



UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS

APLICADAS

CARRERA DE INGENIERIA EN MECATRONICA

TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE

INGENIERIA EN MECATRONICA

TEMA:

SECADOR DE BANDEJAS PARA HIERBAS AROMÁTICAS

DEDICADO A LA MICROINDUSTRIA

AUTOR:

VERÓNICA LUCÍA QUILCA DE LA TORRE

DIRECTOR:

ING. DIEGO ORTIZ

IBARRA – ECUADOR

2016

DECLARACIÓN

Yo, VERÓNICA LUCIA QUILCA DE LA TORRE. Declaro que el trabajo aquí descrito es de mí autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y certifico la veracidad de las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



Verónica Lucia Quilca de la Torre

CERTIFICACIÓN

En calidad de Director del Trabajo de Grado "SECADOR DE BANDEJAS PARA HIERBAS AROMÁTICAS DEDICADO A LA MICROINDUSTRIA", presentado por la señorita Verónica Lucía Quilca de la Torre, para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica, certifico que el mencionado proyecto fue realizado bajo mi dirección.



Ing. Diego Ortiz

Director

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

| DATOS DE CONTACTO | |
|-----------------------------|------------------------------------|
| CÉDULA DE IDENTIDAD: | 100323813-4 |
| APELLIDOS Y NOMBRES: | QUILCA DE LA TORRE VERÓNICA LUCIA |
| DIRECCIÓN: | Urququí calle Antonio Ante y Sucre |
| E-MAIL: | vlqtbao_jtafe@hotmail.com |
| TELÉFONO MÓVIL: | 0990547668 |

| DATOS DE LA OBRA | |
|--------------------------------|--|
| TÍTULO: | SECADOR DE BANDEJAS PARA HIERBAS AROMÁTICAS DEDICADO A LA MICROINDUSTRIA |
| AUTOR: | QUILCA DE LA TORRE VERÓNICA LUCIA |
| FECHA: | 29 de Septiembre de 2016 |
| PROGRAMA: | PREGRADO |
| TÍTULO POR EL QUE OPTA: | INGENIERO EN MECATRÓNICA |
| DIRECTOR: | ING. DIEGO ORTIZ |

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Males Lema Luis Eduardo con cédula de identidad Nro. 100323813-4, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular del derecho patrimonial, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 29 días del mes de Septiembre del 2016

EL AUTOR:

(Firma).....
Nombre: Quilca De la Torre Verónica Lucía
C.I.: 100323813-4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Quilca De la Torre Verónica Lucía, con cédula de identidad Nro. 100323813-4, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado: **"SECADOR DE HIERBAS AROMÁTICAS DEDICADO A LA MICRO INDUSTRIA"**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera en mecatrónica, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

(Firma).....*Verónica Quilca*.....

Nombre: Quilca De la Torre Verónica Lucía
C.I.: 100323813-4

Ibarra, a los 29 días del mes de Septiembre del 2016

DEDICATORIA

Con inmenso amor y gratitud por todos los años de vida, dedicación y esfuerzo para conmigo, dedico este trabajo de grado a mis preciosos amores, mi padre Manuel Quilca y mi madre María Fabiola De la Torre de los cuales he aprendido el respeto, la bondad, el verdadero amor, la honradez y el trabajo correcto en su diario vivir, y de quienes también estoy muy orgullosa pues en sus brazos he encontrado dirección y sentido.

Verónica Q.T.

AGRADECIMIENTO

Con inmenso amor agradezco a mi Señor Amado Dios Todopoderoso creador de los cielos y de la tierra, el Dios de Abraham, de Isaac y de Jacob por su gran Amor, bondad y fidelidad para conmigo y mi familia, siendo Él, el todo de mi vida. Su amor me ha dado las fuerzas para seguir sin desmayar hasta llegar al final de sus propósitos en gloria.

Gracias a mis padres Manuel Quilca y Fabiola De la Torre, mis hermanos, Roberto, Anita, José Luis y Javier, mis más preciosos tesoros que mi Señor me los ha dado, por su esfuerzo, su amor y apoyo incondicional con los que me han guiado desde siempre.

A mis mejores amigos inigualables e incomparables Jessica Enríquez, Alicia De la Torre, Dianita Chamorro, Paola Tirira, Gabriela Aillón, Diego Guerrero, Edison Lechón, Héctor Benavides, Diego Vallejo, Gilmar Subía y Rodrigo Carlosama por el cariño y amistad sincera en la que he podido confiar.

A las más sorprendentes mujeres que he conocido en el transcurso de mi vida universitaria Mericita Páez y Gladis Valencia por su gran carisma, cariño y bondad que me han brindado sin medida.

Verónica Q.T.

RESUMEN

El sistema a desarrollarse consta de un control de temperatura a base de convección forzada que permitirá mantener al secador a una temperatura de 30°C a 60°C.

La fuente generadora de calor que se utilizará para el sistema son resistencias eléctricas (niquelinas de micrón) que serán controladas por un controlador programable Logo; también tendrá un ventilador que impulsará el aire caliente dentro de la cámara a fin de que este fluya uniformemente, de manera que se pueda tener el calor necesario para que las hierbas no se sequen demasiado si no que mantengan un grado de humedad aproximadamente de un 12%. Para lograr que mantenga esta humedad relativa deseada se cuenta con evacuación del aire caliente en un mínimo porcentaje.

El sistema de control del secador se realizará con un dispositivo programable, el cual controlará las temperaturas y humedad necesarias para mantener en las plantas sus propiedades nutritivas. Contará con el panel de control donde irá un pulsador de inicio del ciclo de secado y se seleccionará el tipo de hierba aromática a secar, de igual manera se visualizará el rango de la temperatura, y el tiempo de secado.

ABSTRACT

The system developed consists of a temperature control based on forced convection which will maintain the dryer at a temperature of 30°C to 60°C.

The heat generating source to be used for the system are electric heaters (niquelinas micron) to be controlled by a programmable controller Logo; also have a fan that push hot air into the chamber so that this flow evenly, so that it may have enough heat to herbs not dry too otherwise maintain a degree of humidity approximately in 12%. To achieve that hold this relative humidity is desired features evacuation of hot air in a minimum percentage.

The dryer control system is performed with a programmable device, which is programmed according to the temperature and humidity required to maintain its nutritional plants. It will have the control panel where it will be a push-start the drying cycle and the type of herb will be selected to dry, just as the range of temperature, and the drying time is displayed

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|--------------------------------------|
| Declaración | ¡Error! Marcador no definido. |
| Certificación..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| Dedicatoria | VI |
| Agradecimiento..... | VII |
| Resumen..... | VIII |
| Abstract | IX |
| Tabla de contenido | X |
| Presentación | XXII |
| Introducción | 1 |
| Planteamiento del problema..... | 1 |
| Objetivos | 1 |
| Objetivo general | 1 |
| Objetivo específico | 1 |
| Justificación | 2 |
| Alcance | 3 |
| CAPÍTULO 1 Antecedentes | 4 |
| 1.1. Introducción | 4 |
| 1.2. Planteamiento del problema..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| 1.3. Importancia de las plantas aromáticas y medicinales | 4 |
| 1.3.1. Las plantas aromáticas. | 5 |
| 1.4. Proceso de secado de hierbas aromáticas. | 10 |
| 1.5. Métodos de secado..... | 12 |

| | | |
|---|---|----|
| 1.5.1. | Secado natural..... | 12 |
| 1.5.2. | Secado mecánico..... | 13 |
| 1.6. | Tipos de secadores | 15 |
| 1.6.1. | Secadores de horno o estufa..... | 16 |
| 1.6.2. | Secadores de bandeja o de armario..... | 17 |
| 1.6.3. | Secadores de túnel | 18 |
| 1.6.4. | Secador de torre o de bandeja giratorias. | 19 |
| 1.6.5. | Secadores de cintas múltiples | 20 |
| 1.7. | Propiedades termodinámicas del aire húmedo..... | 21 |
| 1.7.1. | Conceptos básicos..... | 22 |
| 1.7.1.1. | Contenido de humedad. | 22 |
| 1.7.1.2. | Humedad libre..... | 22 |
| 1.7.2. | Transferencia de calor..... | 27 |
| 1.8. | Automatización y control del sistema..... | 30 |
| 1.8.1. | Sistemas de control | 30 |
| 1.8.2. | Tipos de controladores..... | 32 |
| CAPÍTULO 2..... | | 37 |
| Selección de alternativas y cálculos..... | | 37 |
| Introducción | | 37 |
| 2.1. | Características del secador a diseñar..... | 37 |
| 2.2. | Alternativas de secadores..... | 38 |
| 2.2.1. | Secador de torre o de bandejas giratorias. | 38 |
| 2.2.2. | Secador de túnel..... | 39 |

XII

| | | |
|-----------------|---|----|
| 2.2.3. | Secador de bandeja o armario..... | 40 |
| 2.3. | Cuadro comparativo de alternativas de diseño | 40 |
| 2.3.1. | Criterio Ponderado..... | 41 |
| 2.4. | Factores importantes para la selección de alternativas | 42 |
| 2.5. | Evaluación de alternativas | 43 |
| 2.6. | Cálculos de diseño | 48 |
| 2.6.1. | Parámetros para el dimensionamiento del secador de bandejas | 48 |
| 2.6.2. | Dimensionamiento de las paredes del secador | 54 |
| 2.6.3. | Selección del sensor de temperatura..... | 56 |
| CAPÍTULO 3..... | | 60 |
| 3.1. | Elaboración del secador | 60 |
| 3.1.1. | Estructura..... | 60 |
| 3.2. | Características de ubicación de la fuente de calor | 60 |
| 3.3. | Evaluación de alternativas de ubicación de la fuente de calor..... | 61 |
| 3.3.1. | Ubicación de la fuente de calor interna en la base de la cámara..... | 61 |
| 3.3.2. | Ubicación de la fuente de calor en parte externa lateral de la cámara del secador..... | 63 |
| 3.3.3. | Ubicación de la fuente de calor en la parte externa posterior del secador | 64 |
| 3.4. | Selección de los materiales de construcción..... | 69 |
| 3.4.1. | Materiales mecánicos del secador..... | 69 |
| 3.4.2. | Materiales eléctricos y de control | 75 |
| 3.5. | Análisis de costos..... | 85 |
| 3.5.1. | Costos directos | 85 |
| 3.5.2. | Costos indirectos..... | 85 |

| | |
|---|------------|
| 3.5.3. Análisis Valor Presente Neto (VPN). | 89 |
| 3.5.5. Análisis Costo-Beneficio. | 90 |
| 3.5.4. Análisis Tasa Interna de Retorno (TIR)..... | 89 |
| 3.5.6. Análisis Periodo de Recuperación. | 91 |
| CAPÍTULO 4 | 92 |
| Montaje y puesta en marcha del sistema y cálculo de errores | 92 |
| Introducción | 92 |
| 4.1. Sistema de control en lazo abierto | 95 |
| 4.2. Diagrama de bloques del control del sistema | 95 |
| 4.2.1. Medición de la temperatura | 96 |
| 4.3. Programación e implementación del tablero de control | 97 |
| 4.3.1. Flujograma del control del sistema. | 97 |
| 4.3.2. Programación del control del sistema | 99 |
| 4.3.3. Calibración del sensor de temperatura ntc | 102 |
| 4.4. Implementación del tablero del control | 104 |
| 4.4.1. Descripción de funciones:..... | 106 |
| 4.5. Herramientas utilizadas en la construcción..... | 107 |
| 4.5.1. Implementación general de la cámara de secado | 107 |
| 4.6. Pruebas de funcionamiento del sistema de control | 110 |
| 4.7. Resultados | 112 |
| CAPÍTULO 5 | 114 |
| 5.1. Conclusiones | 114 |
| 5.2. Recomendaciones | 115 |
| 5.3. Bibliografía | 116 |

| | |
|---|-----|
| ANEXOS | 118 |
| Anexo 1. Manual de usuario | 118 |
| Anexo 2. Manual de mantenimiento..... | 123 |
| Anexo 3. Tabla de vapor de agua saturado | 124 |
| Anexo 4. Tabla de calor latente de vaporización..... | 125 |
| Anexo 5. Carta psicrométrica | 125 |
| Anexo 6. Conductividad térmica de diversos materiales..... | 127 |
| Anexo 7. Tipos de aislantes y aplicaciones | 128 |
| Anexo 8. Humedad inicial de las hierbas aromáticas | 129 |
| Anexo 9. Catálogo planchas en acero inoxidable | 130 |
| Anexo 10. Catálogos de sopladores de aire | 133 |
| Anexo 11. Catálogo de planchas en acero inoxidable (dipac)..... | 135 |
| Anexo 12. Catálogo de tubería en acero inoxidable (dipac)..... | 136 |
| Anexo 13. Catálogo de tubería rectangular dipac | 137 |
| Anexo 14 Catálogo de garruchas | 138 |
| Anexo 15. Tabla de medición de temperatura ntc | 139 |
| Anexo 16. Sensor de humedad relativa hs 1101 | 140 |
| Anexo 17. Normas inen | 141 |
| Anexo 18. Planos | 150 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| <i>Tabla 1. 1 Características de la menta</i> | 5 |
| <i>Tabla 1. 2: Características del limoncillo.....</i> | 7 |
| <i>Tabla 1. 3 Contenido de humedad de las hierbas aromáticas</i> | 11 |
| <i>Tabla 2. 1 Alternativas de diseño ventajas y desventajas</i> | 41 |
| <i>Tabla 2. 2 Criterios de evaluación</i> | 42 |
| <i>Tabla 2. 3 Criterios de evaluación del peso específico.....</i> | 43 |
| <i>Tabla 2. 4 Evaluación del peso específico del criterio costo equipo</i> | 44 |
| <i>Tabla 2. 5 Evaluación del peso específico de criterio de facilidad de operación.....</i> | 45 |
| <i>Tabla 2. 6 Evaluación del peso específico del criterio facilidad de construcción.....</i> | 45 |
| <i>Tabla 2. 7 Evaluación del peso específico del criterio mantenimiento.....</i> | 45 |
| <i>Tabla 2. 8 Evaluación del peso específico del criterio de seguridad.....</i> | 46 |
| <i>Tabla 2. 9 Evaluación del peso específico del criterio durabilidad.....</i> | 46 |
| <i>Tabla 2. 10 Evaluación del peso específico del criterio versatilidad</i> | 47 |
| <i>Tabla 2. 11 Solución de alternativas.....</i> | 47 |
| <i>Tabla 2. 12 Porcentaje de humedad de las hierbas aromáticas</i> | 49 |
| <i>Tabla 2. 13 Sensores de temperatura</i> | 56 |
| <i>Tabla 3. 1 Características de la fuente de calor</i> | 61 |
| <i>Tabla 3. 2 Criterios de evaluación para la ubicación de la fuente de calor.....</i> | 65 |
| <i>Tabla 3. 3 Evaluación de criterios ponderados</i> | 66 |
| <i>Tabla 3. 4 Evaluación del criterio facilidad de implementación</i> | 66 |
| <i>Tabla 3. 5 Evaluación del peso específico del criterio de mantenimiento.....</i> | 67 |
| <i>Tabla 3. 6 Evaluación del peso específico del criterio costo de implementación.....</i> | 67 |

| | |
|--|------------|
| <i>Tabla 3. 7 Evaluación del peso específico del criterio seguridad.....</i> | <i>68</i> |
| <i>Tabla 3. 8 Evaluación del peso específico del criterio durabilidad.....</i> | <i>68</i> |
| <i>Tabla 3. 9 Solución de alternativas de ubicación de la fuente de calor</i> | <i>69</i> |
| <i>Tabla 3. 10 Tipos de acero inoxidable</i> | <i>70</i> |
| <i>Tabla 3. 11 Ventajas y aplicaciones de los aceros inoxidables</i> | <i>71</i> |
| <i>Tabla 3. 12 Materiales de construcción</i> | <i>72</i> |
| <i>Tabla 3. 13 Conductividad térmica de los aislantes</i> | <i>74</i> |
| <i>Tabla 3. 14 Alternativas de sensores de temperatura</i> | <i>76</i> |
| <i>Tabla 3. 15 Criterios de ponderación para la selección del sensor</i> | <i>76</i> |
| <i>Tabla 3. 16 Criterios de ponderación</i> | <i>78</i> |
| <i>Tabla 3. 17 Evaluación del criterio de costo de acondicionamiento</i> | <i>78</i> |
| <i>Tabla 3. 18 Evaluación del criterio encapsulado en acero inoxidable.....</i> | <i>79</i> |
| <i>Tabla 3. 19 Evaluación del criterio de ponderación rango de temperatura.....</i> | <i>79</i> |
| <i>Tabla 3. 20 Evaluación del peso específico del criterio resistencia</i> | <i>80</i> |
| <i>Tabla 3. 21 Solución de alternativas de selección del sensor de temperatura</i> | <i>80</i> |
| <i>Tabla 3. 22 Selección del control de temperatura</i> | <i>83</i> |
| <i>Tabla 3. 23 Costos indirectos de operación.....</i> | <i>86</i> |
| <i>Tabla 3. 24 Costos directos</i> | <i>86</i> |
| <i>Tabla 3. 25 Gastos administrativos.....</i> | <i>87</i> |
| <i>Tabla 3. 26 Periodo de recuperación de la inversión inicial.....</i> | <i>88</i> |
| <i>Tabla 4. 1 Variables de control.....</i> | <i>95</i> |
| <i>Tabla 4. 2 Calibración del sensor de temperatura NTC</i> | <i>102</i> |
| <i>Tabla 4. 3 Resultados del sensor de temperatura NTC calibrado</i> | <i>103</i> |
| <i>Tabla 4. 4 Herramientas utilizadas en la construcción del secador.....</i> | <i>107</i> |
| <i>Tabla 4. 5 Pruebas de tiempo y temperatura de la menta.....</i> | <i>111</i> |

| | |
|---|------------|
| <i>Tabla 4. 6 Pruebas del tiempo y temperatura del cedrón</i> | <i>111</i> |
| <i>Tabla 4. 7 Pruebas de temperatura y tiempo del limoncillo</i> | <i>112</i> |
| <i>Tabla 4. 8 Resultado del tiempo de secado teórico - práctico</i> | <i>113</i> |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|--|--------------------------------------|
| <i>Ecuación 2. 1 Humedad específica a la entrada y salida del secador.....</i> | 50 |
| <i>Ecuación 2. 2 Presión Parcial.....</i> | 50 |
| <i>Ecuación 2. 3 Masa seca de aire.....</i> | 51 |
| <i>Ecuación 2. 4 Volumen de aire seco.....</i> | 51 |
| <i>Ecuación 2. 5 Volumen del ambiente</i> | 52 |
| <i>Ecuación 2. 6 Masa del aire del ambiente</i> | 52 |
| <i>Ecuación 2. 7 Pérdidas por conducción.....</i> | 52 |
| <i>Ecuación 2. 8 Pérdidas por convección natural</i> | 53 |
| <i>Ecuación 2. 9 Pérdidas por radiación</i> | 53 |
| <i>Ecuación 2. 10 Calor requerido por el sistema.....</i> | 54 |
| <i>Ecuación 2. 11 Energía que se toma de la red.....</i> | 54 |
| <i>Ecuación 2. 12 Tiempo de secado</i> | ¡Error! Marcador no definido. |
| <i>Ecuación 2. 13 Flujo de calor</i> | 55 |
| <i>Ecuación 2. 14 Ley de Ohm.....</i> | 58 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|--------------------------------------|
| <i>Figura 1. 1 Menta.....</i> | 5 |
| <i>Figura 1. 2 Cedrón.....</i> | 7 |
| <i>Figura 1. 3 Limoncillo.....</i> | 8 |
| <i>Figura 1. 4 Proceso de secado de las hierbas aromáticas.....</i> | 10 |
| <i>Figura 1. 6 Secado mecánico.....</i> | ¡Error! Marcador no definido. |
| <i>Figura 1. 7 Tipos de secadores en la industria alimenticia.....</i> | 16 |
| <i>Figura 1. 8 Secador de horno o estufa.....</i> | 17 |
| <i>Figura 1. 9 Secador de bandejas o armario.....</i> | 18 |
| <i>Figura 1. 10 Secador de túnel.....</i> | 19 |
| <i>Figura 1. 11 Secador de torre o bandejas giratorias.....</i> | 20 |
| <i>Figura 1. 12 Secador de cinta transportadora.....</i> | 21 |
| <i>Figura 1. 13 Humedad relativa.....</i> | 23 |
| <i>Figura 1. 14 Termómetros de bulbo seco y bulbo húmedo.....</i> | 25 |
| <i>Figura 1. 15 Líneas de entalpía de aire seco en kJ/kg.....</i> | 26 |
| <i>Figura 1. 16 Líneas de volumen específico en m³/kg de aire seco.....</i> | 27 |
| <i>Figura 1. 17 Componentes básicos de un sistema de control.....</i> | 30 |
| <i>Figura 1. 18 Sistema de control general de un sistema de control.....</i> | 31 |
| <i>Figura 1. 19 Sistema de control en lazo cerrado.....</i> | 31 |
| <i>Figura 1. 20 Sistema de control de lazo cerrado.....</i> | 32 |
| <i>Figura 1. 21 Control On/Off.....</i> | 33 |
| <i>Figura 1. 22 Controlador proporcional.....</i> | 33 |
| <i>Figura 1. 23 Controlador integral.....</i> | 34 |
| <i>Figura 1. 24 Controlador derivativo.....</i> | 34 |
| <i>Figura 1. 25 Controlador proporcional integral.....</i> | 35 |

| | |
|--|-----|
| <i>Figura 1. 26 Controlador proporcional derivativo</i> | 35 |
| <i>Figura 1. 27 Controlador proporcional integral derivativo</i> | 36 |
| <i>Figura 2. 1 Secador de bandejas giratorias</i> | 38 |
| <i>Figura 2. 2 Secador de túnel</i> | 39 |
| <i>Figura 2. 3 Secador de bandejas</i> | 40 |
| <i>Figura 2. 4 Curva característica de la NTC</i> | 57 |
| <i>Figura 2. 5 Divisor de voltaje</i> | 58 |
| <i>Figura 2. 6 Divisor de voltaje</i> | 59 |
| <i>Figura 3. 1 Fuente de calor interna de la base</i> | 62 |
| <i>Figura 3. 2 Ubicación parte externa lateral</i> | 63 |
| <i>Figura 3. 3 Ubicación externa inferior</i> | 64 |
| <i>Figura 3. 4 Tipos de aislantes térmicos más utilizados</i> | 74 |
| <i>Figura 3. 5 Niquelina tipo abrazadera</i> | 82 |
| <i>Figura 3. 6 Propiedades del secador de bandejas</i> | 82 |
| <i>Figura 4. 1 Diseño del secador de bandejas para hierbas aromáticas</i> | 92 |
| <i>Figura 4. 2 Análisis y tensión de von mises al ángulo</i> | 93 |
| <i>Figura 4. 3 Análisis de tensión de von mises al soporte</i> | 94 |
| <i>Figura 4. 4 Análisis de tensión de von mises a las latas</i> | 94 |
| <i>Figura 4. 5 Diagrama del sistema en lazo abierto de control</i> | 95 |
| <i>Figura 4. 6 Diagrama de bloques del control del sistema</i> | 96 |
| <i>Figura 4. 7 Flujograma del sistema de control</i> | 98 |
| <i>Figura 4. 8 Control del sensor de humedad</i> | 99 |
| <i>Figura 4. 9 Programación de la alarma al finalizar el proceso de secado</i> | 100 |
| <i>Figura 4. 10 Programación del control automático y manual del sistema</i> | 100 |
| <i>Figura 4. 11 Programación del paro de emergencia del sistema</i> | 100 |

| | |
|--|------------|
| <i>Figura 4. 12 Programación del encendido y apagando de las niquelinas y ventilador ...</i> | <i>101</i> |
| <i>Figura 4. 13 Programación para visualización de los parámetros</i> | <i>101</i> |
| <i>Figura 4. 14 Datos previos a la calibración del sensor de temperatura NTC.....</i> | <i>103</i> |
| <i>Figura 4. 15 Datos del sensor de temperatura NTC ya calibrado.....</i> | <i>104</i> |
| <i>Figura 4. 16 Implementación del tablero de control</i> | <i>105</i> |
| <i>Figura 4. 17 Panel de control del sistema</i> | <i>105</i> |
| <i>Figura 4. 18 Implementación de la cámara del secador.....</i> | <i>108</i> |
| <i>Figura 4. 19 Proceso de ensamblado del secador de bandejas</i> | <i>109</i> |
| <i>Figura 5. 1 Secador de bandejas aromáticas.....</i> | <i>118</i> |
| <i>Figura 5. 2 Conexión en mal estado.....</i> | <i>119</i> |
| <i>Figura 5. 3 Conexión con polarización a tierra.....</i> | <i>120</i> |
| <i>Figura 5. 4 Cables en mal estado.....</i> | <i>120</i> |
| <i>Figura 5. 5 Estructura interna del secador.....</i> | <i>122</i> |

PRESENTACIÓN

El principal objetivo de este proyecto es aportar con conocimientos que permitan dar soluciones a una necesidad presentada. El hombre desde la antigüedad siempre ha empleado para la conservación de alimentos, (frutas, verduras, carnes, pescados, hierbas, especias, etc.) el sistema de secado, método artesanal basado en el aprovechamiento del calor solar y de la corriente del viento, que aún se lo viene practicando en diferentes partes del mundo y en especial en el Ecuador en comunidades aledañas a las ciudades.

La práctica de esta forma de secado no es conveniente realizarla debido a la contaminación del producto, por el polvo, insectos, e interferencia de animales, entre otros.

Las hierbas aromáticas a nivel mundial son muy utilizadas por sus grandes beneficios culinarios y propiedades medicinales, estas al igual que cualquier otro alimento para alargar su vida útil, necesitan ser secadas a un determinado tiempo y temperatura, manteniéndolo fuera de contaminación, de esta manera conseguir que el producto final ingrese al mercado con la mayor inocuidad.

Por lo que es necesario adquirir un secador que permita controlar estas variables, se recurrió a la investigación para la ejecución del proyecto y así satisfacer la necesidad de producción.

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las plantas aromáticas se caracterizan por contener cantidades apreciables de compuestos químicos fácilmente perceptibles por el olfato. Las plantas aromáticas son también llamadas “hierbas” aromáticas, dado su carácter herbáceo. Las formas de uso/consumo son: en fresco, deshidratado y como aceite esencial. El presente proyecto se centrará en el uso/consumo en la forma deshidratada.

La deshidratación se convierte en un factor muy importante para la conservación fresca de las hierbas, el mayor tiempo posible. Actualmente el proceso de secado de las diferentes hierbas aromáticas, se lo realiza de manera artesanal en tendales al aire libre, proceso que demora de 2 a 3 días dependiendo del clima.

La construcción de una máquina secadora para hierbas aromáticas nace de la necesidad de disminuir el tiempo de secado.

¿Mejoraría el tiempo de deshidratación de las hierbas aromáticas con la construcción de una máquina secadora semiautomática?

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Construcción un secador de bandejas para hierbas aromáticas

OBJETIVO ESPECÍFICO

- Realizar una revisión bibliográfica.

- Identificar las características de los diferentes procesos de secado de hierbas aromáticas.
- Determinar los parámetros necesarios para la construcción del secador de bandejas para hierbas aromáticas.
- Implementar un sistema semiautomático de control de temperatura en el secador de bandejas para hierbas aromáticas.
- Validar el funcionamiento del secador de hierbas aromáticas.
- Elaborar los manuales de operación y mantenimiento del secador.

JUSTIFICACIÓN

Una de las principales actividades en las que se dedica el norte del país es a la producción agrícola, sus expectativas de trabajo y desarrollo es cultivar hierbas aromáticas a fin de enfocarse en todo el proceso para obtener un producto de infusión aromática que se le llevara al mercado; esta actividad ha ido aumentando debido a la demanda de comercialización del producto.

Actualmente el proceso de secado del producto se lo realiza en lugares descubiertos donde es expuesto a la contaminación de polvo y de insectos como moscas, mariposas, gusanos u otros. Es por esto que es necesario construir un deshidratador que permitirá quitar la humedad de las hierbas a cierto grado de temperatura manteniendo sus propiedades naturales, también se podrá seleccionar la hierba aromática a deshidratar dependiendo de los requerimientos de comercialización.

Con la implementación de un deshidratador se podrá prolongar la durabilidad del producto final reduciendo el contenido de humedad del producto a un nivel que limite el

crecimiento microbiano y las reacciones químicas que hacen que el producto sea saludable y de buena calidad.

El tener a disposición de los agricultores un secador como herramienta de trabajo será de gran beneficio, ya que se logrará disminuir el tiempo de secado y sobre todo mejorará la calidad en sus productos, factores de gran importancia para la comercialización de los mismos.

ALCANCE

El presente proyecto implementara un secador para deshidratar hierbas aromáticas, las cuales son: menta, cedrón y limoncillo.

El sistema a desarrollarse consta de un control de temperatura por convección forzada que permitirá mantener al secador a una temperatura de 30 a 60°C, rango ideal para conservar las propiedades alimenticias de las hierbas aromáticas; la fuente generadora de calor que se utilizara para el sistema son resistencias (niquelinas de micrón) estas serán controladas por un micro PLC, tendrá un ventilador que expandirá el aire caliente dentro de la cámara a fin de que este fluya uniformemente. El sistema de control del secador se realizará con un dispositivo programable para controlar la temperatura y tiempo necesario para el secado. Constará con un tablero de control en el cual ira un selector para escoger el tipo de hierba a secar, un pulsador de inicio que pondrá en marcha el ciclo de secado y se visualizará la temperatura y tiempo de deshidratación.

La capacidad del secador se lo diseñará de acuerdo a los 15 kilos diarios de hierba fresca a deshidratar, el secador constará de 18 bandejas.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1. INTRODUCCIÓN

La conservación de alimentos y de plantas medicinales ha sido una tradición que se la viene practicando desde el principio de los tiempos en su forma natural, colocando sus productos alimenticios como carnes, mazorcas de maíz, hierbas medicinales y otros, en tendaderos, exponiéndoles al calor solar y a la corriente del viento, energías naturales que eran aprovechadas para el secado de sus productos alimenticios. Actualmente esta tradición aún se la viene desarrollando en comunidades aledañas a las ciudades en diferentes partes del Ecuador, pero esta práctica tiene algunas desventajas de secado, como es la pérdida de tiempo por el clima variable, contaminación del producto por insectos y polvo, causando pérdida de producto.

El saber que es indispensable conservar los alimentos por mayor tiempo es necesario obtener un equipo que tome el papel de un secador que controle el tiempo y temperatura de secado para obtener el producto final deseado.

1.2. IMPORTANCIA DE LAS PLANTAS AROMÁTICAS Y MEDICINALES

Se conoce a través de la tradición y costumbre que las plantas aromáticas y medicinales son muy importantes en el consumo diario del ser humano, desde la antigüedad, el uso de estas se ha pasado de generación en generación, pues las propiedades nutricionales y curativas que poseen son la causa por la cual se las sigue cultivando, se les ha dado diferentes usos como en la cosmética, la culinaria y especialmente en la salud.

1.2.1. LAS PLANTAS AROMÁTICAS.

A continuación, se tiene la descripción de las diferentes plantas aromáticas, características y sus usos.

1.2.1.1. Menta

En la figura 1.1 observamos la hierba aromática conocida como menta en el estado de cosecha lista para ser procesada.



Figura 1. 1 Menta

Fuente: (Herboglistería, 2014)

Se presenta la descripción de las características, composición química y propiedades nutricionales que posee esta hierba que son importantes para nuestro estudio.

Tabla 1. 1 Características de la menta

| | |
|---------------------|-----------------|
| Nombre Común | Menta |
| Nombre científico | Mentha piperita |
| Familia | Lamiaceae |
| Partes usadas | hojas |

Descripción: Es una planta herbácea de color verde con hojas opuestas ovaladas muy aromáticas y que al crecer se esparce rápidamente en la tierra, se extienden

aproximadamente cincuenta centímetros, sus flores son blancas o violetas. Aproximadamente existen como 25 especies en el grupo de la menta, en estas especies se incluyen la hierbabuena, el orégano, el tomillo, el romero y la característica que comparten todas las especies es una fuente esencial que libera al ser molida, lo que se debe a sus aceites esenciales.

Composición química: Es rica en aceite esencial (1% - 3%), sobre todo las plantas de menos de tres años. El aceite esencial se compone mayoritariamente de mentol (hasta un 60%). También contiene flavonoides, taninos, sales de hierro y diversas materias minerales. (Herboglistería, 2014)

Usos: la planta se emplea para facilitar la expulsión de gases en el tubo digestivo, para aliviar dolores de estómago, náuseas, fiebre y dolor de cabeza. Las hojas y flores se emplean como antiespasmódicos, diaforéticos estomáquicos. Se usa para aliviar la congestión nasal, calmar palpitaciones cardíacas, diarreas y expulsar cálculos biliares (Dagoberto, y otros, 2013)

1.2.1.2. Cedrón

La figura 1.2 es la representación gráfica de la hierba cedrón en su estado de cosecha, la descripción de esta planta permitirá conocer sus características generales, como se muestra a continuación.



Figura 1. 2 Cedrón

Fuente: (Dellacassa, 2003)

Tabla 1. 2: Características del limoncillo

| Nombre común | Cedrón |
|---------------------|-------------------------------|
| Nombre científico | Aloysia Triphylla L´Herit. |
| Familia | Verbenáceas |
| Partes usadas | hojas |

Descripción: La hierbaluisa o cedrón es posiblemente la especie de la región rioplatense más ampliamente difundida en el mundo occidental, no tanto por sus propiedades medicinales sino fundamentalmente por su agradable aroma y sabor. Prueba de esto son los diversos cultivos industriales existentes en diversos países europeos, africanos y sudamericanos y la variedad de productos, tanto medicinales como alimentarios, que la contienen. La medicina tradicional sudamericana la emplea habitualmente como digestiva cardiotónica y sedante suave.

Es un arbusto ocasionalmente con porte arbóreo, de hasta 3 metros de altura, muy aromático cuando se refriegan sus hojas, ramificado y desprovisto de pelos. Tallos redondos, leñosos, provistos de finas rayas longitudinales. Sus hojas son simples, lanceoladas, de limbo entero, brevemente pecioladas, enteras con ápice agudo,

generalmente reunidas en grupo de tres. Las flores son pequeñas, blancas y se agrupan en espigas terminales. El fruto es una drupa con dos semillas.

Composición química: la fracción volátil es la característica más destacada de la hierbaluisa. Su rendimiento en aceite esencial fluctúa entre 0.2 y 1.0% dependiendo de diversos factores endógenos y exógenos. El principal componente de la calidad habitual de hierba luisa es el citral (mezcla de los isómeros geranial y neral). El rendimiento mínimo requerido de aceite esencial en la Farmacopea Francesa X (1996) es de 0.4%.

Usos: Las hojas de hierbaluisa se usan como digestivas, diuréticas y antiespasmódicas debido a su aceite esencial. Se ha sugerido la actividad antidiarreica de alguno de sus componentes. Es un sedante suave, con antecedentes de su uso tradicional en Argentina, Brasil y Uruguay, como ansiolítico y contra el insomnio (Dellacassa, 2003)

1.2.1.3. Limoncillo

En la figura 1.3 muestra la hierba aromática el limoncillo también en su estado de cosecha y sus características la podemos conocer en la descripción presentada a continuación.



Figura 1. 3 Limoncillo

Fuente: CEI, 2012

Tabla 1.3 Características del limoncillo

| | |
|---------------------------|----------------------------------|
| Nombre común: | Limoncillo |
| Nombre científico: | Cymbopogon citratus (DC.) Stapf. |
| Familia: | Poaceae |
| Partes usadas: | hojas |

Descripción: Hierba perenne con olor a limón, de floración esporádica; el 90% del volumen de sus raíces en los primeros 30cm atrae abejas y crea atmósfera benéfica a su alrededor. Se acostumbra sembrarlo como barrera en forma de terrazas para evitar la erosión de terrenos inclinados; crece hasta 1m de altura. Se propaga por fragmentos con rapidez de raíz; en un año una planta produce de 40 a 70 hijos. Se adapta a todo tipo de suelos. La primera cosecha se puede hacer a los 8 meses, luego se corta cada 3 o 4 meses. La planta de donde se saque material para la siembra debe ser mayor de un año.

Usos terapéuticos: Para el reumatismo y estados gripales, problemas cardiocirculatorios, como antihipertensivo, antiespasmódico, antiasmático, antifúngico, antibacteriano, diaforético, expectorante, ansiolítico, para problemas de insuficiencia digestiva hepática, celulitis, como antiinflamatorio, sedante y vasodilatador. (Restrepo, 2011)

Composición química: Aceite esencial, con gran cantidad de geranial y neral. Tiene propiedades antiespasmódicas (la contracción continua y persistente de vísceras huecas como el intestino, útero, vías biliares etc.) el cual contiene 80% de citral y otras sustancias". (Martinez, 2008)

1.3. PROCESO DE SECADO DE HIERBAS AROMÁTICAS.

La figura 1.4 muestra el proceso al cual las hierbas aromáticas se las somete a un proceso de preparación tanto de lavado, como de secado, hasta la obtención de un excelente producto, según normas de higiene y un buen secado de las hierbas.

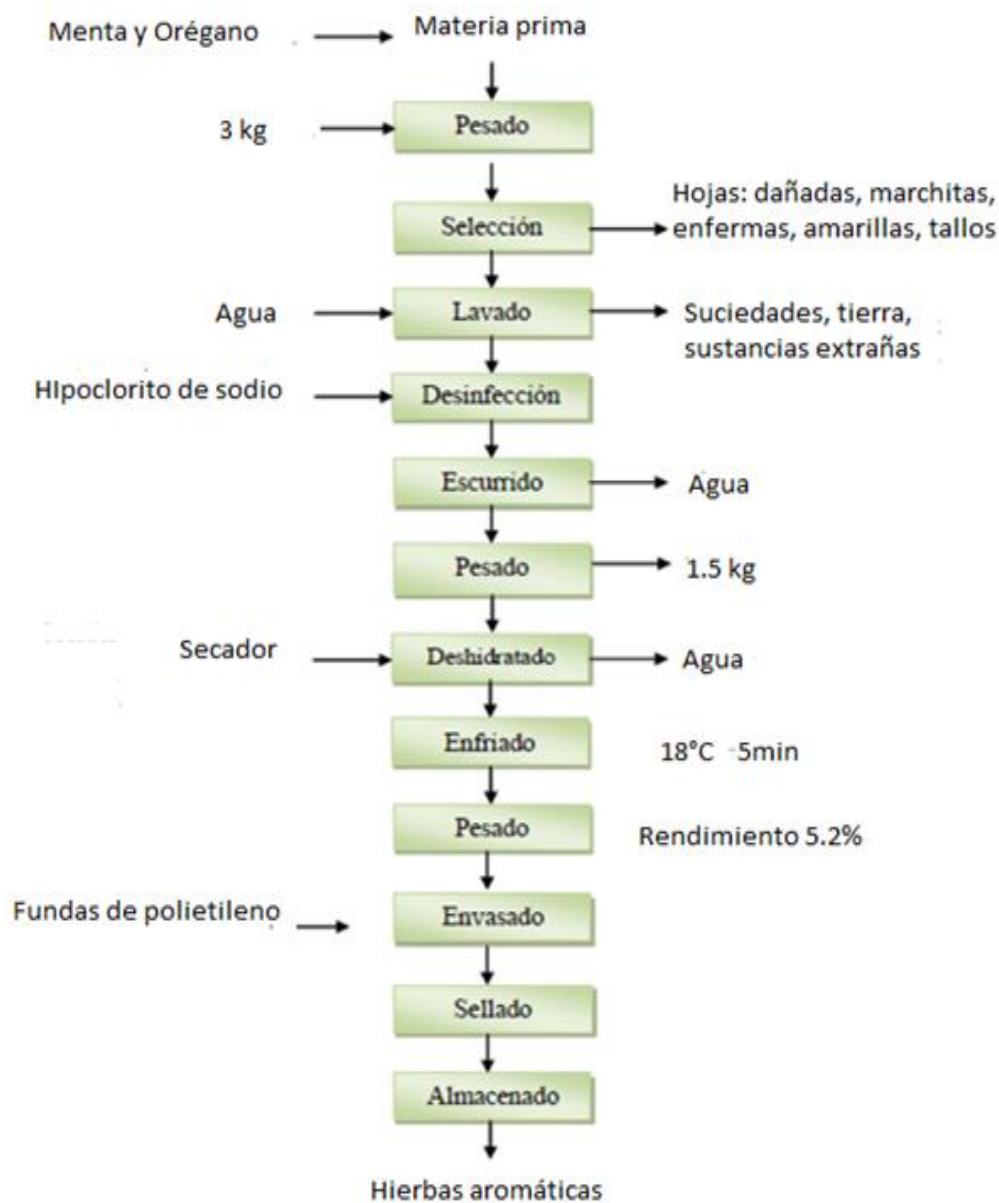


Figura 1.4 Proceso de secado de las hierbas aromáticas

Fuente: (Toguino Borja, 2016)

Es necesario conocer que la cantidad de agua a extraer no debe superar ciertos valores, la planta no debe presentarse al comercio reseca y quebradiza, tal que al manipularla se convierta en polvo. En general, en el comercio existen valores establecidos de contenido de humedad para cada planta, que veremos a continuación en la tabla 1.3

Tabla 1. 3 Contenido de humedad de las hierbas aromáticas

| HIERBAS ROMÁTICAS | HUMEDAD MÁXIMA |
|----------------------|----------------|
| Albahaca duce | 10% |
| Laurel hojas | 9% |
| Eneldo | 10% |
| Orégano | 11% |
| Mejorana | 10% |
| Romero | 9% |
| Salvia | 10% |
| Ajedrea | 12% |
| Estragón | 10% |
| Tomillo | 9% |

Fuente: (Herbotecnia, 2004)

El aire es el que absorbe el vapor de agua que se retira de las plantas por lo que no debe estar saturado, es decir, su humedad relativa debe ser baja, sea tanto que se utilice secado al aire libre como secado mecánico, y deberá renovarse a medida que sea necesario en tanto el producto no haya cedido el agua que contiene en exceso.

Los productos que se deben secar o los órganos de los vegetales que se someten a desecado pueden ser hojas, flores, frutos, semillas, raíces, cortezas, o plantas enteras, que a menudo se hallan al estado herbáceo.

Cada producto reclama una desecación diferente, no solamente por la cantidad de agua que contiene, sino por el aspecto que debe presentar; las hierbas y las hojas deben secarse por lo común a temperatura moderada, en presencia de una cantidad grande de agua; las raíces, cortezas y rizomas pueden desecarse a temperaturas algo mayores.

Podemos utilizar diversos métodos para el secado, sea que lo realicemos utilizando la energía solar en forma natural pasiva o activa, o mecánica; de éstas dos últimas el más utilizado es el secado por aire caliente forzado.

En los casos de desecación natural pasiva las hierbas son colocadas a la acción del aire a la temperatura ambiente para que se desequen; en la desecación natural activa se utiliza aire previamente calentado por el sol colectado en una superficie determinada y se lo fuerza hacia un túnel donde se encuentran las hierbas. En el secado mecánico estricto el calor utilizado proviene de fuentes no renovables, como gas, leña, etc. (Herbotecnia, 2004)

1.4. MÉTODOS DE SECADO.

Los métodos de secado que se presentan en nuestro medio son el secado natural y el secado mecánico que de una u otra forma aún se los viene utilizando porque son parte importante para preservar alimentos prolongando su vida útil.

1.4.1. SECADO NATURAL.

El secado natural es un método que la mayoría de las personas en tiempos pasados lo utilizaban como medio de conservación de sus productos pues este es sencillo de realizar, y actualmente en nuestra sociedad aún se lo viene practicando, pero ya no con la misma frecuencia, consiste en dejar el producto a la exposición de la corriente del viento y del sol.

Según (Paz Echeverrianza, 2014) los inconvenientes del secado natural se presentan en particular por:

- Alimentos mal secados, porque que contienen un alto porcentaje de agua, y se pudren o se enmohecen.
- En el caso del secado al Sol, se necesita una adecuada atención para proteger los alimentos de la intemperie (aguaceros, rocío, polvo).
- Al exponerse los alimentos en forma directa a los rayos solares puede ser perjudicial en cuanto a su calidad (pérdida del color natural, destrucción de vitaminas y valor nutritivo), debido a la acción de los rayos ultravioletas.
- Debido a la mucha humedad que existe en el ambiente el proceso de secado es lento.
- Debido a que el producto está expuesto a la contaminación del polvo, de insectos u otros animales el producto puede dañarse y al consumirlos causar enfermedades.

El secado natural sería muy conveniente realizarlo, si se pudiese obtener un producto de muy buena calidad, pero como hemos visto anteriormente la desventaja al secar de esta manera hace que nos enfoquemos en el estudio del secado mecánico ya que mediante este podemos controlar variables.

1.4.2. SECADO MECÁNICO

El secado artificial o mecánico determina mayores gastos, pero tiene ventajas, pues al controlarse las variables del tratamiento, en el lapso de unas horas, es posible obtener un producto homogéneo y de excelente calidad comercial.

Hay diversos métodos para deshidratar las hierbas, que pueden clasificarse, entre otras formas, de la siguiente manera:

- Desecación por aire caliente.

- Desecación por contacto directo con una superficie caliente.
- Desecación por aporte de energía de una fuente radiante de microondas o dieléctrica.
- Liofilización.

Al desecar una hierba húmeda con aire caliente, el aire que aplicamos aporta el calor para la evaporación de la humedad y actúa como transporte para eliminar el vapor de agua que se forma en la cercanía de la superficie de evaporación.

Si consideramos un sólido inerte, mojado con agua pura, que se deseca en una corriente de aire caliente que circula paralelamente a la superficie de desecación, y suponiendo además que la temperatura y la humedad del aire sobre la superficie del sólido se mantienen constantes durante todo el ciclo de desecado y que todo el calor necesario es aportado por dicha corriente de aire.

El contenido de humedad del sólido durante su desecación muestra, por lo general, tres fases:

Fase 1: estabilización, en la cual las condiciones de la superficie del sólido se equilibran con las del aire de secado. Generalmente es una proporción despreciable del tiempo total de secado.

Fase 2: período de velocidad constante, durante el mismo la superficie del sólido se mantiene saturada de agua líquida debido a que el movimiento del agua desde el interior del sólido hasta la superficie ocurre a la misma velocidad que la de la evaporación en la superficie.

Durante esta etapa la temperatura del aire puede ser un poco mayor que la temperatura crítica que puede alcanzar la hierba, dentro de ciertos límites.

Fase 3: período de velocidad decreciente, la superficie del sólido comienza a desecarse porque el agua que aún se halla en su interior encuentra dificultades para llegar a la superficie del sólido. La temperatura del sólido comienza a elevarse hasta aproximarse a la temperatura del aire de secado cuando el producto se ha desecado totalmente.

Esto es lo que determina que la temperatura del aire deba moderarse para evitar que la temperatura de las hierbas supere la temperatura crítica (generalmente entre 35 y 45° C). Por lo normal esta fase 3 constituye la mayor proporción del tiempo total del secado.

Se puede agregar que, cada secador tiene un comportamiento propio, incluso para un sistema similar de secado, por lo cual es importante conocerla y calibrarla bien para obtener una buena calidad de producto. (Herbotecnia, 2005)

1.5. TIPOS DE SECADORES

En la industria alimenticia conocemos que existen diversos tipos de secadores, que son muy útiles para preservar los alimentos, de los cuales veremos su clasificación en la figura 1.5 presentada a continuación.

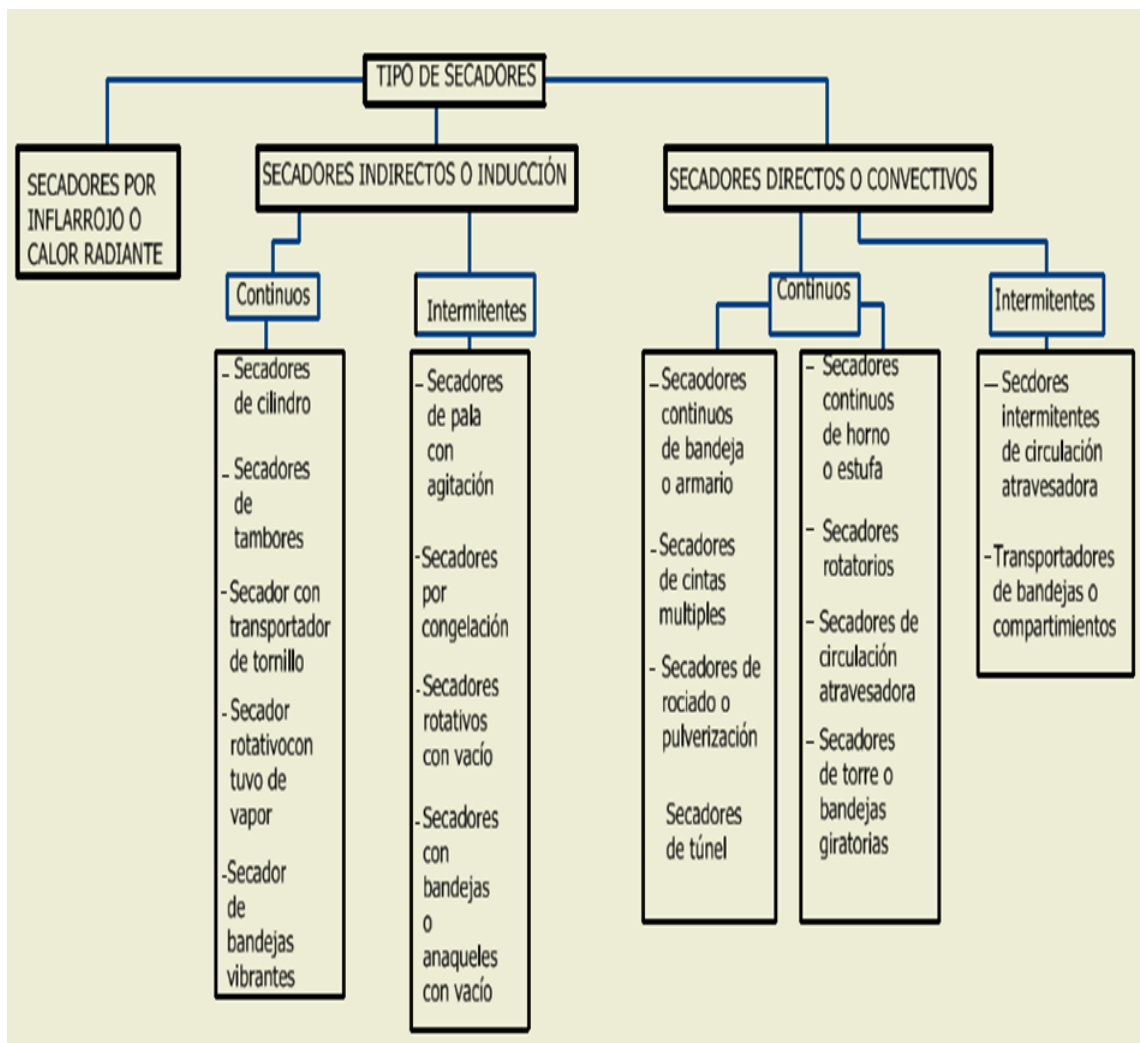


Figura 1. 5 Tipos de secadores en la industria alimenticia

De los tipos de secadores y su clasificación presentada en la figura anterior se decide seleccionar cinco de estos, que, de acuerdo a la capacidad y necesidad de secado, los analizaremos para determinar uno que satisfaga a la solución del diseño requerido.

1.5.1. SECADORES DE HORNO O ESTUFA

Es el más simple y consta de un pequeño recinto en forma paralelepípedica de dos pisos. El aire de secado se calienta en un quemador del piso inferior y atraviesa por convección natural o forzada en el segundo piso perforado en el que se sienta el lecho del

producto a secar. Hoy día su utilización en la industria de alimentos es muy reducida, utilizándose para el secado de manzana, lúpulo y forrajes verdes.

A continuación, la figura 1.6 que nos muestra cómo está constituido el secador de estufa.

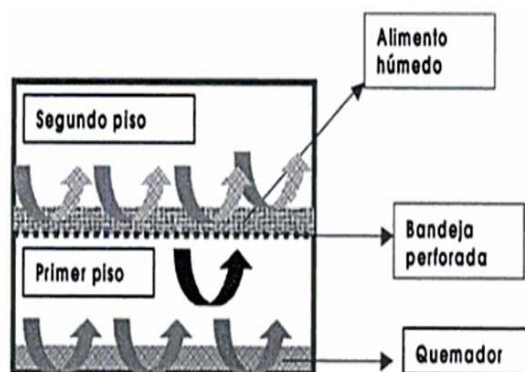


Figura 1. 6 Secador de horno o estufa

(Fito Maupoey, Barat Baviera, Albors Sorolla, & Grau, 2001)

1.5.2. SECADORES DE BANDEJA O DE ARMARIO

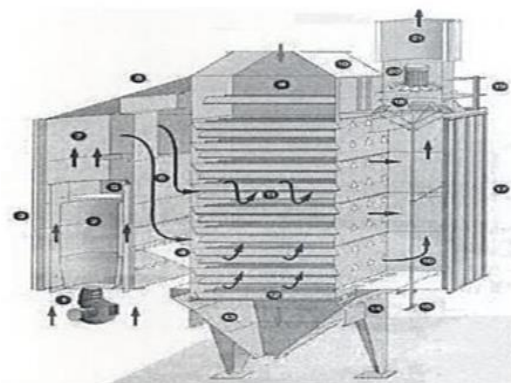
Estos secadores normalmente funcionan en régimen intermitente. Está formado por una cámara metálica rectangular que contiene unos soportes móviles sobre los que se apoyan los bastidores. Cada bastidor lleva un cierto número de bandejas poco profundas, montadas una sobre otras con una separación conveniente que se cargan con el material a secar. El secado de este equipo puede ser.

De flujo horizontal, si el flujo circula paralelamente al lecho a secar.

De flujo transversal, si el aire circula perpendicularmente al lecho a secar. Los rendimientos térmicos de este tipo de secador suelen estar comprendidos entre el 20 y el 50%, pudiendo ser más bajos.

Los secadores de bandejas son útiles para secar pequeñas cargas de productos valiosos. En general se aplican cuando la capacidad necesaria no excede de 25 a 50kg/h de producto seco.

En ellos se puede secar prácticamente cualquier material, pero a causa de la mano de obra requerida para la carga y descarga, su operación resulta costosa para su baja capacidad de producción. Sin embargo, su polivalencia y la buena calidad comercial de los productos obtenidos los hace utilizables en la deshidratación de productos agrícolas tales como la carlota, espinacas, ajo, perejil, guisantes, judías verdes, champiñones, cebollas, etc. Los secadores de bandejas pueden funcionar en régimen semicontínuo. La figura 1.7 nos muestra el diseño del horno y la colocación de sus bandejas que en este caso es un diseño de flujo vertical.



*Figura 1. 7 Secador de bandejas o armario
(Fito Maupoey, Barat Baviera, Albors Sorolla, & Grau, 2001)*

1.5.3. SECADORES DE TÚNEL

Son semejantes a los secadores de bandeja, pero de funcionamiento semicontínuo, para lo cual las bandejas conteniendo el producto a secar se cargan sobre carretillas que se trasladan a lo largo del túnel de secado. Cuando se introduce una nueva carretilla, la primera es evacuada conteniendo el producto seco, mientras las restantes adelantan una

posición en su trayectoria. La figura 1.8 muestra la representación de los secadores de túnel, y aunque hay diferentes tipos de modelos en este caso es uno semicontínuo.

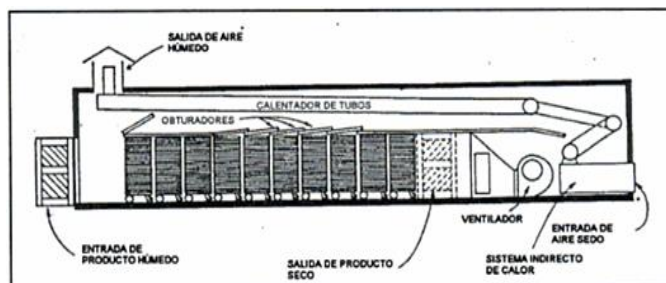


Figura 1. 8 Secador de túnel

(Fito Maupoey, Barat Baviera, Albors Sorolla, & Grau, 2001)

Los secadores de túnel conservan la flexibilidad de los secadores de bandeja en cuanto a la gama de productos que permiten deshidratar y por otro lado se adaptan a elevadas capacidades de producción con un funcionamiento prácticamente continuo.

En los diseños convencionales el aire caliente circula en flujo horizontal paralelamente a la dirección del movimiento de las carretillas, o bien transversalmente a esta dirección. En el primer caso se presentan dos posibilidades: flujo paralelo y en contracorriente.

En un mismo túnel puede haber circulación en paralelo al principio y finalizar en contracorriente.

1.5.4. SECADOR DE TORRE O DE BANDEJA GIRATORIAS.

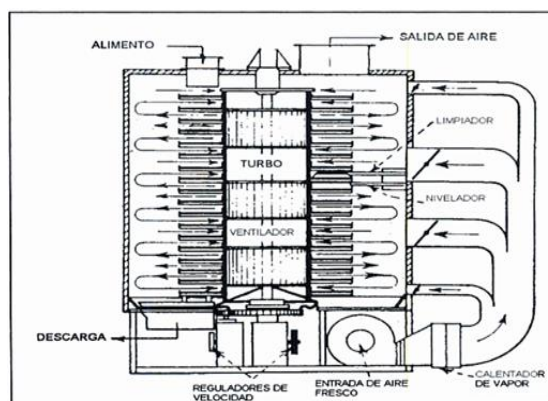
Es un secador de bandejas de funcionamiento continuo. Consiste en una envoltura vertical, cilíndrica o hexagonal, dentro de la cual hay una serie de bandejas segmentadas en la forma de anillo montadas unas encima de otras sobre un eje que gira lentamente a razón de 0.1 a 1r.p.m.

Los sólidos que se alimentan sobre la bandeja por la parte superior de la columna están expuestos durante un breve espacio de tiempo a una corriente de aire o gas caliente que

circula sobre la superficie de éstos sólidos. Un brazo rascador provoca la caída del material por una ranura radial sobre la bandeja inmediatamente inferior donde el material es nivelado por una cuchilla fija. De esta manera avanza el producto a través del secador, descargado por el fondo de la torre. El flujo de sólidos y de gas puede ser en corrientes paralelas o en contra corriente.

El turbosecador es un secador de torre con recirculación intensa del gas de calefacción. Unos soplantes de turbina, dispuestos en el eje central, impulsan el aire o gas hacia afuera, entre algunas bandejas, pasando a continuación entre los elementos calefactores y desplazándose finalmente hacia dentro, entre otras bandejas. Las últimas bandejas del fondo constituyen la sección de enfriamiento de los sólidos secos. (Fito Maupoey, Barat Baviera, Albors Sorolla, & Grau, 2001)

La figura 1.9 que vemos a continuación es un diseño de las partes que conforman un secador de bandejas giratorias y la ubicación de cada una de ellas.



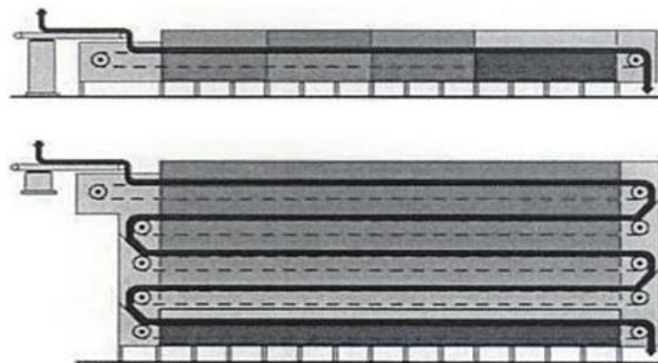
*Figura 1.9 Secador de torre o bandejas giratorias
(Fito Maupoey, Barat Baviera, Albors Sorolla, & Grau, 2001)*

1.5.5. SECADORES DE CINTAS MÚLTIPLES

Las ventajas de los secadores de las cintas múltiples son:

- Reducción de las dimensiones del aparato.
- Mayor rendimiento térmico.
- Mayor uniformidad en la calidad del producto final.

A continuación, la figura 1.10 muestra un secador de cintas múltiples en el que su secado es uniforme debido al traslado continuo del producto a través de las cintas.



*Figura 1. 50 Secador de cinta transportadora
(Fito Maupoey, Barat Baviera, Albors Sorolla, & Grau, 2001)*

Los secadores de cinta de túnel helicoidal son aparatos de gran superficie de secado. Actualmente los secadores de cinta túnel están sustituyendo progresivamente a los de túnel en el secado de frutas y verduras.

Los secadores de cinta de túnel están concebidos fundamentalmente para el secado en gran escala de un solo producto a lo largo de su campaña de recolección. Estos equipos son poco versátiles, es decir, no son adecuados para procesos en los que deba cambiar frecuentemente la materia prima y, por tanto, las condiciones de secado.

1.6. PROPIEDADES TERMODINÁMICAS DEL AIRE HÚMEDO

A continuación, tenemos conceptos que nos ayudaran para realizar un análisis termodinámico del proceso de secado de nuestro diseño.

1.6.1. CONCEPTOS BÁSICOS.

1.6.1.1. Contenido de humedad.

El contenido de humedad de un producto puede expresarse sobre la base del peso húmedo, es decir la masa de agua por unidad de masa de producto húmedo. Otra manera de expresar el contenido de humedad es en base al peso seco, es decir la masa de agua por unidad de masa de componentes sólidos desecados. La humedad de los sólidos se puede determinar por distintos procedimientos. Los métodos directos se basan en eliminar el agua que contiene el sólido y determinar la cantidad por pesado o por medios químicos.

1.6.1.2. Humedad libre.

Es la humedad en exceso que contiene un sólido sobre la humedad de equilibrio en unas condiciones dadas de temperatura y de humedad, sólo la humedad libre puede ser evaporada, y lógicamente depende de la concentración del gas (A través de la humedad de equilibrio).

1.6.1.3. Humedad específica.

La humedad específica, o también llamada contenido de humedad, es el peso de vapor de agua en gramos por kilogramo de aire seco (o bien, gramos por libra). Se refiere a la cantidad de humedad en peso, que se requiere para saturar un kilogramo de aire seco, a una temperatura de saturación (punto de rocío) determinada.

Los valores de esta propiedad se expresan en gramos por kilogramo de aire seco (g/kg), en el sistema internacional, y en gramos por libra de aire seco (gr/lb), en el sistema inglés.

1.6.1.4. Humedad Relativa.

La humedad relativa (hr), es un término utilizado para expresar la cantidad de vapor de agua en una muestra dada de aire, en comparación con la cantidad de humedad que el aire tendría, estando totalmente saturado y a la misma temperatura de la muestra. La humedad relativa se expresa en por ciento tal como 50%, 75%, 30%, etc.

La figura 1.11 muestra el porcentaje de las diferentes humedades relativas.

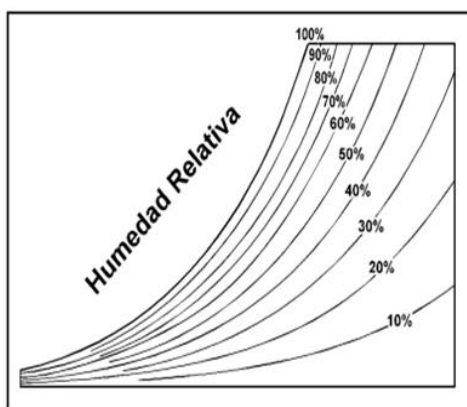


Figura 1. 6 Humedad relativa
(TECHNOLOGIES., 2014)

1.6.1.5. Contenido de humedad en base húmeda (Hbh).

Representa la humedad en un material como un porcentaje del peso del sólido húmedo. Se expresa como kg, de agua entre kg, de material húmedo (kg. de sólido seco + kg. de agua).

1.6.1.6. Contenido de humedad en base seca (Hbs).

Se expresa como kg, de agua entre kg, de sólido seco.

$$H_{bs} = \frac{m_w}{m_s}$$

$$H_{bs} = \text{Contenido de humedad en base seca}$$

m_w = Masa de humedad del sólido

m_s = Masa del sólido

1.6.1.7. Período de secado constante.

Es el período de secado durante el cual la remoción de agua por unidad de área de secado es constante.

1.6.1.8. Período de secado decreciente.

Es el período de secado en el cual la tasa de secado instantánea decrece continuamente.

1.6.1.9. Temperatura del aire.

Cuanto mayor sea la temperatura del aire de secado (manteniendo constante el resto de las variables), mayor será la velocidad de secado, y las curvas presentarán mayor pendiente.

1.6.1.10. Temperatura de bulbo seco.

El confort humano y la salud, dependen de la temperatura del aire. En el acondicionamiento de la temperatura de aire indicada es normalmente la temperatura de <<bulbo seco >> (bs), tomada con el elemento sensor del termómetro en una condición seca. Es la temperatura medida por termómetros ordinarios medida en casa.

En la figura 1.12 nos muestra la diferencia de termómetro bulbo húmedo y termómetro de bulbo seco.

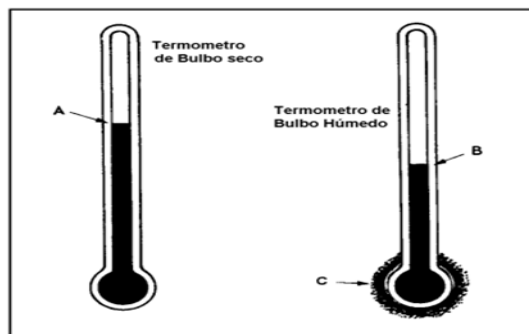


Figura 1. 7 Termómetros de bulbo seco y bulbo húmedo
(TECHNOLOGIES., 2014)

1.6.1.11. Temperatura de bulbo húmedo.

“Básicamente, un termómetro de bulbo húmedo no es diferente de un termómetro ordinario, excepto que tiene una pequeña mecha o pedazo de tela alrededor del bulbo.

Si esta mecha se humedece con agua limpia, la evaporación de esta agua disminuirá la lectura (temperatura) del termómetro. Esta temperatura se conoce como temperatura de <<bulbo húmedo>> (bh)”.

1.6.1.12. Velocidad de secado.

“Se define a la velocidad de secado por la pérdida de humedad del sólido húmedo en la unidad de tiempo, y más exactamente por el cociente diferencial $(-dx/ d\theta)$ operando en condiciones constantes de secado, es decir con aire cuyas condiciones (temperatura, presión, humedad y velocidad) permanecen constantes con el tiempo. Analíticamente, la velocidad de secado se refiere a la unidad de área de superficie de secado, de acuerdo con la ecuación”: (Eucancela C. &., 2009)

1.6.1.13. Presión de vapor.

La presión de vapor (P_v), es la presión parcial que ejercen las moléculas de vapor de agua presentes en el aire húmedo. Cuando el aire está totalmente saturado de vapor de agua, su presión de vapor se denomina presión de vapor saturado (P_{vs}).

1.6.1.14. Entalpía.

La entalpía de aire seco y vapor de agua, es la energía del aire húmedo por unidad de masa de aire seco, por encima de una temperatura de referencia.

La figura 1.13 nos muestra las entalpías de saturación en KJ/kg de aire seco

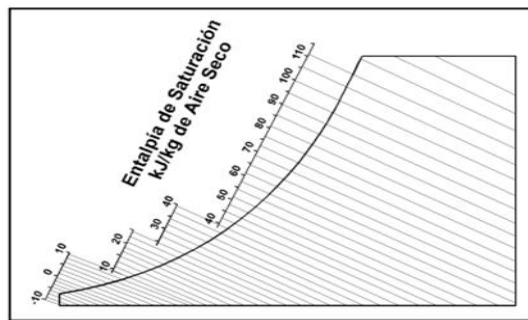


Figura 1. 8 Líneas de entalpía de aire seco en kJ/kg
(TECHNOLOGIES., 2014)

1.6.1.15. Volumen específico.

El volumen específico del aire húmedo, se define como el volumen que ocupa la mezcla de aire seco y vapor de agua por unidad de masa de aire seco. La masa específica del aire húmedo es la relación entre la masa total de la mezcla y el volumen que ella ocupa.

La figura 1.14 indica las líneas de volumen específico en m^3 de aire seco.

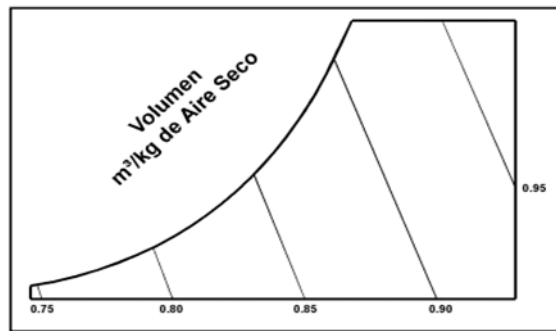


Figura 1. 9 Líneas de volumen específico en m^3/kg de aire seco

Fuente: (TECHNOLOGIES., 2014)

1.6.1.16. Carta psicométrica.

Una carta psicométrica, es una gráfica de las propiedades del aire, tales como temperatura, hr, volumen, presión, etc. Las cartas psicométricas se utilizan para determinar, cómo varían estas propiedades al cambiar la humedad en el aire, aunque las tablas psicométricas son más precisas, el uso de la carta psicométrica puede ahorrarnos mucho tiempo y cálculos, en la mayoría de los casos donde se requiere una extremada precisión. (TECHNOLOGIES., 2014)

1.6.2. TRANSFERENCIA DE CALOR.

1.6.2.1. Conducción.

Es la transferencia de energía de las partículas más energéticas de una sustancia hacia las adyacentes menos energéticas, como resultado de interacciones entre esas partículas. La conducción puede tener lugar en los sólidos, líquidos o gases. En los gases y líquidos la conducción se debe a las colisiones y a la difusión de las moléculas durante su movimiento aleatorio. En los sólidos se debe a la combinación de las vibraciones de las moléculas en una red y en un transporte de energía por parte de los electrones libres.

Por tanto, se concluye que la razón de la conducción de calor a través de una capa plana es proporcional a la diferencia de temperatura través de ésta al área de transferencia de calor, pero es inversamente proporcional al espesor de esa capa; es decir:

$$\text{Razón de conducción de calor} \propto \frac{(\text{Área})(\text{Diferencia de temperatura})}{\text{Espesor}}, \text{ o bien}$$

K = conductividad térmica del material

Q_{cond} = Razón de conducción de calor

ΔT = variación de temperatura

En donde la constante de proporcionalidad k es la conductividad térmica del material, que es una medida de la capacidad de un material para conducir calor. En el caso límite $\Delta x \rightarrow 0$, la ecuación que acaba de darse se reduce a la forma diferencial.

Se llama ley de Fourier de la conducción de calor.

$\frac{dT}{dx}$, Es el gradiente de temperatura, el cual es la pendiente de la curva de temperatura de un diagrama T-x (la razón del cambio de T con respecto a x), en la ubicación x. La relación antes dada indica que la razón de conducción del calor en una dirección es directamente proporcional a la gradiente de temperatura en esa dirección. El calor es conducido en la dirección de la temperatura decreciente y el gradiente de temperatura se vuelve negativo cuando esta última decrece al crecer x. El signo negativo de la ecuación garantiza que a transferencia de calor en la dirección x positiva sea una cantidad positiva.

1.6.2.2. Convección

Es el modo de transferencia de energía entre una superficie sólida, el líquido o gas adyacentes que están en movimiento, comprende los efectos combinados, de la conducción y el movimiento de fluidos. Entre más rápido sea el movimiento de un fluido, mayor es la transferencia de calor por convección, lo que significa que la rapidez es proporcional a la diferencia de temperatura y se expresa en forma conveniente por la ley de Newton del enfriamiento. En ausencia de cualquier movimiento masivo de fluido, la transferencia de calor entre una superficie sólida y el fluido adyacente es por conducción pura.

Convección Natural: Se dice que es convección natural o libre si el movimiento de fluido es causado por las fuerzas de empuje que son inducidas por las diferencias de densidad debido a la variación de temperatura en ese fluido.

Convección Forzada: Recibe el nombre de convección forzada si el fluido es forzado a fluir sobre la superficie por medios externos como un ventilador, una bomba o el viento.

1.6.2.3. Radiación

Es la energía emitida por la materia en forma de ondas electromagnéticas (o fotones) como resultado de los cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas. A diferencia de la conducción y la convección, la transferencia de calor por radiación no requiere la presencia de un medio interventor. De hecho, la transferencia de calor por radiación es la más rápida (a la velocidad de la luz) y no sufre atenuación en un vacío. Ésta es la manera en la que la energía del sol llega a la tierra.

En los estudios de transferencia de calor es de interés de radiación térmica, que es la forma de radiación emitida por los cuerpos debido a su temperatura. Es diferente de las otras formas de radiación, como los rayos x, los rayos gama, las microondas, las ondas de

radio y televisión, que no están relacionados con la temperatura. Todos los cuerpos arriba del cero absoluto emiten radiación térmica. (Cengel & Boles, 2015)

1.7. AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA

1.7.1. SISTEMAS DE CONTROL

Los sistemas de control se encuentran en gran cantidad a nivel industrial, estos son los que se encargan de ordenar, dirigir, administrar y regular el comportamiento de otro sistema con el fin de satisfacer necesidades o condiciones en un tiempo determinado.



Figura 1. 10 Componentes básicos de un sistema de control

Los elementos básicos que contiene un sistema de control son:

- **Sensores:** son los encargados de enviar una señal de entrada al controlador, y permite ver los valores de las variables del sistema.
- **Controlador:** es el encargado de tomar la información enviada por los sensores y calcula la acción a aplicarse para efectuar el control de proceso.
- **Actuador:** es el que ejecuta la acción dada por el controlador.

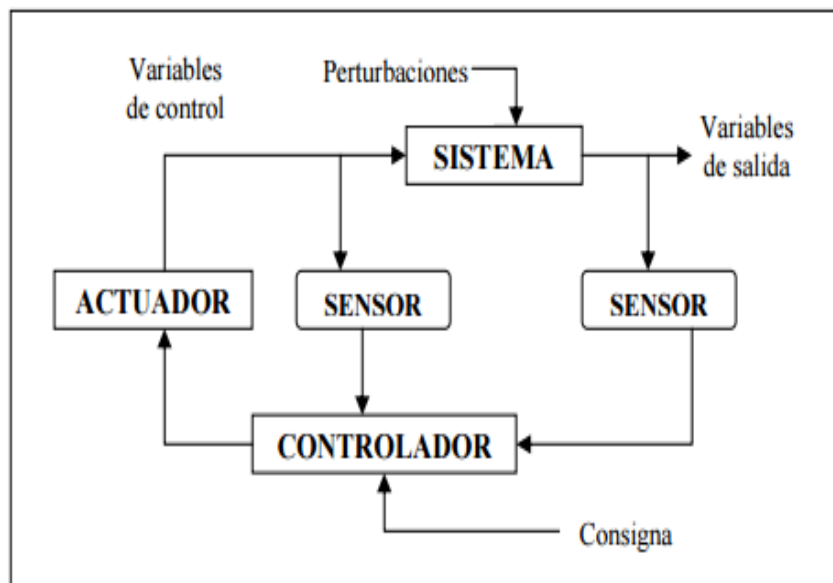


Figura 1. 11 Sistema de control general de un sistema de control

Fuente: (Angulo Bahón, 2004, pág. 6)

1.7.1.1. Sistemas de control lazo abierto

Un sistema de control abierto es aquel que no mide la señal de la a salida ni se realimenta para compararla con la entrada, es decir que no causa efecto a la acción del controlador, en la figura 1.17 vemos el diagrama de un control en lazo cerrado.

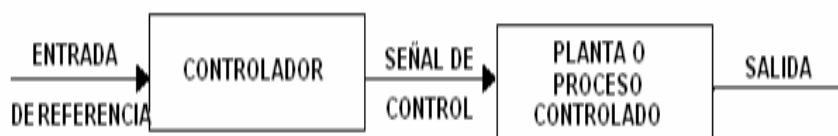


Figura 1. 12 Sistema de control en lazo cerrado

Fuente: (Pérez, 2007)

1.7.1.2. Sistema de control de lazo cerrado

Un sistema de control en lazo cerrado es aquel en que la señal de salida afecta directamente a la acción del controlador y realiza un proceso de retroalimentación.

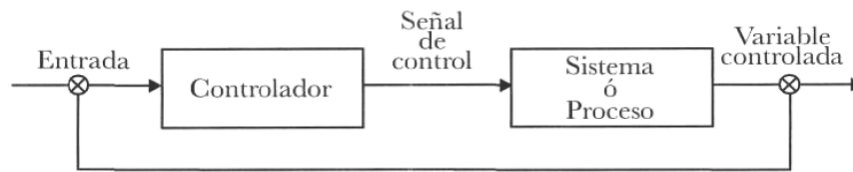


Figura 1. 13 Sistema de control de lazo cerrado

Fuente: (García Infante, 2009)

1.7.2. TIPOS DE CONTROLADORES

Los controladores que existen a nivel industrial se clasifican de acuerdo a la acción determinada de control que son los siguientes:

- De dos posiciones o de encendido y apagado (on - off)
- Proporcional
- Integral
- Derivativo
- Proporcional integral
- Proporcional derivativo

1.7.2.1. Control de dos posiciones On/Off

Este control On-Off es de naturaleza no lineal, se lo conoce también como control todo/nada, se caracteriza porque tiene dos posiciones fijas, y es una de las maneras más simples de controlar; a nivel industrial es uno de los controladores más utilizados.

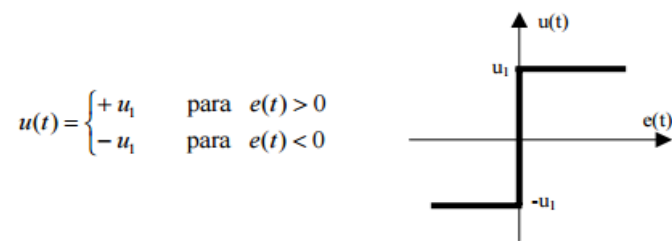


Figura 1. 19 Control On/Off

Fuente: (Gómez Garay, 2015)

1.7.2.2. Controlador proporcional

Es conocida como un controlador con ganancia constante G_p que puede ser un amplificador, el cual calcula la señal de variable de proceso y la señal del setpoint conocida como la señal de error.

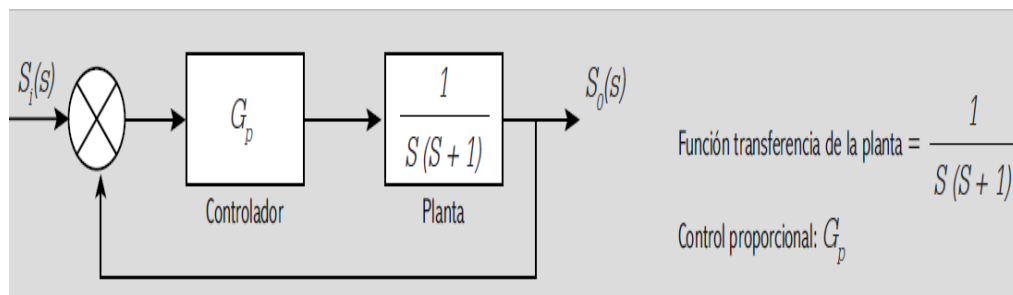


Figura 1. 14 Controlador proporcional

Fuente: (Fusario , 2012, pág. 137)

1.7.2.3. Controlador integral

Este tipo de controlador se encarga de disminuir y eliminar el error en estado estacionario, su accionar varía en función de la salida y del tiempo en el que se mantiene esta desviación, por lo tanto, también es un modo de controlador lento.

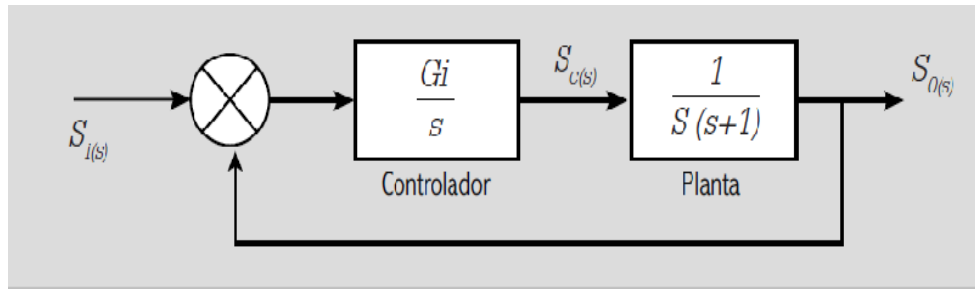


Figura 1. 15 Controlador integral

Fuente: (Fusario , 2012, pág. 138)

1.7.2.4. Controlador derivativo

La salida de este tipo de controlador es igual a la derivada en función del tiempo de la señal del error que entra al controlador.

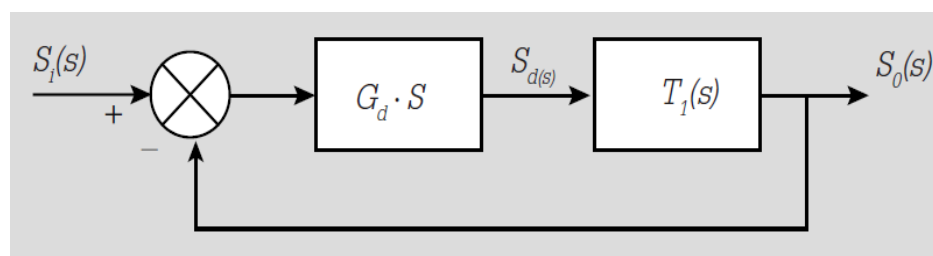


Figura 1. 16 Controlador derivativo

Fuente: (Fusario , 2012, pág. 139)

1.7.2.5. Controlador proporcional integral

En este tipo de controlador según (Fusario , 2012, pág. 140) puede resolver el problema de la reducción de la estabilidad relativa originada por la introducción del controlador integral, en la figura 1.23 se puede ver el controlador integral proporcional.

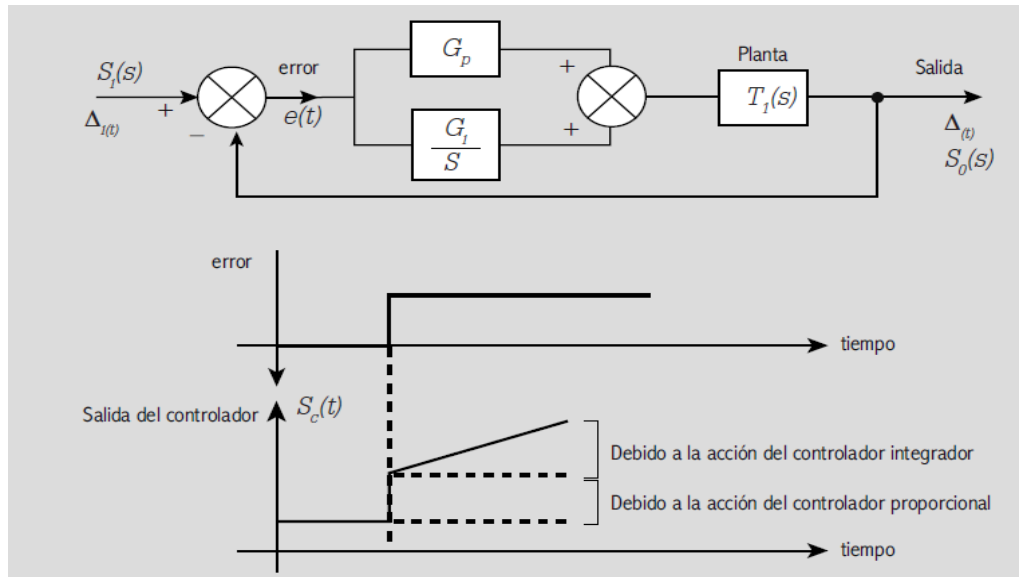


Figura 1. 17 Controlador proporcional integral

Fuente: (Fusario , 2012, pág. 140)

1.7.2.6. Controlador proporcional derivativo

Según (Fusario , 2012, pág. 141) se detalla en la figura 1.26 como es un controlador proporcional derivativo en el que se puede ver que se ha introducido un cero en $s = -1/\tau_d$ y que no genera cambios en el sistema ni en los errores en estado estable.

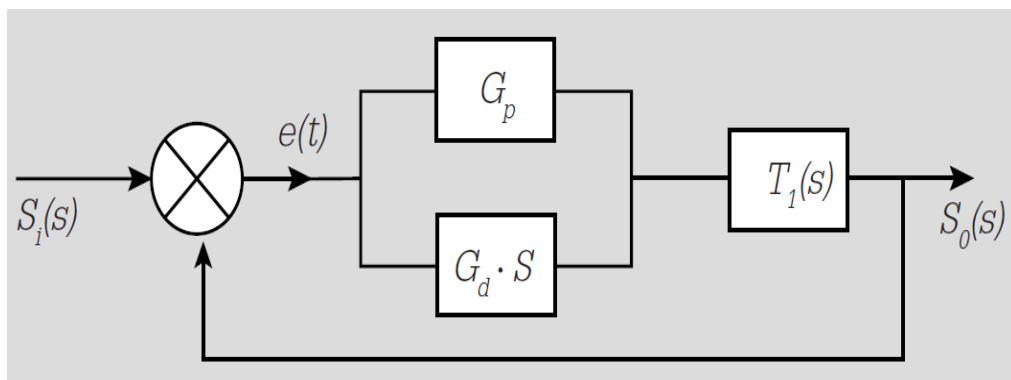


Figura 1. 18 Controlador proporcional derivativo

Fuente: (Fusario , 2012, pág. 141)

1.7.2.7. Controlador proporcional integral derivativo

Este tipo de controlador según (Fusario , 2012, pág. 141) presenta la ventaja de incrementar el número de ceros en la función de transferencia del controlador y el número de polos en la salida del controlador en uno.

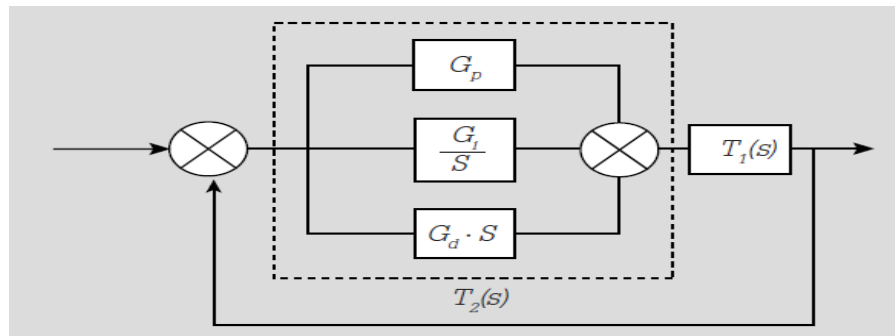


Figura 1. 19 Controlador proporcional integral derivativo

Fuente: (Fusario , 2012, pág. 141)

CAPÍTULO 2

SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS Y CÁLCULOS

INTRODUCCIÓN

Actualmente se conoce de varios tipos de secadores a nivel industrial que han sido diseñados con el propósito de crear un sistema eficiente de secado para mejorar la calidad de producto y disminución del tiempo. Por lo tanto, a partir del breve análisis de los diferentes secadores mostrados en el capítulo anterior, se procede a seleccionar un equipo que se ajuste a las necesidades del productor.

2.1. CARACTERÍSTICAS DEL SECADOR A DISEÑAR

Las hierbas aromáticas (Menta, cedrón, limoncillo) se secarán a un rango de temperatura de 30 a 60°C según (Toguino Borja, 2016) y bajo el 12% de humedad final, rango aceptable para la comercialización según normas INEN del (anexo 17) la cantidad de producto fresco a secar es de 15kg.

Dado a conocer las especificaciones del rango de temperatura y cantidad de secar de las hierbas, se describe las siguientes características que debe poseer el secador.

- El material de construcción, debe ser en acero inoxidable por tratarse de consumo alimenticio.
- El producto a secar deberá estar en contacto con el aire caliente.
- El producto debe ser distribuido en una capa delgada aproximadamente de 3cm de espesor” según el estudio realizado de deshidratación de la menta y el orégano. (Toguino Borja, 2015)

Después de describir las características del secador, a continuación, se presenta alguna de las siguientes alternativas de solución de las cuales analizaremos sus ventajas y desventajas, y seleccionaremos una de ellas para adaptarla a nuestra necesidad.

2.2. ALTERNATIVAS DE SECADORES

2.2.1. SECADOR DE TORRE O DE BANDEJAS GIRATORIAS.

Esta propuesta se trata de un horno secador a bandejas giratorio de funcionamiento continuo el cual consiste de una envoltura vertical, cilíndrica o hexagonal, en la cual hay una serie de bandejas segmentadas en forma de anillo, montadas unas encima de otras sobre un eje que gira lentamente a razón de 0.1 a 1 r.p.m. con una puerta panorámica, y con un controlador de temperatura automático.



*Figura 2. 1 Secador de bandejas giratorias
(Alibaba, 2015)*

2.2.1.1. Características.

- Horno rotatorio de acero inoxidable de apariencia lujosa.
- Amplia gama de cocción de la parrilla del horno

- Fuente de energía eléctrica, diésel, gas.
- Sistema de seguridad y el panel de control avanzado.
- Alta eficacia de la calefacción.
- La temperatura ajusta automáticamente.
- Fácil de utilizar el panel de control de horno rotatorio en la parte delantera.

(Alibaba, 2015)

2.2.2. SECADOR DE TÚNEL.

Esta propuesta se trata de un secador horno de túnel que tiene un sistema automático continuo de la línea de secado diseñado para el secado de impreso/recubierto de estaño o de aluminio; el combustible que se utiliza para esta máquina es gas natural, de gas licuado, gas de carbón, y la electricidad.



Figura 2. 2 Secador de túnel

(Alibaba, 2015)

2.2.2.1. Características:

- Neumática de control en la descarga de protección, las cadenas de transporte de tinción

- Control de frecuencia variable en la sincronización
- Método de calefacción del combustible puede ser directa enterrar o indirecta de la quema. (Alibaba, 2015)

2.2.3. SECADOR DE BANDEJA O ARMARIO.

En esta propuesta se trata de un secador de bandejas en el “consiste de una cámara estática, tiene un carro porta bandejas para facilitar la libre evacuación del producto, con puertas panorámicas y con un controlador de temperatura automático.



Figura 2. 3 Secador de bandejas

Fuente: (Alibaba, 2015)

2.2.3.1. Características:

- Material: completa en acero inoxidable
- Control de temperatura: automático
- Intercambio de calor hacia el producto por un ventilador.
- Con vista panorámica para visualizar el producto. (Alibaba, 2015)

2.3. CUADRO COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO

A continuación, se presenta un cuadro comparativo de las ventajas y desventajas de cada una de las alternativas para selección del diseño a las cuales también se las ha designado un código alfabético.

Tabla 2. 1 Alternativas de diseño ventajas y desventajas

| ALTERNATIVAS | VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|---|---|---|
| (A) SECADOR DE TORRE O BANDEJAS GIRATORIAS | Excelente uniformidad de secado | Alta inversión de construcción |
| | Facilidad de operación | |
| (B) SECADOR DE TÚNEL | Alta producción de deshidratación | Alta inversión de construcción |
| | Excelente uniformidad de secado | Alto costo de mantenimiento |
| | Facilidad de operación | |
| (C) SECADOR DE BANDEJAS O ARMARIO | Adaptable a grandes y pequeñas cantidades de deshidratación | Disminución de uniformidad en la deshidratación |
| | Facilidad de operación | |
| | Mantenimiento sencillo | |
| | Diseño y construcción | |
| | Facilidad de evacuación del producto | |

2.3.1. CRITERIO PONDERADO.

Este método se basa en unas tablas donde cada criterio se confronta con los restantes criterios y se asignan los valores siguientes:

- 1 Si el criterio de las filas es superior (o mejor; $>$) que el de las columnas
- 0.5 Si el criterio de las filas es equivalente ($=$) al de las columnas
- 0 Si el criterio de las filas es inferior (o peor; $<$) que el de las columnas

Luego, para cada criterio, se suman los valores asignados en relación a los restantes criterios, al que se le añade una unidad (para evitar que el criterio o solución menos favorable tenga una valoración nula); después, en otra columna se calculan los valores ponderados para cada criterio. Finalmente, la evaluación total para cada solución resulta de la suma de productos de sus pesos específicos por el del respectivo criterio. (Charles, 2002)

2.4. FACTORES IMPORTANTES PARA LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Antes de poder tomar una decisión con respecto al diseño, se toma también en cuenta los siguientes criterios de la tabla 2.2 que son los más relevantes basándonos en los requerimientos del producto a secar para realizar una matriz de ponderación.

Tabla 2. 2 Criterios de evaluación

| CRITERIOS DE EVALUACIÓN |
|--------------------------------|
| Costo energético |
| Costo de equipo |
| Costo de mantenimiento |
| Rendimiento |
| Segurabilidad |
| Versatilidad |

- **Facilidad de operación:** Se evalúa la facilidad en la que el operario, pueda utilizar el equipo.

- Costo del equipo: Se trata de la inversión inicial para la construcción en donde se incluye montaje de la máquina, elementos y accesorios de control. Al ser el equipo dedicado a la microindustria, el costo de construcción es uno de los principales parámetros más importantes a considerar para el diseño, por lo cual se toma en cuenta el costo de cada material u elemento que se necesitará para la construcción.
- Facilidad de construcción: Se refiere al proceso de construcción de la máquina de manera no compleja de cada una de las piezas sin la intervención de la utilizar máquinas u herramientas que no se encuentren en el medio.
- Mantenimiento: Es el gasto económico que se realiza al equipo durante su vida útil por concepto de las acciones realizadas para mantenerlo operando.
- Seguridad: Se refiere a la seguridad y bienestar que el operario debe tener al manejar la máquina.
- Durabilidad: Se evalúa el tiempo de vida útil del equipo.
- Versatilidad: Se evalúa la capacidad del sistema de adaptación con rapidez a diferentes cambios futuros en el proceso.

2.5. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

La tabla 2.3 muestra la evaluación del peso específico de cada parámetro de diseño.

Tabla 2. 3 Criterios de evaluación del peso específico

| Costo del equipo > Facilidad de operación > Facilidad de construcción = Mantenimiento > Seguridad > Durabilidad = Versatilidad | | | | | | | | | |
|---|---------------------|-------------------------------|----------------------------------|----------------------|------------------|--------------------|---------------------|------------------------------|-----------------------|
| Criterio | Costo Equipo | Facilidad de operación | Facilidad de construcción | Mantenimiento | Seguridad | Durabilidad | Versatilidad | $\Sigma+1$ | Peso ponderado |
| Costo Equipo | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 7 | 0.25 |
| Facilidad de operación | 0 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 | 0.214 |
| Facilidad de construcción | 0 | 0 | | 0.5 | 1 | 1 | 1 | 4.5 | 0.16 |
| Mantenimiento | 0 | 0 | 0.5 | | 1 | 1 | 1 | 4.5 | 0.16 |
| Seguridad | 0 | 0 | 0 | 0 | | 1 | 1 | 3 | 0.107 |
| Durabilidad | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0.5 | 1.5 | 0.054 |
| Versatilidad | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | | 1.5 | 0.054 |
| Total | | | | | | | | 28 | 1 |

Se procede a la evaluación de los pesos específicos de los criterios de las distintas alternativas a continuación en las siguientes tablas.

La tabla 2.4 muestra la evaluación del peso específico del criterio costo equipo

Tabla 2. 4 Evaluación del peso específico del criterio costo equipo

| Solución C > Solución B > Solución A | | | | | |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------------|------------------|
| Costo equipo | Solución A | Solución B | Solución C | $\Sigma+1$ | Ponderada |
| Solución A | | 0 | 0 | 1 | 0.16 |
| Solución B | 1 | | 0 | 2 | 0.33 |
| Solución C | 1 | 1 | | 3 | 0.5 |
| Total | | | | 6 | 1 |

La tabla 2.5 muestra la evaluación del peso específico del criterio de facilidad del operario que este debe tener al trabajar con el equipo

Tabla 2. 5 Evaluación del peso específico de criterio de facilidad de operación

| Solución C > Solución B > Solución A | | | | | |
|--------------------------------------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| Facilidad de operación | Solución A | Solución B | Solución C | $\Sigma+1$ | Ponderada |
| Solución A | | 0 | 0 | 1 | 0.16 |
| Solución B | 1 | | 0 | 2 | 0.33 |
| Solución C | 1 | 1 | | 3 | 0.5 |
| Total | | | | 6 | 1 |

La tabla 2.6 nos indica la evaluación del peso específico del criterio de facilidad de construcción del secador.

Tabla 2. 6 Evaluación del peso específico del criterio facilidad de construcción

| Solución C > Solución A > Solución B | | | | | |
|--------------------------------------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| Facilidad de construcción | Solución A | Solución B | Solución C | $\Sigma+1$ | Ponderada |
| Solución A | | 1 | 0 | 2 | 0.33 |
| Solución B | 0 | | 0 | 1 | 0.16 |
| Solución C | 1 | 1 | | 3 | 0.5 |
| Total | | | | 6 | 1 |

La tabla 2.7 nos indica la evaluación del peso específico del criterio de mantenimiento al que debe someterse el secador.

Tabla 2. 7 Evaluación del peso específico del criterio mantenimiento

| Solución C > Solución A > Solución B | | | | | |
|--------------------------------------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| Mantenimiento | Solución A | Solución B | Solución C | $\Sigma+1$ | Ponderada |
| Solución A | | 1 | 0 | 2 | 0.33 |
| Solución B | 0 | | 0 | 1 | 0.16 |
| Solución C | 1 | 1 | | 3 | 0.5 |
| Total | | | | 6 | 1 |

La tabla 2.8 que se encuentra en la siguiente hoja nos indica la evaluación de peso específico del criterio de seguridad en cuanto a funcionamiento del secador.

Tabla 2. 8 Evaluación del peso específico del criterio de seguridad

| Solución C > Solución A > Solución B | | | | | |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------------|------------------|
| Seguridad | Solución A | Solución B | Solución C | $\Sigma+1$ | Ponderada |
| Solución A | | 1 | 0 | 2 | 0.33 |
| Solución B | 0 | | 0 | 1 | 0.16 |
| Solución C | 1 | 1 | | 3 | 0.5 |
| Total | | | | 6 | 1 |

La tabla 2.9 nos indica la evaluación de peso específico del criterio de durabilidad del secador.

Tabla 2. 9 Evaluación del peso específico del criterio durabilidad

| Durabilidad | Solución A | Solución B | Solución C | $\Sigma+1$ | Ponderada |
|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------------|------------------|
| Solución A | | 0.5 | 1 | 2.5 | 0.416 |
| Solución B | 0.5 | | 1 | 2.5 | 0.416 |
| Solución C | 0 | 0 | | 1 | 0.166 |
| Total | | | | 6 | 1 |

La tabla 2.10 nos indica la evaluación de peso específico del criterio de versatilidad lo referente a la facilidad de adaptación del secador a cambios posteriores.

Tabla 2. 10 Evaluación del peso específico del criterio versatilidad

| Solución C > Solución B = Solución A | | | | | |
|--------------------------------------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| Versatilidad | Solución A | Solución B | Solución C | $\Sigma+1$ | Ponderada |
| Solución A | | 0.5 | 0 | 1.5 | 0.25 |
| Solución B | 0.5 | | 0 | 1.5 | 0.25 |
| Solución C | 1 | 1 | | 3 | 0.5 |
| Total | | | | 6 | 1 |

La tabla 2.11 nos muestra la solución de alternativas a la cual se ha llegado después de haber realizado un análisis de criterio ponderado a cada una de ellas.

Tabla 2. 11 Solución de alternativas

| Criterio | Costo equipo | Facilidad de operación | Facilidad de construcción | Mantenimiento | Seguridad | Durabilidad | Versatilidad | Σ | Prioridad |
|-------------|----------------|------------------------|---------------------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------|-----------|
| Alternativa | | | | | | | | | |
| A | 0.16 * 0.25 | 0.16 * 0.214 | 0.33 * 0.16 | 0.33 * 0.16 | 0.33 * 0.107 | 0.42 * 0.05 | 0.25 * 0.05 | 0.248 | 2 |
| B | 0.33*0.25 | 0.33 * 0.214 | 0.16 * 0.16 | 0.16 * 0.16 | 0.16 * 0.107 | 0.42 * 0.05 | 0.25 * 0.05 | 0.254 | 3 |
| C | 0.5 * 0.25 | 0.5 * 0.214 | 0.5 * 0.16 | 0.5 * 0.16 | 0.5 * 0.107 | 0.17 * 0.05 | 0.5 * 0.05 | 0.553 | 1 |

Tomando en cuenta los criterios ponderados ya analizados, se llega a la conclusión de que la tercera alternativa de solución es la más conveniente por las siguientes razones:

La alternativa C es adaptable a la construcción de acuerdo a la cantidad de producto de deshidratación que es de 15kg diarios, a comparación de la alternativa A y B que son para elevadas cantidades de producto.

Los materiales de la tercera alternativa son más fáciles de conseguir y a la vez de construir pues se necesita de un ventilador que realice la acción de convección forzada y de una fuente de calor.

El secador de bandejas tanto en su diseño como en su construcción es sencillo, de fácil mantenimiento y con componentes fáciles de encontrar en el mercado. En conclusión, la tercera alternativa cumple con los requerimientos de diseño en cuanto a adaptabilidad en base a la cantidad de producto a secar, costo de material, fácil mantenimiento, seguridad, versatilidad y durabilidad.

2.6. CÁLCULOS DE DISEÑO

2.6.1. PARÁMETROS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL SECADOR DE BANDEJAS

Para realizar el dimensionamiento del secador de bandejas se utiliza los parámetros a base a las condiciones de secado y características del producto.

- Capacidad promedio = 300 kg/mes
- Humedad de entrada del cedrón = 62.39 kg agua/kg producto (anexo 8)
- Humedad a la salida del cedrón = 0.12 kg agua/kg producto (anexo 17)
- Temperatura máxima del aire de secado = $60^{\circ}\text{C} = 140^{\circ}\text{F}$
- Capacidad calorífica del aire = 1,005 kJ/ (kg K)
- Temperatura del bulbo húmedo = 48°C
- Temperatura del bulbo seco = 55°C

- Humedad relativa en el (cantón Urcuquí) = 57% (MUNICIPAL, 2009)

A continuación, la tabla 2.12 muestra la humedad inicial y final de las hierbas aromáticas a deshidratar.

Tabla 2. 12 Porcentaje de humedad de las hierbas aromáticas

| Hierbas aromáticas | Masa (kg) | Tamaño (m) | Humedad inicial % | Humedad final % |
|--------------------|-----------|------------|-------------------|-----------------|
| Menta | 15 | 0.04 | 73 | 12 |
| Cedrón | 15 | 0.05 | 62.39 | 12 |
| Limoncillo | 15 | 1 | 79.9 | 12 |

2.6.1.1. Cálculo de la cantidad de agua a evaporar.

$$\text{Masa H}_2\text{O} + \text{Masa seca} = \text{Masa total}$$

$$H_{\text{hierba}} := 62\%$$

Cantidad de humedad a desalojar

$$X := H_{\text{hierba}} - 12\% = 0.5$$

$$m_h := 1 \text{ kg}$$

Masa de la hierba a secar

$$m_w := 15X = 7.5$$

Kg de H₂O de masa de agua a evaporarse

2.6.1.2. Cálculo de la humedad a la entrada y salida del aire en el secador

$$P_g := 2.0698$$

Dato del agua saturada de la tabla A-4 del libro de Cengel interpolando entre las temperaturas de 15 y 20°C cuando esta a una temperatura de 18°C

$$H_r := 0.57$$

Humedad relativa en Urcuquí

$$P := 101.5$$

Presión atmosférica en Urcuquí

$$P_v := H_r \cdot P_g = 1.18$$

Presión de vapor

$$w := \frac{0.622P_v}{P - P_v} = 7.315 \times 10^{-3} \left(\frac{\text{KgH}_2\text{O}}{\text{KgAireSeco}} \right)$$

Ecuación 2. 1Humedad específica a la entrada y salida del secador. Fuente: (Cengel & Boles, 2015, pág. 719)

2.6.1.3. Cálculo de la presión parcial

$$H_{r2} := 0.12$$

$$P_{g2} := 15.763 \text{ (Kpa)} \quad \text{Dato del agua saturada de la tabla A-4 del libro de Cengel a } 55^\circ\text{C}$$

$$P = 101.5 \text{ (Kpa)}$$

$$P_{v2} := H_{r2} \cdot P_{g2} = 1.892$$

$$w_2 := \frac{0.622 \cdot P_{v2}}{P - P_{v2}} = 0.012 \left(\frac{\text{KgH}_2\text{O}}{\text{KgAireSeco}} \right)$$

$$H_{r3} := 0.6$$

$$P_{g3} := 9.5953 \text{ (Kpa)} \quad \text{Dato del agua saturada de la tabla A-4 del libro de Cengel a } 45^\circ\text{C}$$

$$P = 101.5 \text{ (Kpa)}$$

$$P_{v3} := H_{r3} \cdot P_{g3} = 5.757$$

$$w_3 := \frac{0.622 \cdot P_{v3}}{P - P_{v3}} = 0.037 \left(\frac{\text{KgH}_2\text{O}}{\text{KgAireSeco}} \right)$$

Ecuación 2. 2Presión Parcia. Fuente:(Cengel & Boles, 2015, pág. 721)

2.6.1.4. Cálculo de la presión parcial

$$P_a = P - P_v$$

$$P_a = 100.32 \text{ (KPa)}$$

2.6.1.5. Cálculo de la masa seca de aire

$$m_{as} := \frac{mw}{w_3 - w_2} = 293.081 \quad \text{Kg de aire seco}$$

Ecuación 2. 3 Masa seca de aire

2.6.1.6. Cálculo del volumen de aire seco

$$R := 0.287 \quad \left(\frac{\text{KPa} \cdot \text{m}^3}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right) \quad \text{Constante universal de los gases}$$

$$P = 101.5 \quad (\text{Kpa})$$

$$T_f := 328.15 \quad (^\circ\text{K}) \quad \text{Temperatura final a } 55 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$V_{as} := \frac{m_{as} \cdot R \cdot T_f}{P} = 271.942 \quad \text{m}^3 \text{ Aireseco}$$

Ecuación 2. 4 Volumen de aire seco

2.6.1.7. Cálculo del área total de las ventanas.

$$b := 0.36 \quad (\text{m})$$

$$a := 0.96 \quad (\text{m})$$

$$A := a \cdot b = 0.346 \quad (\text{m}^2)$$

$$A_{total} := 2 \cdot A = 0.691 \quad (\text{m}^2)$$

2.6.1.8. Cálculo del volumen del ambiente.

$$R = 0.287 \left(\frac{\text{Kpam}^3}{\text{kg}^\circ\text{C}} \right)$$

$$T_s := 291.15 \text{ } ^\circ\text{K} \quad \text{Temperatura ambiente a } 18^\circ\text{C}$$

$$V_a := \frac{R \cdot T_s}{P_a} = 0.833 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right)$$

Ecuación 2. 5 Volumen del ambiente. Fuente: (Cengel & Boles, 2015, pág. 732)

2.6.1.9. Cálculo de la masa de aire del ambiente.

$$V_{as} = 271.942 \left(\text{m}^3 \text{ Aire seco} \right) \quad \text{Volumen de aire seco}$$

$$V_a = 0.833 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right) \quad \text{Volumen del ambiente}$$

$$m_a := \frac{V_{as}}{V_a} = 326.487 \quad (\text{kg})$$

Ecuación 2. 6 Masa del aire del ambiente Fuente: (Cengel & Boles, 2015)

2.6.1.10. Cálculo de las pérdidas por conducción en las puertas del secador.

$$T_s := 291.15 \quad (^\circ\text{K}) \quad \text{Temperatura inicial a } 18^\circ\text{C}$$

$$T_f := 328.15 \quad (^\circ\text{K}) \quad \text{Temperatura final a } 55^\circ\text{C}$$

$$k := 1.4 \left(\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{K}} \right) \quad \text{Conductividad térmica del vidrio}$$

$$\Delta x := 0.007 \quad \text{Espesor del vidrio}$$

$$Q_{\text{cond}} := k \cdot A_{\text{total}} \cdot \left(\frac{T_s - T_f}{\Delta x} \right) = -5.115 \times 10^3$$

Ecuación 2. 7 Pérdidas por conducción

2.6.1.11. Cálculo de las pérdidas por convección natural en las puertas

$$h := 6 \left(\frac{w}{\text{m}^2 \cdot \text{°C}} \right) \quad \text{Coeficiente de transferencia por convección}$$

$$Q_{\text{convN}} := h \cdot A_{\text{total}} \cdot (T_s - T_f) = w - 153.446$$

Ecuación 2. 8 Pérdidas por convección natural

2.6.1.12. Cálculo de pérdidas por radiación en las puertas.

$$\varepsilon := 0.17 \quad \text{Coeficiente de transferencia del acero inoxidable}$$

$$\sigma := 5.67 \cdot 10^{-8} \left(\frac{w}{\text{m}^2 \cdot \text{°K}^4} \right)$$

$$Q_{\text{rad}} := \varepsilon \cdot \sigma \cdot A_{\text{total}} \cdot (T_s^4 - T_f^4) = -29.38 \quad (w)$$

Ecuación 2. 9 Pérdidas por radiación

2.6.1.13. Cálculo de calor requerido por el sistema.

$$C_p := 3.2348 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{°C}} \right) \quad \text{Calor específico de la hierba}$$

$$\Delta T := T_f - T_s = 37 \quad \text{Variación de temperatura}$$

$$Q_{\text{requerido}} := (m_h - m_w) \cdot C_p \cdot \Delta T = 897.657$$

$$Q_{\text{reqagua}} := m_w \cdot (2600.1 - 83.915) \text{ kJ} = 1.887 \times 10^4$$

$$Q_{\text{real}} := Q_{\text{requerido}} + \frac{Q_{\text{rad}} + Q_{\text{convN}} + Q_{\text{cond}}}{1000} = 892.359 \quad (\text{Kj})$$

$$Q_{\text{perdidasT}} := \frac{Q_{\text{rad}} + Q_{\text{convN}} + Q_{\text{cond}}}{1000} = -5.298 \quad (\text{Kj})$$

Ecuación 2. 10 Calor requerido por el sistema

2.6.1.14. Cálculo de la energía que se toma de la red.

$\eta := 0.9$ Eficiencia de las niquelinas

$$Q_{\text{salida}} := \frac{Q_{\text{real}}}{\eta} = 991.51 \quad (\text{Kj})$$

Ecuación 2. 11 Energía que se toma de la red

2.6.1.15. Cálculo del tiempo de secado para las hierbas aromáticas.

Potencia de las resistencias

$$V_r := 110 \quad \text{v}$$

$$I_r := 12.72 \quad \text{A}$$

$$P_r := V_r \cdot I_r = 1.399 \times 10^3 \quad \text{VA}$$

Potencia del ventilador

$$V_{ve} := 110 \quad \text{V}$$

$$I_v := 4.82 \quad \text{A}$$

$$P_v := V_{ve} \cdot I_v = 530.2 \quad \text{VA}$$

$$t := \frac{Q_{\text{requerido}} + Q_{\text{reqagua}} + Q_{\text{perdidasT}}}{\left(\frac{P_v + P_r}{1000} \right)} = 1.024 \times 10^4$$

$$t := \frac{t}{3600} = 2.845 \quad \text{horas} \quad t := t - 60 = 170.724 \quad \text{min}$$

2.6.2. DIMENSIONAMIENTO DE LAS PAREDES DEL SECADOR

El dimensionamiento de las paredes del secador se las determina según la *ecuación 2.13* de (Holman, 1999), la cual se describe a continuación:

$$q = \frac{T_1 - T_4}{\frac{\Delta X_A}{k_A \cdot A} + \frac{\Delta X_B}{k_B \cdot A} + \frac{\Delta X_C}{k_C \cdot A}}$$

Ecuación 2. 12 Flujo de calor. Fuente: (Holman, 1999)

Dónde:

q = Sumatoria de las resistencias

T_1 = Temperatura inicial

T_4 = Temperatura final

k = Conductividad térmica del aislante

X = Espesor del aislante

$$q = \frac{T_1 - T_4}{\frac{\Delta X_A}{k_A \cdot A} + \frac{\Delta X_B}{k_B \cdot A} + \frac{\Delta X_C}{k_C \cdot A}}$$

$$q = kA + kB + KC$$

$$q = 16.3 + 0.044 + 16.3 = 32.64 \frac{W}{m^2}$$

$$32.64 \frac{W}{m^2} = \frac{18^\circ C - 55^\circ C}{4.908 \times 10^{-5} \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W} + \frac{x(m)}{0.044 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}} + 4.908 \times 10^{-5} \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}}$$

$$32.64 \frac{W}{m^2} = \frac{-37^\circ C}{9.815 \times 10^{-5} \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W} + \frac{x(m)}{0.044 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}}}$$

$$\frac{x(m)}{0.044 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}} = \left(\frac{-37}{32.64} - 9.81 \times 10^{-5} \right) \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$$

$x(m) = 0.049 \cong 5$ Espesor de las paredes de secador de bandejas

2.6.3. SELECCIÓN DEL SENSOR DE TEMPERATURA

La tabla que tenemos a continuación muestra los tipos de sensores y sus características de funcionamiento.

Tabla 2. 13 Sensores de temperatura

| Sensor de temperatura | Rangos de medición (°C) | Sensibilidad | Empaquetado | Relación respuesta temperatura | Costo |
|--------------------------|-------------------------|--------------|------------------|--------------------------------|----------|
| Termocupla Tipo J | 0 - 750 | 50mv/°C | Acero inoxidable | Lineal | Alto |
| Pt 100 | -1050 | 0,3Ω/°C | Acero inoxidable | Lineal | Moderado |
| NTC | -570 | 6%/°C | Acero inoxidable | Exponencial | Moderado |
| Lm35 | -205 | 10 mv/°C | Plástico | Lineal | Bajo |

Fuente: (Vallejo Garzón, 2015)

En la tabla anterior podemos apreciar las diferentes tipos de sensores de temperatura que al analizar sus características, el sensor que mejor se ajusta a la necesidad requerida es la NTC, por cuanto este sensor tiene una gran rango de variación de resistencia, permitiendo así obtener mejores lecturas de temperatura, para ello el único acondicionamiento necesario es un divisor de voltaje, que permite que su señal pueda ser ingresada al canal analógico del controlador programable, de esta manera se podrá medir la temperatura a la que se encuentra utilizando su ecuación característica. Por lo que también se puede decir que no es necesario de un circuito amplificador de señal, lo que hace que no haya mayores gastos, también una de las ventajas que podemos ver es que el encapsulado de este sensor es en acero inoxidable que permite ingresar dentro de la cámara, pues este estará expuesto al contacto de temperatura y humedad.

El sensor Lm35 según sus características fue descartado por que requiere de un circuito de amplificación de señal y por cuanto no posee un encapsulado en acero

inoxidable que es necesario al estar en contacto directo con la temperatura dentro de la cámara.

Tanto el PT100 y la Termocupla tipo J son sensores que se los puede utilizar de igual manera en el sistema, pero por cuanto se necesita de realizar un circuito amplificador de señal se los descarto, pues el realizar el circuito demanda de mayor gasto en componentes en cable para sacar a la parte exterior la placa de control y por lo tanto esto es de mayor complejidad.

2.6.3.1. Acondicionamiento de señal de temperatura para el PLC.

Los valores que tenemos para cada uno de estos de resistencia en la NTC es de 9 y 3k Ω respectivamente según la figura 2.4 que tenemos a continuación, como por la NTC debe circular la menor cantidad de corriente posible para evitar calentamiento por efecto joule y tener lecturas falsas lo conveniente sería una corriente de 1mA o inferior que por seguridad se selecciona una corriente de 0,25mA.

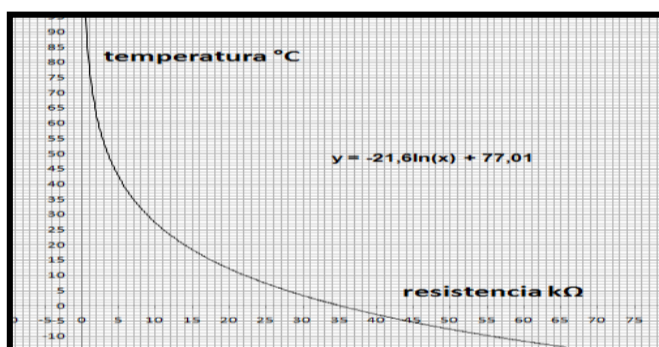


Figura 2. 4 Curva característica de la NTC

Fuente: Datasheet de la NTC

La corriente máxima se obtiene con la mínima resistencia que en este caso es de 2k Ω y el voltaje al que se trabaja es a 24v.

De manera que el divisor de voltaje quedaría de la siguiente manera dada la ecuación por (Matthew N. O & Charles. K. , 2015), descrita a continuación

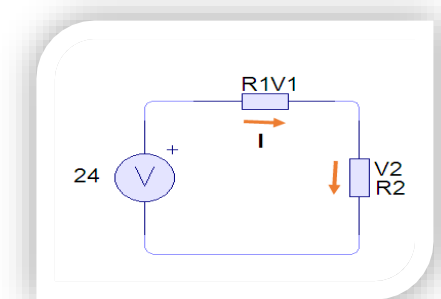


Figura 2. 5 Divisor de voltaje

$$I = \frac{V}{R}$$

Ecuación 2. 13 Ley de Ohm

Dónde:

I = Corriente

V = Voltaje

R = Resistencia

$$I = \frac{24V}{R_1 + 3K\Omega}$$

$$0.25mA = \frac{24V}{R_1 + 3K\Omega}$$

$$R_1 = \frac{24V - 3K\Omega * 0.25mA}{0.25}$$

$$R_1 = 94 K\Omega$$

En el mercado comunmente no existen reistencias de este valor por lo que se selecciona un potenciómetro de 100k que es mas conveniente para la el divisor de voltaje.

$$I = \frac{24V}{94K\Omega + 2K\Omega}$$

$$I = 0.25$$

Por cuanto también vemos que el valor de la corriente calculada es aún baja según el cálculo realizado anteriormente.

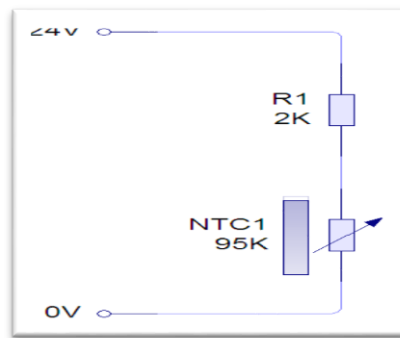


Figura 2. 6 Divisor de voltaje

CAPÍTULO 3

3.1. ELABORACIÓN DEL SECADOR

3.1.1. ESTRUCTURA

Este secador ha sido diseñado para secar la cantidad de 15 kg diarios de hierbas aromáticas frescas, posee dos partes principales como es la cámara de secado y el área de calentamiento en la que se encuentra la fuente de calor, constituida por resistencias eléctricas de (micrón) y el ventilador que se encarga de enviar el aire caliente dentro de la cámara en circulación forzada.

De acuerdo a la cantidad mencionada a secar se consideró realizar la distribución de 1kg en una capa delgada en 3cm de altura recomendada según (Toguino Borja, 2016). Considerando el diseño y a los respectivos cálculos realizados, la cámara tiene medidas aproximadas a $1.20m^3$, consta de 18 bandejas perforadas ubicadas nueve por cada lado en acero inoxidable.

Seguidamente se procede a seleccionar la ubicación de la fuente de calor para luego seleccionar los materiales con los cuales se construirá el secador de bandejas para las hierbas aromáticas dedicado a la microindustria.

3.2. CARACTERÍSTICAS DE UBICACIÓN DE LA FUENTE DE CALOR

Las características a considerarse para la ubicación de la fuente de calor tenemos las siguientes mostradas en la tabla 3.1 que tenemos a continuación.

Tabla 3. 1 Características de la fuente de calor

| CARACTERÍSTICAS DE UBICACIÓN DE LA FUENTE DE CALOR | |
|---|---|
| 2. | La colocación de la fuente de calor debe ser fácil y sencillo. |
| 3. | El mantenimiento que se le debe dar no debe ser complicado para evitar costos. |
| 4. | La fuente de calor debe estar ubicada en un lugar en el cual se deba aprovechar la energía que proviene de las resistencias eléctricas para obtener un secado uniforme en las hierbas aromáticas. |
| 5. | La ubicación de la fuente de calor debe brindar seguridad al estar en contacto con las personas particulares o con el operario para evitar accidentes. |

3.3. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE UBICACIÓN DE LA FUENTE DE CALOR

Antes de poder implementar el secador es necesario determinar la posición en la cual será colocada la fuente de calor, para que, al momento de realizar el montaje, no haya dificultad al realizarlo.

Tenemos las siguientes propuestas de las diferentes formas de ubicación de la fuente de calor con sus respectivas ventajas y desventajas las cuales se muestran a continuación:

3.3.1. UBICACIÓN DE LA FUENTE DE CALOR INTERNA EN LA BASE DE LA CÁMARA.

La figura 3.1 que se encuentra a continuación podemos ver un prototipo de la posible colocación de la fuente de calor en el secador, que en este caso es en la base.

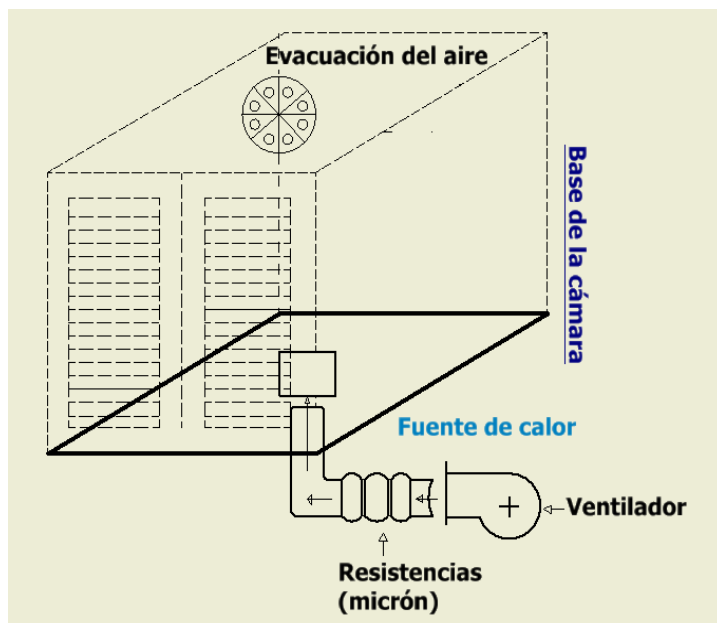


Figura 3. Fuente de calor interna de la base

3.3.1.1. Ventajas:

- Aprovechamiento de la ley general de los gases, pues sabemos que el aire frío desplaza al aire caliente presionándolo y así provocando la circulación vertical hacia arriba, ocasionando de esta manera que el aire caliente arrastre a la humedad, y por lo tanto en consideración a lo mencionado se puede conseguir mejor secado en las hierbas aromáticas.
- No desperdiciamos calor en el aire circundante.
- Seguridad para el operario y personas particulares al estar conectada la fuente de calor en la parte interna del secador.

3.3.1.2. Desventajas:

- Dificultad al dar mantenimiento debido a desmontar piezas cercanas a la fuente de calor.

- Poca uniformidad de secado de las hierbas aromáticas al ser colocado el foco de calor en la parte interna por mayor concentración del calor en la parte inferior al resto del producto.

3.3.2. UBICACIÓN DE LA FUENTE DE CALOR EN PARTE EXTERNA LATERAL DE LA CÁMARA DEL SECADOR.

En la figura 3.2 vemos la segunda alternativa de colocación de la fuente de calor que en este caso es en el lado lateral del secador como se muestra.

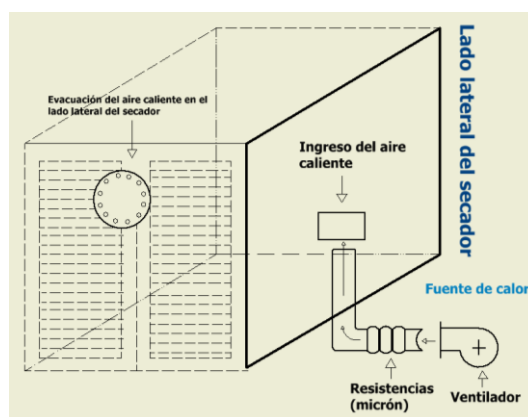


Figura 3. 2 Ubicación parte externa lateral

3.3.2.1. Ventajas:

- Facilidad de mantenimiento.
- Menor costo de implementación de secador.

3.3.2.2. Desventajas:

- Poca uniformidad de secado del producto debido a que el ingreso del aire caliente demoraría al cubrir el área total de la parte superior e inferior de la cámara del secador.

3.3.3. UBICACIÓN DE LA FUENTE DE CALOR EN LA PARTE EXTERNA POSTERIOR DEL SECADOR

La figura 3.3 nos muestra la tercera alternativa de ubicación de la fuente de calor en la parte externa de la parte posterior del secador como se muestra.

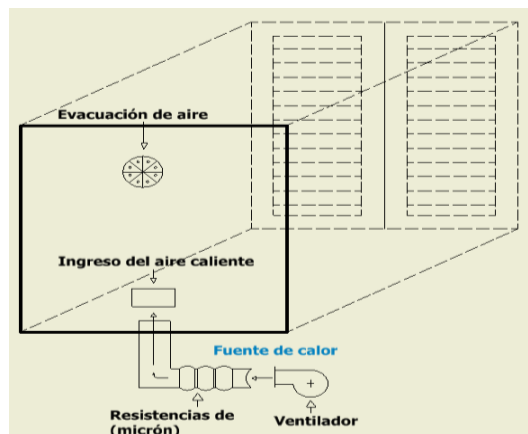


Figura 3. 3 Ubicación externa inferior

3.3.3.1. Ventajas:

Aprovechamiento de la ley general de los gases, pues sabemos que el aire frío desplaza al aire caliente presionándolo y así provocando la circulación vertical hacia arriba, ocasionando de esta manera que el aire caliente arrastre a la humedad, y por lo tanto en consideración a lo mencionado se puede conseguir mejor secado en las hierbas aromáticas.

- Mayor facilidad de mantenimiento de la fuente de calor al ser colocada en la parte externa del secador.
- Menor costo de implementación en la fuente de calor.
- Factores importantes para la selección de alternativas

- Para poder determinar la ubicación de la fuente de calor evaluamos las alternativas bajo criterios de evaluación que se encuentra en la tabla 3.2 que tenemos a continuación.

Tabla 3. 2 Criterios de evaluación para la ubicación de la fuente de calor

| CRITERIOS |
|------------------------------------|
| Facilidad de implementación |
| Mantenimiento |
| Costo |
| Seguridad |

Facilidad de Implementación. Se refiere a la sencillez y facilidad en la cual pueda realizarse la ubicación de la fuente de calor sin tener que desmontar otras piezas o que exista espacios apretados en los que el operario tenga que realizar mayor esfuerzo de implementación.

- **Mantenimiento:** Es el gasto económico Y el proceso de realizar una previa revisión a todas las partes que conforman el equipo durante su vida útil por concepto de las acciones realizadas para mantenerlo operando.
- **Costo:** Es el gasto que se realizará al colocar la fuente de calor en el equipo al ser ubicada internamente o externamente.
- **Seguridad:** Es la confianza que proporciona el estar bien ubicada la fuente de calor mientras está en contacto con el operario o personas particulares en el medio.
- **Durabilidad:** Se evalúa el tiempo de vida útil del equipo.

La tabla 3.3 presentada en la siguiente hoja nos muestra la evaluación de criterios ponderados para la ubicación de la fuente de calor.

Tabla 3. 3 Evaluación de criterios ponderados

| Facilidad de implementación > Mantenimiento > costo de implementación > Seguridad = Durabilidad | | | | | | | |
|---|------------------------------------|----------------------|--------------------------------|------------------|--------------------|-----------------------|------|
| Criterio | | | | | $\Sigma + 1$ | | |
| | Facilidad de implementación | Mantenimiento | Costo de implementación | Seguridad | Durabilidad | Peso ponderado | |
| Facilidad de implementación | | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 0.34 |
| Mantenimiento | 0 | | 1 | 1 | 1 | 4 | 0.28 |
| Costo de implementación | 0 | 0 | | 1 | 1 | 3 | 0.21 |
| Seguridad | 0 | 0 | 0 | | 0.5 | 1.5 | 0.11 |
| Durabilidad | 0 | 0 | 0 | 0 | | 1 | 0.07 |
| | | | | | Total | 14.5 | 1 |

Se procede a la evaluación de los pesos específicos de los criterios de las distintas alternativas a continuación en las siguientes tablas.

La tabla 3.4 muestra la evaluación del peso específico del criterio Facilidad de implementación.

Tabla 3. 4 Evaluación del criterio facilidad de implementación

| Solución C > Solución B > Solución A | | | | | |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|--------------|------------------|
| Facilidad de implementación | Solución A | Solución B | Solución C | $\Sigma + 1$ | Ponderada |
| Solución A | | 0 | 0 | 1 | 0.16 |
| Solución B | 1 | | 0 | 2 | 0.33 |
| Solución C | 1 | 1 | | 3 | 0.5 |
| | | | Total | 6 | 1 |

Tabla 3. 5 Evaluación del peso específico del criterio de mantenimiento

| Solución C > Solución B > Solución A | | | | | |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------------|------------------|
| Mantenimiento | Solución A | Solución B | Solución C | $\Sigma+1$ | Ponderada |
| Solución A | | 0 | 0 | 1 | 0.16 |
| Solución B | 1 | | 0 | 2 | 0.33 |
| Solución C | 1 | 1 | | 3 | 0.5 |
| Total | | | | 6 | 1 |

La tabla 3.6 nos indica la evaluación del peso específico del criterio de facilidad de construcción del secador.

Tabla 3. 6 Evaluación del peso específico del criterio costo de implementación

| Solución C > Solución A > Solución B | | | | | |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------------|------------------|
| Costo de implementación | Solución A | Solución B | Solución C | $\Sigma+1$ | Ponderada |
| Solución A | | 1 | 0 | 2 | 0.33 |
| Solución B | 0 | | 0 | 1 | 0.16 |
| Solución C | 1 | 1 | | 3 | 0.5 |
| Total | | | | 6 | 1 |

La tabla 3.7 nos indica la evaluación del peso específico del criterio de mantenimiento al que debe someterse el secador.

Tabla 3. 7 Evaluación del peso específico del criterio seguridad

| Solución C > Solución A > Solución B | | | | | |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------------|------------------|
| Seguridad | Solución A | Solución B | Solución C | $\Sigma+1$ | Ponderada |
| Solución A | | 1 | 0 | 2 | 0.33 |
| Solución B | 0 | | 0 | 1 | 0.16 |
| Solución C | 1 | 1 | | 3 | 0.5 |
| Total | | | | 6 | 1 |

La tabla 3.8 que se encuentra en la siguiente hoja nos indica la evaluación de peso específico del criterio de seguridad en cuanto a funcionamiento del secador.

Tabla 3. 8 Evaluación del peso específico del criterio durabilidad

| Solución C > Solución A > Solución B | | | | | |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------------|------------------|
| Seguridad | Solución A | Solución B | Solución C | $\Sigma+1$ | Ponderada |
| Solución A | | 1 | 0 | 2 | 0.33 |
| Solución B | 0 | | 0 | 1 | 0.16 |
| Solución C | 1 | 1 | | 3 | 0.5 |
| Total | | | | 6 | 1 |

La tabla 3.9 nos muestra la solución de alternativas a la cual se ha llegado después de haber realizado un análisis de criterio ponderado a cada una de ellas.

Tabla 3. 9 Solución de alternativas de ubicación de la fuente de calor

| Criterio | Facilidad de implementación | Mantenimiento | Costo de implementación | Seguridad | Durabilidad | | |
|-------------|-----------------------------|----------------|-------------------------|----------------|----------------|----------|-----------|
| Alternativa | | | | | | Σ | Prioridad |
| A | 0.16 * 0.34 | 0.16 * 0.28 | 0.33 * 0.21 | 0.33 * 0.11 | 0.33 * 0.07 | 0.23 | 2 |
| B | 0.33* 0.34 | 0.33 * 0.28 | 0.16 * 0.21 | 0.16 * 0.11 | 0.16 * 0.07 | 0.27 | 3 |
| C | 0.5 * 0.34 | 0.5 * 0.28 | 0.5 * 0.21 | 0.5 * 0.11 | 0.5 * 0.07 | 0.82 | 1 |

Una vez realizado el análisis de alternativas, se llega a la conclusión de que la alternativa C es la más apropiada para conseguir el objetivo de tener uniformidad de calentamiento en la cámara, Al colocar la fuente de calor en la parte posterior externa del secador se tiene la ventaja de la facilidad de implementación, reducción de costos, facilidad de mantenimiento y por sobre todo se aprovecha la energía transmitida por las resistencias eléctricas, también al tener la evacuación de la humedad que sale de las hierbas aromáticas en la parte superior, el aire caliente es desplazado por el aire frío que es más denso por la ley de la gravedad por lo que existe una uniformidad de calentamiento.

3.4. SELECCIÓN DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

3.4.1. MATERIALES MECÁNICOS DEL SECADOR.

Los materiales a seleccionarse para la construcción del secador de bandejas para hierbas aromáticas, es en acero inoxidable por tratarse de producto de consumo alimenticio.

3.4.1.1. Láminas en acero inoxidable

Según la historia del acero inoxidable se descubrió por metalurgistas que adicionaron un 10% de cromo al acero, que al observar no presentaba herrumbre bajo condiciones

normales debido a una formación de una película delgada transparente llamada (película pasiva) de óxido de cromo sobre la oxidación adicional del acero inoxidable.

Esto explica según (BONNET, 2015) el porqué del acero inoxidable no requiere ningún recubrimiento u otra protección a la corrosión para mantenerse limpio y brillante incluso tras períodos de uso.

Podemos conocer por medio de la tabla 3.10 que tenemos a continuación las características de cada serie de aceros inoxidables dentro de los cuales tenemos las familias de los martensíticos, ferríticos, austeníticos, inoxidables dúplex y los endurecibles por precipitación.

Tabla 3. 10 Tipos de acero inoxidable

| TIPOS DE ACERO INOXIDABLE | | | |
|--------------------------------|---------------|--|---|
| SERIE | MARTENSÍTICOS | CARACTERÍSTICAS | |
| | | 400 AISI | Moderada resistencia a la corrosión |
| | | Son magnéticos | Alto contenido de carbono |
| | | Naturaleza dura | De pobre soldabilidad |
| 400 AISI | FERRÍTICOS | Resistencia a la corrosión de moderada a buena | Endurecidos moderadamente por trabajo en frío |
| | | Son magnéticos | Su soldabilidad es pobre, se eliminan las uniones por soldadura a calibres delgados |
| | | De aplicación a tratamiento de recocido para mayor suavidad, ductilidad y resistencia a la corrosión | De pobre dureza, limitado a procesos de formado en frío |
| 200 y 300 AISI | AUSTENÍTICOS | Excelente resistencia a la corrosión | Endurecidos por trabajo en frío |
| | | Excelente soldabilidad | Excelente factor de higiene y limpieza |
| | | Formado sencillo y de fácil transformación | Tienen la habilidad de ser funcionales en temperaturas extremas |
| | | Son magnéticos | |
| INOXIDABLES DÚPLEX | | No pueden ser endurecidos por tratamientos térmicos | Buena soldabilidad |
| | | Mejora la resistencia a la corrosión de fractura bajo tensión en ambientes con iones de cloruro. | |
| ENDURECIBLES POR PRECIPITACIÓN | | Resistencia mecánica obtenida a partir del endurecimiento por tratamiento térmico de envejecimiento | Están patentados y les designa con las siglas de la empresa productora. |

La familia de los aceros inoxidable que necesitamos conocer, sus características y aplicaciones se encuentra dentro de los austeníticos, la serie 301, 304, 316 son los más aptos para la aplicación en productos alimenticios; la tabla 3.11 que tenemos a continuación describe sus ventajas.

Tabla 3. 11 Ventajas y aplicaciones de los aceros inoxidable

| ACEROS INOXIDABLES PARA PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS | | | | |
|--|---|----------------------------------|---|----------|
| SERIE | VENTAJAS | DESVENTAJAS | APLICACIONES | PRECIO |
| 301 | Puede ser fácilmente formado, con propiedades de soldabilidad | Menor resistencia a la corrosión | - Partes de aviones -Adornos arquitectónicos - Cajas de ferrocarril -Para equipos de procesamiento de alimentos | 48,16 \$ |
| 304 | -Buena resistencia a la corrosión -Buen desempeño en temperaturas elevadas (800 a 900°C) Buenas propiedades mecánicas | | -accesorios Para aviones -remaches -equipo Para hospitales -equipo químico de proceso -Equipos de procesamiento de alimento | 41,54\$ |
| 316 | -Resistente a la corrosión frente a diversos químicos agresivos | | -Adornos arquitectónicos equipo para el procesamiento de alimentos -Farmacéutico -Fotográfico, textil | 49,28\$ |

De estos tres tipos de aceros inoxidable se ha analizado según el catálogo del anexo (11) como también de características, aplicaciones, ventajas, e incluyendo precios que satisfagan las necesidades de construcción, se seleccionó el acero inoxidable 304 AISI por cuanto es el más apto para el diseño ya que tiene mayor resistencia a la corrosión, es adecuado para productos alimenticios, en cuanto a precio es el más económico a diferencia de los aceros 301 y 316, también es el más común en el mercado nacional.

3.4.1.2. Tubería en acero inoxidable

Las tuberías o cañerías actualmente en grandes industrias son muy utilizadas para transportar fluidos, materiales como cemento, hormigón, cereales, entre otros; el equipo diseñado necesita de una tubería que sirva de conducto para enviar el aire caliente dentro de la cámara del secador, el diámetro se selecciona según el catálogo del anexo (12)

La tubería también seleccionada para la estructura del secador es rectangular debido a la sujeción de las planchas en acero inoxidable y esta se optó de acuerdo al catálogo del anexo (13), según la necesidad requerida para la construcción.

La tabla 3.10 que tenemos a continuación presenta las características de los principales materiales que se utilizarán para la construcción del secador de bandejas para hierbas aromáticas.

Tabla 3. 12 Materiales de construcción

| PRODUCTO | CALIDAD | DIÁMETRO EXTERIOR | MEDIDAS | ESPESOR |
|-----------------------------------|----------------|--------------------------|----------------|----------------|
| Tubería rectangular | ASTMA-500 | 6,0 0mm | 30 * 50 mm | 30 mm |
| Tubería circular | ASTM -312 | 73.0 mm | 450* 60 mm | 0.4mm |
| Lámina de acero inoxidable | AISI – 304 | ----- | 1.22 *2.44m | 0.07 |

3.4.1.3. Perfiles.

La existencia de los diferentes tipos de perfiles hace que la construcción de estructuras sea más posible; de acuerdo al peso del producto (1kg), sumado el peso de las latas del secador de (1kg) es conveniente utilizar perfiles delgados hechos en aluminio que soportan 3kg aproximadamente, es más beneficioso utilizarlos a diferencia de los ya fabricados porque cuanto es un desperdicio de energía al querer calentar elementos que no intervienen en el proceso como las partes inertes del aparato, esto hace también que el peso del secador aumente.

3.4.1.4. El aislante

Los aislantes térmicos se los viene utilizando desde tiempos muy antiguos en aplicaciones de Industrias y construcciones como estructuras, fachadas cubiertas, instalaciones, entre otros.

Se considera los siguientes aspectos para la selección del aislante a utilizar para la cámara del secador, con el fin de evitar pérdidas de calor y conservar el aire caliente dentro de la misma, tomando en cuenta que se trata de productos alimenticios.

Protección del usuario: El aislante debe brindar seguridad al cubrir altas temperaturas tanto que, al estar el usuario en contacto con la máquina o equipo, este no se encuentre expuesto a peligro alguno, pues el aislante debe ofrecer una baja temperatura en el área externa del secador.

Conservación de energía: Las pérdidas de energía ocasionada que se dan por disipación del medio ambiente debe ser reducido por el aislante.

Las siguiente figura 3.4 presentada a continuación muestra los diferentes tipos de aislantes térmicos más utilizados.







| Denominación | | Origen | Conductividad (λ) W/(m.K) | Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua (μ) | Inflamable ¹ | Peso aproximado Gm ² | Formato | Medidas de protección en su instalación | Coste energético de producción MJ/kg ² | Contenido de producto reciclado (t3) ³ | Biodegradable ⁴ |
|---|---|-----------|---------------------------|---|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---|---|---|----------------------------|
|  | Lanas minerales (MW) Lana de roca (SW) | Mineral | 0,03 - 0,05 | 1 | NO | Δ | Panel, rollo y a granel | Ojos, sistema respiratorio y piel | 15 - 25 | 1 | No |
|  | Lanas minerales (MW) Lana de vidrio (GW) | Mineral | 0,03 - 0,05 | 1 - 1,3 | NO | Δ | Panel, rollo y a granel | Ojos, sistema respiratorio y piel | 15 - 50 | 2 | No |
|  | Poliestireno expandido (EPS) | Sintético | 0,029 - 0,053 | 20 - 40 | SI | Δ | Panel y a granel | No | 75 - 125 | 1 | No |
|  | Poliestireno extruido (XPS) | Sintético | 0,025 - 0,04 | 100 - 220 | SI | <15 | Panel | Guantes | 75 - 125 | 1 | No |
|  | Poliuretano o Polisocianurato (PUR) | Sintético | 0,019 - 0,040 | 60 - 150 | SI | <10 | Panel y espuma | Ojos, sistema respiratorio y piel | 70 - 125 | 1 | No |
|  | Perlita Expandida (EPB) | Mineral | 0,040 - 0,060 | 3 - 8 | NO | Δ | Panel, rollo, espuma y a granel | Protección frente al polvo | 5 - 20 | 0 | No |

Figura 3. 4 Tipos de aislantes térmicos más utilizados

Fuente: (Edificación, 2015)

Tenemos a continuación la que muestra la conductividad térmica en (W/mk) de los aislantes en función del espesor y de la conductividad térmica

Tabla 3. 13 Conductividad térmica de los aislantes

Fuente: (Edificación, 2015)

| Conductividad térmica (W/mK) | Resistencia Térmica (m ² K/W) | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | Espesor (mm) | | | | | | | | | | | |
| | λ | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 |
| 0,025 | 0,40 | 0,80 | 1,20 | 1,60 | 2,00 | 2,40 | 2,80 | 3,20 | 3,60 | 4,00 | 4,40 | 4,80 |
| 0,026 | 0,38 | 0,77 | 1,15 | 1,54 | 1,92 | 2,31 | 2,69 | 3,08 | 3,46 | 3,85 | 4,23 | 4,62 |
| 0,027 | 0,37 | 0,74 | 1,11 | 1,48 | 1,85 | 2,22 | 2,59 | 2,96 | 3,33 | 3,70 | 4,07 | 4,44 |
| 0,028 | 0,36 | 0,71 | 1,07 | 1,43 | 1,79 | 2,14 | 2,50 | 2,86 | 3,21 | 3,57 | 3,93 | 4,29 |
| 0,029 | 0,34 | 0,69 | 1,03 | 1,38 | 1,72 | 2,07 | 2,41 | 2,76 | 3,10 | 3,45 | 3,79 | 4,14 |
| 0,030 | 0,33 | 0,67 | 1,00 | 1,33 | 1,67 | 2,00 | 2,33 | 2,67 | 3,00 | 3,33 | 3,67 | 4,00 |
| 0,031 | 0,32 | 0,65 | 0,97 | 1,29 | 1,61 | 1,94 | 2,26 | 2,58 | 2,90 | 3,23 | 3,55 | 3,87 |
| 0,032 | 0,31 | 0,63 | 0,94 | 1,25 | 1,56 | 1,88 | 2,19 | 2,50 | 2,81 | 3,13 | 3,44 | 3,75 |
| 0,033 | 0,30 | 0,61 | 0,91 | 1,21 | 1,52 | 1,82 | 2,12 | 2,42 | 2,73 | 3,03 | 3,33 | 3,64 |
| 0,034 | 0,29 | 0,59 | 0,88 | 1,18 | 1,47 | 1,76 | 2,06 | 2,35 | 2,65 | 2,94 | 3,24 | 3,53 |
| 0,035 | 0,29 | 0,57 | 0,86 | 1,14 | 1,43 | 1,71 | 2,00 | 2,29 | 2,57 | 2,86 | 3,14 | 3,43 |
| 0,036 | 0,28 | 0,56 | 0,83 | 1,11 | 1,39 | 1,67 | 1,94 | 2,22 | 2,50 | 2,78 | 3,06 | 3,33 |
| 0,037 | 0,27 | 0,54 | 0,81 | 1,08 | 1,35 | 1,62 | 1,89 | 2,16 | 2,43 | 2,70 | 2,97 | 3,24 |
| 0,038 | 0,26 | 0,53 | 0,79 | 1,05 | 1,32 | 1,58 | 1,84 | 2,11 | 2,37 | 2,63 | 2,89 | 3,16 |
| 0,039 | 0,26 | 0,51 | 0,77 | 1,03 | 1,28 | 1,54 | 1,79 | 2,05 | 2,31 | 2,56 | 2,82 | 3,08 |
| 0,040 | 0,25 | 0,50 | 0,75 | 1,00 | 1,25 | 1,50 | 1,75 | 2,00 | 2,25 | 2,50 | 2,75 | 3,00 |
| 0,041 | 0,24 | 0,49 | 0,73 | 0,98 | 1,22 | 1,46 | 1,71 | 1,95 | 2,20 | 2,44 | 2,68 | 2,93 |
| 0,042 | 0,24 | 0,48 | 0,71 | 0,95 | 1,19 | 1,43 | 1,67 | 1,90 | 2,14 | 2,38 | 2,62 | 2,86 |
| 0,043 | 0,23 | 0,47 | 0,70 | 0,93 | 1,16 | 1,40 | 1,63 | 1,86 | 2,09 | 2,33 | 2,56 | 2,79 |
| 0,044 | 0,23 | 0,45 | 0,68 | 0,91 | 1,14 | 1,36 | 1,59 | 1,82 | 2,05 | 2,27 | 2,50 | 2,73 |
| 0,045 | 0,22 | 0,44 | 0,67 | 0,89 | 1,11 | 1,33 | 1,56 | 1,78 | 2,00 | 2,22 | 2,44 | 2,67 |
| 0,046 | 0,22 | 0,43 | 0,65 | 0,87 | 1,09 | 1,30 | 1,52 | 1,74 | 1,96 | 2,17 | 2,39 | 2,61 |
| 0,047 | 0,21 | 0,43 | 0,64 | 0,85 | 1,06 | 1,28 | 1,49 | 1,70 | 1,91 | 2,13 | 2,34 | 2,55 |
| 0,048 | 0,21 | 0,42 | 0,63 | 0,83 | 1,04 | 1,25 | 1,46 | 1,67 | 1,88 | 2,08 | 2,29 | 2,50 |
| 0,049 | 0,20 | 0,41 | 0,61 | 0,82 | 1,02 | 1,22 | 1,43 | 1,63 | 1,84 | 2,04 | 2,24 | 2,45 |
| 0,050 | 0,20 | 0,40 | 0,60 | 0,80 | 1,00 | 1,20 | 1,40 | 1,60 | 1,80 | 2,00 | 2,20 | 2,40 |
| 0,051 | 0,20 | 0,39 | 0,59 | 0,78 | 0,98 | 1,18 | 1,37 | 1,57 | 1,76 | 1,96 | 2,16 | 2,35 |
| 0,052 | 0,19 | 0,38 | 0,58 | 0,77 | 0,96 | 1,15 | 1,35 | 1,54 | 1,73 | 1,92 | 2,12 | 2,31 |
| 0,053 | 0,19 | 0,38 | 0,57 | 0,75 | 0,94 | 1,13 | 1,32 | 1,51 | 1,70 | 1,89 | 2,08 | 2,26 |
| 0,054 | 0,19 | 0,37 | 0,56 | 0,74 | 0,93 | 1,11 | 1,30 | 1,48 | 1,67 | 1,85 | 2,04 | 2,22 |
| 0,055 | 0,18 | 0,36 | 0,55 | 0,73 | 0,91 | 1,09 | 1,27 | 1,45 | 1,64 | 1,82 | 2,00 | 2,18 |
| 0,056 | 0,18 | 0,36 | 0,54 | 0,71 | 0,89 | 1,07 | 1,25 | 1,43 | 1,61 | 1,79 | 1,96 | 2,14 |
| 0,057 | 0,18 | 0,35 | 0,53 | 0,70 | 0,88 | 1,05 | 1,23 | 1,40 | 1,58 | 1,75 | 1,93 | 2,11 |
| 0,058 | 0,17 | 0,34 | 0,52 | 0,69 | 0,86 | 1,03 | 1,21 | 1,38 | 1,55 | 1,72 | 1,90 | 2,07 |
| 0,059 | 0,17 | 0,34 | 0,51 | 0,68 | 0,85 | 1,02 | 1,19 | 1,36 | 1,53 | 1,69 | 1,86 | 2,03 |
| 0,060 | 0,17 | 0,33 | 0,50 | 0,67 | 0,83 | 1,00 | 1,17 | 1,33 | 1,50 | 1,67 | 1,83 | 2,00 |

De los diferentes tipos de aislamiento térmico se seleccionó a la fibra de vidrio para la cámara de secado, por cuanto este aislante es incombustible, no genera tóxicos ni anida plagas, es fácil de manipular al igual que liviana, eso quiere decir que se puede colocar en cualquier superficie; a comparación del poliuretano que tiene mayor ventaja sobre la fibra de vidrio no se lo eligió por cuanto se desea secar productos a mayor temperatura lo cual requería este otro tipo de aislante.

3.4.2. Materiales eléctricos y de control

Tenemos a continuación la descripción de la selección de alternativas de los componentes que conforman al secador.

3.4.2.1. Sensor de temperatura

Actualmente existe una gran variedad de sensores de temperatura de los cuales seleccionaremos uno de acuerdo a un análisis de evaluación de criterios de ponderación y en la tabla 3.14 que presentamos a continuación podemos observar las características de cada una de las alternativas más cercanas a la necesidad.

Tabla 3. 14 Alternativas de sensores de temperatura

| ALTERNATIVAS | ELEMENTO | CARACTERISTICAS |
|--------------|---|---|
| A |  <p>Figura 3.4: Sensor SB19 Fuente: (Full Gauge, s.f.)</p> | <ul style="list-style-type: none"> -Cubre una cantidad de operación que va desde -50°C a +200°C. -Resistente al agua y a la bruscas variaciones de temperatura. -Ofrece robustez y protección contra radiaciones. -Sonda Estanca vaina inoxidable de 30 mm x 6 Ø (Full Gauge, s.f.) |
| B |  <p>Figura 3.5: PT100 y termopar Fuente: (Fluitronic, 2015)</p> | <ul style="list-style-type: none"> Tipo: Termopar/PT100; Designación: Sonda termopar J -Temperatura: Máx. : 600 °C -Un ojal de latón niquelado -Camisa de acero inoxidable 304 L de Ø 3 mm y longitud 500mm -Funda de acero inoxidable Termopar K Pt100 de clase B - Cable de PVC de longitud de 2m, Unión no desmontable Soldadura aislada de la masa.(Fluitronic, 2015) |
| C |  <p>Figura 3.6: Termorresistencia PT100 de platino (SHT - 152) Fuente: (Electrónicaestudio.com, 2015)</p> | <ul style="list-style-type: none"> Termorresistencia PT100 de platino a prueba de agua. Consiste en un alambre de platino de 0°C tiene 100 ohm, al aumentar la temperatura aumenta la resistencia eléctrica. El incremento de la resistencia no es lineal pero si creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta. -A prueba de agua -Largo: 5m -Rango: -20°C a 500°C (Electrónicaestudio.com, 2015) |

La tabla 3.15 que tenemos a continuación muestra los criterios bajo los cuales vamos a realizar un análisis de criterios de ponderación para la selección del sensor

Tabla 3. 15 Criterios de ponderación para la selección del sensor

| CRITERIOS |
|---------------------------------|
| Costo de acondicionamiento |
| Encapsulado en acero inoxidable |
| Rango de temperatura |
| Resistencia |

Costo de acondicionamiento. Se refiere al costo que genera acondicionar al sensor de temperatura.

Encapsulado en acero inoxidable: Se refiere al material con el cual está protegido el sensor de temperatura para trabajar aún en condiciones expuestas al agua.

- Rango de temperatura: Es rango en el cual el sensor está limitado a medir la temperatura.
- Resistencia: Es la firmeza y la gran capacidad de adaptación ante el contacto de radiación.

La tabla 3.16 nos muestra la evaluación de criterios ponderados para seleccionar el sensor de temperatura.

Tabla 3. 16 Criterios de ponderación

| Costo de acondicionamiento > Encapsulado en acero inoxidable > Rango de temperatura > Robustez | | | | | | |
|--|-----------------------------------|--|-----------------------------|--------------------|--------------------------------|-----------------------|
| Criterio | Costo de acondicionamiento | Encapsulado en acero inoxidable | Rango de temperatura | Resistencia | $\Sigma + 1$ | Peso ponderado |
| Costo de acondicionamiento | | 1 | 1 | 1 | 4 | 0.4 |
| Encapsulado en acero inoxidable | 0 | | 1 | 1 | 3 | 0.3 |
| Rango de temperatura | 0 | 0 | | 1 | 2 | 0.2 |
| Robustez | 0 | 0 | 0 | | 1 | 0.1 |
| | | | | Total | 10 | 1 |

Se procede a la evaluación de los pesos específicos de los criterios de las distintas alternativas a continuación en las siguientes tablas.

La tabla 3.17 muestra la evaluación del peso específico del criterio Facilidad de implementación.

Tabla 3. 17 Evaluación del criterio de costo de acondicionamiento

| Solución A > Solución C > Solución B | | | | | |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------|------------------|
| Costo de acondicionamiento | Solución A | Solución B | Solución C | $\Sigma + 1$ | Ponderada |
| Solución A | | 1 | 1 | 3 | 0.5 |
| Solución B | 0 | | 0 | 1 | 0.166 |
| Solución C | 0 | 1 | | 2 | 0.333 |
| | | | Total | 6 | 1 |

La tabla 3.18 muestra la evaluación del peso específico del criterio de Encapsulado en acero inoxidable.

Tabla 3. 18 Evaluación del criterio encapsulado en acero inoxidable

| Solución A >Solución C >Solución B | | | | | |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------------|------------------|
| Encapsulado en acero inoxidable | Solución A | Solución B | Solución C | $\Sigma+1$ | Ponderada |
| Solución A | | 1 | 1 | 3 | 0.5 |
| Solución B | 0 | | 0 | 1 | 0.166 |
| Solución C | 0 | 1 | | 2 | 0.333 |
| Total | | | | 6 | 1 |

Tabla 3. 19 Evaluación del criterio de ponderación rango de temperatura

| Solución A >Solución C >Solución B | | | | | |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------------|------------------|
| Rango de temperatura | Solución A | Solución B | Solución C | $\Sigma+1$ | Ponderada |
| Solución A | | 1 | 1 | 3 | 0.5 |
| Solución B | 0 | | 0 | 1 | 0.166 |
| Solución C | 0 | 1 | | 2 | 0.333 |
| Total | | | | 6 | 1 |

La tabla 3.20 nos indica la evaluación del peso específico del criterio de Resistencia.

Tabla 3. 20 Evaluación del peso específico del criterio resistencia

| Solución A > Solución C > Solución B | | | | | |
|--------------------------------------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| Resistencia | Solución A | Solución B | Solución C | $\Sigma+1$ | Ponderada |
| Solución A | | 1 | 0 | 2 | 0.5 |
| Solución B | 0 | | 0 | 1 | 0.166 |
| Solución C | 1 | 1 | | 3 | 0.333 |
| Total | | | | 6 | 1 |

La tabla 3.21 nos muestra la solución de alternativas a la cual se ha llegado después de haber realizado un análisis de criterio ponderado a cada una de ellas.

Tabla 3. 21 Solución de alternativas de selección del sensor de temperatura

| Criterio | | | | | Σ | |
|-------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------|---------------|----------|-----------|
| Alternativa | Costo de acondicionamiento | Encapsulado en acero inoxidable | Rango de temperatura | Resistencia | | Prioridad |
| A | $0.5 * 0.4$ | $0.5 * 0.3$ | $0.5 * 0.2$ | $0.5 * 0.1$ | 0.5 | 1 |
| B | $0.166 * 0.4$ | $0.166 * 0.3$ | $0.166 * 0.2$ | $0.166 * 0.1$ | 0.76 | 3 |
| C | $0.333 * 0.4$ | $0.333 * 0.3$ | $0.333 * 0.2$ | $0.333 * 0.1$ | 0.33 | 2 |

De estas tres alternativas de sensores de temperatura de las cuales hemos realizado un análisis de criterio de ponderación se concluye que la alternativa A es la más adecuada a la necesidad presentada debido a su gran sensibilidad de obtener mayores lecturas de temperatura por la gran variación de resistividad por unidad de temperatura, además para poder acondicionarla solo se necesita de un divisor de voltaje para que su señal ingrese al canal analógico del controlador programable Logo para luego medir la temperatura a la

que se encuentre utilizando su ecuación característica, además no requiere de un circuito amplificador de señal lo que hace que se reduzcan costos.

Los sensores PT100 en este proyecto al igual que la NTC también son adecuadas para su uso, con la diferencia de que a los PT100 hay que realizar un circuito amplificador de señal en el que intervienen varios integrados siendo más compleja su elaboración, por lo tanto, aún más costoso, y la placa de control es más grande, estas son las razones por las que no se ha considerado usarlas.

3.4.2.2. Ventilador

Para la selección del ventilador se lo estableció a partir de la cantidad de aire caliente que debe mover dentro de la cámara de secador, es decir el calor requerido real por el sistema (Calor requerido más pérdidas totales) que de acuerdo a cálculos realizados anteriormente es de 213.13 kcal, a partir de este dato se lo seleccionó según el (anexo 10) ventilador soplador MUB101"SSP" que es un ventilador turbo compresor centrífugo de gran desplazamiento es el más cercano a las características técnicas requeridas por el sistema.

3.4.2.3. Resistencias de micrón

Para la selección de las resistencias eléctricas fue necesario partir de los cálculos de diseño desarrollados anteriormente, de acuerdo al calor requerido por el sistema que de acuerdo a cálculos es de 275.42 W/h. Como el diseño ya estaba establecido las niquelinas de micrón serán acopladas al tubo de acero inoxidable con el fin de que estas calienten el tubo y el ventilador se encargue de enviar ese aire caliente dentro de la cámara del secador, las resistencias eléctricas fueron diseñadas de acuerdo al diámetro del tubo que es de 6.3cm para acoplarlas perfectamente a este y evitar mayores pérdidas de energía. La figura 3.5

que tenemos a continuación muestra las resistencias eléctricas tipo abrazaderas que se utilizarán como fuente de calor para el secador.



Figura 3. 5 Niquelina tipo abrazadera

3.4.2.4. Selección de las llantas del secador de bandejas para hierbas aromáticas

La herramienta de diseño CAD Inventor Professional nos permite conocer la masa total del secador que es de 271.605 kg, a partir de este dato se selecciona según el catálogo del (anexo 14) las garruchas adecuadas que soportan peso del secador de bandejas.

La figura 3.6 detalla las propiedades del diseño del secador de bandejas.

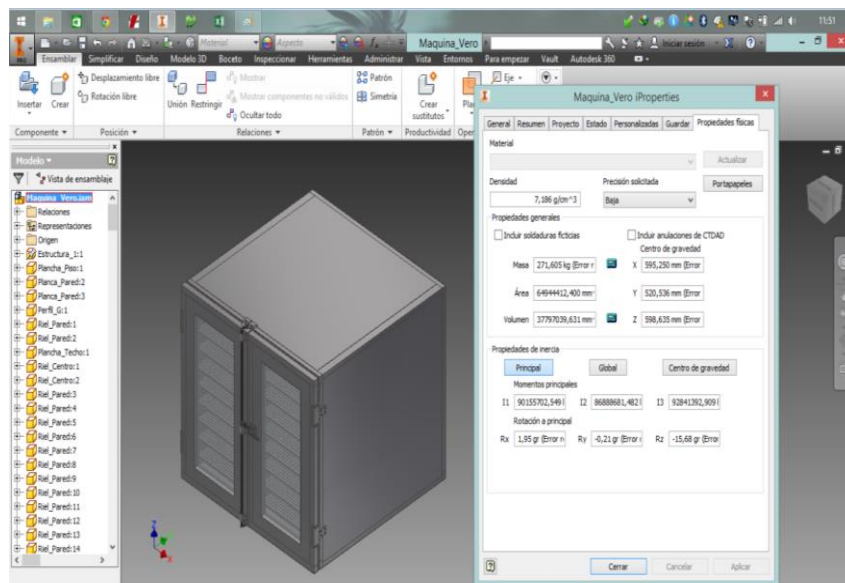




Figura 3. 6 Propiedades del secador de bandejas

3.4.2.5. Controlador de temperatura

En la siguiente tabla 3.22 nos muestra las características del controlador que utilizaremos para el secador de bandejas.

Tabla 3. 22 Selección del control de temperatura

| CONTROLADORES PROGRAMABLES | ESPECIFICACIONES | |
|--|--|--|
| <p>FIGURA 1.7: LOGO! DE SERIE 6ED1057-3BA00-0AA8</p>  <p>Fuente: Fuente especificada no válida.</p> | <ul style="list-style-type: none"> -Ampliación disponible -Anchura -Capacidad de programa -Corriente de salida -Display -Idioma de programación -Interfaz de programación -Longitud -Memoria total disponible -Modo de funcionamiento -Número de entradas -Número de salidas Para uso con serie -Profundidad -Serie de fabricante -Temperatura de funcionamiento máximo -Temperatura de funcionamiento mínima -Tensión de alimentación -Tiempo de escaneo -Tipo de entrada -Tipo de montaje -Tipo de salida | <ul style="list-style-type: none"> Si 90mm 400 bloques 10(Carga resistiva) A, 3(Carga inductiva) A incluido si básico HMI,PC 108mm 400 bloques programa, ejecutar, probar 8 4 Logo!8 55mm Logo!8 +55°C 0°C 12/24 V dc <0.1 ms analógica, digital Carril DIN, pared Ethernet Relé |
| <p>FIGURA 2.8: LOGO! DE SERIE 6ED1052-1MD00-0BA6</p>  <p>Fuente: Fuente especificada no válida.</p> | <ul style="list-style-type: none"> -Montaje -Tensión de alimentación -Rango admisible, límite inferior (DC) -Rango admisible, límite superior (DC) -Programadores horarios -Reserva de marchas -Entradas digitales -Salidas digitales -Funcionalidad/resistencia a cortocircuitos -Salidas de relé | <ul style="list-style-type: none"> Sobre perfil normalizado de 35mm, 4módulos de ancho 12/24 V DC 10.8 V 28.8V 8 80h Entradas binarias 8: de ellas 4 aptas como E analógicas (0 a 10 V) Salidas binarias 4: relé No, requiere protección externa. Con carga inductiva máx, 3A |

| | | |
|---|--|---|
| válida. | -Poder de corte de los contactos -Poder de corte de los contactos -Temperatura de empleo -Medidas | con carga resistiva máx, 10A min 0°C, máx 55°C 72*90*55(mm) |
|  <p>FIGURA 3.9: LOGO! DE SERIE 6ED1052-1MD00-0BA7 Fuente: Fuente especificada no válida.</p> | -Montaje | Sobre perfil normalizado de 35mm, 6 módulos de ancho 12/24 V DC |
| | -Tensión de alimentación | 10.8 V |
| | -Rango admisible, límite inferior (DC) | 28.8 V |
| | -Rango admisible, límite superior (DC) | Cantidad 333 |
| | -Programadores horario | 480h |
| | -Reserva de marcha | 8: de ellas 4 aptas como E analógicas (0 a 10 V) |
| | -Entradas digitales | Salidas binarias 4: relé No, requiere protección externa. |
| | -Salidas digitales | Con carga inductiva máx, 3A |
| | -Funcionalidad/resistencia a cortocircuitos | Con carga resistiva máx, 10A |
| | -Salidas de relé | min 0°C, máx 55°C 107*90*55(mm) |

3.4.2.6. Selección del control de temperatura

Se tomó la decisión de utilizar un controlador programable logo en vez de un micro controlador PIC debido a que este para realizar una sola tarea tiene que llamar a muchas instrucciones para poder ejecutarlo siendo así lento para procesar y cargar el programa, al igual que si queremos realizar cambios en la automatización tendríamos que mover todo el cableado. En cambio, el controlador programable nos brinda mejores ventajas para controlar el sistema de calentamiento de la cámara, pues este puede incrementar la capacidad de funcionamiento mediante módulos de expansión, posee dos maneras de realizar la programación ya sea en Lader o en bloques, brinda la facilidad de poder operarlo debido a que viene incluida la pantalla para poder visualizar la operación y la facilidad de configurar las variables de control.

Por lo tanto, de acuerdo a las características de las alternativas mostradas en la tabla anterior de los controladores programables logo, se ha determinado seleccionar el de la serie 6ED1052 – 1MD00 – 0BA6 por que el sistema requiere de 4 entradas análogas las cuales serán utilizadas para el encendido general, el encendido del PLC, y 1 salida al de las resistencias de (micrón), las cuales son suficientes para controlar el sistema de temperatura dentro de la cámara.

3.5. ANÁLISIS DE COSTOS

Realizamos un análisis de costos para conocer la viabilidad del secador de bandejas desde el momento de su producción, para ello contamos con los valores que proporciona el mercado nacional de cada producto, de esa manera analizaremos también los costos unitarios, costos de producción diaria, costos de materia prima, costos directos e indirectos.

3.5.1. COSTOS DIRECTOS

Los costos directos son aquellos que afecta de una manera directa al proceso de producción, como son los gastos del material eléctrico, gastos del material electrónico, control, y la mano de obra que se empleó en la construcción del secador de bandejas de hierbas aromáticas.

3.5.2. COSTOS INDIRECTOS

Los costos indirectos no forman parte principal de los gastos directos pero que son necesarios para determinar el valor total de inversión, como tenemos descrita en la tabla 3.23 mostrada a continuación

Tabla 3. 23 Costos indirectos de operación

| DETALLE | DESCRIPCION | UM | CANT. | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
|------------|-----------------|---------|-------|----------------|-------------|
| MPD | Menta | kg | 125 | \$1,25 | \$156,3 |
| | Cedrón | kg | 125 | \$1,25 | \$156,3 |
| | Limoncillo | kg | 125 | \$1,25 | \$156,3 |
| | TOTAL | | | | \$468,8 |
| MOD | Operador | Mensual | 1 | \$366,0 | \$366,0 |
| | TOTAL | | | | \$366,0 |
| MPI | Ventilador | u | 1 | \$25 | \$25,0 |
| | Fusible | u | 1 | \$0,2 | \$15,0 |
| | Terminales en U | u | 30 | \$0.09 | \$2.70 |
| | Cable asbesto | m | 18 | \$2.01 | \$10.05 |
| | TOTAL | | | | \$52.75 |

Tenemos a continuación la tabla 3.24 de los costos directos con una inversión total de 1587.1\$ según se muestra en la tabla siguiente, donde se encuentra detallado los gastos de inversión.

Tabla 3. 24 Costos directos

| DETALLE | DESCRIPCION | UM | CANT. | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
|--|-------------------------------------|-------|-------|----------------|-------------|
| SECADOR DE BANDEJAS DE HIERBAS AROMÁTICAS | ESTRUCTURA | | | | |
| | Planchas en acero inoxidable | kg | 5 | \$41,5 | \$207,5 |
| | Tubo en acero inoxidable 2,5 in x 4 | cm | 50 | \$0,5 | \$25,0 |
| | Vidrio templado | kg | 2 | \$35,0 | \$70,0 |
| | Lana de vidrio | bulto | 2 | \$41,4 | \$82,9 |
| | Llantas | u | 4 | \$25,0 | \$100,0 |
| | TOTAL | | | | \$485,4 |
| | MATERIAL ELECTRICO | | | | |
| | Cable asbesto #20 | m | 28 | \$0,3 | \$9,0 |

| | | | | |
|---------------------------------------|------|----|---------|-----------|
| Contactador GMC09 | kW | 3 | \$12,8 | \$38,4 |
| Botonera ON-OFF | u | 2 | \$9,4 | \$18,8 |
| Selector de 3 posiciones | u | 1 | \$5,9 | \$5,9 |
| Break riel | A | 1 | \$10,8 | \$10,8 |
| Luz piloto | mm | 1 | \$2,3 | \$2,3 |
| Terminales en U | u | 40 | \$0,1 | \$4,0 |
| Canaleta ranurada | m | 1 | \$6,6 | \$6,6 |
| TOTAL | | | | \$95,7 |
| MATERIAL ELECTRONICO Y CONTROL | | | | |
| Logo | kg | 1 | \$145,0 | \$145,0 |
| Fuente | u | 1 | \$125,0 | \$125,0 |
| Cable de datos | u | 1 | \$100,0 | \$100,0 |
| Sensor de humedad | u | 1 | \$19,0 | \$19,0 |
| Sensor de temperatura | u | 1 | \$17,0 | \$17,0 |
| TOTAL | | | | \$406,0 |
| MANO DE OBRA | | | | |
| Maestro Soldador | Obra | 1 | \$600,0 | \$600,0 |
| TOTAL | | | | \$600,0 |
| | | | | \$1.587,1 |
| TOTAL DE INVERSION | | | | |

3.5.2.1. Gastos administrativos

Tabla 3. 25 Gastos administrativos

| DETALLE | DESCRIPCION | UM | VALOR TOTAL |
|-------------------------------|---------------|---------|-------------|
| GASTOS ADMINISTRATIVOS | Luz eléctrica | mensual | \$ 35,64 |
| | Agua potable | mensual | \$ 5,00 |
| | Arriendo | mensual | \$ 120,00 |
| | TOTAL | | |

Tabla 3. 26 Periodo de recuperación de la inversión inicial

| NOMBRE DEL PROYECTO: | | SECADOR DE BANDEJAS PARA HIERBAS AROMÁTICAS DEDICADA A LA MICRO INDUSTRIA | | | | |
|---|-------------|---|--|--------------------------------|---|----------------------|
| Sensibilización a: Aumento de costos % | | 10% | | | | |
| Sensibilización a: Disminución de ingresos: % | | 10% | | | | |
| Tasa de actualización, Tasa de descuento, o TMAR o CPPK : | | 15,00% | | | | |
| Cantidades expresadas en : | | | | | | |
| | | DOLARES | | | | |
| | Años | Ingresos totales | Egresos Totales | Egresos | | Flujo de caja |
| | | - | 2.313,10 | 2.313,10 | | -2.313,10 |
| | 1 | 10.800,00 | 8.461,96 | 8.461,96 | | 2.338,04 |
| Segundo Año | 2 | 11.880,00 | 9.308,16 | 9.308,16 | | 2.571,84 |
| Tercer Año | 3 | 13.068,00 | 10.238,97 | 10.238,97 | | 2.829,03 |
| Cuarto año | 4 | 14.374,80 | 11.262,87 | 11.262,87 | | 3.111,93 |
| Quinto año | 5 | 15.812,28 | 12.389,16 | 12.389,16 | | 3.423,12 |
| Sexto año | 6 | 17.393,51 | 13.628,07 | 13.628,07 | | 3.765,44 |
| Séptimo año | 7 | 19.132,86 | 14.990,88 | 14.990,88 | | 4.141,98 |
| Octavo año | 8 | 21.046,14 | 16.489,97 | 16.489,97 | | 4.556,18 |
| Noveno año | 9 | 23.150,76 | 18.138,96 | 18.138,96 | | 5.011,80 |
| Décimo año | 10 | 25.465,84 | 19.952,86 | 19.952,86 | | 5.512,98 |
| | | | Flujo normal | Evaluación | | |
| Tasa interna de retorno: TIR% | | | 110,93% | Rentable | Rendimiento efectivo de los recursos invertidos en el proyecto. | |
| Relación Beneficio Costo: R B/C : | | | 7,25 | Rentable | Unidades monetarias recuperadas por cada unidad de inversión. | |
| Coeficiente Beneficio/Costo: CBC : | | | 1,23 | Rentable | Veces de los ingresos en relación a los egresos | |
| Valor actual neto : VAN | | | 14.467,79 | Rentable | Los flujos FUTUROS a valores de un mismo año. (Hoy) | |
| Índice de Valor Actual Neto: IVAN | | | 6,25 | Rentable | Cuanto es el VAN logrado por unidad monetaria invertida. | |
| Análisis de sensibilidad: | | | Aumento de costos | Disminución de ingresos | | |
| Tasa interna de retorno TIR% | | | 67,77% | 63,34% | PERIODO DE RECUPERACION DE LA INVERSION INICIAL | |
| Coeficiente Beneficio Costo | | | 1,12 | 1,11 | AÑOS : | 1 |
| Índice de Valor Actual Neto: IVAN | | | 3,53 | 2,90 | MESES: | 1 |
| Valor actual neto : VAN | | | 8.163,05 | 6.716,27 | DIAS : | 21,8 |
| CONCLUSION: | | | Busque alternativas o rechace este proyecto | AÑO DE REPAGO: | | 2 |

3.5.3. ANÁLISIS VALOR PRESENTE NETO (VPN).

Es el método más conocido y de mayor aceptación para la valoración de inversiones que puede definirse como la diferencia entre el valor actualizado de los cobros y de los pagos generados por una inversión. Proporciona una medida de la rentabilidad del proyecto analizado en valor absoluto, es decir expresa la diferencia entre el valor actualizado de las unidades monetarias cobradas y pagadas

La regla de decisión del criterio VPN es de carácter normativo, pues indica que la decisión se debe tomar así:

Si el VPN es mayor que cero se debe aceptar el proyecto.

Si el VPN es igual a cero es indiferente.

Si el VPN es menor que cero se debe rechazar el proyecto.

Este proyecto presenta un VPN de 14.467,79 lo que significa que es factible realizarlo ya que este valor al ser positivo permite recuperar el dinero invertido, compensa el costo de oportunidad y genera un beneficio adicional en el valor presente (14.467,79).

3.5.4. ANÁLISIS TASA INTERNA DE RETORNO (TIR).

Se define como la tasa de descuento intertemporal a la cual los ingresos netos del proyecto apenas cubren los costos de inversión, de operación y de rentabilidades sacrificadas. Es la tasa de interés que utilizada en el cálculo del VPN, hace que el valor presente neto del proyecto sea igual a cero. En otras palabras, indica la tasa de interés de oportunidad para la cual el proyecto apenas será aceptable.

La regla de decisión para el criterio de la TIR es de carácter normativo y establece lo siguiente:

Si la TIR es mayor que la tasa mínima aceptable (tasa de oportunidad), se debe aceptar.

Si la TIR es igual que la tasa mínima aceptable (tasa de oportunidad), se debe indiferente.

Si la TIR es menor que la tasa mínima aceptable (tasa de oportunidad), se debe rechazar.

De acuerdo a los criterios de decisión mencionados anteriormente el actual proyecto presenta una TIR del 110,93%, al ser el TIR alto el proyecto empresarial es aceptable, ya que supone un retorno de la inversión equiparable a unos tipos de interés altos que posiblemente no se encuentren en el mercado.

3.5.5. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO.

El cálculo de este indicador en forma similar al VPN, está en función de la tasa de interés de oportunidad. La regla de decisión para el criterio de la RBC (Relación Costo Beneficio) es normativa y establece eso:

- Si la RBC es mayor que 1 se debe aceptar el proyecto, Refleja que el valor presente de los beneficios es mayor que el de los costos.
- Si la RBC es menor que 1 se debe rechazar el proyecto. Indica que el valor presente de los beneficios es menor que el de los costos.
- Si la RBC es igual a 1 es indiferente la realización o rechazo del proyecto. En este caso los beneficios netos apenas compensan el costo de oportunidad del dinero.
- Si la RBC es igual a 1, no significa que no hay beneficios, si no que estos apenas compensan el costo de oportunidad de las alternativas de inversión. En tal sentido, es

indiferente invertir en el proyecto o a la tasa de interés de oportunidad de la otra alternativa.

Según los criterios anteriormente mencionados en este proyecto el análisis de su RBC presenta un valor de 7.25, que al ser mayor a 1 es aceptable, lo que significa que el valor actual de los ingresos totales es mayor al valor actual de los costos de inversión, es decir que por cada dólar invertido, hay un beneficio de 7,25 USD.

3.5.6. ANÁLISIS PERIODO DE RECUPERACIÓN.

Es un instrumento que permite medir el plazo de tiempo que se requiere para que los flujos netos de efectivo de una inversión recuperen su costo o inversión inicial, mide tanto la liquidez del proyecto como también el riesgo relativo pues permite anticipar los eventos en el corto plazo.

El análisis del período de recuperación nos da como resultado que es viable realizar este proyecto por cuanto el total de la inversión inicial a valor presente se recupera en tan solo 1 año y 1 mes, lo que es aceptable ya que mientras más corto es el período de recuperación más rápido retorna la inversión, se reducen los riesgos de pérdidas al asegurar el flujo positivo y se mejora la liquidez en forma rápida.

CAPÍTULO 4

MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA Y CÁLCULO DE ERRORES

INTRODUCCIÓN

Una vez que se ha procedido a la selección de las alternativas de los tipos de secadores, se realizó los cálculos para el diseño y su construcción, también se seleccionó los materiales adecuados con los cuales se construirá el secador de bandejas para hierbas aromáticas dedicado a la microindustria, ahora en este capítulo se describe la puesta en marcha del sistema y los cálculos de errores como se describe a continuación.

El diseño del secador de bandejas para hierbas aromáticas se lo realizó utilizando la herramienta de diseño CAD Inventor Profesional como lo podemos apreciar en la figura 4.1 que tenemos a continuación.

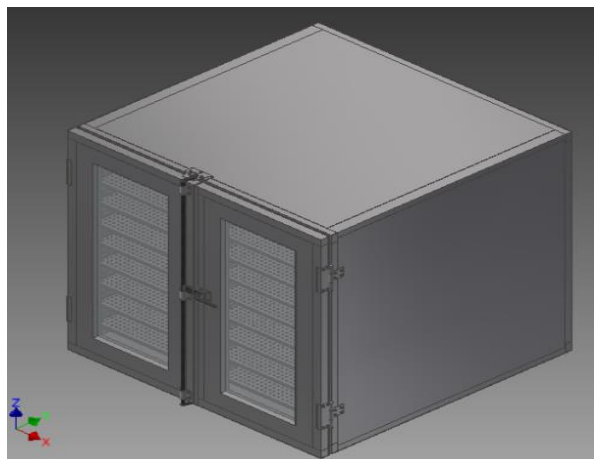


Figura 4. 1 Diseño del secador de bandejas para hierbas aromáticas

Hemos realizado un análisis de Tensión de Von Mises a tres partes importantes que conforman el secador los cuales son, latas, soportes y ángulos sabiendo que estos estarán sometidos a presión y peso, lo cual se describe a continuación.

Utilizando el programa CAD Inventor profesional se puede observar en la figura que los esfuerzos sometidos a los ángulos, los cuales soportan el peso de la lata y el peso de las hierbas aromáticas (1kg) son muy bajos y el material que se seleccionó de 0.7mm de espesor, es más que suficiente para soportar tal peso lo que quiere decir que no existirá deformación

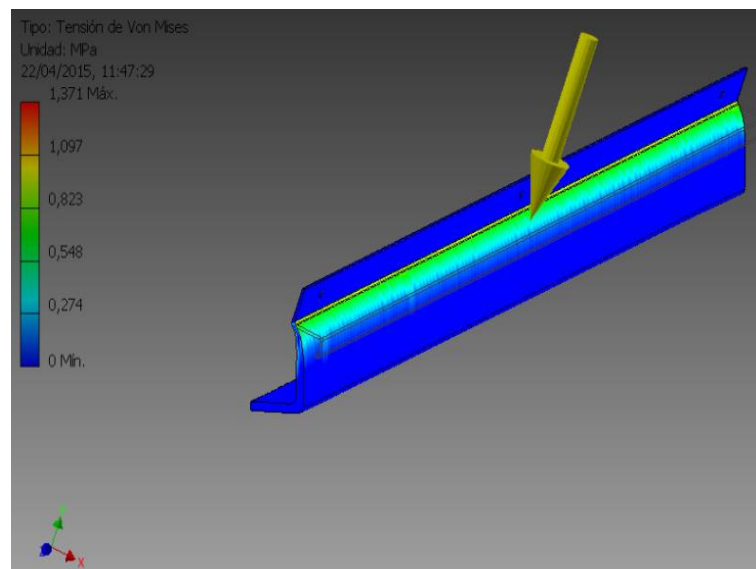


Figura 4. 2 Análisis y tensión de von mises al ngulo

Se realizó un análisis de Tensión de Von Mises al soporte que se encuentra ubicado en medio de la cámara, estos son los que soportaran el peso del producto, de las latas y de los ángulos, podemos observar que el resultado máximo es de 25,5 MPa así como muestra la figura 4.3, de manera que podemos concluir que dichos soportes sostendran el peso sin que exista deformación ya que este es liviano.

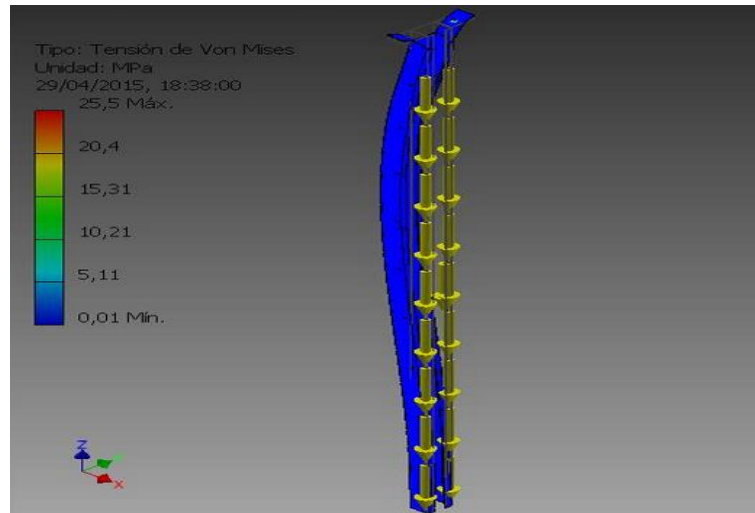


Figura 4. 3 Análisis de tensión de von mises al soporte

También se realizó el análisis de esfuerzos de Tensión de Von Mises a las latas perforadas hechas en acero inoxidable como vemos en la figura 4.4, pues por cada lata se coloca el peso de 1kg de hierbas aromáticas frescas como la menta, cedrón y limoncillo, por lo que podemos ver que el esfuerzo máximo que soporta es de 9.976 MPa y observamos que los pesos de las hierbas aromáticas no causan deformación a las latas por cuanto este es despreciable.

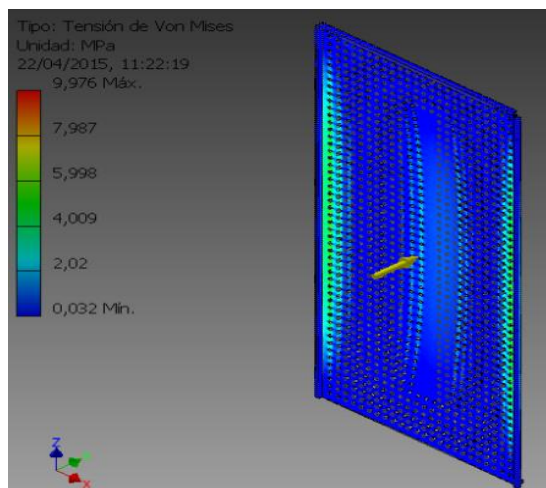


Figura 4. 4 Análisis de tensión de von mises a las latas

4.1. SISTEMA DE CONTROL EN LAZO ABIERTO

El tipo de control utilizado en este sistema es un control ON–OFF en lazo abierto por cuanto la variable de proceso no requiere de una comparación y no existe una realimentación sobre la condición de la variable de proceso.

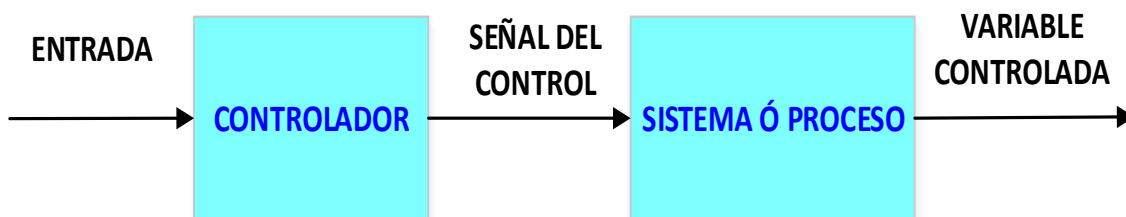


Figura 4. 5 Diagrama del sistema en lazo abierto de control

La siguiente tabla presenta las variables controladas y su histéresis con el cual trabaja el sistema de control del secador de bandejas para hierbas aromáticas.

Tabla 4. 1 Variables de control

| VERIABLES DE CONTROL | HISTÉRISIS |
|----------------------|------------|
| Temperatura | -3 |
| Humedad | 3 |

4.2. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL CONTROL DEL SISTEMA

Previo a la programación del control del sistema es necesario realizar un diagrama de bloques que nos ayudará en su desarrollo a continuación la figura y su descripción.

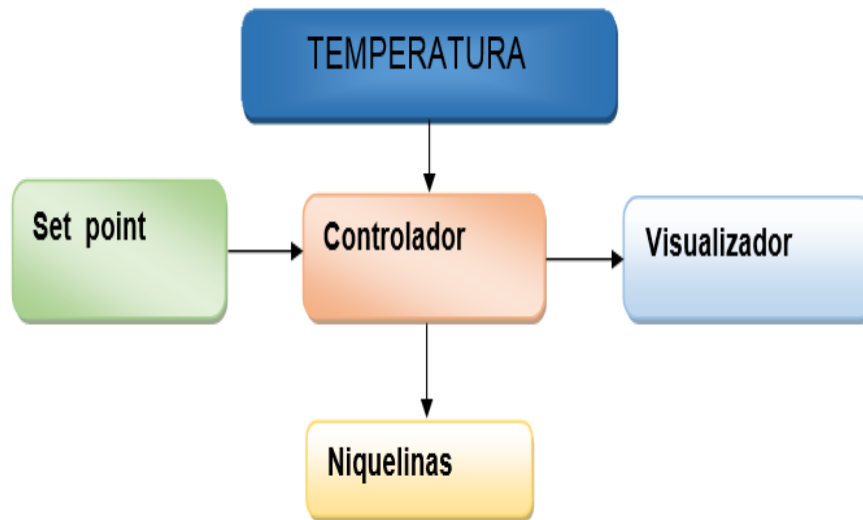


Figura 4. 6 Diagrama de bloques del control del sistema

4.2.1. MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA

Para medir la temperatura que ingresa a la cámara de secador vamos a utilizar una NTC cuya señal es enviada hacia al controlador mediante un acondicionador de señal que consta de un divisor de voltaje. La variación que se obtiene de las mediciones por cada grado centígrado es bastante alta, por lo tanto, no es necesario realizar un acondicionamiento más robusto que el que se lo hizo con el divisor de voltaje.

4.2.1.1. Set point

El selector de tres posiciones permite escoger la hierba a la cual se va a deshidratar ya sea la menta, el cedrón o el limoncillo cada cual está designado a la temperatura de 55°C el tiempo de secado que es de tres horas.

En la pantalla del controlador programable Logo se puede observar la temperatura de secado de la hierba ya sea esta la menta, cedrón o limoncillo y el tiempo de secado.

4.2.1.2. Resistencias eléctricas

Las niquelinas de micrón son las encargadas de elevar la temperatura ambiente con la cual ingresan las hierbas aromáticas al secador hasta llegar a la temperatura final deseada en la que será secado el producto.

La temperatura final del proceso se fija utilizando un sensor de temperatura NTC de serie SB19 y los correspondientes puertos lógicos del controlador lógico programable.

4.3. PROGRAMACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL TABLERO DE CONTROL

Después de construir y de ensamblar el secador de bandejas para hierbas aromáticas procedemos a la programación del control del sistema y la implementación del tablero de control para ponerlo en marcha, realizar las pruebas y corregir errores como tenemos a continuación.

4.3.1. FLUJOGRAMA DEL CONTROL DEL SISTEMA.

A continuación, tenemos el flujograma del control del sistema de secado en el cual nos basamos para realizar la programación de este.

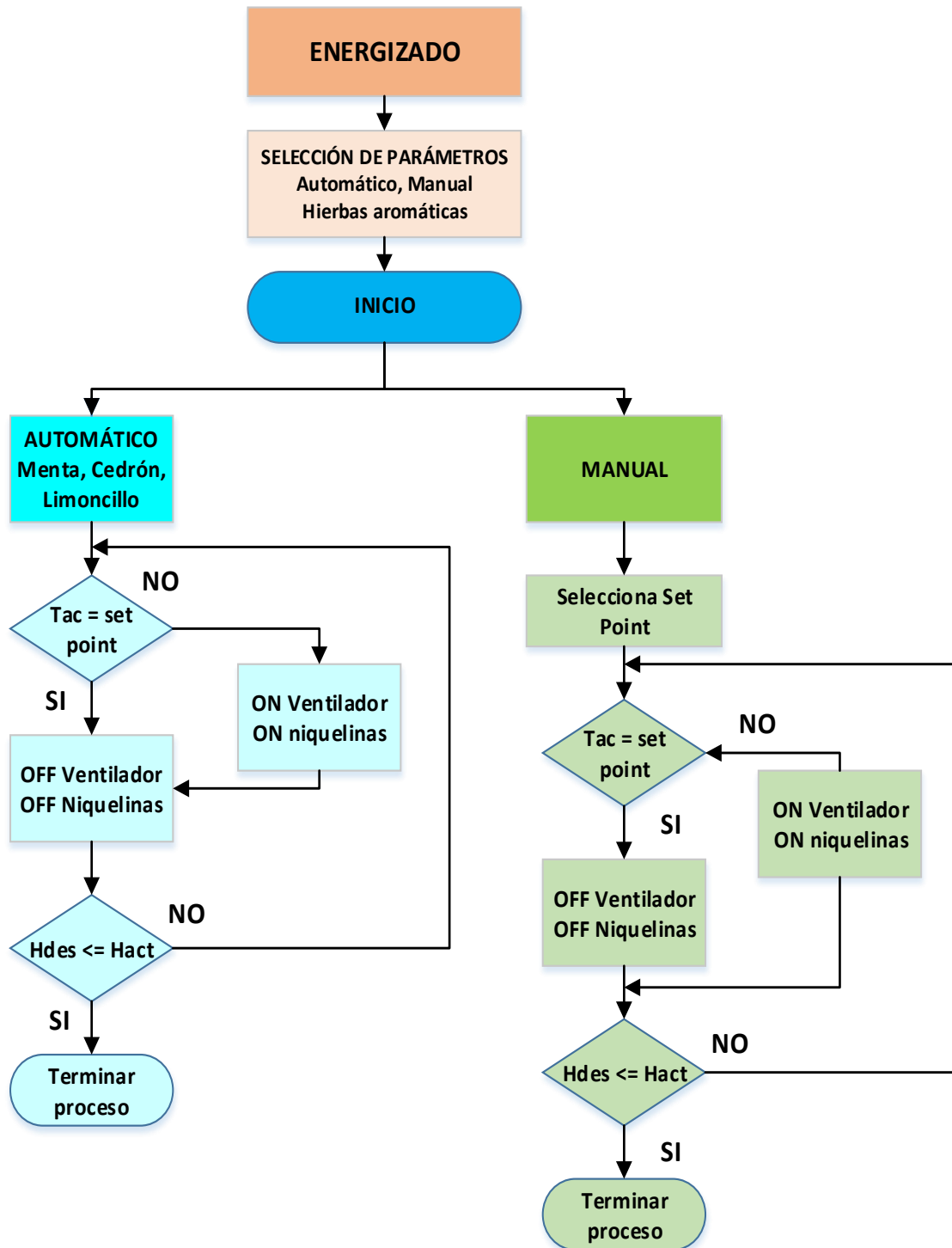


Figura 4. 7 Flujograma del sistema de control

Inicialmente al energizar el sistema de control se visualiza en la pantalla del controlador programable Logo el mensaje de inicio que muestra seleccionar la hierba a

secar y entre las opciones tenemos la menta, cedrón y limoncillo, Si la opción elegida es menta que se encuentra en la posición inicial a secar; el sistema toma el tiempo y temperatura asignado a la hierba, enciende las niquelinas e inicia el proceso de secado hasta llegar a la temperatura designada. Si la opción elegida fue el limoncillo el sistema compara los valores digitales en las condiciones $I1=1$ e $I2=0$, si los valores son correctos el sistema procede a realizar el secado de la hierba caso contrario procede con la comparación, de esta manera sucede con el cedrón a diferencia que los valores digitales están en las condiciones de $I1=0$ e $I2=1$, que si se encuentra en estas condiciones procede a secar el cedrón de lo contrario apaga las resistencias eléctricas, de esta manera funciona la lógica de programación del sistema con la cual se seca el producto designado hasta llegar a su temperatura determinada.

4.3.2. PROGRAMACIÓN DEL CONTROL DEL SISTEMA

Las siguientes figuras que se presenta a continuación se pueden conocer la programación del sistema de control de funcionamiento del secador de bandejas para hierbas aromáticas dedicadas a la micro industria.

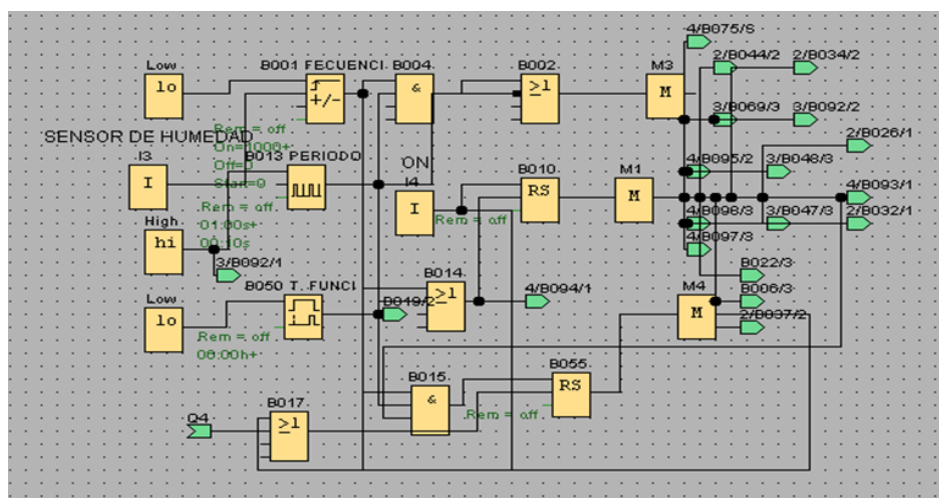


Figura 4. 8 Control del sensor de humedad

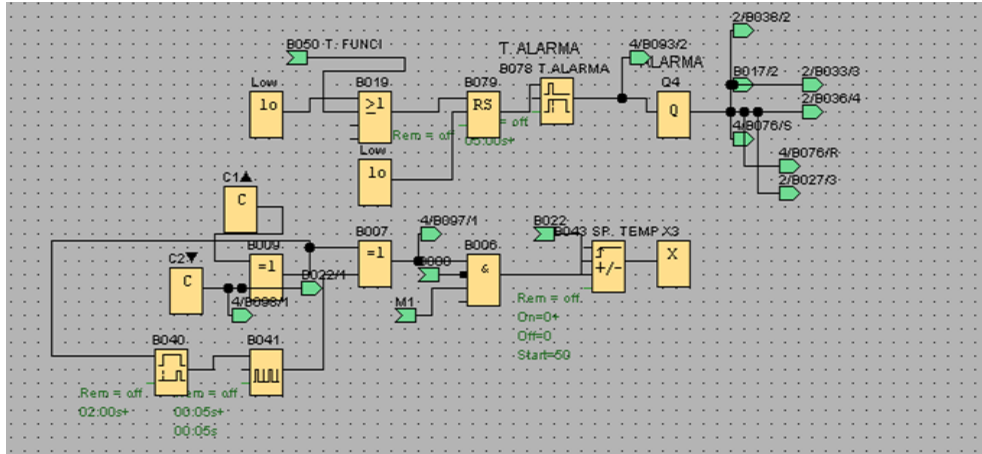


Figura 4. 9 Programación de la alarma al finalizar el proceso de secado

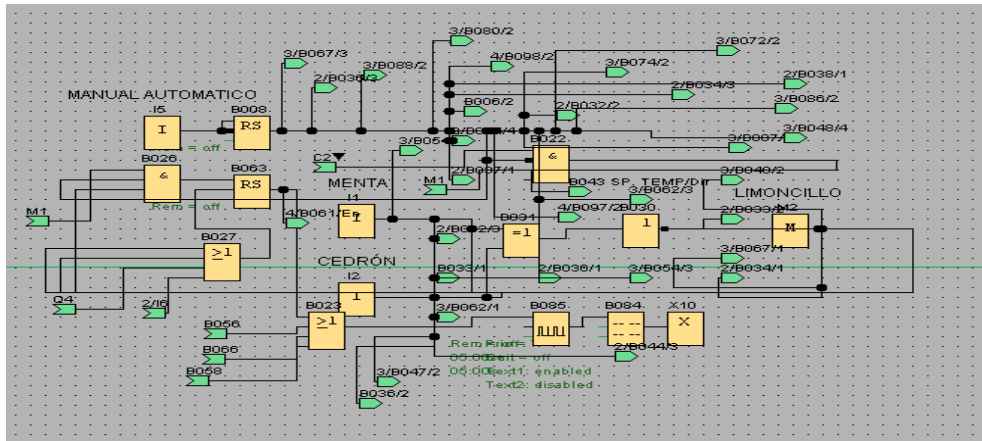


Figura 4. 10 Programación del control automático y manual del sistema

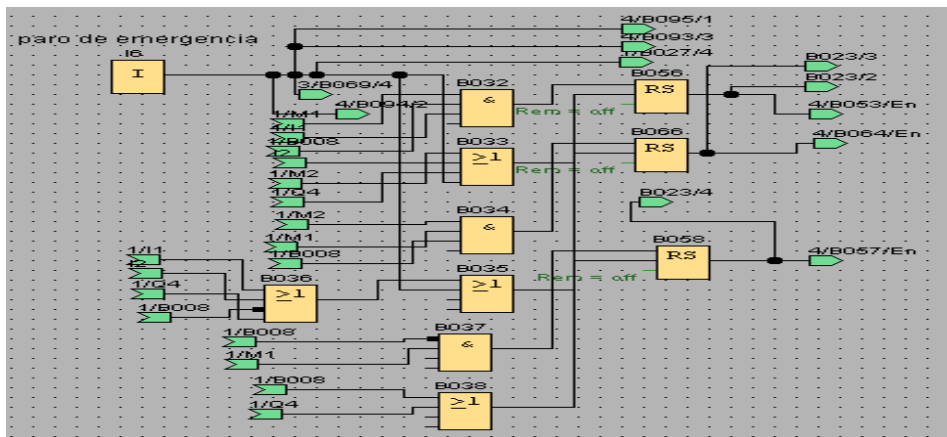


Figura 4. 11 Programación del paro de emergencia del sistema

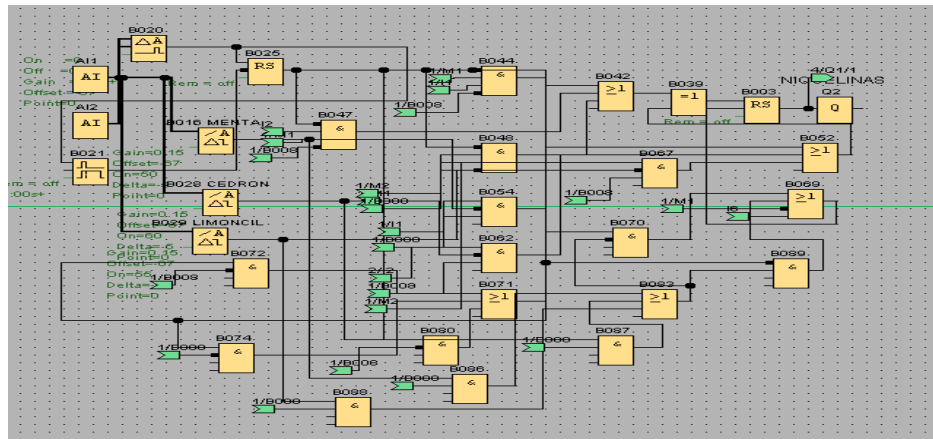


Figura 4. 12 Programación del encendido y apagando de las niquelinas y ventilador

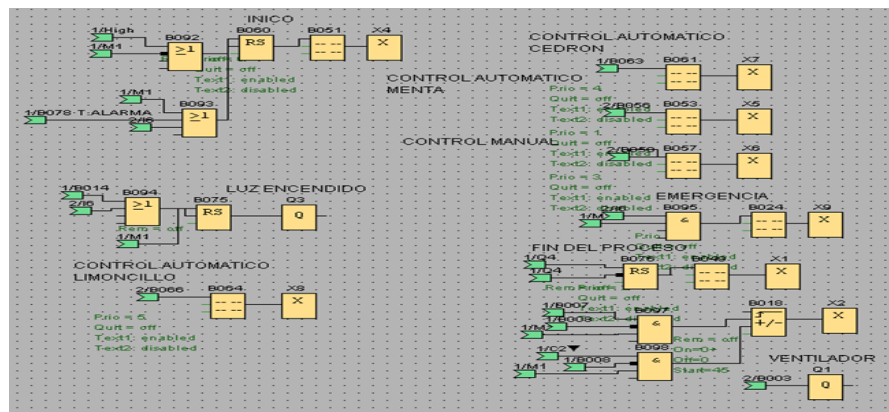


Figura 4. 13 Programación para visualización de los parámetros

A continuación, se describe el funcionamiento del sistema de control del secador de la siguiente manera:

La I4 es la entrada del inicio del proceso, se selecciona el tipo de hierba a secar y el control a utilizar ya sea manual o automático.

La I5 es la entrada programada para el control automático o manual, si esta se encuentra en 0L, entonces el control pasará a manual y si esta se encuentra en 1L estará en automático.

La I6 es la entrada programada para subir o bajar el tiempo de secado de las hierbas aromáticas.

En la pantalla del logo 6ED1052-1MD00-0BA6 se visualizará el tiempo de operación y el tiempo restante a operar, la pantalla se encuentra cambiando alternadamente a fin de mostrar también la temperatura que está midiendo y a la temperatura del set point establecido, que también podemos variar con la I8 que es en la que se encuentra el potenciómetro.

El proceso termina al tiempo establecido de secado y cuando el sensor de humedad censa en un 12% de humedad relativa dentro del secador siendo el producto final apto para almacenar.

4.3.3. CALIBRACIÓN DEL SENSOR DE TEMPERATURA NTC

La tabla 4.1 que podemos apreciar a continuación muestra los datos previos a la calibración del sensor, que se lo realizó mediante medidas de temperatura en los dos sensores, la NTC y el sensor PT100 WRT 140 al cual se lo tomo como referencia de las mediciones de temperaturas, como se muestra a continuación.

Tabla 4. 2 Calibración del sensor de temperatura NTC

| SENSORES | | |
|----------|-----------|---------|
| | PT100 WRT | |
| NTC °C | 140 (Ω) | TEMP °C |
| 16 | 109,5 | 24 |
| 17 | 109,7 | 26 |
| 41 | 117,6 | 46 |
| 32 | 111,5 | 30 |
| 34 | 112,4 | 32 |
| 44 | 116,1 | 42 |
| 46 | 116,9 | 44 |
| 43 | 116,7 | 43 |

Con los datos mostrados y la curva característica presentada podemos ver que el rango de diferencia de temperatura al principio es de 9 a 8°C, mientras se va tomando los datos vemos que el rango de diferencia es menor y llega hasta los 2°C, al final determinamos que la calibración del sensor se dio en los 43°C.

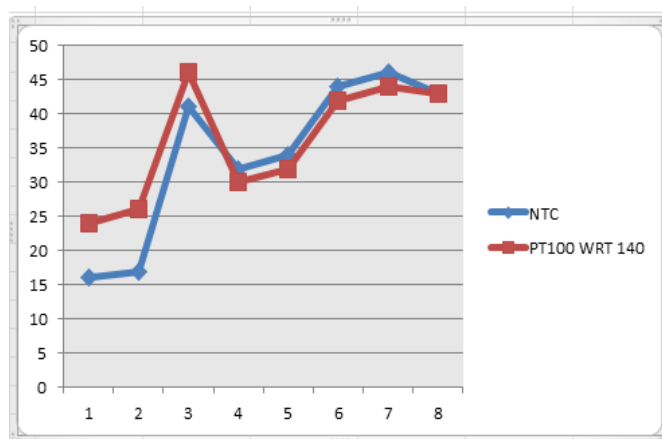


Figura 4. 14 Datos previos a la calibración del sensor de temperatura NTC

La siguiente tabla 4.3 presenta los datos de la calibración del sensor que se encuentra listo para tomar las medidas de temperatura dentro de la cámara del secador.

Tabla 4. 3 Resultados del sensor de temperatura NTC calibrado

| SENSORES | |
|----------|----------------------|
| NTC °C | PT100 WRT 140 (Ω) |
| 43 | 43 |
| 45 | 45 |
| 55 | 55 |
| 60 | 60 |

La figura 4.15 muestra la gráfica del sensor NTC calibrado en función del sensor PT100 WRT140 de temperatura.

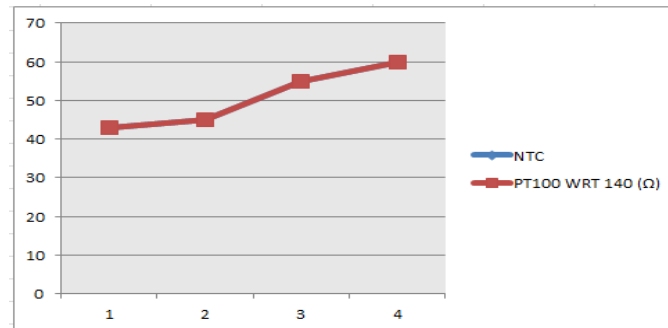


Figura 4. 15 Datos del sensor de temperatura NTC ya calibrado

4.4. IMPLEMENTACIÓN DEL TABLERO DEL CONTROL

Las siguientes figuras mostradas a continuación presentan el proceso de la implementación del tablero de control paso a paso.

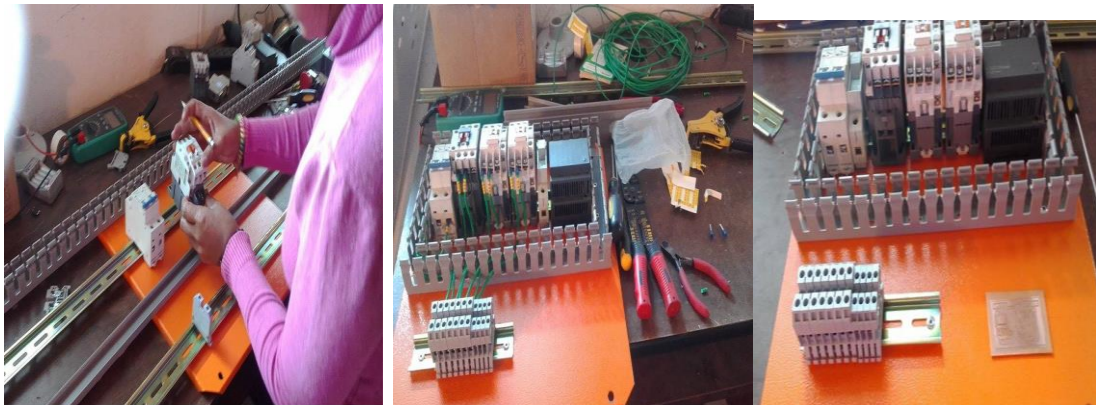




Figura 4. 16 Implementación del tablero de control

La figura 4.17 que tenemos a continuación presenta el panel de control del sistema ya terminado.



Figura 4. 17 Panel de control del sistema

- La fuente del controlador programable Logo.
- Fusible de protección al circuito.
- Interruptor encendido /apagado del sistema
- Interruptor de operación: Automático/manual
- Selector de posición para escoger la hierba aromática a secar.
- Visualización de datos, pantalla Logo
- Sensor de temperatura NTC

4.4.1. DESCRIPCIÓN DE FUNCIONES:

Interruptor ON/OFF. Este permite el encendido de todo el sistema.

Interruptor automático/ manual. Permite seleccionar el modo de operación del sistema.

Modo automático. De acuerdo a los parámetros establecidos de temperatura y de tiempo el sistema procede a secar el producto.

Modo manual. El usuario es el encargado de seleccionar la temperatura y el tiempo a la que se quiere secar el producto.

Visualización de datos. Es una pantalla LCD del Logo que nos permite visualizar los datos de temperatura y tiempo

Sensor de temperatura. Es un sensor tipo NTC el cual nos permite tomar los valores de medición de la temperatura del aire caliente que ingresa a la cámara de secado.

Selector de posición. Este permite seleccionar la hierba aromática que se desea secar entre las cuales se tiene, la menta, el cedrón y el limoncillo.

Pulsador de tiempo. Permite subir o bajar el tiempo de secado de acuerdo a la necesidad del operario.

4.5. Herramientas utilizadas en la construcción

La tabla 4.4 detalla las herramientas y equipos utilizados para su construcción de la máquina.

Tabla 4. 4 Herramientas utilizadas en la construcción del secador

| HERRAMIENTAS | | |
|----------------------------|---------------------|--------|
| DETALLE | TIPO | CÓDIGO |
| Flexómetro | | |
| Brocas | Herramienta | |
| Escuadra | Instrumento | I |
| Taladro de banco | | M1 |
| Dobladora | | M2 |
| Amoladora | | M3 |
| Esmeril | | M4 |
| Equipo de suelda eléctrica | Máquina herramienta | E1 |

4.5.1. IMPLEMENTACIÓN GENERAL DE LA CÁMARA DE SECADO

En la siguiente figura 4.18 se muestra el flujograma de la construcción de la cámara del secador de hierbas aromáticas.

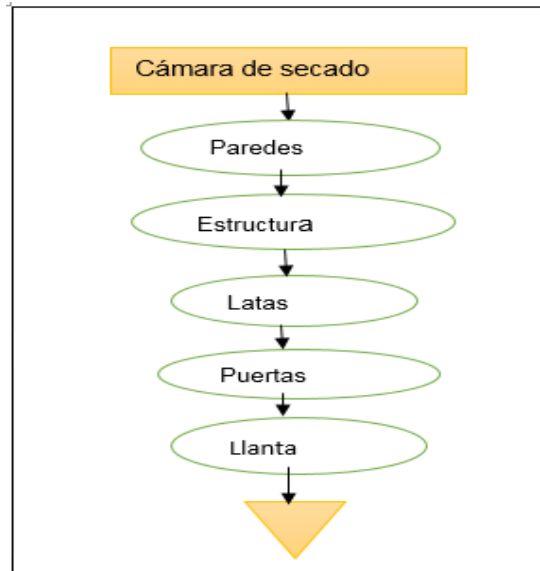


Figura 4. 18 Implementación de la cámara del secador

En los siguientes cuadros de la figura 4.19 tenemos el proceso de ensamblado del secador de bandejas para hierbas aromáticas lo cual se describe a continuación:



Figura 4. 19 Proceso de ensamblado del secador de bandejas

La cámara del secador se la construyo a partir de la cantidad de 15 kg de hierba aromática fresca que tiene de medidas $1.20m^2$, se la hizo a base de suelda, en el interior de la cámara se encuentra cubierta de aislante (Fibra de vidrio)

Después de haber armado la cámara se construyó las puertas en las cuales se colocó vidrio templado para observar el proceso de secado de las hierbas aromáticas.

Se construyeron las latas que son de hechas de las mismas planchas que se utilizó para la cámara del secador, se las perforó a fin de que el secado de las hierbas sea más uniforme en toda la lata en el cual es colocado el producto.

Se colocó alrededor un empaque entre la puerta y la cámara del secador para cerrar herméticamente a fin de mantener el calor dentro de la cámara.

Por último, según el peso total del secador se seleccionó las llantas para movilizar el secador con más facilidad y en menor esfuerzo.

4.6. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL

Se realizaron las pruebas del secador de bandejas para hierbas aromáticas utilizando los tres tipos de hierbas la menta, el limoncillo y el cedrón con los 15kg de hierba fresca dispersada en las diferentes bandejas. A continuación, las siguientes tablas del secado del producto.

En la tabla 4.6 que tenemos a continuación se puede apreciar los valores tomados de las pruebas de secado de la hierba aromática menta, en un tiempo de 3 horas y se llega a la conclusión de que la humedad final se encuentra en el rango adecuado para conservar sus propiedades alimenticias.

Tabla 4. 5 Pruebas de tiempo y temperatura de la menta

| MENTA | | |
|-------------------|-----------------|-------------------------------|
| TIEMPO (h) | PESO(kg) | HUMEDAD kgH2O/kgss |
| | 1 | 0,73 |
| 0:15 | 1 | 0,73 |
| 0:30 | 0,93 | 0,678 |
| 0:45 | 0,86 | 0,627 |
| 1:00 | 0,79 | 0,576 |
| 1:15 | 0,72 | 0,568 |
| 1:30 | 0,58 | 0,42 |
| 1:45 | 0,51 | 0,37 |
| 2:00 | 0,44 | 0,32 |
| 2:15 | 0,37 | 0,27 |
| 2:30 | 0,3 | 0,22 |
| 2:45 | 0,23 | 0,17 |
| 3:00 | 0,16 | 0,116 |

La tabla 4.6 que se muestra podemos ver el secado de la hierba aromática cedrón en un tiempo de 3 horas a una temperatura de 55°C y la humedad final que posee, es adecuada para conservar las propiedades alimenticias.

Tabla 4. 6 Pruebas del tiempo y temperatura del cedrón

| CEDRÓN | | |
|-------------------|-----------------|-------------------------------|
| TIEMPO (h) | PESO(kg) | HUMEDAD kgH2O/kgss |
| | 1 | 0,62 |
| 0:15 | 1 | 0,61 |
| 0:30 | 0,93 | 0,576 |
| 0:45 | 0,86 | 0,533 |
| 1:00 | 0,79 | 0,489 |
| 1:15 | 0,72 | 0,446 |
| 1:30 | 0,58 | 0,359 |
| 1:45 | 0,51 | 0,316 |
| 2:00 | 0,44 | 0,273 |
| 2:15 | 0,37 | 0,23 |
| 2:30 | 0,3 | 0,186 |
| 2:45 | 0,23 | 0,143 |
| 3:00 | 0,16 | 0,099 |

En la tabla 4.7 muestra los datos obtenidos de las pruebas tomadas al secar la hierba aromática el limoncillo en la temperatura de 60°C lo cual se deduce que la humedad final que aún conserva el limoncillo es apropiada para seguir conservando sus propiedades alimenticias.

Tabla 4. 7 Pruebas de temperatura y tiempo del limoncillo

| LIMONCILLO | | |
|-------------------|-----------------|-------------------------------|
| TIEMPO (h) | PESO(kg) | HUMEDAD kgH2O/kgss |
| | 1 | 0,79 |
| 0:15 | 1 | 0,79 |
| 0:30 | 0,93 | 0,73 |
| 0:45 | 0,86 | 0,679 |
| 1:00 | 0,79 | 0,62 |
| 1:15 | 0,72 | 0,568 |
| 1:30 | 0,58 | 0,458 |
| 1:45 | 0,51 | 0,402 |
| 2:00 | 0,44 | 0,347 |
| 2:15 | 0,37 | 0,29 |
| 2:30 | 0,3 | 0,24 |
| 2:45 | 0,23 | 0,18 |
| 3:00 | 0,16 | 0,12 |

Determina que las humedades iniciales y finales de cada hierba aromática se las conoce sometiéndolas a un análisis de laboratorio llevándolas a una estufa a 105°C en cápsulas metálicas, donde al paso de dos horas de secarlas, se las deja reposar para enfriarlas y luego pesarlas, es así como se fijó dichas humedades.

4.7. Resultados

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos después de haber secado las hierbas aromáticas tanto meta como el cedrón y el limoncillo.

Tabla 4. 8 Resultado del tiempo de secado teórico - práctico

| RESULTADOS DEL TIEMPO DE SECADO TEÓRICO -PRÁCTICO | | | | | | |
|--|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| HIERBAS AROMÁTICAS | TIEMPO TEÓRICO (min) | TIEMPO PRÁCTICO (min) | PESO INICIAL (kg) | PESO FINAL (Kg) | HUMEDAD INICIAL % | HUMEDAD FINAL % |
| MENTA | 170,72 | 180 | 1 | 0,16 | 73 | 0,116 |
| CEDRÓN | 170,72 | 180 | 1 | 0,16 | 62,39 | 0,099 |
| LIMONCILLO | 170,72 | 180 | 1 | 0,16 | 79,09 | 0,12 |

Como se puede ver los resultados mostrados en la tabla anterior la diferencia entre el tiempo teórico y el tiempo práctico es mínima, por lo que se determina secar las hierbas aromáticas en el tiempo de tres horas a una temperatura de 55°C

CAPÍTULO 5

5.1. CONCLUSIONES

- Se construyó una máquina secadora de bandejas para hierbas aromáticas semiautomática, con la combinación adecuada entre tiempo y temperatura, la misma que cumple con los parámetros y requerimientos establecidos en función del producto.
- Se determinó que para este proyecto el método de convección forzada es el más adecuado a utilizar porque este permite, mediante la utilización de un ventilador propagar el calor hacia el producto dentro de la cámara de secado.
- Se implementó un sistema de control ON –OFF con parámetros configurables de acuerdo al peso introducido mediante la relación 5 kg/h. a una temperatura de 55 °C e histéresis de 3 °C.
- Para determinar los parámetros de funcionamiento de la máquina se realizó el análisis de las diferentes hierbas aromáticas en el laboratorio de análisis físicos, químicos y microbiológicos de la Facultad de Ingeniería en Ciencia Aplicadas y Agropecuaria (FICAYA) de la Universidad Técnica del Norte, dando como resultado humedad final aproximada del 12% a una temperatura de 55°C que rige la norma INEN 1114 (anexo 17).
- Se redujo ampliamente el tiempo de secado de 3 días a 3 horas.

5.2. RECOMENDACIONES

- Utilizar aislante térmico en las paredes de la estructura, para de esta manera evitar las pérdidas y aprovechar todo el calor posible.
- Se recomienda no cambiar por ningún motivo la temperatura establecida de 55 °C, para que las hierbas aromáticas no pierdan sus propiedades nutritivas.
- Se recomienda llevar a cabo un plan de mantenimiento de todo el sistema de secado cada 3 meses, y realizar una limpieza de las bandejas y la cámara de secado, después de cada jornada de trabajo para que los residuos no ocasionen daño al producto final.
- Realizar análisis microbiológicos después del secado del producto para determinar el tiempo óptimo de secado.
- Una vez seco el producto en su determinado tiempo, es necesario retirarlo de las bandejas en recipientes limpios para su enfriamiento y empaquetado.

5.3. BIBLIOGRAFÍA

- Alibaba. (10 de Abril de 2015). *Alibaba*. Obtenido de <https://spanish.alibaba.com>
- Angulo Bahón, C. (2004). *Tecnología de sisteas de control*. Edicions UPC.
- BONNET. (17 de 7 de 2015). *BONNET suministros y maquinarias especialistas en Acero Inoxidable*. Obtenido de <http://www.bonnet.es/>
- Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (15 de Junio de 2015). *Termodinámica*. México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Charles, R. (2002). *Diseño concurrente*. Ediciones UPC.
- Dagoberto, C., Díaz García, J. J., Betancur Serna, R., Martínez Tobón, M. D., Urrea, P. A., Muñoz Durango, K., y otros. (16 de Febrero de 2013). *Cultivo y producción de plantas aromáticas y medicinales*. Obtenido de <http://www.uco.edu.co>
- Edificación, I. V. (12 de Marzo de 2015). *Productos y materiales propiedades de aislantes térmicos para rehabilitación energética*. Obtenido de Productos y materiales propiedades de aislantes térmicos para rehabilitación energética: www.five.es
- Fito Maupoey, P., Barat Baviera, J. M., Albors Sorolla, A. m., & Grau, A. (2001). Introducción al secado de alimentos por aire caliente. En P. Fito Maupoey, A. M, A. Grau, A. m. Albors Sorolla, & J. M. Barat Baviera, *Introducción al secado de alimentos por aire caliente* (págs. 21-27). Valencia: Editorial U.P.V.
- Fusario , R. (2012). *TEORÍA DE CONTROL PARA INFORMÁTICOS*. Argentina: Alfaomega Grupo Editor Argentino S.A.
- García Infante, J. C. (2009). *Sistemas conológica difusa*. México.
- GEANKOPLIS, C. J. (1998). *Proceso de Transporte y Operaciones Unitarias* (Tercera ed.). México: CONTINENTAL S.A.-.
- Geankoplis, C. J. (1998). *Proceso de Transportes y Operaciones Unitarias*. México: Compañía Editorial Continental, S.A.DE C.V. MÉXICO.
- Gómez Garay, V. (13 de 8 de 2015). *Acciones básicas de control*. Obtenido de Acciones básicas de control: <http://dea.unsj.edu.ar/>
- Herboglistería. (12 de Febrero de 2014). *La Herbogluistería Tu weblog de Plantas Medicinales y Fitoterapia*. Obtenido de <http://laherbogluisteria.blogspot.com>
- Herbotecnia. (18 de Marzo de 2005). *Pos cosecha desecado de hierbas*. Obtenido de <http://www.herbotecnia.com.ar/>
- Holman, J. (1999). *Transferencia de calor*. México: Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V.
- Matthew N. O , S., & Charles. K. , A. (13 de Mayo de 2015). *Fundamentos de Circuitos Eléctricos*. Obtenido de Fundamentos de Circuitos Eléctricos: <https://hellsingge.files.wordpress.com>
- Méndez, R. (2012). *Formulación y Evaluación de Proyectos*. Colombia.

- MUNICIPAL, G. (2009). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón San Miguel de Urcuquí*. Recuperado el 5 de Junio de 2016, de <http://app.sni.gob.ec/>
- Paz Echeverrianza, M. (15 de Junio de 2014). *Guía de uso de secaderos solares para frutas, legumbres hortalizas, plantas medicinales y carnes*. Obtenido de <http://www.unesco.org/>
- Pérez, M. A. (2007). *INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE CONTROL Y MODELO MATEMÁTICO PARA SISTEAS LINEALES INVARIANTES EN EL TIEMPO*. Obtenido de <http://dea.unsj.edu.ar/>
- TECHNOLOGIES., E. C. (8 de Abril de 2014). *Manual técnico de refrigeración y aire acondicionado*. Obtenido de <http://www.emersonclimate.com/>
- Toguino Borja, M. (17 de Mayo de 2016). *Repositorio UTN*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/385/1/03%20AGI%20273%20TESIS.pdf>
- Tonguino Borja, M. I. (16 de marzo de 2015). *Determinación de las condiciones óptimas para la deshidratación de dos plantas aromáticas menta y orégano*. Obtenido de Determinación de las condiciones óptimas para la deshidratación de dos plantas aromáticas menta y orégano: <http://repositorio.utn.edu.ec/>
- Vallejo Garzón, D. S. (17 de Abril de 2015). *MEDICIÓN DE DENSIDAD DE LECHE;ONTROL DE CALIDAD;MATERIA PRIMA;LECHERA ARTESANAL MARIANITA. MEDICIÓN DE DENSIDAD DE LECHE;ONTROL DE CALIDAD;MATERIA PRIMA;LECHERA ARTESANAL MARIANITA*. Ibarra, Imbabura, Ecuador.
- Zaruma Macas, J. G. (2014). *Diseño y construcción de un deshidratador experimental de hierbas aromáticas y condimentales, por convección forzada de aire con quemador de GLP*.
- Aparicio Baidal, J. J., & Calle Benites, R. E. (2011). *Diseño de una planta de deshidratación de hierbas aromáticas*.
- Vargas Corrales, V. (2012). *Elaboración de té aromático a base de plantas cedrón (aloesiacitrodora) y toronjil (mellisaofficinalis) procesado con stevia (steviarebaudiana bertonii) endulzante natural, utilizando el método de deshidratación*.

ANEXOS

ANEXO 1. MANUAL DE USUARIO

Instalación, manejo y mantenimiento del SECADOR DE BANDEJAS PARA HIERBAS AROMÁTICAS DEDICADO A LA MICROINDUSTRIA.



Figura 5. 1 Secador de bandejas aromáticas

- **INSTALACIÓN DEL SECADOR DE BANDEJAS PARA HIERBAS AROMÁTICAS**

Este manual le permitirá a Ud. como usuario mantener el rendimiento y mejor servicio del secador de bandejas, alargando así su vida útil.

El inadecuado manejo y mantenimiento del secador anula la garantía de este, lo cual se sugiere leer y seguir las instrucciones de este manual.

- **EXAMINE LA MÁQUINA**

Al momento de la entrega de la máquina revisar que no tenga daños o cables zafados tanto en la parte estructural como en el panel de control, caso contrario comunicarse con el técnico especialista.

Consultar con el técnico especialista para que la alimentación de la conexión sea la correcta.

Se debe conectar directamente al medidor eléctrico, después a la toma de corriente eléctrica.

Evite conectar el secador de bandejas junto con otros aparatos electrodomésticos así como muestra la figura.



Figura 5. 2 Conexión en mal estado

No conecte la máquina a corrientes sobre cargadas, está diseñada para una conexión a 110v

- **ADVERTENCIA**

La toma corriente debe estar a una conexión a tierra de lo contrario debe realizar una instalación para este por un electricista calificado.

El cordón de conexión eléctrica de la máquina debe tener un enchufe polarizado a tierra, así como muestra la figura



Figura 5. 3 Conexión con polarización a tierra

No encender la máquina si observa cables que no tengan su aislamiento porque puede ocasionar un corto circuito y dañar los componentes eléctricos y de control.



Figura 5. 4 Cables en mal estado

- No tocar ningún componente que se encuentra en la fuente de calor mientras la máquina está en funcionamiento.

No introduzca objetos dentro de la fuente de calor.

No meta la mano dentro de la fuente de calor.

Si nota alguna variación en el funcionamiento habitual del secador de bandejas, apague la máquina y llame al técnico de mantenimiento.

Evitar golpes que tricen los vidrios de la cámara del secador que permite la visualización del secado del producto.

No abrir el panel de control del sistema por ningún motivo a no ser necesario, bajo la supervisión de personal autorizado.

INSTRUCCIONES DE FUNCIONAMIENTO PARA EL ENCENDIDO DE LA MÁQUINA

- Verificar que las bandejas se encuentren con su debida limpieza para evitar contaminar al producto.
- Colocar el producto (hierbas aromáticas) a secar de manera distribuida.
- Comprobar que la puerta del secador se encuentre bien cerrada.
- Conectar la máquina a una toma corriente de 110v.
- Encender la máquina con el botón on/off
- Seleccionar la hierba a secar (menta, cedrón, limoncillo).
- Seleccionar el modo a secar, (automático/manual)
- Pulsar el botón de INICIO del proceso.
- Esperar que la máquina de avisos sonoros y visuales de finalización del proceso de secado.

- Una vez secada la hierba aromática seleccionada, la alarma se activará indicando el proceso de finalización para posteriormente proceder a retirar el producto.
- Se debe apagar la máquina con el selector ON/OFF si no se va a continuar con el proceso de secado, de lo contrario volver a seleccionar nuevamente la hierba a secar.

LIMPIEZA DEL SECADOR DE BANDEJAS PARA HIERBAS AROMÁTICAS

El secador de bandejas para hierbas aromáticas dedicado a la micro industria debe limpiarse periódicamente en la parte externa, como interna al finalizar el secado de cada producto, así como se muestra en la siguiente figura.



Figura 5. 5 Estructura interna del secador

ANEXO 2. MANUAL DE MANTENIMIENTO

Para que el secador de bandejas para hierbas aromáticas funcione apropiadamente se debe realizar un mantenimiento periódico como se muestra en las siguientes tablas en las que se detalla la forma de hacerlo.

PLAN DE MANTENIMIENTO

| DESCRIPCIÓN | DIARIO | SEMANAL | MENSUAL | TRIMESTRAL | ANUAL |
|-------------------------|--------|---------|---------|------------|-------|
| Ventilador | | | | x | |
| Resistencias eléctricas | | | | | x |
| Cables eléctricos | | | | | |
| Reajuste de pernos | | | x | | |

LUBRICACIÓN

| DESCRIPCIÓN | ANUAL | LUBRICANTE |
|---------------------|-------|--------------|
| Bisagras | x | Grasa LGHP 2 |
| Soporte de llantas | x | Grasa LGHP 2 |
| Seguro de la puerta | x | Grasa LGHP 2 |

ANEXO 3. TABLA DE VAPOR DE AGUA SATURADO

A.2-9 Propiedades del vapor saturado y del agua (tablas de vapor)
Unidades SI

| Tempe- ratura (°C) | Presión de vapor (kPa) | Volumen específico (m ³ /kg) | | Entalpía (kJ/kg) | | Entropía (kJ/kg · K) | |
|--------------------------|------------------------------|--|-------------------|---------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|
| | | Líquido | Vapor saturado | Líquido | Vapor saturado | Líquido | Vapor saturado |
| 0.01 | 0.6113 | 0.0010002 | 206.136 | 0.00 | 2501.4 | 0.0000 | 9.1562 |
| 3 | 0.7577 | 0.0010001 | 168.132 | 12.57 | 2506.9 | 0.0457 | 9.0773 |
| 6 | 0.9349 | 0.0010001 | 137.734 | 25.20 | 2512.4 | 0.0912 | 9.0003 |
| 9 | 1.1477 | 0.0010003 | 113.386 | 37.80 | 2517.9 | 0.1362 | 8.9253 |
| 12 | 1.4022 | 0.0010005 | 93.784 | 50.41 | 2523.4 | 0.1806 | 8.8524 |
| 15 | 1.7051 | 0.0010009 | 77.926 | 62.99 | 2528.9 | 0.2245 | 8.7814 |
| 18 | 2.0640 | 0.0010014 | 65.038 | 75.58 | 2534.4 | 0.2679 | 8.7123 |
| 21 | 2.487 | 0.0010020 | 54.514 | 88.14 | 2539.9 | 0.3109 | 8.6450 |
| 24 | 2.985 | 0.0010027 | 45.883 | 100.70 | 2545.4 | 0.3534 | 8.5794 |
| 25 | 3.169 | 0.0010029 | 43.360 | 140.89 | 2547.2 | 0.3674 | 8.5580 |
| →27 | 3.567 | 0.0010035 | 38.774 | 113.25 | 2550.8 | 0.3954 | 8.5156 |
| 30 | 4.246 | 0.0010043 | 32.894 | 125.79 | 2556.3 | 0.4369 | 8.4533 |
| 33 | 5.034 | 0.0010053 | 28.011 | 138.33 | 2561.7 | 0.4781 | 8.3927 |
| 36 | 5.947 | 0.0010063 | 23.940 | 150.86 | 2567.1 | 0.5188 | 8.3336 |
| 40 | 7.384 | 0.0010078 | 19.523 | 167.57 | 2574.3 | 0.5725 | 8.2570 |
| 45 | 9.593 | 0.0010099 | 15.258 | 188.45 | 2583.2 | 0.6387 | 8.1648 |
| 50 | 12.349 | 0.0010121 | 12.032 | 209.33 | 2592.1 | 0.7038 | 8.0763 |
| 55 | 15.758 | 0.0010146 | 9.568 | 230.23 | 2600.9 | 0.7679 | 7.9913 |
| 60 | 19.940 | 0.0010172 | 7.671 | 251.13 | 2609.6 | 0.8312 | 7.9096 |
| 65 | 25.03 | 0.0010199 | 6.197 | 272.06 | 2618.3 | 0.8935 | 7.8310 |
| 70 | 31.19 | 0.0010228 | 5.042 | 292.98 | 2626.8 | 0.9549 | 7.7553 |
| 75 | 38.58 | 0.0010259 | 4.131 | 313.93 | 2635.3 | 1.0155 | 7.6824 |
| 80 | 47.39 | 0.0010291 | 3.407 | 334.91 | 2643.7 | 1.0753 | 7.6122 |
| 85 | 57.83 | 0.0010325 | 2.828 | 355.90 | 2651.9 | 1.1343 | 7.5445 |
| 90 | 70.14 | 0.0010360 | 2.361 | 376.92 | 2660.1 | 1.1925 | 7.4791 |
| 95 | 84.55 | 0.0010397 | 1.9819 | 397.96 | 2668.1 | 1.2500 | 7.4159 |
| 100 | 101.35 | 0.0010435 | 1.6729 | 419.04 | 2676.1 | 1.3069 | 7.3549 |

(Continúa)

ANEXO 4. TABLA DE CALOR LATENTE DE VAPORIZACIÓN

Propiedades físicas del agua

A.2-1 Calor latente del agua a 273.15 K (°C)

| | |
|-------------------------|---------------------|
| Calor latente de fusión | = 1436.3 cal/g mol |
| | = 79.724 cal/g |
| | = 2585.3 btu/lb mol |
| | = 6013.4 kJ/kg mol |

Referencia: O. A. Hougen, K. M. Watson y R. A. Ragatz, *Chemical Process Principles, Parte I*, 2a. ed. Nueva York: John Wiley & Sons, Inc., 154.

Calor latente de vaporización a 298.15 K (25°C)

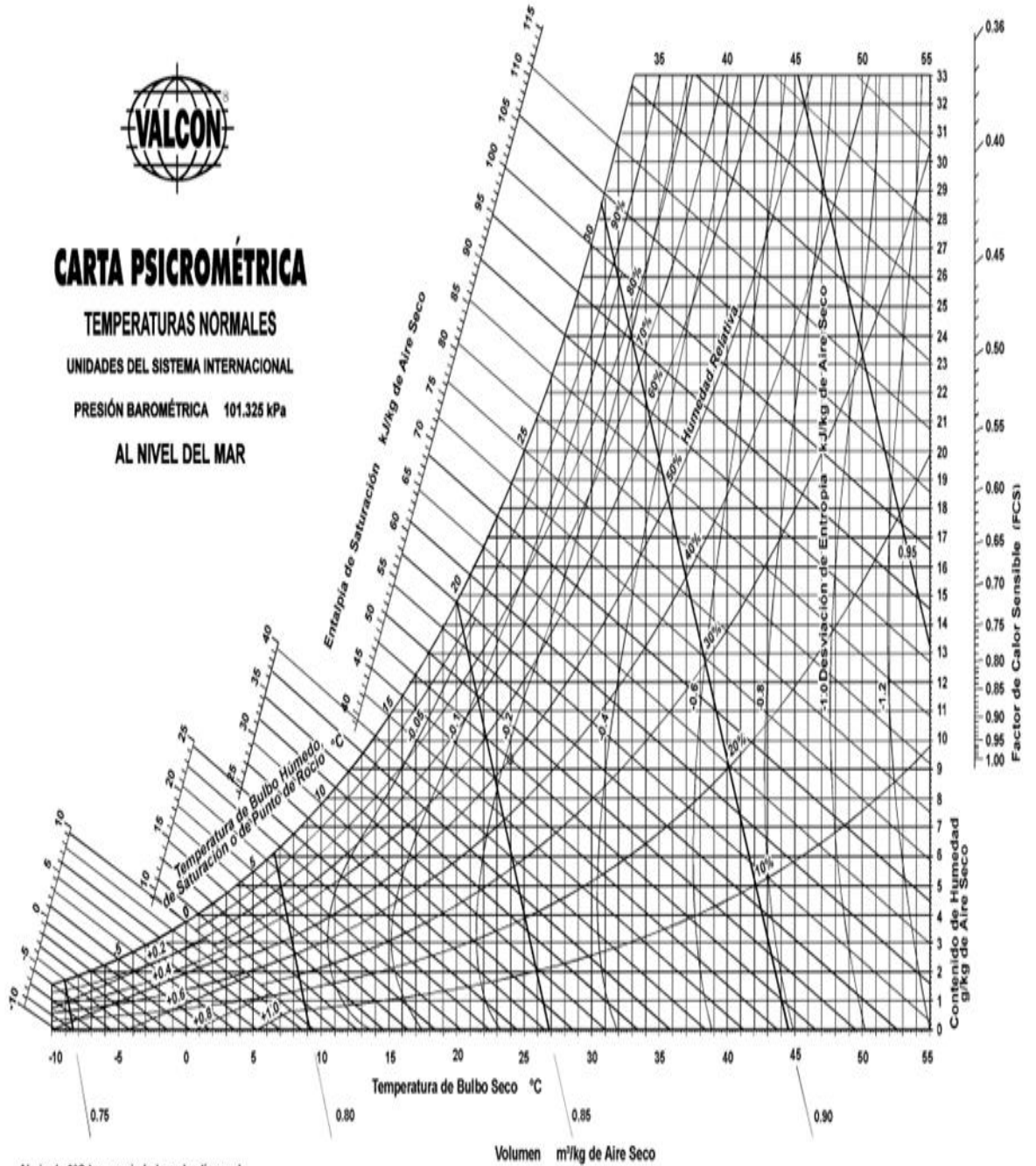
| Presión (mm Hg) | Calor latente |
|-----------------|--|
| 23.75 | 44020 kJ/kg mol, 10.514 kcal/g mol, 18925 btu/lb mol |
| 760 | 44045 kJ/kg mol, 10.520 kcal/g mol, 18936 btu/lb mol |

Referencia: National Bureau of Standards, *Circular 500*.

A.2-2 Presión de vapor del agua

| Temperatura | | Presión de vapor | | Temperatura | | Presión de vapor | |
|-------------|----|------------------|-------|-------------|-----|------------------|-------|
| K | °C | kPa | mm Hg | K | °C | kPa | mm Hg |
| 273.15 | 0 | 0.611 | 4.58 | 323.15 | 50 | 12.333 | 92.51 |
| 283.15 | 10 | 1.228 | 9.21 | 333.15 | 60 | 19.92 | 149.4 |
| 293.15 | 20 | 2.338 | 17.54 | 343.15 | 70 | 31.16 | 233.7 |
| 298.15 | 25 | 3.168 | 23.76 | 353.15 | 80 | 47.34 | 355.1 |
| 303.15 | 30 | 4.242 | 31.82 | 363.15 | 90 | 70.10 | 525.8 |
| 313.15 | 40 | 7.375 | 55.32 | 373.15 | 100 | 101.325 | 760.0 |

ANEXO 5. CARTA PSICROMÉTRICA



Abajo de 0°C las propiedades y las líneas de desviación de la entalpia son para el hielo

Figura 13.11 - Carta psicrométrica a temperaturas normales y presión barométrica de 101.325 kPa (al nivel del mar). Las unidades están en el sistema internacional (SI).

ANEXO 6. CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE DIVERSOS MATERIALES

Tabla I-I Conductividad térmica de diversos materiales en 0 °C

| <i>Material</i> | Conductividad térmica <i>k</i> | |
|---|-----------------------------------|---------------|
| | W/m °C | Btu/h·pie· °F |
| Metales: | | |
| Plata (pura) | 420 | 237 |
| Cobre (puro) | 385 | 223 |
| Aluminio (puro) | 202 | 117 |
| Níquel (puro) | 93 | 54 |
| Hierro (puro) | 73 | 42 |
| Acero al carbón, 1% C | 43 | 25 |
| Plomo (puro) | 35 | 20.3 |
| Acero cromo-níquel (18% Cr, 8% Ni) | 16.3 | 9.4 |
| Sólidos no metálicos: | | |
| Cuarzo, paralelo al eje | 41.6 | 24 |
| Magnesita | 4.15 | 2.4 |
| Mármol | 2.08-2.94 | 1.2-1.7 |
| Arena | 1.83 | 1.06 |
| Vidrio de ventana | 0.78 | 0.45 |
| Arce o roble | 0.17 | 0.096 |
| Aserrín | 0.059 | 0.034 |
| Fibra de vidrio | 0.038 | 0.022 |
| Líquidos: | | |
| Mercurio | 8.21 | 4.74 |
| Agua | 0.556 | 0.327 |
| Amoniaco | 0.540 | 0.312 |
| Aceite lubricante, SAE 50 | 0.147 | 0.085 |
| Frcón 12, CCl ₂ F ₂ | 0.073 | 0.042 |
| Gases: | | |
| Hidrógeno | 0.175 | 0.101 |
| Helio | 0.141 | 0.081 |
| Aire | 0.024 | 0.0139 |
| Vapor de agua (saturado) | 0.0206 | 0.0119 |
| Bióxido de carbono | 0.0146 | 0.00844 |

ANEXO 7. TIPOS DE AISLANTES Y APLICACIONES

| <i>Tipo</i> | <i>Intervalo de Temperatura, °C</i> | <i>Conductividad térmica mW/m·°C</i> | <i>Densidad, kg/m³</i> | <i>Aplicación</i> |
|--|-------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|---|
| 1 Superaislante linde evacuado | -240-1100 | 0.0015-0.72 | Variable | Muchas |
| 2 Espuma de poliuretano | -180-150 | 16-20 | 25-48 | Tubería caliente y fría |
| 3 Espuma de poliuretano | -170-110 | 16-20 | 32 | Tanques |
| 4 Bloques de vidrio celular | -200-200 | 29-108 | 110-150 | Tanques y tubería |
| 5 Hojas de fibra de vidrio para envolver | -80-290 | 22-78 | 10-50 | Tubería y accesorios |
| 6 Hojas de fibras de vidrio | -170-230 | 25-86 | 10-50 | Tanques y equipo |
| 7 Fibra de vidrio premoldeada | -50-230 | 32-55 | 10-50 | Tubería |
| 8 Hojas elastoméricas | -40-100 | 36-39 | 70-100 | Tanques |
| 9 Paneles de fibra de vidrio | 60-370 | 30-55 | 10-50 | Tubería y accesorios |
| 10 Elastómero premoldeado | -40-100 | 36-39 | 70-100 | Tubería y accesorios |
| 11 Fibra de vidrio con revestimiento de barrera de vapor | -5-70 | 29-45 | 10-32 | Líneas de refrigeración |
| 12 Fibra de vidrio sin chaqueta de barrera de vapor | 2-250 | 29-45 | 24-48 | Tuberías calientes |
| 13 Tablero de fibra de vidrio | 20-450 | 33-52 | 25-100 | Calderas, tanques, cambiadores de calor |
| 14 Bloques y tableros de vidrio celular | 20-500 | 29-108 | 110-150 | Tubería caliente |
| 15 Bloques y tableros de espuma de poliuretano | 100-150 | 16-20 | 24-65 | Tubería |
| 16 Fibra mineral premoldeada | 2-650 | 35-91 | 125-160 | Tubería caliente |
| 17 Hojas de fibra mineral | 2-750 | 37-81 | 125 | Tubería caliente |
| 18 Bloques de lana mineral | 450-1000 | 52-130 | 175-290 | Tubería caliente |
| 19 Bloques, tableros de silicato de calcio | 230-1000 | 32-85 | 100-160 | Tubería caliente, calderas, revestimientos de chimeneas |
| 20 Bloques de fibra mineral | 2-1100 | 52-130 | 210 | Calderas y tanques |

ANEXO 8. HUMEDAD INICIAL DE LAS HIERBAS AROMÁTICAS



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002 – CONEA – 2010 – 129 – DC.
Resolución No. 001 – 073 – CEAACES – 2013 – 13
FICAYA
Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

| | |
|---------------------------|-----------------------|
| Informe N°: | 110 - 2015 |
| Análisis solicitado por: | Srta. Verónica Quica |
| Empresa: | No aplica |
| Muestreado: | Propietario |
| Fecha de recepción: | 16 de octubre de 2015 |
| Fecha de entrega informe: | 19 de octubre de 2015 |
| Ciudad: | Ibarrá |
| Provincia: | Imbabura |

| # | Muestra | Lote# |
|---|--------------------|-----------|
| 1 | Hierbas aromáticas | No aplica |

| Parámetro Analizado | Unidad | Resultado | | | | | | Metodo de ensayo |
|---------------------|---------|------------|-------|---------|-------|---------|-------|------------------|
| | | Limoncillo | | Menta | | Cedron | | |
| | | Inicial | Final | Inicial | Final | Inicial | Final | |
| Humedad | g/100 g | 79.09 | 56.00 | 73.00 | 13.92 | 62.39 | 12.92 | AOAC 926.10 |

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas

Atentamente:



Bioq. José Luis Moreno
Técnico de Laboratorio



Av. 17 de Julio 9-21 y José María
Córdova, Barrio El Olivo
Teléfono: (06)2997900
Fax: Ext. 7711
Email: utn@utn.edu.ec
www.utn.edu.ec
Ibarrá - Ecuador

Visión Institucional
La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales

ANEXO 9. CATÁLOGO PLANCHAS EN ACERO INOXIDABLE

Planchas de acero inoxidable

AISI 304L

COMPOSICIÓN QUÍMICA (% EN PESO MÁX.)

| AISI | % C | % Mn | % Si | % Cr | % Ni | % P | % S |
|------|-------|--------|--------|-----------|----------|--------|-------|
| 304L | <0,03 | <<2,00 | <<0,75 | 18,0-20,0 | 8,0-12,0 | <0,045 | <0,03 |

PROPIEDADES MECÁNICAS:

| Esfuerzo Fluencia (Mpa) | Esfuerzo tracción (Mpa) | Elongación % | Dureza Brinell |
|-------------------------|-------------------------|--------------|----------------|
| >205 | >515 | >40 | <150 |

PL. ACERO INOX. AISI 304 L CON Y SIN PVC LAMINADA EN FRIO

| Espesor mm. | Ancho mm. | Largo mm. |
|-------------|-----------|-----------|
| 0,8 a 3,0 | 1000/1500 | 3000 |

PL. ACERO INOX. AISI 304L LAMINADA EN CALIENTE

| Espesor mm. | Ancho mm. | Largo mm. |
|-------------|-----------|-----------|
| 4 a 50 | 1000/1500 | 3000/6000 |



Terminación superficial: 2B, N°1, N°3

Acero inoxidable austenítico aleado con Cromo-Níquel, de bajo contenido de carbono y buenas características de resistencia a la corrosión. No es templeable ni magnético, soldable. Puede ser fácilmente trabajado en frío (por ejemplo: plegado, cilindrado).

Estado de suministro: Laminado caliente, tratamiento de solución y Bobinas.

Dimensiones: Espesores : 0,5 - 32 mm

Usos y Aplicaciones: Debido a su buena resistencia a la corrosión, conformado en frío y soldabilidad, se emplea comúnmente en la industria alimenticia, vitivinícola, frutícola, acuícola, minera y construcción. En elementos para la decoración de exteriores y ornamentales. En la fabricación de contenedores procesadoras de leche, cerveza, vino. En mesones para alimentos, fachadas de edificios, ascensores, muebles de cocina, etc.

AISI 310S

COMPOSICIÓN QUÍMICA (% EN PESO MÁX.)

| AISI | % C | % Mn | % Si | % Cr | % Ni | % P | % S |
|------|-------|-------|-------|-----------|-----------|--------|-------|
| 310S | <0,25 | <2,00 | <1,50 | 24,0-26,0 | 19,0-22,0 | <0,045 | <0,03 |

PROPIEDADES MECÁNICAS ACERO LAMINADO

| Esfuerzo Fluencia (Mpa) | Esfuerzo tracción (Mpa) | Elongación % | Dureza Brinell (HB) |
|-------------------------|-------------------------|--------------|---------------------|
| >205 | >515 | >40 | <217 |

Terminación superficial: N°1

Características del acero: Acero Inoxidable al Cr - Ni refractario con alta resistencia a la formación de escoria de laminación hasta 1200°C en atmósferas altas en oxígeno.

Estado de suministro: Laminado caliente y tratamiento de solución.

PL. ACERO INOX AISI 310

| Espesor mm. | Ancho mm. | Largo mm. |
|-------------|-----------|-------------|
| 3,0 a 16 | 1000/1500 | 3000 / 6000 |



Dimensiones: espesores: 3 - 20 mm

Usos y Aplicaciones: Es utilizado en la fabricación y recubrimientos de hornos y estanques expuestos a altas temperaturas en las industrias del vidrio, fundiciones, cemento, porcelana y vidrio.

AISI 316L

Terminación superficial: 2B, N°1

Características del acero: Acero inoxidable austenítico aleado al Cr-Ni-Mo. La adición de Molibdeno le confiere una alta resistencia a la corrosión por picado (pitting). No es templable, ni magnético. Gran resistencia a la acción corrosiva de reactivos químicos (en especial al ácido sulfúrico) y otros ácidos. Su aplicación es frecuente en la industria alimenticia, minería, papelería y construcción.

El grado 316L, tiene un más bajo contenido de carbono, lo cual Aumenta la resistencia a la corrosión intergranular y mejora su soldabilidad.

Estado de suministro: Laminado caliente y tratamiento de solución.

Dimensiones: Espesores: 0,5 - 50 mm



Usos y Aplicaciones: El acero AISI 316 es utilizado en refinería, en la industria alimenticia, pesquera, minería, química, farmacéutica y en la agroindustria. Algunas aplicaciones son silos de almacenamiento de pulpa y cemento, estanques para ácido sulfúrico y combustibles. Estanques para fermentación y sistemas de drenaje. Pasarelas, plataformas, escaleras, sistemas de filtración de aire, ductos y spools.

PL. ACERO INOX. AISI 316L LAMINADA EN CALIENTE

| Espesor mm. | Ancho mm. | Largo mm. |
|-------------|-----------|-----------|
| 4 a 50 | 1000/1500 | 3000/6000 |

PL. ACERO INOX. AISI 316 L CON PVC LAMINADA EN FRIO

| Espesor mm. | Ancho mm. | Largo mm. |
|-------------|-----------|-----------|
| 1 a 3,0 | 1000/1500 | 3000 |

| Forma | Color |
|---|--|
|  |  |

COMPOSICIÓN QUÍMICA (% EN PESO MÁX.)

| AISI | % C | % Mn | % Si | % Cr | % Ni | % Mo | % P | % S |
|------|-------|-------|-------|-----------|-----------|---------|--------|-------|
| 316L | <0,03 | <2,00 | <0,75 | 16,0-18,0 | 10,0-14,0 | 2,0-3,0 | <0,045 | <0,03 |

PROPIEDADES MECÁNICAS ACERO LAMINADO

| Esfuerzo Fluencia (Mpa) | Esfuerzo tracción (Mpa) | Elongación % |
|-------------------------|-------------------------|--------------|
| >205 | >515 | >40 |

Servicio de CORTE Y
DEMENSIONADO a pedido.



ANEXO 10. CATÁLOGOS DE SOPLADORES DE AIRE

| | | | | |
|---|---|--|----------------|------------------|
| BOSCH | SOPLADOR DE AIRE #8003 "SKIL" | | | 8631450 |
| | Articulo | Descripción | Interno | Minorista |
|  | 8631450 | PISTOLA DE CALOR 1800 W., CAUDAL DE AIRE 250/500 LTS/MIN., NIVELES DE TEMPERATURA 50º/ 400º/ 570ºC, INCLUYE 4 BOQUILLAS | 8003 | \$39505 |
| MAKITA | SOPLADOR DE AIRE #UB1101 | | | 8762900 |
| | Articulo | Descripción | Interno | Minorista |
|  | 8762900 | SOPLADOR Y ASPIRADOR , CON 600 W. DE POTENCIA, PRESION AIRE 560 MM. COLUMNA DE AGUA, VOLUMEN AIRE 2.8 M2 / MIN., CON VELOCIDAD REGULABLE | UB1103 | \$72146 |
| BOSCH | SOPLADOR DE AIRE CALIENTE #GHG 630 DCE | | | 8631505 |
| | Articulo | Descripción | Interno | Minorista |
|  | 8631505 | SOPLADOR DE AIRE CALIENTE 2000 W, CAUDAL DE AIRE: 150-300-500 LT/MIN., TEMP. 50-630ºC, AJUSTE DE TEMPERATURA | 194C | \$108477 |
| MAKITA | SOPLADORA MUB101 "SSP" | | | 8766190 |
| | Articulo | Descripción | Interno | Minorista |



| | | | |
|---------|--|--------|---------|
| 8766190 | SOPLADORA CON UNA POTENCIA DE 500 W., VELOC. 8.500 - 16.000 RPM., VOLUMEN DE AIRE: 1.3 - 2.4 M3/MIN., PESO: 1.3 KGS. | MUB103 | \$37529 |
|---------|--|--------|---------|

MAKITA

| | | | |
|---------------------------------|--|--|----------------|
| SOPLADORA DE 530 W. "MT" | | | 8766570 |
|---------------------------------|--|--|----------------|

| Artículo | Descripción | Interno | Minorista |
|----------|-------------|---------|-----------|
|----------|-------------|---------|-----------|



| | | | |
|---------|--|--------|---------|
| 8766570 | SOPLADOR DE 530 W., 8.500 A 16.000 RPM., VOLUMEN DE AIRE: 1.2 - 2.9 M3/MIN., PESO 1.5 KG., CABLE DE CONEXION 2.0 MT. | M4000G | \$41699 |
|---------|--|--------|---------|

STANLEY (U.S.A.)

| | | | |
|---|--|--|----------------|
| SOPLADORA/ASPIRADORA 600 W. #STPT600 | | | 6149120 |
|---|--|--|----------------|

| Artículo | Descripción | Interno | Minorista |
|----------|-------------|---------|-----------|
|----------|-------------|---------|-----------|



| | | | |
|---------|--|---------|---------|
| 6149120 | SOPLADORA/ASPIRADORA 600 W, VELOC. VBLE. 6000-16000 RPM., VOLUMEN AIRE 3.5 M3/M., INTERRUPTOR CON BLOQUEO P/USO CONTINUO | STPT600 | \$57249 |
|---------|--|---------|---------|

ANEXO 11. CATÁLOGO DE PLANCHAS EN ACERO INOXIDABLE

(DIPAC)


DIPAC[®]
PRODUCTOS DE ACERO
PLANCHAS
**PLANCHAS
INOXIDABLES**
Especificaciones Generales

Norma 304, 316, 430
Espesores Desde 0.40mm hasta 15.00mm
Rollos X 1220mm
Planchas 4 x 8 pies
 Largos y calidades especiales
 bajo pedido

| Tipo de estructura | Tipo de Composición | Descripción de acuerdo a JIS* | Descripción de acuerdo a AISI** | Descripción de acuerdo a DIN*** | COMPOSICION QUIMICA % | | | | | |
|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------|------------|--------------|-------|--------------|---------------|
| | | | | | C | Si max | Mn | P max | S max | Ni |
| Austénico | 17 Cr-5Ni-7Mn | SUS 201 | 201 | | 0,15 max | 1,00 | 5,50 - 7,50 | 0,05 | 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 | 5,00 - 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-8Ni-Nb | SUS 347 | 347 | 4550 | 0,08 max | 1,00 | 2,00 - max | 0,04 | 0,030 | 9,00 - 13,00 | |
| Ferrita | 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 | |
| Martensita | 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 | 0,25 - 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 | | 0,08 max | 1,00 | 1,00 max | 0,04 | 0,030 | 5,50 - 7,75 |

JIS* Japanese Industrial Standards
 AISI** American Iron and Steel Institute
 DIN*** Deutsche Industrie Normen

ANEXO 12. CATÁLOGO DE TUBERÍA EN ACERO INOXIDABLE (DIPAC)



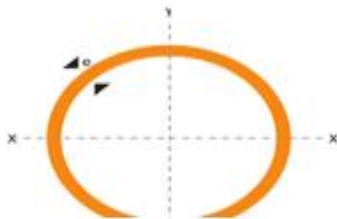
TUBO REDONDO EN ACERO INOXIDABLE

Especificaciones Generales

| | |
|---------------------|-----------------------|
| Norma | AISI 304 |
| Largo Normal | 6 mts. |
| Otros largos | previa consulta |
| dimensiones | Desde 5/8" a 2 7/8" |
| Espesor | Desde 0.8 mm a 2.0 mm |



| NOMENCLATURA | |
|--------------|--|
| A | Area de la sección transversal del tubo, cm ² |
| I | Momento de inercia de la sección, cm ⁴ |
| W | Módulo resistente de la sección, cm ³ |
| i | Radio de giro de la sección, cm |



| DIAMETRO EXTERIOR (D) | | ESPESOR | | PESO | | PROPIEDADES | |
|-----------------------|-------|---------|---------|------|-------------------|-------------------|------|
| Pulg | mm | e mm | P kg/6m | A cm | I cm ⁴ | W cm ³ | i cm |
| 5/8 | 15.90 | 0.60 | 1.44 | 0.29 | 0.08 | 0.11 | 0.54 |
| | | 0.75 | 1.86 | 0.36 | 0.10 | 0.13 | 0.53 |
| | | 0.95 | 2.28 | 0.44 | 0.12 | 0.15 | 0.51 |
| | | 1.10 | 2.64 | 0.51 | 0.14 | 0.18 | 0.52 |
| | | 1.50 | 3.54 | 0.68 | 0.18 | 0.22 | 0.51 |
| 3/4 | 19.05 | 0.60 | 1.74 | 0.35 | 0.15 | 0.16 | 0.65 |
| | | 0.75 | 2.16 | 0.43 | 0.19 | 0.19 | 0.65 |
| | | 0.95 | 2.70 | 0.54 | 0.22 | 0.23 | 0.64 |
| | | 1.10 | 3.18 | 0.62 | 0.25 | 0.26 | 0.63 |
| | | 1.50 | 4.20 | 0.83 | 0.32 | 0.34 | 0.62 |
| 7/8 | 22.22 | 0.60 | 2.04 | 0.41 | 0.24 | 0.21 | 0.76 |
| | | 0.75 | 0.52 | 0.50 | 0.29 | 0.26 | 0.76 |
| | | 0.95 | 3.18 | 0.63 | 0.36 | 0.32 | 0.75 |
| | | 1.10 | 3.66 | 0.73 | 0.41 | 0.37 | 0.75 |
| | | 1.50 | 4.92 | 0.98 | 0.53 | 0.47 | 0.74 |
| 1 | 25.40 | 0.60 | 2.28 | 0.47 | 0.36 | 0.28 | 0.88 |
| | | 0.75 | 2.88 | 0.58 | 0.44 | 0.35 | 0.87 |
| | | 0.95 | 3.60 | 0.73 | 0.55 | 0.43 | 0.87 |
| | | 1.10 | 4.20 | 0.84 | 0.62 | 0.49 | 0.86 |
| | | 1.50 | 5.64 | 1.13 | 0.81 | 0.64 | 0.85 |
| 1 1/4 | 31.75 | 0.95 | 4.50 | 0.92 | 1.09 | 0.69 | 1.18 |
| | | 1.10 | 5.22 | 1.06 | 1.24 | 0.78 | 1.08 |
| | | 1.50 | 7.08 | 1.43 | 1.63 | 1.03 | 1.07 |
| 1 1/2 | 38.10 | 0.95 | 5.40 | 1.11 | 1.91 | 1.00 | 1.31 |
| | | 1.10 | 6.24 | 1.28 | 2.19 | 1.15 | 1.31 |
| | | 1.50 | 8.46 | 1.72 | 2.89 | 1.52 | 1.30 |
| 1 3/4 | 44.45 | 0.95 | 6.24 | 1.30 | 3.07 | 1.38 | 1.54 |
| | | 1.10 | 7.26 | 1.50 | 3.52 | 0.16 | 1.53 |
| | | 1.50 | 9.84 | 2.02 | 4.67 | 2.10 | 1.52 |
| 1 7/8 | 47.63 | 0.95 | 6.78 | 1.40 | 3.80 | 1.60 | 1.65 |
| | | 1.10 | 7.80 | 1.61 | 4.35 | 1.83 | 1.64 |
| | | 1.50 | 10.26 | 2.17 | 5.79 | 2.43 | 1.63 |
| 2 | 50.80 | 0.95 | 7.20 | 1.49 | 4.62 | 1.82 | 1.76 |
| | | 1.10 | 8.34 | 1.72 | 5.30 | 2.09 | 1.76 |
| | | 1.50 | 10.80 | 2.32 | 7.06 | 2.78 | 1.74 |
| 2 3/8 | 60.33 | 1.50 | 13.20 | 2.77 | 12.00 | 3.98 | 2.08 |
| 2 1/2 | 63.50 | 1.50 | 14.04 | 2.92 | 14.05 | 4.42 | 2.19 |

ANEXO 13. CATÁLOGO DE TUBERÍA RECTANGULAR DIPAC



DIPAC[®]
PRODUCTOS DE ACERO

D-SERVICIOS

RECTANGULAR

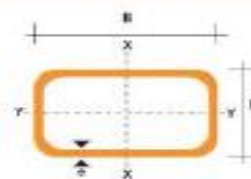
TUBO ESTRUCTURAL RECTANGULAR

Especificaciones Generales

| | |
|----------------------|---|
| Norma | ASTM A-500 |
| Recubrimiento | Pegro o galvanizada |
| Largo normal | 4.00m |
| Otros largos | Previa Consulta |
| Dimensiones | Desde 12.00mm x 25.00mm a 40.00mm x 60.00mm |
| Espesor | Desde 2.00mm a 3.00mm |



| DIMENSIONES | | | AREA | | EJES X-X | | EJES Y-Y | | | |
|-------------|---------|---------------|--------------|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------|
| A mm | B mm | ESPESOR mm | PESO Kg/m | AREA cm ² | I cm ⁴ | W cm ³ | I cm ⁴ | W cm ³ | I cm ⁴ | |
| 20 | 40 | 1.2 | 1.09 | 1.22 | 2.61 | 1.30 | 1.12 | 0.88 | 0.88 | 0.83 |
| 20 | 40 | 1.5 | 1.35 | 1.65 | 3.26 | 1.63 | 1.40 | 1.09 | 1.09 | 0.81 |
| 20 | 40 | 2.0 | 1.78 | 2.14 | 4.04 | 2.02 | 1.37 | 1.33 | 1.33 | 0.79 |
| 25 | 50 | 1.5 | 1.71 | 2.10 | 6.39 | 2.50 | 1.74 | 2.19 | 1.75 | 1.02 |
| 25 | 50 | 2.0 | 2.25 | 2.74 | 8.37 | 3.35 | 1.75 | 2.80 | 2.24 | 1.01 |
| 25 | 50 | 3.0 | 3.30 | 4.14 | 12.65 | 5.02 | 1.74 | 3.90 | 3.19 | 0.99 |
| 30 | 50 | 1.5 | 1.88 | 2.25 | 7.27 | 2.91 | 1.80 | 3.32 | 2.21 | 1.23 |
| 30 | 50 | 2.0 | 2.41 | 2.94 | 9.52 | 3.81 | 1.80 | 4.28 | 2.85 | 1.21 |
| 30 | 50 | 3.0 | 3.30 | 4.21 | 12.75 | 5.11 | 1.74 | 5.65 | 3.77 | 1.18 |
| 30 | 70 | 2.0 | 3.03 | 3.74 | 22.20 | 6.34 | 2.44 | 5.85 | 3.90 | 1.25 |
| 30 | 70 | 3.0 | 4.49 | 5.41 | 30.60 | 8.71 | 2.37 | 7.94 | 5.23 | 1.20 |
| 40 | 80 | 1.5 | 2.29 | 2.91 | 14.90 | 4.97 | 2.26 | 7.94 | 3.97 | 1.65 |
| 40 | 80 | 2.0 | 3.05 | 3.74 | 18.08 | 6.13 | 2.22 | 9.81 | 4.60 | 1.62 |
| 40 | 80 | 3.0 | 4.46 | 5.41 | 25.31 | 8.44 | 2.16 | 13.37 | 6.69 | 1.57 |
| 30 | 70 | 1.5 | 2.34 | 2.91 | 18.05 | 6.17 | 2.49 | 4.75 | 3.17 | 1.28 |
| 30 | 70 | 2.0 | 2.93 | 3.74 | 22.20 | 6.34 | 2.44 | 5.85 | 3.90 | 1.25 |
| 30 | 70 | 3.0 | 4.25 | 5.41 | 30.50 | 8.71 | 2.37 | 7.94 | 5.23 | 1.20 |
| 40 | 80 | 1.5 | 2.75 | 3.74 | 31.75 | 7.94 | 2.91 | 10.77 | 5.39 | 1.70 |
| 40 | 80 | 2.0 | 3.66 | 4.54 | 37.32 | 9.33 | 2.87 | 12.70 | 6.35 | 1.67 |
| 40 | 80 | 3.0 | 5.42 | 6.61 | 52.10 | 13.04 | 2.81 | 17.49 | 8.73 | 1.63 |
| 50 | 100 | 2.0 | 4.52 | 6.74 | 74.94 | 14.99 | 3.61 | 25.85 | 10.26 | 2.11 |
| 50 | 100 | 3.0 | 6.71 | 8.41 | 109.34 | 21.27 | 3.56 | 35.67 | 14.39 | 2.07 |
| 50 | 150 | 2.0 | 6.17 | 7.74 | 207.45 | 27.05 | 5.10 | 37.17 | 14.67 | 2.19 |
| 50 | 150 | 3.0 | 9.17 | 11.41 | 298.35 | 39.78 | 5.11 | 52.54 | 21.02 | 2.15 |



ANEXO 14 CATÁLOGO DE GARRUCHAS

Varias

► Neumática

Marca: NOVEX
Sola Neumática

Código Descripción
060101017700 • R 254 QAS
060101016150 • R 354 QAN
060101016200 • R 358 QEL

► Neumática Placa Fija

Marca: NOVEX
Fija Neumática

Código Descripción
060201034200 • FMP 254 QAN
060201034000 • FMP 354 QAN

► Neumática Placa Giratoria

Marca: NOVEX
Neumática Giratoria

Código Descripción
060201035900 • GMP 254 QAN
060201035800 • GMP 354 QAN

ESPECIFICACIONES

Recomendaciones según ambiente de trabajo
material de la rueda: QE goma, neumática 4 telas
núcleo de chapa de acero ± 40 PSI
material de la rueda: QA goma, neumática 2 telas
núcleo de aluminio ± 10 PSI
temperatura de empleo: 20°C +50°C

Consulte por otros modelos
de ruedas domésticas e industriales.

Novex
RODAS E RODIZIOS

Neumática



| Diam mm. | Banda mm. | Masa mm. | Eje mm. | Altura mm. | Placa mm. | Hilo | Rodamiento Buje | Carga Kgs. |
|----------|-----------|----------|---------|------------|-----------|------|-----------------|------------|
| 212 | 80 | 62 | - | - | - | - | 17mm Bolas | 100 |
| 265 | 85 | 65 | - | - | - | - | 7/8" Liso | 180 |
| 380 | 88 | 78 | - | - | - | - | 1" Agujas | 200 |

Neumática Fija



| Diam mm. | Banda mm. | Masa mm. | Eje mm. | Altura mm. | Placa mm. | Hilo | Rodamiento Buje | Carga Kgs. |
|----------|-----------|----------|---------|------------|-----------|------|-----------------|------------|
| 212 | - | - | - | 251 | 140X130 | - | Liso | 100 |
| 265 | - | - | - | 312 | 140X130 | - | Liso | 180 |


Neumática Giratoria



| Diam mm. | Banda mm. | Masa mm. | Eje mm. | Altura mm. | Placa mm. | Hilo | Rodamiento Buje | Carga Kgs. |
|----------|-----------|----------|---------|------------|-----------|------|-----------------|------------|
| 100 | 30 | - | 15 | 137 | 105X85 | - | agujero liso | 160 |
| 125 | 30 | - | 15 | 163 | 135X110 | - | agujero liso | 230 |

dap
ducasse
architecture
products

ANEXO 15. TABLA DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA NTC



EPCOS

| Temperature measurement | | | | | | B57871S |
|---|---------------------------------|---------|---------------------------------|---------|---------------------------------|---------|
| Leaded NTC thermistors, lead spacing 2.5 mm | | | | | | S871 |
| R/T characteristics | | | | | | |
| R/T No. | 1008 | | 2001 | | 2901 | |
| T (°C) | B _{25/100} = 3560 K | | B _{25/100} = 3920 K | | B _{25/100} = 3760 K | |
| | R _T /R ₂₅ | α (%/K) | R _T /R ₂₅ | α (%/K) | R _T /R ₂₅ | α (%/K) |
| -55.0 | 53.104 | 6.1 | 87.762 | 7.1 | 63.969 | 6.7 |
| -50.0 | 39.318 | 6.0 | 61.922 | 6.9 | 46.179 | 6.4 |
| -45.0 | 29.325 | 5.8 | 44.168 | 6.7 | 33.738 | 6.2 |
| -40.0 | 22.03 | 5.7 | 31.833 | 6.5 | 24.927 | 6.0 |
| -35.0 | 16.666 | 5.5 | 23.173 | 6.3 | 18.611 | 5.8 |
| -30.0 | 12.696 | 5.4 | 17.03 | 6.1 | 14.033 | 5.6 |
| -25.0 | 9.7251 | 5.2 | 12.621 | 5.9 | 10.679 | 5.4 |
| -20.0 | 7.5171 | 5.1 | 9.4515 | 5.8 | 8.198 | 5.3 |
| -15.0 | 5.8353 | 4.9 | 7.1273 | 5.6 | 6.3123 | 5.2 |
| -10.0 | 4.5686 | 4.8 | 5.427 | 5.5 | 4.9014 | 5.1 |
| -5.0 | 3.605 | 4.7 | 4.1522 | 5.3 | 3.821 | 4.9 |
| 0.0 | 2.8665 | 4.5 | 3.2063 | 5.1 | 3.0027 | 4.7 |
| 5.0 | 2.2907 | 4.4 | 2.5019 | 4.9 | 2.3801 | 4.6 |
| 10.0 | 1.8438 | 4.3 | 1.9679 | 4.7 | 1.9 | 4.5 |
| 15.0 | 1.492 | 4.1 | 1.5623 | 4.6 | 1.5257 | 4.3 |
| 20.0 | 1.2154 | 4.0 | 1.2488 | 4.5 | 1.233 | 4.3 |
| 25.0 | 1.0000 | 3.9 | 1.0000 | 4.3 | 1.0000 | 4.1 |
| 30.0 | 0.82976 | 3.8 | 0.81105 | 4.2 | 0.81679 | 4.0 |
| 35.0 | 0.68635 | 3.7 | 0.6593 | 4.1 | 0.67166 | 3.9 |
| 40.0 | 0.57103 | 3.6 | 0.53922 | 4.0 | 0.55527 | 3.8 |
| 45.0 | 0.48015 | 3.5 | 0.44345 | 3.9 | 0.46095 | 3.8 |
| 50.0 | 0.40545 | 3.4 | 0.36674 | 3.7 | 0.38459 | 3.7 |
| 55.0 | 0.3417 | 3.3 | 0.30513 | 3.6 | 0.32184 | 3.6 |
| 60.0 | 0.28952 | 3.2 | 0.25514 | 3.5 | 0.27068 | 3.5 |
| 65.0 | 0.24714 | 3.1 | 0.21457 | 3.4 | 0.22907 | 3.3 |
| 70.0 | 0.21183 | 3.1 | 0.18131 | 3.4 | 0.19468 | 3.2 |
| 75.0 | 0.18194 | 3.0 | 0.1536 | 3.3 | 0.16607 | 3.1 |
| 80.0 | 0.1568 | 2.9 | 0.13064 | 3.2 | 0.14221 | 3.1 |
| 85.0 | 0.13592 | 2.8 | 0.11155 | 3.1 | 0.12218 | 3.0 |
| 90.0 | 0.11822 | 2.8 | 0.095606 | 3.0 | 0.10533 | 2.9 |
| 95.0 | 0.1034 | 2.7 | 0.082347 | 3.0 | 0.09123 | 2.8 |
| 100.0 | 0.090741 | 2.6 | 0.07118 | 2.9 | 0.079284 | 2.8 |
| 105.0 | 0.079642 | 2.6 | 0.061779 | 2.8 | 0.069062 | 2.7 |
| 110.0 | 0.070102 | 2.5 | 0.053799 | 2.8 | 0.06034 | 2.7 |
| 115.0 | 0.061889 | 2.4 | 0.04697 | 2.7 | 0.052886 | 2.6 |
| 120.0 | 0.054785 | 2.4 | 0.041132 | 2.6 | 0.046482 | 2.5 |
| 125.0 | 0.048706 | 2.3 | 0.036141 | 2.6 | 0.040985 | 2.5 |
| 130.0 | 0.043415 | 2.3 | 0.03185 | 2.5 | 0.036233 | 2.5 |
| 135.0 | 0.038722 | 2.2 | 0.02815 | 2.5 | 0.032101 | 2.4 |
| 140.0 | 0.034615 | 2.2 | 0.02495 | 2.4 | 0.02851 | 2.4 |
| 145.0 | 0.031048 | 2.1 | 0.02216 | 2.3 | 0.025373 | 2.3 |
| 150.0 | 0.02791 | 2.1 | 0.01972 | 2.3 | 0.022633 | 2.3 |
| 155.0 | 0.025193 | 2.0 | 0.01761 | 2.2 | 0.020231 | 2.3 |

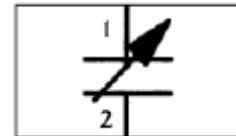
Please read Cautions and warnings and Important notes at the end of this document.

Page 4 of 19

ANEXO 16. SENSOR DE HUMEDAD RELATIVA HS 1101

| | | |
|---|-----------------------------------|------------------------|
|  | | |
|  | Sensor de Humedad Relativa | HS1100 / HS1101 |

Basados en una única célula capacitiva, estos sensores de humedad relativa están diseñados para grandes volúmenes y aplicaciones de bajo costo como oficinas automatizadas, cabinas de aviones, sistemas de mando de procesos industriales. También pueden utilizarse en todas las aplicaciones donde la compensación de humedad sea necesaria.



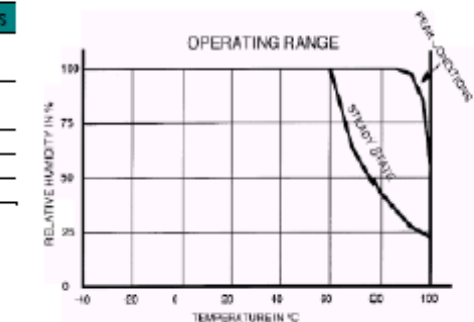
Características

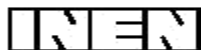
- Intercambiabilidad total, en condiciones normales no requiere calibración.
- Desaturación instantánea después de largos periodos en fase de saturación
- Compatible con el proceso de montajes automatizados, incluso soldadura por ola
- Alta fiabilidad y largo tiempo de estabilidad
- Estructura de polímero sólido patentada
- Apropiado para circuitos lineales o de impulsos
- Tiempo de respuesta rápido



VALORES MÁXIMOS (Ta = 25°C)

| Rango | Símbolo | Valor | Unidades |
|-------------------------------|---------|-----------|----------|
| Temperatura de trabajo | Ta | -40 a 100 | °C |
| Temperatura de Almacenamiento | Tstg | -40 a 125 | °C |
| Tensión de alimentación | Vs | 10 | Vac |
| Rango de humedad ede trabajo | RH | 0a 100 | %RH |
| Suelda @ T=260°C | T | 10 | S |



ANEXO 17. NORMAS INEN

CDU: 663.85
ICS: 67.140.10

CIU: 3121
AL 02.06-410

| | | |
|---|--|--|
| Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria | HIERBAS AROMÁTICAS. REQUISITOS. | NTE INEN 2 392:2007 2007-01 |
|---|--|--|

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos que deben cumplir las plantas aromáticas, procedentes de las diversas especies que se destinan a la preparación de infusiones para el consumo humano.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica a las hierbas aromáticas procedentes de las especies de plantas de las que se tiene su caracterización taxonómica, toxicológica y química (ver 6.1.1).

3. DEFINICIONES

3.1 Hierbas aromáticas. La denominación de hierbas aromáticas comprende ciertas plantas o partes de ellas (raíces, rizomas, bulbos, hojas, cortezas, flores, frutos y semillas) que contienen sustancias aromáticas (aceites esenciales), y que por sus aromas y sabores característicos, se destinan a la preparación de infusiones.

3.2 Té de hierbas. Con el nombre genérico de té de hierbas se conoce al procedente de especies vegetales procesadas con las que se prepara infusiones diferentes al té de las teáceas.

4. DISPOSICIONES GENERALES

4.1 Las hierbas aromáticas deben, corresponder taxonómicamente a la especie declarada, que cumplan condiciones higiénicas y presentar las características macroscópicas y microscópicas que les son propias.

4.2 Las hierbas aromáticas deben estar limpias y exentas de materia extraña.

4.3 No debe contener más de 15% de otras partes del vegetal exentas de propiedades aromatizantes y saborizantes.

4.4 Las hierbas aromáticas deben contener los aceites esenciales que caracteriza a cada una.

4.5 Las hierbas aromáticas pueden expendirse enteras o molidas, solas o mezcladas entre si, adicionadas con frutas, azúcar o miel en una cantidad que no supere el 20 %.

4.6 Se permite la adición de saborizantes naturales y artificiales permitidos en la NTE INEN 2 074.

4.7 Las hierbas aromáticas se deben procesar bajo las condiciones establecidas en el Código de la Salud y sus Reglamentos que permita reducir la contaminación.

4.8 Los residuos de plaguicidas, pesticidas y sus metabolitos, no podrán superar los límites establecidos por el Codex Alimentario en su última edición.

4.9 No se permite la adición de colorantes.

4.10 Los procesadores de hierbas aromáticas deberán cumplir con buenas prácticas de manufactura y se exigirá paulatinamente a los productores el cumplimiento de los requisitos de Buenas Prácticas Agrícolas.

DESCRIPTORES: Tecnología de alimentos, té, hierbas aromáticas,

NTE INEN 2 392

2007-01

5. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS

5.1 Las hierbas aromáticas, destinadas para preparar infusiones, en la etiqueta de su envase no deben declarar propiedades terapéuticas para prevenir o curar enfermedades.

6. REQUISITOS

6.1 Requisitos Específicos

6.1.1 Se consideran hierbas aromáticas a las siguientes ⁽¹⁾:

| Nombre común | Nombre científico | Parte usada |
|--------------------------|--|---------------------------------------|
| Anís estrella | <i>Illicium anisatum</i> | Fruto |
| Anís verde (pan de anís) | <i>Pimpinella anisum</i> | Fruto |
| Canela | <i>Cinnamomum zeylanicum</i> | Corteza |
| | <i>Cinnamomun cassia</i> | |
| Cedrón | <i>Aloysia triphyllia (L Her)Britton</i> | Hojas |
| Clavo de olor | <i>Eugenia caryophyllus</i> | Flores, |
| Eneldo | <i>Anethum graveolens</i> | Tallo, hojas, flores |
| Eucalipto | <i>Eucaliptus globulus</i> | Hojas |
| Falso tilo (sauco) | <i>Sambucus nigra L.</i> | Flores |
| Hierbabuena | <i>Mentha spicata,</i> | Hierba, hojas y copos florescentes |
| Hierba luisa | <i>Cymbopogon citratus</i> | Hojas |
| Jazmín | <i>Jasminum officinale</i> | Flores |
| Limón | <i>Citrus limonum, Citrus limetta</i> | Hojas, fruto, cáscara, |
| Manzanilla | <i>Matricaria camomila,</i> | Flores y planta |
| Mejorana | <i>Origanum majorana</i> | Partes aéreas |
| Menta | <i>Mentha pulegium</i> | Partes aéreas |
| | <i>Mentha piperita</i> | |
| Naranja | <i>Citrus aurantium</i> | Hojas y flores |
| Orégano | <i>Origanum vulgare</i> | Partes aéreas |
| Romero | <i>Rosmarinus officinalis</i> | Partes aéreas |
| Rosa | <i>Rosa spp</i> | Flores, escaramujo |
| Tipo | <i>Minthostachys mollis</i> | Tallo, hoja, flores |
| Tomillo | <i>Thymus vulgaris L.</i> | Parte aérea |
| Toronjil | <i>Melissa officinalis</i> | Partes aéreas |

⁽¹⁾ Esta lista no excluye la utilización de otras plantas que luego de su estudio toxicológico, y contenido de aceites esenciales, hayan sido aprobadas como tales por el Ministerio de Salud a través del Instituto de Higiene.

6.1.2 Las hierbas aromáticas, deben cumplir los requisitos establecidos en las siguientes tablas:

TABLA 1. Requisitos físicos-químicos

| Requisitos | Máx | Método de ensayo |
|--|-----|------------------|
| Humedad, % | 12 | NTE INEN 1114 |
| Cenizas insolubles en HCl al 10 %, % m/m | 2 | NTE INEN 1118 |

NTE INEN 2 392

2007-01

TABLA 2. Contenido de aceites esenciales

Hierba Aromática Aceite esencial, % Min Método de ensayo AOAC 968.20

| | |
|----------------|------|
| Anís estrella* | 5,0 |
| Anís verde* | 2,0 |
| Canela | 1,2 |
| Cedrón | 0,2 |
| Clavo de Olor | 13,0 |
| Eneldo | 3,0 |
| Eucalipto | 1,5 |
| Falso tilo | 0,03 |
| Hierba buena | 0,08 |
| Hierba luisa | 3,0 |
| Limonero | 2,5 |
| Manzanilla | 0,2 |
| Mejorana | 0,7 |
| Menta | 0,25 |
| Naranja | 0,2 |
| Orégano | 0,5 |
| Romero | 1,5 |
| Rosa | 0,01 |
| Tipo | 1,2 |
| Tomillo | 1,5 |
| Toronjil | 0,3 |

6.1.3 Los requisitos microbiológicos que deben cumplir las hierbas aromáticas, son los que se especifican en la tabla 3.

TABLA 3. Requisitos Microbiológicos

| REQUISITO | Máx | Método de ensayo |
|--------------------------|------------|-------------------------|
| Aerobios totales ufc/g | 1 x 10 | NTE INEN 1529-5 |
| Escherichia coli ufc/g | 1 x 10 | NTE INEN 1529-7 |
| Enterobacteriaceas ufc/g | 1 x 10 | NTE INEN 1529-13 |
| Mohos y levaduras upc/g | 1 x 10 | NTE INEN 1529-10 |
| Clostridium, ufc/g | ausencia | NTE INEN 1529-18 |
| Salmonella, en 1 g | ausencia | NTE INEN 1529-15 |
| Shigella, en 1 g | ausencia | NTE INEN 1529-16 |

6.1.4 El contenido máximo de contaminantes presentes se especifican en la tabla 4.

TABLA 4. Contenido máximo de contaminantes

| Contaminante | mg/kg |
|---------------------|--------------|
| Arsénico, As | 1,0 |
| Plomo, Pb | 0,5 |

7. INSPECCIÓN

7.1 Muestreo

7.1.1 El muestreo debe realizarse de acuerdo a la NTE INEN 1 109.

7.2 Aceptación o rechazo

7.2.1 Se acepta el producto si cumple con los requisitos establecidos en esta norma, en caso contrario, se rechaza.

8. ENVASADO Y EMBALADO

8.1 El material de la bolsita filtrante debe ser el adecuado para el uso al que está destinado y debe cumplir las especificaciones, para estos fines, establecidas por la legislación nacional, el Codex Alimentarius, el FDA, y otros organismos similares

8.2 El material del envase debe ser resistente e inerte a la acción del producto y no debe alterar las características del mismo.

8.3 El embalaje debe hacerse en condiciones que mantenga las características del producto durante el almacenamiento, transporte y expendio.

9. ROTULADO

9.1 Rotulado debe cumplir con los requisitos establecidos en el Código de la Salud, en el Reglamento de Alimentos, en la Ley Orgánica de Protección al Consumidor, en la NTE INEN 1 334-1 y 1 334-2, en cuanto no se contrapongan con dicho Reglamento.

9.2 En cada envase debe estar claramente indicada la manera de preparar el producto.

9.3 El peso o contenido neto de los envases debe cumplir con el peso declarado.

9.4 No debe contener leyendas relativas a efectos terapéuticos ni indicaciones terapéuticas, ni leyendas de significado ambiguo, o descripción de características del producto que no puedan ser comprobadas.

9.5 Para efectos de comercialización, el producto se denominará “Te de hierbas o Hierbas aromáticas”.

9.6

NTE INEN 2 392

2007-01

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

| | |
|--|--|
| Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1109:1984 | <i>Café soluble. Muestreo</i> |
| Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1114:1984 | <i>Café soluble. Determinación de pérdida por calentamiento</i> |
| Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1118:1984 | <i>Café tostado molido. Determinación de las cenizas insolubles en ácido</i> |
| Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1334-1:2000 | <i>Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 1. Requisitos</i> |
| Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1334-2:2000 | <i>Rotulado de productos alimenticios para</i> |

| | |
|---|--|
| Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-5:1990 | <i>consumo humano. Parte 2. Rotulado nutricional. Requisitos Control microbiológico de los alimentos. Determinación del número de microorganismos aerobios mesófilos REP</i> |
| Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-7:1990 | <i>Control microbiológico de los alimentos. Determinación de microorganismos coliformes por la técnica de recuento de colonias.</i> |
| Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-10:1998 | <i>Control microbiológico de los alimentos. Determinación del número de mohos y levaduras viables.</i> |
| Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-13:1998 | <i>Control microbiológico de los alimentos. Determinación Enterobacteriaceae. Recuento en placa por siembra en profundidad</i> |
| Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-15:1996 | <i>Control microbiológico de los alimentos. Salmonella. Método de detección</i> |
| Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-16:1995 | <i>Control microbiológico de los alimentos. Shigella. Método de detección</i> |
| Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-18:1998 | <i>Control microbiológico de los alimentos. Clostridium perfringens. Recuento en tubo por siembra en masa</i> |
| Código de la Salud | <i>Decreto Ejecutivo 188. Registro Oficial 158: 22 de febrero de 1971</i> |
| Reglamento de Alimentos | <i>Decreto Ejecutivo 4114. Registro Oficial 984: 22 de julio de 1988</i> |
| Codex Alimentarius | <i>Residuos de Plaguicidas en los alimentos, Volumen 2.</i> |
| American Organization of Analytical Chemists, AOAC 968.20 | <i>Método de Destilación (Scott), Titulación.</i> |

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Reglamento Chileno de los Alimentos, *Título XXIV De los Estimulantes o Fruitivos. Párrafo I Del té.* Santiago de Chile, 2003

Programa Conjunto FAO/OMS sobre *Normas Alimentarias.* Comisión del Codex Alimentarius. *Residuos de Plaguicidas en los Alimentos.* Volumen 2, Roma 1994

Organización Mundial para la Salud, OMS. *QUALITY CONTROL METHODS FOR MEDICINAL PLANT MATERIALS Revised DRAFT UPDATE* September 2005

Farmacopea Española Segunda Edición, 2002

Masson. *Fitoterapia. Vademecun de Prescripciones de Plantas Medicinales.* 3ra. Edición, 1998

Plantas del Ecuador. *Catálogo de nombres vulgares y científicos.*

NTE INEN 2 392

2007-01

Mildred García González, *Legislación en Ibero América sobre fitofármacos y productos naturales.* Editorial Universitaria de Costa Rica. Costa Rica

Ing. Gonzalo Arteaga
Ing. María E. Dávalos (Secretaria Técnica)

DIRECTOR DEL ÁREA TÉCNICA DE
NORMALIZACION
ÁREA TÉCNICA DE NORMALIZACION
REGIONAL CHIMBORAZO

Otros trámites:

El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2006-11-15

Oficializada como: Voluntaria
Registro Oficial No. 12 de 2007-01-31

Por Acuerdo Ministerial No. 06 692 de 2006-12-28

ANEXO 18. PLANOS