



CENTRO DE INGENIERIA Y DESARROLLO INDUSTRIAL

BACHOCO

Proyecto Industrial Terminal

Incremento de Eficiencia en Planta de Rendimientos

PARA OBTENER LA ESPECIALIDAD EN

“TECNÓLOGO EN MECATRONICA”

006016

PRESENTA

Alumno: Jaime Espinoza Hernández
José Luis Quiroz Feria

Tutor de Planta: Gabriela González Briones
Tutor Académico: José Alfredo Manzo Preciado

QUERETARO, QRO. 2010



ÍNDICE

INCREMENTO DE EFICIENCIA EN PLANTA DE RENDIMIENTOS

RESUMEN.....	I
ANTECEDENTES.....	II
DEFINICION DEL TEMA.....	VII
JUSTIFICACION.....	VII
OBJETIVOS.....	VIII

CAPITULO I: FUNDAMENTOS.

1.1 Secado.....	9
1.2 Equilibrio	9
1.3 Definiciones.....	10
1.4 Operaciones de secado.	11
1.4.1. Secado continuo.....	12
1.5 Secadores neumaticos(instantaneos).....	14
1.6 Balances de materia y entalpía	14
1.7 Rapidez del secado para secadores de calentamiento directo continuo.....	15
1.8 Secado a bajas temperaturas	19
1.9. Adquisicion de datos	22
1.10. Proceso de adquisicion de datos	23
1.11. ¿Cómo se adquieren los datos?	24
1.12. Tiempo de conversion.....	26
1.12.1. Etapa de acondicionamiento de señal.....	27
1.13. Ventajas en el uso de sistemas de adquisicion de datos.....	31
1.14. Temperatura.....	31
1.15. Termopares.....	31
1.15.1 Termopar tipo j.....	39
1.16. Harina de carne.....	41
1.17. Indicadores de rendimientos.....	42
1.18. Produccion de subproductos.....	43
1.19. Consumibles de combustoleo y energia electrica.....	44

CAPITULO II: PROCEDIMIENTO.

2.1. Calculo para el intercambiador de calor.....	51
2.2. Banda transportadora.....	56
2.2.1. Resultados del analisis aplicado al apoyo de banda transportadora....	59

2.2.2. Resultados para el analisis aplicado a la polea motriz.	62
2.2.3. Resultados para el analisis aplicado a la banda transportadora.....	65
2.3.Reductor	68
2.3.1. Calculo de velocidad del reductor.....	69
2.3.2. Determinacion de los diametros de las poleas.	70
2.4.Elemento de generador de vibracion	73
2.4.1. Resultado para el analisis aplicado a la biela.	75
2.4.2. Resultado para el analisis aplicado al perno de polea.....	78
2.4.3. Resultado para el analisis aplicado a la cabeza de polea.	81
2.4.4. Resultado para el analisis aplicado al pasador.....	84
2.4.5. Caracteristicas del secador.	88
2.5.Control	91
2.6. Programa de adquisicion y envio de datos.....	91
2.7. Programa principal.....	91
2.7.1. Programa del panel frontal de control.....	92
2.8.Etapa de potencia.	95
2.9. Acondicionamiento de señales.....	103
2.9.1. Acondicionamiento de transductores.....	104
2.10. Amplificador de instrumentacion basico.....	106
2.10.1. Amplificador de instrumentacion AD620.....	108
2.11. Medidor de temperatura digital.....	110

CAPITULO III: PRUEBAS.

3.1 Pruebas.....	111
------------------	-----

RESULTADOS.....	117
CONCLUSIONES.....	121
RECOMENDACIONES.....	122
BIBLIOGRAFIA.....	123

ÍNDICE DE FIGURAS

ANTECEDENTES

Figura A. Sistema de carne.....	5
---------------------------------	---

CAPITULO I: FUNDAMENTOS.

Figura 1.3.1. Curva de humedad.....	11
Figura.1.6.1. Balance de materia y energia.....	15
Figura 1.7.1. Gradientes de temperatura en secador continuo a contracorriente..	16
Figura 1.7.2. Relaciones temperatura-humedad en un secador continuo.....	17
Figura 1.9.1. Tarjeta USB-6009.....	22
Figura 1.12.1.1. Diagrama a bloques del sistema.....	29
Figura 1.15.1. Termopar tipo J.....	33
Figura 1.15.2. Ley de termopares.....	34
Figura 1.15.3. Insertar una guia adicional a la region isometrica.....	35
Figura 1.15.1.1. Grafica de respuesta de los termopares.....	40

CAPITULO II: PROCEDIMIENTO.

Figura 2.2.1. Banda transportadora.....	56
Figura 2.2.2. Banda transportadora sobre polea.....	57
Figura 2.2.3. Banda transportadora vista superior.....	57
Figura 2.2.4. Banda transportadora con vibrador.....	57
Figura 2.2.5. Fuerza de carga de la banda.....	58
Figura 2.2.6. Distribucion de la carga en banda transportadora.....	58
Figura 2.2.1.1. Tensiones.....	61
Figura 2.2.1.2. Desplazamientos.....	61
Figura 2.2.1.3. Deformación unitaria.....	62
Figura 2.2.2.1. Tensiones.....	64
Figura 2.2.2.2. Desplazamientos.....	64
Figura 2.2.2.3. Deformación unitaria.....	65
Figura 2.2.3.1. Tensiones.....	67
Figura 2.2.3.2. Desplazamientos.....	67
Figura 2.2.3.3. Deformación unitaria.....	68
Figura 2.3.1.1. Reductor con poleas.....	73
Figura 2.3.1.2. Vistas del reductor de velocidad.....	73
Figura 2.4.1. Ensamble completo del equipo generador de vibracion.....	74

Figura 2.4.2. Amplitud de la vibracion.....	75
Figura 2.4.1.1. Tensiones.....	77
Figura 2.4.1.2. Desplazamientos.....	77
Figura 2.4.1.3. Deformación unitaria.....	78
Figura 2.4.2.1. Tensiones.....	80
Figura 2.4.2.2. Desplazamientos.....	80
Figura 2.4.2.3. Deformación unitaria.....	81
Figura 2.4.3.1. Tensiones.....	83
Figura 2.4.3.2. Desplazamientos.....	83
Figura 2.4.3.3. Deformacion unitaria.....	84
Figura 2.4.4.1. Tensiones.....	86
Figura 2.4.4.2. Desplazamientos.....	86
Figura 2.4.4.3. Deformación unitaria.....	87
Figura 2.4.5.1. Secador de víscera.....	88
Figura 2.4.5.2. Proceso de secado de víscera.....	89
Figura 2.4.5.3. Movimiento del reductor y vibrador.....	90
Figura 2.7.1. Panel frontal principal.....	92
Figura 2.7.1.1. Diagrama a bloques VI principal.....	93
Figura 2.7.1.2. Formula node.....	94
Figura 2.7.1.3. Write to measurement file.....	94
Figura 2.7.1.4. Bloque tarjeta de datos.....	95
Figura 2.8.1. Símbolo del optoacoplador.....	97
Figura 2.8.2. Circuito etapa de potencia.....	97
Figura 2.8.3. Símbolo del Triac MAC4M.....	98
Figura 2.8.4. Software de Intralox.....	103
Figura 2.10.1. Circuito amplificador industrial.....	107
Figura 2.10.1.1. Amplificador AD620.....	109
Figura 2.11.1. Medidor de temperatura digital TD302.....	110
CAPITULO III: PRUEBAS.	
Figura 3.1. Víscera de pollo seca y húmeda.....	111
Figura 3.2. Peso y temperatura de víscera húmeda.....	112
Figura 3.3. Víscera ya cocida.....	112
Figura 3.4. Víscera para la prueba 2.....	113
Figura 3.5. Radiador automotriz y ventilador.....	113

Figura 3.6. Visera después de someter a secado.....	114
Figura 3.7. Peso de la víscera seca.....	114
Figura 3.8. Víscera cocida	115
Figura 3.9. Víscera escurrida.....	115
Figura 3.10. Sedimentos.....	116
Figura 3.11. Sedimentos de viscera.	116

ÍNDICE DE TABLAS

ANTECEDENTES

Tabla A. Anomalías.	6
Tabla 1.15.1. Composición y designación de letras de los termopares.....	32
Tabla 1.15.1.1. Tipos de termopares.....	39
Tabla 1.17.1. Entrada de materias primas.....	42
Tabla 1.18.1. Producción de subproductos.	43
Tabla 1.19.1. Unitarios de combustóleo y energía eléctrica.	44

CAPITULO II: PROCEDIMIENTO.

Tabla 2.1.1. Propiedades de material usado para todas las piezas del equipo.	54
Tabla 2.2.1. Análisis de apoyo de la banda transportadora.....	59
Tabla 2.2.2.1. Análisis aplicado a la polea.....	62
Tabla 2.2.3.1. Análisis aplicado a la banda transportadora.	65
Tabla 2.4.1.1. Análisis aplicado a la biela.....	75
Tabla 2.4.2.1. Análisis aplicado a perno.....	78
Tabla 2.4.3.1. Análisis aplicado a cabeza de polea.....	81
Tabla 2.4.4.1. Análisis a pasador.....	84
Tabla 2.8.1. Característica del TRIAC	98
Tabla 2.8.2. Características del optoacoplador.....	100

RESULTADOS.

Tabla de resultados.	117
Tabla de beneficios de consumo de energía eléctrica.....	119
Tabla de beneficios por consumo de combustóleo.....	120
Tabla de beneficios por consumo de energía eléctrica y combustóleo.....	120

RESUMEN

En el siguiente informe se presenta el desarrollo de un sistema para incrementar la eficiencia del proceso de rendimientos de la planta BACHOCO, Celaya.

Se estudió el proceso y se identificó que la manera de mejorar la eficiencia es quitarle la mayor cantidad de humedad que tiene el producto que entra al súper-cocedor.

Se realizó la propuesta de diseñar un secador de Viscera colocado antes de la llegada al súper-cocedor con la finalidad de reducir el tiempo de cocción de la misma dando un incremento en la eficiencia y por lo tanto una reducción en tiempo de producción y consumo de energía eléctrica y combustóleo, además aumentando el tiempo entre mantenimientos de los equipos.

ANTECEDENTES

BACHOCO

Mayor empresa avícola de México y uno de los 10 principales productores y distribuidores de pollo a nivel mundial con más de 400 instalaciones a lo largo del país. Mantiene cuatro líneas de producto, pollo, huevo, cerdo y alimento balanceado con una producción de más de 8 millones de pollo por semana.

Con más de 700 instalaciones de producción y comercialización ubicadas a lo largo del país, las operaciones de la compañía incluyen preparación de alimento, crianza de aves reproductoras, incubación de pollito, crianza de pollo de engorda, proceso, empaque y distribución de producto de pollo.

Distribuye sus productos desde sus nueve plantas procesadoras de aves (localizadas en Celaya, Gto., Culiacán, Sin., Puebla, Pue., Lagos de Moreno, Jal., Coatzacoalcos, Ver., Mérida, Yuc. (tres plantas) y Gómez Palacios, Dgo.), hacia sus centros de ventas que cuentan con red de frío, desde donde se atiende a mayoristas, autoservicios, minoristas y cadenas de comida rápida. La estructura de Bachoco incluye 60 centros de ventas complementados con una importante flotilla de transportes.

Misión

Empresa de alto desempeño en el mercado del Tratado de Libre Comercio, con productos alimenticios de origen animal que logra la satisfacción de sus clientes, empleados y accionistas y contribuye de manera significativa con la sociedad.

Visión

Bachoco todos los días presente en la alimentación de los mexicanos.

Historia

Empresa fundada en 1952 por la familia Robinsón Bours en el Estado de Sonora, México, ha crecido hasta convertirse en la empresa líder de la industria avícola en México y uno de los diez principales productores y distribuidores de pollo a nivel mundial.

En 1974, la Compañía inició operaciones en Celaya, localizada en la región agrícola del Bajío Mexicano, para atender la zona metropolitana de la Cd. de México.

Productos

Pollo vivo.

Pollo rosticero.

Pollo tipo mercado público.

Pollo tipo supermercado.

Partes de pollo.

Productos de Valor Agregado.

Huevo para plato.

Alimento balanceado.

Cerdo y otros.

Planta de rendimientos.

La planta de rendimientos es la encargada de procesar la materia prima no consumible del pollo (víscera, pluma y sangre), la cual se utiliza para la elaboración de harinas que son enviadas a otra planta para la generación de alimentos, recibe una carga promedio al día de 80 toneladas de víscera, 60 toneladas de pluma y 17 toneladas de sangre proveniente de la Planta Procesadora de Aves ubicada en Celaya, Guanajuato.

Para nuestro trabajo nos enfocaremos únicamente en el sistema de Harina de Carne, el cual utiliza como materia prima la víscera.

Los principales equipos que contiene este sistema son los siguientes:

Separador de víscera: tanque rotatorio que tiene como finalidad la separación de agua de la víscera.

Tolva de víscera: lugar donde se almacena la víscera en la planta procesadora de aves para posteriormente trasladarla a la planta de rendimientos

Bomba inteligente: actuador que se encarga de dosificar la cantidad de víscera de la tolva a una pipa.

Tolva de vísceras 2: lugar donde es depositada la víscera en la planta de rendimientos.

Transportador: mueve la víscera de la tolva de almacenamiento 2 al interior del cocedor.

Cocedor: la finalidad es que en un tiempo de 20 minutos la víscera este completamente cocida, trabaja con vapor de agua a una temperatura que oscila entre 130 y 140 C.

Prensa: es utilizada para comprimir la víscera que sale del cocedor para separar el aceite de la carne cocida.

Molino: muele la carne que sale de la prensa para convertirla en harina

Centrifuga: separa los sólidos del aceite que sale de la prensa y los manda nuevamente al cocedor, el aceite lo manda a un depósito donde es almacenado para su venta.

Sistema de olores: encargado de limpiar los vapores que provienen del cocedor.

Sistema de Harina de Carne

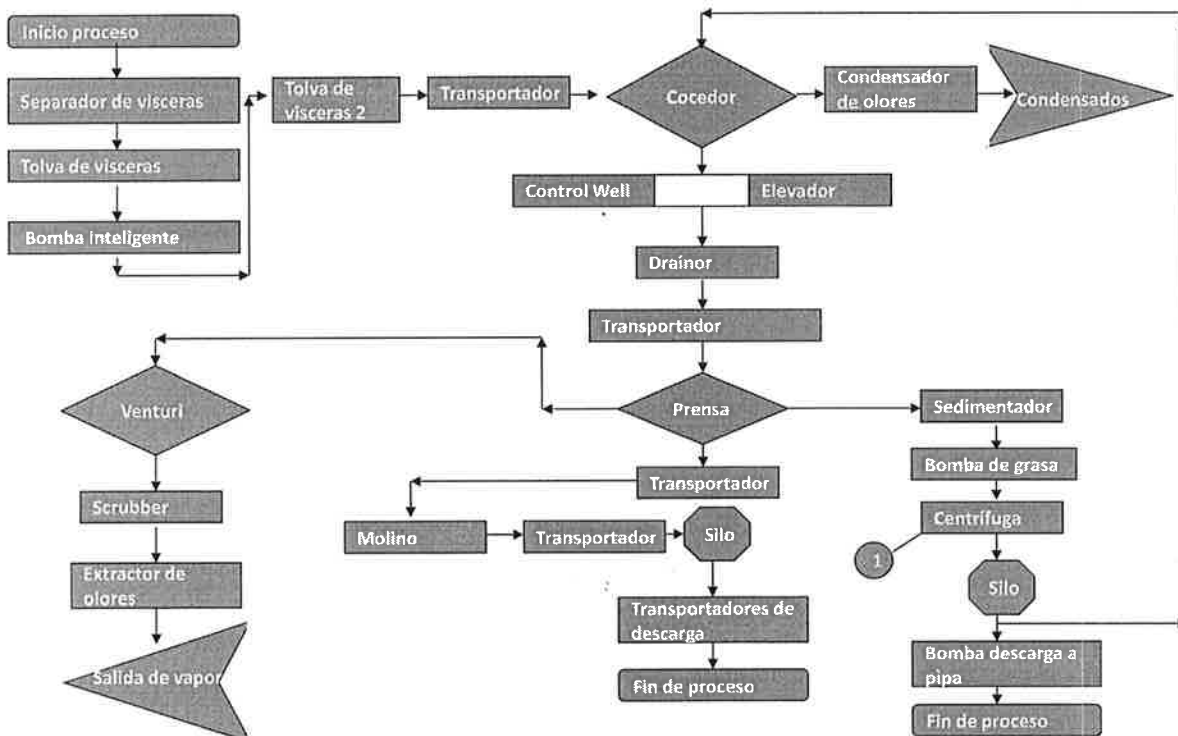


Fig. A. Sistema de carne

DEFINICION DEL TEMA

En el recorrido en planta se observaron las siguientes anomalías:

006016

Tabla. A. Anomalías.

Anomalia	Posible solución
Fugas de vapor en conexiones roscables	Hacer programación para corrección de fugas
Fugas de vapor en el área de calderas	Hacer programación para corrección de fugas
El tubo de alivio de sobrepresión del tanque de condensados está mal colocado	Buscar la reinstalación adecuada de tubería
El tanque de combustóleo tiene un pequeño goteo	Coordinar con mantenimiento y seguridad la corrección de la fuga
Fuga en bombas de combustóleo	Informar a mantenimiento y atacar a la brevedad
Cableado de bombas sin protección	Ubicarlos en un rack
Un tanque que se encuentra en la parte de atrás afuera del área de calderas tiene la descarga de la válvula de alivio hacia un costado	Buscar la reubicación adecuada de la válvula
Un ventilador tiene las guardas y el soporte con mucha vibración	Reportar a mantenimiento y asegurarlas para corregir la vibración
La bomba lavadora de gases tiene una fuga considerable de agua	Informar a mantenimiento y atacar a la brevedad
Falta delimitar el área de cada equipo	Hacer un plan para la delimitación de los equipos
Los acondicionadores de aire de cuarto de control no son de uso industrial y uno de los que están tiene un goteo constante.	Cambiarlos por acondicionadores de uso industrial
Equipos operando entre un 40 y 70% de su eficiencia	Reportar a supervisor de planta
Llegada de víscera con mucha humedad	Realizar un sistema de secado

Al corregir estas anomalías mejoraremos en una parte la eficiencia del proceso, pero la manera de aumentar en mayor porcentaje la eficiencia del proceso es disminuir el tiempo que tarda en operación el supercocedor

El problema principal detectado en el proceso es que la víscera llega con demasiada agua, con lo cual hacemos la propuesta de un equipo capaz de quitarle la mayor parte de humedad y a la vez proporcionarle un precalentamiento a la víscera antes de que entre al supercocedor.

JUSTIFICACION

El cocimiento de la víscera se efectúa en aceite a una temperatura de 130°C, la fuente de calor proviene de vapor de agua que proviene de una caldera alimentada por combustóleo.

La víscera al llegar al supercocedor con humedad y entrar en contacto con el aceite le disminuye la temperatura, como el aceite debe mantenerse a 130°C exige mayor cantidad de vapor y por ende mayor consumo de combustóleo.

El secado y precalentamiento de la víscera tiene como finalidad reducir el tiempo de cocción y el consumo de combustóleo, ya que al entrar la víscera sin humedad y a una temperatura mayor a la temperatura ambiente al supercocedor no demandará la misma cantidad de vapor para mantener el aceite a la temperatura de 130°C.

OBJETIVOS

Objetivo general

Aumentar la eficiencia en el proceso de harina de carne

Objetivos específicos

Realizar pruebas de cocción.

Elaborar un equipo para quitar la humedad y precalentar la víscera.

Elaborar un sistema de control.

CAPITULO I

FUNDAMENTOS

1.1 Secado

Por lo general, el término secado se refiere a la eliminación de humedad en una sustancia. Por ejemplo, un sólido húmedo, como madera, tela o papel, puede secarse por evaporación de la humedad ya sea en una corriente de gas o sin el beneficio del gas para acarrear el vapor; sin embargo, generalmente no se considera como secado la eliminación mecánica de esta humedad mediante el exprimido o centrifugado. Una solución puede “secarse” esparciéndola en forma de pequeñas gotas en un gas caliente y seco, lo que provoca la evaporación del líquido; empero, la evaporación de la solución mediante ebullición en ausencia de un gas para arrastrar la humedad por lo común se considera una operación de secado. Los gases y líquidos que contienen pequeñas cantidades de agua pueden secarse mediante operaciones de adsorción.

1.2 Equilibrio.

El grado de presión de vapor que ejerce la humedad contenida en un sólido húmedo o en una solución líquida depende de la naturaleza de la humedad, la naturaleza del sólido y la temperatura. Por tanto, si un sólido húmedo se expone a una corriente continua de gas fresco que contiene una presión parcial dada del vapor P , el sólido o bien perderá humedad por evaporación o ganará humedad del gas, hasta que la presión de vapor de la humedad del sólido sea igual a P . Entonces, el sólido y el gas están en equilibrio, y el contenido de humedad del sólido se conoce como su contenido de humedad en el equilibrio en las condiciones predominantes.

1.3 Definiciones.

Como conveniente referencia se van a resumir a continuación ciertos términos que se utilizan para describir el contenido de humedad de las sustancias.

Contenido de humedad, en base húmeda. El contenido de humedad de un sólido o solución generalmente se describe en función del porcentaje en peso de humedad; a menos que se indique otra cosa, se sobreentiende que está expresado en base húmeda, es decir, como $(\text{kg humedad}/\text{kg sólido húmedo})100 = [\text{kg humedad}/(\text{kg sólido seco} + \text{kg humedad})]100 = 100X/(1 + x)$.

Contenido de humedad, base seca. Se expresa como $\text{kg humedad}/\text{kg sólido seco} = X$. Porcentaje de humedad, base seca = $100X$.

Humedad en el equilibrio x^* . Es el contenido de humedad de una sustancia que está en el equilibrio con una presión parcial dada del vapor.

Humedad ligada. Se refiere a la humedad contenida en una sustancia que ejerce una presión de vapor en el equilibrio menor que la del líquido puro a la misma temperatura.

Humedad no ligada. Se refiere a la humedad contenida en una sustancia que ejerce una presión de vapor en el equilibrio igual a la del líquido puro a la misma temperatura.

Humedad libre. La humedad libre es la humedad contenida por una sustancia en exceso de la humedad en el equilibrio: $X - x^*$. Sólo puede evaporarse la humedad libre; el contenido de humedad libre de un sólido depende de la concentración del vapor en el gas. Estas relaciones se muestran en forma gráfica en la siguiente figura, para un sólido con un contenido de humedad X expuesto a un gas de humedad relativa A .

Con las definiciones anteriores podemos entender lo indicado en la siguiente figura (1.3.1) en cuestión a la curva de humedad en el equilibrio.

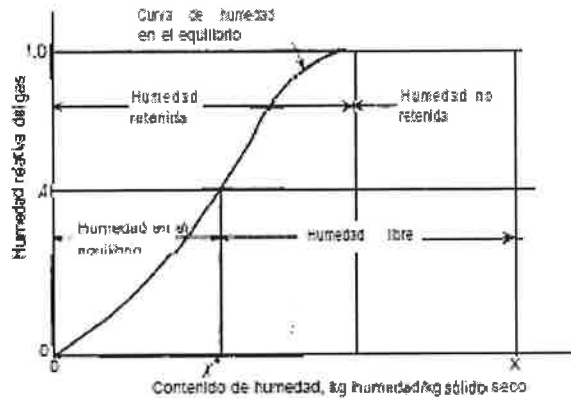


Fig. (1.3.1). Curva de humedad.

1.4 Operaciones de secado.

Las operaciones de secado pueden clasificarse ampliamente según que sean por lotes o continuas. Estos términos pueden aplicarse específicamente desde el punto de vista de la sustancia que está secando. Así, la operación denominada **secado por lotes**, generalmente es un proceso en semilotes, en donde una cierta cantidad de sustancia que se va a secar se expone a una corriente de aire que fluye continuamente, en la cual se evapora la humedad. En **las** operaciones continuas, tanto la sustancia que se va a secar, como el gas pasan continuamente a través del equipo. Generalmente, no se utilizan métodos normales por etapas; en todas las operaciones ocurre el contacto continuo entre el gas y la sustancia que se seca.

El equipo que se utiliza para el secado se puede clasificar de acuerdo con el tipo del equipo y por la naturaleza del proceso de secado. La clasificación siguiente es útil para delinear las teorías de secado y los métodos de diseño.

1. **Método de operación, o sea, por lotes o continuo.** El equipo por lotes, o semilotes, se opera intermitente o cíclicamente en condiciones 'de estado no estacionario: el secador se carga con la sustancia, que permanece en el equipo

hasta que se seca; entonces, el secador se descarga y se vuelve a cargar con un nuevo lote. Los secadores continuos generalmente se operan en estado estacionario.

2. Método de obtención del calor necesario para la evaporación de la humedad. En *los* secadores **directos**, el calor se obtiene completamente por contacto directo de la sustancia con el gas caliente en el cual tiene lugar la evaporación. En los secadores **indirectos**, el calor se obtiene independientemente del gas que se utiliza para acarrear la humedad evaporada. Por ejemplo, el calor puede obtenerse por conducción a través de una pared metálica en contacto con la sustancia o, con menos frecuencia, por exposición de la sustancia a radiación infrarroja o calentamiento dieléctrico. En este último caso, el calor se genera dentro del sólido mediante un campo eléctrico de alta frecuencia.

3. Naturaleza de la sustancia que se va a secar. La sustancia puede ser un sólido rígido como madera o triplay, un material flexible como tela o papel, un sólido granular, como una masa de cristales, una pasta ligera o un lodo ligero, o una solución. Si es un sólido, puede ser frágil o fuerte. La forma física de la sustancia y los diferentes métodos de manejo necesarios tienen tal vez, la mayor influencia sobre el secador que se va a utilizar.

1.4.1 Secado continuo.

El secado continuo ofrece las ventajas siguientes: generalmente el equipo necesario es pequeño en comparación con la cantidad de producto; la operación se integra fácilmente con la fabricación química continua, sin necesidad del almacenamiento intermedio; el producto tiene un contenido más uniforme de humedad, y el costo de secado por unidad de producto es relativamente pequeño. Como en el caso del secado por lotes, la naturaleza del equipo que se utiliza depende bastante del tipo de material que se va a secar. Pueden utilizarse el secado directo o indirecto y algunas veces los dos.

En muchos de los secadores directos el sólido se mueve a través del secador mientras que está en contacto con una corriente móvil de gas. El gas y el sólido pueden fluir en paralelo o a contracorriente; asimismo, el gas puede fluir tangencialmente a la trayectoria del sólido. Si el calor no se proporciona dentro - del secador ni se pierde hacia el entorno, la operación es adiabática; entonces, el gas perderá calor sensible y se enfriará mientras la humedad evaporada absorbe calor latente de evaporación. Si el calor se proporciona dentro del secador, el gas puede mantenerse a temperatura constante. En la operación adiabática a contracorriente, el gas más caliente está en contacto con el sólido más seco; por lo tanto, el sólido descargado se calienta a una temperatura que se puede aproximar a la del gas entrante. Esto proporciona el secado más rápido; en efecto, especialmente en el caso de la humedad ligada, las últimas trazas son las más difíciles de eliminar y esto se hace más rápidamente a temperaturas elevadas. Por otra parte, el sólido seco puede descomponerse al calentarse a altas temperaturas. Además, el sólido descargado caliente acarreará considerable calor sensible, con lo cual se disminuye la eficiencia térmica de la operación de secado.

En la operación adiabática en paralelo, el sólido húmedo se pone en contacto con el gas más caliente. Mientras esté presente la humedad superficial no contenida, el sólido se calentará únicamente a la temperatura de bulbo húmedo del gas; por esta razón, aun los sólidos sensibles al calor pueden secarse con frecuencia mediante un gas bastante caliente en flujo paralelo. Por ejemplo, un gas combustible típico que se obtiene de la combustión de un combustible, que puede tener una humedad de 0.03 kg vapor de agua/kg gas seco a 430 °C, tiene una temperatura de bulbo húmedo de sólo, aproximadamente, 65 °C. En cualquier caso, la temperatura de bulbo húmedo nunca puede exceder el punto de ebullición del líquido a la presión predominante. En la salida del secador, el gas se ha enfriado considerablemente; no se daña el sólido seco. En los casos en que el sólido no debe secarse completamente, el flujo en paralelo también permite un mayor control del contenido de humedad del sólido descargado, porque así se

controla la cantidad de gas que pasa a través del secador; en consecuencia, también se controla su temperatura de salida y humedad. Por esta razón, también se utiliza para evitar el endurecimiento y otros problemas asociados con el secado por lotes.

1.5 Secadores neumáticos (instantáneos)

Si la velocidad del gas en un lecho fluidizado se incrementa hasta las velocidades terminal de las partículas sólidas individuales, estas son levantadas del lecho y acarreadas junto con el gas fluidizante. Estas mezclas de partículas de sólido y gas son características de los **secadores instantáneos o neumáticos**. Los sólidos granulares, al fluir libremente, se dispersan en una corriente de gas caliente que fluye con rapidez (25 m/s), con un tiempo de exposición de unos segundos). Estos tiempos breves de secado limitan el método a los casos en que sólo se tiene humedad superficial, en donde no es importante la difusión interna de la humedad dentro del sólido.

1.6 Balances de materia y entalpía

En la siguiente figura se muestra un diagrama de flujo para un secador continuo, arreglado para el flujo a contracorriente. El sólido entra con un flujo S_s masa sólido seco/tiempo (área); se seca de X_1 a X_2 , masa humedad/masa sólido seco y sufre un cambio de temperatura de t_{s1} a t_{s2} . El gas fluye con una rapidez G_s masa gas seco/tiempo (área) y sufre un cambio de humedad de Y_2 a Y_1 masa humedad/masa gas seco y un cambio de temperatura t_{g1} a t_{g2} ver figura (1.6.1). Entonces, un balance de humedad es:

$$S_s X_1 + G_s Y_2 = S_s X_2 + G_s Y_1$$

$$S_s (X_1 - X_2) = G_s (Y_1 - Y_2)$$

La entalpía del sólido húmedo está dada por

$$H'_s = C_s(t_s - t_0) + XC_A(t_s - t_0) + \Delta H$$

H'_s = Entalpia del sólido húmedo en t_s , con respecto al sólido líquido a la temperatura de referencia t_0 , energía/masa sólido seco.

C_s = Capacidad calorífica del sólido seco, energía/masa (temp.)

C_A = Capacidad calorífica de la humedad, como un líquido, energía/masa (temp.)

ΔH = Calor integral de humidificación (adsorción, hidratación o solución) con referencia al líquido y solido puro, en t_0 , energía/masa sólido seco

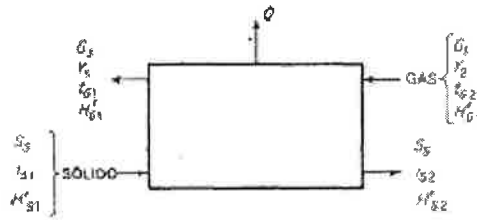


Fig. (1.6.1). Balance de materia y energía

La humedad contenida generalmente exhibe un calor de humidificación, aunque no se tienen muchos datos. Si la pérdida neta de calor en el secador es Q energía/tiempo, el balance de entalpía se vuelve

$$S_s H'_{s1} + G_s H'_{G2} = S_s H'_{s2} + G_s H'_{G1} + Q$$

Para la operación adiabática, $Q = 0$, y si se proporciona calor dentro del secador a un grado mayor que las pérdidas caloríficas, Q es negativa.

1.7 Rapidez del secado para secadores de calentamiento directo continuo.

Los secadores de calentamiento directo se dividen mejor en dos categorías, según que predominen las temperaturas altas o bajas. Para la operación a temperaturas mayores del punto de ebullición de la humedad por evaporar, la humedad del gas

sólo tiene un efecto mínimo sobre la rapidez del secado; es más fácil trabajar directamente con la rapidez de transferencia de calor. A temperaturas menores del punto de ebullición, las fuerzas motrices de la transferencia de masa se establecen convenientemente. En cualquier caso, se debe acentuar que son necesarias las pruebas experimentales debido al imperfecto conocimiento de los mecanismos de secado. Los cálculos sólo son útiles para una aproximación.

Secado a altas temperaturas En una situación normal, en estos secadores se distinguen tres zonas separadas, que pueden reconocerse por la variación de la temperatura del gas y del sólido en las diferentes partes del secador. Obsérvese la siguiente figura (1.7.1), en donde las temperaturas típicas se muestran en forma esquemática mediante las líneas sólidas para un secador a contracorriente. En la zona 1, la zona de precalentamiento, el sólido se calienta mediante el gas, hasta que la rapidez de transferencia de calor al sólido se equilibra mediante los requerimientos caloríficos para la evaporación de la humedad. Realmente, ocurre poco secado aquí. En la zona II, la temperatura en el equilibrio del sólido permanece básicamente constante, mientras que se evaporan la humedad superficial y no ligada. En el punto *B*, se alcanza la humedad crítica del sólido; en la zona III, ocurren el secado de la superficie no saturada y la evaporación de la humedad ligada. Suponiendo que los coeficientes de transferencia de calor permanecen básicamente constantes, el periodo decreciente de la rapidez de evaporación en la zona III provoca un aumento en la temperatura del sólido; la temperatura de descarga del sólido se aproxima a la temperatura de entrada del gas.

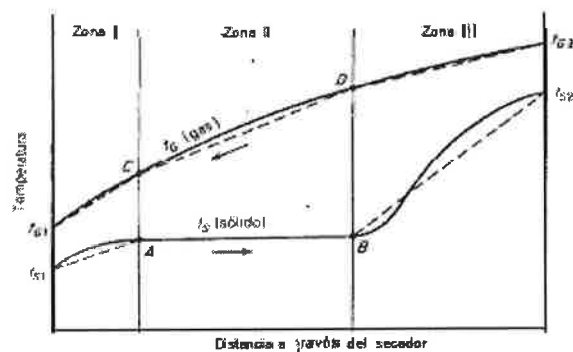


Fig. (1.7.1) Gradientes de temperatura en un secador continuo a contracorriente.

La zona II representa la parte principal para muchos secadores; es importante considerar las relaciones de temperatura-humedad del gas cuando éste pasa a través de esta sección. En la carta psicrométrica, el punto D representa las condiciones del gas en el punto correspondiente D en la figura 1.7.2 Si el secado es adiabático, o sea, sin adición o pérdida de calor en el secador, la línea de saturación adiabática DC, representara la variación de la humedad y la temperatura del gas cuando pasa a través de esta sección del secador; las condiciones del gas que sale de esta zona (punto C, Fig. 1.7.2) se muestran en C, en la figura. La temperatura superficial del sólido, que puede calcularse mediante los métodos antes descritos para el secado por lotes, variará de aquélla en S, (correspondiente al punto B de la Fig. 1.7.2) hasta S,' (correspondiente al punto A). Si se pueden despreciar la radiación y la conducción a través del sólido, éstas son las temperaturas de bulbo húmedo correspondientes a D y C, respectivamente. Para el sistema aire-agua, cuyas temperaturas de bulbo húmedo y de saturación adiabática son iguales, las dos estarán dadas por una prolongación de la línea de saturación adiabática DC, hasta la curva de humedad a saturación. Las pérdidas caloríficas pueden hacer que el gas siga una trayectoria como DC. Por otra parte, si en esta sección se le proporciona calor al gas, la trayectoria estará representada por una línea como DC3; si el gas se mantiene a temperatura constante, por la línea DC, en este último caso, la temperatura superficial del sólido variara desde S, hasta S. Para cualquier secador específico, las temperaturas y humedades pueden calcularse mediante los balances de humedad y entalpía, los cuales se aplican a cada sección por separado.

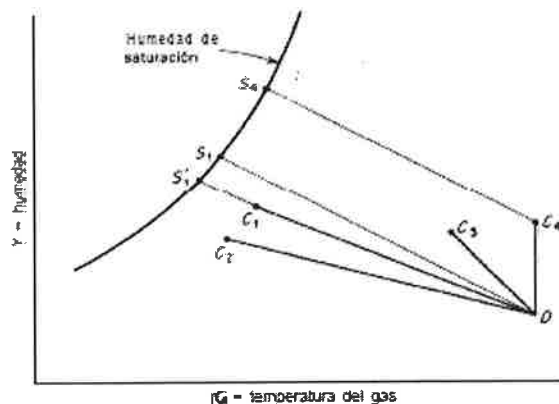


Fig. (1.7.2) Relaciones temperatura-humedad en un secador continuo.

Considerando únicamente la transferencia de calor desde el gas y despreciando cualquier transferencia de calor indirecta entre el sólido y el secador, la pérdida de calor del gas q_g puede igualarse a la que se transfiere al sólido q y a las pérdidas Q . Para una longitud diferencial del secador, dZ , se tiene

$$dq_G = dq + dQ$$

Reordenando

$$dq = dq_G - dQ = U dS(t_G - t_s) = Ua(t_G - t_s)dZ$$

En donde

U = Coeficiente global de transferencia de calor entre el gas y el sólido

$t_G - t_s$ = Diferencia de temperatura para la transferencia de calor

S = Superficie inter-facial/sección transversal del secador

a = Superficie inter-facial/volumen del secador

Entonces

$$dq = G_S C_S dt'_G = Ua(t_G - t_s)dZ$$

en donde dt' es la caída de temperatura experimentada por el gas como resultado de la transferencia de calor únicamente al sólido, sin considerar las pérdidas; C_s es el calor húmedo.

$$dN_{tOG} = \frac{dt'_G}{t_G - t_s} = \frac{Ua dZ}{G_S C_S}$$

Y si el coeficiente de transferencia de calor es constante,

$$N_{tOG} = \frac{\Delta t'_G}{\Delta t_m} = \frac{z}{H_{tOG}}$$

$$H_{tOG} = \frac{G_s C_s}{Ua}$$

en donde

N_{tOG} =Número de unidades de transferencia de calor

H_{tOG} =Longitud de la unidad de transferencia de calor

$\Delta t'_G$ = Cambio en la temperatura del gas debido a la **transferencia de calor únicamente hacia el sólido**

t_m = Diferencia de temperatura promedio adecuada entre el gas y el sólido

Si los perfiles de temperatura en el secador pueden idealizarse como líneas rectas, como las líneas punteadas, entonces, **para cada zona tomada por separado** Δt es el promedio logarítmico de las diferencias de temperatura terminales y N_{tOG} el número de unidades de transferencia correspondiente a cada zona. En el caso de la zona III, esta simplificación será satisfactoria para la evaporación de la humedad de la superficie no saturada, mas no para la humedad ligada ni para el caso en que la difusión interna de la humedad controle la rapidez de secado.

1.8 Secado a bajas temperaturas

Los secadores continuos que operan a bajas temperaturas pueden dividirse en zonas, de la misma manera que los secadores a altas temperaturas. Puesto que la humedad superficial se evaporará a una temperatura comparativamente baja en la zona II, la zona de precalentamiento generalmente puede ignorarse; solo se necesitan considerar las zonas II y III. En la zona II se evaporan la humedad no contenida y la superficial, como se analizó previamente; el contenido de humedad

del sólido cae hasta el valor crítico X_c . La rapidez de secado en esta zona sería constante, si no fuese por las condiciones variantes del gas. En la zona III, ocurren el secado de la superficie no saturada y la evaporación de la humedad contenida; la humedad del gas aumenta desde su valor inicial Y_2 hasta Y_c . Esta última puede calcularse aplicando a cualquier zona por separado la relación para el balance de materia. El tiempo de retención puede calcularse integrando la siguiente ecuación.

$$\theta = \theta_{II} + \theta_{III} = \frac{S_s}{A} \left(\int_{x_c}^{x_1} \frac{dX}{N} + \int_{x_2}^{x_c} \frac{dX}{N} \right)$$

en donde A/S_s es la superficie específica expuesta que se está secando, área/masa sólido seco.

Zona II, $X > X_c$. El flujo N está dado por la ecuación

$$\theta_{II} = \frac{S_s}{A} \frac{1}{K_y} \left(\int_{x_c}^{x_1} \frac{dX}{Y_s - Y} \right)$$

Puesto que $G_s dY = S_s dX$, y se vuelve en la ecuación.

$$\theta_{II} = \frac{G_s S_s}{S_s A} \frac{1}{K_y} \left(\int_{Y_c}^{Y_1} \frac{dY}{Y_s - Y} \right)$$

si se pueden despreciar los efectos de la radiación y de la conducción, Y_s para cualquier valor de Y sobre la línea **DC**, es la humedad a saturación a la temperatura correspondiente de bulbo húmedo.

Para el caso en que Y_s es constante, como para el secado adiabático de agua en aire,

$$\theta_{II} = \frac{G_s S_s}{S_s A K_y} \frac{1}{Y_s - Y_1} \ln \frac{Y_s - Y_c}{Y_s - Y_1}$$

Zona III, $X < X_c$. Se aplica cuando ocurre el secado de la superficie no saturada y cuando la rapidez de secado depende estrictamente de las condiciones predominantes en cualquier momento, independientemente de cómo haya sido hasta entonces el secado.

$$N = \frac{N_c(X - X^*)}{X_c - X^*} = \frac{K_y(Y_s - Y)(X - X^*)}{X_c - X^*}$$

$$\theta_{III} = \frac{S_s X_c - X^*}{A K_y} \int_{x_2}^{x_c} \frac{dX}{(Y_s - Y)(X - X^*)}$$

El balance de materia da

$$Y = Y_2 + (X - X_2) \frac{S_s}{G_s}$$

La humedad superficial Y_s se encuentra de la forma descrita previamente; X^* está dada por la curva de humedad en el equilibrio para la Y apropiada.

Para el caso especial de que la humedad contenida sea despreciable, ($X^* = 0$) y Y_s sea constante (secado adiabático), tenemos la siguiente fórmula

$$\theta_{III} = \frac{G_s X_c S_s}{S_s K_y A} \frac{1}{(Y_s - Y_2) \left(\frac{G_s}{S_s} + X_2 \right)} \ln \frac{X_c(Y_s - Y_2)}{X_2(Y_s - Y_c)}$$

Estos métodos no se deben aplicar a sólidos cuya resistencia interna al movimiento de la humedad es grande, en donde la difusión interna controla la

rapidez de secado y en donde ocurre endurecimiento. En estos casos, la rapidez instantánea de secado en condiciones variables no es simplemente una función de las condiciones predominantes, sino que también depende de cómo haya sido hasta entonces el secado. Respecto de estos sólidos, es mejor determinar el tiempo para el secado experimentalmente, con una prueba cuidadosamente planeada en la cual se simule la acción a contracorriente del secador continuo.

1.9 Adquisición de datos.

La adquisición de datos o adquisición de señales, consiste en la toma de muestras del mundo real (sistema analógico) para generar datos que puedan ser manipulados por un ordenador u otras electrónicas (sistema digital). Consiste, en tomar un conjunto de señales físicas, convertirlas en tensiones eléctricas y digitalizarlas de manera que se puedan procesar en una computadora o PAC. Se requiere una etapa de acondicionamiento, que adecua la señal a niveles compatibles con el elemento que hace la transformación a señal digital. El elemento que hace dicha transformación es el módulo de digitalización o tarjeta de Adquisición de Datos (**DAQ**). Para este proyecto será utilizada la tarjeta DAQ USB-6009, que es la que cumple con las características necesarias fig. (1.9.1).



Fig.(1.9.1) Tarjeta USB-6009

1.10 Proceso de adquisición de datos

Definiciones

Dato: Representación simbólica (numérica, alfabética...), atributo o característica de un valor. No tiene sentido en sí mismo, pero convenientemente tratado (procesado) se puede utilizar en la relación de cálculos o toma de decisiones.

Adquisición: Recogida de un conjunto de variables físicas, conversión en voltaje y digitalización de manera que se puedan procesar en un ordenador.

Sistema: Conjunto organizado de dispositivos que interactúan entre sí ofreciendo prestaciones más completas y de más alto nivel. Una vez que las señales eléctricas se transformaron en digitales, se envían a través del bus de datos a la memoria del PC. Una vez los datos están en memoria pueden procesarse con una aplicación adecuada, archivarlas en el disco duro, visualizarlas en la pantalla, etc.

Bit de resolución: Número de bits que el convertidor analógico a digital (ADC) utiliza para representar una señal.

Rango: Valores máximo y mínimo entre los que el sensor, instrumento o dispositivo funcionan bajo unas especificaciones.

Teorema de Nyquist: Al muestrear una señal, la frecuencia de muestreo debe ser mayor que dos veces el ancho de banda de la señal de entrada, para poder reconstruir la señal original de forma exacta a partir de sus muestras. En caso contrario, aparecerá el fenómeno del aliasing que se produce al infra-muestrear. Si la señal sufre aliasing, es imposible recuperar el original. Velocidad de muestreo recomendada:

–2*frecuencia mayor (medida de frecuencia)

–10*frecuencia mayor (detalle de la forma de onda)

Los componentes de los sistemas de adquisición de datos, poseen sensores adecuados que convierten cualquier parámetro de medición de una señal eléctrica, que se adquiere por el hardware de adquisición de datos. Los datos adquiridos se visualizan, analizan, y almacenan en un ordenador, ya sea utilizando el proveedor de software suministrado u otro software. Los controles y visualizaciones se pueden desarrollar utilizando varios lenguajes de programación de propósito general como VisualBASIC, C++, Fortran, Java, Lisp, Pascal. Los lenguajes especializados de programación utilizados para la adquisición de datos incluyen EPICS, utilizada en la construcción de grandes sistemas de adquisición de datos, LabVIEW, que ofrece un entorno gráfico de programación optimizado para la adquisición de datos, y MATLAB. Estos entornos de adquisición proporcionan un lenguaje de programación además de bibliotecas y herramientas para la adquisición de datos y posterior análisis.

De la misma manera que se toma una señal eléctrica y se transforma en una digital para enviarla al ordenador, se puede también tomar una señal digital o binaria y convertirla en una eléctrica. En este caso el elemento que hace la transformación es una tarjeta o módulo de Adquisición de Datos de salida, o tarjeta de control. La señal dentro de la memoria del PC la genera un programa adecuado a las aplicaciones que quiere el usuario y, luego de procesarla, es recibida por mecanismos que ejecutan movimientos mecánicos, a través de servomecanismos, que también son del tipo transductores.

Un sistema típico de adquisición utiliza sensores, transductores, amplificadores, convertidores analógico - digital (A/D) y digital - analógico (D/A), para procesar información acerca de un sistema físico de forma digitalizada.

1.11 ¿Cómo se adquieren los datos?

La adquisición de datos se inicia con el fenómeno físico o la propiedad física de un objeto (objeto de la investigación) que se desea medir. Esta propiedad física o fenómeno podría ser el cambio de temperatura o la temperatura de una

habitación, la intensidad o intensidad del cambio de una fuente de luz, la presión dentro de una cámara, la fuerza aplicada a un objeto, o muchas otras cosas. Un eficaz sistema de adquisición de datos puede medir todas estas diferentes propiedades o fenómenos.

Un sensor es un dispositivo que convierte una propiedad física o fenómeno en una señal eléctrica correspondiente medible, tal como tensión, corriente, el cambio en los valores de resistencia o condensador, etc. La capacidad de un sistema de adquisición de datos para medir los distintos fenómenos depende de los transductores para convertir las señales de los fenómenos físicos mensurables en la adquisición de datos por hardware. **Transductores** son sinónimo de sensores en sistemas de **DAQ**. Hay transductores específicos para diferentes aplicaciones, como la medición de la temperatura, la presión, o flujo de fluidos. **DAQ** también despliega diversas técnicas de acondicionamiento de Señales para modificar adecuadamente diferentes señales eléctricas en tensión, que luego pueden ser digitalizados usando **CED**.

Las señales pueden ser digitales (también llamada señales de la lógica) o analógicas en función del transductor utilizado.

El acondicionamiento de señales suele ser necesario si la señal desde el transductor no es adecuado para la **DAQ** hardware que se utiliza. La señal puede ser amplificada o des-amplificada, o puede requerir de filtrado, o un cierre patronal, en el amplificador se incluye para realizar demodulación. Varios otros ejemplos de acondicionamiento de señales podría ser el puente de conclusión, la prestación actual de tensión o excitación al sensor, el aislamiento, linealización, etc. Este pre tratamiento de la señal normalmente lo realiza un pequeño módulo acoplado al transductor.

DAQ hardware son por lo general las interfaces entre la señal y un PC. Podría ser en forma de módulos que pueden ser conectados a la computadora de los puertos (paralelo, serie, USB, etc.) o ranuras de las tarjetas conectadas a (**PCI, ISA**) en la placa madre. Por lo general, el espacio en la parte posterior de una tarjeta PCI es

demasiado pequeño para todas las conexiones necesarias, de modo que una ruptura de caja externa es obligatoria. El cable entre este recuadro y el PC es cara debido a los numerosos cables y el blindaje necesario y porque es exótico. Las tarjetas **DAQ** a menudo contienen múltiples componentes (multiplexores, **ADC**, **DAC**, **TTL-IO**, temporizadores de alta velocidad, memoria RAM). Estos son accesibles a través de un bus por un micro controlador, que puede ejecutar pequeños programas. El controlador es más flexible que una unidad lógica dura cableada, pero más barato que una CPU: de modo que es correcto para bloquear con simples bucles de preguntas.

Driver software normalmente viene con el hardware **DAQ** o de otros proveedores, y permite que el sistema operativo pueda reconocer el hardware **DAQ** y dar así a los programas acceso a las señales de lectura por el hardware **DAQ**. Un buen conductor ofrece un alto y bajo nivel de acceso.

Ejemplos de Sistemas de Adquisición y control:

- **DAQ** para recoger datos (datalogger) medioambientales (energías renovables e ingeniería verde).
- **DAQ** para audio y vibraciones (mantenimiento, test).
- **DAQ** + control de movimiento (corte con laser).
- **DAQ** + control de movimiento+ visión artificial (robots modernos).

1.12 Tiempo de conversión.

Es el tiempo que tarda en realizar una medida el convertidor en concreto, y dependerá de la tecnología de medida empleada. Evidentemente nos da una cota máxima de la frecuencia de la señal a medir.

Este tiempo se mide como el transcurrido desde que el convertidor recibe una señal de inicio de "conversión" (normalmente llamada SOC, Start of Conversión) hasta que en la salida aparece un dato válido. Para que tengamos constancia de un dato válido tenemos dos caminos:

- Esperar el tiempo de conversión máximo que aparece en la hoja de características.
- Esperar a que el convertidor nos envíe una señal de fin de conversión.

Si no respetamos el tiempo de conversión, en la salida tendremos un valor, que dependiendo de la constitución del convertidor será:

- Un valor aleatorio, como consecuencia de la conversión en curso
- El resultado de la última conversión

1.12.1 Etapa de acondicionamiento de la señal.

Con más detalle, en una etapa de acondicionamiento podemos encontrar estas etapas, aunque no todas están siempre presentes:

- Amplificación
- Excitación
- Filtrado
- Multiplexado
- Aislamiento
- Linealización

Amplificación Es el tipo más común de acondicionamiento. Para conseguir la mayor precisión posible la señal de entrada deber ser amplificada de modo que su máximo nivel coincida con la máxima tensión que el convertidor pueda leer.

Aislamiento - Otra aplicación habitual en el acondicionamiento de la señal es el aislamiento eléctrico entre el transductor y el ordenador, para proteger al mismo de transitorios de alta tensión que puedan dañarlo. Un motivo adicional para usar aislamiento es el garantizar que las lecturas del convertidor no son afectadas por diferencias en el potencial de masa o por tensiones en modo común.

Cuando el sistema de adquisición y la señal a medir están ambas referidas a masa pueden aparecer problemas si hay una diferencia de potencial entre ambas masas, apareciendo un "bucle de masa", que puede devolver resultados erróneos.

Multiplexado - El multiplexado es la conmutación de las entradas del convertidor, de modo que con un sólo convertidor podemos medir los datos de diferentes canales de entrada. Puesto que el mismo convertidor está midiendo diferentes canales, su frecuencia máxima de conversión será la original dividida por el número de canales muestreados. Se aconseja que los multiplexores se utilicen antes del conversor y después del condicionamiento de la señal, ya que de esta manera no molestará a los aislantes que podamos tener.

Filtrado - El fin del filtro es eliminar las señales no deseadas de la señal que estamos observando. Por ejemplo, en las señales cuasi-continuas, (como la temperatura) se usa un filtro de ruido de unos 4 Hz, que eliminará interferencias, incluidos los 50/60 Hz de la red eléctrica.

Las señales alternas, tales como la vibración, necesitan un tipo distinto de filtro, conocido como filtro antialiasing, que es un filtro pasa-bajo pero con un corte muy brusco, que elimina totalmente las señales de mayor frecuencia que la máxima a medir, ya que se si no se eliminasen aparecerían superpuestas a la señal medida, con el consiguiente error.

Excitación - La etapa de acondicionamiento de señal a veces genera excitación para algunos transductores, como por ejemplos las galgas "extesométricas", "termistores" o "RTD", que necesitan de la misma, bien por su constitución interna, (como el termistor, que es una resistencia variable con la temperatura) o bien por la configuración en que se conectan (como el caso de las galgas, que se suelen montar en un puente de Wheatstone).

Linealización - Muchos transductores, como los termopares, presentan una respuesta no lineal ante cambios lineales en los parámetros que están siendo medidos. Aunque la linealización puede realizarse mediante métodos numéricos

en el sistema de adquisición de datos, suele ser una buena idea el hacer esta corrección mediante circuitería externa.

A veces el sistema de adquisición es parte de un sistema de control, y por tanto la información recibida se procesa para obtener una serie de señales de control. En este diagrama podemos ver los bloques que componen nuestro sistema de adquisición de datos fig. (1.12.1.1).

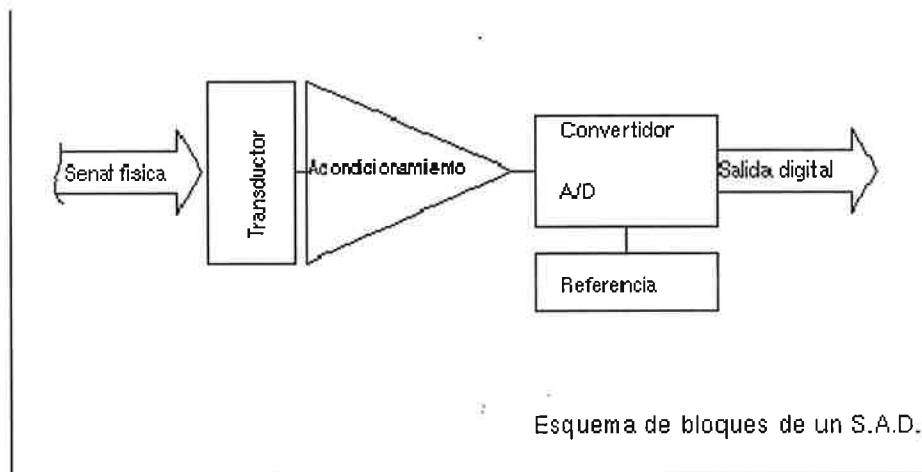


Fig. (1.12.1.1) Diagrama a bloques del sistema.

Como vemos, los bloques principales son estos:

- Transductor
- El acondicionamiento de señal
- El convertidor analógico-digital
- La etapa de salida (interfaz con la lógica)

El transductor es un elemento que convierte la magnitud física que vamos a medir en una señal de salida (normalmente tensión o corriente) que puede ser procesada por nuestro sistema. Salvo que la señal de entrada sea eléctrica, podemos decir que el transductor es un elemento que convierte energía de un tipo en otro. Por tanto, el transductor debe tomar poca energía del sistema bajo observación, para no alterar la medida.

El acondicionamiento de señal es la etapa encargada de filtrar y adaptar la señal proveniente del transductor a la entrada del convertidor analógico / digital. Esta adaptación suele ser doble y se encarga de:

- Adaptar el rango de salida del transductor al rango de entrada del convertidor. (Normalmente en tensión).
- Acoplar la impedancia de salida de uno con la impedancia de entrada del otro.

La adaptación entre los rangos de salida del convertidor y el de entrada del convertidor tiene como objetivo el aprovechar el margen dinámico del convertidor, de modo que la máxima señal de entrada debe coincidir con la máxima que el convertidor (pero no con la máxima tensión admisible, ya que para ésta entran en funcionamiento las redes de protección que el convertidor lleva integrada).

Por otro lado, la adaptación de impedancias es imprescindible ya que los transductores presentan una salida de alta impedancia, que normalmente no puede excitar la entrada de un convertidor, cuya impedancia típica suele estar entre 1 y 10 k.

El convertidor analógico/digital es un sistema que presenta en su salida una señal digital a partir de una señal analógica de entrada, (normalmente de tensión) realizando las funciones de cuantificación y codificación.

La cuantificación implica la división del rango continuo de entrada en una serie de pasos, de modo que para infinitos valores de la entrada la salida sólo puede presentar una serie determinada de valores. Por tanto la cuantificación implica una pérdida de información que no podemos olvidar.

La codificación es el paso por el cual la señal digital se ofrece según un determinado código binario, de modo que las etapas posteriores al convertidor puedan leer estos datos adecuadamente. Este paso hay que tenerlo siempre en cuenta, ya que puede hacer que obtengamos datos erróneos, sobre todo cuando

el sistema admite señales positivas y negativas con respecto a masa, momento en el cual la salida binaria del convertidor nos da tanto la magnitud como el signo de la tensión que ha sido medida.

La etapa de salida es el conjunto de elementos que permiten conectar el **S.A.D** con el resto del equipo, y puede ser desde una serie de buffers digitales incluidos en el circuito convertidor, hasta un interfaz RS-232, RS-485 o Ethernet para conectar a un ordenador o estación de trabajo, en el caso de sistemas de adquisición de datos comerciales.

1.13 Ventajas en el uso de sistemas de adquisición de datos.

Flexibilidad de procesamiento, posibilidad de realizar las tareas en tiempo real o en análisis posteriores (a fin de analizar los posibles errores), gran capacidad de almacenamiento, rápido acceso a la información y toma de decisión, se adquieren gran cantidad de datos para poder analizar, posibilidad de emular una gran cantidad de dispositivos de medición y activar varios instrumentos al mismo tiempo, facilidad de automatización, etc.

Se utiliza en la industria, la investigación científica, el control de máquinas y de producción.

1.14 Temperatura

Desde el punto de vista cualitativo, la temperatura de un objeto determina la sensación de calor o frío al tocarlo. Específicamente, temperatura es una medida del promedio de energía cinética de las partículas en una unidad de masa, expresada en unidades de grados en una escala estándar.

1.15 Termopares

Unos de los sensores de temperatura más utilizados es el termopar. Los termopares son dispositivos muy robustos y económicos que operan en un amplio rango de temperatura. Un termopar se crea cuando dos metales diferentes se

juntan y el punto de contacto produce un pequeño voltaje de circuito abierto como una función de temperatura. Este voltaje termoeléctrico es conocido como voltaje Seebeck, en honor a Thomas Seebeck, quien lo descubrió en 1821. El voltaje no es lineal con respecto a la temperatura. Sin embargo, para pequeños cambios de temperatura, el voltaje es aproximadamente lineal ecuación 1.

$$\Delta V = S \Delta T \quad (1)$$

Donde ΔV es el cambio de voltaje, S es el coeficiente Seebeck y ΔT es el cambio de temperatura.

S varía con los cambios de temperatura, provocando que los voltajes de salida de los termopares sean no lineales en sus rangos de operación. Varios tipos de termopares están disponibles, y diferentes tipos están asignados con letras mayúsculas que indican su composición de acuerdo al American National Standards Institute (ANSI). Por ejemplo, un termopar tipo J tiene un conductor de hierro y un conductor constantán (una aleación de cobre-níquel). Una lista completa de los termopares disponibles se muestra en la Tabla 1.15.1 a continuación.

Tabla 1.15.1. Composiciones y Designación de Letras de los Termopares Estandarizados

Termopares Tipo	Conductores – Positivo	Conductores – Negativo
B	Platino-30% rodio	Platino-6% rodio
E	Aleación de níquel-cromo	Aleación de cobre-níquel
J	Hierro	Aleación de cobre-níquel
K	Aleación de níquel-cromo	Aleación de níquel-aluminio
N	Aleación de níquel-cromo-silicio	Aleación de níquel-silicio-magnesio
R	Platino-13% rodio	Platino

S	Platino-10% rodio	Platino
T	Cobre	Aleación de cobre-níquel

Medidas y Acondicionamiento de Señales de Termopares

Para medir un voltaje Seebeck de termopar, usted no puede conectar el termopar al voltímetro u otro sistema de medida, ya que al conectar los cables del termopar al sistema de medida crea circuitos termoeléctricos adicionales.

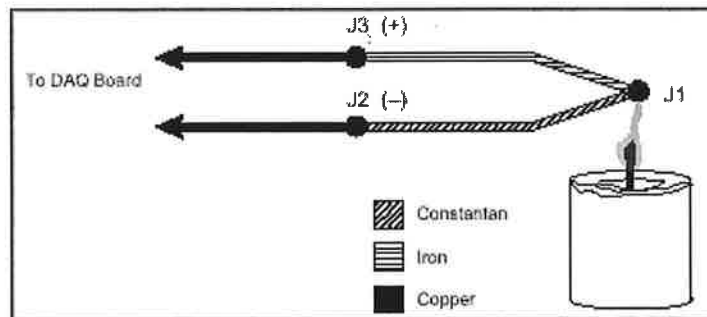


Figura (1.15.1). Termopar Tipo J

Vea el circuito ilustrado en la Figura (1.15.1), en el cual un termopar tipo J está en una flama de vela que tiene una temperatura que usted desea medir. Los dos cables del termopar están conectados a las guías de cobre de una tarjeta DAQ. Observe que el circuito contiene tres uniones de metal diferentes - J_1 , J_2 y J_3 . J_1 , la unión del termopar, genera un voltaje Seebeck proporcional a la temperatura de la flama de la vela. J_2 y J_3 tienen cada uno su propio coeficiente Seebeck y generan su propio voltaje termoeléctrico proporcional a la temperatura en las terminales DAQ. Para determinar la contribución del voltaje desde J_1 , también necesita saber las temperaturas de las uniones J_2 y J_3 , así como las relaciones de voltaje y temperatura para esas uniones. Entonces usted puede restar las contribuciones de las uniones parásito en J_2 y J_3 desde el voltaje medido en la unión J_1 .

Los termopares requieren alguna forma de referencia de temperatura para compensar estas uniones "frías" parásitas y no deseadas. El método más común

es medir la temperatura en la unión de referencia con un sensor de temperatura de lectura directa y restar las contribuciones de voltaje de la unión parásito. Este proceso se llama compensación de unión fría. Usted puede simplificar la captura de la compensación de unión fría, al aprovechar algunas de las características de los termopares.

Al aplicar la Ley de Termopares para Metales Intermedios y hacer algunas suposiciones simples, usted puede ver que las medidas del sistema de adquisición de datos de voltaje a dependen solamente del tipo del termopar, el voltaje del termopar y la temperatura de la unión fría. El voltaje medido es independiente a la composición de las guías de medida y las uniones frías, J_2 y J_3 .

De acuerdo con la Ley de Termopares para Metales Intermedios, ilustrada en la Figura (1.15.2), insertar cualquier tipo de cable en un circuito de termopares no causa efectos en la salida, siempre y cuando ambas puntas de ese cable se encuentren a la misma temperatura (isotérmica).

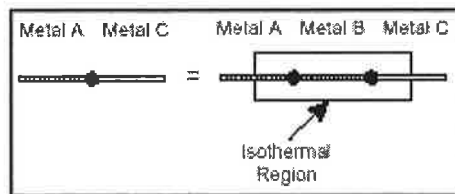


Figura (1.15.2). Ley de Termopares para Metales Intermedios

Observe el circuito en la Figura (1.15.3). Este circuito es similar al circuito descrito anteriormente en la Figura (1.15.1), pero una longitud pequeña de cable constantán ha sido insertada justo antes de la unión J_3 y se supone que las uniones se mantendrán a temperaturas idénticas. Asumiendo que las uniones J_3 y J_4 están a la misma temperatura, la Ley de Termopares para Metales Intermedios indica que el circuito de la Figura (1.15.3) es eléctricamente equivalente al circuito en la Figura (1.15.1). Por consiguiente, cualquier resultado desde el circuito en la Figura (1.15.3) también aplica al circuito ilustrado en la Figura (1.15.1).

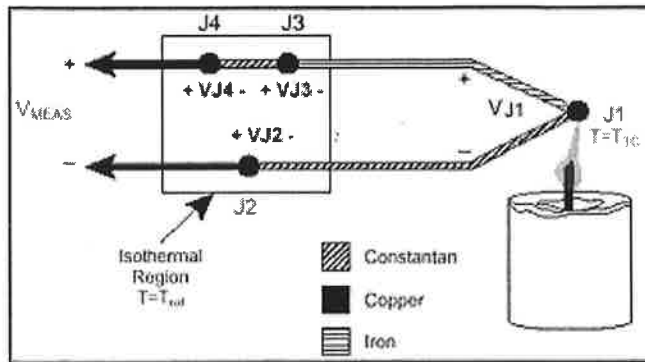


Figura (1.15.3). Insertar una Guía Adicional en la Región Isotérmica

En la Figura (1.15.3), las uniones J_2 y J_4 son del mismo tipo (cobre-constantán); ya que ambas están en la región isotérmica, J_2 y J_4 tienen también la misma temperatura. Debido a la dirección de la corriente a través del circuito, J_4 contribuye con un voltaje positivo Seebeck y J_2 contribuye con un voltaje igual pero negativo. Por lo tanto, los efectos de las uniones se cancelan entre ellos y la contribución total al voltaje medido es cero. Las uniones J_1 y J_3 , son uniones de hierro-constantán, pero pueden tener diferentes temperaturas ya que no comparten una región isotérmica. Como están a diferentes temperaturas, las uniones J_1 y J_3 producen un voltaje Seebeck, pero con diferentes magnitudes. Para compensar la unión fría J_3 , se mide su temperatura y el voltaje contribuido y a la medida del termopar se le resta el voltaje contribuido.

Usando la notación $V_{J_x}(T_y)$ para indicar el voltaje generado por la unión J_x a temperatura T_y , el problema general de termopares es reducir la siguiente ecuación:

$$V_{MEAS} = V_{J_1}(T_{TC}) + V_{J_3}(T_{ref}) \quad (2)$$

Donde V_{MEAS} es el voltaje que la tarjeta **DAQ** mide, **TTC** es la temperatura del termopar en J_1 , y T_{ref} es la temperatura de la unión de referencia.

Note que en la Ecuación 2, $V_{J_x}(T_y)$ es un voltaje generado a temperatura T_y con respecto a algunas temperaturas de referencia. Mientras ambas V_{J_1} y V_{J_3} sean funciones de temperatura relativa con la misma temperatura de referencia, la

ecuación 2 es válida. Como se indicó anteriormente, por ejemplo, las tablas de referencia de termopares de **NIST** son generadas con la unión de referencia conservada a 0 °C.

Ya que la unión J_3 es el mismo tipo que la J_1 pero contribuye con un voltaje opuesto, $V_{J_3}(T_{ref}) = -V_{J_1}(T_{ref})$. Como V_{J_1} es el voltaje que el tipo de termopar bajo prueba genera, este voltaje se puede renombrar como V_{TC} . Por lo tanto, la ecuación 2 se reescribe como sigue:

$$V_{MEAS} = V_{TC}(T_{TC}) - V_{TC}(T_{ref}) \quad (3)$$

Por lo tanto, al medir V_{MEAS} y T_{ref} , y conociendo la relación de voltaje-temperatura del termopar, usted puede determinar la temperatura en la unión caliente del termopar.

Existen dos técnicas para implementar compensación de unión fría - compensación de hardware y compensación de software. Ambas técnicas requieren que la temperatura en la unión de referencia sea detectada con un sensor de lectura directa. Un sensor de lectura directa tiene una salida que depende únicamente de la temperatura del punto de medida. Los sensores de semiconductor, termistores o **RTDs** son usados comúnmente para medir la temperatura en la unión de referencia. Por ejemplo, varios bloques de terminal SCXI de National Instruments incluyen termistores ubicados cerca de las terminales de tornillo a las cuales se conectan los cables del termopar.

Con hardware de compensación, una fuente de voltaje variable es insertada en el circuito para cancelar los voltajes termoeléctricos parásito. La fuente de voltaje variable genera un voltaje de compensación de acuerdo a la temperatura ambiente y por lo tanto, añade el voltaje correcto para cancelar las señales termoeléctricas no deseadas. Cuando estas señales parásito son canceladas, la única señal que un sistema de adquisición de datos mide es el voltaje desde la unión del termopar. Con hardware de compensación, la temperatura en las terminales del sistema de adquisición de datos es irrelevante debido a que los voltajes de los termopares

parásito han sido cancelados. La desventaja del hardware de compensación es que cada tipo de termopar debe tener un circuito de compensación separado que puede agregar el voltaje de compensación correcto, lo cual hace al circuito bastante caro. El hardware de compensación es por lo general menos preciso que el software de compensación.

De manera alternativa, usted puede usar software para compensación de unión fría. Después de que un sensor de lectura directa mide la temperatura de la unión de referencia, el software puede añadir el valor de voltaje adecuado al voltaje medido para eliminar los efectos de termopares parásitos. Recordando la Ecuación 3, la cual plantea que el voltaje medido, V_{MEAS} , es igual a la diferencia entre los voltajes en la unión caliente (termopar) y la unión fría.

Los voltajes de salida del termopar son altamente no lineales. El coeficiente Seebeck puede variar por un factor de tres o más en el rango de la temperatura de operación de algunos termopares. Por esta razón, usted debe, ya sea aproximar la curva del termopar de voltaje contra temperatura usando polinomios o usar una tabla. Los polinomios son de la siguiente forma:

$$T = a_0 + a_1v + a_2v^2 + \dots + a_nv^n \quad (4)$$

Donde v es el voltaje del termopar en volts, T es la temperatura en grados Celsius y a_0 a través de a_n son coeficientes que son específicos de cada tipo de termopar.

En cuestión a la eliminación de ruido., las señales de salida del RTD generalmente están en el rango de los mili-voltios, lo cual los hace sensibles al ruido. Los filtros pasa bajo se utilizan comúnmente en los sistemas de adquisición de datos de termopares para eliminar de manera efectiva el ruido de alta frecuencia en medidas de termopares. Por ejemplo, los filtros pasa bajo son útiles para eliminar el ruido de línea de potencia de 60 Hz que se presenta comúnmente en varios laboratorios y plantas.

Se puede mejorar significativamente el rendimiento del ruido de su sistema al amplificar los voltajes de termopares de bajo nivel cerca de la fuente de señal (punto de medida). Ya que los niveles de voltaje de salida de los termopares son muy bajos, usted puede escoger una ganancia que optimice los límites de entrada del convertidor analógico-digital (ADC). El rango de salida de todos los tipos de termopares se encuentra entre -10 mV y 80 mV.

Otra fuente de ruido se debe a los termopares que son montados o soldados directamente a un material conductivo, como el acero o el agua. Esta configuración hace a los termopares particularmente sensibles al ruido en modo común y a lazos a tierra. El aislamiento ayuda a prevenir que ocurran lazos a tierra y puede mejorar drásticamente el rechazo de ruido en modo común. Con material conductivo que tiene un alto voltaje en modo común, se requiere aislamiento como amplificadores no aislados ya que no puede medir señales con altos voltajes en modo común.

Sensibilidad y ruido son otros factores importantes a considerar cuando se miden termopares. Las salidas de los termopares son muy pequeñas y cambian de 7 a $50\mu\text{V}$ por cada grado (1°C) de cambio en temperatura haciendo a las señales muy susceptibles a los efectos de ruido eléctrico. Es por esto que los acondicionadores de termopares incluyen filtros de ruido paso bajo para suprimir el ruido de 50 y 60 Hz. Además incluyen amplificadores de instrumentación de alta ganancia para aumentar el nivel de la señal. Amplificar la señal del termopar también incrementa la resolución o sensibilidad de la medición. Por ejemplo, un típico dispositivo DAQ con un rango de entrada de ADC de $\pm 10\text{ V}$ y una ganancia en tarjeta de 50 tiene una resolución de $98\ \mu\text{V}$. Esto corresponde a aproximadamente 2°C para un termopar tipo J o K. Al añadir un acondicionamiento de señal con una ganancia adicional de 100, la resolución incrementa a $1\ \mu\text{V}$, lo cual corresponde a una fracción de un grado Celsius.

1.15.1 Termopar tipo J

Consiste de un convertidor térmico de temperatura a voltaje o corriente por disimilitud de dos metales distintos unidos en la juntura. Este fenómeno se conoce como efecto Seebeck. Cuando el circuito está abierto se genera voltaje y cuando las terminales están cerradas se genera una corriente. Existen varios tipos de uniones, de metales diferentes, que presentan diferentes rangos de temperatura, así como sensibilidad. Los diferentes tipos de termopar que encontramos los tipo J, K, R y T.

Los diferentes tipos de termopares tienen diferentes tipos de características ver tabla 1.15.1.1

Tabla 1.15.1.1 Tipos de termopares

Tipo	Sensibilidad para 0.1°C (en uVolts)	Coefficiente Seebeck (uV/C) a temperatura ambiente
E	6.2	62
J	5.1	51
K	4.0	40
R	0.7	7
S	0.7	7
T	4.0	40

Grafica de respuesta de algunos de los termopares comunes

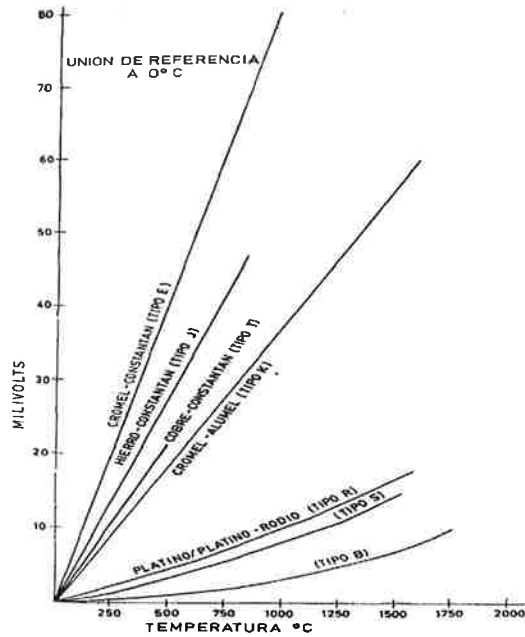


Fig. (1.15.1.1). Grafica de respuesta de los termopares

De la gráfica se puede apreciar que dependiendo del material con que se encuentra construido el termopar, sus características tanto de sensibilidad como de máxima temperatura de medición son alteradas.

En nuestro caso utilizaremos el termopar tipo "J" con el objetivo de medir la temperatura de agua.

De la gráfica fig. (1.15.1.1) Se puede considerar que la respuesta del termopar es lineal, podemos elaborar un medidor de temperatura utilizando un termopar, la principal ventaja de utilizar un termopar y no un termistor, es el rango de medición de temperatura, ya que al utilizar un termistor la máxima temperatura a medir es de 110 °C y con el termopar tipo J es de alrededor de 700 °C.

1.16 Harina de carne

La planta de rendimientos bachoco ubicada en la ciudad de Celaya, Guanajuato. Es la encargada de la producción de harinas para la producción de alimento para ave y cerdo. El proceso de esta, parte desde el uso de la materia desechada de la planta procesadora de aves, siendo esta reutilizada.

La harina de carne se elabora a partir de los restos de aves, pollo de mortandad y pollo que no pasa control de calidad. Excelente suplemento proteico, con un contenido de aminoácidos esenciales.

Tanto la harina de pollo como la harina de pluma son subproductos del sacrificio de aves, con un contenido promedio de proteína cruda de 58-65% y 80%, respectivamente. En la planta de rendimientos se obtiene: harina de plumas, harina de carne y aceite de pollo.

Si las vísceras se suministran crudas se corre riesgo sanitario por contaminación con clostridios y salmonella. Por lo que, se aconseja cocción de dicha materia prima. Este proceso consiste en el secado y molido de las partes no utilizadas para la alimentación humana, como cabezas, patas e intestinos, en un proceso similar al de la harina de pluma.

Para estimar la cantidad de materias primas disponibles para elaboración de harinas de carne, se deben tener en cuenta los indicadores de planta mensuales que se explicaran mas adelante. Así mismo, hay que añadir los animales muertos en granja, los decomisos en matadero, visera y recortes generados en el despiece. El cálculo es complejo por la variabilidad de las cifras correspondientes a cada uno de los epígrafes anteriores.

1.17 Indicadores rendimientos

Los indicadores de la planta de rendimientos nos muestran las cantidades enviadas de planta procesadora de aves carnicos, pluma, sangre, mostrando la cantidad de materia prima, produccion de subproductos,combustoleo y energia electrica durante un mes.

Tabla 1.17.1. Entrada de materias primas.

ENTRADA DE MATERIAS PRIMAS A PLANTA DE RENDIMIENTOS			
Fecha	Kg. Carnicos	Kg. Pluma	Kg. Sangre
01-jul	78,113	44,279	14,739
02-jul	86,065	48,726	16,219
03-jul	122,037	16,343	20,419
04-jul	-	17,660	-
05-jul	87,742	19,562	16,498
06-jul	87,752	81,725	17,218
07-jul	80,272	90,842	15,259
08-jul	84,171	50,526	16,818
09-jul	90,941	56,308	18,743
10-jul	100,519	62,023	20,646
11-jul	-	-	-
12-jul	94,791	56,132	18,685
13-jul	107,608	58,405	19,441
14-jul	88,993	53,399	17,775
15-jul	93,858	55,336	18,420
16-jul	98,071	56,334	18,752
17-jul	102,526	55,929	18,617
18-jul	-	-	-
19-jul	98,047	56,195	18,706
20-jul	77,645	45,350	15,096
21-jul	85,784	45,931	15,289
22-jul	83,126	48,936	16,290
23-jul	49,773	14,069	4,683
24-jul	102,872	60,568	20,161
25-jul	-	-	-
26-jul	92,729	55,503	18,475
27-jul	87,998	52,787	17,571
28-jul	91,396	40,494	17,204
29-jul	72,042	45,298	15,078
30-jul	65,389	41,243	13,729
31-jul	94,155	61,579	20,498
ENERO	2,583,085	1,446,226	471,567
FEBRERO	2,596,857	1,275,747	455,536
MARZO	2,658,197	1,935,087	484,330
ABRIL	2,424,032	1,314,895	425,797
MAYO	2,382,646	1,264,977	440,704
JUNIO	2,170,675	1,400,499	441,583
JULIO	2,404,415	1,391,482	461,030

Contemplando los datos anteriores tabla 1.17.1 se observan los pesos en kg. De materias primas a la planta de rendimientos del mes de junio, se observa en la tabla los tres tipos de materia prima que se utilizan para generar las harinas de carne, y pluma que se requieren para la planta de alimentos.

1.18 Producción de subproductos

La producción de subproductos son aquellos obtenidos de carne, pluma y sangre en su forma natural de obtención o luego de sufrir algún tipo de proceso posterior.

Tabla 1.18.1. Producción de subproductos.

PRODUCCION DE SUBPRODUCTOS			
Fecha	Kg. Harina Carne	Kg. Aceite	Kg. Harina de Pluma y Sangre
01-jul	14,000	12,000	14,560
02-jul	12,160	11,000	15,980
03-jul	12,000	11,250	8,380
04-jul	-	-	6,000
05-jul	9,380	9,000	4,940
06-jul	12,000	9,650	20,160
07-jul	13,500	9,390	27,580
08-jul	14,470	11,000	20,000
09-jul	15,000	13,000	20,950
10-jul	15,810	13,610	30,040
11-jul	-	-	-
12-jul	13,500	10,556	16,000
13-jul	14,400	10,500	22,930
14-jul	14,130	13,150	17,420
15-jul	15,990	11,000	19,140
16-jul	15,010	12,420	18,540
17-jul	15,290	12,000	19,310
18-jul	-	-	-
19-jul	13,000	13,000	21,900
20-jul	13,760	10,500	22,280
21-jul	13,000	11,500	21,000
22-jul	13,100	11,260	21,950
23-jul	14,000	6,700	6,000
24-jul	16,000	13,300	31,070
25-jul	-	-	-
26-jul	11,300	12,500	22,900
27-jul	18,740	11,990	22,000
28-jul	12,880	11,100	18,000
29-jul	11,000	8,550	18,580
30-jul	11,030	8,240	19,310
31-jul	14,020	8,000	15,550
ENERO	351,050	233,470	559,120
FEBRERO	377,380	243,570	510,520
MARZO	395,430	269,150	705,480
ABRIL	354,790	252,320	512,590
MAYO	398,560	310,620	475,180
JUNIO	352,950	289,280	550,880
JULIO	368,470	296,166	522,470

Lo que se observamos en esta tabla 1.18.1 es la reducción de la materia prima los kg. De entrada después del proceso se reducen muy notablemente.

1.19 Consumibles de combustóleo y energía eléctrica

Tabla 1.19.1. Unitarios de combustóleo y energía.

Fecha	UNITARIOS COMBUSTOLEO	UNITARIOS ENERGIA ELECTRICA	
	Lts. Combustoleo /Kg. producto final	kwh/kg. Harina de Carne y Aceite	kwh/kg. Harina de Pluma y Sangre
01-jul	0.27	0.09	0.41
02-jul	0.28	0.15	0.30
03-jul	0.39	0.07	0.69
04-jul	0.38		0.73
05-jul	0.41	0.12	0.69
06-jul	0.38	0.09	0.36
07-jul	0.31	0.15	0.28
08-jul	0.24	0.07	0.32
09-jul	0.28	0.10	0.31
10-jul	0.27	0.09	0.28
11-jul			
12-jul	0.32	0.09	0.44
13-jul	0.29	0.10	0.24
14-jul	0.29	0.08	0.43
15-jul	0.32	0.09	0.35
16-jul	0.32	0.08	0.36
17-jul	0.31	0.09	0.33
18-jul			
19-jul	0.30	0.09	0.35
20-jul	0.27	0.08	0.26
21-jul	0.28	0.08	0.29
22-jul	0.25	0.08	0.26
23-jul	0.47	0.10	0.99
24-jul	0.23	0.09	0.27
25-jul			
26-jul	0.28	0.11	0.31
27-jul	0.26	0.08	0.30
28-jul	0.38	0.12	0.41
29-jul	0.30	0.09	0.30
30-jul	0.25	0.09	0.30
31-jul	0.38	0.11	0.55
ENERO	0.29	0.10	0.35
FEBRERO	0.27	0.09	0.35
MARZO	0.26	0.09	0.29
ABRIL	0.26	0.08	0.30
MAYO	0.26	0.08	0.37
JUNIO	0.28	0.08	0.32
JULIO	0.31	0.09	0.35

En la tabla 1.19.1 se tiene el consumo de combustóleo y energía eléctrica consumida en el proceso de harinas cabe recalcar que el uso del combustóleo en las calderas de la planta se tiende a consumir buena cantidad en el cocedor de visera. El cocimiento de la visera se realiza en un tiempo de 11.2 toneladas/hora., la visera es freída con agua esto nos provoca mayor consumo de combustóleo por el cambio de temperatura al entrar esta con grandes cantidades de humedad.

CAPITULO II

PROCEDIMIENTO

La parte fundamental para nuestro equipo secador de víscera es la cantidad de humedad que haremos que pierda, y el tiempo en que tardará en secarse.

Para poder conocer las cantidades de una manera más aproximada necesitamos realizar pruebas de secado a el producto, en este caso es víscera de pollo.

Realizamos dos pruebas en las cuales quitamos la humedad libre contenida en la víscera.

En la primera prueba se pesó 1 kg de víscera con humedad y se coloco en una corriente de aire hasta que estuviera seca su superficie, después se volvió a pesar y el peso disminuyo hasta 0.79 kg, entonces la humedad libre es de 0.21 kg por cada kilogramo de producto.

En la segunda prueba se le aplicó una vibración durante un tiempo de 20 segundos a la misma cantidad volviéndose a pesar y dando un resultado de 0.825 Kg, con lo cual perdió 0.175 kg de humedad.

La cantidad de víscera que entra al proceso es de 11200 kg/h.

La función del equipo propuesto trabajará con las siguientes condiciones, una banda transportadora a la cual se le aplicara una vibración de 120 ciclos por minuto, la cual hará que pierda 0.175 kg de humedad libre, quedándose solo con 0.035 kg de humedad, la cual según la teoría que nos dice que las partículas de agua se desprenden a una velocidad de 25 m/s.

Lo primero es calcular la capacidad de un ventilador que nos proporcione el flujo de aire correcto.

La fórmula para calcular el flujo es

$$Q = \rho v A$$

Donde

Q = Flujo de aire en kg/s

ρ = Densidad del aire a la temperatura de $90^{\circ}C = 0.998 \text{ kg}/m^3$

v = Velocidad del aire $v = 25 \text{ m}/s$

A = Área en la cual estará la corriente de aire en contacto con la víscera = 0.1 m^2

$$Q = 0.998 * 25 * 0.1 = 2.495 \text{ kg}/s$$

Ahora calculamos el contenido total de humedad que le hará perder el sistema de vibración.

Con un contenido inicial de humedad de 21% y un contenido final de 3.5% calculamos lo siguiente:

$$\text{contenido inicial de humedad base humeda} = \frac{0.21}{1-0.21} = 0.2658 \frac{\text{kg de agua}}{\text{kg de solido seco}}$$

$$\text{contenido final de humedad base humeda} = \frac{0.035}{1-0.035} = 0.0362 \frac{\text{kg de agua}}{\text{kg de solido seco}}$$

$$\text{sólido seco en el producto} = 11200(1 - 0.035) = 10808 \text{ kg}$$

$$\text{humedad por evaporar} = 10808(0.2658 - 0.0362) = 2481.5168\text{kg}$$

Ahora calculamos el contenido total de humedad que le hará perder la corriente de aire, tomamos como referencia la humedad que queda después de la vibración.

Con un contenido inicial de humedad de 3.5% y suponemos un contenido final de 1% calculamos lo siguiente:

$$\text{contenido inicial de humedad base humeda} = \frac{0.035}{1-0.035} = 0.0362 \frac{\text{kg de agua}}{\text{kg de solido seco}}$$

$$\text{contenido final de humedad base humeda} = \frac{0.01}{1-0.01} = 0.0101 \frac{\text{kg de agua}}{\text{kg de solido seco}}$$

$$\text{sólido seco en el producto} = 10808(1 - 0.0101) = 10698.83\text{kg}$$

$$\text{humedad por evaporar} = 10698.83(0.0362 - 0.0101) = 279.23\text{kg}$$

y el contenido total de humedad por evaporar es

$$\text{humedad por evaporar} = 2481.5168 + 279.23 = 2760.75\text{kg}$$

Ahora tenemos que calcular el tiempo que tardará en secarse.

La víscera estará en la banda transportadora y con un flujo de aire a contracorriente que entra a una temperatura aproximada de 85°C con una humedad de 0.03 kg de agua/kg de aire seco; y suponemos que se va a descargar con una humedad de 0.1. Para fines de cálculos suponemos que la temperatura de salida será de 65°C, el flujo de aire será de 2.5 kg/s.

Suponemos un contenido de humedad crítica del 10%; su porcentaje de humedad de equilibrio a la temperatura promedio de 75°C podemos tomarla como ¼ del porcentaje de humedad relativa del aire.

Entonces tenemos que la rapidez de secado podemos calcularla con la siguiente formula.

$$\frac{-dx}{d\theta} = 0.0137G^{1.47}(x - x^*)(y_w - y)$$

En donde y_w es la humedad a saturación del aire en la temperatura de bulbo húmedo correspondiente a y .

Hacemos un balance de agua

$$S_s(X_1 - X_2) = G_s(Y_1 - Y_2)$$

Donde

S_s = es el sólido que entra

G_s = es la rapidez con que fluye el aire

X = masa de humedad/masa sólido seco

Y = masa de humedad /masa de gas seco

$$\frac{S_s}{G_s} = \frac{0.1 - 0.03}{0.0362 - 0.0101} = 2.6819 \text{ kg de solido seco / kg de aire}$$

Como el contenido inicial de humedad de la víscera es menor a la crítica, el secado se realiza por completo en la zona III. La forma de la ecuación de rapidez de transferencia es la siguiente

$$-\frac{dx}{d\theta} = \frac{k_y A (X - X^*) (Y_s - Y)}{S_s (X_c - X^*)}$$

En donde $k_y A / S_s (X - X^*) = 0.0137G^{1.47}$

Reordenamos la ecuación de rapidez de transferencia

$$\theta_{III} = \int_0^\theta d\theta = \frac{1}{0.0137G^{1.47}} \int_{x_2}^{x_1} \frac{dx}{(X - X^*)(Y_w - Y)}$$

Sustituimos el valor de $G = 2.5$

$$\theta_{III} = 18.98 \int_{0.0101}^{0.0362} \frac{dx}{(X - X^*)(Y_w - Y)}$$

Consideramos la parte del secador en donde el contenido de humedad de la víscera es $X=0.03$

$$Y = Y_2 + (X - X_2) \frac{S_s}{G_s}$$

$$Y = 0.03 + (0.03 - 0.101)2.6819 = 0.0833 \text{ kg de agua/kg de aire seco}$$

A una temperatura de 75°C , $Y=0.0833$, la temperatura de bulbo húmedo es 55°C y $Y_w = 0.09$

Encontramos la humedad absoluta

$$Y = \frac{P_A}{P_t - P_A} \frac{\text{moles de A}}{\text{moles de B}}$$

Entonces la presión parcial del agua

$$0.0833 = \frac{P_A}{101330 - P_A} \frac{18}{29}$$

$$P_A = 12001.69 \text{ N/m}^2$$

La presión del vapor de agua a 75°C es 38610.64 N/m²

Y la humedad relativa del aire $\left(\frac{12001.69}{38610.64}\right) 100 = 31\%$

La humedad en el equilibrio es $\left(\frac{31}{4}\right) = 7.75\%$

Y

$$X^* = \frac{7.75}{100 - 7.75} = 0.084 \frac{\text{kg de agua}}{\text{kg de sólido seco}}$$

$$\theta_{III} = 18.98 \int_{0.0101}^{0.0362} \frac{dx}{(X - 0.084)(0.09 - 0.0833)}$$

$$\theta_{III} = 1234.2 \text{ s} = 20.5 \text{ min} = 0.342 \text{ hr}$$

Ese es el tiempo que tardará en secarse completamente, aunque no requerimos que entre totalmente seca, de acuerdo a las curvas de temperatura para secado a un flujo a contracorriente la temperatura de salida de la víscera al pasar por la corriente de aire debe ser cercana a la temperatura de entrada del aire, suponemos que estará saliendo a 70 °C.

2.1 Cálculo para el intercambiador de calor.

Necesitamos saber cuál es el área necesaria del intercambiador de calor para incrementar la temperatura del aire de 50°C (ya que este aire va a proceder de la descarga del equipo secador y se estará recirculando,) hasta 90°C, el fluido que pasa por el interior del intercambiador de calor es vapor de agua a una temperatura de 130°C y un flujo másico de 0.882kg/s, se tiene que calentar 2.5 kg/s, la capacidad térmica del vapor de agua es 2.014 kJ/kg°C. $U=200 \text{ W/m}^2$.

El balance de energía básico es

$$\dot{m}_v c_v \Delta T_v = \dot{m}_a c_{pa} \Delta T_a$$

$$(0.882)(2014)(130 - T_v) = (2.5)(1009)(90 - 50)$$

$$T_v = 73.2^\circ\text{C}$$

Se tiene

$$\dot{m}_v c_v = (0.882)(2014) = 1776.348 \text{ W}/^\circ\text{C}$$

$$\dot{m}_a c_a = (2)(1009) = 2018 \text{ W}/^\circ\text{C}$$

De modo que el aire es el fluido de capacidad térmica mínimo y

$$C = \frac{C_{min}}{C_{max}} = \frac{1776.348}{2018} = 0.88$$

El rendimiento es

$$\varepsilon = \frac{\Delta T_c}{\Delta T_{max}} = \frac{90 - 50}{130 - 50} = 0.5$$

Calculamos ahora el NTU

$$N = -1(1 + C^2)^{-\frac{1}{2}} \ln \left[\frac{2/\varepsilon - 1 - C - (1 + C^2)^{\frac{1}{2}}}{2/\varepsilon - 1 - C + (1 + C^2)^{\frac{1}{2}}} \right]$$

$$N = -1(1 + 0.88^2)^{-\frac{1}{2}} \ln \left[\frac{2/0.5 - 1 - 0.88 - (1 + 0.88^2)^{\frac{1}{2}}}{2/0.5 - 1 - 0.88 + (1 + 0.88^2)^{\frac{1}{2}}} \right]$$

$$N = 1.12$$

Ahora, con $U = 200 \frac{W}{m^2} \cdot ^\circ C$, se calcula el área

$$A = NTU \frac{C_{min}}{U} = \frac{(1.12 * 1776.348)}{200} = 9.94 m^2$$

Esta es el área de contacto que necesitamos en el intercambiador de calor, para que el tamaño de este no sea tan grande podemos utilizar tubos con aletas para aumentar el área.

Las partes del proyecto de secado de víscera son las siguientes:

Banda transportadora: encargada de transportar la víscera, las dimensiones del equipo serán de 2 metros de largo por medio de ancho, esto de acuerdo al espacio que existe en campo.

Intercambiador de calor: el tamaño del intercambiador será el necesario para elevar el aire a una temperatura de 90°C, será un intercambiador de carcasa.

Oscilador de banda transportadora: la función de este equipo es hacer vibrar la banda transportadora, para que con el movimiento la víscera pierda la mayor cantidad de humedad.

Ventilador: se utilizara para absorber una parte de humedad de la víscera, y para darle un precalentamiento a la misma, en contacto a una temperatura de 90°C y lograra que la temperatura de la víscera aumente hasta aproximadamente 65 a 75°C.

Reductor de velocidad: como la velocidad de la banda transportadora es pequeña, y los motores comerciales dan velocidades muy grandes, el reductor reducirá las revoluciones de 1800 rpm del motor a 20 rpm que requiere la polea motriz de la banda, además transmitirá el movimiento al oscilador de banda transportadora.

Esos son los equipos principales que componen el secador de víscera., las propiedades de material usado se muestran en la tabla 2.1.1.

Tabla 2.1.1. Propiedades de material usado para todas las piezas del equipo

Nombre de material:	AISI 316L Acero inoxidable
Descripción:	
Origen del material:	
Tipo de modelo del material:	Isotrópico elástico lineal
Criterio de error predeterminado:	Tensión máxima de von Mises

Datos de aplicación:			
Nombre de propiedad	Valor	Unidades	Tipo de valor
Módulo elástico	2e+011	N/m ²	Constante
Coefficiente de Poisson	0.265	NA	Constante
Módulo cortante	8.2e+010	N/m ²	Constante
Densidad	8027	kg/m ³	Constante
Límite de tracción	4.85e+008	N/m ²	Constante
Límite elástico	1.7e+008	N/m ²	Constante
Coefficiente de dilatación térmica	1.65e-005	/Kelvin	Constante
Conductividad térmica	14.6	W/(m.K)	Constante
Calor específico	450	J/(kg.K)	Constante

Propiedades del estudio

Nombre de estudio	
Tipo de análisis	Estático

Tipo de malla:	Malla sólida
Tipo de solver	Solver tipo FFEPlus

Unidades

Sistema de unidades:	SI
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	rad/s
Tensión/Presión	N/m^2

2.2 Banda transportadora.

Para el cálculo de la banda transportadora necesitamos saber el peso que va a soportar, la distancia que recorrerá, el producto que transportará y la velocidad lineal que requiere.

Calcular el peso a soportar:

Por la banda pasaran 11200 kg de víscera por cada hora de operación, 186.667kg por minuto o lo que es lo mismo 3.11kg cada segundo.

El largo de la banda será de 2 metros de largo por 0.5 metros de ancho, el tiempo que tardara el recorrido de la víscera de un extremo a otro será de 20 segundos, por lo que el peso promedio que tendrá que soportar la banda será de 62.2 kg.

Para calcular la velocidad lineal de la banda se utiliza la siguiente formula

$$velocidad = \frac{espacio \ m}{tiempo \ s} = \frac{2}{20} = 0.1 \ m/s$$

La banda transportadora será de una forma en la cual permita que la humedad contenida en la víscera pueda escurrir a través de ella, pero sin permitir el paso de la misma ver figura (2.2.1).

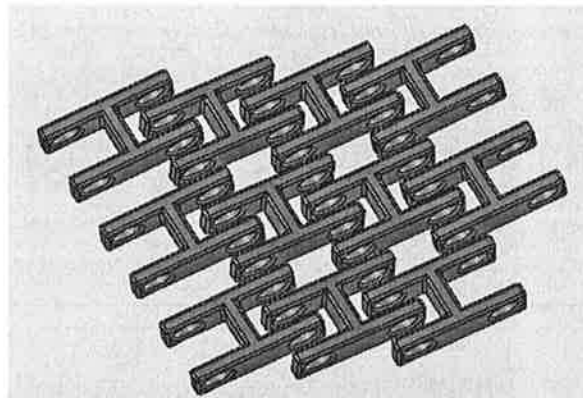


Fig. (2.2.1). Banda transportadora.

Así estará constituida la banda figura (2.2.2) y (2.2.3), apoyada sobre las poleas, una motriz y la otra conducida, que a su vez estarán sobre apoyos fijos en el piso.

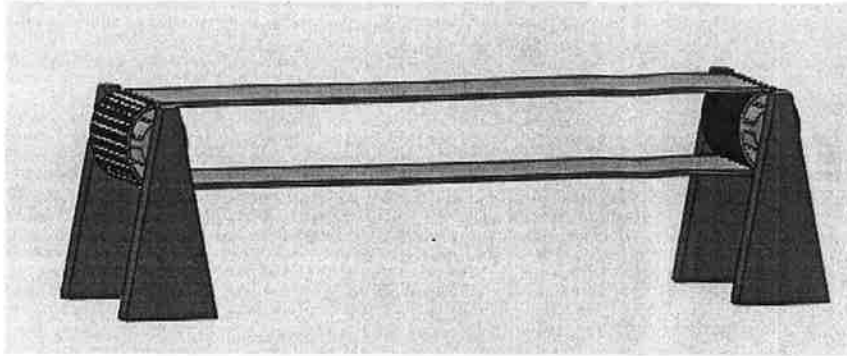


Fig. (2.2.2). Banda transportadora sobre poleas.

El material de la banda debe soportar un peso total de 62.2 kg

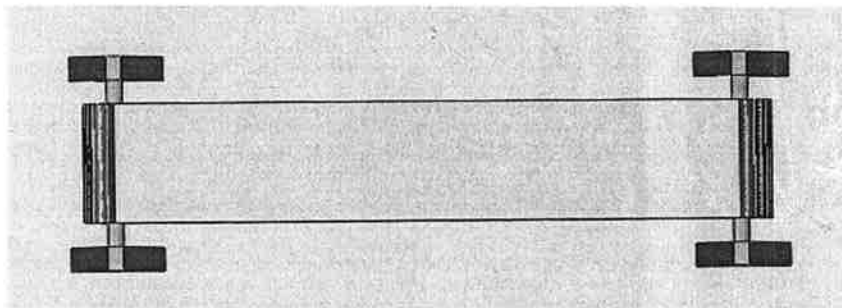


Fig. (2.2.3). Banda transportadora vista superior.

La banda también estará apoyada sobre 2 bases que le originaran una vibración para desprender el agua contenida en la víscera figura (2.2.4).

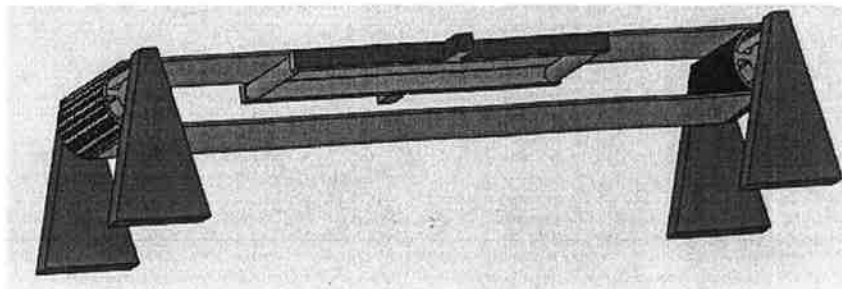


Fig. (2.2.4). Banda transportadora con vibrador.

La banda tendrá una fuerza de carga de 62.2kg o el equivalente de 609.9736 Newton ver figura (2.2.5), con la herramienta de solidworks, para un material de banda AISI 316L Acero Inoxidable y la carga antes mencionada realizamos los cálculos necesarios.

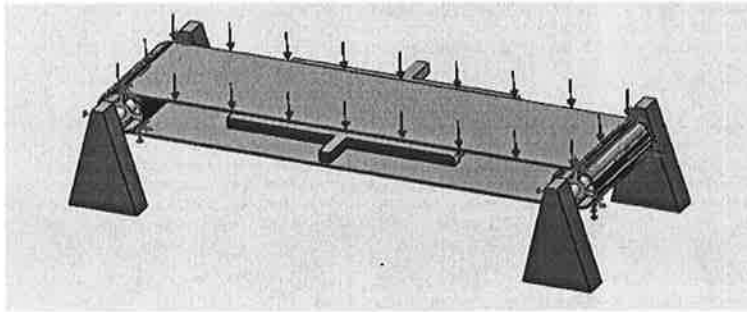


Fig. (2.2.5). Fuerza de carga de la banda.

Los resultados que arrojan son una deformación de 0.00133397m, lo cual indica que la banda no tendrá ningún problema en soportar el peso

En la siguiente figura (2.2.6) en color azul se observa como estaría distribuida la carga.

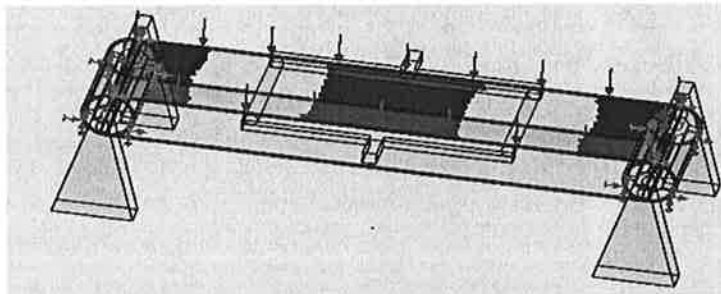


Fig. (2.2.6). Distribución de la carga en banda transportadora.

Aplicamos el mismo análisis a cada uno de los elementos que componen el sistema y observamos sus graficas para ver si resistirán.

2.2.1 Resultado para el análisis aplicado al apoyo de la banda transportadora.

Se aplica una carga de fuerza normal de 152.5 N utilizando distribución uniforme, los datos requeridos para la distribución se encuentran en las tablas 2.2.1

Tabla 2.2.1. Análisis de apoyo de la banda transportadora.

Información de malla

Tipo de malla:	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Superficie suave:	Activar
Verificación jacobiana:	4 Points
Tamaño de elementos:	20.551 mm
Tolerancia:	1.0275 mm
Calidad:	Alta
Número de elementos:	7168
Número de nodos:	11171
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:02

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el sólido	N	6.4671e ⁻⁰⁰⁵	0.000459015	-7.87228e ⁻⁰⁰⁵	0.000470186

Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Tensiones1 Fig.(2.2.1.1)	VON: Tensión de von Mises	0.00570081 N/m ² Nodo: 9249	(-25.7734 mm, -25.9897 mm, 100 mm)	12052 N/m ² Nodo: 1588	(122.838 mm, 323.204 mm, -18.7382 mm)
Desplazamientos1 Fig.(2.2.1.2)	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 9	(104.027 mm, 307.089 mm, 7.21645e-013 mm)	2.43173e-006 mm Nodo: 11020	(140.595 mm, 320.398 mm, -100 mm)
Deformaciones unitarias1 Fig.(2.2.1.3)	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	2.22534e-014 Elemento: 5806	(-15.471 mm, -40.439 mm, 93.9063 mm)	4.50763e-008 Elemento: 1800	(117.03 mm, 327.971 mm, -25.9248 mm)

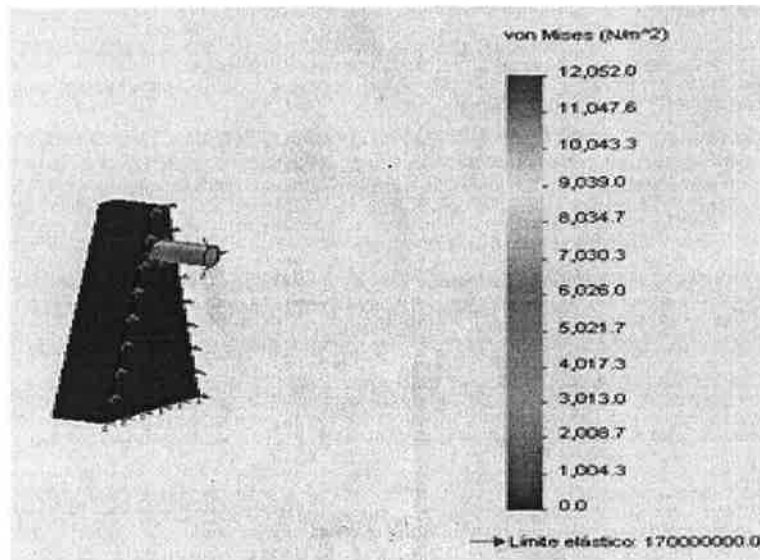


Fig. (2.2.1.1) Tensiones.

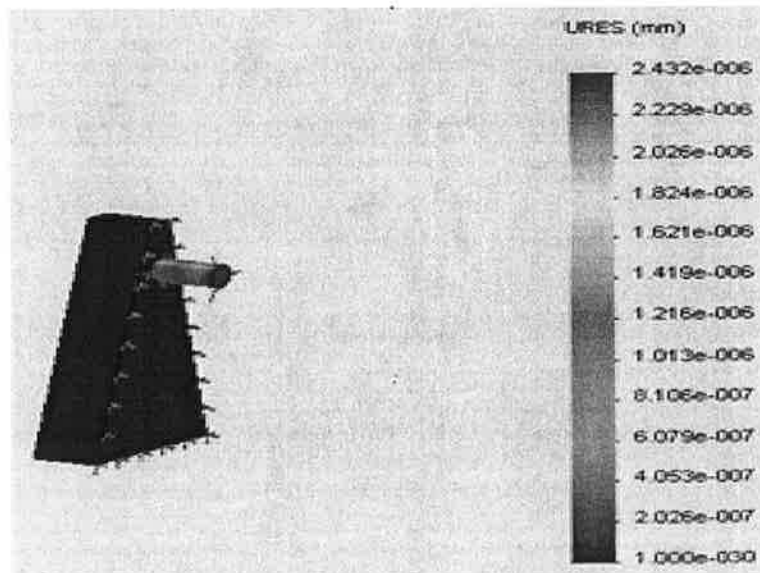


Fig. (2.2.1.2) Desplazamientos.

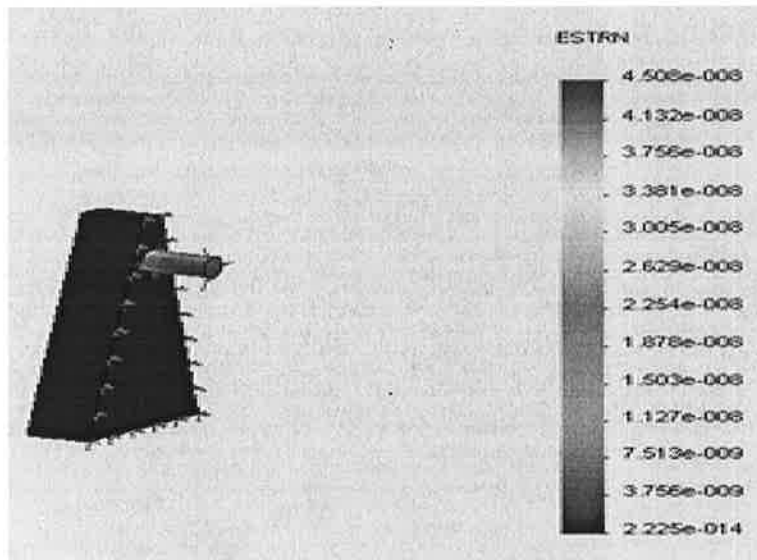


Fig. (2.2.1.3) Deformaciones unitarias.

2.2.2 Resultado para el análisis aplicado a la polea motriz.

Se aplica una carga de fuerza normal de 305 N utilizando distribución uniforme, las tablas 2.2.2.1, nos muestra los resultados.

Tabla 2.2.2.1. Análisis aplicado a la polea

Información de malla

Tipo de malla:	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Superficie suave:	Activar
Verificación jacobiana:	4 Points
Tamaño de elementos:	20.573 mm
Tolerancia:	1.0286 mm
Calidad:	Alta
Número de elementos:	9937
Número de nodos:	17478

Tiempo para completar la malla (hh;mm;ss):	00:00:04
--	----------

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el sólido	N	0.000139996	0.000185013	0.000669241	0.000708316

Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Tensiones1 Fig. (2.2.2.1)	VON: Tensión de von Mises	11.1709 N/m ² Nodo: 10273	(35.3553 mm, -35.3553 mm, 120 mm)	15481.4 N/m ² Nodo: 1290	(15.8824 mm, 88.5875 mm, 400 mm)
Desplazamientos1 Fig.(2.2.2.2)	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 1	(50 mm, 86.6025 mm, 500 mm)	6.98685e ⁻⁰⁰⁶ mm Nodo: 5090	(-63.6396 mm, 63.6396 mm, 390 mm)
Deformaciones unitarias1 Fig.(2.2.2.3)	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.00796e ⁻⁰¹⁰ Elemento: 329	(0.696301 mm, 1.77289 mm, 474.323 mm)	4.90934e ⁻⁰⁰⁸ Elemento: 786	(-24.8927 mm, -88.7362 mm, 390 mm)

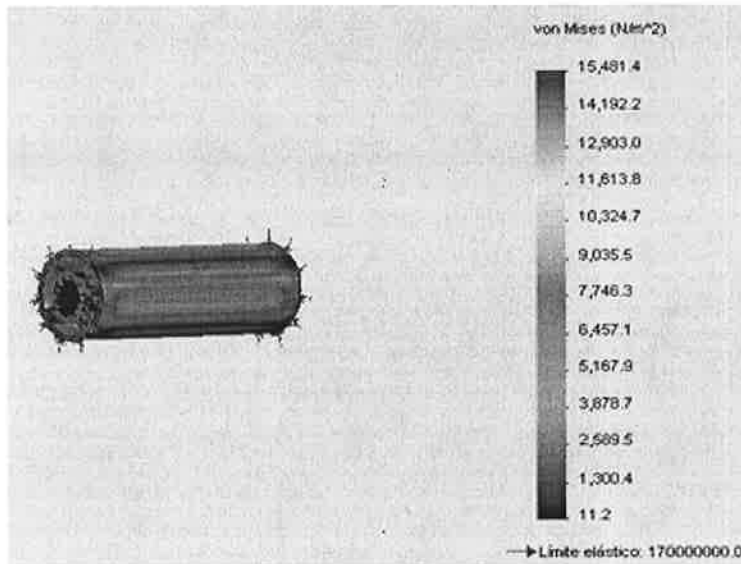


Fig. (2.2.2.1) Tensiones

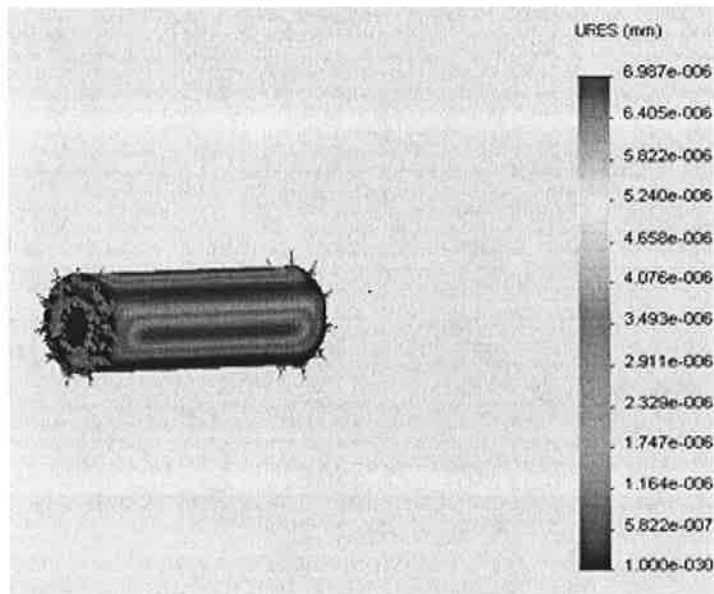


Fig. (2.2.2.2) Desplazamientos

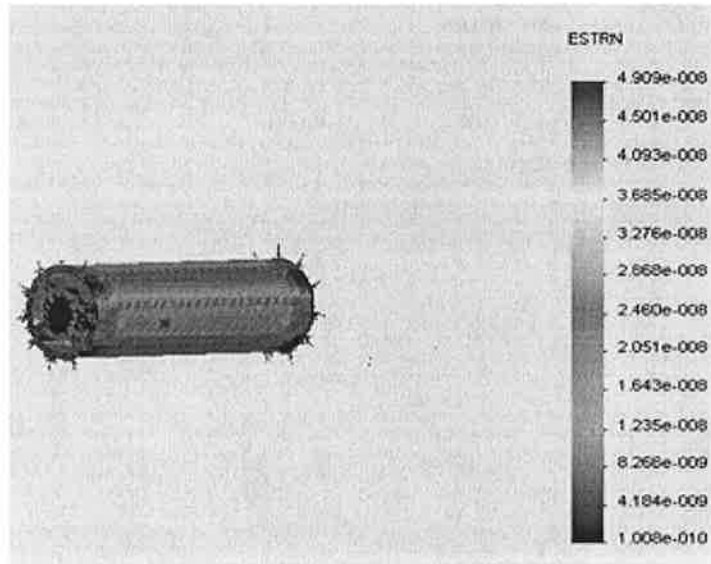


Fig. (2.2.2.3) Deformaciones unitarias.

2.2.3 Resultado para el análisis aplicado a la banda transportadora.

Se aplica una carga de fuerza normal de 610 N utilizando distribución uniforme ver tablas 2.2.3.1

Tabla 2.2.3.1. Análisis aplicado a la banda transportadora.

Información de malla

Tipo de malla:	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Superficie suave:	Activar
Verificación jacobiana:	4 Points
Tamaño de elementos:	55.39 mm
Tolerancia:	2.7695 mm
Calidad:	Alta
Número de elementos:	10527

Número de nodos:	19743
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:10

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el sólido	N	0.0946822	611.066	1.47471	611.068

Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Tensiones1 Fig. (2.2.3.1)	VON: Tensión de von Mises	0.181694 N/m ² Nodo: 12121	(1095.89 mm, -274.045 mm, -423.831 mm)	1.20967e ⁺⁰⁰⁷ N/m ² Nodo: 9907	(1001.17 mm, 160.319 mm, -250.001 mm)
Desplazamientos1 Fig.(2.2.3.2)	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 1	(1028.49 mm, 160.325 mm, -250 mm)	1.3867 mm Nodo: 9432	(72.2325 mm, 163.938 mm, -250 mm)
Deformaciones unitarias1 Fig.(2.2.3.3)	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.0472e ⁻⁰¹² Elemento: 6106	(962.056 mm, -251.484 mm, -428.028 mm)	2.69385e ⁻⁰⁰⁵ Elemento: 4565	(1012.22 mm, 162.819 mm, -236.111 mm)

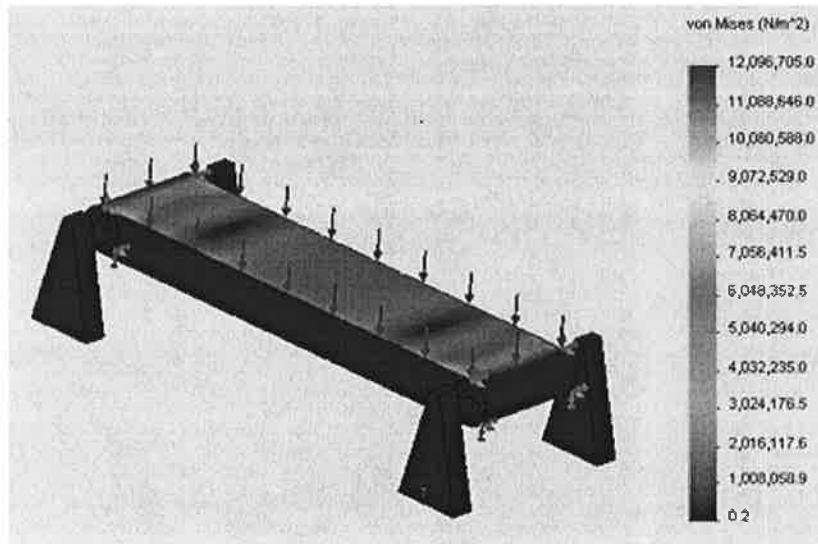


Fig. (2.2.3.1) Tensiones.

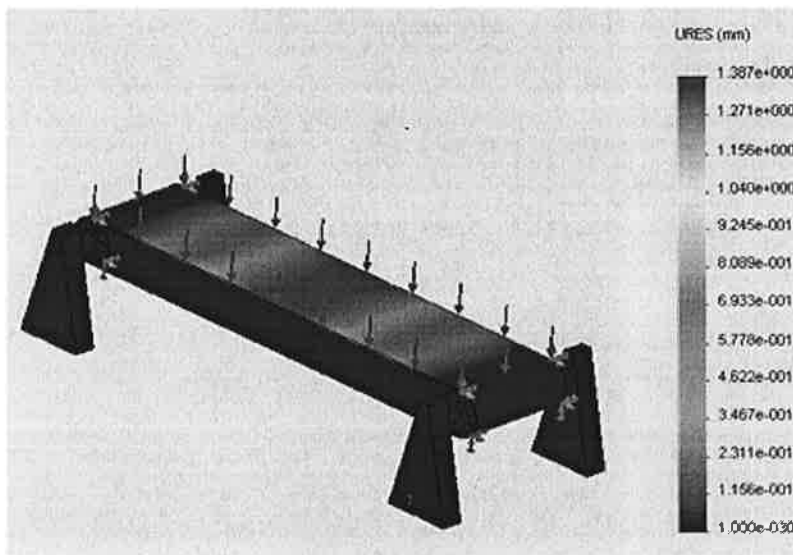


Fig. (2.2.3.2) Desplazamientos.

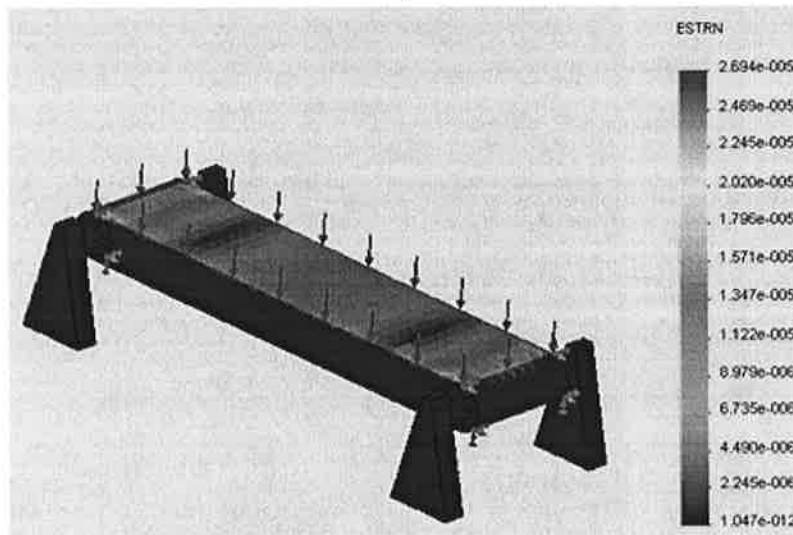


Fig. (2.2.3.3) Deformaciones unitarias.

2.3 Reductor

La siguiente parte que debemos analizar es el reductor que se utilizara para pasar las 1800 rpm del motor a 20 rpm que necesita la polea que mueve a la banda transportadora.

Calculo del reductor para la banda

Para una velocidad lineal 0.1m/s

$$velocidad = \frac{\text{espacio } m}{\text{tiempo } s} = \frac{2}{20} = 0.1 \text{ m/s}$$

Calculo de la velocidad angular, se escoge un diámetro de tambor motriz de 100mm

$$\omega = 0.1 * \frac{1 \text{ revolucion}}{2\pi * 0.5} * \frac{60 \text{ seg}}{\text{min}} = 20.1 \text{ rpm}$$

Consideramos una velocidad de 20 rpm

Como la velocidad angular calculada para el tambor motriz es muy pequeña y en el mercado no se encuentran motores que entreguen esa velocidad de salida se necesita un reductor de velocidad.

2.3.1 Calculo de las velocidades del reductor.

El reductor de velocidad es el encargado de disminuir el número de revoluciones (1800 rpm) entregadas por el motor, hasta el valor determinado en el numeral (20 rpm), es decir la reducción es de 90.

El reductor de velocidades debe cumplir con las siguientes características.

Velocidad angular de entrada	1800 rpm
Velocidad angular de salida	20rpm
Relación de reducción	90

Los fabricantes de bandas recomiendan una máxima reducción de 5 a 1 por etapa, con lo cual se garantiza una buena transmisión, se determina que el reductor consta de 3 etapas. La relación de reducción en las etapas es de 5, 4.5 y 4.

Para determina el valor de las revoluciones de salida en cada etapa se aplica la siguiente ecuación

$$n_{ent} = n_{sal} * r_r$$

n_{ent} =Número de revoluciones de entrada

n_{sal} =Número de revoluciones de salida

r_r =Relación de reducción

Primera etapa

La primera etapa tiene los siguientes datos:

$$n_{ent} = 1800 \text{ rpm}$$

$$r_r = 5$$

$$n_{sal} = n_{ent}/r_r$$

$$n_{sal} = 360 \text{ rpm}$$

Para la segunda etapa se tiene los siguientes datos

$$n_{ent} = 360 \text{ rpm}$$

$$r_r = 4.5$$

$$n_{sal} = 80 \text{ rpm}$$

Para la tercera etapa se tiene los siguientes datos

$$n_{ent} = 80 \text{ rpm}$$

$$r_r = 4$$

$$n_{sal} = 20 \text{ rpm}$$

2.3.2 Determinación de los diámetros de las poleas

Para determinar los diámetros de las poleas, así como el número de revoluciones se emplea la siguiente expresión:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

Donde

$d_1 =$ *diámetro de la polea conductora*

$d_2 =$ *diámetro de la polea conducida*

$n_1 =$ *velocidad de entrada*

$n_2 =$ *velocidad de salida*

Diámetros de las poleas 2 Y 3

Para determinar el diámetro de la polea 2 se tiene los siguientes datos:

$$d_1 = 6.35 \text{ cm}$$

$$n_1 = 1800 \text{ rpm}$$

$$n_2 = 360 \text{ rpm}$$

Remplazando los datos se tiene

$$d_2 = 31.75 \text{ cm}$$

El diámetro de la polea 3 se lo escoge en base a las necesidades de reducción de velocidad por lo tanto:

$$d_3 = 6.35 \text{ cm}$$

$$n_3 = n_2 = 360 \text{ rpm}$$

Diámetros de las poleas 4 Y 5

Para determinar el diámetro de la polea 4 se tiene los siguientes datos:

$$d_3 = 6.35 \text{ cm}$$

$$n_3 = 360 \text{ rpm}$$

$$n_4 = 80 \text{ rpm}$$

Remplazando los datos se tiene

$$d_4 = 28.575 \text{ cm}$$

El diámetro de la polea 5 se lo escoge en base a las necesidades de reducción de velocidad por lo tanto:

$$d_5 = 6.35 \text{ cm}$$
$$n_5 = n_4 = 80 \text{ rpm}$$

Diámetros de las poleas 6 Y 7

Para determinar el diámetro de la polea 6 se tiene los siguientes datos:

$$d_5 = 6.35 \text{ cm}$$
$$n_5 = 80 \text{ rpm}$$
$$n_6 = 20 \text{ rpm}$$

Remplazando los datos se tiene

$$d_6 = 25.4 \text{ cm}$$

El diámetro de la polea 7 debe ser de igual valor que el diámetro de la polea del tambor motriz; asegurando que se transmita la velocidad de 20 rpm al tambor, por tanto se escoge:

$$d_7 = 10 \text{ cm}$$
$$n_7 = n_6 = 20 \text{ rpm}$$

Y el dibujo queda de la siguiente manera enumerando las poleas del 1 al 7 como polea acoplada al motor y polea que transmite el movimiento a la polea de la banda figura (2.3.1.1) y figura (2.3.1.2).

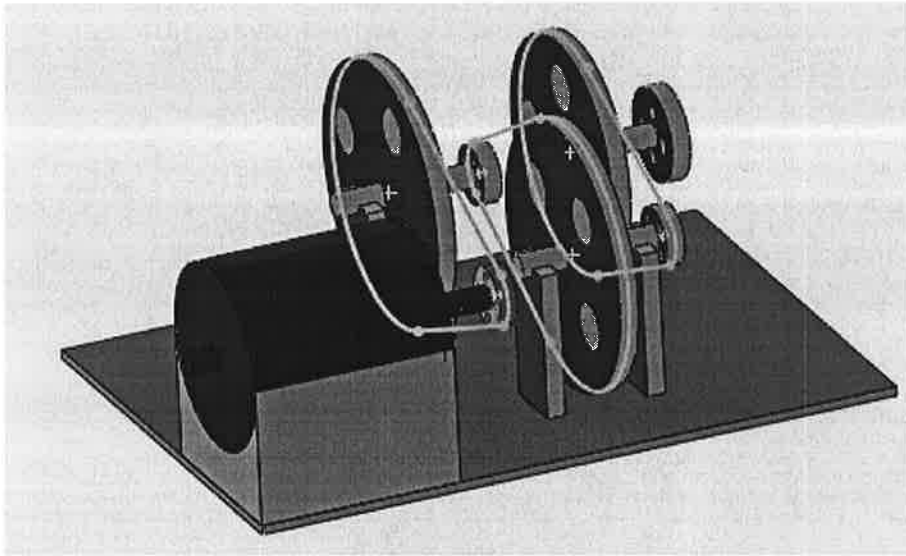


Fig. (2.3.1.1). Reductor con poleas.

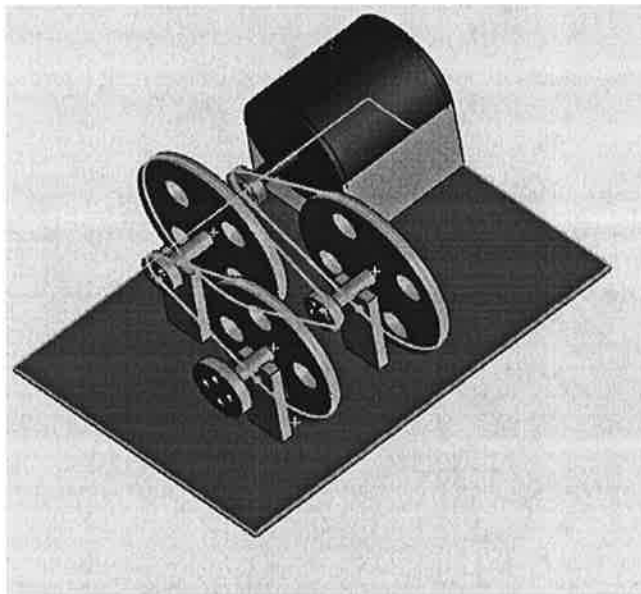


Fig. (2.3.1.2). Vistas del reductor de velocidad.

2.4 Elemento de generador de vibración.

Consiste en un una polea que es movida por una banda que esta acoplada a otra polea del reductor de velocidad figura (2.4.1).

Las partes de este equipo son las siguientes:

Base; donde van montados los soportes de la polea y las guías.

Soportes; son los apoyos que tiene la polea.

Guías; son las que permitirán que el movimiento de la cabeza sea lineal.

Biela; transforma el movimiento circular de la polea a movimiento rectilíneo.

Perno; une a la cabeza con la biela.

Cabeza; es el elemento final que ocasionara la vibración a la banda transportadora

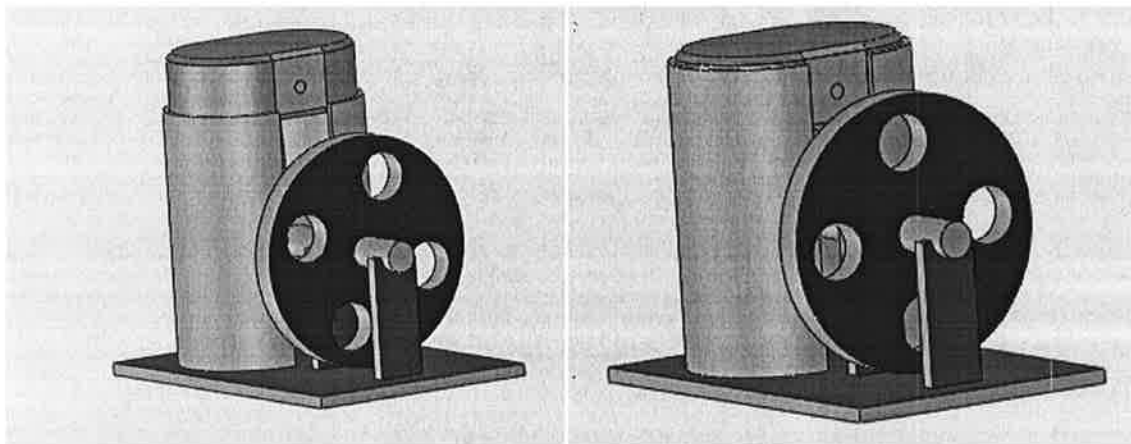


Fig. (2.4.1). Ensamble completo del equipo generador de vibración

La amplitud de la vibración será de 2 cm, con una frecuencia de 120 ciclos por minuto ver desplazamiento en figura (2.4.2).

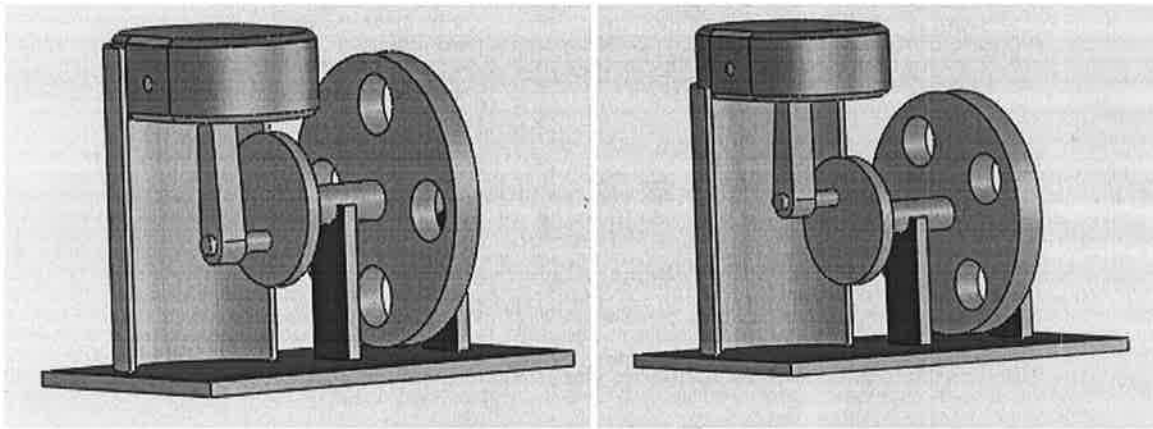


Fig. (2.4.2). Amplitud de la vibración.

El elemento generador de vibración recibirá su movimiento por medio de una banda colocada en una polea del reductor de velocidad, la velocidad angular será de 120 rpm, y la amplitud que proporcionara será de 2 cm.

2.4.1 Resultado para el análisis aplicado a la biela.

Se aplica una carga de fuerza normal de 305 N utilizando distribución uniforme, en la tabla 2.4.1.1 se muestra el análisis.

Tabla 2.4.1.1. Análisis aplicado a la biela.

Información de malla

Tipo de malla:	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Superficie suave:	Activar
Verificación jacobiana:	4 Points
Tamaño de elementos:	3.5921 mm
Tolerancia:	0.17961 mm
Calidad:	Alta
Número de elementos:	7942

Número de nodos:	12610
Tiempo para completar la malla (hh;mm;ss):	00:00:02

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el sólido	N	-4.66287e ⁻⁰⁰⁶	6.26531e ⁻⁰⁰⁷	-5.07598e ⁻⁰¹⁰	4.70478e ⁻⁰⁰⁶

Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Tensiones1 Fig.(2.4.1.1)	VON: Tensión de von Mises	0.0014472 2 N/m ² Nodo: 11215	(2.33321 mm, -12.4838 mm, 6.66667 mm)	1.21503e ⁺⁰⁰ 6 N/m ² Nodo: 6166	(-1.63411 mm, 112.743 mm, 15 mm)
Desplazamientos 1 Fig.(2.4.1.2)	URES: Desplazamiento o resultante	0 mm Nodo: 50	(-6.35 mm, 7.77651e-016 mm, 20 mm)	3.49428e-005 mm Nodo: 12343	(0.10237 mm, 112.743 mm, 15 mm)
Deformaciones unitarias1 Fig.(2.4.1.3)	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.26144e-014 Elemento: 7498	(2.79441 mm, -11.721 mm, 2.14769 mm)	4.18737e-006 Elemento: 5977	(-3.51617 mm, 112.296 mm, 2.31828 mm)

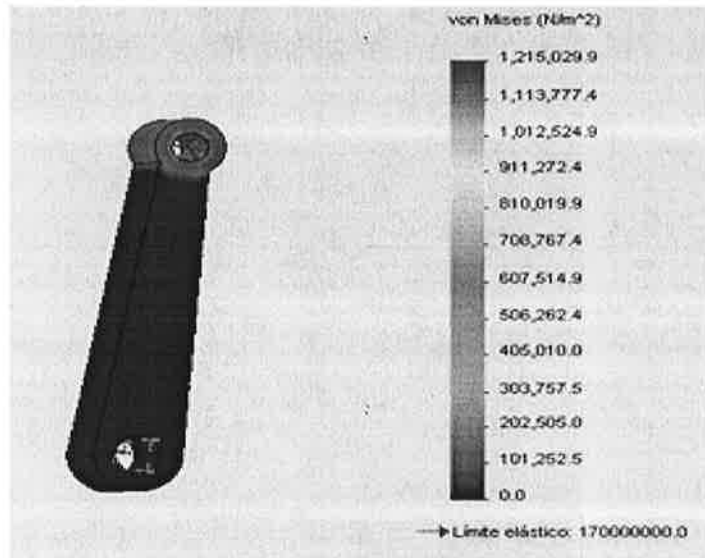


Fig. (2.4.1.1) Tensiones

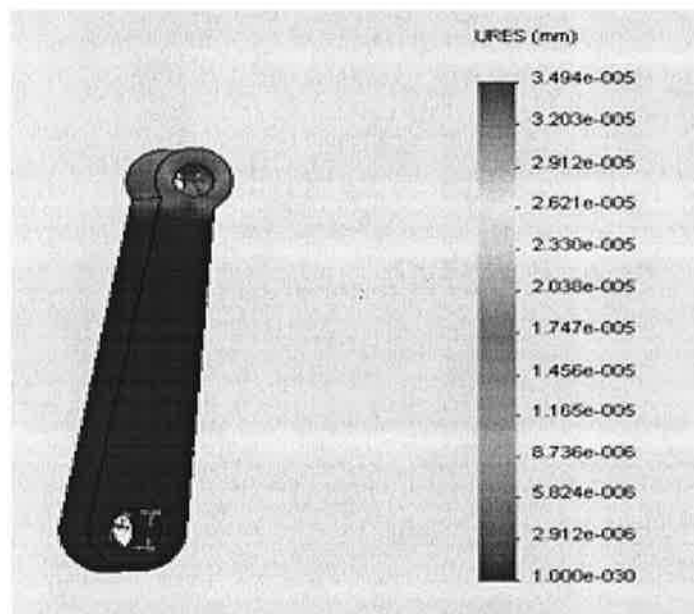


Fig. (2.4.1.2) Desplazamientos.

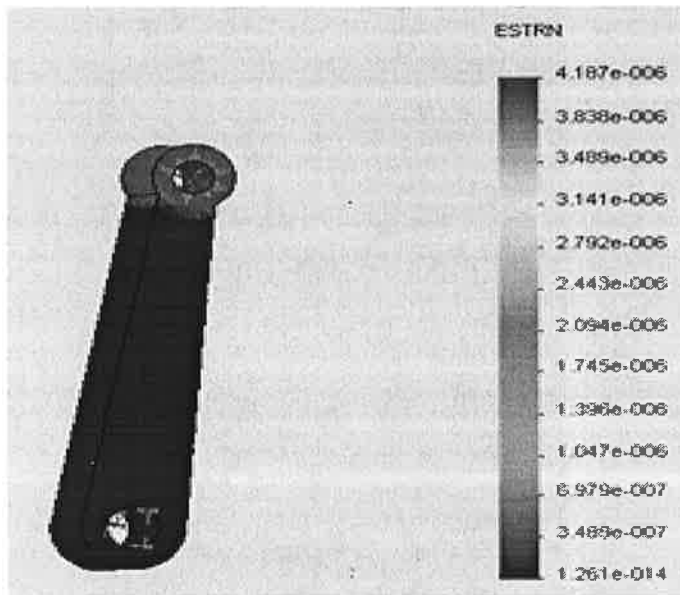


Fig. (2.4.1.3) Deformaciones unitarias

2.4.2 Resultado para el análisis aplicado al perno de polea.

Se aplica una carga de fuerza normal de 305 N utilizando distribución uniforme, los resultados del análisis se observan en la tabla 2.4.2.1.

Tabla 2.4.2.1 Análisis aplicado a perno

Información de malla

Tipo de malla:	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Superficie suave:	Activar
Verificación jacobiana:	4 Points
Tamaño de elementos:	8.5303 mm
Tolerancia:	0.42652 mm
Calidad:	Alta
Número de elementos:	8189

Número de nodos:	13870
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:02

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el sólido	N	3.70145e ⁻⁰⁰⁵	- 0.000620365	0.000539832	0.00082319

Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Tensiones1 Fig. (2.4.2.1)	VON: Tensión de von Mises	1.25759e ⁻⁰⁰⁶ N/m ² Nodo: 29	(11.9341 mm, 4.34365 mm, 61.6667 mm)	181483 N/m ² Nodo: 13402	(16.9543 mm, 0.170336 mm, -95.9997 mm)
Desplazamientos1 Fig. (2.4.2.2)	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 63	(16.825 mm, -5.49926 mm, -90 mm)	2.28152e ⁻⁰⁰⁵ mm Nodo: 5185	(23.175 mm, -5.49925 mm, -140 mm)
Deformaciones unitarias1 Fig. (2.4.2.3)	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.12549e ⁻⁰¹⁷ Elemento: 2844	(5.83722 mm, 1.9365 mm, 63.1558 mm)	6.82773e ⁻⁰⁰⁷ Elemento: 3942	(20.7982 mm, -4.31047 mm, -103.633 mm)

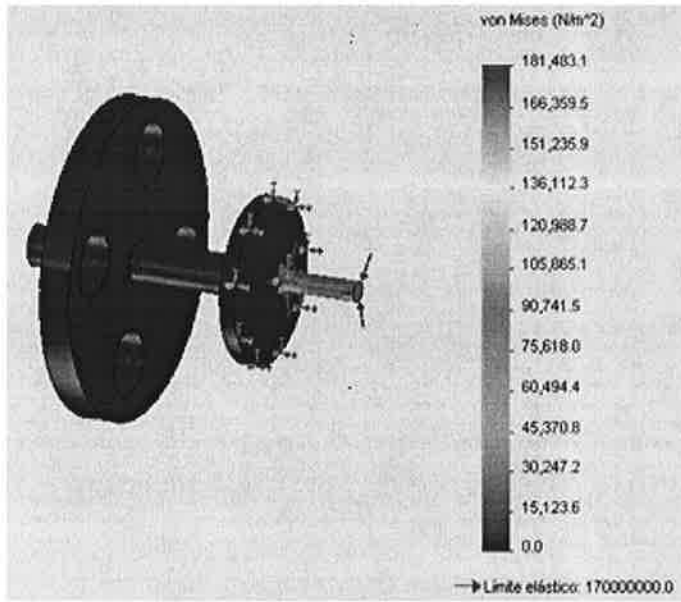


Fig. (2.4.2.1) Tensiones

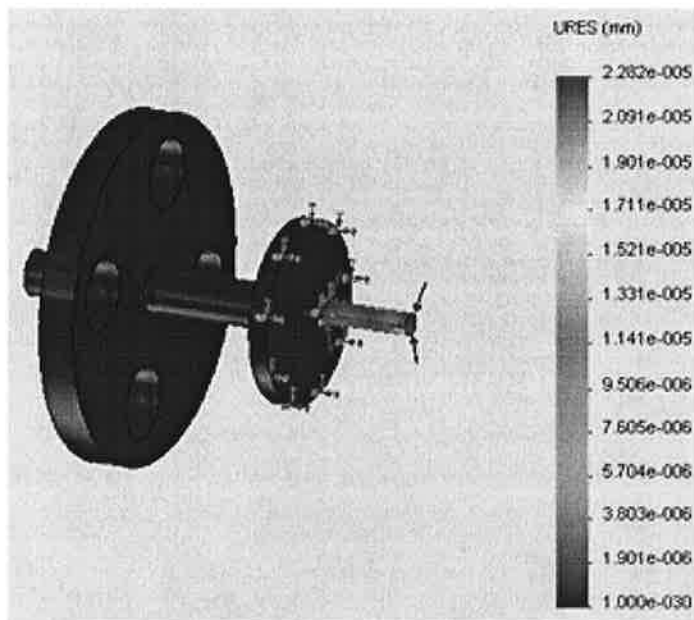


Fig. (2.4.2.2) Desplazamientos

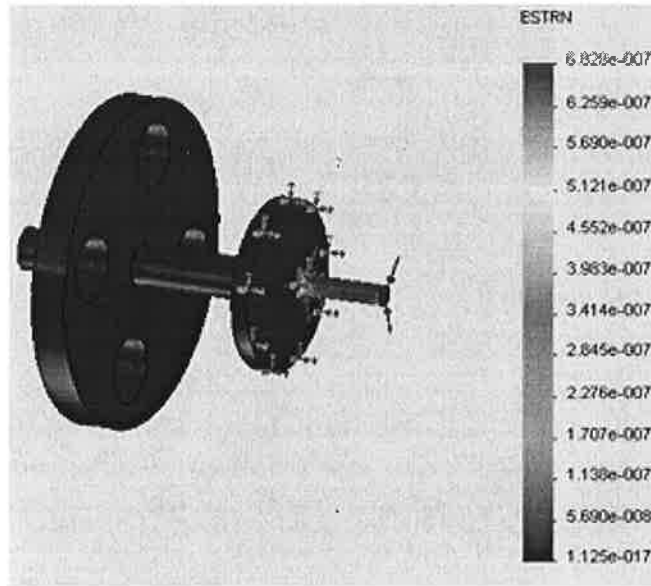


Fig. (2.4.2.3) Deformación unitaria

2.4.3 Resultado para el análisis aplicado a la cabeza de polea.

Se aplica una carga de fuerza normal de 305 N utilizando distribución uniforme, datos obtenidos del análisis ver tabla 2.4.3.1.

Tabla 2.4.3.1 Análisis aplicado a cabeza de polea

Información de malla

Tipo de malla:	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Superficie suave:	Activar
Verificación jacobiana:	4 Points
Tamaño de elementos:	5.5819 mm
Tolerancia:	0.27909 mm
Calidad:	Alta
Número de elementos:	8687

Número de nodos:	16500
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:04

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el sólido	N	-0.00177479	0.00707835	-304.945	304.945

Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Tensiones1 Fig. (2.4.3.1)	VON: Tensión de von Mises	10777 N/m ² Nodo: 14430	(-102.756 mm, 6.69587 mm, 44.7232 mm)	3.67385e ⁺⁰⁰⁶ N/m ² Nodo: 8907	(-17.1146 mm, 50.7039 mm, 2.28299 mm)
Desplazamientos1 Fig. (2.4.3.2)	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 1	(-25 mm, 50.7037 mm, 30 mm)	0.00401422 mm Nodo: 7729	(-25 mm, -1.90187e-006 mm, -2.49599 mm)
Deformaciones unitarias1 Fig.(2.4.3.3)	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.33503e ⁻⁰⁰⁷ Elemento: 3115	(-26.3696 mm, -4.68382e ⁻⁰⁰⁶ mm, -2.4954 mm)	1.08953e ⁻⁰⁰⁵ Elemento: 4664	(-25.209 mm, -55.0926 mm, 18.1627 mm)

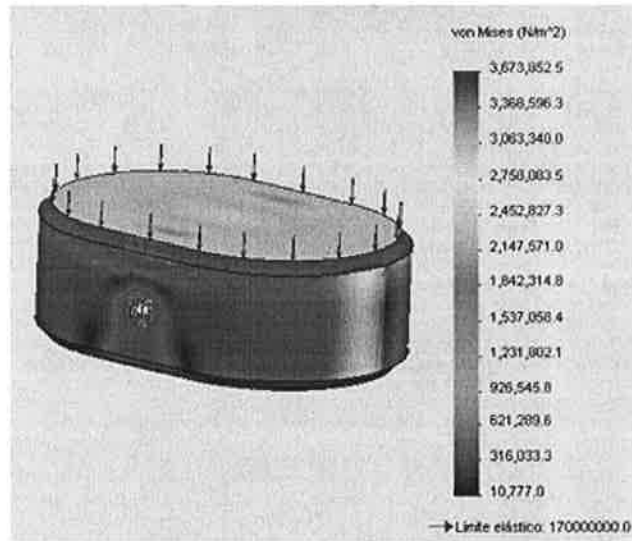


Fig. (2.4.3.1) Tensiones.

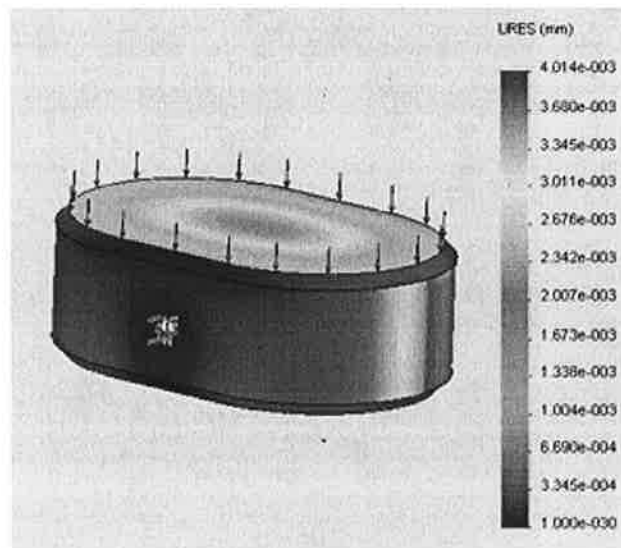


Fig. (2.4.3.2) Desplazamiento.

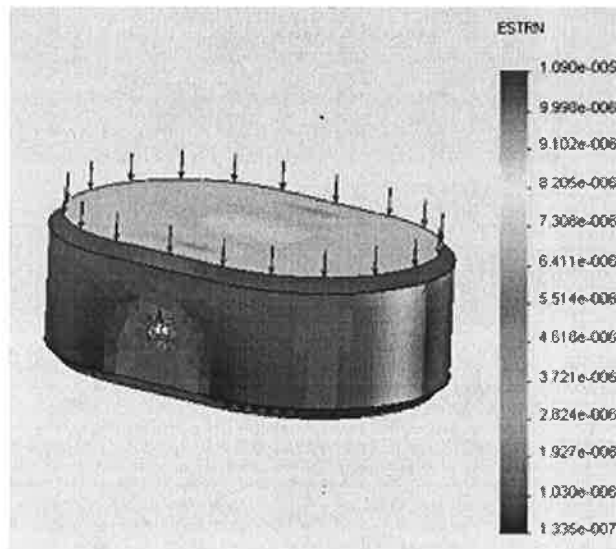


Fig. (2.4.3.3) Deformación unitaria

2.4.4 Resultado para el análisis aplicado al pasador.

Se aplica una carga de fuerza normal de 305 N utilizando distribución uniforme, ver tabla 2.4.4.1.

Tabla 2.4.4.1. Análisis a pasador

Información de malla

Tipo de malla:	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Superficie suave:	Activar
Verificación jacobiana:	4 Points
Tamaño de elementos:	2.0614 mm
Tolerancia:	0.10307 mm
Calidad:	Alta
Número de elementos:	6477
Número de nodos:	10431

Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:02
Nombre de computadora:	JIMMY-PC

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el sólido	N	-0.000366028	0.000179917	-0.000942175	0.00102666

Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Tensiones1 Fig. (2.4.4.1)	VON: Tensión de von Mises	11704.1 N/m ² Nodo: 2079	(-0.887899 mm, -0.220988 mm, 109.942 mm)	122529 N/m ² Nodo: 10402	(3.21394 mm, -3.83022 mm, 111.41 mm)
Desplazamientos1 Fig. (2.4.4.2)	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 1	(2.5 mm, 4.33013 mm, 111.41 mm)	1.33168e ⁻⁰⁰⁶ mm Nodo: 6508	(-4.04508 mm, 2.93893 mm, 104.189 mm)
Deformaciones unitarias1 Fig.(2.4.4.3)	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	2.29564e ⁻⁰⁰⁸ Elemento: 6138	(0.280177 mm, 0.451442 mm, 1.38271 mm)	2.88258e ⁻⁰⁰⁷ Elemento: 4909	(2.52751 mm, -3.19153 mm, 0.323155 mm)

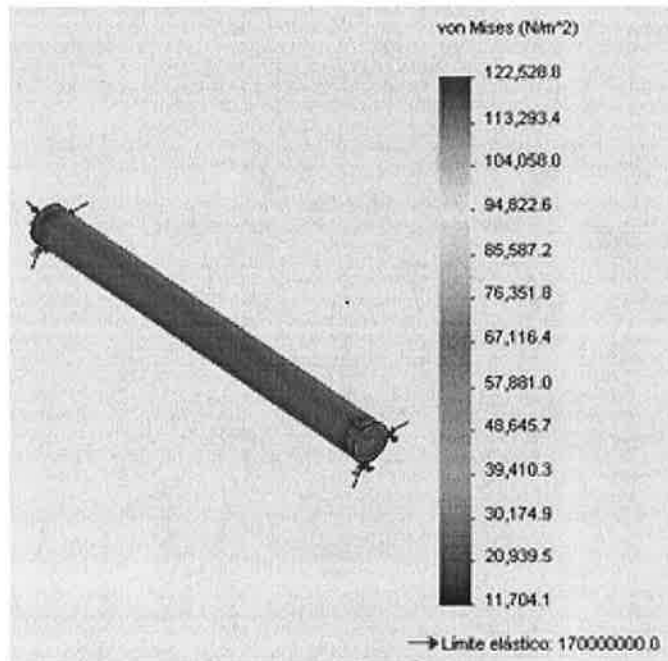


Fig. (2.4.4.1) Tensión.

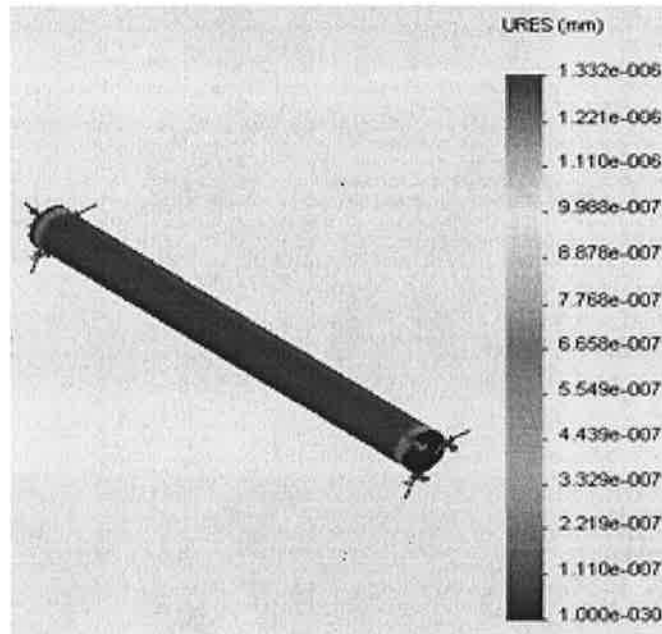


Fig. (2.4.4.2) Desplazamiento

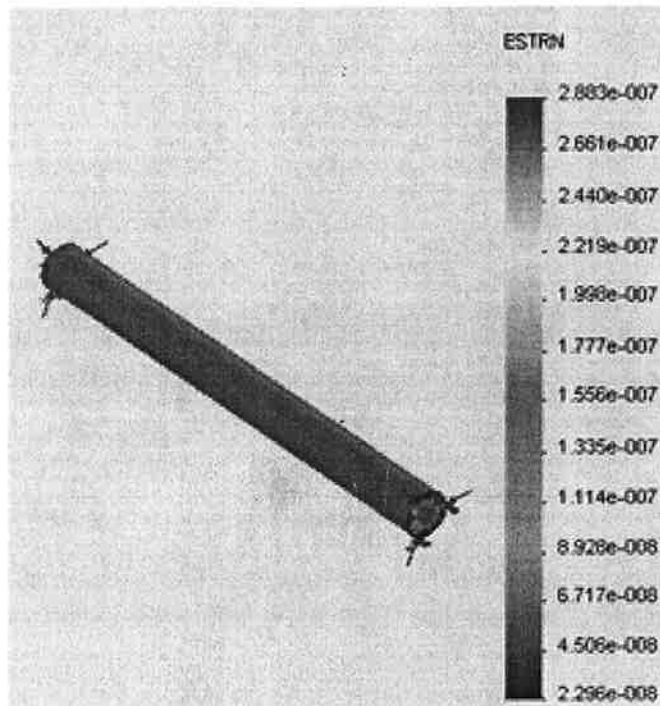


Fig. (2.4.4.3) Deformación unitaria

2.4.5 Características del secador.

A continuación se presenta el sistema de secado, las piezas que lo componen y el proceso.

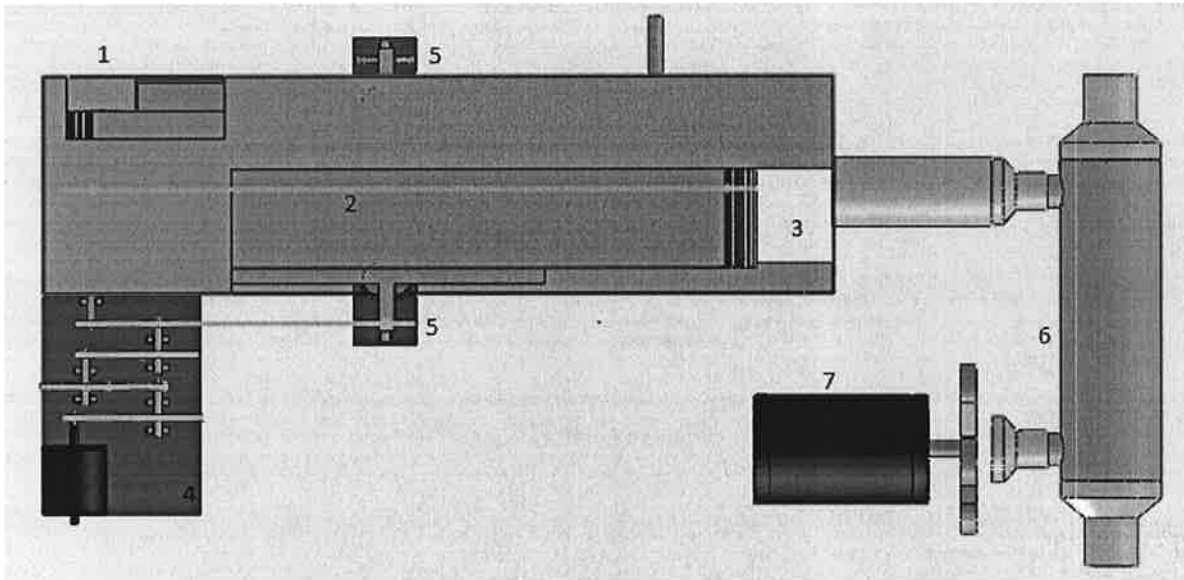


Fig. (2.4.5.1) secador de víscera

En la imagen (2.4.5.1) se observan las partes que componen el secador:

- 1.- Entrada de víscera
- 2.- Banda transportadora de víscera
- 3.- Salida de víscera seca y precalentada
- 4.- Reductor de velocidad
- 5.- Elemento generador de vibración
- 6.- Intercambiador de calor
- 7.- ventilador

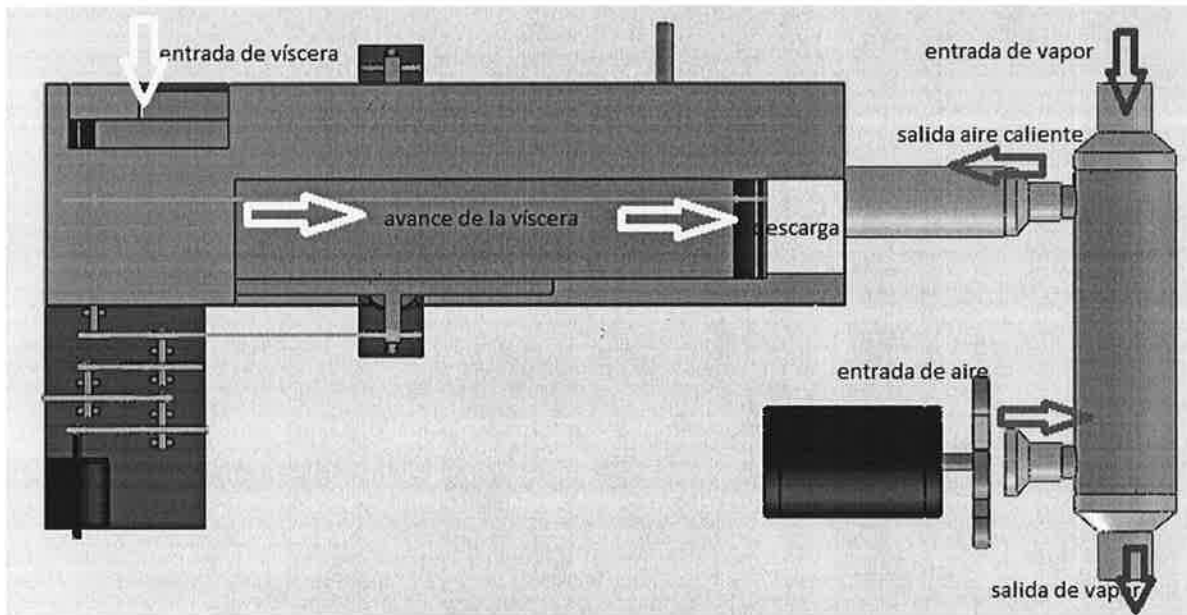


Fig. (2.4.5.2) Proceso de secado de víscera.

El proceso que se lleva a cabo en la figura (2.4.5.2) es el siguiente:

En el intercambiador de calor de carcasa y tubos tiene por el interior de los tubos un flujo de vapor, por el exterior de los tubos circula una corriente de aire la cual al entrar en contacto con los tubos calientes aumenta su temperatura.

En la sección de la banda transportadora entra la víscera con humedad y a temperatura ambiente, en su recorrido hacia la descarga el elemento generador de vibración provocara por su movimiento oscilatorio que pierda humedad y el aire caliente con su recorrido a contracorriente con la víscera le provocara un precalentamiento, saliendo esta a una temperatura cercana a la de la entrada de aire caliente.

2.5 Control

La programación en LabVIEW agrega entradas del mundo real al paradigma de software, además de agregar procesamiento en tiempo real. Para la realización de este software se utilizan. El software determina los parámetros de entrada en la ejecución según se necesitan, es por eso que al ser tan dependientes del hardware pueden ser tan rápidos, ya que no tienen que implementar interfaces complicadas que retardan la ejecución como en las computadoras personales.

2.6 Programa de adquisición y envío de datos

Las funciones de adquisición y envío de datos, la conversión análoga-digital, la comunicación paralela, ajuste de voltajes de referencia y generación de pulsos fueron realizados por la tarjeta de National instruments. Se decidió utilizar la tarjeta DAQ dedicada a la adquisición y envío de datos para que los algoritmos de control los implementara el software de LabVIEW.

El programa de control de motores consta de bloques de toma de datos para saber cuál es la temperatura del intercambiador de calor y el bloque de envío de datos para el control del motor. A continuación se explicara de forma detallada el VI.

2.7 Programa principal

Una de las funciones específicas que hace el programa principal es la interface grafica del control del motor este programa aparte que muestra controles de ejecución de programa también tiene un marcador que muestra la temperatura obtenida del termopar, voltaje de salida para los motores.

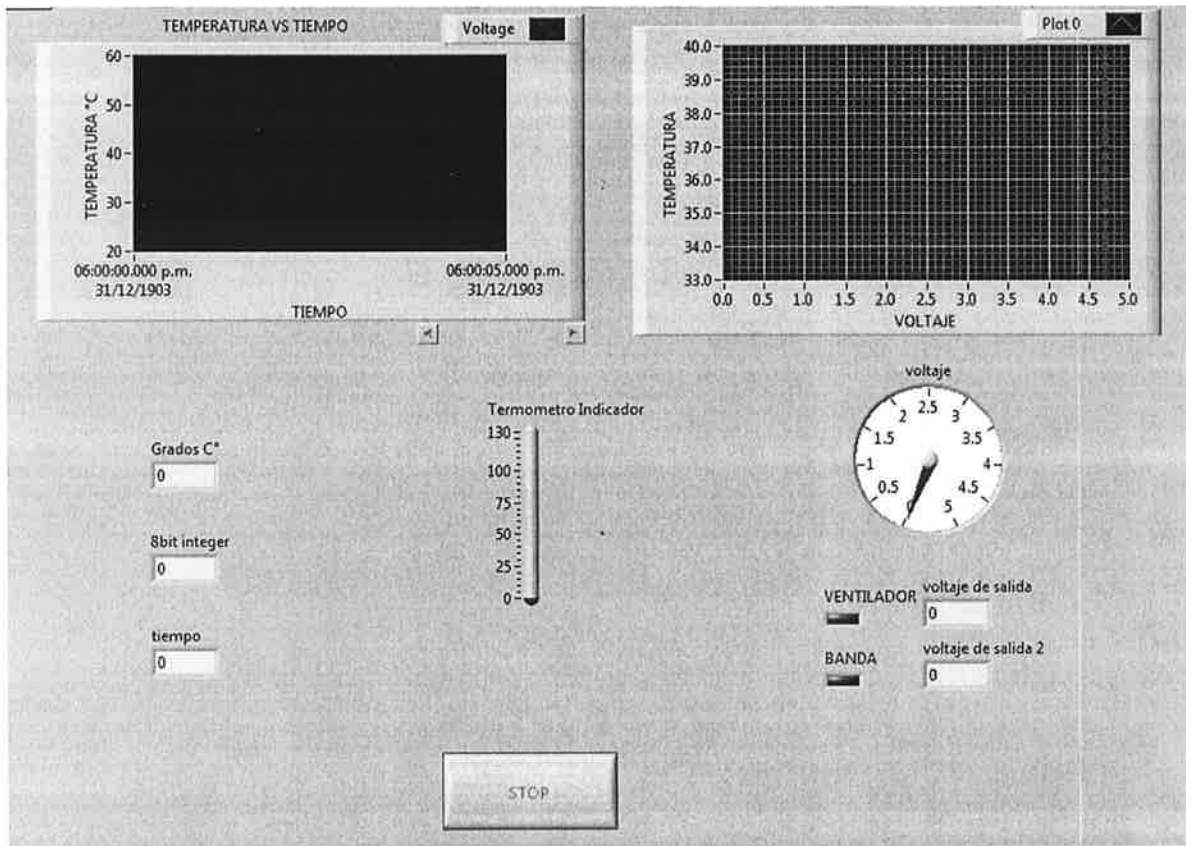


Fig. (2.7.1) Panel frontal principal

En el programa principal podemos apreciar las variables a controlar, en primer lugar se tienen dos gráficas una que es temperatura vs tiempo, que nos indicará la variación de la temperatura que se alcanza en un lapso de tiempo, la segunda gráfica es temperatura vs voltaje, ver fig.(2.7.1) que dependiendo de la temperatura en el intercambiador será el voltaje de salida hacia la DAQ, se tiene también un termómetro que nos muestra la temperatura que se tiene en la salida del intercambiador de calor, indicadores de los tres motores donde se observa el encendido y su interruptor de paro.

2.7.1 Programación del panel frontal de control

En esta parte hablaremos de la parte de programación del panel de control de motor, todas las variables de control que tiene, como la de adquisición de datos, el procedimiento de la señal de entrada que le estamos aplicando al sistema; esta

señal la procesa y normaliza para mandarla finalmente a la tarjeta de adquisición de datos. Así como también se tiene la captura de los cambios de la temperatura que nos manda el sensor para que sea procesada y así la despliegue las graficas que se muestran en el panel de control del LabVIEW.

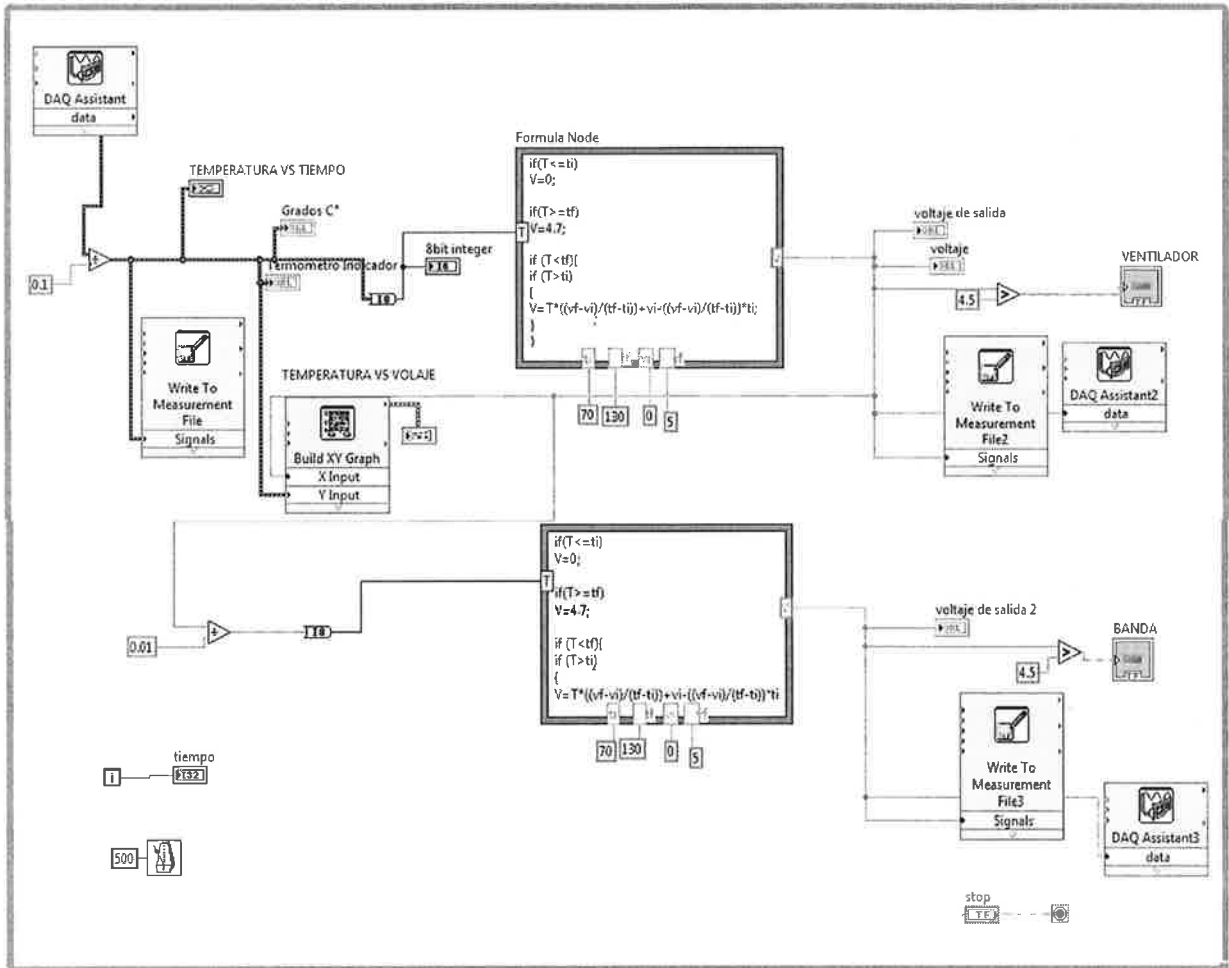


Fig. (2.7.1.1) Diagrama a bloques del VI principal.

Como puede verse en la fig. (2.7.1.1), este vi se encarga solo de calcular las acciones de control, también el voltaje de salida con respecto a la temperatura de entrada, en el panel frontal se puede visualizar los diferentes tipos de entradas que se le están aplicando, así como también controlar las señales de entrada que se le aplican al sistema.

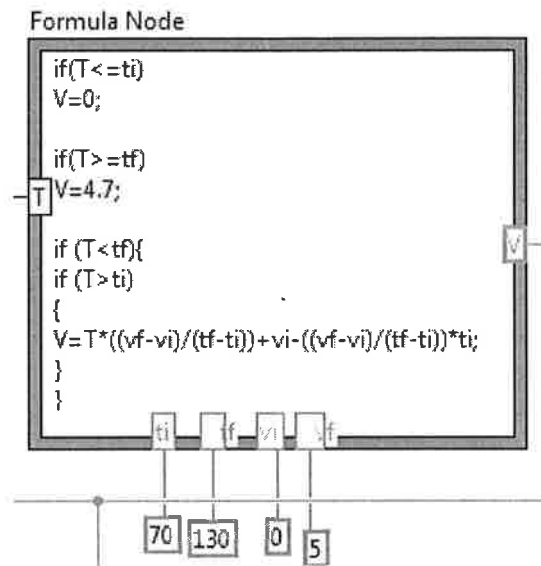


Fig. (2.7.1.2). Formula node.

Como se puede ver la función “formula node” figura (2.7.1.2), Este es el corazón de todo el programa de control y adquisición de datos, es el que hace el cálculo de los datos de entrada que se le envían. Se encarga del cálculo y dar el resultado a la aplicación de las variables que se necesitan.

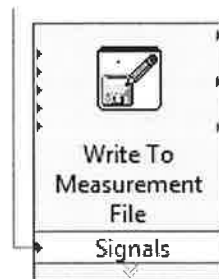


Fig. (2.7.1.3). Write to measurement file.

Se utilizo la función de “write to measurement file” para tener un registro de la entrada de temperatura y salida de voltaje fig. (2.7.1.3).

Ahora se muestra el bloque para el asistente de la tarjeta de datos fig.(2.7.1.4) la cual se tiene que configurar la función que uno desee; para captura de señales analógicas de entrada o salida, para captura de señales digitales de entrada o

salida y también se puede configurar como puertos de salida analógicas o digitales. Se tiene que seleccionar cual tarjeta de adquisición de datos se va a usar se tiene que verificar cual se tenga conectada a la computadora.



Fig. (2.7.1.4). Bloque tarjeta de datos.

Esta es la parte de la adquisición de señal de los pulsos que toma del sensor que está colocado en el intercambiador. El asistente del DAQ manda varias señales de muestreo las procesa y las despliega; las salidas de voltaje son mandadas a un amplificador de potencia para aumentar el voltaje de salida para el control de los motores trifásicos y así activarlos de acuerdo a lo programado.

2.8 Etapa de potencia.

La etapa de potencia, es necesaria, porque sin ella la DAQ no es capaz de dar la corriente que se necesita, sobre todo si quieres usar un motor. A través de la DAQ, se puede mandar las señales de control, sólo envía pulsos de 5 volts a través de la tarjeta (por el puerto digital) y mantenerlo en alto o en bajo, según se requiera.

Para diseñar la parte de potencia es necesario tomar en cuenta las variables pertinentes al proceso. El sistema de potencia debe de estar elaborado de tal forma que permita la sincronización de cada uno de los mecanismos que integran el sistema.

Para poder realizar el control del sistema es necesario diseñar una etapa de potencia que permita el accionamiento del equipo estático y rotatorio para la distribución y transmisión de la energía eléctrica. En este caso ese equipo son los motores y los diferentes dispositivos que dan movimiento al sistema, en este caso los motores que se utilizarán para el funcionamiento del sistema serán de CA trabajando a 230 volts con una conexión trifásica y estarán conectados en estrella.

La manera en que opera cada uno se describe a continuación:

1. Motor de la banda de alimentación: En este se tendrá un inicio y un paro general. Debido a que la mayor parte del tiempo estará en operación no requiere de un control específico solo de un reductor de velocidad para el movimiento de los vibradores.
2. Motor del ventilador: Al igual que el de la banda de alimentación este operará todo el tiempo. Por esta condición no se aplicará un control, solo se tendrá un paro y arranque general.

Se tiene un voltaje de 5 volts CD en la parte lógica del sistema de control (DAQ), y para la etapa de potencia se trabaja con un voltaje a 230 volts CA fig.

Para poder establecer un arreglo que permita trabajar con ambos voltajes se hará uso de la optoelectrónica. Utilizando un arreglo de opto-acopladores (MOC'S) se aislará la etapa de control con la de potencia, es decir que estarán separados y de esta forma se protege la parte de control si es que llegara a ocurrir una falla en la parte de potencia y viceversa.

Los MOC'S ver figura (2.8.1) no son más que un integrado que contiene un LED que es el que activara el foto Triac, ya que este entra en estado de conducción cuando el diodo emite el haz de luz y así poder activar el elemento dinámico que se esté controlando las características del opto-acoplador están contenidas en la tabla 2.8.2. Este elemento es comúnmente utilizado para realizar interfases entre

el control electrónico y el control de cargas resistivas e inductivas en circuitos de CA por medios de TRIAC'S. los Triac's poseen tres terminales, una que es GATE, fig. (2.8.3). Esta es una compuerta; y dos terminales principales que son MT1 y MT2, la señal se envía por GATE y puede ser proporcionada por un tiristor.

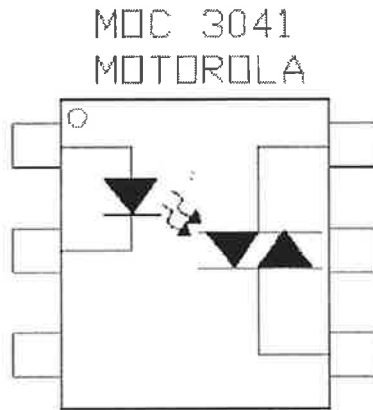


Fig. (2.8.1). Símbolo del optoacoplador.

El circuito de potencia se muestra a continuación fig. (2.8.2):

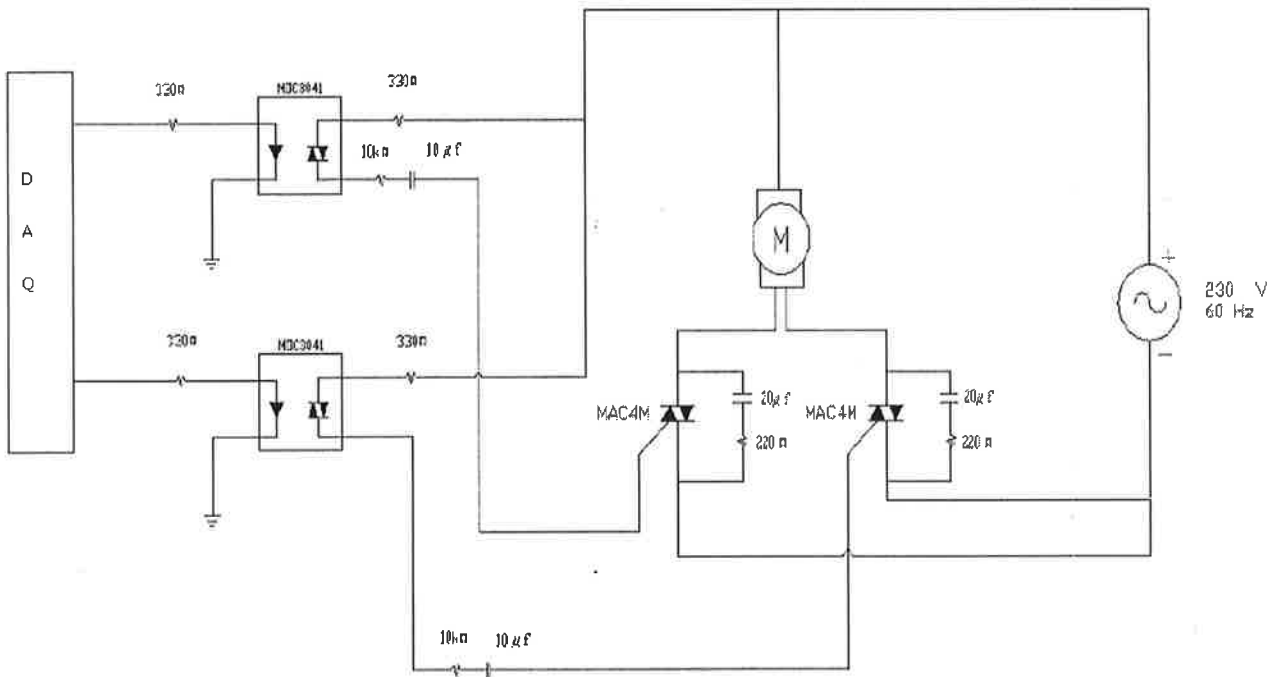


Fig. (2.8.2). Circuito etapa de potencia.

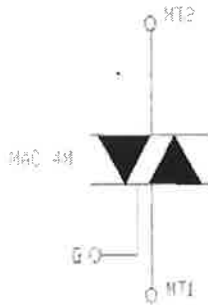


Fig. (2.8.3). Símbolo del TRIAC MAC4M.

Para saber mas las características del TRIAC a usarse en esta etapa de potencia tomemos en cuenta los datos contenidos en la tabla 2.8.1.

Tabla 2.8.1. Características del TRIAC

Rangos Máximos a una temperatura $T_J = 25^\circ\text{C}$
MAC4M

Rating	Símbolo	Valor	unidades
Voltaje Pico Repetitivo en Estado Apagado ($T_J = -40$ a 125°C)	VDRM	600	Volts
Corriente RMS en Estado Encendido	$I_T(\text{RMS})$	4.0	Amps
Potencia Pico de Compuerta Con un pulso $\leq 1\mu\text{s}$. $T_C = 100^\circ\text{C}$	PGM	0.5	Watt
Rango de Temperatura de Conexión Operando	T_J	40 a + 125	$^\circ\text{C}$

Rango de Temperatura de Almacenamiento	Tstg	-40 a + 150	°C
--	------	-------------	----

Características eléctricas

Característica	Símbolo	Min.	Typ	Máx.	Unidad
Características apagado.					
Corriente Pico de Bloqueo Repetitiva (VD=valor VDRM, VRRM; Puerta Abierta)	IDRM	—	—	0.01	mA
	IRRM	—	—	2.0	
Características encendido.					
Voltaje Pico en Estado Encendido (IT=±6.0 A)	VTM	—	1.3	1.6	V
Corriente Disparadora de Compuerta MT2(+), G (+) MT2 (+), G (-) MT2(-), G (-)	IGT	8.0	12	35	mA
		8.0	16	35	
		8.0	21	35	
Corriente de Retención	IH	6.0	20	35	mA
Corriente de Aseguramiento MT2(+), G (+) MT2 (+), G (-) MT2(-), G (-)	IL	—	25	60	mA
		—	40	80	
		—	20	60	

Voltaje Disparadora de Compuerta MT2(+), G (+) MT2 (+), G (-) MT2(-), G (-)	VGT	0.5 0.5 0.5	0.8 0.8 0.8	1.3 1.3 1.3	V
---	-----	-------------------	-------------------	-------------------	---

Tabla 2.8.2. Características del opto-acoplador.

Rangos Máximos (TA = 25°C)

Rango	Símbolo	Valor	Unidad
Diodo emisor infrarojo			
Voltaje Invertido	VR	6	Volts
Corriente de salida	IF	60	mA
Disipación Total de Potencia @ TA=25°C Potencia despreciable en el conductor de salida	PD	120 1.41	mW mw/°C
Conductor de salida			
Voltaje en la Terminal de Salida estado apagado	VDRM	400	Volts
Corriente Pico de onda repetitiva(PW=100µs,120pps)	ITSM	1	A
Disipación Total de Potencia @ TA=25°C	PD	150 1.76	mW, mW/°C
Dispositivo total			
Rango de Temperatura de Conexión	TJ	-40 a +100	°C

Rango de Temperatura Ambiente de Operación	de TA	-40 a +85	°C
Rango de Temperatura Almacenada	de Tstg	-40 a +150	°C

Características Eléctricas (TA=25°C)

Características	Símbolo	Min	Typ	Máx	Unidad
Entrada led					
Corriente Invertida de Salida (VR=6 v)	IR	–	0.05	100	μA
Voltaje de Salida (IF=30 mA)	VF	–	1.3	1.5	Volts
Detector de salida					
Salida con el LED apagado , en ambas direcciones	IDRM1	–	2	100	nA
Voltaje Pico en estado encendido, en ambas direcciones (ITM=100mA pico)	VTM	–	1.8	3	Volts
Valor crítico de subida de	dv/dt	1000	2000	–	v/μs

voltaje en estado apagado					
Acoplamiento óptico					
Corriente disparadora de LED	IFT	–	–	15	mA
Corriente de retención, en ambas direcciones	IH	–	250	–	μA
Voltaje de Insolación (f=60 hz, t=1s)	VISA	7500	–	–	Vac (pk)

Los datos para la selección del motor fueron calculados con el software de intralox figura (2.8.4). Para obtener la potencia del motor se necesita los siguientes datos ancho, peso, largo, velocidad, espesor.

Con esos datos ingresados al software nos arroja que se requiere un torque de 41.8 N/m y una potencia de 43 watts (0.05 Hp), que es el mínimo requerido, girando a 1800 Rpm.

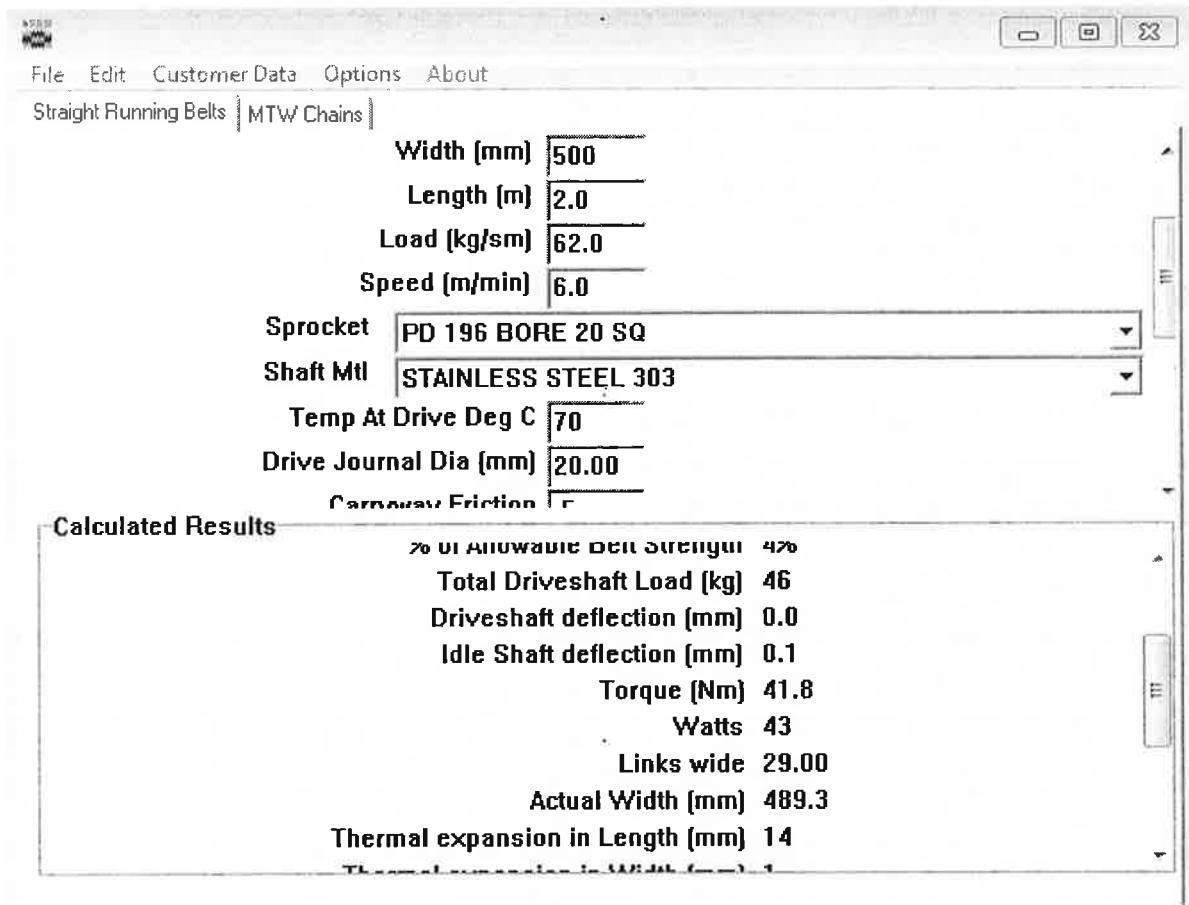


Fig. (2.8.4) Software de Intralox.

2.9 Acondicionamiento de señales.

Los sistemas de adquisición de datos (DAQ) basados en PC y dispositivos insertables son usados en un amplio rango de aplicaciones en los laboratorios y tecnologías de comunicación para automatizar el monitoreo y control de procesos industriales. Típicamente, los dispositivos DAQ insertables son instrumentos de propósito general diseñados para medir señales de voltaje.

El problema es que la mayoría de los sensores y transductores generan señales que debe acondicionar antes de que un dispositivo DAQ pueda adquirir con precisión la señal. Este procesamiento al frente, conocido como acondicionamiento de señal, incluye funciones como amplificación, filtrado, aislamiento eléctrico y multiplexeo.

2.9.1 Acondicionamiento de Transductores

Los transductores son dispositivos que convierten fenómenos físicos como temperatura, carga, presión o luz a señales eléctricas como voltaje y resistencia. Las características de los transductores definen muchos de los requerimientos de acondicionamiento de señales de un sistema DAQ.

Los procesos en los que se pueden presentar el acondicionamiento de una señal **son: Convertir** las variaciones de una variable física a un tipo de señal adecuado. Podemos mencionar el caso que hemos realizado al convertir variaciones de resistencia, en variaciones de voltaje, para ello hemos utilizado un simple divisor de voltaje del cual aprovechamos dos características.

- La conversión de resistencia a voltaje
- La linealización de la respuesta del termistor

Obtención del nivel adecuado de la señal.

Como segundo caso podemos considerarla señal de un termopar. Donde el voltaje de salida es de unos cuantos milivolts. Si esta señal se pretende utilizar en ambientes “con ruido eléctrico”, generalmente este ruido tiene una mayor amplitud que la respuesta del propio termopar, así que se debe de amplificar de manera “diferencial” este tipo de señal con el objetivo de reducir los posibles errores al momento de amplificar la señal. Así generalmente la señal se amplifica para pasar de algunos milivolts a otra de volts. En la etapa de amplificación es muy común utilizar amplificadores operacionales o de instrumentación.

Eliminación o reducción de ruido.

En esta etapa del proceso de acondicionamiento de señal generalmente se utilizan filtros, los cuales se verán más adelante.

Manipulación de la señal

Un ejemplo clásico de la manipulación de la señal, es convertir una señal no lineal en una función lineal. Como hemos visto algunos de los sensores producen señales que nos son lineales. En estos casos debemos de utilizar circuitos acondicionadores de señal capaces de convertir esta variable en una función lineal o casi lineal de la variable física a medir.

Con los datos anteriores y con lo leído en la sección de adquisición de datos tenemos que tomar en cuenta lo siguiente:

La USB-6009 tiene 14-bit de resolución con un mínimo de rango de +/- 1 volt. Esto da una resolución de 480 y 122 microvolts, respectivamente. La respuesta estimada de los diferentes tipos de termopares puede obtenerse de los siguientes datos.

Los tipos más comunes de termopares tienen la siguiente respuesta:

- Tipo K: 41 microVolts por grado Celsius.
- Tipo J: 56 microVolts por grado Celsius.
- Tipo T: 52 microVolts por grado Celsius

Por lo tanto la USB-6009 solo puede medir cambios de aproximadamente 2-3 grados Celsius dependiendo del tipo de termopar que esté utilizando por ello es necesario el uso de un amplificador industrial o el uso de transductores con salida de 0 a 5 volts.

A continuación se presenta la etapa de amplificación de la señal del termopar por medio del amplificador de instrumentación básico construido, un amplificador de instrumentación de circuito integrado y un medidor de temperatura digital con salida analógica.

2.10 Amplificador de instrumentación básico

El amplificador de instrumentación es uno de los circuitos más útiles, precisos y versátiles disponibles en la actualidad. En cada unidad de adquisición de datos se encuentra al menos uno de ellos. Este hecho de 3 amplificadores operacionales y 7 resistencias como se observa en la figura siguiente (2.10.1), si se observa a detalle, se puede ver que este amplificador está basado en un amplificador aislador y un amplificador diferencial básico.

El amplificador diferencial y sus 4 resistencias iguales, forman un amplificador diferencial con ganancia unitaria.

En un amplificador de instrumentación una sola resistencia define la ganancia del amplificador de acuerdo a la ecuación:

$$\frac{V_{out}}{V_{in2} - V_{in1}} = 1 + \frac{2}{a}$$

Donde

$$a = \frac{R_7}{R}$$

y

$$R = R_5 = R_6$$

De aquí se observa que para cambiar la ganancia del amplificador, solo tiene que ajustarse la resistencia R y el voltaje de salida del circuito es proporcional a la diferencia entre los voltajes de entrada.

En un amplificador de instrumentación típico se utilizan 3 amplificadores operacionales dispuestos de acuerdo al siguiente circuito, fig. (2.10.1) A diferencia del amplificador diferencial que solo utiliza 1 amplificador operacional, este tipo de circuitos cuentan con características muy sobresalientes como:

Impedancia de entrada de 300 MΩ

La ganancia de voltaje desde la entrada diferencial a la salida de extremo único, se establece con una resistencia.

La resistencia de entrada de ambas entradas es muy alta y no cambia al variar la resistencia

El voltaje de salida V_{out} no depende del voltaje común a V_{in1} y V_{in2} , solo a su diferencia

Excelente RRMC de más de 100 decibeles

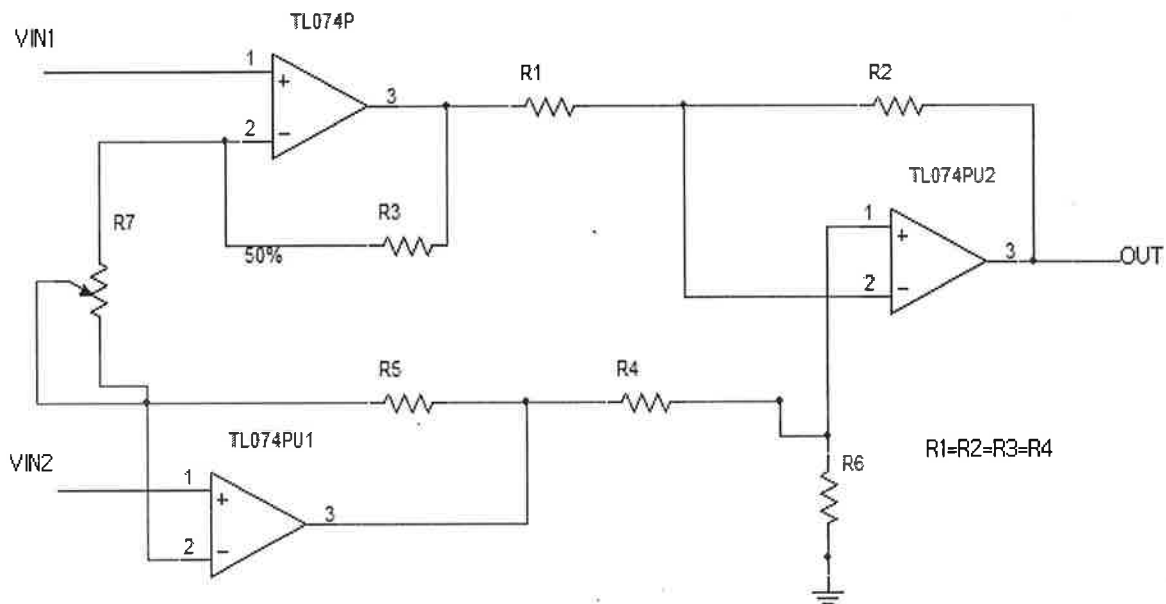


Fig. (2.10.1). Circuito amplificador industrial.

2.10.1 Amplificador de instrumentación AD620

Al implementar un amplificador de instrumentación con componentes discretos, es muy difícil encontrar componentes que sean “del mismo valor” como es el caso de las resistencias, o bien que el voltaje de offset sea muy cercano a cero en el caso de los amplificadores operacionales.

El amplificador de instrumentación de circuito integrado es un circuito que está construido internamente de manera muy similar al circuito de la fig.(6.5.1), sin embargo en la fabricación de este circuito los componentes fueron diseñados para tener solo pequeñas variaciones, las cuales hacen que el circuito funcione de manera adecuada en amplios rangos de ganancia y voltajes de operación. Adicionalmente muchos de los amplificadores de instrumentación durante su producción cuentan con un control de calidad donde se prueban las características de operación de los amplificadores de instrumentación.

Un amplificador de alta relación costo/desempeño ver fig. (2.10.1.1), es el amplificador AD620 del cual podemos mencionar las siguientes características generales:

- La ganancia de voltaje es de 1 a 10,000
- La ganancia se coloca utilizando una sola resistencia
- Opera con voltajes BIPOLARES de +- 2.3 a +- 18 volts
- Disponible en empaquetado de 8 pines
- Consumo de 1.3 mA
- El desempeño en DC es excelente ya que solo tiene un máximo de 50 μ V de offset
- Desvío máximo de 0.6 μ V/ $^{\circ}$ C
- En AC tiene un ancho de banda de 120 Khz. con una ganancia de 100

Dentro de las aplicaciones donde se utiliza se encuentran:

- Instrumentación médica
- Basculas electrónicas
- Amplificación de transductores

El diagrama de terminales se presenta a continuación:

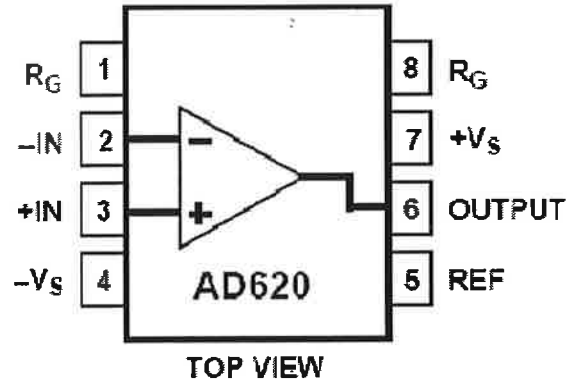


Fig. (2.10.1.1) Amplificador AD620.

El diagrama de terminales corresponde a un amplificador de instrumentación donde la salida está dada por la ecuación:

$$V_O = AV(V_{+IN} - V_{-IN})$$

Donde:

- El voltaje de entrada es el voltaje diferencial entre las terminales $-IN$ y $+IN$
- La ganancia AV está dada por la ecuación

$$AV = \frac{49.4k\Omega}{R_G} + 1$$

2.11 Medidor de temperatura digital

Un medidor de temperatura digital de precisión es el Temprecision TD302 fig. (2.11.1), El cual es cuenta con una salida analógica 0-5VDC. Este medidor se adapta a las necesidades de este proyecto ya que con su salida analógica los datos pueden ser procesados por la tarjeta de adquisición de datos, sin la necesidad de tener un amplificador industrial que nos linealice la señal.

Especificaciones del temprecision TD302 :

Alimentación: 12-24V DC

Precisión: 0.5

Salida: 0-5VDC

Sonda: Digital

Rango: 5 a 150 grados centígrados (opción en grados Fahrenheit)

Protección: IP55



Fig. (2.11.1) Medidor de temperatura digital TD302

CAPITULO III

PRUEBAS

Para comprobar que el método de secado de víscera fue necesario simular el secador, y el súper-cocedor, para demostrar que el secado de la víscera disminuirá el tiempo de cocción.

Para esta prueba fue necesario conseguir visera de pollo y darle la cantidad de humedad necesaria para poner en práctica dicha prueba fig. (7.1).

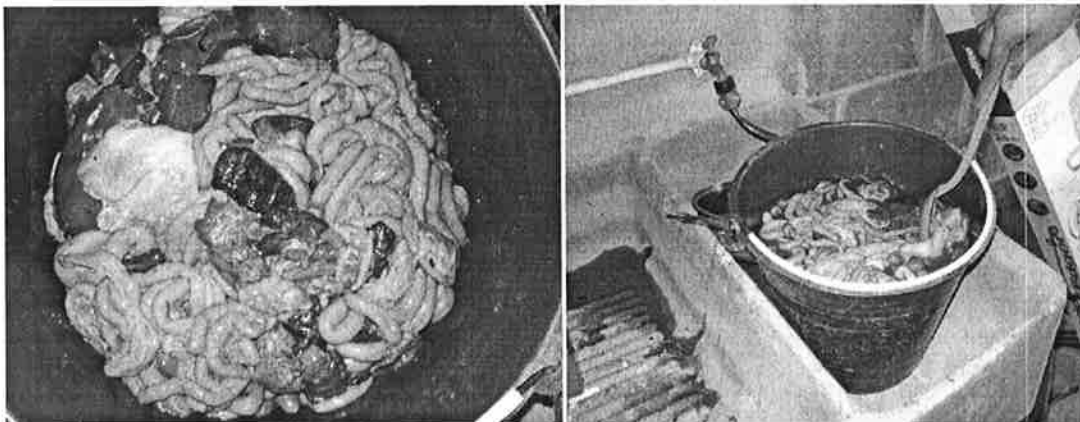


Fig. (3.1). Víscera de pollo seca y húmeda.

Con ayuda de una bascula en gramos dividimos la visera en cantidades de 1 kg. De igual forma se tomo la temperatura con ayuda de un pirometro registrando 20.7°C fig.(3.2) a si teniendo un punto de referencia de como llega la víscera a la tolva contenedora en la planta de rendimientos.

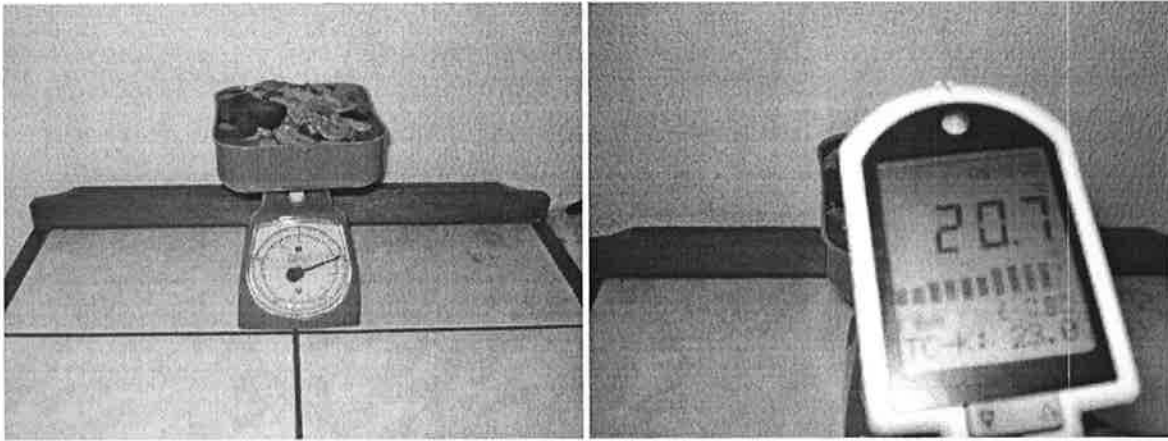


Fig.(3.2). Peso y temperatura de víscera húmeda.

Se calentó el aceite a 150 °c pero permaneció de 95 °c a 100°c para cocer la visera con humedad simulando el supercocedor de planta observando la caída de temperatura a 70 °c al caer la visera en el aceite tardando 1 hora en cocerse fig.(3.3).



Fig.(3.3). Víscera ya cocida

Prueba 2

Para la siguiente prueba se puso en marcha la propuesta, sometiendo la víscera a una corriente de aire para quitar toda la humedad en un tiempo de 20 minutos. Para ello se peso de igual forma 1kg. De víscera humeda fig.(7.4).

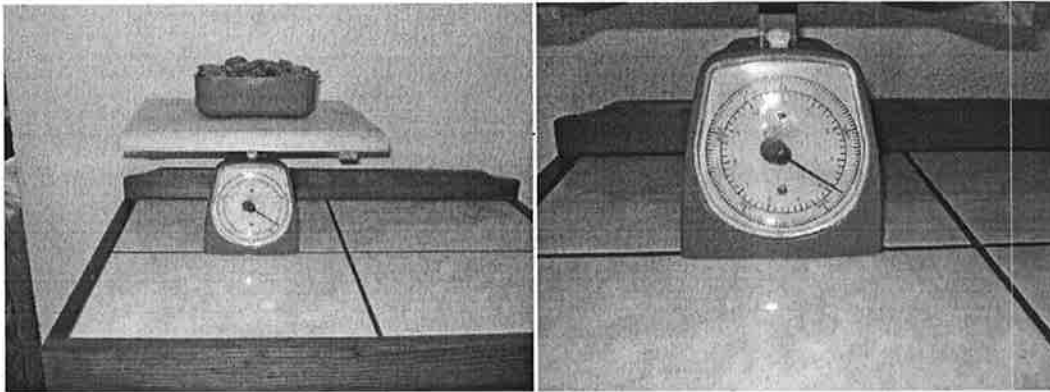


Fig.(3.4).Víscera para la prueba 2.

Para la simulacion de corriente de aire caliente se utilizo el ventilador de un radiador automotriz,fig.(3.5). encerrando el aire en el interior de una bolsa de polipropileno para simular la cabina donde se instalara la banda transportadora.

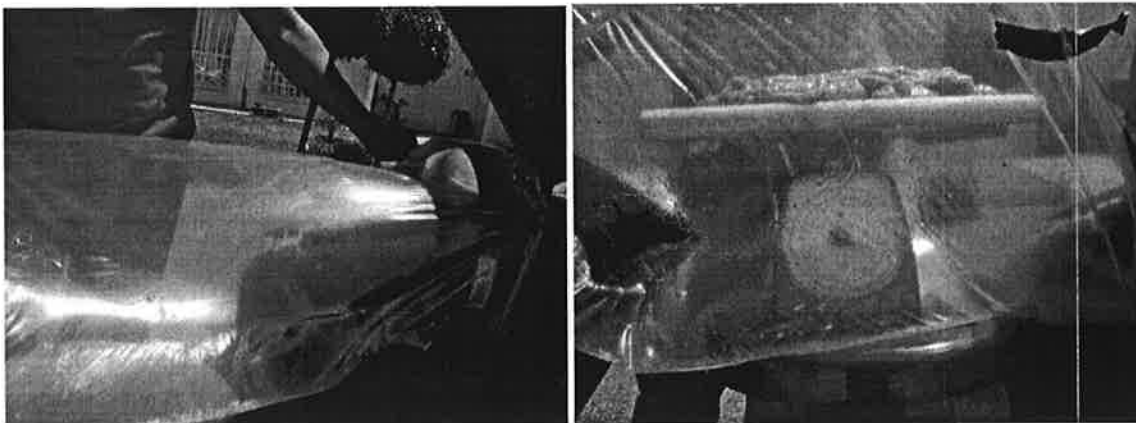


Fig.(3.5). Radiador automotriz y ventilador.

Se observa alrededor de la bolsa el agua de la visera arrojada.

Despues de un lapso de 20 min. Se eliminó gran cantidad de agua de la víscera fig.(3.6).



Fig.(3.6). Víscera despues de someter a secado.

Fue pesada de nueva cuenta ya seca la visera y se observa la perdida de peso de 1 kg. A 790 grs. Fig. (3.7).

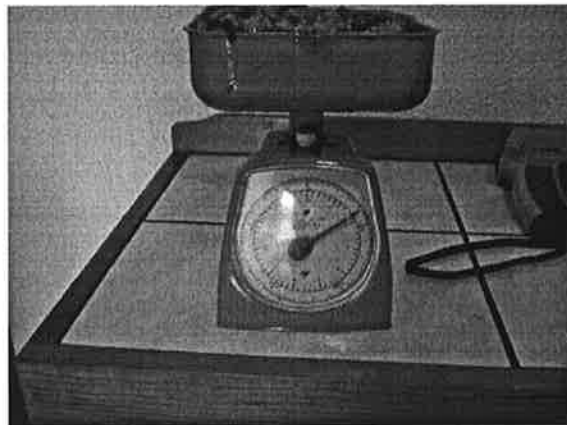


Fig.(3.7). Peso de la víscera seca.

La víscera seca fue cocida fig.(3.8). a la misma temperatura de la víscera con humedad, reduciendose el tiempo de coccion a 35 min. No se observo cambios en la temperatura del aceite por lo tanto se redujo en tiempo de coccion.



Fig.(3.8). Viscera cocida.

En esta prueba confirmamos lo viable que es el secar la víscera antes someter a coccion ya que el tiempo fue menor que en la víscera humeda esto nos da un ahorro de combustoleo en planta.

Una ultima prueba muy importante en el diseño del secador es someter a la visera durante el proceso de secado es la de darle vibraciones a la banda para que esta se este escurriendo fig.(3.9). al mismo tiempo que el aire esta entrando.

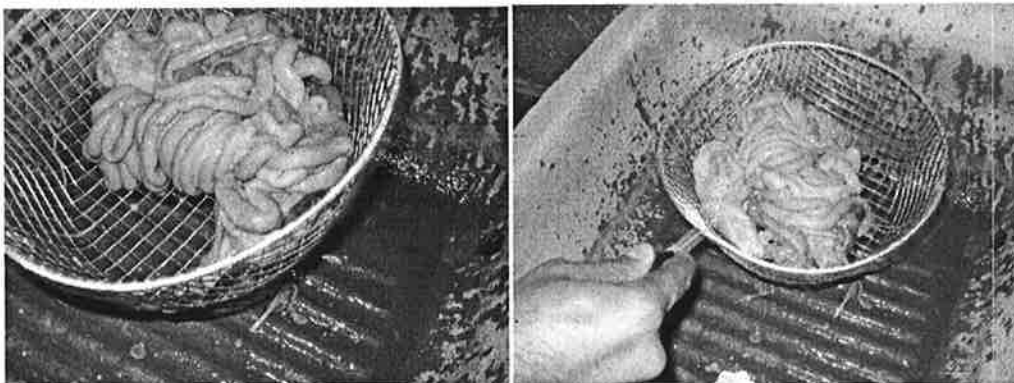


Fig. (3.9). Visera escurrida.

En estas pruebas tambien observamos los sedimentos de visera fig.(3.10). que se quedan en el supercocedor, en planta son colados y prensados al igual que la visera cocida para obtener la harina de carne.

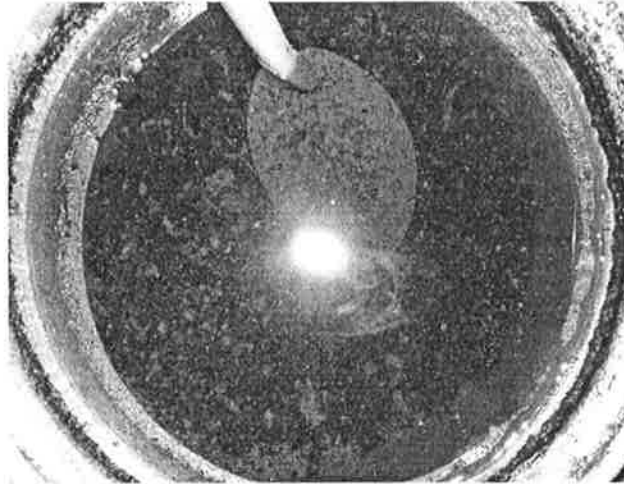


Fig.(3.10). Sedimentos.

Asientos de víscera despues de la coccion fig.(3.11).

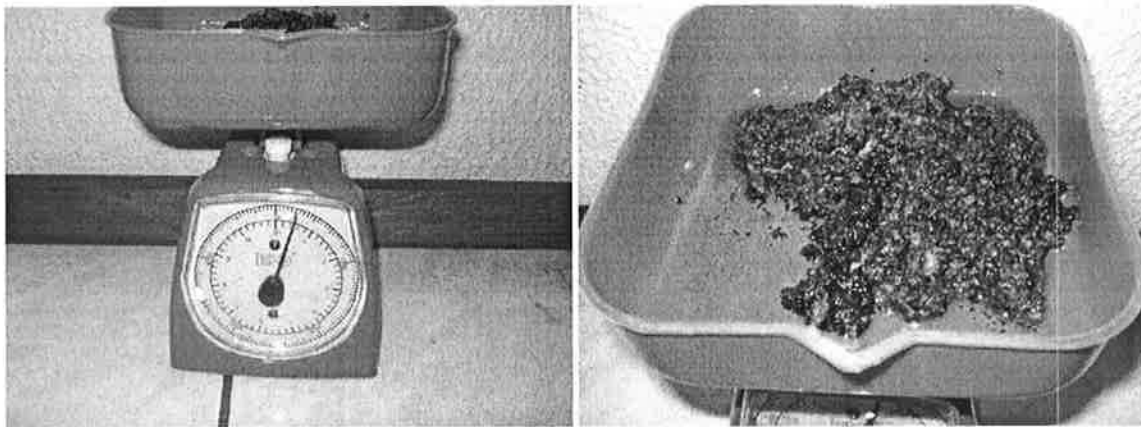


Fig. (3.11). Sedimentos de víscera.

Con estas dos pruebas de secado y de vibracion comprobamos que es viable la necesidad de secar la vicera antes de cocerla dandonos reduccion de tiempos y ahorro de combustoleo

Si consideramos que las condiciones en las que realizamos las pruebas tienen similitud con las que condiciones en que se realiza el proceso podemos sacar los siguientes cálculos.

En condiciones normales de operación se procesa 11200 kg de víscera cada 60 minutos, si la víscera entra a cocerse sin humedad y a una temperatura de 70°C ese tiempo se reduce a 35 minutos.

Entonces de acuerdo a la formula calculamos la eficiencia que puede proporcionarnos la adaptación de el equipo secador de víscera.

Aplicando una regla de 3 para calcular el tiempo que equivale 35 min a una hora.

$$\frac{1}{tr} = \frac{60min}{35min}$$
$$tr = \frac{35 * 1}{60} = 0.58hr$$

$$\text{Horas de operación estimada} = 60 \text{ min} = 1 \text{ hr}$$

$$\text{Horas de operación real} = 35 \text{ min} = 0.58 \text{ hr}$$

$$\text{eficiencia} = \frac{1}{0.58} * 100 = 171\%$$

Con este resultado podemos ver que el incremento en la eficiencia realmente es considerable.

RESULTADOS

De acuerdo con los resultados obtenidos en las pruebas de cocción de la víscera sacamos los siguientes resultados:

Tabla de resultados

	Víscera húmeda	Víscera seca
Cantidad total	1 kg	1 kg
Cantidad para cocer	1 kg	0.79 kg
Temperatura inicial	20.4 °C	70 °C
Cantidad final de víscera	0.700 kg	0.700 kg
Temperatura aceite	105°C	105°C
Tiempo de cocción	60 min	35 min
Temperatura final de víscera	115 °C	115 °C

La eficiencia del proceso de harina de carne se mide de la siguiente manera

$$eficiencia = \frac{\text{horas de operación estimada}}{\text{horas de operación real}}$$

Siendo las horas de operación estimada aquellas que se toman en condiciones ideales de acuerdo a la capacidad del súper-cocedor, y las horas de operación real las que tarda en cocerlas.

Beneficio por consumo de energía eléctrica

Tabla de beneficios de consumo de energía eléctrica.

		<i>Actual</i>	<i>Propuesta</i>	<i>Mejora</i>
Eficiencia proceso		90%	171%	81%
Horas de proceso		12	7	5
Consumo diario	Kwh	6,039.6	3,523.1	2,516.5
Dias laborables/mes		26	26	0
Consumo mensual	Kwh	157,029.6	91,600.6	6,5429
\$Kwh		1.08	1.08	0
Gasto mensual MXP\$		169,591.968	98,928.648	70,663.32
Ahorro anual MXP\$				847,959.84

Beneficio por consumo de combustóleo

Tabla beneficio por consumo de combustóleo

	Actual	Propuesto	Mejora
Horas de proceso	12	7	5
Consumo diario	13,975	8,152.1	6,822.9
Días laborables/mes	26	26	0
Consumo mensual	363,350	211,954.6	151,395.4
Precio litro \$	4.689	4.689	0
Gasto mensual	1,703,748.15	993,855.12	709,893.03
		Ahorro anual \$	8,518,716.36

Beneficio por consumo de energía eléctrica y combustóleo

Tabla beneficio por consumo de energía eléctrica y combustóleo

	Actual	Propuesto	Mejora
Gasto mensual \$ Kw + combustoleo	1,873,340.12	1,092,783.768	780,556.352
		Ahorro anual \$	9,366,676.224

CONCLUSIONES

En esta práctica industrial comprendimos que la mecatrónica es un área multidisciplinaria y que es utilizada en la creación de la mayoría de los equipos.

En la práctica que se realizó se determinó que el tiempo que tarda la víscera en cocerse es realmente menor cuando esta entra sin humedad y con un precalentamiento previo.

El equipo para secado y precalentado es viable ya que el ahorro que genera es realmente considerable al costo en el cual se produciría.

Con la elaboración de este proyecto se reducirá la cantidad de humedad en la víscera dando como resultado el incremento de la eficiencia.

Concluimos que el contar con sistemas automatizados ayuda a reducir los consumibles y esto se traduce en ahorro de combustibles, económicos y el impacto ambiental.

RECOMENDACIONES

Como un comentario sobre los cálculos del proyecto, se está tomando en cuenta que las pruebas que se realizaron son similares a las del proceso real.

Se recomienda que los equipos en cualquier planta sean redundantes, en la planta de rendimientos ni uno lo es, desde el compresor hasta las bombas y motores que mueven la viscera, si alguno llega a fallar se detiene el proceso completo lo cual nunca es recomendado.

Se revisaron algunos de los manuales del proceso y una nota muy importante que llamo la atención es una recomendación que dan y que no se cumple:

“las instalaciones de rendimiento deben ser controladas por emisiones de gases de sulfito de hidrógeno. Todo personal dentro y alrededor de la planta de rendimiento debe usar monitores individualizados. El no seguir esta instrucción puede resultar en daños serios personales o la muerte. Este gas se produce durante la descomposición bacteriana de materia orgánica y es un subproducto de la hidrólisis, en un nivel bajo el olor es a huevo podrido y en un nivel concentrado el olfato se dormirá y no se detectará”.

BIBLIOGRAFIA

Transferencia de calor, J.P. Holman, Mc Graw Hill, Octava edición.

Transferencia de calor, J.P. Holman, CECSA, Décima edición.

Operaciones de transferencia de masa, Robert E. Treybal, Mc Graw Hill, Segunda edición.

Manual de formulas y tablas matemáticas, Murray R. Spiegel, Mc Graw Hill.

Procesos de transporte y operaciones unitarias, C.J. Geancoplis, CECSA, Tercera edición.

Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías, Crane, Mc Graw Hill, Segunda edición.

Conjunto de manuales de labview, National instrument corporation, user manual.at-mid-16x. miltifunction I/O board for pc.

Sistemas operativos: conceptos fundamentals, Jemes L. Peterson, Abraham Silberschatz, edit Reverte

Ingeniería de control moderna, Ogata, Prentice Hall, tercera edición.

Analisis de circuitos en ingeniería, William H. hayt jr., Jack E. Kemmerly, Steven M. Durbin.

Practicas de instrumentación electrónica, curso 2009-2010

Indicadores planta de rendimientos Celaya

Empresa Pimeq, ing. Juan Carlos Ordoñez

FUENTES ELECTRÓNICAS

<http://www.ni.com/es/>

<http://www.intralox.com/>

SOFTWARE

SolidWorks 2010

LabVIEW 2009