 16. Costos de producción de 5kg grageas.	55
Tabla 17. Cálculo del VAN.	55
Tabla 18. Cálculo del TIR	56

RESUMEN

En el siguiente proyecto se detalla el diseño y construcción de una máquina manufacturada en el país y de costo moderado, capaz de elaborar grageas de dulce, recubriendo diferentes tipos de núcleos como macadamias, avellanas, entre otros con sus respectivas cubiertas.

Se planea que este equipo se tenga la capacidad de elaborar 5 kg de grageas, además de que sea amigable con el usuario para que cualquier persona pueda operarlo, con dichas especificaciones se implementa un bowl giratorio que asegura el movimiento angular y cumple con la función de esparcir la cubierta de manera uniforme y evitar que las grageas se peguen unas a otras, además de incorporar un sistema de aire temperado para derretir y solidificar las cubiertas de manera más rápida y eficiente.

Con el diseño y construcción de la máquina se logra un beneficio económico y tecnológico en la industria de la confitería, reduciendo costos, mano de obra y tiempo en la elaboración de estos productos.

Palabras claves: sistema aire temperado, movimiento angular, recubrimiento de grageas

ABSTRACT

The following project details the design and construction of a machine manufactured in the country and of moderate cost, capable of making candy dragees, coating different types of cores such as macadamias, hazelnuts, among others with their respective covers.

It is planned that this equipment will have the capacity to produce 5 kg of dragees, in addition to being user-friendly so that anyone can operate it. With these specifications, a rotating bowl is implemented that ensures angular movement and fulfills the function of It spreads the coating evenly and prevents the dragees from sticking to each other, in addition to incorporating a hot/cold air system to melt and solidify the coatings faster and more efficiently.

With the design and construction of the machine, an economic and technological benefit is achieved in the confectionery industry, reducing costs, labor and time in the production of these products.

Keywords: hot/cold air system, angular movement, dragee coating

INTRODUCCIÓN

OBJETIVOS

Objetivo general

Diseñar y construir una máquina mezcladora para recubrimiento de grageas con sistema de aire incorporado con capacidad de 5kg.

Objetivos específicos

- Analizar la factibilidad de fabricación de un mecanismo de mezcla de grageas con control de parámetros del funcionamiento para el recubrimiento de las mismas.
- Realizar el diseño del equipo con cálculos y un software adecuado para facilitar su fabricación.
- Implementar la máquina con un sistema de aire frío/caliente que permita solidificar la cubierta de las grageas en un tiempo más reducido.
- Desarrollar pruebas de campo para verificar el funcionamiento en el recubrimiento de grageas.

Problema de estudio

Dentro de un pequeño emprendimiento las inversiones iniciales para las maquinarias son primordiales, por ende, una de las principales inquietudes de un emprendedor es el tratar de economizar y ahorrar costos para dichas máquinas. La gran mayoría de estas son manufacturadas en otros países y eso conlleva a que los costos de importaciones sean elevados por las políticas de aduanas del país. En el área de la repostería, se utilizan artefactos para el moleteado o recubrimiento de avellanas, maní, entre otros, estas se conocen como grageas y este procedimiento o técnica involucran aparatos tecnológicos, que solo se venden en países extranjeros, por lo que se suman valores al costo original de la maquinaria, esto depende de la clasificación en la que este pertenezca, y son impuestos determinados en leyes orgánicas y ordinarias y tasas por servicios aduaneros [1].

Por lo que, adquirir una de estas máquinas para recubrir grageas en el Ecuador puede llegar a ser demasiado caro, y el realizarlo a mano no es una opción, ya que involucra un esfuerzo físico grande y requiere de mucho tiempo.

Justificación

Según la página de las aduanas del Ecuador, un producto importado debe cumplir ciertos requerimientos y condiciones, tales como la verificación del tamaño del paquete, es decir si el artículo ocupará todo el contenedor o solo una fracción de este, en dado caso se cobrará un valor adicional del 5% del valor original del producto, además se suma un 0.5% que representará al fondo de desarrollo para la infancia, y el 12% que representa el valor del IVA que todos los objetos importados deben pagar [1].

El presente proyecto involucra el diseño una máquina que pueda realizar el recubrimiento de grageas y que sea manufacturado en el Ecuador, para así ahorrar costo y tiempo a los emprendedores del país, todo esto mediante la implementación de un sistema mejorado de las máquinas que ya existen en el mercado, innovando los mecanismos de esta para así convertirla en un proyecto actualizado a la tecnología del país para evitar los gastos de importación, solucionado así los problemas de un emprendimiento nacional. El diseñar y construir una máquina para recubrir grageas se planea solventar la problemática de los costos elevados de importaciones para estos equipos, porque para un emprendimiento el traer este tipo de artefactos resulta sumamente costoso, por eso se busca manufacturar este tipo de máquinas con productos que se pueden comprar en el país, iniciando desde el acero inoxidable para el tambor rotatorio, el aluminio para la carcasa exterior, hasta los componentes electrónicos como los microcontroladores, motores, etc. También al implementar la máquina dentro del emprendimiento se logra reducir el trabajo físico y los tiempos en los que una persona se demoraría en realizar todo este proceso a mano.

CAPÍTULO I

Marco Teórico y selección de alternativas

El presente capítulo habla sobre conceptos básicos de la confitería, las grageas, su historia, los diferentes tipos que existen y el su procedimiento de elaboración, para una mejor comprensión de estas, además abarca el tema de los aceros inoxidable, su clasificación, importancia en la industria de los alimentos y las alternativas de diseño para la elaboración de este confite.

1.1. Historia de la confitería

Confitar es fabricar o producir dulces, elaborados a base de azúcares de caña, remolacha y/o azúcares diversos. La confitería inicia cuando se descubren pequeñas lágrimas endurecidas en la caña de azúcar, antiguamente en roma se la utilizaba con fines médicos, además de que la utilizaban como endulzantes para sus preparaciones, los usos no médicos se extendieron velozmente por Europa y surgen los creadores de confites o pasteleros, generando interés en la nobleza y añadiéndolas al final de todas sus comidas. En países árabes se popularizó los dulces de azúcar con frutos secos y así se fue esparciendo por todo el continente, evolucionando la industria con el paso del tiempo y desarrollando nuevas categorías como gomas, gelatinas, caramelos y chocolates [2].

1.2. Grageas

Las grageas provienen de la confitería y están recubiertas por una capa protectora que por lo general es de azúcar, en el interior de este recubrimiento pueden ser líquidos, blandos o duros como se presenta en la Figura 1, este tipo de confite se lo realiza por un proceso de grajeado en pailas de rotación sobre un eje oblicuo. Las grageas y los productos recubiertos cada vez se vuelven más relevantes en el ámbito de los snacks, dulces y chocolates, por sus diversas presentaciones, texturas y sabores [3].



Figura 1. Grageas cubiertas de chocolate [4].

Las grageas pueden llevar en su interior almendras, avellanas, maní, frutas y diversos productos similares, siendo recubiertos por una capa de chocolate, abrigantada o no y algunos otros aditivos de grado alimenticio [5].

1.3. Diversos tipos de núcleos y recubrimientos en las grageas

1.3.1. Grageas de macadamia salada y curry madrás

Las macadamias pertenecen a la familia de las nueces y nutricionalmente hablando contienen vitaminas, minerales, fibra, antioxidantes y grasas saludables, por eso para un aperitivo son perfectas dentro de las grageas, cubiertas con una mezcla de polvos de varias especias tales como: Sal, cilantro, alcaravea, hinojo, fenogreco, cúrcuma, chili, curry y alcaravea, el chili puede ser o no picante como se indica en la Figura 2, añadidos con algo de jarabe de glucosa menor al 0.3% [6].



Figura 2. Gragea de macadamia y curry [6].

1.3.2. Grageas de almendra y coco

Las almendras son frutos secos cuyos valores nutricionales son densos, cada 100 gramos de almendras aportan 579Kcal, vitaminas como la B1, B2, B3, B5, entre otras, son muy utilizadas en el mundo de la repostería, en turrone, mazapanes, tartas grageas, entre otras. Como centro o núcleo de las grageas vienen cubiertas con chocolate o coberturas de coco como se muestra en la Figura 3 siendo esta última una de las que mejor se lleva con respecto a sabores [7].



Figura 3. Gragea de almendras cubiertas con chocolate de coco [8].

1.3.3. Grageas de pistacho y frambuesa

Los pistachos son frutos secos ricos en aceites, hidratos de carbono, fosfora, hierro, magnesio, vitamina E, entre otros, son un alimento calórico, ayudan a reducir el colesterol total y triglicéridos. Además de que contienen poca grasa saturada [9] envueltas con una cobertura de frambuesa en polvo, manteca de cacao y cobertura Ariaga Blanche 30% como se indica en la Figura 4, forman parte de las grageas más ricas, aunque laboriosas de hacer.



Figura 4. Gragea de pistacho y frambuesa [8].

1.3.4. Grageas de tiramisú

Este tipo de grageas emplean nueces que están constituidos principalmente de ácidos grasos monoinsaturados, cobre, potasio, arginina, magnesio, vitamina E y fibra, estos frutos secos están relacionados con la disminución de la presión arterial y riesgos cardiovasculares [10]. Las grageas de tiramisú son nueces partidas y envueltas con cobertura blanca café y con una capa de cacao en polvo como se indica en la Figura 5.



Figura 5. Grageas de tiramisú [8].

1.3.5. Grageas avellanas y chocolate

Las avellanas europeas, originarias de Europa y Asia, son un fruto seco altamente nutritivo con grandes cantidades de proteínas y minerales. Es un alimento rico en calcio y energético por su contenido de aceites, carbohidratos, proteínas y un excelente antioxidante. Es muy común dentro de la confitería, garrapiñadas o mezcladas con chocolate, de esta forma es muy regular verlas en grageas como se indica en la Figura 6 [11].



Figura 6. Grageas de chocolate con avellana [8].

1.4. Proceso de elaboración de las grageas

A continuación, se detallarán los procedimientos a realizar para la fabricación de grageas:

1.4.1. Enfriamiento de los frutos secos

Para cualquier tipo de grageas lo primero que se debe hacer es extender el fruto seco sobre una bandeja y colocarlo en el congelador, en la mayoría de los casos durante unos 15 minutos, pero puede variar a 3 horas según la gragea que se esté utilizando [8].

1.4.2. Recubrimientos

Una vez los frutos secos o núcleos se hayan enfriado se coloca en el bowl de la grageadora a revoluciones mínimas o bajas, se añade la cobertura de a poco a una temperatura de 40°C, ayudándose de una manga pastelera para controlar la cantidad de chocolate que se añade, incorporándose a intervalos regulares, hasta que el núcleo quede envuelto perfectamente, durante este proceso es importante que exista una circulación de aire a no más de 25°C para que la cubierta se vaya solidificando poco a poco [12].

1.4.3. Redondeado de las grageas

Para este procedimiento es necesario apagar el flujo de aire frío y encender el aire caliente, este debe tener una temperatura entre 45° y 50°C para ablandar la capa de recubrimiento para que con el movimiento del bowl se vayan redondeando, se debe cambiar a aire frío nuevamente para que no se derrita en totalidad el chocolate, ni se peguen entre si las grageas, repitiendo estos cambios de temperatura varias veces hasta obtener la forma que se espera [12].

1.4.4. Acabado final

Para el acabado final, una opción es agregar brillo a las grageas, esto se puede hacer con jarabes a base de agua, otra opción es dar un rebozado con cacao, canela, u otros productos en polvo [12].

1.4.5. Almacenamiento de las grageas

Para almacenar las grageas es necesario evitar la humedad, por lo que conservarlas en un lugar fresco y seco es importante ya seas envasándolas al vacío, con atmósfera o en un recipiente, con una temperatura ideal entre los 16° a 18°C [12].

1.5. Los aceros inoxidables

Estos metales son combinaciones con otros metales basadas en cromo, con un mínimo del 12% de este material, formando una película inerte a las reacciones químicas en la superficie, esto le otorga su rasgo característico que es la resistencia a la corrosión, además de que cuentan con otras características, tales como: propiedades higiénicas, resistencia mecánica, resistencia a altas temperaturas, criogénicas, y totalmente

reciclables, por todas estas propiedades los hace perfecto para la elaboración de utensilios domésticos, equipos hospitalarios, industrias que trabajan con alimentos, entre otros.

El acero inoxidable dentro de la industria alimentaria permite evitar la contaminación de las materias principales debido a la actividad de organismos, previene la presencia de bacterias al aumentar o disminuir las temperaturas [13].

1.5.1. Propiedades Mecánicas

Los aceros inoxidables cuentan con propiedades mecánicas que juegan un papel fundamental en su selección y aplicaciones en diversas industrias. Estas propiedades se refieren a la reacción del material frente a las fuerzas aplicadas, y son afectadas por la composición química, el tratamiento en caliente y los ciclos de fabricación [14].

1.5.2. Clasificación de aceros inoxidables

Hay cinco categorías principales de aleaciones, y cada una está relacionada con las estructuras cristalinas que se generan en ellas. Estas categorías son: aleaciones endurecidas por precipitación, dúplex, martensita, ferrita y austenita [15].

1.5.2.1. Acero inoxidable martensítico

Estos aceros son aleaciones con hierro, carbono (1%) y cromo en una proporción que varía entre el 10.5% y 18%, al tener hierro dentro de su composición lo hace un material ferromagnético, además de que cuenta con la ventaja de que estos pueden ser endurecidos por tratamientos térmicos, sin embargo, su resistencia a la corrosión es baja, por lo que algunos contienen pequeñas cantidades de níquel para aumentar esta resistencia, o se les suele pasar por procesos de templado y pulidos. Los aceros martensíticos son de fácil maquinado, para trabajos en caliente o frío, además de que poseen una tenacidad buena [16].

1.5.2.2. Acero inoxidable ferrítico

Son aleaciones de hierro y cromo y a diferencia de los austeníticos, estos si son ferromagnéticos. Teniendo cromo por encima del 10.5% para así garantizar que se formará la película protectora de cromita y puede variar hasta alcanzar el 30% de este elemento, estos aceros poseen una ductilidad promedio y su gran desventaja es que su resistencia a las temperaturas altas es poca, por eso la tenacidad de estos aceros es

condicionada a bajas temperaturas. La gran ventaja frente a los aceros austeníticos inoxidables es su capacidad de resistirse a la corrosión bajo tensión [16].

1.5.2.3. Acero inoxidable austenítico

Este tipo de aceros presentan una composición de cromo que oscila entre 16% y 26%, además de que el contenido de níquel y manganeso oscila entre cantidades del 35% de níquel y 16% de manganeso. La estructura austenítica se regula a temperatura ambiente mediante a la incorporación de elementos tales como el níquel, nitrógeno y manganeso. No son metales ferromagnéticos y solo pueden ser endurecidos por trabajado. Poseen gran resistencia mecánica ante las elevadas temperaturas y son muy resistentes a los impactos, sin embargo, son difíciles de maquinar [16].

1.5.2.4. Acero inoxidable dúplex

Este tipo de aceros son aleaciones que principalmente contienen cromo, níquel, aunque con variantes en donde se añaden silicio, cobre y molibdeno. Los aceros dúplex están constituidos por ferrita y austenita, su principal uso es en la industria petrolera, petroquímica, fabricación de papeles y básicamente en todas aquellas que se dediquen al control de contaminaciones [16].

1.5.2.5. Aceros inoxidables por precipitación

Están constituidos por hierro, cromo y níquel, su principal característica es su elevada resistencia mecánica y dureza, estas se deben a la precipitación de partículas complejas en una matriz ya sea austenítica o ferrítica, siendo muy utilizados en el sector aeroespacial y además de sectores de alta tecnología, posee unas propiedades mecánicas similares a los aceros martensíticos [16].

1.5.3. Los aceros inoxidables y la corrosión

La corrosión se refiere al desgaste de un material metálico debido a un fenómeno químico, esta no es un suceso único de los metales, también puede presentarse en otros materiales tales como; los plásticos, concreto, fibras, etc. La mayor parte de los metales que son hallados en la naturaleza, están en un estado combinado (óxidos, sulfuros, entre otros), aquí la energía es menor que cuando se encuentran en estado metálico, por lo que estos tienden a generar reacciones químicas para formar compuestos.

La capacidad de resistir la corrosión de los aceros inoxidable es debido a una película extremadamente delgada de óxido de cromo, que se encuentra en la capa exterior del material, otorgándole una capacidad de oponerse a la corrosión húmeda y seca, entre otras características. En el caso de que el acero perdiera esta película de óxido de cromo, ya sea por abrasión, cortes o maquinados, se vuelve a generar otra capa al instante cuando el cromo presente en la aleación reacciona con el oxígeno del ambiente. Muchas de las aleaciones de los aceros inoxidable, contienen además níquel dentro de su composición, este elemento le otorga más resistencias a la corrosión y es incorporado al acero durante su fase de fusión, con el propósito de conferirle resistencia a la corrosión en toda su estructura, de esta manera procedimientos como el chapeado, pintado o los diversos tratamientos superficiales que existen, resultan innecesarios en este tipo de aceros.

1.5.4. Uso de los aceros inoxidable

El uso de los aceros inoxidable está sujeto a las condiciones oxidantes del entorno en el que se encuentre, si imperan estas condiciones, este tipo de aceros son superiores a cualquier otra de aleación más noble, sin embargo, es importante tener en consideración que, entre los aceros inoxidable de la misma categoría, la resistencia a la corrosión difiere de un tipo a otro.

Entre mayores sean las condiciones ambientales que ayuden a la oxidación del metal se deberá aumentar las concentraciones de cromo, alrededor del 18% de Cr es suficiente para soportar las más fuertes condiciones ambientales [17].

1.6. Análisis de alternativas de diseño

A continuación, se examina cada opción de diseño con el objetivo de evaluar el desempeño, funcionalidad, viabilidad, entre otros parámetros, que permiten tomar una decisión eficaz para el diseño de la máquina.

1.6.1. Máquina tipo batidora para garrapiñar (Opción 01)

La máquina tipo batidora para garrapiñar mostrada en la Figura 7 es un modelo con una rampa que le otorga un ángulo de inclinación de 30° al bombo confitero para mayores resultados, este bombo posee unas palas curvas que ayudan al giro de los alimentos y otorga una mayor uniformidad cuando se están recubriendo, garantizando una mezcla continua y constante [18].



Figura 7. Máquina tipo batidora para garrapiñar [18].

1.6.1.1. Beneficios

- Sus palas curvas incorporadas en el bowl permiten que las grageas se recubran de una manera más uniforme.
- Al ser un modelo tipo batidora, también cumple esas funciones de mezclar otros productos de repostería.

1.6.1.2. Limitantes

- No posee un sistema de aire temperado, por lo que es difícil conseguir que las cubiertas se solidifiquen rápido.
- Tiene una base para otorgarle el ángulo de 30° por lo que puede llegar a ser estorboso el estar quitándola y poniéndola.
- Tiene un costo elevado ya que son dos accesorios independientes.

1.6.2. Máquina para recubrimiento todo en uno (Opción 2)

Esta máquina mostrada en la Figura 8 funciona por medio de un tambor rotatorio, cargando los rellenos en el recipiente y posteriormente se agrega el producto para el recubrimiento o moleteado; incorpora un sistema de soplado de aire que controla el proceso del envolvimiento del núcleo, equipado con un tubo especial con el que se puede dirigir un flujo de aire directamente sobre las grageas, brindado de aire frío o caliente según se desee [19].



Figura 8. Máquina para recubrimiento todo en uno [19].

1.6.2.1. Beneficios

- Al ser una sola estructura, requiere de menos espacio físico y es más versátil.
- Incorpora el sistema de aire temperado que permite cristalizar y derretir las cubiertas de las grageas de manera más rápida y eficiente.
- Permite regular todos los parámetros de la máquina, las revoluciones del bowl, el flujo de aire y su temperatura, lo que significa mayor control en el proceso del moleteado.

1.6.2.2. Limitantes

- Al no tener un bowl desmontable se dificulta la limpieza del mismo.
- No cuenta con aire acondicionado, por lo que no tiene aire frío, sino que bota aire a temperatura ambiente.
- La máquina pesa 39kg por lo que es pesada y resulta complejo moverla o reposicionarla si así se desea.

1.6.3. Máquina de recubrimiento de película by-1250 de alta calidad (Opción 3)

El equipo mostrado en la Figura 9 cuenta con la función de recubrir con azúcar comprimidos y cápsulas para las industrias farmacéutica y alimentaria, además de que es empleada en el calentamiento de algunas semillas comestibles, el tambor tiene una inclinación de 30° y el sistema de calefacción se puede colocar directamente o por debajo del tambor, cuenta con una capacidad térmica de dos niveles [20].



Figura 9. Máquina de recubrimiento de película by-1250 de alta calidad [20].

1.6.3.1. Beneficios

- Cuenta con una capacidad entre 30 a 50 kg por lote, por lo que se pueden producir grandes cantidades de grageas.
- Además de ser empleada en la industria alimentaria, también tiene otras aplicaciones como en la industria farmacéutica.
- Cuenta con doble sistema de calefacción para usarlo tipo hornilla debajo del tambor y el tubo de flujo de aire que incorpora aire frío o caliente directamente.
- Cuenta con funciones industriales para manejar todos los aspectos de la máquina y obtener control en cada etapa del proceso.

1.6.3.2. Limitantes

- Es demasiado grande por lo que requiere de mucho espacio, además de ser una máquina pesada (200kg) que necesitará de otro equipamiento para su movilización.
- Tiene un precio muy elevado por lo que para un emprendimiento pequeño o medio es difícil de costear y recuperar la inversión.
- Solo lo venden en China y al ser un producto tan grande y pesado los costos de importaciones ascienden demasiado [21].

1.7. Identificación de necesidades

Para empezar, lo primordial es ubicar la necesidad a satisfacer para el reconocimiento; en ingeniería, una necesidad significa una condición para que un sistema o proceso cumpla con un objetivo, y son los cimientos sobre los cuales se realizan los diseños e implementan las soluciones tecnológicas. Una necesidad tecnológica denota una escasez de tecnologías

que son necesarias para operar en condiciones normales de trabajo, aquellas maquinarias o equipos que indispensables para la fabricación de un bien o servicio [22].

Para el recubrimiento de grageas se han tomado en cuenta las necesidades siguientes:

- **Capacidad:** Es la cantidad de producto que puede soportar la máquina, en este caso es de un máximo de 5kg.
- **Económico:** El costo de la máquina debe ser de bajo costo para que sea más rentable el manufacturarlo en el país que el importarlo del extranjero.
- **Confiabilidad y seguridad:** La máquina debe ser fabricada en acero inoxidable todas las partes en contacto directo con los alimentos y prevenir cualquier tipo de contaminación externa.
- **Mantenimiento:** Debe ser de fácil mantenimiento para asegurar una larga vida útil, además de que estos deben tener un coste bajo.
- **Accesible:** La máquina debe ser fácil de usar, sin dejar de lado el que se pueda controlar todos los parámetros de producción.

1.8. Identificación de la alternativa más viable

Para determinar la mejor opción de diseño se va a utilizar el método de toma de decisiones de criterio múltiple, donde una persona evaluará las distintas alternativas en base a indicadores de selección y asignará calificaciones de importancia a los indicadores [23]

Se asignaron valores cuantificables para evaluar y/o calificar las distintas alternativas de diseño para determinar cuál es la más viable, los valores son:

- Sobresaliente = 4
- Buena = 3
- Regular = 2
- Deficiente = 1

Después de identificar las necesidades, opciones de diseño y criterios a evaluar, se procede a evaluar las alternativas de acuerdo con las ponderaciones dadas, tal como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Evaluación de las alternativas de diseño.

Criterios	Opción 01	Opción 02	Opción 03
Capacidad	1	4	4
Económico	2	3	1
Confiabilidad y seguridad	3	4	4
Mantenimiento	3	3	2
Accesible	3	4	2
Total, de valoración	12	18	13

También se realiza una evaluación por ponderación, asignando un nivel de importancia a cada uno de los criterios, con el fin de determinar la necesidad más relevante en la cual se debe basar con mayor importancia el diseño del equipo, como se muestra en la **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida..**

Tabla 2. Evaluación de alternativa de diseño por ponderación.

Criterios	Ponderación	Opción 01	Opción 02	Opción 03
Capacidad	30%	0,3	1,2	1,2
Económico	25%	0,5	0,75	0,25
Confiabilidad y seguridad	15%	0,45	0,6	0,6
Mantenimiento	20%	0,6	0,6	0,4
Accesible	10%	0,6	0,4	0,2
Total	100%	2,45	3,55	2,65

Tras el análisis de la Tabla 1 y También se realiza una evaluación por ponderación, asignando un nivel de importancia a cada uno de los criterios, con el fin de determinar la necesidad más relevante en la cual se debe basar con mayor importancia el diseño del equipo, como se muestra en la **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida..**

Tabla 2 se ha determinado que la opción 02, es decir, la máquina para recubrimiento todo en uno es la opción más viable, contando con un puntaje de 18 en la Tabla 1 y un puntaje de 3,55 en la evaluación por ponderación (También se realiza una evaluación por ponderación, asignando un nivel de importancia a cada uno de los criterios, con el fin de determinar la necesidad más relevante en la cual se debe basar con mayor importancia el diseño del equipo, como se muestra en la **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida..**

Tabla 2), considerando así a esta como la alternativa de fabricación más favorable en comparación con las demás opciones, tal como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Desempeño de alternativas de diseño.

	Por valoración	Por ponderación
Opción 01	12	2,45
Opción 02	18	3,55
Opción 03	13	2,65

CAPÍTULO II

Diseño

El presente capítulo se centra en el diseño de los componentes que se implementarán en la máquina, su proceso de selección o el cálculo respectivo para su diseño, contemplando todos los factores que intervienen en estos, para garantizar la seguridad y vida útil de cada uno de los elementos.

2.1. Diseño mecánico

2.1.1. Sistema de recubrimiento

Para iniciar con los cálculos, primero se debe observar los tipos de grageas que existen en el mercado, cuáles son las más comunes y qué tipo de centro o núcleo utilizan, todo esto con el fin de saber sus densidades y obtener el valor del volumen del tazón para que cumpla con la capacidad de 5kg, luego se procede con el diseño de los componentes que integran el sistema completo de recubrimiento.

2.1.2. Volumen del recipiente/bowl

Para estimar el volumen del bowl, se necesita obtener la densidad aparente de cada uno de los núcleos más comunes utilizados en las grageas, para esto se aplica el principio de Arquímedes basado en que cuando un objeto se encuentra total o parcialmente sumergido en un fluido en estado de reposo, experimenta una fuerza ascendente que es equivalente al peso del fluido desplazado por dicho objeto, y observando la cantidad de fluido que se desplaza cuando el objeto se sumerge, se obtiene la densidad de dicho objeto [24] aplicando la Ecuación 1.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Donde:

ρ : Densidad [g/cm³]

m: Masa [g]

V: Volumen [cm³]

Los datos obtenidos en el experimento se representan en la Tabla 4.

Tabla 4. Masas y volumen desplazado de agua del experimento por el principio de Arquímedes

Núcleo	Masa de la muestra (g)	Volumen de desplazamiento (cm ³)	Densidad aparente (g/cm ³)
Avellana	90	105	0.857
Almendra	70	75	0.933
Macadamia	50	55	0.909
Pistacho	40	50	0.800

Como se observa en la Tabla 4 la semilla con menos densidad es el pistacho, esto servirá para calcular el volumen que ocupará 5000g de esta y así determinar el volumen del bowl.

Tabla 5. Volumen ocupado por las diferentes semillas

Semilla	Densidad (g/cm ³)	Volumen (cm ³)	Volumen (L)
Avellana	0.857	5834.305	5.834
Almendra	0.933	5359.057	5.359
Macadamia	0.909	5500.550	5.500
Pistacho	0.800	6250.000	6.250

Como se demuestra en la Tabla 5, la semilla que mayor volumen ocupa es el pistacho con un total de 6.25l para 5 kg de estas, por lo que se trabajará en base a este volumen, teniendo en cuenta este dato, se sobredimensiona la capacidad del bowl aproximadamente 2 veces más con el objetivo de que las semillas tengan el suficiente espacio para que se distribuyan por todo el recipiente libremente y se puedan recubrir de manera uniforme, por lo que el volumen final del recipiente debe ser de un mínimo de 12.5l.

Para realizar el bowl de grageas, se considera adquirir dos recipientes de ensaladas de acero inoxidable, para juntarlos y dar la forma al bowl de la máquina, dentro de estos recipientes comerciales los más comunes son de 3, 5 y 8 litros, por lo que se optó por adquirir el de 8 litros formando así un bowl de 16 litros totales, superando así los

requerimientos mínimos del recipiente. Una vez juntos ambos recipientes se toman las respectivas medidas y se las representa en la Tabla 6.

Tabla 6. Dimensiones del bowl

D (mm)	d (mm)	h (mm)	Volumen (l)
280	140	260	16

Con ayuda de un software CAD (Solidworks) se realizó un modelado 3D con dichas medidas, tal como muestra la Figura 10.

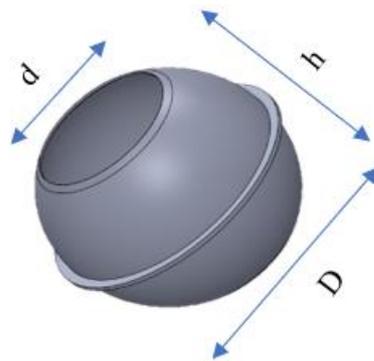


Figura 10. Modelado del bowl

2.1.3. Cálculo de la potencia del motor

El presente cálculo determinará la potencia necesaria para que el motor sea capaz de mover toda la carga a la que está sujeto representado en la Tabla 7.

Tabla 7. Carga sujeta al motor

Objeto	Peso (kg)
Grageas	5
Bowl	1
Otros	5
Total	11

Para determinar la potencia del motor se debe obtener el torque necesario para este trabajo, el cual se calcula por medio de la Ecuación 2.

$$T = F \times d \quad (2)$$

$$T = 107,91 \times 0,14$$

$$T = 15,11 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Donde:

T: Torque [$\text{N} \cdot \text{m}$]

F: Fuerza [N]

d: Distancia del brazo [m]

Utilizando los datos de la Tabla 7 se tiene que el peso que soportara el motor, con un total de 11 kg, para obtener la fuerza necesaria para el cálculo del torque es importante multiplicar este dato por la gravedad (9.81 m/s^2) obteniendo un resultado de 107,91 [N] posteriormente se necesita la distancia del brazo, demostrada en la Figura 11.

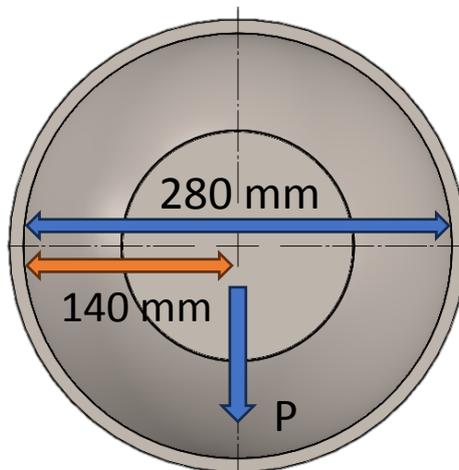


Figura 11. Concentración de grageas en el bowl, para determinar distancia del brazo

Una vez calculado el torque, se emplea la Ecuación 3 para determinar la potencia requerida en el motor.

$$P = T \times \omega \quad (3)$$

$$P = 15,11 \times 3,14$$

$$P = 47,46 \approx 50 \text{ [W]}$$

Donde:

P: Potencia del motor [W]

T: Torque [$\text{N} \cdot \text{m}$]

ω : Velocidad angular [rad/s]

Según Beckett [25] la velocidad de giro del bowl oscila entre las 22-25 rpm para el recubrimiento de los núcleos para formar las grageas, sin embargo, según Bogusz [26] la velocidad adecuada varía entre 12-30 rpm, por lo que se considerará los 30 rpm debido a que revoluciones bajas, las grageas no se recubren de manera uniforme. Para reemplazar este dato en la Ecuación 3, primero se debe transformar a rad/s multiplicando el dato por $\pi/30$ obteniendo así 3,14 rad/s.

La Ecuación 4 presenta la conversión de watts a HP.

$$P = 50 [W] * \frac{1}{745,7} = 0,067 [hp] \quad (4)$$

Considerando los cálculos del motor se evidencia que la potencia requerida es baja, por lo que uno de menos de 1HP es ideal, en este caso se seleccionó uno de ¼ HP con las especificaciones detalladas en la Tabla 8, cabe recalcar que se utilizará una caja reductora para limitar las revoluciones a 30 rpm, esta cuenta con una relación de 60:1 que suplirá con la velocidad necesaria requerida para recubrir las grageas.

El motor seleccionado es el MOTOREDUCTOR AC WEG W12 MONOFÁSICO 0.25HP 110/220V + ORTOGONAL ALUMINIO i:60 30RPM FS1.0

Tabla 8. Características del motorreductor

DATOS DEL MOTOR	
Marca	WEG
Potencia	0.25 HP
Revoluciones	1760
Frecuencia	60 Hz
Torque motor nominal	1.01
Tipo brida	FF+115
Eficiencia del motor	IE 2
DATOS DEL REDUCTOR	
Tipo	Ortogonal
Modelo	FCN
Material	Aluminio

Relación de transmisión	60
Velocidad de salida	29.33

2.1.4. Cálculo del factor seguridad del eje del motor

Para determinar el factor de seguridad primero emplea la Ecuación 5 para obtener el área del eje, teniendo en cuenta que este tiene un diámetro normalizado de 18 mm debido a los parámetros de fabricación de la caja reductora, por lo que queda:

$$A = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 \quad (5)$$

$$A = \pi \left(\frac{18}{2}\right)^2$$

$$A = 254,47 \text{ mm}^2$$

Donde:

A: Área del círculo [mm²]

d: Diámetro del círculo [mm]

π : Constante

Una vez calculado el área del eje, se emplea la Ecuación 6 para obtener el esfuerzo al que el eje es sometido.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (6)$$

$$\sigma = \frac{107,91}{254,47}$$

$$\sigma = 0,42 \text{ MPa}$$

Donde:

F: Fuerza nominal interna resultante [N]

σ : Esfuerzo normal [MPa]

A: Área transversal [mm²]

La fuerza nominal interna resultante es la misma utilizada en la Ecuación 2, por lo que es igual a 107,91 N.

Por último, se emplea la Ecuación 7, para el factor de seguridad, considerando que el resultante de este cálculo debe ser mayor a 2 [27] y un límite elástico para el acero inoxidable AISI 304 de 206,807 [MPa] tomado del software de diseño SOLIDWORKS como se muestra en la Figura 12.

$$F_s = \frac{\sigma_{material}}{\sigma_{calculado}} \quad (7)$$

$$F_s = \frac{206,807}{0.42}$$

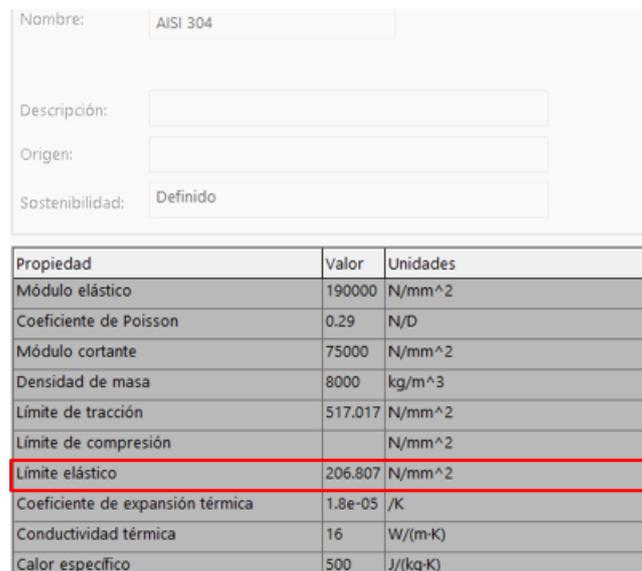
$$F_s = 487,69$$

Donde:

Fs: Factor de seguridad

$\sigma_{material}$: Esfuerzo del material/ Límite elástico [MPa]

$\sigma_{calculado}$: Esfuerzo de trabajo o de diseño [MPa]



Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	190000	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	0.29	N/D
Módulo cortante	75000	N/mm ²
Densidad de masa	8000	kg/m ³
Límite de tracción	517.017	N/mm ²
Límite de compresión		N/mm ²
Límite elástico	206.807	N/mm ²
Coefficiente de expansión térmica	1.8e-05	/K
Conductividad térmica	16	W/(m-K)
Calor específico	500	J/(kg-K)

Figura 12. Limite elástico AISI 304

Como se esperaba, el factor de seguridad es sobredimensionado, sin embargo, cumple con la función solicitada y garantiza que no fallará a la fuerza aplicada.

2.1.5. Selección de pernos

Dentro de la máquina se utilizará uniones por medio de pernos, por lo que se necesita calcular el diámetro de dicho perno para asegurar que puede soportar la carga y el esfuerzo al que es sometido.

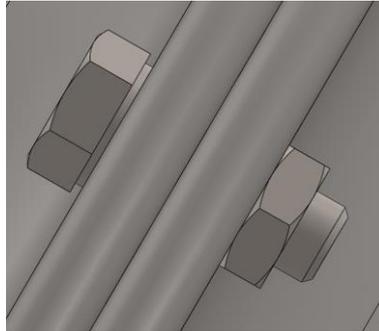


Figura 13. Unión con pernos sometida a esfuerzo cortante y tensión

Para calcular las uniones por medio de pernos, se establece que las secciones juntadas son como se representa en la Figura 13, primero se ocupa la Ecuación 8 para obtener el esfuerzo cortante al que es sometida las secciones.

$$\tau = \frac{4}{3} \times \frac{F}{\pi \frac{d^2}{4}} \quad (8)$$

$$\tau = \frac{4}{3} \times \frac{107,91}{\pi \frac{(3)^2}{4}}$$

$$\tau = 20,35 \text{ MPa}$$

Donde:

τ : Esfuerzo cortante [MPa]

d: diámetro del círculo [mm]

π : constante

F: Fuerza normal interna resultante [N]

Para la constante F se utiliza la fuerza de la Ecuación 2 que es de 107,91 [N] y se considera un diámetro de 3 [mm].

Una vez determinado el esfuerzo cortante, se calcula el esfuerzo a tensión utilizando la Ecuación 9.

$$\sigma = \frac{F}{\pi \frac{d^2}{4}} \quad (9)$$

$$\sigma = \frac{107,91}{\pi \frac{3^2}{4}}$$

$$\sigma = 15,27 \text{ MPa}$$

Donde:

σ : Esfuerzo a tensión [MPa]

d: diámetro del círculo [mm]

π : constante de pi

F: Fuerza normal interna resultante [N]

Utilizando los datos obtenidos y tabla de la Figura 14 se selecciona un perno de cabeza hexagonal de categoría 4.8 y M3.

Clase de propiedad	Intervalo de tamaños, inclusive	Resistencia de prueba mínima, ⁺ MPa	Resistencia mínima a la tensión, ⁺ MPa	Resistencia mínima a la fluencia, ⁺ MPa	Material	Marca en la cabeza
4.6	M5-M36	225	400	240	Acero de bajo o medio carbono	
4.8	M1.6-M16	310	420	340	Acero de bajo o medio carbono	
5.8	M5-M24	380	520	420	Acero de bajo o medio carbono	
8.8	M16-M36	600	830	660	Acero de medio carbono, T y R	
9.8	M1.6-M16	650	900	720	Acero de medio carbono, T y R	
10.9	M5-M36	830	1 040	940	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
12.9	M1.6-M36	970	1 220	1 100	Acero aleado, T y R	

Figura 14. Propiedades mecánicas para pernos métricos [21]

Seleccionado el perno a utilizar se calculará el factor de seguridad se manejará un esfuerzo límite del acero de bajo carbono siendo 360 [MPa] y utilizando la Ecuación 10.

$$n = \frac{\tau_l}{\tau_T} \quad (10)$$

$$n = \frac{360}{20,35}$$

$$n = 17,69$$

Donde:

n : Factor de seguridad

τ_l : Esfuerzo último del material [MPa]

τ_T : Esfuerzo de trabajo [MPa]

El perno cuenta con un factor de seguridad de 17,69 lo que significa que está sobredimensionado, sin embargo, por cuestiones estéticas y de facilidades de mercado se mantendrá este perno, garantizando de igual forma que no fallará para la fuerza a la que es sometido.

2.1.6. Cálculo de la unión soldada

Para soldar aceros inoxidable como los que se muestran en la Figura 15, se puede ocupar una gran variedad de procesos comerciales, sin embargo, los más comunes son la soldadura por electrodo revestido (SMAW) este es un proceso versátil que se utiliza para producciones pequeñas, hay que seleccionar el electrodo en base a los materiales a soldar ya que este debe ser formado por aleaciones menores o iguales en composición al metal base, la posible desventaja de este procedimiento es que se requiere de un control preciso del arco y del avance del electrodo.

La soldadura TIG es otro proceso comúnmente usado para los aceros inoxidable delgados y gruesos hasta los 6,4mm de espesor, las ventajas son que no hay escoria para eliminar, se puede emplear en cualquier posición de la soldadura, no hay salpicaduras y no altera la composición química del metal base [28].

El proceso de soldadura GMAW que se ocupa para juntas largas en espesores relativamente gruesos, se puede usar tanto el método de transferencia en spray como el de cortocircuito. Este proceso permite velocidades mayores, además de que es utilizado para procesos industriales, es decir de grandes cantidades de producción [29].

Por último, se tiene la soldadura laser, esta tecnología se ve cada vez más en los diversos sectores, aplicándola para soldar superficies de aceros inoxidable, acero al carbono o laminas galvanizadas siendo un sustituto para la soldadura por arco tradicional. Es fácil de usar y puede variar los rangos, ángulos y el ancho de la soldadura, además de que este proceso implica pocas deformaciones, y la ventaja de que se puede soldar en chapas de diferentes espesores [30].

Para esta aplicación se utilizará la soldadura TIG debido a que el bowl es de un espesor delgado, otros tipos de soldadura podrían perforar esta pieza, además de que el cordón de soldadura que este sistema produce es de alta calidad y no suelen producir salpicaduras, además de que las deformaciones del material base son mínimas y es un poco más fácil de encontrar en el mercado, a diferencia de la soldadura láser.

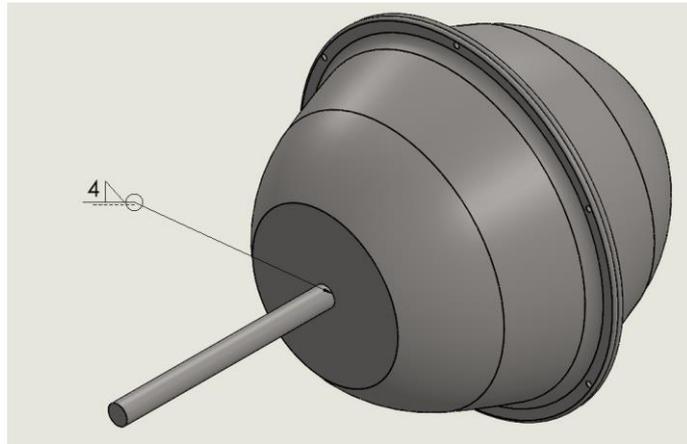


Figura 15. Piezas para soldar

Para el cálculo de la soldadura en la zona más crítica a soldar, como se representa en la Figura 15, las uniones serán entre aceros AISI 304, con una garganta de 4 [mm] y una fuerza de 107,91 [N] resultante de la Tabla 7 además de que se aplicará una soldadura circundante con un diámetro de 18 [mm] de cordón de soldadura, utilizando la Ecuación 11.

$$\sigma = \frac{F}{hl} \quad (11)$$

$$\sigma = \frac{107,91}{(4)(18)}$$

$$\sigma = 1,50 \text{ MPa}$$

Donde:

σ : Esfuerzo normal [MPa]

F = Carga de tracción [N]

h = Garganta de soldadura [mm]

l = Longitud de la soldadura [mm]

Se tiene para la fuerza F el dato resultante de la Tabla 7 que es 107,91 [N].

Además, este cordón de soldadura está expuesto a un esfuerzo por torsión debido al giro del bowl, por lo que se calcula con la Ecuación 12.

$$\tau = \frac{T(c)}{0,707WJ_u} \quad (12)$$

Donde:

τ : Esfuerzo por torsión [Pa]

T: Torque [N·m]

c: Radio del cordón de soldadura [m]

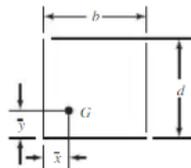
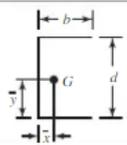
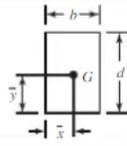
W: Garganta de soldadura [m]

J_u : Momento polar unitario [m³]

Para el momento polar unitario se ocupa la tabla de la Figura 16.

Tabla 9-1

Propiedades torsionales de las soldaduras de filete* (continuación)

Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento polar unitario del área
3. 	$A = 0.707h(b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2(b + d)}$ $\bar{y} = \frac{d^2}{2(b + d)}$	$J_u = \frac{(b + d)^4 - 6b^2d^2}{12(b + d)}$
4. 	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b + d}$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} - \frac{b^4}{2b + d}$
5. 	$A = 1.414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{(b + d)^3}{6}$
6. 	$A = 1.414 \pi hr$		$J_u = 2\pi r^3$

* G es el centroide del grupo de soldaduras; h es el tamaño de la soldadura; el plano del par de torsión está en el plano de la página; todas las soldaduras son de ancho unitario.

Figura 16. Propiedades torsionales de la soldadura de filete [21]

Utilizando la Figura 16, se puede determinar el momento polar unitario, por lo que reemplazando esto en la Ecuación 12 quedan:

$$\tau = \frac{T(c)}{0,707(W)(2\pi r^3)} \quad (13)$$

$$\tau = \frac{15,11(0,09)}{0,707(0,04)2\pi(0,09^3)}$$

$$\tau = 10498,33 \text{ Pa} \approx 0,0105 \text{ MPa}$$

Obtenidos estos datos se calcula el factor de seguridad utilizando la Ecuación 10 y un esfuerzo límite de tensión de la varilla de aporte Tig Er 308L 1.6 *1000Mm que es la comúnmente usada para soldar aceros inoxidable AISI 304 de 400 [MPa] obtenidos de la ficha técnica del material, que se adjunta en la sección de anexos, se tienen las Ecuaciones 14.

$$n = \frac{400}{1,50} \quad (14)$$

$$n = 266,67$$

El factor de seguridad resultante es de 266,67 lo que garantiza que esta soldadura no fallará ante las fuerzas aplicadas, siendo un factor de seguridad alto la soldadura está sobredimensionada para las cargas a las que es sometida, sin embargo, por cuestiones de que es difícil mantener un cordón de soldadura con una garganta más pequeña se mantendrán estos datos.

Para la base del motor de igual manera, se utilizan uniones soldadas para juntar dos partes de un tubo cuadrado de acero inoxidable AISI 304, tal como se muestra en la Figura 17.

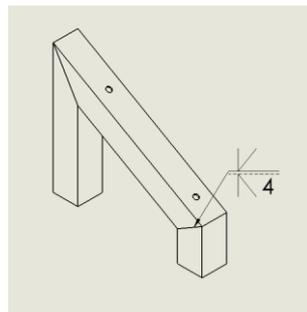


Figura 17. Soldadura base motor.

La estructura de la Figura 17 está sometida a esfuerzos cortantes por lo que se utiliza la Ecuación 15 para calcular dicho esfuerzo.

$$\tau = \frac{F}{hl} \quad (15)$$

$$\tau = \frac{156,96}{(4)(17)}$$

$$\tau = 2,30 \text{ MPa}$$

Donde:

τ : Esfuerzo cortante [MPa]

F = Carga en cortante [N]

h = Garganta de soldadura [mm]

l = Longitud de la soldadura [mm]

De igual forma para este caso se aplica una garganta de soldadura de 4mm debido al espesor del material y una longitud de cordón 17mm, para el caso de la fuerza se toma la registrada en la Tabla 7 y se añade el peso del motor que corresponde a 5kg, dando un resultado de 16kg, multiplicando por el valor de la gravedad ($9,81\text{mm/s}^2$) es igual a 156,96N.

Para el cálculo del factor de seguridad se emplea la Ecuación 10 y el mismo esfuerzo límite de tensión de la varilla de aporte de la Ecuación 16 siendo 400 MPa, debido a que es el mismo proceso de soldadura y el mismo material, por lo que resultan la Ecuación 16

$$n = \frac{400}{2,30} \quad (16)$$

$$n = 173,91$$

Como se observa el factor de seguridad resultante es de 173,91 estando sobredimensionado por lo que garantiza que la estructura soportará el esfuerzo a la que es sometida.

2.1.7. Simulaciones estáticas

Las simulaciones se realizan al elemento más crítico, es decir al elemento que soporta mayores cargas, en este caso es el eje del motor, cuyo diámetro es de 18 mm y largo de 200 mm. La simulación será realizada en el software de SOLIDWORKS, analizando los esfuerzos de Von Mises, deformaciones y factor de seguridad.

Los datos requeridos del eje son los siguientes:

- Largo: 200 [mm]
- Diámetro: 18 [mm]
- Torque al que es sometido: 15,11 [Nm]
- Material: AISI 304

En la Figura 18 se muestran los esfuerzos de Von Mises aplicados al eje, utilizando los datos de dimensiones y torque mencionados anteriormente, se observa que en gran parte del largo de la barra existen esfuerzos grandes pintados de color rojo, sin embargo, se muestra que el máximo esfuerzo es de 23,101 MPa y el límite elástico del material es de 206,807 MPa siendo mucho mayor al esfuerzo al que es sometido.

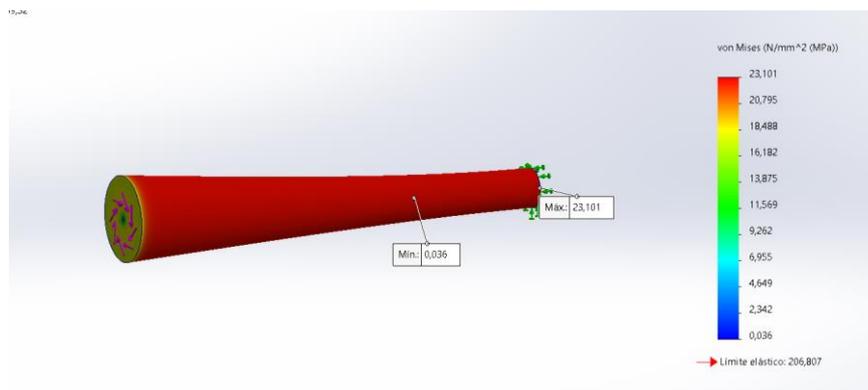


Figura 18. Esfuerzo de Von Mises aplicado al eje del motor

Como siguiente simulación se realizó un estudio de las deformaciones a las que el eje está sujeto para el torque especificado y los resultados se muestran en la Figura 19. Como se observa las deformaciones pintadas en rojo son las más críticas y se ubican en un extremo del eje siendo un máximo de 0,041 mm de deformación, lo que se puede considerar como aceptables ya que no comprometerán a la estructura ni será percibidas.

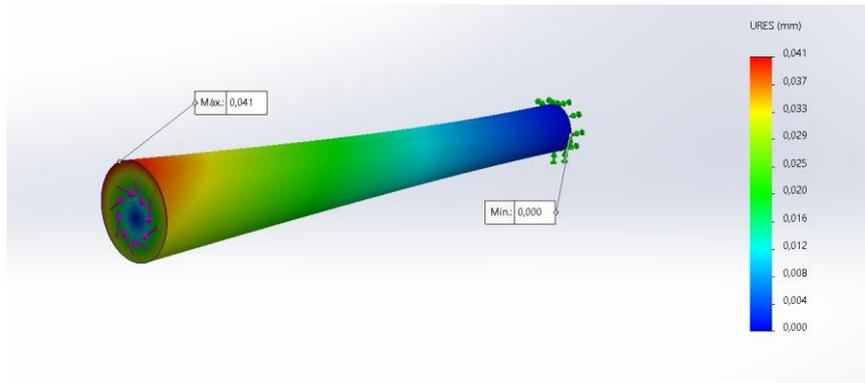


Figura 19. Deformaciones del eje del motor

Como último se ejecutó una simulación para determinar el factor de seguridad del eje que se muestra en la Figura 20, siendo el valor mínimo de 8,952. Se estimaba un valor mínimo de 6 por lo que con este estudio se demuestra que el eje no fallará y un sobredimensionamiento en sus valores, garantizando la seguridad de la estructura.

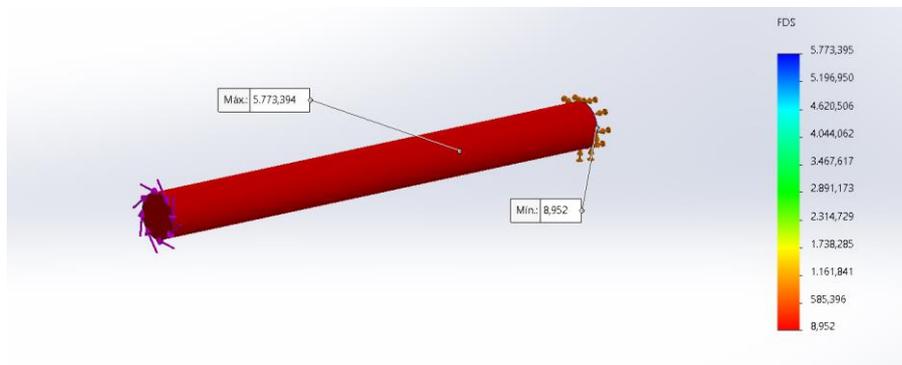


Figura 20. Factor de seguridad del eje

Cabe mencionar que la transmisión de movimiento del motor hacia el eje es por medio de un acople directo, encajado directamente hacia la salida de la caja reductora que este posee, que previamente se detalló que es de 18mm de diámetro.

2.2. Diseño electrónico

Para el diseño electrónico se emplea un controlador PID, debido a que se necesita un control de lazo cerrado para monitorear, controlar y estabilizar la temperatura del aire de salida, este tipo de control es perfecto para este tipo de aplicación ya que es un sistema de una sola variable a controlar.

2.2.1. Control PID

Para comprender el control PID, primero se define que la entrada del sistema es la variable controlada, que es la temperatura del flujo de aire. Esta es la variable que se desea controlar y mantener en un valor específico. La salida (Variable Manipulada), es la señal de control generada por el controlador PID. Esta señal se envía a un actuador (en este caso una resistencia calefactora) que ajusta el flujo de aire para mantener la temperatura deseada.

Este apartado del diseño electrónico se centra en la obtención de la función de transferencia y los valores de las constantes K_p , K_i y K_d del controlador PID que se implementará en el sistema de aire templado de la máquina, por lo que se parte de los datos experimentales obtenidos censando las temperaturas del sistema a partir de una función escalón, que en este caso se hará probando el sistema al 0% y en el 100%, estos datos se representan en la Tabla 9.

Tabla 9. Datos experimentales del sistema de aire

TIME	TEMP	TIME	TEMP								
0,0	23,00	19,5	71,50	39,0	94,25	58,5	103,50	78,0	107,25	97,5	109,50
0,5	23,50	20,0	72,75	39,5	94,00	59,0	103,75	78,5	107,50	98,0	109,75
1,0	24,25	20,5	73,50	40,0	95,00	59,5	104,00	79,0	107,25	98,5	109,75
1,5	25,25	21,0	74,00	40,5	95,25	60,0	103,75	79,5	107,00	99,0	109,75
2,0	25,75	21,5	75,00	41,0	95,75	60,5	103,50	80,0	107,75	99,5	109,75
2,5	26,25	22,0	75,50	41,5	95,75	61,0	104,00	80,5	107,25	100,0	110,00
3,0	27,75	22,5	76,50	42,0	96,25	61,5	104,00	81,0	107,75	100,5	110,00
3,5	28,50	23,0	77,25	42,5	96,75	62,0	104,25	81,5	107,25	101,0	110,00
4,0	30,25	23,5	78,00	43,0	97,00	62,5	104,00	82,0	107,50	101,5	109,75
4,5	31,75	24,0	79,00	43,5	96,75	63,0	104,50	82,5	107,75	102,0	110,00
5,0	33,00	24,5	79,50	44,0	97,25	63,5	104,75	83,0	108,00	102,5	109,75
5,5	34,75	25,0	80,50	44,5	97,25	64,0	104,75	83,5	107,75	103,0	110,25
6,0	35,75	25,5	80,75	45,0	97,75	64,5	104,25	84,0	108,25	103,5	110,25
6,5	37,25	26,0	81,50	45,5	98,00	65,0	104,50	84,5	108,00	104,0	110,00
7,0	38,75	26,5	82,25	46,0	98,50	65,5	104,75	85,0	108,25	104,5	110,50
7,5	40,50	27,0	82,75	46,5	98,50	66,0	105,00	85,5	107,75	105,0	110,50
8,0	42,00	27,5	83,50	47,0	99,25	66,5	104,50	86,0	107,75	105,5	110,25
8,5	43,50	28,0	83,75	47,5	99,50	67,0	104,75	86,5	107,75	106,0	110,25
9,0	44,75	28,5	84,75	48,0	99,75	67,5	105,25	87,0	108,50	106,5	110,00
9,5	46,50	29,0	85,25	48,5	99,50	68,0	105,25	87,5	108,00	107,0	110,50
10,0	47,75	29,5	85,75	49,0	99,75	68,5	105,25	88,0	108,00	107,5	110,00

10,5	49,25	30,0	86,25	49,5	100,00	69,0	105,00	88,5	108,50	108,0	110,75
11,0	50,75	30,5	87,25	50,0	99,75	69,5	105,50	89,0	108,00	108,5	110,50
11,5	52,25	31,0	87,50	50,5	100,75	70,0	105,00	89,5	108,50	109,0	110,50
12,0	53,25	31,5	88,25	51,0	101,00	70,5	105,75	90,0	108,75	109,5	110,00
12,5	55,00	32,0	88,50	51,5	101,25	71,0	105,50	90,5	109,00	110,0	110,50
13,0	56,25	32,5	89,00	52,0	101,25	71,5	105,75	91,0	109,00	110,5	110,00
13,5	57,50	33,0	90,00	52,5	101,25	72,0	106,00	91,5	108,75	111,0	110,50
14,0	58,75	33,5	90,25	53,0	101,75	72,5	106,25	92,0	108,75	111,5	110,75
14,5	60,25	34,0	90,25	53,5	102,00	73,0	106,25	92,5	109,25	112,0	110,75
15,0	61,25	34,5	90,75	54,0	102,00	73,5	106,50	93,0	109,25	112,5	110,50
15,5	62,25	35,0	91,25	54,5	102,25	74,0	106,50	93,5	109,25	113,0	110,50
16,0	63,50	35,5	91,50	55,0	102,50	74,5	106,50	94,0	109,25	113,5	110,25
16,5	64,25	36,0	92,00	55,5	102,75	75,0	106,75	94,5	109,00	114,0	110,75
17,0	66,75	36,5	92,25	56,0	102,25	75,5	106,75	95,0	109,25	114,5	110,00
17,5	67,75	37,0	93,00	56,5	103,00	76,0	106,50	95,5	109,00	115,0	110,50
18,0	69,00	37,5	93,25	57,0	102,25	76,5	106,75	96,0	109,50	115,5	110,00
18,5	70,25	38,0	93,50	57,5	103,25	77,0	107,25	96,5	109,50		
19,0	70,75	38,5	93,75	58,0	103,50	77,5	107,00	97,0	109,50		

Una vez obtenido los datos experimentales, se procede a realizar la gráfica de temperatura vs tiempo, representada en la Figura 21 esto con el fin de analizar el tipo de sistema que se tiene, ya sea de primer orden, segundo orden, con respuesta inversa, etc.

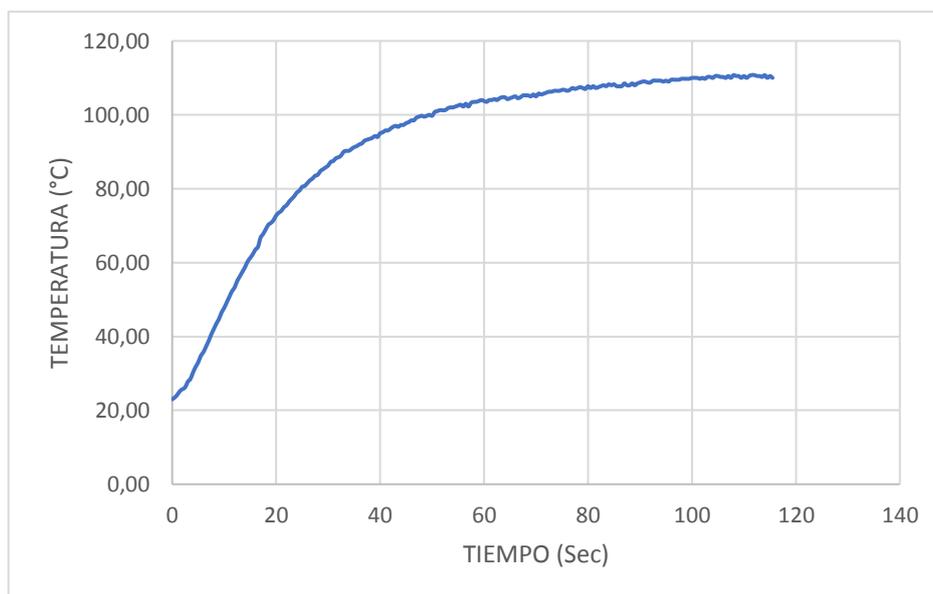


Figura 21. Gráfica de la respuesta a escalón a partir de datos experimentales

En la Figura 22 se observa la respuesta a una entrada escalón de un sistema de primer orden, por lo que al compararlo con la Figura 21 obtenida a partir de los datos experimentales, se concluye que el sistema es de primer orden.

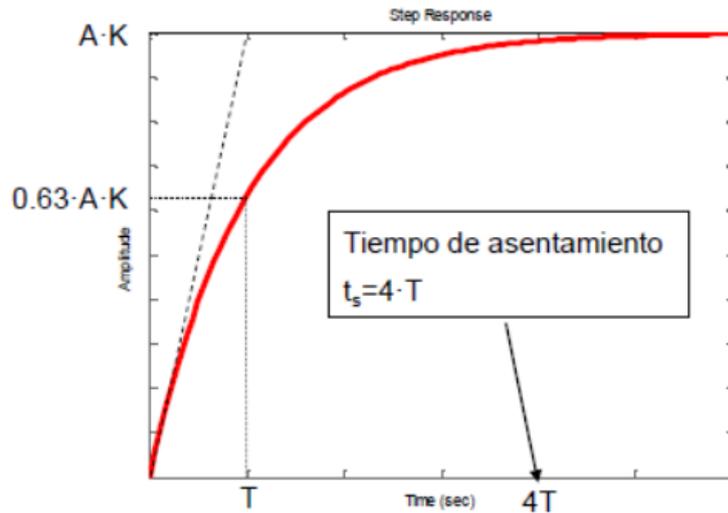


Figura 22. Respuesta al escalón en un sistema de primer orden

Para un sistema de primer orden la función de transferencia viene dada por la Ecuación 17.

$$G(s) = \frac{K}{\tau s + 1} \quad (17)$$

Donde:

K: Ganancia del sistema

τ : Constante de tiempo

s: Variable compleja de Laplace

Para obtener los valores de K y de τ se utilizará el software de MATLAB y la herramienta de pidTuner, importando los datos experimentales obtenidos en la Tabla 9 y proporcionando los datos de la función escalón aplicada al sistema que en este caso fue un salto de 0 a 100, se obtiene la gráfica de la Figura 23, graficando la función de transferencia obtenida por el software y la de los datos experimentales, con una coincidencia del 95,53%.

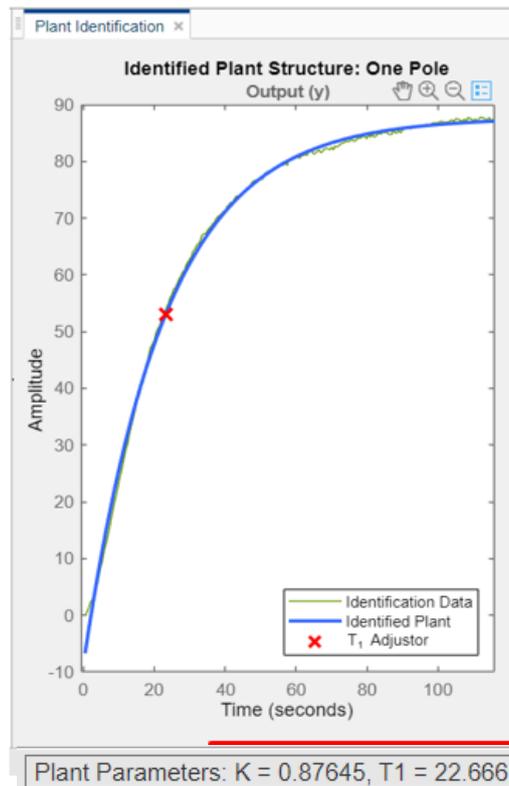


Figura 23. Planta obtenida a partir de MATLAB

Reemplazando los datos en la Ecuación 17, la función de transferencia obtenida queda representada por la Ecuación 18:

$$G(s) = \frac{0,87645}{22,666s + 1} \quad (18)$$

De la misma manera utilizando MATLAB y la herramienta pidTuner se obtienen los valores de las constantes Kp, Kd y Ki del controlador, utilizando el código de la Figura 24.

```

1 %RICARDO SALAZAR
2 %MATEO RAZA
3
4 %DECLARAMOS LA FUNCION DE TANSFERENCIA
5 FUNCION=tf([0.87645],[22.66,1]);
6 %SOLICITAMOS UN CONTROLADOR PID
7 Gc=pidTuner(FUNCION,'PID');
8 %IMPRIMOS LAS GRÁFICAS CON LA HERRAMIENTA pidTuner
9 pidTuner(FUNCION,Gc)

```

Figura 24. Código utilizado en MATLAB para obtener los parámetros del controlador

La respuesta obtenida aplicando este código arroja los resultados de la Figura 25.

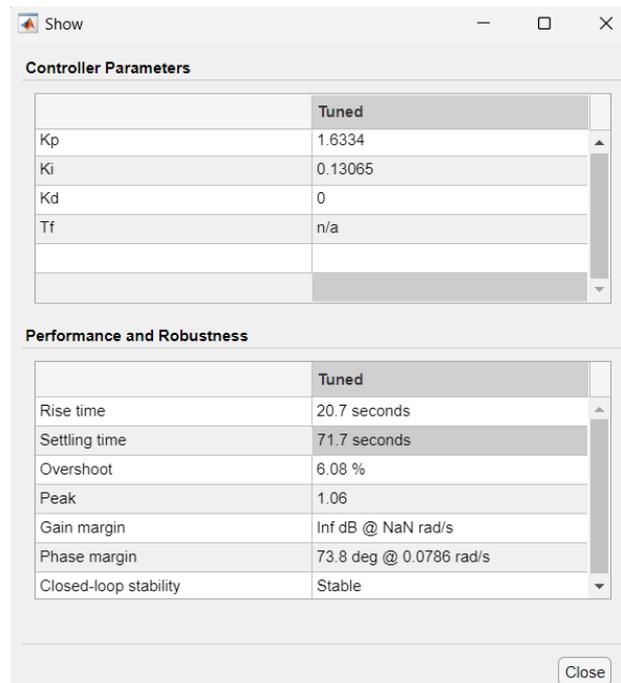


Figura 25. Valores para las constantes del PID obtenidas de MATLAB

Resultante a valores iguales a 1,6334; 0,13065; 0 de las variables Kp, Ki y Kd respectivamente.

Para comprobar los valores arrojados por la herramienta pidTuner se realiza una simulación en simulink de MATLAB realizando la planta en este entorno, importando la función de transferencia y los valores de Kp, Ki y Kd obtenidos previamente tal como muestra la Figura 26.

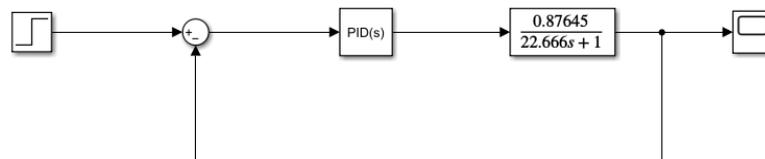


Figura 26. PID en simulink

Los resultados de esta simulación son representados en la Figura 27.

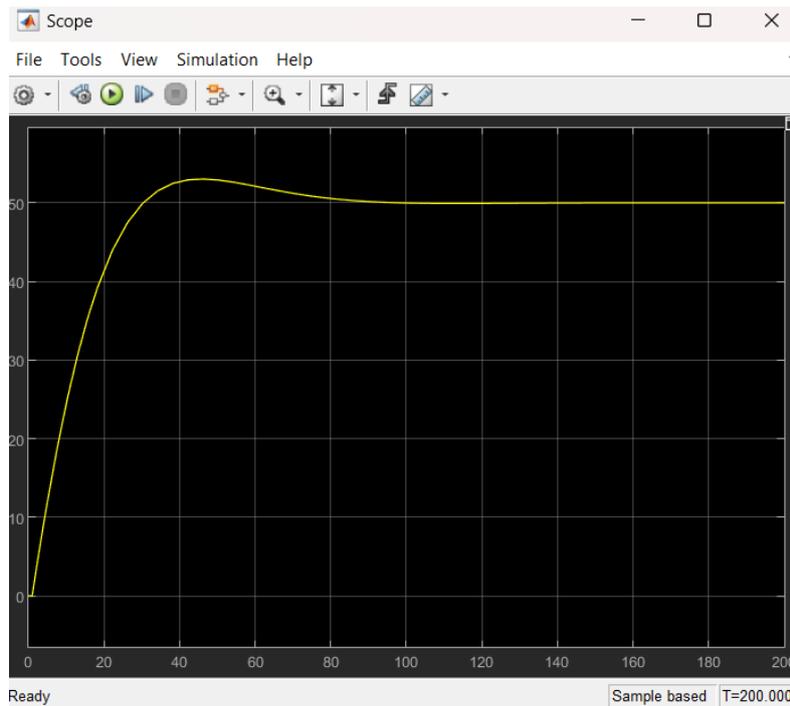


Figura 27. Respuesta del control PID en simulink

Como se esperaba, los resultados de la simulación concuerdan con los arrojados por pidTuner, con un tiempo de respuesta aproximado de 20,7 segundos y un tiempo de estabilización de 71,7 segundos, considerando el tipo de resistencia utilizada (secador de cabello) y la aplicación estos resultados son aceptables para un rendimiento óptimo de la máquina ya que no se necesita de un tiempo de respuesta excesivamente rápido o instantáneo, teniendo un sobre impulso del 6.08% garantiza que la temperatura más alta no se alejará mucho del setpoint establecido y no dañará el chocolate o la cubierta que se esté utilizando.

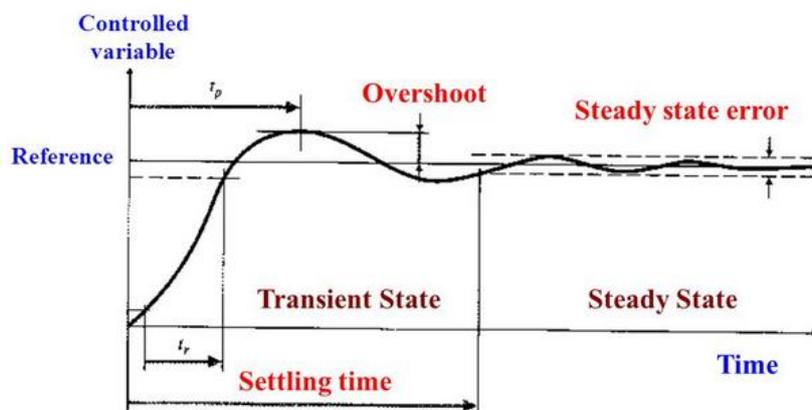


Figura 28. Respuesta de un sistema PID [31].

La Figura 28 muestra la respuesta típica de un sistema PID, que se asemeja a la obtenida de las simulaciones, siendo:

Setting time: Es el tiempo que se demora el sistema en alcanzar el estado estable.

Overshoot: Es el pico temporal que alcanza la variable antes de estabilizarse.

Steady state error: Es la diferencia constante entre la salida del sistema y el valor de referencia cuando el sistema ha alcanzado la estabilidad, por lo general ronda 2-5%

Steady state: Este estado inicia cuando la señal ya se estabilizó.

CAPÍTULO III

Implementación

Este capítulo se centra en la implementación de la máquina, desde los esquemáticos electrónicos, hasta el proceso de ensamblaje del chasis y la culminación de su construcción.

3.1. Implementación y conexiones del motor

La implementación de la máquina empieza por la Figura 29, donde se evidencia gráficamente los componentes a utilizar en los esquemáticos de control y fuerza del motor monofásico presentado en la Tabla 8, los elementos utilizados para las conexiones se describen brevemente a continuación.

- ✓ **Q1/Q2:** Interruptor termomagnético. Es un dispositivo eléctrico que protege contra sobrecargas y cortocircuitos. Combina mecanismos térmicos y magnéticos para desconectar el circuito en respuesta a condiciones peligrosas de corriente.
- ✓ **KM1:** Contactor auxiliar. Dispositivo que se encarga de abrir o cerrar un circuito en carga o en vacío.
- ✓ **F1:** Relé térmico. Dispositivo que se desconecta en caso de una sobrecarga impidiendo el paso de corriente, utilizado como sistema de protección, en este caso de un motor.
- ✓ **M:** Motor monofásico. Motor que funciona con una única fase de corriente alterna.
- ✓ **S1:** Botón de encendido (Pulsador NA). Botón que en su posición inicial se encuentra abierto y al ser accionado cierra el circuito.
- ✓ **S2:** Botón de apagado (Pulsador NC). Botón que en su posición inicial se encuentra cerrado y al ser accionado abre el circuito.
- ✓ **H1:** Luz piloto (Encendido de la máquina). Indicador físico de que el motor este encendido.
- ✓ **H2:** Luz piloto (Sobrecarga del motor). Indicador físico de que el motor experimenta fallos por sobrecarga.

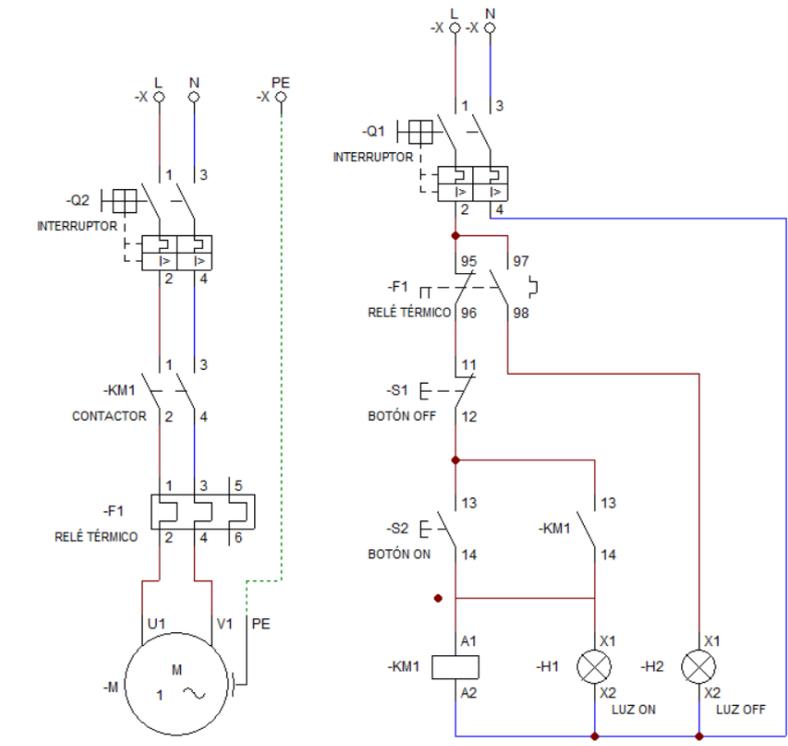


Figura 29. Esquema de fuerza y control del motor

Teniendo los esquemáticos de fuerza y control, se realizan las conexiones en físico del motor, el cual se evidencia en la Figura 30.



Figura 30. Motorreductor monofásico

Para el cableado, se implementó en el panel frontal los espacios para crear una especie de caja/botonera cortada con corte plasma y plegada, hecha en acero inoxidable AISI 430, tomado del catálogo de la DIPAC, mostrado en la sección de anexos, para controlar el encendido y apagado del motor, para que el operador pueda manipular fácilmente la máquina tal como se muestra en la Figura 31.



Figura 31. Cableado del motor

Para que la interfaz sea más amigable con el operario se colocan rótulos con el respectivo nombre de los interruptores, tal como se muestra en la Figura 32.



Figura 32. Botonera principal de la máquina.

En este caso, para la elaboración de grageas se necesita que el bowl esté con una inclinación de 30° por lo que se opta por inclinar el motor con una estructura hecha de tubo cuadrado de 1 pulgada, en acero AISI 304 tomado del catálogo de la empresa DIPAC como se muestra en la sección de anexos.

En la Figura 33 se observa la estructura mencionada anteriormente implementada con el motor.



Figura 33. Estructura para elevar e inclinar el motor a 30°

Una vez se haya montado la estructura con el motor se suelda junto con la estructura tipo botonera mostrada anteriormente, para obtener una sola pieza y evitar que el motor se mueva y pierda el ángulo necesario, además se coloca el tubo por donde pasará el aire hecho con AISI 304, igualmente tomado del catálogo de la DIPAC y expuesto en los anexos, el ensamble se muestra en la Figura 34.



Figura 34. Ensamble de la botonera, motor y tubo de aire.

3.2. Implementación y conexiones del sistema calefactor

Para el control de temperatura del sistema de aire se utilizará resistencias calefactoras tomada de una secadora de cabello de 1200W donde su ficha técnica especifica una temperatura máxima de 60°C lo cual es perfecto para la aplicación de las grageas ya que estas requieren de una temperatura entre los 40-50°C y el controlador de temperatura de la marca autonics de la serie tc4s-14r cuyas especificaciones se muestran en la parte de los anexos. Se utilizará este controlador con las constantes de PID calculadas previamente. Este sistema se conecta como se muestra en la Figura 35.

Detallando los elementos utilizados en la Tabla 10.

Tabla 10. Componentes electrónicos conexiones.

Número referencial	Componente
1	Termocupla tipo k
2	Relé de estado sólido SSR de 3-32 Vdc y 25A
3	Resistencia calefactora
4	Motor dc

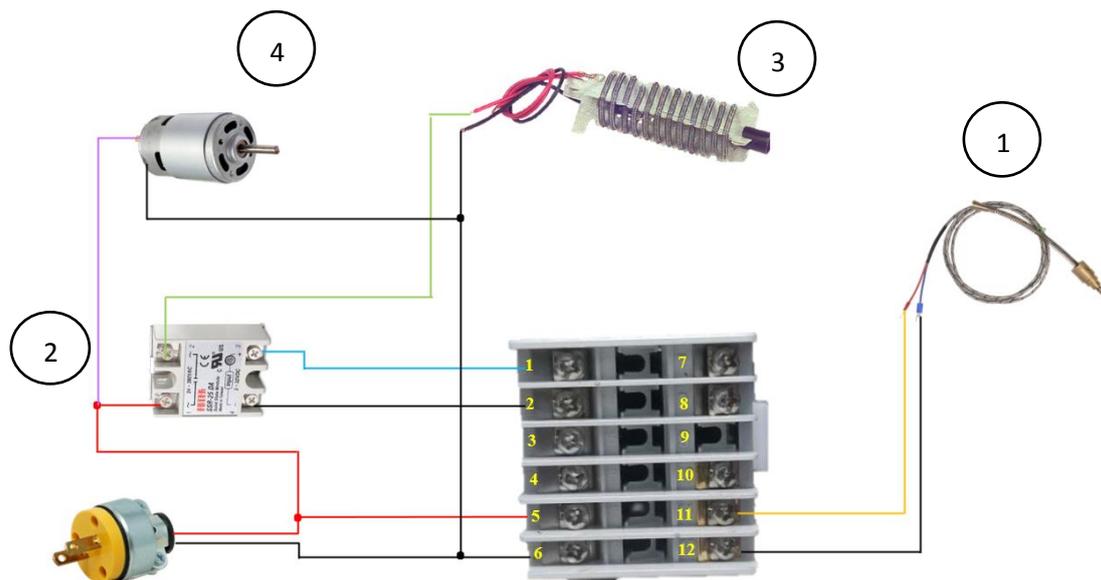


Figura 35. Diagrama de conexiones del controlador de temperatura

Realizadas las conexiones del controlador de temperatura, se configura el módulo, especificando el tipo de salida, presionando el botón “MODE” durante 4 segundos, se configura el grupo de parámetros 2, una vez se entra a este grupo el siguiente paso es seleccionar el tipo de sensor utilizado (tipo k) en la sección “In-t” de las configuraciones, el control a usar (PID) en la sección de “C-ñd”, y la salida de este controlador que en este caso se utilizó la salida SSR en “out”, para el resto de parámetros se siguen las recomendaciones del fabricante, que se especifican en el manual del controlador que se adjunta en los anexos.

Es importante mencionar que para sistema de solidificación de la cubierta se emplea un sistema tipo ventilador que, por medio de la rotación de las aspas, se genera un flujo de aire constante, dispersando el calor de la cubierta y favoreciendo el proceso de

enfriamiento por convección (proceso por el cual un fluido absorbe el calor de un objeto caliente al entrar en contacto y luego se aleja, llevando consigo el calor), este proceso se lleva a cabo mediante la utilización del motor dc con escobillas que se muestra en la Figura 35, que al accionarse hace girar las aspas generando el flujo necesario para disipar el calor, este sistema está ubicado en la parte superior izquierda de la máquina dentro de la estructura de la Figura 36, al encenderse el flujo de aire es conducido por un tubo de acero inoxidable AISI 304, directamente hacia el interior del bowl, cabe recalcar que para todo el proceso de solidificación de la recubierta la resistencia calefactora debe estar apagada.



Figura 36. Estructura para el sistema de aire temperado.

Implementando toda la circuitería dentro del chasis, se cierra la tapa de la máquina para obtener el equipo terminado, tal como se muestra en la Figura 37.



Figura 37. Vista frontal de la máquina terminada.

En la Figura 38 se observa la máquina con sus sistemas encendidos, destacando la luz piloto verde que indica que el motor está encendido, además, el selector de dos posiciones indica que el aire está circulando.



Figura 38. Máquina en funcionamiento.

CAPÍTULO IV

Resultados y pruebas de funcionamiento

En este capítulo se comprobará a detalle cada sistema de la máquina por separado y finalmente se realizarán pruebas de funcionamiento de todos los sistemas en conjunto para corroborar que las grageas se realizan correctamente.

4.1. Pruebas del control PID

Como primera prueba se realiza la comprobación de la temperatura de salida del control PID, por lo que se establece un SetPoint de 50°C (siendo la entrada del sistema) y se encienden los sistemas. Utilizando un sensor de temperatura LM35 y el software de Arduino se compararán los datos registrados de salida del controlador, con el fin de comprobar que estos datos sean precisos.

Como se observa en la Figura 39 el controlador llega al SetPoint deseado manteniéndose estables todo el tiempo (salida del sistema).



Figura 39. Funcionamiento del controlador de temperatura

En la Figura 40 se muestran los valores registrados por el sensor LM35 cuando el sistema PID llegaba a su estado estable, los valores registrados de igual manera muestran valores de 50°C estables, comprobando que la temperatura mostrada en el controlador es la correcta, que el sistema es confiable, la termocupla está bien calibrada y que la programación interna del módulo tc4s-14r, es la adecuada para el tipo de sistema que se está controlando.

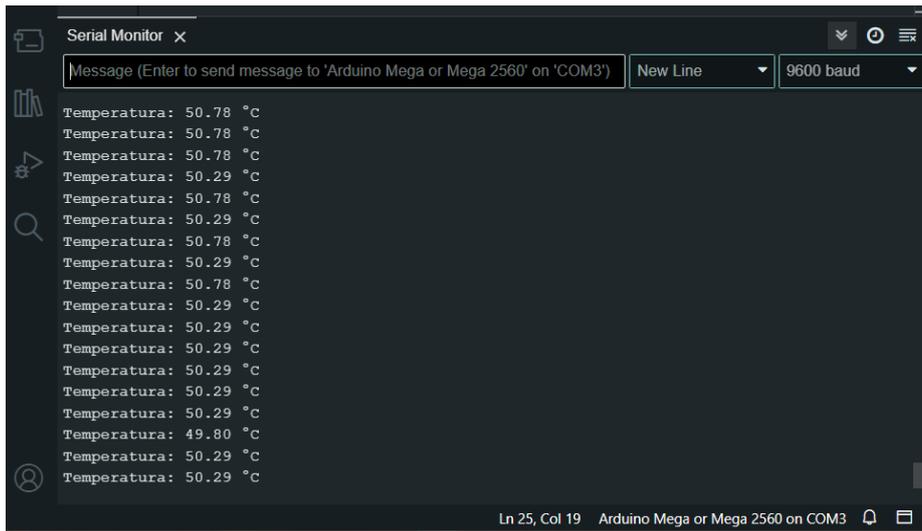


Figura 40. Valores registrados por el sensor LM35.

Se representa gráficamente los datos obtenidos por el sensor LM35 en la Figura 41, observando que efectivamente el estado estable del controlador se mantiene dentro del rango aceptable de error que es del 2-5%.

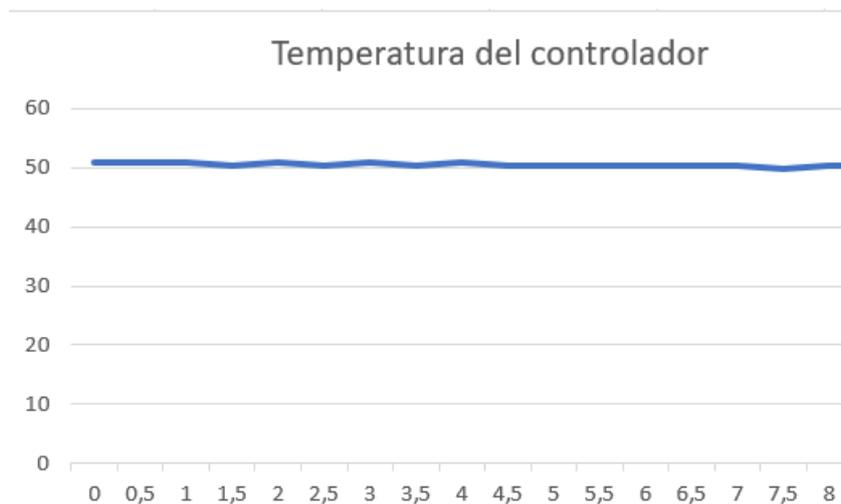


Figura 41. Representación gráfica de los datos del sensor.

4.2. Pruebas del recubrimiento en varios núcleos

Lo siguiente es comprobar el funcionamiento de todo el sistema, por lo que se realizan las respectivas pruebas.

Una vez todos los sistemas están encendidos, se realizan las pruebas con varios tipos de núcleos diferentes; maní, almendras y avellanas, todos los núcleos se recubrirán con chocolate, para al final terminar con una leve capa de cacao en polvo o azúcar glass.

Siguiendo el procedimiento ya descrito en el capítulo 1, primero se procede a enfriar el núcleo dentro del congelador, de 15 minutos a 3 horas dependiendo del centro a utilizar, en el caso de las avellanas y almendras se tardó un tiempo aproximado de una hora y media, y para el maní alrededor de 30 minutos. Se agregó chocolate previamente derretido a baño maría, se recomienda añadir el chocolate en varias tandas con una relación de 1/5 con respecto a la cantidad de núcleos agregados, es decir que, si se añadió 100 gr de avellanas o cualquier otro centro, el chocolate se va agregando en pequeñas porciones de 20 gr sucesivamente hasta alcanzar el grosor de capa deseado. Es importante destacar que en todo este procedimiento debe estar encendido el sistema de aire frío de la máquina, debido a que a usencia de este las grageas tienden a pegarse entre ellas, una vez concluido este procedimiento se inicia a encender el aire caliente para derretir levemente el chocolate y rápidamente se enciende el aire frío para evitar que se peguen las grageas entre sí, se repitió este procedimiento hasta obtener grageas redondas como se muestra en la Figura 42, para el caso de las grageas de chocolate negro se terminó con un acabado de cacao en polvo.



Figura 42. Grageas de avellanas y chocolate

En los resultados finales se observa que las avellanas de la izquierda están cubiertas por chocolate blanco, y en la imagen de la derecha por chocolate negro y mediante una inspección visual se determina que las grageas tienen una forma circular perfecta y una capa de recubrimiento uniforme, es decir que cada parte del núcleo está cubierta por chocolate, en el caso de las recubiertas de chocolate negro tienen un acabado de cacao en polvo de igual mediante la inspección visual se determina que el recubrimiento es homogéneo, por lo que se puede considerar como una prueba exitosa.

Para la siguiente prueba se realiza con almendras, las cuales su forma no es circular por lo que representa un mayor grado de complejidad para ser recubiertas, se realizan las pruebas y los resultados se observan en la Figura 43.



Figura 43. Grageas de almendra y chocolate.

Los resultados de las almendras no muestran una forma redonda perfecta como con las avellanas y esto es debido a la forma del fruto seco, sin embargo, mediante la inspección visual se determina que el recubrimiento en esta prueba es uniforme, en toda la superficie de la gragea, es decir, pese a no ser redondo debido a su forma natural, toda la avellana está cubierta por chocolate, por lo que se puede considerar como una prueba exitosa.

Como siguiente prueba se tienen las grageas de maní, que se muestran en la Figura 44 que están cubiertas por chocolate negro semiamargo, en algunas muestras dos manís llegaban a pegarse y se recubrían con capas poco uniformes, determinado mediante la inspección visual, siendo los bordes o filos los que no tenían recubrimiento de chocolate. Cabe recalcar que para esta prueba se utilizó el maní partido.



Figura 44. Grageas de maní y chocolate

Por último, se realizan pruebas en bolitas de caramelo de tamaño pequeño, lo más similar posible al maní, y los resultados se presentan en la Figura 45, que mediante la inspección visual se observa que el acabado es uniforme.



Figura 45. Grageas de bolitas de caramelo

Por lo que para recubrir maní se recomienda hacerlo con la semilla completa debido a que esta cuenta con una forma más regular que lo hace fácil de recubrir.

Como se observan los resultados demuestran que el factor más importante para recubrir las grageas en la máquina es la forma, entre más irregular sea esta, menos uniforme será la capa de recubrimiento.

4.3. Análisis de resultados

Tomando en cuenta los resultados de las pruebas se evalúa en la Tabla 11 la factibilidad de la máquina para la elaboración de grageas, tomando en cuenta los diferentes tipos de núcleo o centro que comúnmente se usan, para esta evaluación se considera el tipo de núcleo utilizado, el tipo de cubierta, la cantidad, si tiene un acabado final, es decir si se implementó algún tipo de producto después del recubrimiento principal (en este caso es el chocolate) y la dificultad de recubrimiento que tiene cada caso, por último se registra los resultados de las inspecciones visuales de cada gragea (si el acabado es uniforme o no, si todo el núcleo está recubierto).

Tabla 11. Resumen de los resultados finales de las grageas.

Tipo de núcleo	Tipo de recubrimiento	Cantidad de núcleos (gr)	Cantidad de recubrimiento (gr)	Acabado final	Dificultad	Nota
Avellanas	Chocolate blanco	100	167	No	Fácil	Acabado uniforme
	Chocolate negro	40	70	Caco en polvo	Fácil	Acabado uniforme
Maní partido	Chocolate negro	40	115	No	Difícil	Acabado poco uniforme
Maní entero	Chocolate negro	50	110	Cacao en polvo	Fácil	Acabado uniforme
Almendras	Chocolate blanco	50	110	No	Difícil	Acabado uniforme
Bolitas de caramelo	Chocolate negro	40	60	No	Fácil	Acabado uniforme

Como se observa en los resultados de la Tabla 11 los núcleos que tienen una forma circular son más fáciles de recubrir, en cambio formas como las almendras o el maní partido que son más irregulares son más difíciles de conseguir una capa uniforme por lo que su dificultad de elaboración es mayor, debido a que el núcleo no gira adecuadamente en el bowl, la capa de recubrimiento no logra formarse uniformemente sobre toda la superficie.

De igual manera se resalta que la capacidad de operación de la máquina es de 5kg esto considerando la cantidad de cubierta que se vaya a agregar.

4.4.Manuales de operación y mantenimiento

Con el propósito de garantizar un correcto funcionamiento de la máquina recubridora de grageas, se elabora un manual de operación y mantenimiento. Los cuales se recomienda seguir minuciosamente para disminuir riesgos de accidentes o daños al equipo.

4.5. Manual de Operación

La correcta operación de la máquina recubridora requiere seguir los siguientes pasos:

- Instalar la máquina en una estructura firme en la que no existan muchas vibraciones ni pandeos.
- Verificar que la superficie seleccionada se encuentre completamente seca y sin rastros de humedad.
- Enchufar la máquina a un conector de 110V-CA.
- Encender el giro del bowl y verter los núcleos a recubrir.
- Para encender el aire girar la perilla de "AIRE" hacia la derecha se procede a seleccionar entre aire caliente o ambiente (Dependiendo el caso), gire la perilla al lado derecho para aire caliente e izquierda para ambiente.
- Empezar a dosificar el chocolate o el recubrimiento que desee usar dentro del bowl en giro.
- Ocupar una pala de cocina para revisar el correcto pegado del chocolate en las grageas y evitar que se queden pegadas las grageas en los espacios del bowl.
- Una vez acabado el procedimiento de recubrimiento apague el sistema de aire y el giro de la máquina con los botones de control, una vez realizado esto, proceda con el mantenimiento general.

4.6. Manual de mantenimiento

Un buen mantenimiento garantiza el correcto funcionamiento de la máquina recubridora a lo largo del tiempo, brindando mayor calidad en el acabado de las grageas y alargando la vida útil de cada uno los elementos que conforman la máquina.

Se recomienda seguir los manuales establecidos.

4.7. Mantenimiento general

Como recomendación realizar este mantenimiento después de cada uso a la máquina.

Desajustar los pernos que unen los bowls para separarlos.

limpiar individualmente el interior de los bowls con agua tibia y una servilleta para cocina (Se recomienda hacerlo antes de que el chocolate solidifique en su totalidad, o en dicho

caso apoyarse del sistema de aire caliente). Tratar de secar completamente los bowls antes de volver a ensamblar el cuerpo de los bowls (Puede secarse de manera natural se puede utilizar servilletas de cocina).

4.8. Mantenimiento interior

Se requiere un mantenimiento mensual si no está en operación de manera excesiva de lo contrario realizarlo cada 2 a 3 semanas.

Retire los pernos del sistema de aire de la máquina y separe cuidadosamente ambas partes, introduzca una servilleta de cocina y con cuidado páselo por las orillas del sistema para limpiar el polvo una vez todo limpio vuelva a ensamblarlo.

Retire todos los pernos de la carcasa de la máquina y separe cuidadosamente ambas partes, con una aspiradora limpie el polvo que se pueda haber acumulado dentro de la recubridora, revise de manera visual el buen estado de los cables y que sus conexiones se encuentren bien, si no es así deje la maquina en el estado en el que estaba y comuníquese con un técnico calificado.

Cierre la máquina con cuidado y ajuste todos los pernos retirados anteriormente.

4.9. Recomendaciones

Utilizar servilletas de cocina ya que trapos o papel normal desprenden partículas que pueden dañar el acabado de las grageas y volver el producto no apto para alimentación.

Si se escucha un sonido fuera de lo normal, la máquina no enciende, se observa que el bowl gira con dificultad o algún otro elemento u accesorio no trabaja de la manera esperada, favor contactar con un técnico especializado.

4.10. Análisis de costos

En esta sección se analizan los costos que involucró la fabricación de la máquina, tanto de la parte mecánica como la electrónica, además se considera la mano de obra para los procesos por los que tuvieron que pasar algunos elementos mecánicos.

4.10.1. Costos directos

Se consideró como costos directos a la materia prima utilizada, como componentes electrónicos, eléctricos y mecánicos para elaborar la máquina, en la Tabla 12 muestra el costo total de los componentes electrónicos y eléctricos.

Tabla 12. Costos del material eléctrico o electrónico

Material	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Termocupla tipo K	1	\$ 9,00	\$ 9,00
Controlador de temperatura tc4s-14r	1	\$ 60,84	\$ 60,84
Relé de estado sólido 25A	1	\$ 9,00	\$ 9,00
Fusibles 10A	2	\$ 0,50	\$ 1,00
Resistencia calefactora	1	\$ 8,00	\$ 8,00
Motor con caja reductora 30rpm	1	\$ 230,00	\$ 230,00
Relé térmico 2,5-4A y 110V	1	\$ 15,40	\$ 15,40
Contactador 12A y 110V	1	\$ 13,90	\$ 13,90
Luz piloto 110V	2	\$ 2,05	\$ 4,10
Pulsador	2	\$ 2,23	\$ 4,46
Interruptor termomagnético	1	\$ 5,49	\$ 5,49
Selector de 2 posiciones	1	\$ 3,15	\$ 3,15
TOTAL			\$ 364,34

Mientras que la **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.** presenta el gasto realizado de los materiales mecánicos para la realización de la máquina.

Tabla 13. Costos de los materiales mecánicos.

Material	Cantidad (m/uds)	Precio unitario	Precio total
Tubo cuadrado, 1in en AISI 304	1	\$ 5,30	\$ 5,30
Eje de salida para reductora en AISI 304	1	\$ 50,00	\$ 50,00
Plancha de acero AISI 304	1	\$ 25,00	\$ 25,00
Tubo de acero AISI 304 Ø1in x 1,5m	1	\$ 9,75	\$ 9,75
Pernos y tornillería	80	\$ 0,12	\$ 9,60
TOTAL			\$ 99,65

4.10.2. Costos indirectos

Este apartado considera los costos adicionales que se vieron involucrados en la fabricación de la máquina, tales como servicios contratados para complementar el proceso de fabricación, como se demuestra en la Tabla 14.

Tabla 14. Costos indirectos de fabricación.

Material/Servicio	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Bowl de acero inoxidable	2	\$ 10,99	\$ 21,98
Borneras	2	\$ 0,75	\$ 1,50
Impresión 3D	1	\$ 17,50	\$ 17,50
Corte de plasma	1	\$ 15,00	\$ 15,00
Soldadura	1	\$ 10,00	\$ 10,00
Plegado	1	\$ 5,00	\$ 5,00
TOTAL			\$ 70,98

4.10.3. Costo final

En la Tabla 15 que se presenta a continuación se expone el costo total invertido para la elaboración de la máquina para elaborar grageas, considerando también la mano de obra.

Tabla 15. Costo total.

Costo	Precio
Directo	\$ 463,99
Indirecto	\$ 70,98
Mano de obra	\$ 230,00
TOTAL	\$ 764,97

4.10.4. VAN y TIR

Para el cálculo del VAN y TIR se analiza los costos de producción, cobros esperados y la primera inversión, por lo que se estima una inversión inicial de \$950, este valor abarca el costo de la máquina resultante de la Tabla 15 que es de \$764,97. Además, en la Tabla 16 se estiman los costos de producción para las grageas, incluyendo la materia prima y los servicios necesarios para el funcionamiento del equipo como el costo de la luz.

Tabla 16. Costos de producción de 5kg grageas.

Materia prima	Cantidad	Costo
Maní	2kg	\$ 7,02
Chocolate	2,5kg	\$ 15,00
Azúcar glass	0,5kg	\$ 1,50
Luz	--	\$ 0,10
Adicionales	--	\$ 10,00
TOTAL		\$ 33,62

Tomando en cuenta los valores registrados de las Tablas 15 y 16, se tiene que el valor de desembolso inicial es de \$798,59 tomando en cuenta que es un pequeño emprendimiento familiar no se considera la mano de obra.

Con un desembolso inicial de \$798,59 y un valor de inversión inicial de \$950, se calcula el VAN por medio de un recurso digital [32].

Se planifica la elaboración de 5kg de grageas, tomando en cuenta que este valor es considerando el peso del núcleo y del recubrimiento. Se elaborarán dichos 5kg cada dos semanas, lo que significa que se producirá 10kg al mes y se estima una venta del 30% del total producido a un precio de \$1,2 los 65g, dando un total de ganancias de \$55.2 mensuales y \$662.4 anuales, con estas cifras se calcula el VAN mostrado en la Tabla 17.

Tabla 17. Cálculo del VAN.

Rentabilidad		30%	
Inversión inicial		\$ 950,00	
Año	Cobros	Pagos	Flujo de caja
0			-950
1	662,4	33,62	628,78
2	692,46	63,62	631,84
3	732,55	103,62	625,93
4	762,23	133,62	629,61
VAN			412,89

De los datos de la Tabla 17, se puede observar que el VAN es mayor a 0 por lo que el proyecto es rentable.

De igual manera con los mismos datos que se usaron para el cálculo del VAN se aplica para el TIR, y aplicando el recurso digital [33].

Tabla 18. Cálculo del TIR

Inversión		950	
Año	Cobros	Pagos	Flujo de caja
0			-950
1	662,4	33,62	628,78
2	692,46	63,62	631,84
3	732,55	103,62	625,93
4	762,23	133,62	629,61
TIR			54,61%

Como se observa en la Tabla 18, el TIR da un valor de rentabilidad del 54,61% dando un 24,61% más de lo esperado en el cálculo del VAN.

CONCLUSIONES

Se realizó el diseño y construcción de una máquina mezcladora que permita recubrir grageas con un sistema de aire temperado incorporado controlado por un PID en el caso del aire caliente y la solidificación de la cubierta se realizó a través de convección. Posee una capacidad de 5kg, esto calculando las dimensiones del bowl para que albergue dicha cantidad de producto obteniendo que este debe tener un mínimo de 12,5l de capacidad y la potencia del motor para asegurar que podrá mover toda la carga, que en este caso es de 0.25HP, presentes en la sección de cálculos.

Se analizó la factibilidad de fabricación de un mecanismo de mezcladora de grageas con control de parámetros de funcionamiento para recubrimiento de las mismas, resultando que los cálculos del TIR obtienen un 24,61% más de margen de rentabilidad que el esperado, dentro de un periodo de 4 años, de igual manera los cálculos del VAN demostraron ser mayores a los 0, teniendo un estimado de 412,89 por lo que queda demostrado que es factible la fabricación de la máquina.

Se realizó el diseño de la máquina, con cálculos y un software adecuado, considerando todos los parámetros físicos o electrónicos que esta conlleva, calculando los componentes mecánicos involucrados en los mecanismos, tales como el factor de seguridad del diámetro del eje resultando en 487,69, en las uniones soldadas con valores de 266,67 y el de los pernos que se utilizará para la unión de ciertas secciones con 17,69 siendo todos estos valores sobredimensionados por diversas razones, tales como facilidades de mercado, medidas normalizadas, entre otros, garantizando la seguridad la construcción de la máquina, además con el apoyo de un software (SOLIDWORKS) se realizó las simulaciones estáticas del elemento más crítico del equipo para respaldar que el componente no falle al momento de su operación. En cuestiones de la electrónica se utilizó el software de MATLAB para calcular las constantes del sistema K_p , K_i y K_d resultando 1,6334/0,13065/0 respectivamente, simulando y realizando las pruebas reales necesarias para garantizar un control de temperatura estable.

Se implementó la máquina con un sistema de aire temperado que permita solidificar las grageas, teniendo en cuenta que el sistema de aire es una estrategia eficiente en el proceso de recubrimiento, demostrado mediante pruebas de funcionamiento que ayuda al redondeado de las grageas y dándoles un acabado uniforme, de esta manera contribuye

directamente a la mejora de la calidad del producto final. De igual forma esta cuenta con un panel de control intuitivo para que sea fácil de operar y no sea necesario de alguien especializado para manejarla.

Tomando en cuenta todo lo anterior se realizaron pruebas para verificar si existía alguna modificación en el diseño o algún componente electrónico o mecánico de la máquina, garantizando que la máquina cumple en un 100% con su funcionalidad, sin presentar fallos en su funcionamiento, con el fin de detectar si todos los parámetros considerados para recubrir las grageas eran los suficientes o adecuados, para el proceso, al realizar las pruebas de campo con distintos tipos de núcleos el resultado fue que las formas redondas son más fáciles de recubrir y producen capas uniformes a diferencias de formas irregulares que debido a su misma forma no giran adecuadamente en el bowl por lo que la capa de recubrimiento no se adhiere de manera homogénea sobre toda la superficie, dejando espacios sin cubierta, obteniendo como conclusión que la máquina funciona como se esperaba para formas regulares.

RECOMENDACIONES

Implementar un diseño de bowls con componentes que permita ser fácilmente separados, incluyendo elementos como módulos intercambiables o conexiones rápidas, que permita ser un sistema de fijación eficiente. Además, de permitir el reemplazo del bowl principal en caso de fallas o daños.

Se considera un diseño de bowl con un sistema tipo pala en el interior que cumpla con la función de revolver las grageas, evitando que se peguen entre sí y separando las que se pudieron haber pegado en el proceso de recubrimiento, evitando así la manipulación externa del operador, en este diseño se utilizó bowls comerciales, siendo de bajo espesor por lo que el implementar este tipo de diseño no era viable debido a que la soldadura podría perforar o deformar el bowl.

Distribuir los botones en una botonera aparte de la estructura principal para organizar los pulsadores, indicadores, selectores, etc. De manera más eficiente y dando espacio para la implementación de nuevos elementos que controlen las nuevas funcionalidades de la máquina mencionadas anteriormente.

REFERENCIAS

- [1] “Para Importar – Servicio Nacional de Aduana del Ecuador.” Accessed: Dec. 06, 2022. [Online]. Available: <https://www.aduana.gob.ec/para-importar/>
- [2] R. Díaz, “Desarrollo de productos de confitería con chocolate oscuro, cereales y pseudocereales,” Universidad de las Américas, Quito, 2019.
- [3] A. L. W. Tassi *et al.*, “Roasting soybeans in a microwave for manufacturing chocolate dragées,” *Ciência Rural*, vol. 49, no. 10, 2019, doi: 10.1590/0103-8478cr20180743.
- [4] “Cómo elaborar grageas cubiertas con chocolate :: pasteleria.com.” Accessed: Apr. 14, 2023. [Online]. Available: <https://www.pasteleria.com/articulo/201801/2853-como-elaborar-grageas-cubiertas-chocolate>
- [5] Alejandro, “UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO.”
- [6] “Macadamia Tostada con Curry - nutnut.” Accessed: Apr. 14, 2023. [Online]. Available: <https://www.nutnutshop.com/producto/macadamia-tostada-con-curry/>
- [7] K. Musa-Veloso, L. Paulionis, T. Poon, and H. Y. Lee, “The effects of almond consumption on fasting blood lipid levels: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials,” *J Nutr Sci*, vol. 5, Jan. 2016, doi: 10.1017/jns.2016.19.
- [8] Sosa ingredients, “Grageas de chocolate.” [Online]. Available: www.sosa.cat
- [9] A. A. Lavín Marisol Reyes M Patricio Almarza D, “PISTACHO (*Pistacia vera* L.)”
- [10] C. De Lira-García, M. Bacardí-Gascón, and A. Jiménez-Cruz, “Efecto del consumo de nueces, semillas y aceites sobre marcadores bioquímicos y el peso corporal; revisión sistemática,” *Nutricion Hospitalaria*, vol. 27, no. 4, pp. 964–970, 2012. doi: 10.3305/nh.2012.27.4.5781.
- [11] J. Guerrero, C. Meriño-Gergichevich, K. Ogass, C. Alvarado, and V. Sobarzo, “Características de calidad y condición de frutos de avellano europeo (*Corylus avellana* L.) cv. Barcelona en la zona centro-sur de Chile,” 2014.
- [12] “EL MUNDO DEL GRAGEADO DE CHOCOLATE Y SUS PROCESOS – CI TALSA.” Accessed: Apr. 18, 2023. [Online]. Available: <https://www.citalsa.com/blogs/noticias/el-mundo-del-grageado-de-chocolate-y-sus-procesos>
- [13] E. Defaz and F. Tuza, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA DESPULPADORA DE FRUTAS HORIZONTAL CON UNA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE 250 Kg/h,” Universidad Politécnica Salesiana, Quito, 2011.
- [14] B. Leffler, “STAINLESS-stainless steels and their properties.” [Online]. Available: <http://www.outokumpu.com/files/group/hr/documents/stainless20.pdf>
- [15] Bonnet, “Clasificación de los Aceros Inoxidables,” *Aceros Inoxidables*, p. 3, 2010.
- [16] S. Leal, “CARACTERIZACIÓN DE ACEROS INOXIDABLES Y ESTUDIO DE SU RESISTENCIA MECÁNICA Y CONFORMABILIDAD,” SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, Jul. 2011.
- [17] F. Palacios and J. Vega, “ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA CORROSIÓN EN LOS ACEROS INOXIDABLES,” Ciudad Bolívar, May 2004.

- [18] “Confi Kit para KitchenAid, 100%Chef.” Accessed: Apr. 18, 2023. [Online]. Available: <https://www.cocineros.info/confi-kit-para-kitchenaid-100-chef>
- [19] “Máquina de recubrimiento 5 kg | KADZAMA.” Accessed: Apr. 22, 2023. [Online]. Available: <https://kadzama.com/c/equipment/coating-machine-5-kg/>
- [20] “High Quality by-1250 Film Coating Machine - China Coating Machine and Tablet Coating.” Accessed: Apr. 22, 2023. [Online]. Available: <https://lucybian.en.made-in-china.com/product/oSvnUwcECbVG/China-High-Quality-by-1250-Film-Coating-Machine.html>
- [21] Richard G. Budynas, *DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY*. México: McGraw Hill, 2012.
- [22] Velásquez Guillermo and Medellín Enrique, “MANUAL DE TRANSFERENCIA Y ADQUISICIÓN DE TECNOLOGÍAS SOSTENIBLES,” San José, Costa Rica, 2005. [Online]. Available: www.usaid.gov
- [23] M. R. Asadabadi, “The stratified multi-criteria decision-making method,” *Knowl Based Syst*, vol. 162, pp. 115–123, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2018.07.002>.
- [24] M. S. CLEVA, G. M. Sampallo, C. Rodrigues Da Fonseca, D. C. Aquino, D. O. Liska, and F. R. Ventre, “Método para la determinación de la densidad de una muestra de granos enteros de alubia por procesamiento digital de imágenes,” *Scielo*, Jun. 2017.
- [25] S. T. Beckett, *Industrial chocolate manufacture and use*, Fourth edition. Wiley-Blackwell, 2009.
- [26] J. Bogusz, “Panning Equipment”.
- [27] “Factor de Seguridad | SafetyCulture.” Accessed: Oct. 05, 2023. [Online]. Available: <https://safetyculture.com/es/temas/factor-de-seguridad/>
- [28] ACERIND S.C., “Soldaduras para los aceros inoxidable.”
- [29] M. Granja and V. Hidalgo, “PROCESO DE SOLDADURA GMAW, PARA ACEROS ORDINARIOS AL CARBÓN, ACEROS INOXIDABLES Y ALUMINIO,” Quito, Jul. 2013.
- [30] M. Aracil, “SOLDADURA Y CORTE DE LOS ACEROS INOXIDABLES,” pp. 124–130, 2018.
- [31] “Controlador proporcional integral derivativo ou simplemente P.I.D – On3DWorld.” Accessed: Feb. 03, 2024. [Online]. Available: <https://on3dworld.wordpress.com/2016/02/26/controlador-proporcional-integral-derivativo-ou-simplesmente-p-i-d/>
- [32] “Calcular VAN | Calcular Valor Actual Neto.” Accessed: Jan. 09, 2024. [Online]. Available: <https://es.calcuworld.com/calculadoras-empresariales/calculadora-van/>
- [33] “Calculadora TIR | Calcular Tasa Interna de Retorno.” Accessed: Jan. 09, 2024. [Online]. Available: <https://es.calcuworld.com/calculadoras-empresariales/calculadora-tir/>

ANEXOS

Classifications

EN ISO 14343-A	EN ISO 14343-B	AWS A5.9	Mat. No.
W 19 9 L	SS308L	ER308L	1.4316

Characteristics and typical fields of application

Stainless; resistant to inter-crystalline corrosion. Corrosion-resistant up to 350 °C. High toughness down to -196 °C

For joining and surfacing applications with matching and similar – stabilized and non-stabilized – austenitic CrNi(N) and CrNiMo(N) steels / cast steel grades. For joining and surfacing work on cryogenic matching / similar austenitic CrNi(N) steels / cast steel grades.

Base materials

TÜV-certified parent metal

1.4301 - X5CrNi18-10; 1.4306 - X2CrNi19-11; 1.4311 - X2CrNi18-10; 1.4312 - GX10CrNi18-8; 1.4541 - X6CrNiTi18-10; 1.4546 - X5CrNiNb18-10; 1.4550 - X6CrNiNb18-10;

AISI 304, 304L, 304LN, 302, 321, 347; ASTM A157 Gr. C9, A320 Gr. B8C or D

Typical analysis of the TIG rods (wt.-%)

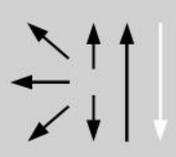
	C	Si	Mn	Cr	Ni
wt-%	0.02	0.5	1.7	20.0	10.0

Structure: Austenite with part ferrite

Mechanical properties of all-weld metal

Heat-treatment	Yield strength R _{p0.2}	Tensile strength R _m	Elongation A (L ₀ =5d ₀)	Impact work ISO-V CVN J	
	MPa	MPa	%	+20 °C	-196 °C
aw	400	570	35	100	35

Operating data

	Polarity:	Shielding gas:	Marks:	ø mm	L mm
	DC (-)	(EN ISO 14175) I1, I3	‡ W 19 9 L / ER308L	1,6 2,0 2,4 3,2	1000 1000 1000 1000

Approvals

TÜV (12939), DB (43.132.40), CE



PLANCHA

ACERO INOXIDABLE



Tipo de estructura	Tipo de Composición	Descripción de acuerdo a JIS*	Descripción de acuerdo a AISI**	Descripción de acuerdo a DIN***	COMPOSICIÓN QUÍMICA %					
					C	Si max	Mn	P max	S max	Ni
Austenítico	17 Cr-5Ni-7Mn	SUS 201	201		0,15 max	1,00	5,50 ~ 7,50	0,06	0,030	3,50 ~ 5,5
	18 Cr-6Ni-10Mn	SUS 202	202		0,15 max	1,00	7,50 ~ 10,00	0,06	0,030	4,00 ~ 6,00
	17Cr-7Ni	SUS 301	301	4310	0,15 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	6,00 ~ 8,00
	18Cr-8Ni-highC	SUS 302	302	4300	0,15 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	8,00 ~ 10,00
	18Cr-8Ni	SUS 304	304	4301	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	8,00 ~ 10,50
	18Cr-8Ni-extra-low-C	SUS 304 L	304L	4306	0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00
	18Cr-12Ni	SUS 305	305	3955	0,12 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,50 ~ 13,00
	23Cr-12Ni	SUS 309 S	309 S	4845	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	12,00 ~ 15,00
	25Cr-20Ni	SUS 310 S	310 S		0,08 max	1,50	2,00 - max	0,04	0,030	19,00 ~ 22,00
	18Cr-12Ni-2,5Mo	SUS 316	316	4401	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,00 ~ 14,00
	18Cr-12Ni-7,5Mo-extra-low-C	SUS 316 L	316 L	4404	0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	12,00 ~ 15,00
	18Cr-12Ni-2Mo-2Cu	SUS 316 J1		4505	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,00 ~ 14,00
	18Cr-13Ni-3,5Mo	SUS 317	317	4402	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	18,00 ~ 15,00
	18Cr-13Ni-3,5Mo-extra-low-C	SUS 317 L	317 L		0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	11,00 ~ 15,00
	18Cr-8Ni-Ti	SUS 321	321	4541	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00
	18Cr-9Ni-Nb	SUS 347	347	4550	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00
Ferrítico	13Cr-Al	SUS 405	405	4002	0,08 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	16Cr	SUS 429	429	4009	0,12 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
	18Cr	SUS 430	430	4016	0,12 max	0,75	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	18Cr-Mo	SUS 434	434	4113	0,12 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
Martensítico	13Cr-low Si	SUS 403	403	4024	0,15 max	0,50	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	13Cr	SUS 410	410	4000	0,15 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	13Cr-high C	SUS 420 J2	420	4021	0,26 ~ 0,40	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
	18Cr-high C	SUS 440 A	440 A		0,60 ~ 0,75	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
Endurecido por precipitación	17Cr-7Ni-1Al	SUS 631	631		0,09 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	6,50 ~ 7,75

PLANCHAS

ACERO INOXIDABLE

Norma: AISI 304

Especificaciones Generales:

ESPEORES desde 0.40-15mm

DIMENSIONES 1220 x 2440mm (estándar)

1220 x otros largos (especial)

DESCRIPCIÓN DE ACUERDO A NORMA	JIS	SUS 304
	ASTM	304
	DIN	4301



Descripción: Acero inoxidable aleado al cromo y níquel, muy resistente a la corrosión intergranular y a los ataques químicos del medio ambiente. Posee una buena resistencia a la corrosión del agua, ácidos y soluciones alcalinas si se emplea con superficie pulida a espejo. Se la puede encontrar con acabado ASTM 2B y 1.

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)

C Max	Si Max	Mn	P Max	S Max	Ni	Cr	Mo	Otros
0,08	1	2	0,04	0,03	8 - 10,5	18 - 20	XX	XX

PROPIEDADES MECÁNICAS

RESISTENCIA MECÁNICA		PUNTO DE FLUENCIA		Elongación % Min.	PRUEBAS DE DUREZA (MAX)	
Kg/mm ²	Psi	Kg/mm ²	Psi		ROCKWELL B	VICKERS
49	69500	18	25500	40	81,7	160

Norma: AISI 201

Especificaciones Generales:

ESPEORES desde 0.70-3mm

DIMENSIONES 1220 x 2440mm (estándar)

1220 x otros largos (especial)

DESCRIPCIÓN DE ACUERDO A NORMA	JIS	SUS 201
	ASTM	201
	DIN	XXX



Es un acero al cromo, manganeso, níquel con excelentes propiedades de tensión. Ofrece buena resistencia a la corrosión y a muchos agentes corrosivos moderados.

PLANCHAS

ACERO INOXIDABLE

Norma: AISI 201

Aplicaciones: Utensillos con embuticiones extra profundas, Cocinado a presión, Línea de cocina, Artículos para calentar alimentos, Dispensadores de bebidas y equipos para fabricación de hielos, Bombos de lavadoras, Lavavajillas, fregaderoos, entre otros.

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)								
C Max	Si Max	Mn	P Max	S Max	Ni	Cr	Mo	Otros
0.15	1	5.5 - 7.5	0.06	0.03	3.5 - 5.5	16 - 18		N: 0.25 Max

PROPIEDADES MECÁNICAS						
RESISTENCIA MECÁNICA		PUNTO DE FLUENCIA		Elongación % Min.	PRUEBAS DE DUREZA (MAX)	
Kg/mm ²	Psi	Kg/mm ²	Psi		ROCKWELL B	VICKERS
65	93000	25	35800	40	92	205

Norma: AISI 430

Especificaciones Generales:

ESPEORES	Acabado 2B: 0.4; 0.6; 0.7; 1; 1.5mm
	Acabado N4: 0.4; 0.6; 0.7; 1; 1.5mm

DIMENSIONES	1220 x 2440mm (estándar)
	1220 x otros largos (especial)

DESCRIPCIÓN DE ACUERDO A NORMA	JIS	SUS430
	ASTM	430
	DIN	4016



Estos aceros inoxidables de la serie 400 AISI (American Iron Steel Institute) mantienen una estructura ferrítica estable desde la temperatura ambiente hasta el punto de fusión. Sus características son: Resistencia a la corrosión de moderada a buena, Endurecidos moderadamente por trabajo en frío, Son magnéticos, su soldabilidad es pobre, Acabados 2B y N4.

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)								
C Max	Si Max	Mn	P Max	S Max	Ni	Cr	Mo	Otros
0,12	0,75	1	0,04	0,03	0,6	16 - 18	XX	XX

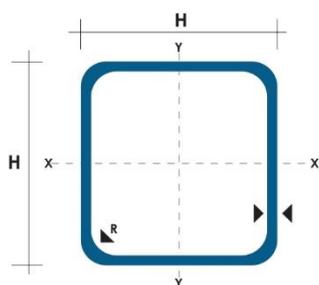
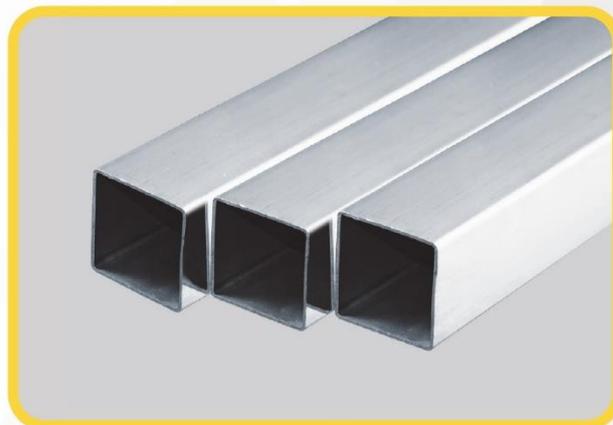
PROPIEDADES MECÁNICAS						
RESISTENCIA MECÁNICA		PUNTO DE FLUENCIA		Elongación % Min.	PRUEBAS DE DUREZA (MAX)	
Kg/mm ²	Psi	Kg/mm ²	Psi		ROCKWELL B	VICKERS
46	65800	22	30000	40	78	150

TUBO CUADRADO

ACERO INOXIDABLE

Especificaciones Generales:

Calidad:	AISI 304
Largo normal:	6,00 m
Dimensiones:	Desde 3/4 a 2"
Espesor:	Desde 1,2mm y 2mm



DIMENSIONES		PROPIEDADES		
□		ESPESOR (e)	PESO	ÁREA SECCIÓN
Plg.	mm	mm	Kg/mt	Plg ²
3/4"	19.05	1.2	0.5505	0.057
1"	25.4	1.2	0.8765	0.077
1 1/4"	31.75	1.2	1.1354	0.096
1 1/2"	38.1	1.2	1.3752	0.1165
2"	50.8	2	3.0142	0.1559

Nomenclatura

A= Área de selección transversal del tubo, plg².

H= Longitud lado

*Otros largos previa consulta



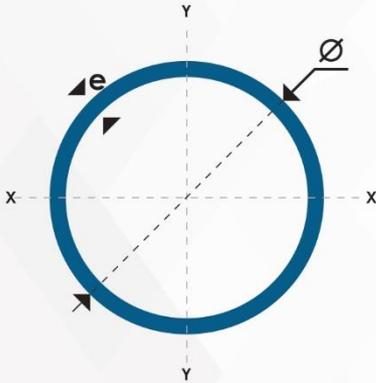
www.dipacmanta.com

TUBO REDONDO ACERO INOXIDABLE



Especificaciones Generales:

Calidad:	AISI 304
Largo normal:	6,00 m
Dimensiones:	Desde 1 a 2"
Espesor:	1,2mm, 1,5mm y 2mm



Nomenclatura

A= Área de selección transversal del tubo, (Plg²).
e= Espesor (mm)



DIMENSIONES		PROPIEDADES		
DIÁMETRO Ø		ESPESOR (e)	PESO	ÁREA SECCIÓN
Plg.	mm	mm	Kg/mts	Plg ²
1"	25.4	1.2	0.7235	0.1414
1"	25.4	1.5	0.8391	0.1745
1"	24.4	2	1.1659	0.2278
1 1/4"	31.75	1.2	0.9148	0.1785
1 1/4"	31.75	1.5	1.1323	0.2209
1 1/2"	38.1	1.5	1.3677	0.2673
1 1/2"	38.1	1.2	1.1031	0.2156
2"	50.8	1.2	1.4828	0.2898
2"	50.8	1.5	1.8423	0.3600
2"	50.8	2	2.4315	0.4752

*Otros largos previa consulta

USO INDIVIDUAL

Accionamiento manual



SC0040

Acabado blanco

Descripción general

- Secador de cabello de hotel para instalar en la pared, funcional, robusto y con un diseño actual que permite integrarlo, sin problemas, en cualquier espacio, como por ejemplo en un hotel, un hospital o en un centro para personas de la tercera edad.
- Este potente y duradero secador de cabello se activa a través de un pulsador, situado en el mango del aparato y ofrece una potencia total de 1.800W.
- Tres ajustes para la temperatura del aire, moviendo el botón hacia arriba y hacia abajo. Posición "1" para aire caliente, posición "2" para aire templado y posición "C" para aire frío.
- Se suministra de serie con todos los elementos para fijarlo a una pared de ladrillo.

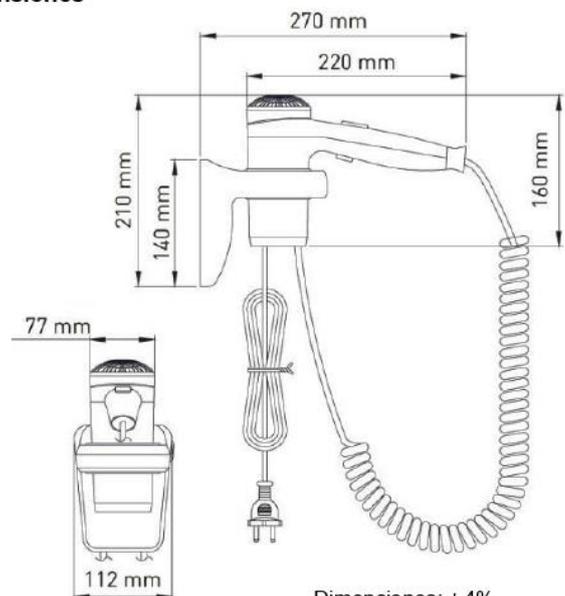
Componentes y materiales

- **SC0040:** plástico ABS acabado blanco.
- Soporte en plástico ABS en acabado blanco.
- Motor universal de escobillas de 9.000-18.000 rpm que incorpora un limitador térmico de seguridad.
- Resistencia de 1.600W de hilo ondulado de NiCr que incorpora un limitador térmico de seguridad.
- Selector de velocidad con tres ajustes (aire caliente, aire templado y aire frío).
- Turbina fabricada en policarbonato.
- Cable eléctrico de 1.000mm. de longitud con enchufe.
- Cable espiral muy resistente de 650-1.800mm.

Especificaciones técnicas

Voltaje	220- 240 V
Frecuencia	50/60 Hz
Aislamiento eléctrico	Clase II
Potencia total	200-1.800 W
Consumo	0,9 – 7 A
Potencia del motor	170 W
Rpm	9.000-18.000
Potencia de la resistencia	1.600 W
Dimensiones	160 x 220 x 77 mm
Peso	0,8 Kg
Flujo de aire efectivo	80 m ³ /h (1.330 L/min)
Velocidad del aire	60 Km/h
T° del aire	63°C
Presión sonora (*) (a 2m)	68 dBA
Grado de protección	IP20

Dimensiones



Serie TC excelente relación costo-beneficio

NUEVO

Características

- Control de temperatura ideal gracias a su nuevo algoritmo de control PID y su muestreo de alta velocidad de 100ms
- Salida a relevador y Salida SSRP en el mismo equipo
: La salida SSRP hace posibles el control de fase y el control de ciclo.
- Su amplio display incrementa considerablemente la visibilidad de la lectura
- Ahorro de espacio gracias a su diseño compacto
: Reducido en un 38% aprox. en comparación con modelos existentes (En base a la profundidad)
- Muestra la desviación SV/PV existente



⚠ Por favor antes de usarse lea el apartado "Precaución para su seguridad" en el manual de operación.



Información para seleccionar

T	C	4	S	—	1	4	R			
								Salida de Control	N	Indicador - Sin Salida de Control
								Alimentación	R	Salida a Relevador+ Salida SSRP
								Salida de alarma	4	100-240VCA 50/60Hz
									N	Sin Salida de Alarma
									1	1 Salida de alarma
								(*)	2	Salida de alarma 1 + Salidas de alarma 2
									S	DIN W48XH48mm(Terminales de conexión)
								(**)	SP	DIN W48XH48mm(Tipo enchufe)
									Y	DIN W72XH36mm
									M	DIN W72XH72mm
									H	DIN W48XH96mm
									W	DIN W96XH48mm
									L	DIN W96XH96mm
									4	4 Dígitos
									C	Ajuste por teclas frontales
									T	Controlador de temperatura

(*) No se encuentra disponible para las series TC4SP, TC4Y.

(**) Los sockets (PG-11, PS-11) para TC4SP se venden por separado.

Especificaciones

Series	TC4S	TC4SP	TC4Y	TC4M	TC4H	TC4W	TC4L
Alimentación	100-240VCA 50/60Hz						
Rango de voltaje permisible	90~110% del rango de voltaje nominal						
Consumo	Max. 5VA						
Display	7Segmentos(Rojo), Otro display(LED Verde, Amarillo, Rojo)						
Tamaño del caracter	W7XH15mm	W7.4XH15mm	W9.5XH20mm	W7XH14.6mm	W9.5XH20mm	W11XH22mm	
Tipo de entrada	RTD	DIN Pt100Ω(Resistencia max. de 5Ω disponible por cable)					
	TC	K(CA), J(IC)					
Visualización en display	TC, RTD	(*) (PV ±0.5% ó ±1°C mayor) rdg ±1Dígito					
		(**) TC4SP (Tipo Enchufe) es (PV ±0.5% ó ±2°C mayor) rdg ±1Dígito					
		Basado en temperatura normal (23°C ±5°C)					
Salida de Control	Relay	250VCA 3A 1a					
	SSRP	12VCC ±2V 20mA Max.					
Salida Auxiliar	Salida a relevador AL1, AL2 : 250VCA 1A 1a(*TC4SP, TC4Ysolo tienen AL1.)						
Método de Control	ON/OFF y Control P, PI, PD, PID						

(*) (PV ±0.5% ó ±2°C mayor) rdg ±1Dígito, excepto rango de temperatura normal.

(**) TC4SP es (PV ±0.5% ó ±3°C mayor) rdg ±1Dígito, excepto rango de temperatura normal.

Controlador de Temperatura para propósito general

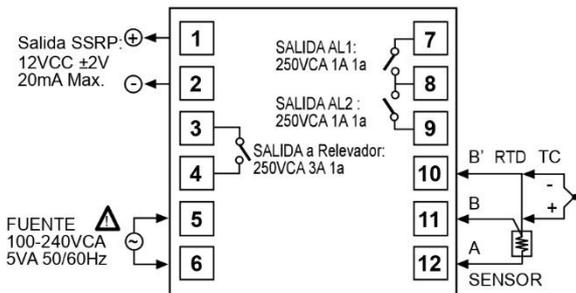
■ Especificaciones

Serie	TC4S	TC4SP	TC4Y	TC4M	TC4H	TC4W	TC4L
Histéresis	1 ~ 100°C (KCA,JIC,PT1) / 0.1 ~ 50.0°C (PT2)						
Banda Proporcional	0.1 ~ 999.9°C						
Tiempo Integral(I)	9999 s						
Tiempo Derivativo(D)	9999 s.						
Periodo de Control	0.5 ~ 120.0 s						
Reinicio manual	0.0 ~ 100.0%						
Periodo de muestreo	100ms						
Rigidez Dieléctrica	2000VCA 50/60Hz por 1min.(Entre la terminal de entrada y la terminal de alimentación)						
Vibración	0.75mm de amplitud a una frecuencia de 5~55Hz en cada una de las direcciones X, Y, Z por 2 horas						
Ciclo de vida del relevador	Mecánico	Mecánico : Min. 10,000,000 operaciones, Eléctrico : Min. 100,000 operaciones(Carga resistiva de 250VCA 3A)					
	Eléctrico	Mecánico : Min. 10,000,000 operaciones, Eléctrico: Min. 300,000 operaciones(Carga resistiva 250VCA 1A)					
Resistencia de aislamiento	Min. 100MΩ(a 500VCC megas)						
Ruido	Ruido de onda cuadrada generada por simulador de ruido(ancho de pulso 1ms)±2kV fase-R y fase-S						
Retención de memoria	10 años aprox. (Cuando se usa una memoria no volátil basada en semiconductores)						
Temperatura ambiente	-10 ~ 50°C (Sin congelamiento)						
Temp. de almacenamiento	-20 ~ 60°C (Sin congelamiento)						
Humedad ambiente	35 ~ 85%RH						
Peso de la unidad	Aprox. 97g	Aprox. 84g	Aprox. 127g	Aprox. 127g	Aprox. 118g	Aprox. 118g	Aprox. 172g
Aprobación	CE  US						

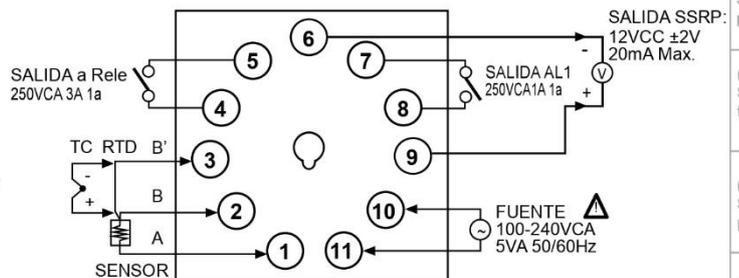
■ Conexiones

*La serie TC4 tiene ambas salidas, principal y SSR. Puede seleccionar el modelo dependiendo de sus necesidades.

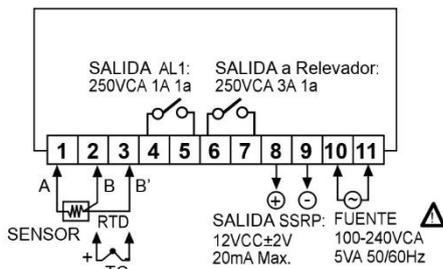
● TC4S



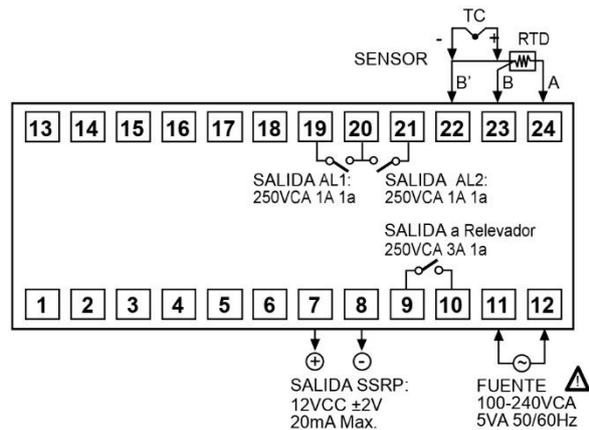
● TC4SP



● TC4Y



● TC4W



(A) Contador

(B) Temporizador

(C) Controlador de Temperatura

(D) Controlador de potencia

(E) Medidores para panel

(F) Medidor de Pulsos/ Tacómetro

(G) Displays

(H) Controlador de sensores

(I) Fuente de alimentación conmutada

(J) Sensor de proximidad

(K) Sensor fotoeléctrico

(L) Sensor de presión

(M) Encoders rotatorios

(N) Motor a pasos Driver Controlador de movimiento

(O) Pantalla HMI

(P) Dispositivo I/O Device Net

(Q) Modelos discontinuados y Reemplazos

Diagrama de flujo para el grupo de ajustes

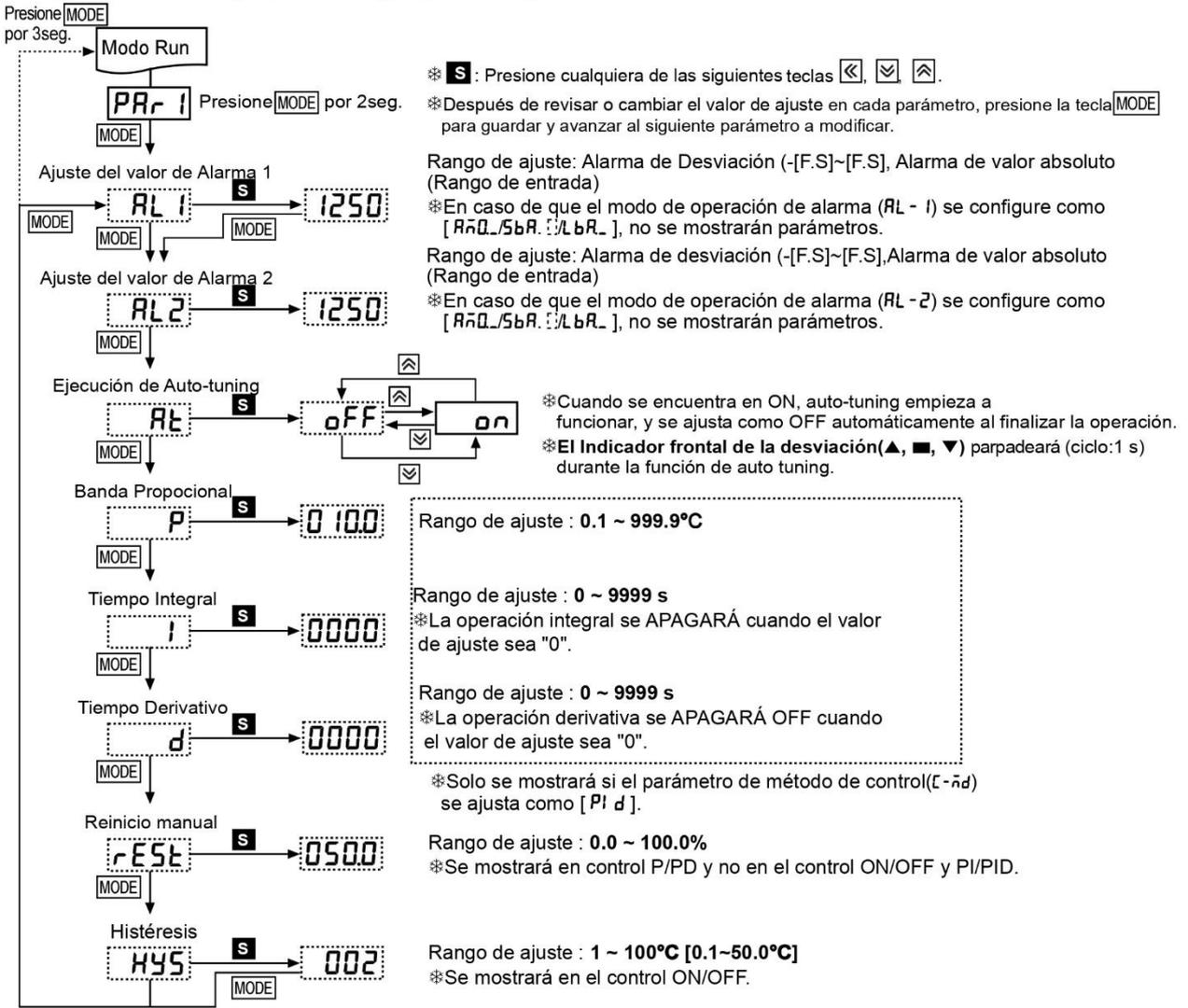
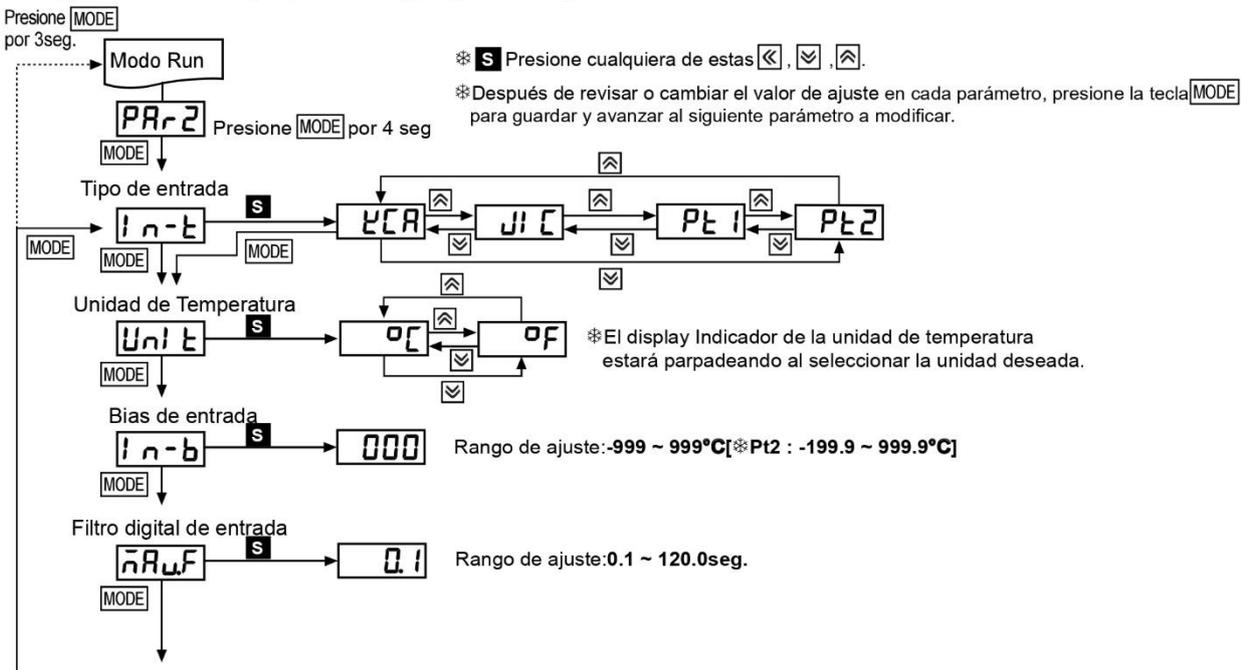


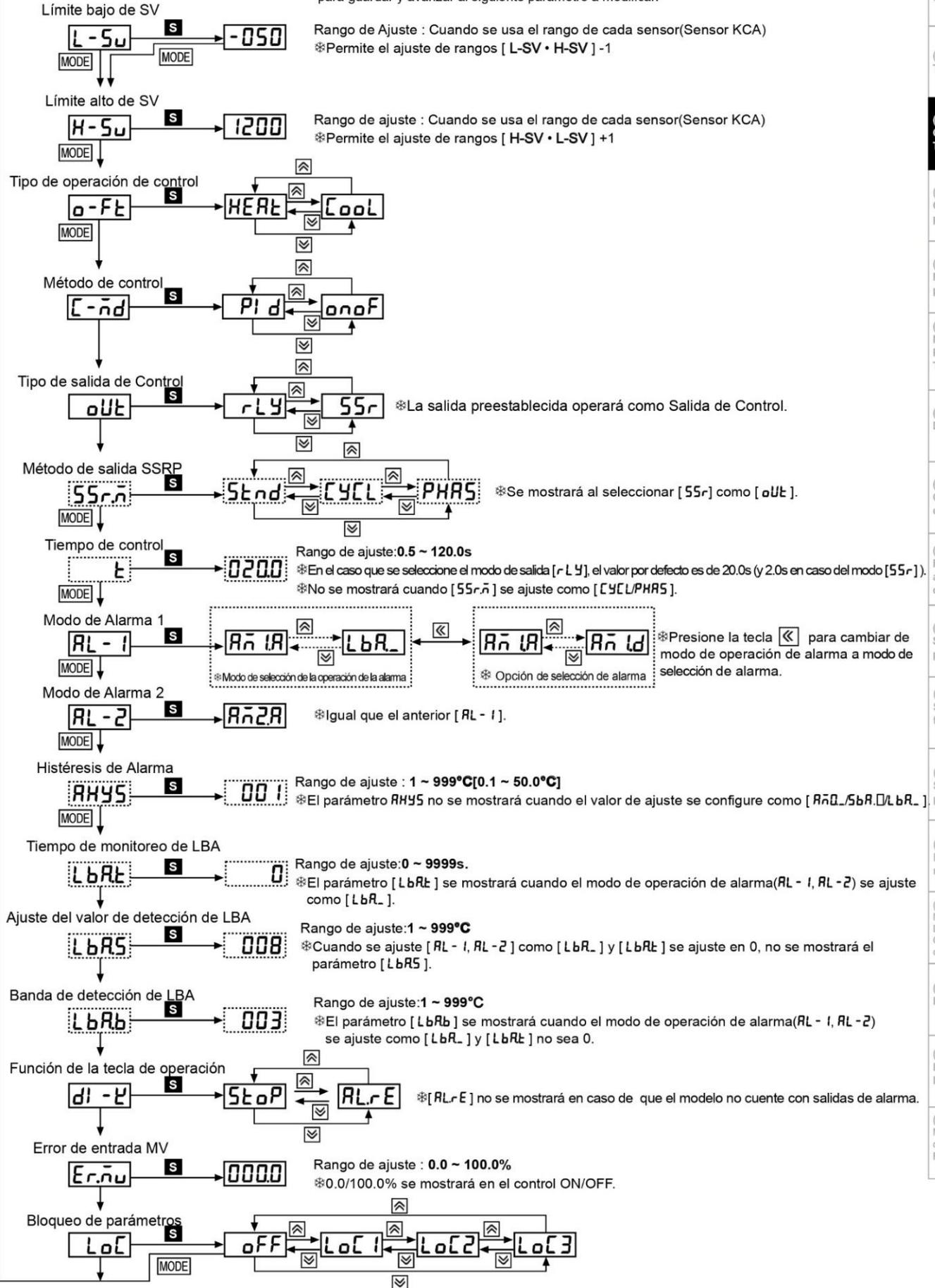
Diagrama de flujo para el grupo de ajustes



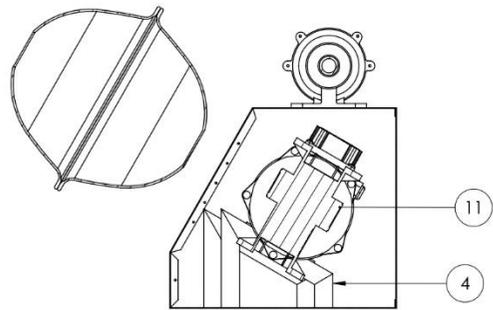
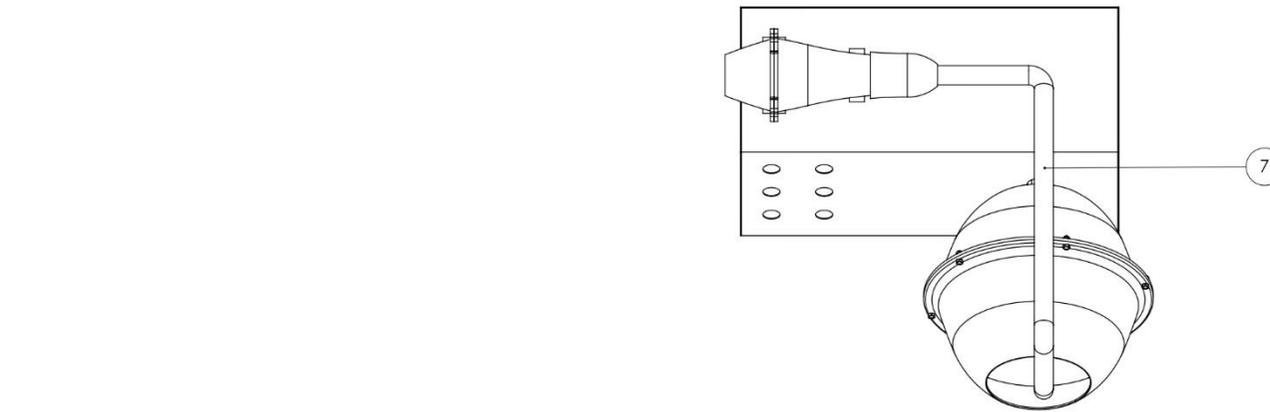
Controlador de Temperatura

※ **S** : Presione cualquiera de las siguientes teclas \leftarrow , \downarrow , \uparrow .

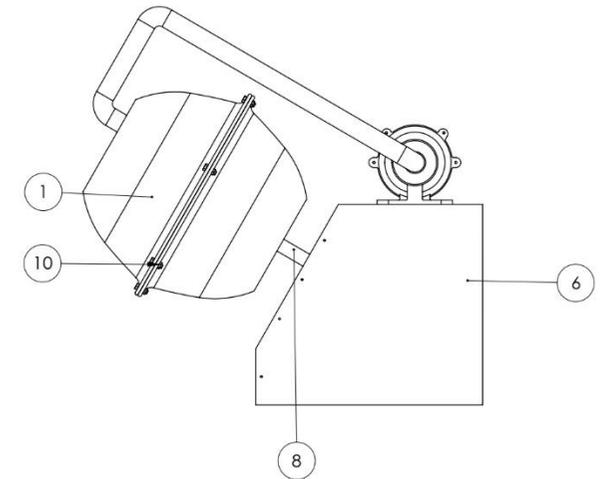
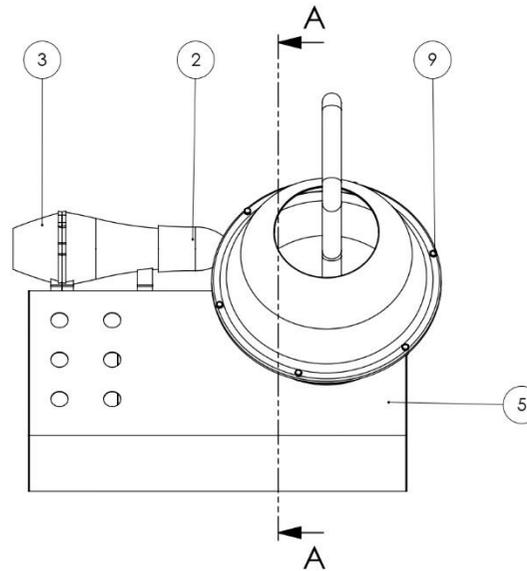
※ Después de revisar o cambiar el valor de ajuste en cada parámetro, presione la tecla **MODE** para guardar y avanzar al siguiente parámetro a modificar.



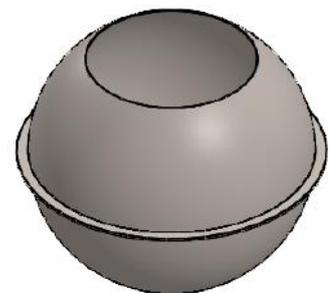
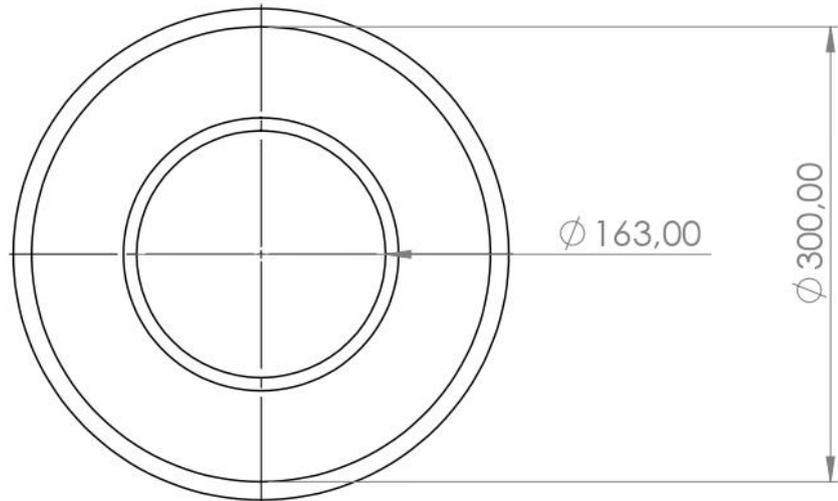
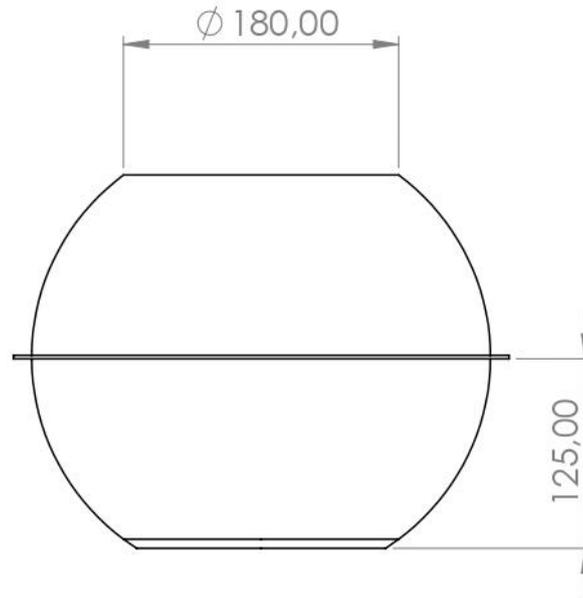
(A)	Contador
(B)	Temporizador
(C)	Controlador de Temperatura
(D)	Controlador de potencia
(E)	Medidores para panel
(F)	Medidor de Pulsos/Tacómetro
(G)	Displays
(H)	Controlador de sensores
(I)	Fuente de alimentación conmutada
(J)	Sensor de proximidad
(K)	Sensor fotoeléctrico
(L)	Sensor de presión
(M)	Encoders rotatorios
(N)	Motor a pasos Driver Controlador de movimiento
(O)	Pantalla HMI
(P)	Dispositivo I/O Device Net
(Q)	Modelos descontinuados y Reemplazos



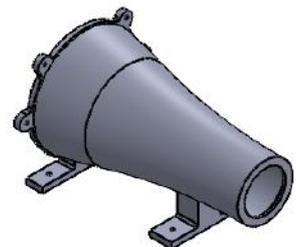
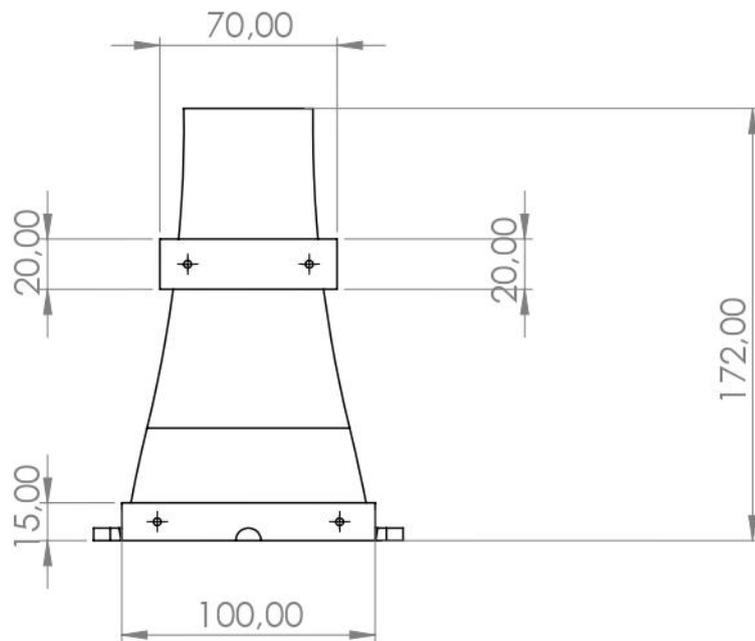
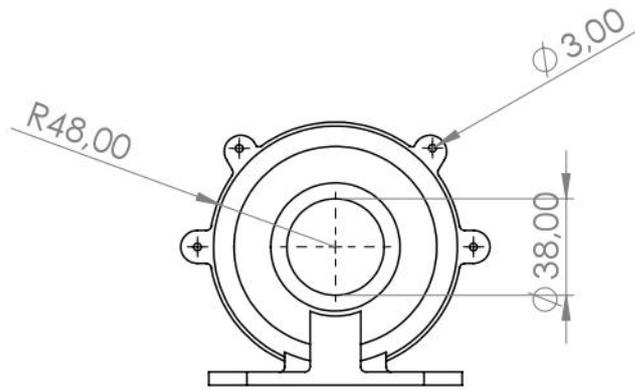
SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 5



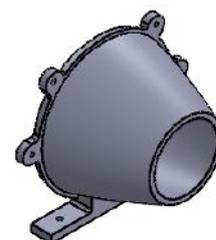
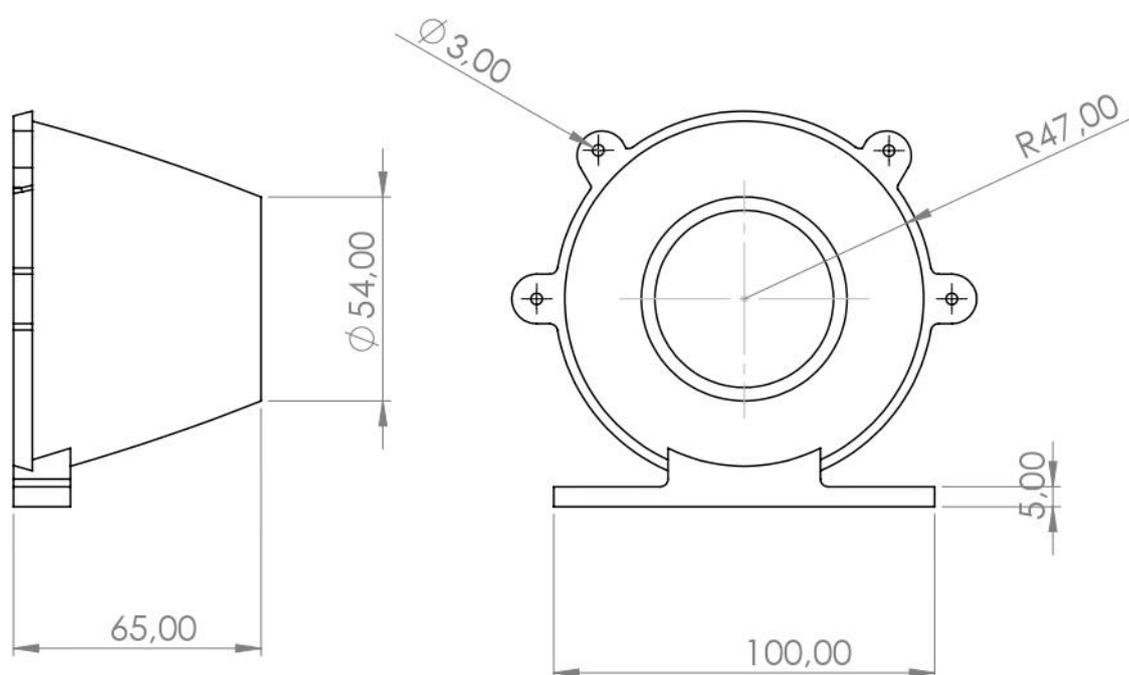
11	Motorreductor	1	IEC 60034	Aluminio	250x195x150	
10	Tuerca hexagonal M4	4	SAE J429	A. Negro	M4 x 2.28	Galvanizado
9	Perno M4	4	SAE J429	A. Negro	M4 x 15	Galvanizado
8	Eje	1	10.1643178.1644278.01.08	AISI 304	Ø18 x 200	
7	Tubo de aire	1	10.1643178.1644278.01.07	AISI 304	24.5x360x110	
6	Tapa carcasa	1	10.1643178.1644278.01.06	AISI 430	502x264x301	
5	Carcasa principal	1	10.1643178.1644278.01.05	AISI 430	500x264x300	
4	Base motor	1	10.1643178.1644278.01.04	AISI 304	148 x 130	
3	Secadora atras	1	10.1643178.1644278.01.03	PETG	170 x 100	
2	Secadora base	1	10.1643178.1644278.01.02	PETG	170 x 100	
1	Bowl	1	10.1643178.1644278.01.01	AISI 304	300 x 250	
Ref.	Denominación	Cant.	Norma	Material	Dim. Brutas	Observaciones
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA			U.P.S	Diseño:	Salazar Ricardo/Raza Mateo	2023-09-27
				Dibujó:	Salazar Ricardo/Raza Mateo	2023-09-27
Plano de conjunto: Máquina grageadora			Escala: 1:7	Revisó:	Ing. Patricio Quiñiquez MSc.	2023-10-12
				Código:	10.1643178.1644278.01	Tol. G'ral.: ± 0.4



Tratamiento térmico	NA	Material:	AISI 304	Dim. brutas:	300 x 250 mm
Recubrimiento:	NA				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA:	U.P.S	Diseño:	Salazar Ricardo/Raza Mateo	2023-09-27	
		Dibujó:	Salazar Ricardo/Raza Mateo	2023-09-27	
		Revisó:	Ing. Patricio Quitiaquez MSc.	2023-12-27	
Bowl	Escala: 1:5	Código:	10.1643178.1644278.01.01	Tol. Gral: ± 0.4	

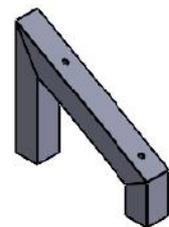
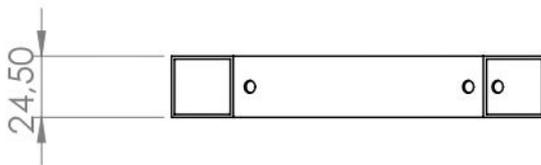
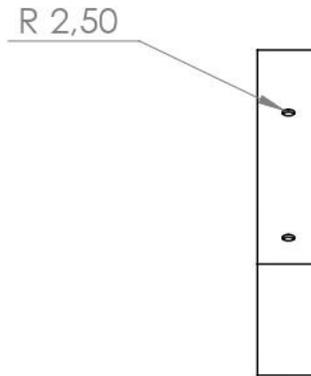
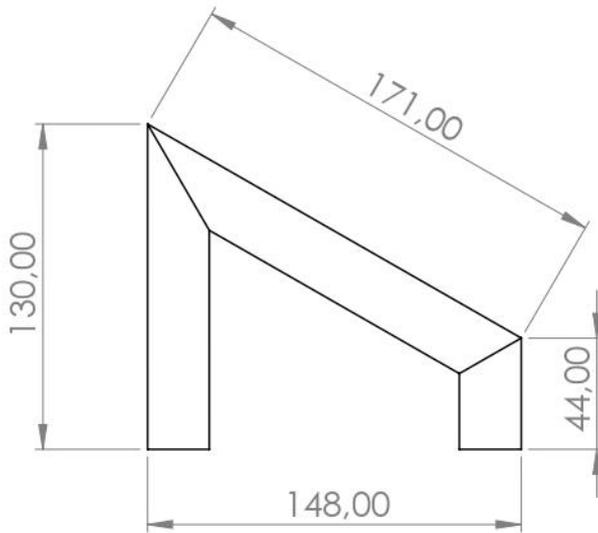


Tratamiento Térmico	NA	Material:	PETG	Dim. brutas:	170 X 100 mm
Recubrimiento:	NA				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA:	U.P.S	Diseño:	Salazar Ricardo/Raza Mateo	2023-09-27	
		Dibujó:	Salazar Ricardo/Raza Mateo	2023-09-27	
		Revisó:	Ing. Patricio Quitiaquez MSc.	2023-10-12	
Secadora Acople	Escala: 1:3	Código:	10.1643178.1644278.01.02	Tol. Gral:	± 0.4



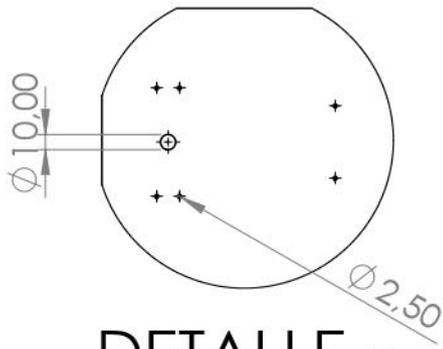
Tratamiento Térmico:	NA	Material:	PETG	Dim. brutas:	170 x 100 mm
Recubrimiento:	NA				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA:	U.P.S	Diseño:	Salazar Ricardo/Raza Mateo	2023-09-27	
		Dibujó:	Salazar Ricardo/Raza Mateo	2023-09-27	
		Revisó:	Ing. Patricio Quitiaquez MSc.	2023-10-12	
Secadora atras	Escala: 1:3	Código:	10.1643178.1644278.01.03	Tol. Gral: ± 0.4	

N8



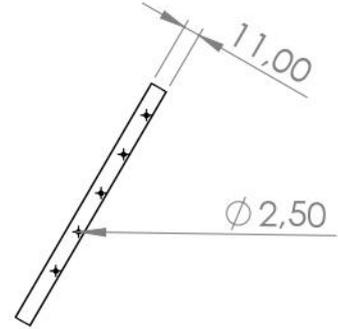
Tratamiento Térmico	NA	Material:	AISI 304	Dim. brutas:
Recubrimiento:	NA			148 x 130
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA:	U.P.S	Diseño:	Salazar Ricardo/Raza Mateo	2023-09-27
		Dibujó:	Salazar Ricardo/Raza Mateo	2023-09-27
		Revisó:	Ing. Patricio Quitiaquez MSc.	2023-10-12
Base motor	Escala: 1:3	Código:	10.1643178.1644278.01.04	Tol. Gral: ± 0.5

N7



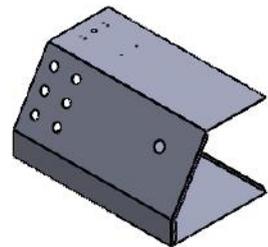
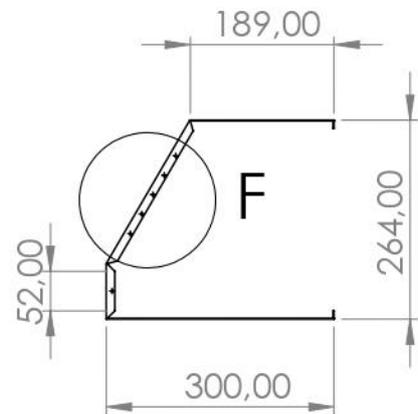
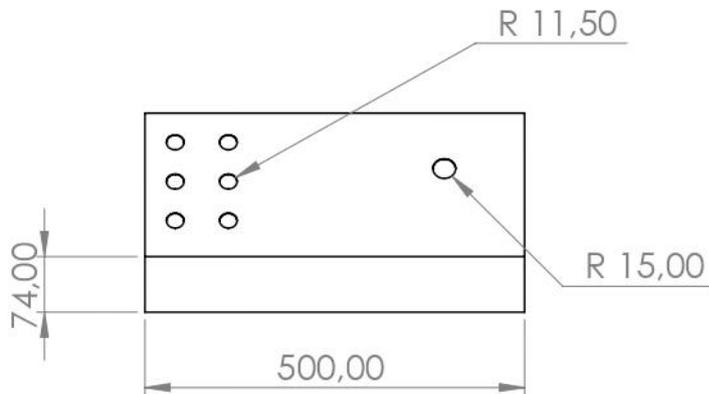
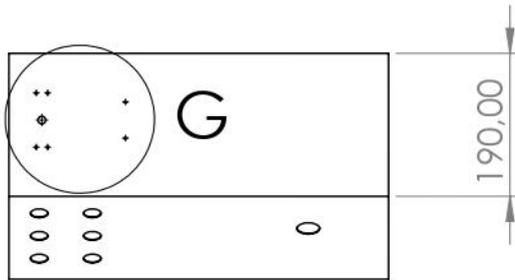
DETALLE G

ESCALA 1 : 5



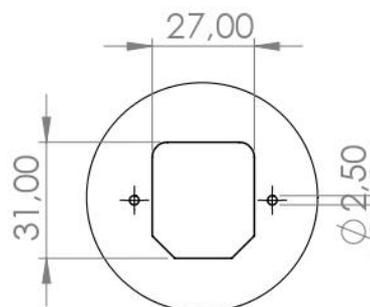
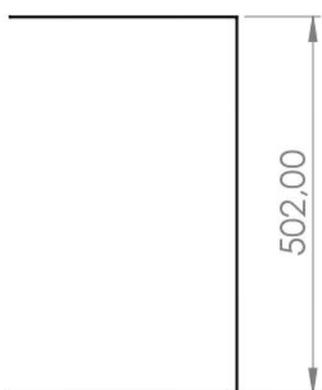
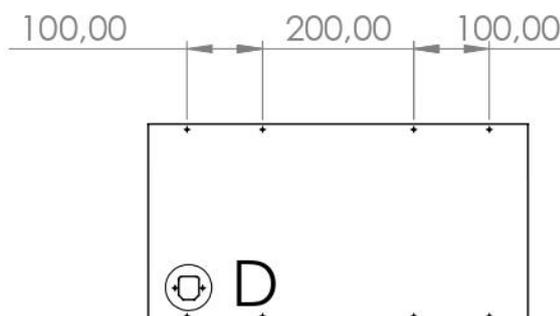
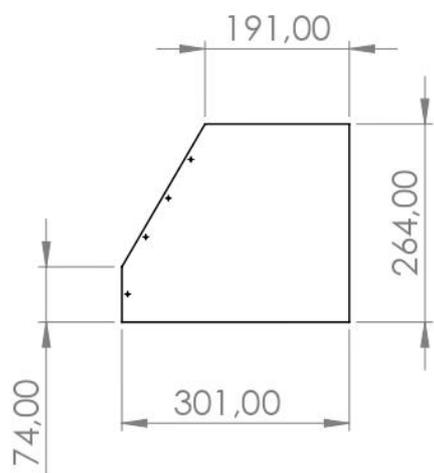
DETALLE F

ESCALA 1 : 5

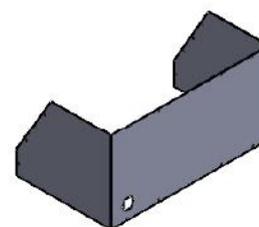


Tratamiento Térmico	NA	Material:	AISI 430	Dim. brutas:	500 x 246 mm
Recubrimiento:	NA				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA:	U.P.S	Diseño:	Salazar Ricardo/Raza Mateo	2023-09-27	
		Dibujó:	Salazar Ricardo/Raza Mateo	2023-09-27	
		Revisó:	Ing. Patricio Quitiaquez MSC.	2023-10-12	
Carcasa principal	Escala: 1:10	Código:	10.1643178.1644278.01.05	Tol. Gral:	± 0.4

N7

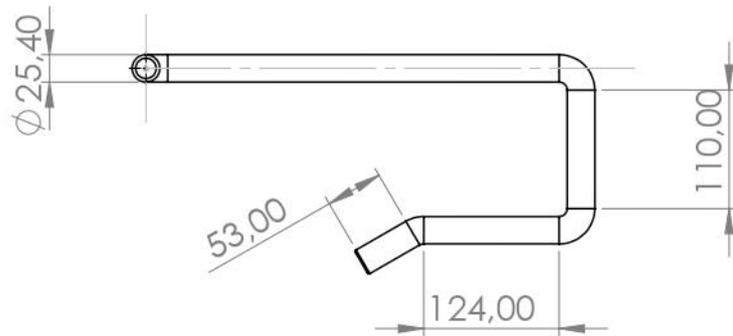
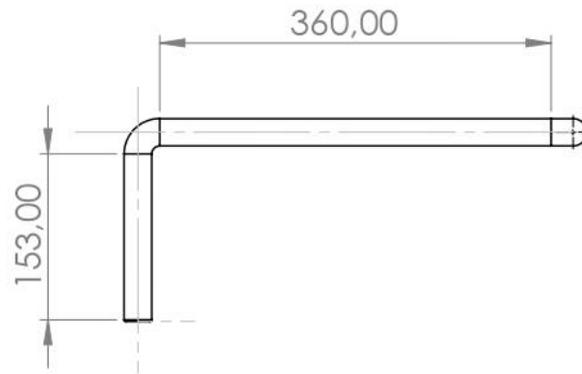


DETALLE D
ESCALA 1 : 2



Tratamiento Térmico	NA	Material:	AISI 430	Dim. brutas: 502 x 264 mm
Recubrimiento:	NA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA:	U.P.S	Diseño:	Salazar Ricardo/Raza Mateo	2023-09-27
		Dibujó:	Salazar Ricardo/Raza Mateo	2023-09-27
		Revisó:	Ing. Patricio Quitiaquez MSc.	2023-10-12
Tapa carcasa	Escala: 1:10	Código:	10.1643178.1644278.01.06	Tol. Gral: ± 0.4

N8



Tratamiento Térmico	NA	Material:	AISI 304	Dim. brutas:	360 x 110 mm
Recubrimiento:	NA				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA:	U.P.S	Diseño:	Salazar Ricardo/Raza Mateo	2023-09-27	
		Dibujó:	Salazar Ricardo/Raza Mateo	2023-09-27	
		Revisó:	Ing. Patricio Quitiaquez MSc.	2023-10-12	
Tubo Aire	Escala: 1:7	Código:	10.1643178.1644278.01.07	Tol. Gral:	± 0.4