



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica

**AHORRO EN EL CONSUMO DE GAS PROPANO MEDIANTE AISLADORES  
TÉRMICOS INSTALADOS EN EL FREIDOR DE TORTILLAS DE MAÍZ, DE LA  
EMPRESA INDUSTRIA DE PRODUCTOS Y SERVICIOS ZAM, S. A.**

**Rony Eugenio Vásquez López**

Asesorado por el Ing. Mynor Roderico Figueroa Fuentes

Guatemala, octubre de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**AHORRO EN EL CONSUMO DE GAS PROPANO MEDIANTE AISLADORES  
TÉRMICOS INSTALADOS EN EL FREIDOR DE TORTILLAS DE MAÍZ, DE LA  
EMPRESA INDUSTRIA DE PRODUCTOS Y SERVICIOS ZAM, S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**RONY EUGENIO VÁSQUEZ LÓPEZ**

ASESORADO POR EL ING. MYNOR RODERICO FIGUEROA FUENTES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Luis Alfredo Asturias Zuñiga
EXAMINADOR	Ing. Víctor Manuel Ruiz Hernández
EXAMINADOR	Ing. Walter Guillermo Castellanos Rojas
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**AHORRO EN EL CONSUMO DE GAS PROPANO MEDIANTE AISLADORES  
TÉRMICOS INSTALADOS EN EL FREIDOR DE TORTILLAS DE MAÍZ, DE LA  
EMPRESA INDUSTRIA DE PRODUCTOS Y SERVICIOS ZAM, S. A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 23 de noviembre de 2010.

  
**Rony Eugenio Vásquez López**

Guatemala 19 de enero 2015

*Ingeniero:*

*Julio Cesar Campos Paíz*

*Director Escuela de Ingeniería Mecánica*

*Facultad de ingeniería*

*Universidad de San Carlos de Guatemala*

Señor Director:

Por este medio me dirijo a usted, para informarle que he llevado a cabo la revisión del trabajo de graduación del estudiante. **Rony Eugenio Vásquez López**, con número de carné **2000-10360**, trabajo que lleva el título "**Ahorro en el consumo de gas propano mediante aisladores térmicos instalados en el freidor de tortillas de maíz, de la empresa industria de productos y servicios ZAM, S.A.**"

Después de haber realizado todas las correcciones necesarias el trabajo cumple con los requisitos exigidos por la facultad de ingeniería por lo que doy mi aprobación para que pueda continuar con los trámites correspondientes.

Agradeciendo su atención me suscribo de usted.

Atentamente,



Ing. Mynor Figueroa  
Asesor trabajo de graduación

Mynor Roderico Figueroa Fuentes  
Ingeniero Mecánico  
Col. 10,368



**USAC**

TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.296.2015

El Coordinador del Área Térmica de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado: **AHORRO EN EL CONSUMO DE GAS PROPANO MEDIANTE AISLADORES TÉRMICOS INSTALADOS EN EL FREIDOR DE TORTILLAS DE MAÍZ, DE LA EMPRESA INDUSTRIA DE PRODUCTOS Y SERVICIOS ZAM, S.A.** del estudiante **Rony Eugenio Vásquez López**, carné **No. 2000-10360** recomienda su aprobación.

**"Id y Enseñad a Todos"**

Ing. Julio César Campos Paiz  
Coordinador del Área Térmica  
Escuela de Ingeniería Mecánica



MA Ing. Julio César Campos Paiz  
Ingeniero Mecánico  
Colegiado No. 2701

Guatemala, octubre de 2015

Ref.E.I.M.322.2015

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y con la aprobación del Coordinador del Área Térmica del trabajo de graduación titulado: **AHORRO EN EL CONSUMO DE GAS PROPANO MEDIANTE AISLADORES TÉRMICOS INSTALADOS EN EL FREIDOR DE TORTILLAS DE MAÍZ, DE LA EMPRESA INDUSTRIA DE PRODUCTOS Y SERVICIOS ZAM, S.A.** del Estudiante **Rony Eugenio Vásquez López** Carné No. **2000-10630** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

**"Id y Enseñad a Todos"**

  
Ing. Roberto Guzmán Ortiz  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica



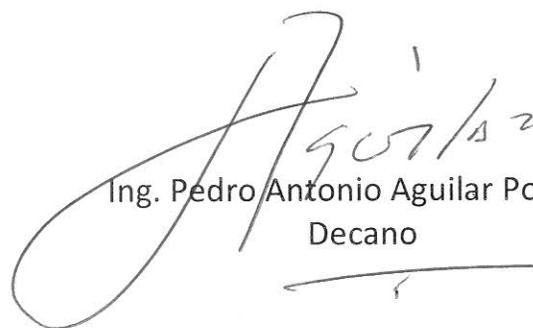
Guatemala, octubre de 2015

//aej



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **AHORRO EN EL CONSUMO DE GAS PROPANO MEDIANTE AISLADORES TÉRMICOS INSTALADOS EN EL FREIDOR DE TORTILLAS DE MAÍZ, DE LA EMPRESA INDUSTRIA DE PRODUCTOS Y SERVICIOS ZAM, S. A.,** presentado por el estudiante universitario: **Rony Eugenio Vásquez López,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano



Guatemala, octubre de 2015

/gdech

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el período de estudio.
- Mis padres** Por todo el amor y apoyo incondicional que recibí desde el inicio de mis estudios, y la confianza de creer en mí para llegar a cumplir un sueño que empezó un día dándome la oportunidad de estudio.
- Mi hijo** Por ser la razón de vivir y superarme.
- Mis hermanos** Por sus consejos y por compartir este éxito conmigo.
- Mi familia** Por el apoyo incondicional durante mis años de estudios.
- Mis amigos** Que de una forma u otra estuvieron involucrados en apoyarme en la culminación de mi carrera.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por haberme albergado durante mis años de estudios en tan gloriosa casa de estudios.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por darme la oportunidad de formarme profesionalmente y participar durante mi formación académica.
<b>Cada una de las personas que hicieron posible este trabajo de graduación</b>	Por guiarme durante el desarrollo de esta investigación.
<b>Escuela de Ingeniería Mecánica</b>	Por todos los profesionales que la conforman, por los conocimientos compartidos en estos años de estudio.

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN .....	XVII
1.    CONDICIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA.....	1
1.1.    Definición del proyecto a implementar.....	1
1.2.    Identificación de la necesidad del proyecto .....	1
1.3.    Proceso de cocción .....	2
1.3.1.    Antecedentes del sistema en funcionamiento actual.....	3
2.    IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	5
2.1.    Presión, calor y temperatura.....	5
2.1.1.    Presión .....	5
2.1.2.    Calor y temperatura .....	8
2.2.    Propiedades de termodinámica.....	15
2.2.1.    Energía calorífica.....	16
2.2.2.    Otras formas de energía.....	16
2.2.3.    Primera ley de la termodinámica .....	17
2.2.4.    Segunda ley de la termodinámica.....	19
2.2.5.    Tercera ley de la termodinámica.....	19
2.2.6.    Entropía .....	19

2.2.7.	Teoría cinética de los gases .....	20
2.2.8.	Gas ideal .....	21
2.3.	Propiedades de los materiales .....	23
2.3.1.	Propiedades químicas .....	23
2.3.2.	Propiedades físicas .....	25
2.3.3.	Propiedades eléctricas .....	25
2.3.4.	Propiedades térmicas .....	26
2.3.5.	Propiedades magnéticas .....	28
2.3.6.	Propiedades ópticas .....	28
2.3.7.	Propiedades mecánicas .....	29
2.4.	Aisladores térmicos .....	30
2.5.	Sistemas controlados .....	37
2.6.	Descripción de un sistema cerrado y un sistema abierto. ....	49
2.7.	El proceso de la energía .....	52
2.8.	Eficiencias energéticas.....	55
2.9.	Ventilación.....	56
2.10.	Seguridad e higiene .....	58
3.	CÁLCULO Y DISEÑO PARA MEJORAR EL SISTEMA.....	63
3.1.	Cálculo de eficiencias térmicas .....	63
3.2.	Punto de ebullición de los diferentes tipos de aceites .....	66
3.2.1.	Para encontrar la capacidad de calentamiento .....	67
3.3.	Selección del aislante térmico .....	71
3.4.	Optimización en el consumo de gas propano .....	75
3.4.1.	Gas propano (GLP) .....	75
3.5.	Criterios para la reubicación de máquinas destinadas al proceso .....	79
3.6.	Mejoras en el tiempo de fabricación.....	86

4.	ESTUDIO DE INVERSIÓN ECONÓMICA.....	89
4.1.	Análisis de costos por inversión .....	89
4.2.	Proyección de utilidad.....	94
4.2.1.	Tiempo de implementación.....	95
	CONCLUSIONES .....	97
	RECOMENDACIONES .....	99
	BIBLIOGRAFÍA.....	101



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Freidora de gas .....	2
2.	Nachos y boquitas de harina de maíz .....	3
3.	Barómetro Aneroide .....	8
4.	Transferencia de calor.....	13
5.	Conducción .....	14
6.	Convección .....	15
7.	Diagrama de bloqueos del sistema controlado .....	38
8.	Tipos de controles térmicos .....	44
9.	Esquema electrónico de un control derivativo.....	49
10.	Sistema cerrado .....	50
11.	Sistema abierto .....	52
12.	Esquema de ventilación de fábrica .....	56
13.	Señalización de seguridad e higiene industrial .....	61
14.	Resistencia a la tracción de fibras de vidrio sin tratamiento térmico y con tratamiento a temperaturas de 400, 600 y 800 °C.....	72
15.	Diseño con tapas forradas de lana mineral y fibra de vidrio.....	73
16.	Software para calcular el espesor de aislamiento requerido .....	74
17.	Tanque de gas propano que alimenta las freidoras .....	78
18.	Freidora en proceso .....	80
19.	Control de temperatura de freidora .....	83
20.	Aceite en proceso de fritura .....	84
21.	Aceite sin filtrar después del proceso.....	84
22.	Equipo de filtrado de aceite.....	85

23.	Aceite filtrado y no filtrado.....	86
24.	Canasta para freír tortillas.....	87
25.	Freidora con aislante térmico incorporado.....	93

## **TABLAS**

I.	Punto de ebullición de los diferentes tipos de aceites comestibles.....	66
II.	Peso de un galón LPG.....	69
III.	Ahorro energético en el consumo de gas propano .....	78
IV.	Precio del aislante térmico.....	89
V.	Precio de la mano de obra.....	89
VI.	Procesos y tiempos de implementación.....	95

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>Atm</b>	Atmósfera física
<b>At</b>	Atmósfera técnica
<b>°C</b>	Grado Centígrado
<b>°F</b>	Grado Fahrenheit
<b>K</b>	Kelvin
<b>Kg</b>	Kilogramos
<b>kgf</b>	Kilopondio
<b>lb</b>	Libra
<b>m</b>	Metro
<b>mm</b>	Milímetro
<b>N</b>	Newton
<b>Pa</b>	Pascal



## GLOSARIO

<b>Aislante</b>	Es un material usado en la construcción y en la industria, caracterizado por su alta resistencia térmica.
<b>Btu (British thermal unit)</b>	Es una unidad de energía. Se usa principalmente en los Estados Unidos, aunque ocasionalmente también se puede encontrar en documentación o equipos antiguos de origen británico.
<b>Cocción</b>	Procedimiento que consiste en elevar la temperatura de un alimento, que modifica sus propiedades originales de modo que lo hace más fácil de digerir, en especial cuando se somete a un líquido en ebullición, generalmente agua.
<b>DTI</b>	Un diagrama de tuberías e instrumentación (DTI) también conocido del idioma inglés como <i>Piping and Instrumentation Diagram/drawing</i> (P&ID) es un diagrama que muestra el flujo del proceso en las tuberías, así como los equipos instalados y el instrumental.

<b>Fibra de vidrio</b>	Filamento continuo o discontinuo, obtenido mediante estiramiento de vidrio fundido, que se emplea como aislante térmico o acústico y para otros usos.
<b>Gas propano</b>	Pertenece a los hidrocarburos alifáticos con enlaces simples de carbono, conocidos como alcanos. Su fórmula química es $C_3H_8$ .
<b>Hazard</b>	Es una categoría general que luego se subdivide en otras que muestran el tipo de riesgo (tóxico por inhalación, peligroso para el medioambiente, nocivo por ingestión).
<b>LPG</b>	Gas licuado del petróleo.
<b>Offset</b>	En un amplificador operacional ideal, cuando el voltaje de entrada es cero, la salida de este también es cero, cosa que no es cierta en la práctica, se dice que el voltaje de offset o voltaje de desvío esta alrededor de los 20 a 26 mV.
<b>Set point</b>	Cualquier punto de ajuste de alguna variable de un sistema de control automático. Puede ser nivel; presión; temperatura; rotación; entre otros.

**SI**

Sistema Internacional de Unidades.

**Termias**

Es una unidad de energía, equivalente a 1 millón de calorías. Se usa en el suministro de gas natural para calcular las facturas. Como el gas suministrado tiene un poder calorífico algo variable, el cobro se hace en termias en vez de  $m^3$ , ya que el gas está basado por energía.

**Termodinámica**

Parte de la física que estudia la acción mecánica del calor y las restantes formas de energía.



## **RESUMEN**

Industrias ZAM, S.A. es una empresa guatemalteca que emprendió operaciones en 1998. Dentro de los documentos importantes para toda empresa de producción de alimentos, la empresa cuenta con registros sanitarios de ley, ayudando así a promover sus productos derivados de la harina de maíz, entre los cuales se pueden mencionar: tostadas, tacos, dobladas, nachos, tortillas, entre otros en el mercado de las frituras.

El proceso de producción no es complejo, sin embargo, existen pérdidas de combustible como lo es el gas propano usado en las freidoras. Dentro de los objetivos primordiales de la empresa, está tecnificar y automatizar líneas de producción y mejora los equipos. En este trabajo de graduación se expone una manera más eficaz de ahorrar combustible LPG (gas licuado de petróleo).



## **OBJETIVOS**

### **General**

Disminuir la pérdida del gas propano mediante aisladores térmicos.

### **Específicos**

1. El proceso de filtrado de aceite también produce un ahorro en la elaboración de la tortilla frita.
2. Instalar dentro de la freidora el aislante adecuado para el ahorro de gas y así poder disminuir costos dentro del proceso de producción de la empresa.
3. Instalar dentro de la freidora un aislante que conserve el calor el mayor tiempo posible para el ahorro de combustible.



## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo consiste en un estudio que propone minimizar el consumo de gas propano por medio de aisladores térmicos, logrando con ello minimizar pérdidas de calor en la planta de Industria de Productos y Servicios Zam S. A. ubicada en Villa Nueva departamento de Guatemala, la cual se dedica a la elaboración de todos los productos derivados de la harina de maíz.

Como parte de los proyectos, se está implementando una serie de mejoras vinculadas al tema de buenas prácticas de manufactura. Además, por medio de un rediseño de sus instalaciones busca de manera inmediata minimizar los gastos de producción, mediante el ahorro directo de gas propano, ya que se estima que en la actualidad el consumo de el mismo es en exceso y afecta en forma directa el costo del producto.

La empresa cuenta con una capacidad de producción disponible para satisfacer la demanda que se ha generado en el mercado.



# **1. CONDICIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA**

## **1.1. Definición del proyecto a implementar**

ZAM, S. A. es una empresa guatemalteca que emprendió operaciones en 1998. Dentro de los documentos importantes para toda empresa de producción de alimentos, la empresa cuenta con registros sanitarios de ley, ayudando así a promover sus productos en el mercado de las frituras y boquitas.

Como parte de los proyectos, se está implementando una serie de mejoras vinculadas tema de buenas prácticas de manufactura. La empresa cuenta con una capacidad de producción disponible para satisfacer la demanda que se ha generado en el mercado. Dentro de los objetivos primordiales de la empresa, está tecnificar y automatizar líneas de producción y mejorar los equipos. La planta de producción de industrias ZAM, S. A. está ubicada en la parte central del municipio de Villa Nueva. La empresa desarrolla su producción utilizando máquinas que le permiten fabricar diferentes productos, tales como: tostadas de maíz, nachos y una gran variedad de boquitas según sea la demanda.

## **1.2. Identificación de la necesidad del proyecto**

En la empresa Industria de productos y servicios ZAM, S. A., dentro de su desarrollo hay variedad de productos, diseños y presentaciones. Cada una de las líneas de producción utiliza materia prima diferente para la elaboración de cada producto, entre ellos se encuentran gran variedad de condimentos de los mismos.

Entre las diferentes actividades que se realizan en el Departamento de Ingeniería se encuentra lo que son los diferentes controles y puntos de mejora continua, objetivo primordial del mismo.

Dentro de todo el proceso se tienen variantes que originan ciertos descuadres y problemas para el control de consumo, por lo que el objetivo es solucionar todas estas, tomando acciones y medidas preventivas y correctivas por medio de la trazabilidad del producto, detectando así los puntos críticos de control y los desperdicios ya sea de maíz, preservante, mejorante y barbacoa, entre otros.

### **1.3. Proceso de cocción**

La línea de producción sumerge automáticamente las tortillas por dos mallas transportadoras y aplanando la tortilla para que al momento de freírla salga lo más plana posible. Esta tostada toma el tiempo necesario para su fritura y obtener una composición crujiente y sin exceso de aceite. (ver figura 1).

**Figura 1. Freidora de gas**



Fuente: máquina de Celorio, empresa Industria de Productos y Servicios ZAM, S. A.

El equipo está elaborado en grado alimenticio tipo 304-L y con mallas de acero inoxidable tipo 304-L. El equipo cuenta con un sistema de drenado de aceite, para su fácil limpieza. Y el prensado entre las dos mallas transportadoras puede ser ajustado.

### **1.3.1. Antecedentes del sistema en funcionamiento actual**

La empresa Industria de Productos y Servicios ZAM, S. A., establece la primera tortillería en Villa Nueva. Con el transcurrir de los años y el esfuerzo hizo que floreciera y se diversificaron los productos.

Debido a la calidad de esos productos, la demanda aumentó y con ello los centros de producción. Es por esa razón que se abrieron sucursales en el centro y norte de la ciudad de Guatemala, así como en el interior de la república.

Actualmente, la empresa se dedica a la elaboración, empaquetado y distribución de todos los productos derivados de la harina de maíz (tortillas, tostadas, nachos, tacos y boquita, entre otros). Como se puede ver en la figura 2.

Figura 2. **Nachos y boquitas de harina de maíz**



Fuente: Industria de Productos y Servicios ZAM, S. A.

Como es natural se precisa de una planta que pueda distribuir toda la gama de artículos que se elaboran. Esto ha llevado a la empresa a generar un gran número de empleos.

Uno de sus problemas debido a esta expansión es el de mejorar el gasto de combustibles utilizados en la elaboración de sus productos, por eso nace la necesidad del estudio de mejora energética.

## 2. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Las variables que identifican los fenómenos que sufren los sistemas en observación, debido a la cantidad de energía que posee ese cuerpo se conoce como variables termodinámicas.

### 2.1. Presión, calor y temperatura

La relación entre la temperatura que mide la concentración de energía o de velocidad promedio de las partículas y el calor, energía térmica en tránsito a presión constante, se conoce como termodinámica.

#### 2.1.1. Presión

En física la presión está definida como el cociente entre la acción de una fuerza sobre la unidad de superficie.

$$P = F/S$$

Por lo tanto, la presión atmosférica es numéricamente igual al peso de una columna de aire que tiene como base la unidad de superficie y como altura la de la atmósfera.

- Unidad de presión:

Desde el punto de vista histórico, la primera unidad empleada para medir la presión atmosférica fue el "milímetro de mercurio" (mm Hg), en razón

de la conocida capacidad de una columna de mercurio, de unos 760 mm, consistente en lograr equilibrar la referida presión. Dicha propiedad era muy utilizada en la construcción de los primeros barómetros, de modo que el mm Hg resultaba una unidad de medida sumamente intuitiva.

En la industria también ha sido usada la "atmósfera técnica" (at), definida como la presión debida a la acción de un kilogramo fuerza (kgf) sobre una superficie de un centímetro cuadrado. Recordando que 1 kgf corresponde a la fuerza de gravedad actuando sobre una masa de 1 kg, es decir, aproximadamente 9,81 newtons (N).

La "atmósfera técnica" no debe confundirse con la "atmósfera normal" o "atmósfera física" (atm), definida como la presión debida a una columna de mercurio de (exactamente) 760 mm, bajo condiciones predeterminadas. La equivalencia es  $1 \text{ atm} = 1,033 \text{ at}$ .

En la actualidad, la comunidad científica internacional ha adoptado el Sistema Internacional (SI), cuyas unidades fundamentales son el metro, el kilogramo y el segundo. Para este sistema la unidad de presión es el newton por metro cuadrado, denominado "pascal" (PA).

- Medición de la presión:

El barómetro de mercurio es un instrumento utilizado para medir la presión atmosférica. La palabra barómetro viene del griego donde:

Baros = presión

Metrón = medida

El barómetro de Fortin se compone de un tubo Torricelliano que se introduce en el mercurio contenido en una cubeta de vidrio en forma tubular, provista de una base de piel de gamo cuya forma puede ser modificada por medio de un tornillo que se apoya en su centro y que, oportunamente girado, lleva el nivel del mercurio del cilindro a rozar la punta de un pequeño cono de marfil. Así se mantiene un nivel fijo.

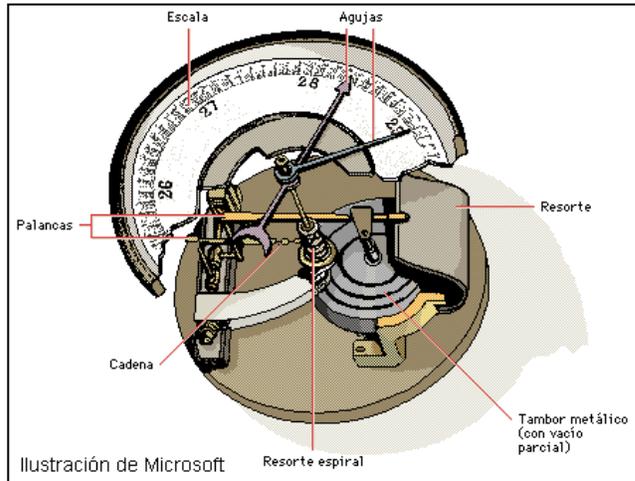
El barómetro está totalmente recubierto de latón, salvo dos ranuras verticales junto al tubo que permiten ver el nivel de mercurio. En la ranura frontal hay una graduación en milímetros y un nonius para la lectura de décimas de milímetros. En la posterior hay un pequeño espejo para facilitar la visibilidad del nivel. Al barómetro va unido un termómetro.

Los barómetros Fortin se usan en laboratorios científicos para las medidas de alta precisión, y las lecturas deben ser corregidas teniendo en cuenta todos los factores que puedan influir sobre las mismas, tales como la temperatura del ambiente, la aceleración de gravedad de lugar, la tensión de vapor de mercurio.

El barómetro metálico holostérico está formado por un recipiente aplanado, de superficies onduladas en el que se ha logrado una intensa refracción antes de cerrarlo; en una de las caras se apoya un resorte que, con las variaciones de presión atmosférica, hace mover un índice por medio de un juego de palancas.

El barómetro anerode es un barómetro preciso y práctico donde la presión atmosférica deforma la pared elástica de un cilindro en el que se ha hecho un vacío parcial, lo que a su vez mueve una aguja. Utiliza una pequeña caja de metal flexible que se llama una célula de anerode (cápsula), que está hecha de una aleación de berilio y cobre, como se puede observar en la figura 3.

Figura 3. **Barómetro Aneroide**



Fuente: TORO S., Carlos. *Barómetro Aneroide*. Consulta: 20 mayo de 2015.

- Variación de la presión con la altura:

A medida que asciende en altura la presión atmosférica decrece. En capas bajas cerca de la superficie la disminución de la presión con la altura es de aproximadamente 1 hPa cada 8 m. Esta relación va disminuyendo a medida que la altura aumenta.

### 2.1.2. **Calor y temperatura**

El concepto de temperatura se asocia fácilmente a la idea cualitativa de caliente o frío, pues un cuerpo caliente tiene una gran temperatura y un cuerpo frío tiene una baja o muy poca temperatura. La unidad de la temperatura en la mayoría de los países de habla hispana es de 1 °C (un grado Celsius), mientras que en los países de habla inglesa es de 1 °F (un grado Fahrenheit). La

relación entre las unidades de estas dos escalas de temperatura se describe por medio de la siguiente ecuación:

$$1^{\circ}\text{C} = \frac{(^{\circ}\text{F} - 32)}{1800} \quad \text{Ecuación 1}$$

En el sistema internacional de pesos y medidas reconoce la escala absoluta de temperatura, en esta escala la unidad de la temperatura es de 1 K (un grado Kelvin), que numéricamente equivalente a 1 °C, pero el valor 0K (cero Kelvin) en esta escala absoluta corresponde al valor de -273,15 °C de la escala Celsius de temperatura. Para propósitos de cálculos prácticos se suele despreciar el valor -0,15 °C para escribir la ecuación que relaciona la escala absoluta con la escala Celsius, por lo que se escribe de la forma siguiente:

$$\begin{array}{c} ^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273 \\ | \quad | \\ \text{Celsius} \quad \text{Kelvin} \end{array}$$

Ecuación 2

- **Energía interna**

Es toda la energía de un sistema que está asociada con sus componentes microscópicos, átomos y moléculas, cuando se ve desde un marco de referencia en reposo respecto al centro de masa del sistema. El calor se define como la transferencia de energía a través de la frontera de un sistema, debido a la diferencia de temperatura entre el sistema y su entorno. Cuando se calienta una sustancia, a ella se transfiere energía al ponerla en contacto con el entorno de una temperatura más alta. Este es el caso, por ejemplo cuando se pone una sartén con agua fría en el quemador de una estufa; el quemador está a una temperatura más alta que el agua, de modo que el agua gana

energía. También se usará el término calor para representar la cantidad de energía transferida por este método.

- Unidades del calor

En el SI se tiene la caloría (cal), que se define como la cantidad de transferencia de energía necesaria para elevar la temperatura de 1 g de agua de 14,5 a 15,5 °C.

$$1 \text{ Cal} = 4,186 \text{ Joule}$$

Ecuación 3

La unidad de energía en el sistema convencional en EE.UU. es la unidad térmica británica (Btu), que se define como la cantidad de transferencia de energía necesaria para elevar la temperatura de 1 lb de agua de 63 a 64 °F.

- Capacidad calorífica

La capacidad calorífica C de una muestra particular de una sustancia se define como la cantidad de energía necesaria para elevar en 1 °C la temperatura de la muestra. De esta definición se ve que si la energía Q se produce un cambio  $\Delta T$  en la temperatura de una muestra, entonces:

$$Q = C\Delta T$$

Ecuación 4

- Calor específico

El calor específico c de una sustancia es la capacidad calorífica por unidad de masa. Por lo tanto, si la energía Q se transfiere a una muestra

de una sustancia con masa  $m$  y la temperatura de la muestra cambia en  $\Delta T$ , entonces el calor específico de la sustancia es:

$$C = Q/m\Delta T \quad \text{Ecuación 5}$$

El calor específico es en esencia una medida de lo térmicamente insensible que es una sustancia a la suma de energía. Cuanto mayor es el calor específico de un material, más energía debe agregarse a una masa del material para causar un cambio particular de temperatura. De esta definición, se puede relacionar la energía  $Q$  transferida entre una muestra de masa  $m$  de un material y su entorno a un cambio de la temperatura  $T$  como:

$$Q = mc\Delta T \quad \text{Ecuación 6}$$

- Conservación de la energía
  - Calorimetría

Una técnica para medir calor específico consiste en calentar una muestra a una temperatura conocida  $T_x$  poniéndola en un vaso que contenga agua de masa conocida y temperatura  $T_w < T_x$  y midiendo la temperatura del agua después de alcanzar el equilibrio. Esta técnica se denomina calorimetría, y los dispositivos en los que se presenta esta transferencia de energía se llaman calorímetros. Si el sistema de la muestra y el agua está aislado, la ley de conservación de la energía exige que la cantidad de energía que sale de la muestra (de calor específico desconocido) sea igual a la cantidad de energía que entra al agua.

La conservación de la energía permite escribir la representación matemática de este enunciado de energía como:

$$Q_{\text{frío}} = -Q_{\text{caliente}} \qquad \text{Ecuación 7}$$

El signo negativo de la ecuación es necesario para mantener consistencia con la convención de signos para calor.

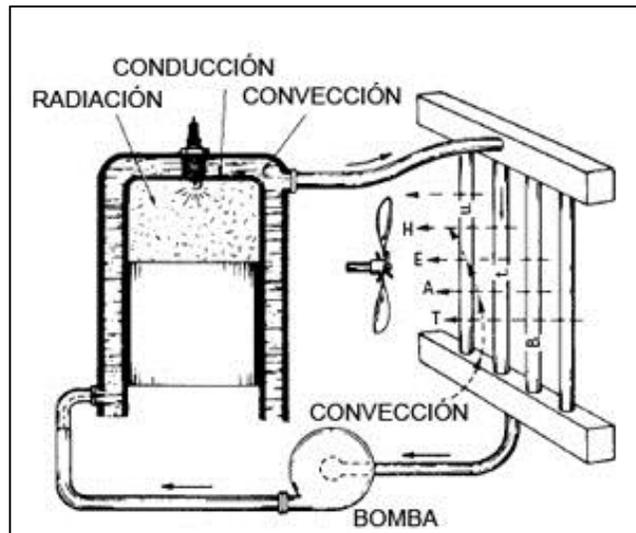
- Cambio de fase y calor latente

Es frecuente que una sustancia experimente un cambio de temperatura cuando se transfiere energía entre ella y su entorno. Hay situaciones, sin embargo, en las que la transferencia de energía no resulta en un cambio de temperatura. Este es el caso siempre que las características físicas de la sustancia cambien de una forma a la otra; a este cambio se conoce comúnmente como cambio de fase. Dos cambios de fase comunes son de sólido a líquido (fusión) y de líquido a gas (ebullición). Todos estos cambios de fase corresponden a un cambio en energía interna, pero ningún cambio en temperatura.

- Transferencia de calor

El calor se transfiere, o se transmite, de objetos más calientes a objetos más fríos. Si están en contacto varios objetos con temperaturas distintas, los que están más calientes se enfrían y los que están más fríos se calientan. Tienden a alcanzar una temperatura común. Esta igualación de temperaturas se lleva a cabo de tres maneras: por conducción, convección y radiación (ver figura 4).

Figura 4. **Transferencia de calor**

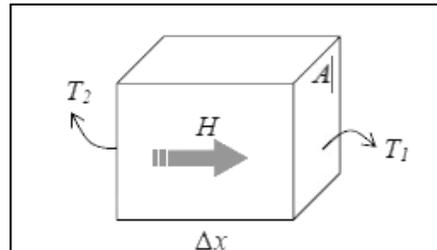


Fuente: *Transferencia de calor*. tecnofrio.com. Consulta: 5 junio de 2015.

- **Conducción**

La conducción es el mecanismo de transferencia de calor en escala atómica a través de la materia por actividad molecular, por el choque de unas moléculas con otras, donde las partículas más energéticas le entregan energía a las menos energéticas, produciéndose un flujo de calor desde las temperaturas más altas a las más bajas. Los mejores conductores de calor son los metales. El aire es un mal conductor del calor. Los objetos malos conductores como el aire o plásticos se llaman aislantes. La conducción de calor solo ocurre si hay diferencias de temperatura entre dos partes del medio conductor. Para un volumen de espesor  $\Delta x$  con área de sección transversal  $A$  cuyas caras opuestas se encuentra a diferentes  $T_1$  y  $T_2$  con  $T_2 > T_1$  como se muestra en la figura 5. Se encuentra que el calor trasferido  $\Delta Q$  en un tiempo  $\Delta t$  fluye del extremo caliente al frío.

Figura 5. **Conducción**



Fuente: *Conducción*. <https://www.google.com.gt/blogspot.com>. Consulta: 5 junio de 2015.

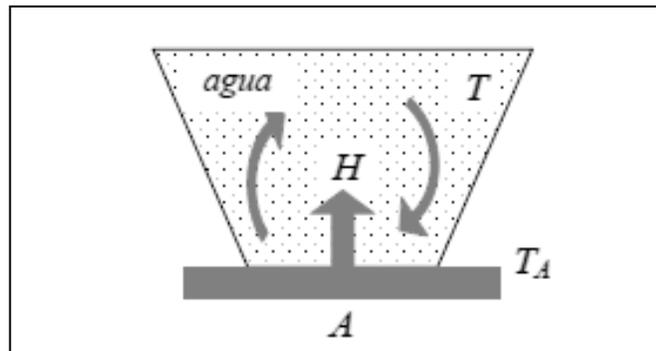
- **Convección**

La convección es el mecanismo de transferencia de calor por movimiento de masa o circulación dentro de la sustancia. Puede ser natural producida solo por las diferencias de densidades de la materia; o forzada, cuando la materia es obligada a moverse de un lugar a otro, por ejemplo el aire con un ventilador o el agua con una bomba. Solo se produce en líquidos y gases donde los átomos y moléculas son libres de moverse en el medio.

En la naturaleza, la mayor parte del calor ganado por la atmósfera por conducción y radiación cerca de la superficie, es transportado a otras capas o niveles de la atmósfera por convección. Un modelo de transferencia de calor  $H$  por convección, llamado ley de enfriamiento de Newton, es el siguiente:

Donde  $h$  se llama coeficiente de convección, en  $\text{Watt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ,  $A$  es la superficie que entrega calor con una temperatura  $T_A$  al fluido adyacente, que se encuentra a una temperatura  $T$ , como se muestra en el esquema de la figura 6.

Figura 6. **Convección**



Fuente: *Conveccion*. <http://procesosbio.wikispaces.com>. Consulta: 20 de junio de 2015.

El flujo de calor por convección es positivo ( $H > 0$ ) si el calor se transfiere desde la superficie de área  $A$  al fluido ( $T_A > T$ ) y negativo si el calor se transfiere desde el fluido hacia la superficie ( $T_A < T$ ).

- **Radiación térmica**

La radiación térmica es energía emitida por la materia que se encuentra a una temperatura dada, se produce directamente desde la fuente hacia afuera en todas las direcciones. Esta energía es producida por los cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas y transportada por ondas electromagnéticas o fotones, por lo que recibe el nombre de radiación electromagnética.

## 2.2. **Propiedades de termodinámica**

Son aquellas propiedades de los elementos con relación a la energía, que puede ser en forma de calor y su forma de medir, la temperatura.

### **2.2.1. Energía calorífica**

En todos los fenómenos de esta naturaleza se produce calor. Así el fósforo de las cerillas se inflama por frotamiento, las herramientas se calientan al labrar los metales, entre otros. Sí una bala de plomo se dispara contra una placa de acero, se puede alcanzar, en el momento del choque, una temperatura superior a su punto de fusión. El calor debe, por consiguiente, considerarse como una forma de energía, hipótesis que se ve corroborada por la posibilidad de producir trabajo mecánico consumiendo calor.

### **2.2.2. Otras formas de energía**

- Eléctrica

La corriente eléctrica es uno de los numerosos fenómenos que pueden producir trabajo mecánico o calor. La primera transformación se realiza en los motores y la inversa de los generadores electromagnéticos de corriente (dínamos, alternadores). En todos los conductores por los que pasan una corriente hay una producción de calor, conocida con el nombre de efecto de joule; la transformación contraria directa, es decir de calor en electricidad, se observa en las pilas termoeléctricas y basta calentar una de las dos soldaduras de dos metales diferentes que forman parte de un circuito para que se engendre en el mismo una corriente. De ellos se deduce que existe energía eléctrica y que el paso de una corriente es en realidad un transporte de energía a lo largo de un circuito.

- Química

Las reacciones químicas tienen lugar con absorción o desprendimiento de calor, según los casos. La combustión, que es la combinación del

oxígeno del cuerpo combustible o con los elementos que lo integran, revelan que una muestra de carbón y oxígeno contiene energía química potencial, que puede utilizarse al iniciar la combustión o la combinación de ambos cuerpos. La energía química se emplea a sí mismo en las pilas y acumuladores eléctricos, que la transforman en energía eléctrica, y el fenómeno inverso se produce en la electrólisis, en particular al cargar los acumuladores.

- Radiante

La luz se produce de diversas formas, pero la más corriente de estas consiste en calentar cuerpos a una temperatura bastante elevada (lámpara de gas, lámpara eléctrica de incandescencia). La incandescencia es precisamente la transformación de energía calorífica en energía radiante. La energía radiante puede convertirse en cualquiera de las otras cuatro formas de energías que se han considerado. Así, cuando una sustancia absorbe radiaciones, se calienta y este efecto calorífico es particularmente intenso en el caso de las radiaciones infrarrojas. Por otra parte, los haces luminosos dirigidos hacia los cuerpos ejercen en estos una fuerza de empuje que produce efectos mecánicos y recibe el nombre de presión de radiación, fenómenos que explica la repulsión de la cola de cometas por los rayos solares.

### **2.2.3. Primera ley de la termodinámica**

También conocida como principio de conservación de la energía para la termodinámica, establece que si se realiza trabajo sobre un sistema o bien este intercambia calor con otro, la energía interna del sistema cambiará.

Visto de otra forma, esta ley permite definir el calor como la energía necesaria que debe intercambiar el sistema para compensar las diferencias entre trabajo y energía interna.

La ecuación general de la conservación de la energía es la siguiente:

$$E_{entra} - E_{sale} = \Delta E_{sistema} \quad \text{Ecuación 8}$$

Que aplicada a la termodinámica teniendo en cuenta el criterio de signos termodinámico, queda de la forma:

$$\Delta U = Q - W \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde U es la energía interna del sistema (aislado), Q es la cantidad de calor aportado al sistema y W es el trabajo realizado por el sistema.

Esta última expresión es igual de frecuente encontrarla en la forma.

$$\Delta U = Q + W \quad \text{Ecuación 10}$$

Ambas expresiones, aparentemente contradictorias, son correctas y su diferencia está en que se aplique el convenio de signos IUPAC o el Tradicional.

Se puede expresar la primera ley en palabras diciendo: todo sistema termodinámico en un estado de equilibrio, tiene una variable de estado llamada energía interna, cuyo cambio en un proceso diferencial está dado por la ecuación antes escrita.

#### **2.2.4. Segunda ley de la termodinámica**

La segunda ley dice que muchos procesos son irreversibles. Algunos procesos, no solo no pueden regresarse por sí mismos, sino que tampoco ninguna combinación de procesos puede anular el efecto de un proceso irreversible, sin provocar otro cambio correspondiente en otra parte.

#### **2.2.5. Tercera ley de la termodinámica**

La entropía de todos los sólidos cristalinos perfectos es cero a la temperatura de cero absoluto. Un cristal “perfecto” es aquel que está en equilibrio termodinámico. En consecuencia, comúnmente se establece la tercera ley en forma más general, como:

La entropía de cualquier sustancia pura en equilibrio termodinámico tiende a cero a medida que la temperatura tiende a cero.

La importancia de la tercera ley es evidente. Suministra una base para el cálculo de las entropías absolutas de las sustancias, las cuales pueden utilizarse en las ecuaciones apropiadas para determinar la dirección de las reacciones químicas.

#### **2.2.6. Entropía**

Magnitud termodinámica que indica el grado de desorden molecular de un sistema. La entropía, como todas las variables de estado, depende solo de los estados del sistema, y se debe estar preparado para calcular el cambio en la entropía de procesos irreversibles, conociendo solo los estados de principio y al fin. Se puede escoger cualquier proceso reversible, mientras conecte los mismos estados inicial y final que el proceso real; todos estos procesos

reversibles llevarán al mismo cambio de entropía porque ella depende solo los estados inicial y final y no de los procesos que los conectan, tanto si son reversibles como si son irreversibles.

### **2.2.7. Teoría cinética de los gases**

La termodinámica se ocupa solo de variables microscópicas, como la presión, la temperatura y el volumen. Sus leyes básicas, expresadas en términos de dichas cantidades, no se ocupan para nada de que la materia está formada por átomos. Sin embargo, la mecánica estadística, que estudia las mismas áreas de la ciencia que la termodinámica, presupone la existencia de los átomos. Sus leyes básicas son las leyes de la mecánica, las que se aplican en los átomos que forman el sistema.

No existe una computadora electrónica que pueda resolver el problema de aplicar las leyes de la mecánica individualmente, a todos los átomos que se encuentran en una botella de oxígeno, por ejemplo. Aun si el problema pudiera resolverse, los resultados de estos cálculos serían demasiados voluminosos para ser útiles.

Afortunadamente, no son importantes las historias individuales detalladas de los átomos que hay en un gas, si solo se trata de determinar el comportamiento microscópico del gas. Así, se aplican las leyes de la mecánica estadísticamente, con lo que se observa que se pueden expresar todas las variables termodinámicas, como promedios adecuados de las propiedades atómicas. Por ejemplo, la presión ejercida por un gas sobre las paredes de un recipiente es la rapidez media, por unidad de área, a la que los átomos de gas transmiten ímpetu a la pared, mientras chocan con ella. En realidad el número

de átomos en un sistema microscópico, casi siempre es tan grande, que los promedios definen perfectamente las cantidades.

Se puede aplicar las leyes de la mecánica estadísticamente a grupos de átomos en dos niveles diferentes. Al nivel llamado teoría cinética, en el que se procede en una forma más física, usando para promediar técnicas matemáticas bastantes simples.

### **2.2.8. Gas ideal**

Haciendo que cierta cantidad de gas esté confinada en un recipiente del volumen  $V$ . Es claro que se puede reducir su densidad, retirando algo de gas en el recipiente, o colocando el gas en un recipiente más grande. Se encuentra experimentalmente que a densidades muy pequeñas, todos los gases tienden a mostrar ciertas relaciones simples entre las variables termodinámicas  $p, V$  y  $T$ . Esto sugiere el concepto de un gas ideal, uno que tendrá el mismo comportamiento simple, bajo todas las condiciones de temperatura y presión.

Dado cualquier gas en un estado de equilibrio térmico, se puede medir su presión  $p$ , su temperatura  $T$  y su volumen  $V$ . Para valores suficientes pequeños la densidad, los experimentos demuestran que, para una masa dada de gas que se mantiene a temperatura constante, la presión es inversamente proporcional al volumen (ley de Boyle), y para una masa dada de gas que se mantiene a presión constante, el volumen es directamente proporcional a la temperatura (ley de Charles y Gay Lussac).

El volumen ocupado por un gas a una presión y temperaturas dadas, es proporcional a la masa del gas. Así, la constante de la ecuación, también debe ser proporcional a la masa del gas, por ello se escribe la constante de la

ecuación; como  $nR$ , donde  $n$  es el número de moles de gas en la muestra y  $R$  es una constante que debe determinarse en forma experimental para cada gas. Los experimentos demuestran que, a densidades suficientes pequeñas,  $R$  tiene el mismo valor para todos los gases.

$$R=8,314 \text{ J/mol K} = 1,986 \text{ cal/mol K}$$

$R$  se llama la constante universal de los gases. Con esto se escribe la ecuación una constante, en la forma:

$$pV=nRT \qquad \text{Ecuación 11}$$

Y se define a un gas ideal, como aquel que obedece esta relación bajo todas las condiciones. Siempre que la densidad sea suficientemente pequeña.  $pV=nRT$  se llama ecuación de estado de un gas ideal. Desde el punto de vista microscópico, se define a un gas ideal haciendo las siguientes suposiciones:

- Un gas está formado por partículas llamadas moléculas. Dependiendo del gas, cada molécula está formada por un átomo o un grupo de átomos. Si el gas es un elemento o un compuesto en su estado estable, se considera que todas sus moléculas son idénticas.
- Las moléculas se encuentran animadas de movimiento aleatorio y obedecen las leyes de Newton del movimiento. Las moléculas se mueven en todas direcciones y a velocidades diferentes. Al calcular las propiedades del movimiento se supone que la mecánica newtoniana se puede aplicar en el nivel microscópico. Como para todas las suposiciones, esta mantendrá o desechará, dependiendo de si los hechos experimentales indican o no que las predicciones son correctas.

## **2.3. Propiedades de los materiales**

Las propiedades de un material determinado se pueden clasificar en cinco grupos diferentes:

- Propiedades químicas
- Propiedades físicas principales
- Propiedades mecánicas
- Propiedades estéticas y económicas
- Propiedades de fabricación

Salvo las estéticas y económicas, las demás propiedades de un material dependen de su estructura interna y condicionan su comportamiento durante el proceso de fabricación, a la vez que le confieren utilidad para unas determinadas aplicaciones. Ya que la estructura interna de un material define sus propiedades, si se quiere modificar estas habrá que variar de alguna manera su estructura interna; esto se consigue, en el caso de los metales, al alearlos entre sí o al someterlos a tratamientos térmicos, como se analiza más adelante.

### **2.3.1. Propiedades químicas**

Uno de los factores que limitan de forma notable la vida de un material es la alteración química que puede experimentar en procesos de oxidación o corrosión.

- Oxidación

Cuando un material se combina con el oxígeno, transformándose en óxidos más o menos complejos, se dice que experimenta una reacción

de oxidación. De esta forma esquemática se puede representar el proceso de oxidación de la siguiente manera:

Cuando un material se encuentra situado en una atmósfera oxidante, su superficie se oxida más o menos rápidamente; el óxido que se transforma se deposita en la parte exterior del material recubriéndolo por completo. Para que el proceso de oxidación continúe en esa situación, el material o el oxígeno deben atravesar, por difusión, la capa de óxido, que se comporta oponiéndose tanto al movimiento de los átomos de oxígeno como a los del material. Existen capas de óxidos que presentan mayor oposición a este movimiento que otras.

Cuanto mayor sea la temperatura a la que se encuentra sometido un material, mayor será la velocidad a la que se produce su oxidación, pues un aumento de temperatura activa el proceso de difusión de los átomos del material y del oxígeno en la capa del óxido.

- Corrosión

Cuando la oxidación de un material concreto se produce en un ambiente húmedo o en presencia de otras sustancias agresivas, se denomina corrosión. Esta es mucho más peligrosa para la vida de los materiales que la oxidación simple, pues en un medio húmedo la capa de óxido no se deposita sobre el material, sino que se disuelve y acaba por desprenderse.

La corrosión no se verifica de una manera uniforme, sino que existen determinados puntos del material donde el ataque es mayor. Esto da

lugar a la formación de importantes fisuras, que pueden llegar a producir una rotura por fatiga o una fractura frágil.

### **2.3.2. Propiedades físicas**

Densidad y peso específico (según autores es una propiedad mecánica). Se denomina densidad ( $d$ ) a la relación existente entre la masa de un determinado material y el volumen que ocupa. Su unidad en el SI es el Kilogramo/metro cúbico. La magnitud inversa a la densidad se conoce como volumen específico.

Por su peso ( $Pe$ ) se entiende la relación existente entre el peso de una determinada cantidad de materia el volumen que ocupa. Su unidad en el SI es el Newton/metro cúbico.

### **2.3.3. Propiedades eléctricas**

Todas las sustancias, en mayor o menor grado, son conductoras de la corriente eléctrica y también, según ciertas características de construcción y naturaleza, ofrecen una resistencia al paso de la corriente.

La resistencia eléctrica de un material conductor depende, entre otros factores, de su naturaleza; es decir, de la presencia de electrones móviles en los átomos y de su grado de movilidad.

Los metales son, en general, buenos conductores de la corriente eléctrica, pues su estructura interna es muy ordenada y los electrones no se encuentran sujetos a un determinado átomo. En cambio, la madera, los compuestos cerámicos, los polímeros poseen resistividades muy altas debido a que los

electrones de sus átomos carecen prácticamente de movilidad; se dice que son malos conductores de la electricidad.

De acuerdo con su resistividad, los materiales se clasifican en conductores, utilizados en cables de transmisión ( $\rho$  muy pequeño), y aislantes ( $\rho$  muy grande), según que permitan fácilmente o impidan casi por completo el paso de la corriente eléctrica a través de ellos.

Además de los materiales conductores y aislantes existen otros, denominados semiconductores, constituidos por silicio o germanio, dopado con impurezas de tipo n (arsénico, aluminio, fósforo) o de tipo p (galio, boro), que son la base de todos los componentes electrónicos.

#### **2.3.4. Propiedades térmicas**

Las propiedades térmicas condicionan el comportamiento del material en unas condiciones dadas.

- Dilatación térmica

La mayoría de los materiales aumentan de tamaño (se dilatan) al aumentar su temperatura, siempre que no se produzcan cambios de fase. El origen de la dilatación térmica reside en que al aumentar la temperatura aumentan las vibraciones de las partículas del material, lo que da origen a una mayor separación entre ellas.

- Calor específico

Se define el calor específico (C) de una sustancia como la cantidad de calor que es preciso aportarle para que su temperatura aumente 1 °C, sin que presente cambios de fase.

- Temperatura de fusión

Al calentar un sólido, el movimiento vibratorio de sus partículas se va haciendo cada vez más amplio, produciéndose la dilatación; pero si se continúa aumentando la temperatura llega un punto en el que la magnitud de las vibraciones es tal, que la estructura del material no se puede mantener y se produce su fusión. La temperatura a la que esto sucede recibe el nombre de temperatura de fusión, la cual varía ligeramente con la presión. La temperatura de fusión a presión normal se conoce como punto de fusión. Esta es una propiedad característica de cada sustancia y sirve en muchas ocasiones para identificarla. En casi todas las sustancias, salvo unas pocas (entre las que se encuentra el agua), la fusión va acompañada de un aumento del volumen.

El punto de fusión de un sólido será tanto mayor cuanto mayor sean las fuerzas que mantienen unidas a sus partículas constituyentes (fuerzas de cohesión).

- Conductividad térmica

La transmisión de calor por conducción se verifica a través de los cuerpos desde los puntos de mayor a los de menor temperatura.

La conductividad térmica (K) es un parámetro indicativo del comportamiento de cada cuerpo frente a este tipo de transmisión de calor.

### **2.3.5. Propiedades magnéticas**

Teniendo en cuenta su comportamiento frente a un campo magnético exterior, los materiales se pueden clasificar en tres grupos diferentes.

- Materiales diamagnéticos

Se oponen al campo magnético aplicado, de tal forma que en su interior el campo magnético es más débil.

- Materiales paramagnéticos

En el interior de los materiales ferromagnéticos el campo magnético es mucho mayor que el exterior. Estos materiales se utilizan como núcleos magnéticos en transformadores y bobinas en circuitos eléctricos y electrónicos; los más importantes son el hierro, el cobalto, el níquel y sus aleaciones.

### **2.3.6. Propiedades ópticas**

Al incidir la luz sobre la superficie de un cuerpo, una parte de ella se refleja; parte se transmite a través del cuerpo; otra parte se difunde, es decir, sufre una reflexión no especular en múltiples direcciones y, por último, la luz restante la absorbe el cuerpo, aumentando su energía interna. El color que presenta un cuerpo se debe precisamente a la luz reflejada si el cuerpo es opaco, o a la que pasa a través de él si es transparente o translúcido. Los cuerpos opacos absorben o reflejan totalmente la luz, impidiendo que pase a su través. Los cuerpos transparentes transmiten la luz, por lo que permiten ver a través de ellos.

### 2.3.7. Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas indican el comportamiento de un material cuando se encuentra sometido a fuerzas exteriores.

Las propiedades mecánicas de los materiales refieren la capacidad de cada material en estado sólido a resistir acciones de cargas o fuerzas.

- Estáticas: las cargas o fuerzas actúan constantemente o creciendo poco a poco.
- Dinámicas: las cargas o fuerzas actúan momentáneamente, tienen carácter de choque.
- Cíclicas o de signo variable: las cargas varían por valor, por sentido o por ambos simultáneamente.
- Las propiedades mecánicas principales son:
  - Elasticidad: se refiere a la propiedad que presentan los materiales de volver a su estado inicial cuando se elimina una fuerza aplicada sobre él.
  - Plasticidad: capacidad de un material a deformarse ante la acción de una carga, permaneciendo la deformación al retirarse la misma. Sin embargo, se ha comprobado experimentalmente que existe un límite, llamado límite elástico, tal que si cierta función homogénea de las tensiones supera dicho límite, entonces al desaparecer la carga quedan deformaciones remanentes y el cuerpo no vuelve exactamente a su forma. Es decir, aparecen deformaciones no-reversibles. A diferencia del comportamiento elástico que es termodinámicamente reversible, un cuerpo que se deforma

plásticamente experimenta cambios de entropía, como desplazamientos de las dislocaciones. En el comportamiento plástico parte de la energía mecánica se disipa internamente, en lugar de transformarse en energía potencial elástica.

- Dureza: es la resistencia de un cuerpo a ser rayado por otro. Opuesta a duro es blando. El diamante es duro porque es difícil de rayar. Es la capacidad de oponer resistencia a la deformación superficial por uno más duro. La dureza es la oposición que ofrecen los materiales a alteraciones como la penetración, la abrasión, el rayado, la cortadura, las deformaciones permanentes; entre otras. También puede definirse como la cantidad de energía que absorbe un material ante un esfuerzo antes de romperse o deformarse.

#### **2.4. Aisladores térmicos**

La transmisión del calor dentro y fuera de un edificio o sus partes puede disminuirse sustancialmente mediante materiales que resistan el flujo de calor o mediante un tipo de construcción que logre ese propósito. Algunos materiales estructurales, como la madera y el concreto ligero, tienen también buenas propiedades de aislamiento. Pero, en general, algunos materiales no estructurales ofrecen mayor resistencia al flujo del calor para un espesor dado, y por tanto, pueden ser más económicos para muchas aplicaciones.

La mayor parte de los materiales aislantes emplean aire estático como aislante. Algunos, como el corcho, el vidrio celular y las espumas plásticas, encierran pequeñas partículas de aire en celdas. Los materiales granulados, como la piedra pómez, la vermiculita y la perlita, atrapan el aire en recintos

relativamente grandes. En los materiales fibrosos, delgadas películas de aire se adhieren en forma persistente a todas las superficies y sirven como barrera al calor. En la construcción de muros con piezas huecas, se forma un espacio de aire muerto entre los medios muros.

El flujo de calor se mide en términos de conductividad térmica, K. Esta se define como el número de Btu que fluyen en una hora a través de 1 pie<sup>2</sup> de material de 1 pulgada de espesor, debido a un diferencial de temperatura de 1 °F. De la misma manera, la conductancia térmica C se define como el flujo de calor a través de un espesor dado de 1 pie<sup>2</sup> de material con un diferencial de temperatura de 1 °F.

En vista de que los componentes para la construcción están hechos de diversos materiales, incluyendo los espacios de aire y las películas superficiales, la conductancia total U de una construcción es necesaria para los cálculos de transmisión de calor. Este factor se define como el número de Btu que fluirán en una hora a través de 1 pie<sup>2</sup> de la estructura, aire a aire, con una diferencia de temperatura de 1 °F. Se han determinado experimentalmente los valores de k, C y U o R para muchos materiales y tipos de construcción.

La conductancia térmica de una película de aire al exterior con un viento de 15 mph es de 6 Btu por hora; de una película de aire interior (aire en reposo), 1,65 Btu por hora y un espacio de ¾ de pulgada más de espesor, 1,10 Btu/h.

- Películas de control solar

Este producto consiste en una película transparente de poliéster, construida hasta con siete capas diferentes, diseñada para ser adherida

al vidrio, por lo que cuenta con un adhesivo de alta resistencia a condiciones adversas. Existen muchas tonalidades entre las que se encuentran: bronce, plata, humo, blanca o transparente según el rendimiento deseado.

La película de control solar consiste en dejar fuera el calor producido por el sol y reducir así el costo de refrigeración en forma significativa. Cabe señalar que la película solar es de inferior costo que el termo panel y de fácil aplicación en obras ya terminadas.

- Características

- Reduce el paso del calor solar hasta en un 78 % manteniendo la visibilidad.
- Corrige las ambivalencias de temperaturas producidas por áreas expuestas al Sol versus las que no lo están.
- Permite reducir significativamente el costo en aire acondicionado.
- Detiene los rayos ultravioleta hasta en un 99 %, protegiendo así los objetos y mobiliario, ya que ellos son los causantes en gran medida de su descolorimiento y envejecimiento.
- Mejora la presentación de la propiedad, unificando las distintas apariencias de las ventanas, además de mejorar la seguridad de los vidrios ante el peligro de ser astillado, debido a que las astillas quedan unidas por la película eliminando el peligro de impactos.
- Aumenta considerablemente la privacidad.

- Usos

- Puertas y ventanas de vidrio.

- Tragaluces.
- Vitrinas.
- Bancos e instituciones.
- Vidrios con riesgo que se quiebren provocando cualquier accidente personal.

- Películas de aislación térmica

Son muy semejantes a las películas de control solar en la mayoría de sus características, pero tienen propiedades especiales para conservar el calor y no permitir que el calor salga de una habitación por medio del contacto con el vidrio que está a una menor temperatura. La principal cualidad de este tipo de película es que permitirá reducir los costos por pérdida de calefacción.

- Características

- Reduce las pérdidas de calefacción entre un 20 y un 40 %.
- Reduce los rayos ultravioletas en un 98 %.
- Mejora la presentación de la propiedad, unificando las distintas apariencias de las ventanas, además de mejorar la seguridad de los vidrios ante el peligro de ser astillado, debido a que las astillas quedan unidas por la película eliminando el peligro de impactos.
- Aumenta considerablemente la privacidad.

- Paneles aislantes estructurales

Consiste en un panel termo sólido, autosoportantes y soportantes, de avanzada tecnología, construido con hormigón liviano estructural, de

calidad controlada y fabricado a base de perlas de poliestireno expandido de 8 mm de diámetro, con una armadura compuesta por una doble malla de acero pretensado y electrosoldado y separadores adecuados.

El termopanel, posee ambas caras estucadas que permiten toda clase de terminaciones, por ejemplo, enlucido en yeso, martelina, papel mural, cerámica, azulejos, entre otros. El termopanel por su diseño de unión machihembrado en sus costados y por su unión soldada en las mallas, permite obtener un muro monolítico, uniforme y resistente.

El termopanel, al ser montado por su sistema de machihembrado, permite que el muro no se fisure en sus uniones al soportar esfuerzos sísmicos.

- Características
  - El termopanel está compuesto por un alambre de acero galvanizado de diámetro nominal para armar la retícula de alambre electrosoldada. La barra de poliestireno expandido autoextensible es de una densidad de 12 Kg / m<sup>2</sup>. El mortero usado debe tener una resistencia mínima a la compresión de 70 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Generalmente se obtiene con una relación cemento - agua de 1-3.
  - El panel de dimensiones normales (1,22 m\*2,44 m\*0,076 m), sin estuco, tiene un peso de 11 Kg (3,7 Kg / m<sup>2</sup>).
- Resultados a pruebas de ensayo

- \* Ensayo de compresión vertical: 14 400 Kgf
- \* Ensayo de carga horizontal: 2 270 Kgf
- \* Ensayo de flexión : 1 450 Kgf
- \* Ensayo de resistencia al fuego: 69 min
- \* Ensayo de aislación térmica: 0,72 W / m<sup>2</sup> \* °C (Apto en todo el país)
- \* Ensayo de aislación acústica: 40 dB

- Volcanita

Es un material muy usado en la construcción, especialmente en estructuras prefabricadas o para tabiques no soportantes. Debido a sus múltiples propiedades acústicas, térmicas y como retardadores de fuego, además de su fácil instalación en obra por su bajo peso y la simplicidad para unirlos entre sí.

- Los tabiques de volcanita se puede clasificar en tres tipos:

- Tabique real
- Tabique dúplex laminado
- Tabique sólido

- Tabique real

Está formado por dos placas de volcanita de 15 mm de espesor separadas por fajas del mismo material, de 32 mm de espesor y 150 mm de ancho y de un alto igual al panel menos 16 cm, el espesor total es de 62 mm.

- Tabique dúplex laminado

Está formado por cuatro placas de volcanita de 154 mm de espesor pegadas entre sí. Es un tabique sólido laminado de gran resistencia al impacto y a prueba de grietas. Tiene una buena aislación acústica y es una excelente barrera al fuego.

Consiste en un alma de volcanita dúplex (dos placas de volcanita de 15 mm de espesor y de 500 mm de ancho, pegadas entre sí en fabrica), que se revisten por ambas caras con placas de 15 mm de espesor y 1,2 m de ancho, pegadas con pegamento entre sí.

- Tabique sólido

Es muy similar al tabique dúplex y consta de tres capas unidas por adhesivos. Su núcleo central es de volcanita de 25 mm de espesor y de 60 cm de ancho. Sus capas exteriores pueden ser de 15 mm o de 12,5 mm de espesor conformando un espesor final del tabique de 58 y 53 mm respectivamente.

- Características

- Posee gran capacidad para retardar el fuego en el posible caso de un incendio.
- Facilidad y rapidez de instalación debido a que no contienen grandes estructuras o componentes que requieran mano de obra especializada.
- Poseen gran resistencia a los movimientos sísmicos ante los cuales no se agrietan.

- Son buenos absorbentes de sonido y aislantes térmicos.
- Debido a su simpleza permite realizar terminaciones finas.
- Son de muy poco peso, lo que reduce considerablemente las cargas no soportantes del edificio.

La volcanita se puede fijar con clavos o tornillos especiales. En el primer caso se clava cada 15 cm, sobre el listonado. No se puede clavar a menos de un centímetro de los bordes. El clavado debe empezar desde el centro de la plancha y continuar hacia el perímetro. Al momento de clavar la volcanita debe estar firmemente presionada contra los elementos portantes, para asegurar su correcta fijación y evitar en parte la vibración propia del clavado.

La fijación con tornillos especiales para madera, mediante un atornillador eléctrico, es más limpia, rápida y segura. De esta forma se evitan los deterioros por vibración. La distancia entre tornillos no debe de exceder de 30 cm.

Según el tipo de borde de plancha elegido, se aplicará la juntura invisible o se acusarán las uniones en forma de “v”.

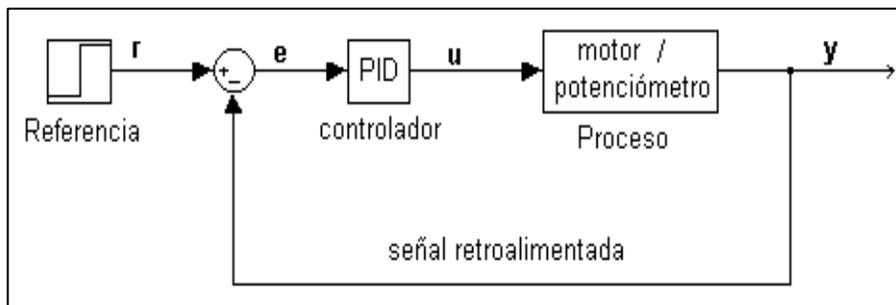
## **2.5. Sistemas controlados**

Los procesos industriales tienen su propósito principal, el de transformar materias primas en un producto final. Durante el proceso de la producción de estos bienes, se tienen diversos productos, ya sea que sean reutilizados los materiales, o se convierta energía para producir el producto final.

La instrumentación provee el significado del proceso de producción para asegurar que los productos sean elaborados apropiadamente. Un proceso puede ser descrito como la secuencia de cambios en una sustancia.

La secuencia de cambios puede ocurrir en el aspecto químico, físico o ambos en la composición de una sustancia incluyendo parámetros como el flujo, nivel, presión, temperatura densidad volumen, acidez y gravedad específica, así como muchos otros, También muchos procesos requieren de transferencia de energía. La mezcla de fluidos, el calentamiento o el enfriamiento de sustancias, el bombeo de agua de un lugar a otro, el enlatado de comida, la destilación de gasolina, el pasteurizado de la leche, y convertir la luz solar en energía eléctrica todos pueden ser descritos como procesos. Cuando una sustancia es calentada, su temperatura y su composición puede cambiar (ver diagrama de sistema controlado en figura 7).

Figura 7. **Diagrama de bloques del sistema controlado**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

En todo proceso se tiene diversas variables, las cuales afectan las entradas o salidas del proceso. Temperatura, nivel, flujo, presión, son las

variables más comunes en los procesos industriales, las cuales son monitoreadas y controladas por medio de la instrumentación del proceso.

- **Sistemas de instrumentación medición y control de variables**

Los instrumentos son diseñados para medir, indicar, controlar o almacenar la información de las variables del proceso, además de manipular mecanismos que controlen diversos estados de un proceso. Algunos procesos son muy similares, pero eso no significa que sean exactamente iguales, por lo tanto, no todos los procesos tienen las mismas necesidades de control.

La medición de una o más variables, hace posible determinar con certeza que sucede en un punto específico del proceso. El sistema de calefacción de una casa es ejemplo de un proceso, el cual tiene una variable controlada, el termostato de la calefacción indica el estado de la variable existente medida y controlada.

- **El proceso de control**

Un proceso industrial comienza con la medición de una variable. Por ejemplo, la temperatura del fluido del proceso fuera del intercambiador de calor es medida.

Esta información es utilizada para llevar a cabo una decisión acerca el proceso. Finalmente, se lleva a cabo la acción basada en la decisión tomada.

- **Diferencias entre control manual y control automático**

Cuando se conduce un automóvil, el tripulante debe considerar ciertas variables. La velocidad es una de esas variables, la cual es necesaria para reunir información acerca de que tan rápido avanza el auto. El velocímetro indica la velocidad actual del auto. La velocidad límite del auto indica la velocidad deseada del auto. Estos valores pueden ser comparados para tomar una decisión. El estado actual de la variable comparado con el estado deseado es lo que determina una apropiada acción, con el objetivo de aumentar o disminuir la velocidad, o simplemente no llevar a cabo ninguna acción.

Una vez que la decisión a sido tomada e implementada, el siguiente paso es verificar de nuevo la velocidad del auto, para determinar qué efecto han tenido los cambios hechos con anterioridad. Cuando la información ha sido reunida, se ha tomado una decisión y realizado una acción, se dice que se lleva a cabo un control manual del auto. La decisión de aumentar, disminuir, o mantener la velocidad del auto, es realizada automáticamente por un instrumento. El control que se realiza por medio de instrumentos, se dice que es un control automático.

- Variables utilizadas en el proceso de control

El lazo de control de un proceso es diseñado para tener todas las variables bajo control. El término utilizado para llamar a la variable que ha sido manipulada, es el de “variable manipulada”. A la o las variables que han sido medidas con anterioridad se les denomina “variable medida”. De la misma manera, el término utilizado para expresar el valor de ajuste, es *set point*, y la diferencia entre el valor actual de la variable y el *set point*, se denomina “desviación”.

La acción es realizada para eliminar la desviación. En el proceso de control, la acción es el ajuste de la variable, a este ajuste se le denomina “variable manipulada”.

En términos prácticos, el control es un ciclo continuo de medición, toma de decisión y realizar una acción. El proceso de control es un lazo diseñado para mantener la variable controlada en el *set point*.

- Componentes de control

Un disturbio es un cambio en la demanda del sistema, usualmente es un factor fuera del lazo, el cual afecta la variable controlada. Con el fin de compensar los disturbios y mantener el control, el proceso de toma de decisión debe ser continuo.

*Feedback* es el término utilizado para indicar una medición y respuesta continuas a la información generada. Esta es la forma más simple de control. el término usado para definir los instrumentos en un sistema de control da información, decide y toma acción en un sistema de control retroalimentado, es un lazo de control retroalimentado.

El lazo de control retroalimentado, incluye un sensor, un transmisor, un controlador, y un elemento final de control. Sensores, transmisores, y los elementos finales de control, a menudo están localizados en campo cerca del proceso. Los controladores, comúnmente se localizan en el cuarto de control.

El sensor detecta el valor de la variable medida. El transmisor convierte la señal del sensor a una señal normalizada y la envía al controlador. El controlador compara el valor de la señal transmitida con el *set point* y

envía una señal de salida al elemento final de control. El elemento final de control es reposicionado para corregir la desviación provocada por los disturbios en el sistema.

- **Sensores y transmisores.**

Diversos factores determinan que sensores deben usarse para monitorear una variable, como son: tiempo de respuesta, exactitud, precisión. Los sensores no responden inmediatamente, se requiere un periodo de tiempo para que los sensores respondan a los cambios.

El término “tiempo de respuesta” es utilizado para designar al tiempo que requiere un instrumento, como puede ser un sensor para responder a los cambios en la variable medida.

Como se menciona anteriormente, distintos factores son los que afectan el tiempo de respuesta del sensor, como son el tipo de sensor, la proximidad del sensor a la variable medida. Por ejemplo, un instrumento de presión responderá a cambios en la presión en un par de segundos, mientras que un sensor de temperatura tomará más tiempo para responder, porque el sensor tiene que calentarse o enfriarse en respuesta a los cambios en la temperatura de la variable medida. Este efecto es conocido como retraso térmico.

Por ejemplo, el tiempo de respuesta de un sensor de temperatura en un termo pozo es mucho más largo que el de un sensor posicionado en contacto directo de la variable medida. Similarmente, un sensor de presión de aire que está directamente conectado a la pipa, responderá más rápido que un sensor idéntico conectado a la tubería del proceso y a una distancia mayor. Este efecto es conocido como retraso hidráulico.

- Diferencia entre exactitud y precisión.

Exactitud y precisión son características de los sensores. Estos términos tienen diferentes significados en el contexto de los procesos de control. El término exactitud es usado para denotar que tan estrechas son las lecturas de las mediciones de un instrumento, como puede ser un sensor.

El término precisión es usado para designar que tan consistentes son las lecturas realizadas por un instrumento. Nuevamente se tienen cuatro lecturas de presión, otra vez el valor de la presión actual es constante, pero se puede considerar que estas lecturas son precisas, porque las lecturas son consistentes y reproducibles.

La capacidad de un sensor está determinada por tres características: tiempo de respuesta, exactitud y precisión.

Sensores de distintos tipos están disponibles para usarse en diferentes procesos, consecuentemente se tiene un vasto rango de posibles señales de salida.

El sensor mide el cambio el valor de la variable controlada retransmitido al transmisor, este convierte el valor en una señal estándar representando la medición. Esta señal es enviada al controlador para ser comparada con el *set point*. Las señales electrónicas y neumáticas son referidas como una señal analógica porque cada tipo de señal puede asumir un valor en cualquier punto entre un valor mínimo y máximo predeterminado. Las señales ópticas usualmente son transmitidas en uno o dos estados: “*on*” o “*off*”. Las señales que tienen solo dos valores

discretos, son referidas comúnmente como señales digitales. En función de valores específicos a representar, las señales ópticas son transmitidas en series de pulsos “on” y “off”. Ejemplo de tipos de controles térmicos en figura 8.

Figura 8. **Tipos de controles térmicos**



Fuente: *Tipos de Controles térmicos*. [Google.com/tiposdecontrolestermicos.jpg](http://Google.com/tiposdecontrolestermicos.jpg).

Consulta: 20 junio de 2015.

- Elementos finales de control

La posición del elemento final de control está determinada por los controladores. Específicamente la posición del elemento final de control está determinada por la o las señales representando el valor de la desviación que es transmitida al controlador.

El diseño de un elemento final de control está determinado por las necesidades del sistema de control. De tal manera que en lugar de posicionar directamente las válvulas de vapor y agua, la salida del controlador en el lazo primario ajusta el *set point* del controlador

secundario. El controlador secundario posiciona las válvulas en respuesta a cambios en el *set point*.

El control proporcional a menudo es implementado en procesos en que los materiales deben ser mezclados en proporción a otro. Un controlador proporcional, mantiene una proporción predeterminada entre dos o más variables, usualmente flujo.

El control retroalimentado es otro tipo de control usado cuando se requiere una mayor efectividad y precisión como puede proveer un lazo sencillo de control retroalimentado. El control retroalimentado está capacitado para compensar el sistema antes de que los disturbios afecten la variable controlada. En otras palabras, los disturbios son medidos y controlados antes que afecten el proceso.

- Control de dos posiciones

Algunos procesos no requieren un control muy complejo, esos procesos operan con gran éxito con un alto rango de tolerancia. Otros procesos requieren un control mucho más complejo, por lo tanto el proceso es el que determina el tipo de control se requiere.

- La función del controlador en un proceso

Los mecanismos en un proceso típico, incluyen un sensor, un transmisor un controlador y un elemento final e control. El sensor mide el valor de la variable controlada, este valor es convertido a una señal estándar por el transmisor. El transmisor envía esta señal al controlador. El controlador

compara la señal con el *set point*, y basado en la desviación, decide cual es la acción adecuada a realizar.

La señal de salida del controlador posiciona el elemento final de control. El elemento final de control responde a la señal de salida cambiando el valor de la variable manipulada.

- Los cuatro modos de control
  - Hay cuatro modos de control: control dos-posiciones, control proporcional, control integral, y el control derivativo.

Los modos de control proporcional, integral y derivativo son continuos. Un controlador puede estar equipado con uno o más modos de control continuo.

- Efectos del control dos-posiciones en un proceso.

En el ejemplo anterior se nota que el lazo de control no puede responder inmediatamente a los cambios. Dos factores son los que impiden la inmediata respuesta, el tiempo de respuesta del sensor y el tiempo requerido por el líquido en el tanque para responder a los cambios en la variable manipulada.

Consecuentemente, el control dos-posiciones puede causar oscilaciones significativas en el proceso. Si el proceso puede tolerar las oscilaciones en la variable controlada, el control dos-posiciones es el adecuado. Si el proceso no tolera las oscilaciones, debe ser usado otro modo de control.

- Control proporcional

El control continuo, posiciona el elemento final de control en más de dos posiciones. El control proporcional es usado a menudo en sistemas donde el valor de la variable controlada cambia constantemente en respuesta a los disturbios.

La acción de control proporcional puede tranquilizar mucho al control/proceso y reducir oscilaciones. Cuando el controlador proporcional recibe la señal del sensor, esta es la presión transmitida por el vapor caliente, el controlador responde a cualquier desviación del *set point* en el elemento final de control. El elemento final de control, una válvula de control de combustible puede estar en posición abierta, cerrada, o en cualquier otra posición intermedia, también será posicionada en proporción a la desviación. La capacidad de ajustar la posición de la válvula, permite un mayor ajuste gradual del flujo de combustible como los cambios de presión del calentador.

- Función del control integral

Los controladores proporcionales industriales usualmente tienen una segunda acción de control para eliminar el *offset* con la misma secuencia de pasos, chequeo, ajuste, y rechequeo del estado de la variable controlada hasta que regrese al *set point*.

La acción integral a menudo es llamada reajuste (*reset*) porque reajusta (resetea) la salida del controlador hasta que el *set point*

sea alcanzado. La acción de reajuste (*reset*) está determinada en “repeticiones por minuto” o “minutos por repetición”.

Idealmente, la proporción en que acción integral es implementada, no se tiene un impacto negativo en la estabilidad del proceso. El único tipo de aplicación en la que el periodo de tiempo no es un problema, es en el control de flujo.

- Descripción del control derivativo

Es una de las acciones de control empleadas en los lazos de regulación automática y se manifiesta cuando hay un cambio en el valor absoluto del error

$$m(t) = T_d \frac{de(t)}{dt}$$

Ecuación 12

Donde:

$m(t)$  es la salida del controlador,  $e(t)$  error actuante,  $T_d$  tiempo derivativo.

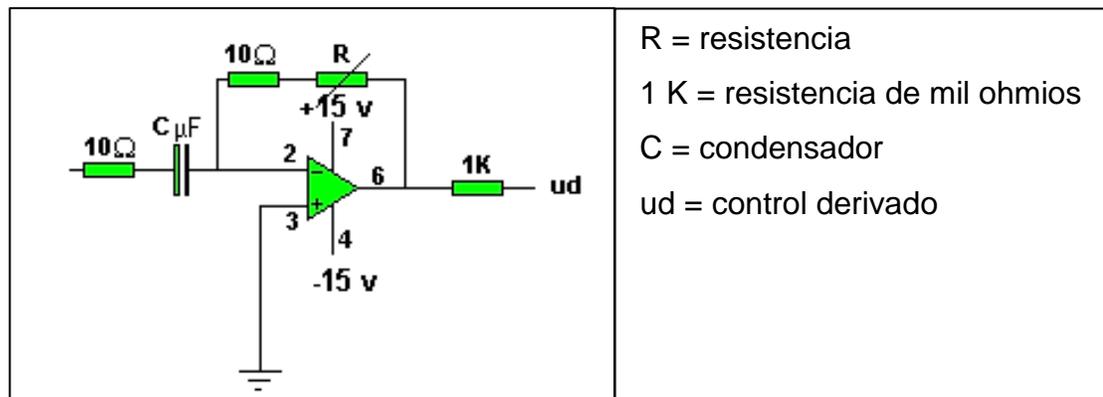
La acción del control derivativo a veces se denomina control de velocidad. Las acciones proporcional e integral, pueden ser combinadas con la acción derivativa para compensar los procesos que tienen una respuesta lenta.

La acción derivativa responde tan rápido como ocurre la desviación del *set point*. El control PID es el más complejo de los modos de control.

En función de su puesta a punto, los controladores PID requieren tres ajustes. De tal forma es propiamente ajustada, el controlador puede proveer un control muy preciso del proceso. Los controladores PID son comúnmente encontrados en procesos en donde la temperatura es la variable controlada, porque el tiempo de respuesta es relativamente lento.

El control derivativo habilita al controlador para responder más rápido y posicionar el elemento final de control más rápido que con solo las acciones proporcional e integral (ver figura 9).

Figura 9. **Esquema electrónico de un control derivativo**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

## 2.6. Descripción de un sistema cerrado y un sistema abierto.

- Sistemas cerrados

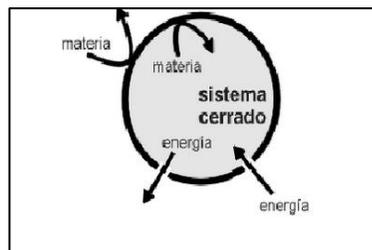
Son los sistemas que no presentan intercambio con el medio ambiente que los rodea, pues son herméticos a cualquier influencia ambiental. Así,

los sistemas cerrados no reciben ninguna influencia del ambiente, y por otro lado tampoco influyen al ambiente.

No reciben ningún recurso externo y nada producen la acepción exacta del término. Los autores han dado el nombre de sistema cerrado a aquellos sistemas cuyo comportamiento es totalmente determinístico, programado y que operan con muy pequeño intercambio de materia y energía con el medio ambiente (ver figura 10).

El término también es utilizado para los sistemas completamente estructurados, donde los elementos y relaciones se combinan de una manera peculiar y rígida produciendo una salida invariable. Son los llamados sistemas mecánicos, como las máquinas.

Figura 10. **Sistema cerrado**



Fuente: *Sistema cerrado*. [pensamientoadministrativoii.wordpress.com/](http://pensamientoadministrativoii.wordpress.com/).

Consulta: 16 de mayo de 2015.

- Los sistemas abiertos: son los sistemas que presentan relaciones de intercambio con el ambiente, a través de entradas y salidas. Los sistemas abiertos intercambian materia y energía regularmente con el medio ambiente. Son eminentemente adaptativos, esto es, para

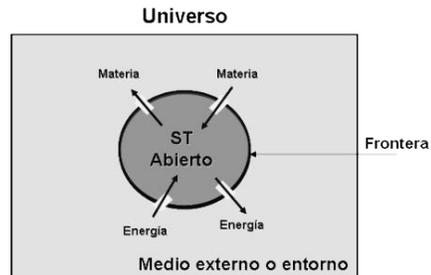
sobrevivir deben reajustarse constantemente a las condiciones del medio.

Mantienen un juego recíproco con las fuerzas del ambiente y la calidad de su estructura es óptima, cuando el conjunto de elementos del sistema se organiza, aproximándose a una operación adaptativa. La adaptabilidad es un continuo proceso de aprendizaje y de auto-organización.

No pueden vivir aislados. Los sistemas cerrados (esto es, los sistemas que están aislados de su medio ambiente) cumplen el segundo principio de la termodinámica que dice que "una cierta cantidad, llamada entropía, tiende a aumentar a un máximo".

La conclusión es que existe una "tendencia general de los eventos en la naturaleza física en dirección a un estado de máximo desorden". Sin embargo, un sistema abierto "mantiene así mismo, un continuo flujo de entrada y salida, un mantenimiento y sustentación de los componentes, no estando a lo largo de su vida en un estado de equilibrio químico y termodinámico, obtenido a través de un estado firme llamado homeostasis". Los sistemas abiertos, por lo tanto, "evitan el aumento de la entropía y pueden desarrollarse en dirección a un estado decreciente orden y organización" (ver figura 11).

Figura 11. **Sistema abierto**



Fuente: *Sistema abierto*. [pensamientoadministrativoii.wordpress.com/](http://pensamientoadministrativoii.wordpress.com/).

Consulta: 16 de mayo de 2015.

## 2.7. El proceso de la energía

La energía existe en muchas formas. La energía mecánica está asociada con objetos u operaciones que pueden ser vistas a simple vista. La energía térmica es energía asociada con el movimiento de las moléculas. La energía química se muestra a través de una reacción de los átomos y las moléculas como ocurre en la combustión. Hay energía asociada a partículas más pequeñas que los átomos como la energía eléctrica, los rayos X y las ondas de radio.

El trabajo también puede ser como la energía que se transfiere por la acción de la fuerza a través de la distancia. En el caso del trabajo realizado contra la gravedad, la fuerza es la misma que el peso del objeto o el cuerpo a desplazar.

La energía térmica asociada con sistemas de moléculas, como la energía mecánica, también puede ser almacenada como energía en transición. La energía térmica en transición es llamada calor. La energía térmica es

almacenada como energía interna y es definida como la energía almacenada en una sustancia o un sistema en una parte en movimiento de moléculas o la fuerza de atracción de las moléculas. El calor es energía térmica en transición, como el trabajo, el calor es una transición de la existencia de dos o más formas de energía. El flujo de calor solo es posible cuando existe una diferencia de temperaturas entre dos objetos o dos regiones.

La temperatura es un reflejo de la cantidad de energía cinética que tiene un objeto, o una sustancia y es considerada como una propiedad de la materia. El movimiento o flujo de energía térmica o calor es atribuido a la energía del sistema, también atribuido a un componente del sistema. El movimiento de las moléculas dentro de un fluido, o en otra sustancia, aumenta si el calor de la misma incrementa.

- Medición y temperatura

La temperatura es la medida o cantidad de calor que contiene una sustancia. La temperatura también puede ser descrita como un reflejo de la cantidad de energía cinética poseída por un objeto o una sustancia, y es por lo tanto, un atributo o propiedad de las sustancias. La temperatura en congelación es una combinación de agua y hielo que está en equilibrio con el aire saturado a una presión de una atmósfera.

- Calor y transferencia de calor

El calor es la energía en transición. El calor es medido normalmente en la unidad llamada British Thermal Unit (Btu). Originalmente un Btu estaba definido como la cantidad de calor necesaria para elevar una libra de agua un grado Fahrenheit. Una unidad similar es la caloría (Cal), la cual

se define como la cantidad necesaria de calor para elevar un grado Celsius un gramo de agua.

Aunque ambas medidas siguen vigentes pero las definiciones fueron abandonadas por un acuerdo internacional, el Btu y la caloría son definidas por una unidad de energía llamada Joule. Se estableció la siguiente relación.

$$1 \text{ caloría} = 4,18605 \text{ Joules}$$

$$1 \text{ Btu} = 1\,054,886 \text{ Joules}$$

El estado físico de una sustancia está íntimamente ligado a la distancia que hay entre sus moléculas. Las moléculas que están más cercanas entre sí son llamadas sólidos, las que están un poco más separadas son los líquidos y las más separadas son los gases. Cuando el flujo de calor de una sustancia no se refleja en un cambio de temperatura, se entiende que la energía está siendo utilizada para incrementar la distancia entre sus moléculas de la sustancia y están sufriendo un cambio de sólido a líquido o de líquido a gas.

- Calor latente y calor sensible

El calor latente no causa un cambio de temperatura, en cambio el calor sensible si lo causa. El flujo de calor no se refleja en un cambio de temperatura de una sustancia que está en un proceso de cambio de forma de estado a otro. Cuando el flujo de calor no se refleja en el cambio de temperatura, pero si en el cambio físico de la sustancia, se entiende que el calor latente ha sido agregado o retirado. El calor latente

aumenta la cantidad de energía potencial almacenada en una sustancia, pero esto no resulta en un incremento de la cantidad de energía cinética hasta que haya un cambio en el estado ocurra. La relación entre temperatura y calor sensible es cuando el flujo de calor se refleja en un cambio de la temperatura ocurre cuando el calor sensible ha sido agregado a una sustancia. El calor sensible no incrementa la cantidad de energía potencial o cinética almacenada en la sustancia.

## **2.8. Eficiencias energéticas**

La eficiencia energética es una práctica que tiene como objetivo reducir el consumo de energía. Los individuos y las organizaciones que son consumidores directos de la energía pueden reducir el consumo energético para disminuir costos y promover sustentabilidad económica, política y ambiental. Los usuarios industriales y comerciales pueden desear aumentar eficacia y maximizar así su beneficio. Entre las preocupaciones actuales está el ahorro de energía y el efecto medioambiental de la generación de energía eléctrica. También se denomina ahorro de energía.

- Iluminación el empleo de bombillas de bajo consumo supone un ahorro

La iluminación eléctrica en las viviendas suele suponer entre el 18 y el 20 % del consumo doméstico, en algunos casos basta con una actitud preventiva adquiriendo por ejemplo bombillas de bajo consumo, poniendo múltiples fuentes de luz de bajo consumo en lugar de uno, aumentando la superficie de las ventanas.

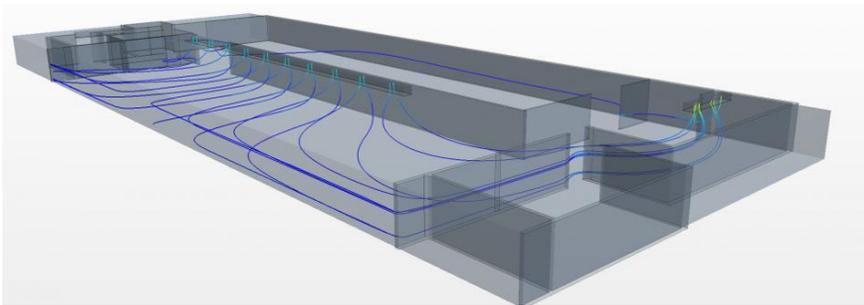
- Hábitos con la iluminación

Para ahorrar basta con adquirir hábitos, como apagar luces en estancias donde no se habite emplear una fuente de luz, eliminando las fuentes luminosas redundantes si se dispone de la opción abrir ventanas y emplear la luz natural en lugar de la artificial.

## 2.9. Ventilación

La ventilación es la técnica que permite sustituir el aire interior de un local, considerado inconveniente por su falta de pureza, temperatura inadecuada o humedad excesiva, por otro exterior de mejores características. El sistema de ventilación permite cambiar, renovar, y extraer el aire interior de un recinto y sustituirlo por aire nuevo del exterior (véase figura 12).

Figura 12. **Esquema de ventilación de fábrica**



Fuente: Tecsen engineering. *Esquema de ventilación de fábrica.*

<http://www.tecsenengineering.com/about-us/>. Consulta: 16 de mayo de 2015.

Existen dos formas de calcular el caudal de aire necesario para un local basadas en: a) El número de ocupantes y a razón de 7,5 l/s por persona (en casos en que no exista solución ajena a las personas).

b) El número de renovaciones por hora en función de la actividad que se desarrolle en el edificio.

- Funciones de la ventilación
  - Asegurar la limpieza del aire respirable.
  - Asegurar la salubridad del aire, tanto el control de la humedad, concentraciones de gases o partículas en suspensión.
  - Colaborar el acondicionamiento térmico del edificio.
  - Luchar contra los humos en caso de incendio.
  - Disminuir las concentraciones de gases o partículas a niveles adecuados para el funcionamiento de maquinaria o instalaciones.
  - Proteger determinadas áreas de patógenos que puedan penetrar vía aire.

Se realiza mediante el estudio de las características arquitectónicas, uso y necesidades de cada área.

- Ventilación forzada

Es la que se realiza mediante la creación artificial de depresiones o sobre presiones en conductos de distribución de aire o áreas del edificio. Estas pueden crearse mediante extractores, ventiladores, unidades manejadoras de aire (UMAs) u otros elementos accionados mecánicamente.

- Ventilación natural

Es la que se realiza mediante la adecuada ubicación de superficies, pasos o conductos aprovechando las depresiones o sobrepresiones

creadas en el edificio por el viento, humedad, sol, convección térmica del aire o cualquier otro fenómeno, sin que sea necesario aportar energía al sistema en forma de trabajo mecánico.

Tanto la ventilación natural como la forzada se pueden especializar más y dividir de la siguiente forma:

- Ventilación por capas
- Ventilación cruzada
- Ventilación por inyección de aire o sobrepresión
- Ventilación por extracción de aire o presión negativa
- Ventilación localizada o puntual
- Ventilación general

## **2.10. Seguridad e higiene**

La seguridad e higiene Industrial a través del tiempo ha tenido una lenta evolución, esto se debe en particular por la resistencia al cambio, algunas personas aún no han tomado conciencia de lo importante que es para la empresa el cuidar de la salud y la seguridad de sus empleados; siguen inclinándose a ideas antiguas basadas en medidas primitivas, relativas a la regulación de los riesgos de vida.

El tema de seguridad industrial es un tema de muchos puntos a evaluar, pues puede abarcar desde la forma de vestir de las personas que pudieran ingresar a una planta, hasta el seguimiento de procesos detallados para máquinas muy especiales, en esta oportunidad el enfoque estará enteramente en indicadores o reglas que pudieran presentar algún tipo de peligro, tanto para

los trabajadores como para las personas residentes cerca de la planta de producción.

Muchas empresas ven la seguridad e higiene industrial como gasto extra, y no es así. El empresario debe comprender que los programas de seguridad, los inspectores, entre otros, representan una inversión para la empresa, ya que ayudan a evitar los accidentes y todos los costos directos e indirectos que ellos conllevan.

En la empresa ZAM, S. A. existe ya un estudio para la implementación de medidas de seguridad e higiene industrial aplicadas en la planta de producción, es una serie de recomendaciones normativas vinculadas con la prevención de accidentes en el trabajo.

- Indicadores para protección personal

En la planta de producción no existen indicadores para el uso de protección personal, exponiendo así a los operarios en cualquier proceso que desempeñen. En los procesos de la planta, solo hay uno que requiere de uso obligatorio de protección personal, es el caso del proceso de la máquina freidora, los otros procesos requieren de protección personal pero no son obligatorios, pues no presentan la misma magnitud de riesgo. El proceso de la máquina freidora presenta gran riesgo al operario, pues el aceite se mantiene casi en la mayoría de tiempo a altas temperaturas, exponiendo así a todo material u objeto que se encuentre cerca del mismo.

- Indicadores para puntos de reunión

Estos indicadores son funcionales cuando existen puntos de reunión de emergencia en una planta, en este caso no existen puntos de reunión de emergencia, por lo cual tampoco existen indicadores para puntos de reunión, esta situación presenta un riesgo para la población de la planta, pues si existe un accidente en donde se requiera de evacuación los operarios no podrán escoger los puntos de la planta que no presenten riesgos. El riesgo está presente dentro de la planta, pues aunque existieran los puntos de reunión no hay indicadores para estos puntos dentro de la planta de producción.

- Indicadores para elementos inflamables

Existe un elemento con características inflamables, es el caso del tanque de gas, en el área perimetral del cilindro de gas no existe ningún indicador de elementos inflamables, situación por la cual existe un riesgo dentro de la planta. Tomando en cuenta que este es uno de los indicadores más importantes dentro de la planta, es indispensable la colocación de este indicador, pues un elemento inflamable solo necesita una chispa de combustión para que se origine el fuego y visualizando que la máquina freidora está a pocos metros de donde se encuentra el tanque de gas, por ello, es muy importante que los operarios realicen los procesos adecuadamente, pues un error o descuido puede provocar un accidente.

En una planta en donde existen elementos inflamables, siempre hay riesgo de incendio, pero existe aún más cuando no se tienen los

indicadores necesarios que puedan identificar los riesgos (véase en figura 13) ejemplo de tabla de señalización industrial.

Figura 13. **Señalización de seguridad e higiene industrial**



Fuente: Jyg Ingeniería. *Señalamiento industrial.*

[http://jygingeneriahn.com/senalamiento\\_industrial.html](http://jygingeneriahn.com/senalamiento_industrial.html). Consulta: 5 de junio de 2015.



### **3. CÁLCULO Y DISEÑO PARA MEJORAR EL SISTEMA**

#### **3.1. Cálculo de eficiencias térmicas**

Es necesario buscar la forma de racionalizar el uso de esos recursos, economizar la energía a usar en los proyectos de los edificios, y optimizarla en los ya existentes, para cumplir con los estándares actualizados.

- Indicadores energéticos

La calificación energética se expresa a través de varios indicadores que permiten explicar las razones de un buen o mal comportamiento energético, y proporcionan información útil sobre los aspectos a tener en cuenta a la hora de proponer recomendaciones que mejoren dicho comportamiento.

Estos indicadores, con base anual y referidos a la unidad de superficie útil, se obtendrán de la energía consumida, para satisfacer, en unas condiciones climáticas determinadas, las necesidades asociadas a unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación, que incluirá, entre otros aspectos, la energía consumida en calefacción, la refrigeración, la ventilación, la producción de agua caliente sanitaria y en su caso la iluminación, a fin de mantener las condiciones de confort térmico, lumínico y calidad de aire interior.

El indicador energético principal o global será el correspondiente a las emisiones anuales de dióxido de carbono, expresadas en kilogramo por

metro cuadrado útil de la máquina. En la realidad de cualquier aplicación concreta, el funcionamiento de las máquinas se afecta, directa e indirectamente, por condicionantes externos, de índole diversa, con origen en la propia instalación y fuera de ella, que perturban la consecución de las condiciones de estabilidad que se requieren para efectuar adecuadamente las mediciones necesarias, en diferentes situaciones de capacidad o de demanda, para determinar su rendimiento instantáneo y, de forma aún más acusada, para analizar la eficiencia energética real que proveen los equipos. Entre los condicionantes que de forma más común y habitual afectan al funcionamiento de una máquina en una instalación real, destacan los que se resumen a continuación:

- Variabilidad de las condiciones de ambiente exterior que son difícilmente controlables por los técnicos responsables de la instalación, e incluso por los sistemas informáticos de gestión más sofisticados, para ajustar el funcionamiento de la máquina a la situación de capacidad deseada.
  - Variabilidad de las ganancias externas e internas de calor del edificio, durante cualquier período de tiempo determinado.
  - Funcionamiento defectuoso de elementos y componentes de las instalaciones que, aun siendo ajenos a las máquinas de producción, afectan directamente a sus condiciones de trabajo.
- La inestabilidad de operación de una máquina es, normalmente, una consecuencia inmediata de la presencia de uno solo, o del conjunto, de los factores que pueden afectar a sus condiciones de funcionamiento. La falta de estabilidad impide disponer del tiempo necesario para efectuar

tomas de datos de funcionamiento coherentes, en las diferentes condiciones de capacidad que sería necesario analizar en una máquina concreta.

- Además, es muy frecuente padecer carencias de elementos de medida adecuados en la mayoría de las instalaciones, lo que implica la imposibilidad de tomar datos de algunos parámetros.
  - Para calcular la eficiencia energética de un sistema, se tiene que ubicar en principio la zona climática basada en una tabla de ubicación de alturas geográficas, este es uno de los parámetros de inicio.
  - Se calcula la capacidad C expresada en m.

$$C = V/S$$

Ecuación 13

En donde V = volumen encerrado por la envolvente térmica

S = suma de las superficies de dicha envolvente

- Elegir la tabla adecuada para conseguir el nivel de eficiencia energética
- Rendimiento del equipo generador de calor estufa o quemador
- Rendimiento del sistema de ventilación
- Sustitución de valores en la tabla de eficiencias energética elegida
- Obtención del nivel de eficiencia energética

Otra ecuación de cálculo de eficiencia energética es la suma de los índices de cada uno de los componentes que consumen energía en el recinto.

IEE total = IEE aire acondicionado + IEE calefactores + IEE paredes y techos

### 3.2. Punto de ebullición de los diferentes tipos de aceites

Para logra un rendimiento adecuado del aislante, a continuación se presenta una tabla con los diferentes tipos de aceite utilizados en la cocción de productos alimenticios.

Tabla I. **Punto de ebullición de los diferentes tipos de aceites comestibles**

<b>Aceite</b>	<b>Punto de ebullición en grados Centígrados</b>
Aceite de oliva (extra virgen)	188
Aceite de oliva (virgen)	215
Aceite de oliva refinado	225
Aceite de oliva (extra ligero)	242
Aceite de cártamo	265
Aceite de sésamo (sin refinar)	177
Aceite de sésamo (semirrefinado)	232
Aceite de soja	241
Aceite de girasol	246
Aceite industrial	170

Fuente: elaboración propia.

Con esta tabla se desea demostrar que, para que haya un ahorro energético en el combustible de gas propano es necesario escoger el tipo de aceite que hierva rápido, ya que esto ayudará a que se use menos combustible para lograr calentar el recipiente.

Ahora para poder determinar cuanta energía se necesita para calentar tanto el aceite como la olla de la freidora se recurre a los siguientes datos:

Calor específico del acero: 0,447 J/kg °C

Calor específico del aceite: 1 900 J/kg °C

Dimensiones de la olla: 0,67 de alto, 0,67 de ancho y 1,22 metros de largo

Grosor de la olla de acero: 0,02 cm

Peso del acero: 0,005 m<sup>3</sup>

Peso del aceite: 300 litros

### 3.2.1. Para encontrar la capacidad de calentamiento

Ya con los datos de la freidora y del aceite se procederá a utilizar la siguiente fórmula:

$$Q = (m * C_e (T_f - T_i)) \quad \text{Ecuación 14}$$

Donde:

Q = energía requerida

m = masa del objeto a calentar

C<sub>e</sub> = calor específico del objeto

T<sub>f</sub> = temperatura final

T<sub>i</sub> = temperatura inicial

Energía requerida en Joule para calentar el aceite:

$$Q = ((300 \text{ kg}) \left( \frac{1 \text{ 900 Joule}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \right)) (170^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})$$

$$Q = 85 \text{ 500 000 Joules}$$

Donde:

$$1 \text{ caloría} = 4,18 \text{ Joules}$$

Entonces:

$$85\,500\,000 * \frac{1 \text{ cal}}{4,18} = 20\,454\,545,45 \text{ calorías}$$

Donde:

$$1 \text{ galón de gas LPG} = 24\,065\,596,267 \text{ calorías}^1$$

Entonces

$$20\,454\,545,45 \text{ cal} * \frac{1 \text{ galón de gas LPG}}{24\,065\,596,267 \text{ cal}} = 0,85 \text{ galones de gas LPG}$$

Energía requerida en Joule para calentar la olla de acero:

$$Q = ((5 \text{ kg}) \left(447 \frac{\text{joule}}{\text{kg}^\circ\text{C}}\right))(170^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})$$

$$Q = 335\,250 \text{ Joules}$$

Donde:

$$1 \text{ caloría} = 4,18 \text{ Joules}$$

---

<sup>1</sup> Capacidad de calentamiento. <https://es.converterin.com/economia-de-combustible/kilo-calorias-to-pulgada-libras.html>. Consulta: 20 de junio de 2015.

Entonces:

$$335\,250 * \frac{1 \text{ cal}}{4,18} = 80\,203,35 \text{ calorías}$$

Donde:

$$1 \text{ galón de gas LPG} = 24\,065\,596,267 \text{ calorías}$$

Entonces

$$80\,203,35 \text{ cal} * \frac{1 \text{ galón de gas LPG}}{24\,065\,596,267 \text{ cal}} = 0,014 \text{ galones de gas LPG}$$

Galones de gas LPG necesarios para calentar la máquina:

$$GAS_{total} = GAS_{aceite} + GAS_{acero}$$

$$GAS_{total} = 0,85 + 0,014$$

$$GAS_{total} = 0,86 \text{ Gas LPG}$$

Tabla II. **Peso de un galón LPG**

Cilindro de 100 libras	22,50 galones
Cilindro de 50 libras	11,25 galones
Cilindro de 25 libras	5,63 galones
Cilindro de 15 libras	3,38 galones

Continuación de la tabla II.

<b>Galones</b>	<b>Libras</b>
1	4
2	8
3	13
4	18
5	22
6	26,4
7	30,8
8	35,2
9	39,6
10	44
11	48,4
12	52,8
13	57,2
14	61,6
15	66
16	70,4
17	74,8
18	79,2
19	83,6
20	88

Fuente: elaboración propia.

Con esto queda demostrada la cantidad de energía que se requiere para poder calentar la freidora junto con el aceite. Hay que mencionar que estos datos son solo de una freidora y para hacer otros cálculos se deben tomar las dimensiones de las ollas y los grosores del acero y hacer el mismo procedimiento para cada una.

Además no está de más mencionar que estos cálculos se hicieron sin que se halle instalado el aislante térmico.

### **3.3. Selección del aislante térmico**

Los sistemas de aislamiento son fundamentales para disminuir pérdidas económicas en los equipos y tuberías industriales. Además, son importantes para controlar los procesos, proteger a los trabajadores, reducir emisiones, condensación, proteger frente al riesgo de congelación y reducir el ruido.

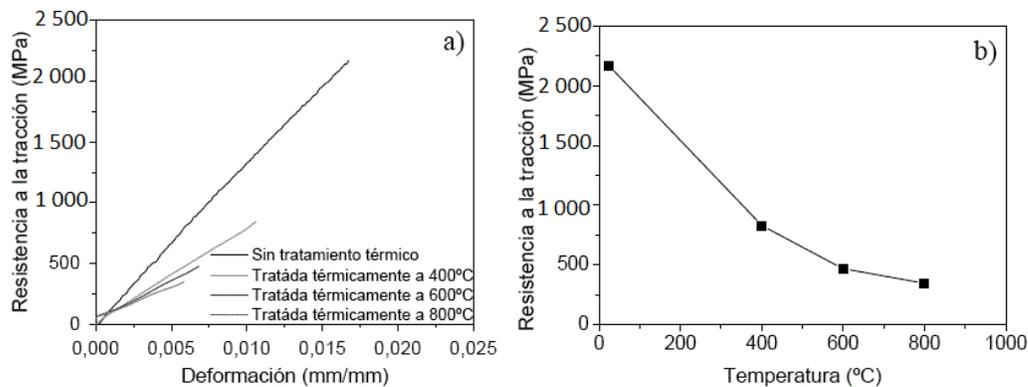
La selección del aislamiento en la industria está sujeta en muchas ocasiones a severas condiciones ambientales que pueden incluir temperaturas de servicio muy altas o bajas, exposición al clima, alteraciones físicas, exposición a químicos corrosivos, y, en caso de accidente, fuego.

Como consecuencia de todo ello, el aislamiento industrial es una cuestión importante pero también delicada. Según la experiencia, no siempre es fácil convencer a la propiedad de la importancia que tiene el aislamiento térmico.

Los materiales térmicos aislantes proporcionan ahorro energético. Cada material diferente tiene una curva conductividad-térmica respecto a la temperatura, que puede usarse en los cálculos para determinar el espesor de

aislamiento requerido para conseguir el ahorro energético previsto (ver figura 14).

Figura 14. **Resistencia a la tracción de fibras de vidrio sin tratamiento térmico y con tratamiento a temperaturas de 400, 600 y 800 °C.**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

Si bien algunos materiales tienen conductividades térmicas más bajas que otras, en el rango de temperatura de aplicación, en la mayoría de las aplicaciones hay un adecuado espaciamiento de varias pulgadas de aislamiento. Cuando no está disponible el espacio de aislamiento, entonces puede seleccionarse un material de menor conductividad térmica.

En aplicaciones con temperaturas de servicio de 260 °C, se recomienda un aislamiento de doble capa (véase figura 15). Cuando se usan materiales de aislamiento rígido a estas temperaturas, el uso de juntas de expansión de fibra mineral previene que se abran grandes huecos durante las operaciones de planta.

Figura 15. **Diseño con tapas forradas de lana mineral y fibra de vidrio**



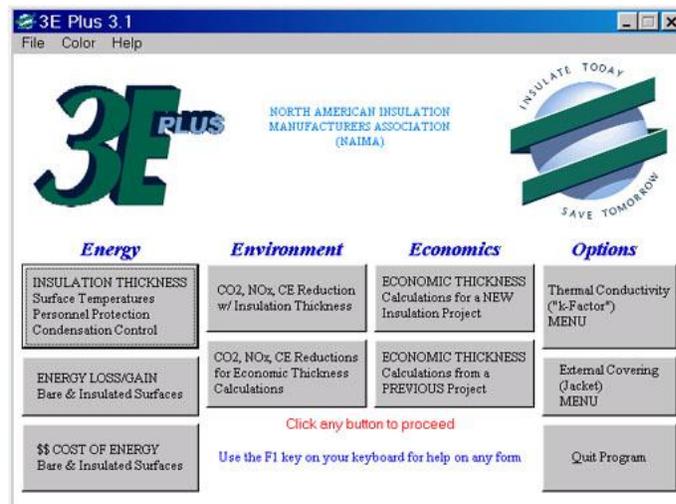
Fuente: Industria de Productos y Servicios ZAM, S. A.

- Sistemas por encima de la temperatura ambiente
- Determinación del espesor en diseño

Los requerimientos térmicos del sistema se expresan a menudo como una pérdida de calor máxima aceptable por longitud de tubería o pérdida de calor por área unitaria de un recipiente. O, puede expresarse como una temperatura superficial máxima, para la protección del personal en sistemas a temperatura por encima de la temperatura ambiente.

Un software útil gratuito interesante para realizar estos cálculos es 3E Plus, una herramienta útil para calcular el espesor de aislamiento requerido (véase figura 16).

Figura 16. Software para calcular el espesor de aislamiento requerido



Fuente: elaboración propia, con programa 3E Plus 3.1.

Un sistema de aislamiento debe diseñarse para durar un mínimo de diez años. Generalmente, se buscará una mayor resistencia a la compresión y la mayor resistencia a la flexión.

Aspectos a considerar para elegir un aislamiento térmico:

- Corrosión

La corrosión bajo el aislamiento es siempre una preocupación para todas las aplicaciones de exterior y en aplicaciones por debajo de la temperatura ambiente. La corrosión bajo el aislamiento es una consecuencia del agua, oxígeno, temperaturas entre 67 y 167 °C y tiempo. Además, la corrosión se acelera con la presencia de cloruros lixiviables. La prevención de la corrosión se consigue manteniendo seca

la superficie del aislamiento. Esto puede conseguirse manteniendo el sistema de envolvente metálico sellado, incluyendo las juntas. Si bien es simple en teoría, es un desafío en la práctica.

### **3.4. Optimización en el consumo de gas propano**

Pertenece a los gases licuados del petróleo (GLP), que se caracterizan por no tener olor, ser fácilmente licuables y resistir temperaturas extremas. Se trata de un suministro menos contaminante que el *gasoil*, más efectivo económicamente que la electricidad y solo superado por el gas natural en cuanto a precio. El precio del gas propano no siempre es el mismo, puesto que varía dependiendo del tipo de suministro y también de la empresa distribuidora.

El gas natural tiene un precio más barato que el propano, pero dependerá también de la tarifa contratada por el cliente y de los descuentos que aplique la comercializadora de gas. Los precios de estos suministros pueden variar a lo largo del año. El gas propano se utiliza ampliamente en calefacción, cocina, generación de electricidad y aplicaciones industriales. Aunque existen diferencias en cuanto a su densidad energética, tanto el gas natural como el propano arden casi a la misma temperatura, por lo que su precio y disponibilidad son las principales consideraciones para la mayoría de los consumidores. El gas propano tiene más energía calorífica por unidad que la gasolina, aunque casi siempre es más caro, lo que hace al gas natural la elección más eficiente.

#### **3.4.1. Gas propano (GLP)**

El propano es un combustible fósil también, formado a partir de la descomposición de pequeños organismos marinos y plantas a través de

millones de años. En su estado natural, el propano se entremezcla con depósitos de petróleo y gas natural en formaciones rocosas subterráneas profundas. Siendo un gas a temperaturas y presiones normales, el propano se convierte generalmente a líquido para facilitar su almacenamiento y transporte e incrementar su densidad energética. Se almacena en tanques en el sitio de utilización, en vez de transportarse desde una ubicación central, como el gas natural.

El propano es un GLP que se puede distribuir de varias maneras, dependiendo del consumo que vaya a realizar el cliente, pero también dependiendo del espacio disponible del mismo. Cada uno de estos tipos tiene unas características específicas, que se explicarán a continuación y que se debe tener en cuenta:

- El gas propano envasado es utilizado en consumos no muy elevados y que se puede encontrar de cualquiera de estas formas:
  - Cilindros de 25 lbs de propano que son recomendables para consumos domésticos.
  - Cilindros de propano de 100 libras que están pensados para consumos más elevados y para clientes con espacio para trabajo.
- El gas propano canalizado se caracteriza por conectar un depósito central de este GLP a la vivienda del cliente, utilizando un sistema de canalización, muy parecido al empleado para el gas natural.
- El gas propano a granel se utiliza en consumos elevados tanto a nivel profesional como doméstico. Se necesita instalar un depósito en el

recinto del usuario, donde la compañía distribuidora suministrará propano, a través de camiones-cisterna.

- Consumo de propano de la freidora

La cocina es uno de los aspectos que menos propano utiliza, excepto en negocios como puede ser la fabricación de frituras, donde sí se realiza un consumo más elevado. Este consumo dependerá de los siguientes factores:

- El tipo de freidora que se tenga instalada.
- Tipo de quemadores que utilice.
- Dependerá de los aparatos que utilicen gas propano.
- Los consumidores deben saber que un 1 kg de propano son 13,835 kilovatios hora (kWh).

El consumo de propano de la freidora dependerá de todos estos factores, pero se puede estimar un consumo aproximado, dependiendo del uso que se realice del mismo. Esta valoración se basará en el costo de gas propano y de las variaciones en mercado internacional.

Se tiene que tener en cuenta que el consumo que vaya a realizar, el espacio que tenga disponible y decidir cuál de estas opciones es la más recomendable para ser aplicada.

La siguiente tabla refleja el ahorro energético en el consumo de gas propano como también se muestra la imagen de donde es adquirida figura 17.

Tabla III. **Ahorro energético en el consumo de gas propano**

<b>CONSUMO DE GAS</b>	<b>FREIDORA SIN AISLANTE TÉRMICO</b>	<b>FREIDORA CON AISLANTE TÉRMICO</b>	<b>CONSUMO EN GALONES POR MES</b>	<b>CONSUMO EN GALONES POR DÍA</b>
Marzo de 2010	funcionando	Sin instalar	2 000 galones	90 galones
Septiembre de 2010	funcionando	Sin instalar	2 000 galones	90 galones
Marzo de 2014		Instalada	1 850	61,66 galones
Mayo de 2014		Instalada	1 850	61,66 galones

Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Tanque de gas propano que alimenta las freidoras**



Fuente: Industria de Productos y Servicios ZAM, S. A.

- Eficiencia térmica

El gas natural y el propano tienen temperaturas de inflamación casi idénticas, ardiendo aproximadamente a 3,560 °F (1,960 °C). Aunque requieren diferentes tamaños de tubería y quemadores, al final ambos producen la misma cantidad de calor, aunque con diferentes densidades. Un solo pie cúbico (0,028 m<sup>3</sup>) de gas natural produce 1,012 BTU de energía (255,024 kcal), mientras que un pie cúbico de propano produce cerca de 2,5 veces esa cantidad, 2,520 BTU (635,040 kcal). Se utilizan tubos y conexiones más grandes en las instalaciones de gas natural para compensar su menor densidad energética.

- Rentabilidad

Aunque el gas natural tiene menos de la mitad del contenido energético del propano, esta diferencia es irrelevante para el usuario final. El gas natural se vende generalmente en termias, cantidad de gas necesaria para producir 100,000 BTU de energía (25,200 kcal), mientras que el propano se vende en galones, cada uno de los cuales produce 91,660 BTU de energía (23,098 320 kcal). Las termias de gas natural son casi siempre más baratas que los galones de propano, lo que indica que el gas natural suministra la misma cantidad de energía a un menor precio, haciéndolo la opción más rentable.

### **3.5. Criterios para la reubicación de máquinas destinadas al proceso**

La planta de producción de ZAM. S. A. cuenta con las siguientes máquinas para el desarrollo de la producción de los diferentes productos que distribuye en el mercado (véase figura 18).

Figura 18. **Freidora en proceso**



Fuente: ZAM. S. A.

Las freidoras modernas cuentan con una cesta para extraer los alimentos del aceite y escurrirlos. También pueden incluir cronómetros con alarma audible, mecanismos automáticos para elevar y sumergir la cesta en el aceite, dispositivo para evitar que los restos de harina y rebozado se quemen en el fondo de la freidora, sistemas de ventilación para mitigar el olor, filtros de aceites para ampliar su vida útil y controles de temperatura mecánicos o electrónicos.

En el proceso de producción de Industria ZAM, S.A. se utilizan cuatro tipos de máquinas las cuales son: máquina amasadora; tiene como objetivo darle forma a la masa, se le introduce agua y harina, luego la misma realiza sus movimientos para formar la masa que se utilizará en el proceso de producción, la máquina es utilizada al iniciar los procedimientos en la planta, pues es la que se encarga de hacer la masa para luego transformarla en los productos requeridos.

Máquina tortillera, encargada de hacer los cortes a la masa, dependiendo del tipo de producto que se requiera, así será el tipo de molde que se le introduzca a la máquina para que la misma realice los procedimientos respectivos. Después que esta máquina realice los cortes, el producto pasa por un proceso de precocido, la máquina cuenta con tres comales para darle forma a los productos, en donde las partes son ingresadas un poco tiempo y luego son trasladadas al siguiente proceso.

Máquina freidora, esta máquina es la encargada de darle el cocimiento necesario a los productos, la misma requiere de aceite de oleína y gas propano para su funcionamiento, depende siempre de un operario, pues se necesita verificar constantemente el cocimiento de los productos.

Máquina selladora, es utilizada para sellar la envoltura que se le coloca al producto terminado, el producto posteriormente es trasladado a su lugar de producto terminado. Esta máquina cuenta con dos laminas que son calentados a base de corriente eléctrica, que al juntarlos provocan una temperatura ideal para sellar la bolsa del producto terminado.

- Construcción

Las freidoras modernas han mejorado la eficiencia energética gracias a la mejora de los sistemas de transferencia de calor. Los modelos comerciales con sistemas infrarrojos o de convección son eficientes pero caros, por lo que son más comunes las freidoras eléctricas o a gas.

Los modelos eléctricos son populares en el mercado doméstico por su movilidad. Pierden menos calor que las de gas porque los elementos térmicos están sumergidos en el aceite, y tiene un tiempo de

recuperación de la temperatura menor entre ciclos de fritura. Los modelos de gas se calientan más rápidamente y alcanzan mayores temperaturas de trabajo, pudiendo ser alimentados con gas natural o propano, fuentes energéticas generalmente más baratas que la electricidad, lo que hace a estas freidoras más populares en entornos industriales. Las freidoras profesionales suelen fabricarse en acero dulce o inoxidable, siendo este último más resistente a la corrosión y las manchas. Además, el acero dulce también se dilata más con el calor, lo que puede dañar el aparato con el tiempo.

Existen freidoras con una gran variedad de cubetas. Algunos modelos cuentan con una «zona fría» en el fondo de la cubeta, donde se depositan los trozos que se desprenden de los alimentos, evitándose así que se carbonicen y ensucien el aceite. Las freidoras con calentadores tubulares tienen una gran zona fría porque los tubos están un poco elevados del fondo de la cubeta, dejando un generoso espacio de aceite más frío. Esto resulta particularmente útil al freír elementos muy empanados o rebozados.

Las freidoras con calentadores tubulares son más difíciles de limpiar que las abiertas, pero permiten un mejor acceso a la fuente de calor y suelen ser menos caras. Los modelos de cubeta abierta tienen una fuente de calor externa, que hace que su limpieza sea más cómoda y da un mejor acceso al aceite, pero suelen disponer de una zona fría menor, por lo que las partículas que se desprenden pueden quemarse y ensuciar el aceite.

Sin embargo, estas freidoras funcionan muy bien para los alimentos poco empanados. Las freidoras de fondo plano, una variante de las de cubeta

abierta, también pueden ser difíciles de limpiar y carecen de zona fría, pero son muy efectivas para freír masa.

- **Control de temperatura**

Muchos modelos de freidoras modernas incluyen controles de temperatura electrónicos (véase figura 19), que permiten ahorrar energía al monitorizar y ajustar constantemente la temperatura del aceite. Un termostato de alta calidad puede mantener la temperatura en un rango de 200 °C, asegurando tiempos de fritura precisos. Los termostatos de seguridad que cortan la alimentación automáticamente si el aceite alcanza temperaturas peligrosas ayudan a prevenir incendios.

Figura 19. **Control de temperatura de freidora**



Fuente: Industria de Productos y Servicios ZAM, S. A.

- **Filtrado del aceite**

Un sistema de filtrado de aceite (véase figura 20), tratamiento químico o polvo de tierra de diatomeas ayuda a eliminar las pequeñas partículas de comida que no siempre son visibles. El uso de estos sistemas duplica la vida del aceite. Los sistemas de filtrado pueden a verse integrados en la

freidora, para evitar realizar manualmente el proceso relativamente peligroso de filtrar el aceite en un sistema externo.

Figura 20. **Aceite en proceso de fritura**



Fuente: Industria de Productos y Servicios ZAM, S. A.

Muchos restaurantes usan un sistema de filtrado portátil o un *shortening shuttle* para transportar el aceite desechado a una zona de vertido. Sin embargo, ni siquiera el aceite viejo es completamente inútil. Hay métodos (químicos y mecánicos) para «reciclar» el aceite usado como biodiésel apto para vehículos diésel. El aceite utilizado (véase figura 21) aglomera residuos de harina de maíz fritos y se degrada conforme el uso.

Figura 21. **Aceite sin filtrar después del proceso**



Fuente: Industria de Productos y Servicios ZAM, S. A.

Después del proceso de fritura de la tortilla se puede efectuar un proceso de filtrado con un equipo moderno (véase figura 22), que recircula el aceite por medio de un sistema de bombeo y lo filtra en la cubeta de aceite de la freidora, este equipo posee un filtro interno que atrapa todas las partículas y deja el aceite limpio listo para volver a usarlo.

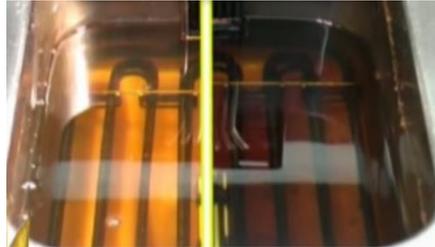
Figura 22. **Equipo de filtrado de aceite**



Fuente: *Equipo de filtrado de aceite*. <https://www.igus.com.mx>. Consulta: 20 de mayo de 2015.

Se puede apreciar la diferencia del aceite que ha sido filtrado y el que no, por el color el aceite filtrado es más claro que el no filtrado (véase en la figura 23).

Figura 23. **Aceite filtrado y no filtrado**



Fuente: Industria de Productos y Servicios ZAM, S. A.

### **3.6. Mejoras en el tiempo de fabricación**

El proceso empieza en el área de bodega, los operarios trasladan a temprana hora la harina y el agua para el área de amasado, en donde la materia prima es introducida a la máquina de amasado para su respectivo procedimiento. Luego son sacadas cantidades de masa, iguales en tamaño, que posteriormente son ingresadas a la máquina tortillera, aquí el producto es transformado según se requiera, ya sean tacos, tortillas, nachos, entre otros. La misma máquina tortillera tiene tres hornos en donde son sometidos los diseños para precocer el producto y dándole así su inicio de forma final.

Posteriormente el producto es trasladado y colocado en parrillas, para así quedar listos para su ingreso a la máquina freidora, el producto es introducido a la máquina encargada de freír, los operarios inspeccionan constantemente el producto hasta que el mismo cumpla con los requerimientos establecidos por la industria, una vez el producto llegue al punto establecido, es sacado de la máquina freidora y colocado en el área de escurrido, allí el aceite se escurre del producto para darle una mejor calidad.

Después que el producto halla escurrido el aceite y tenga una temperatura en que se pueda procesar, es trasladado al área de sellado, en donde volúmenes iguales de producto son ingresados en bolsas y luego llevados a la máquina selladora, la cual sella la bolsa del producto, quedando así el producto ya terminado.

Los tiempos que ocupan estas operaciones no son idénticos y difieren considerablemente según el producto a cocer y la naturaleza del proceso. La cocción se realiza según una curva de temperatura que debe estar adaptada al producto, es decir, que las variaciones de temperatura con el tiempo puedan ser soportadas sin que aparezcan daños.

Para obtener mejores tiempos de fabricación se propone que la canasta freidora sea doble (véase figura 24), para que durante el tiempo en el cual se descarga la primera canasta se coloque la otra canasta a freír, esto aumenta la velocidad de producción. Otra forma de mejora en los tiempos es ubicar un dispensador alimentador de la tortilla de tal forma que no se haga manual si no automático.

Figura 24. **Canasta para freír tortillas**



Fuente: Industria de Productos y Servicios ZAM, S. A.

## 4. ESTUDIO DE INVERSIÓN ECONÓMICA

### 4.1. Análisis de costos por inversión

La propuesta es la utilización de aislante térmico instalado en la freidora para mejorar la eficiencia energética en la producción de las tortillas fritas.

Tabla IV. Precio del aislante térmico

Material	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Conductividad térmica, k (Btu pulgada/pie <sup>2</sup> h °F)	Rango de temperatura (°C)	Precio por m <sup>2</sup> en Quetzales	Total a utilizar en m <sup>2</sup>	Total Q
Fibra de vidrio	16	0,318	-84 a 538	55	30	1 650
Lana mineral	96	0,59	50 a-650	86	30	2 580
<b>Total Q</b>						<b>4 230</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. Precio de la mano de obra

Empresa	Total de freidoras	Precio unitario en m <sup>2</sup>	Total de metros cuadrados a trabajar	Total en Q
SIDASA, S. A.	8	Q 65,00	50	3 250
COOL DEPOT	8	Q 70,00	50	3 500
<b>TOTAL Q</b>				<b>6 750</b>

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en las tablas III y IV la inversión al final no es exagerada y para comprobar la funcionalidad del aislante se procede a utilizar la misma ecuación del inciso 3.2.1.

$$Q = (m * Ce (Tf - Ti))$$

Donde:

Q = energía requerida

m = masa del objeto a calentar

Ce = calor específico del objeto

Tf = temperatura final

Ti = temperatura inicial

Joules para calentar el aceite:

$$Q = ((300 \text{ kg}) \left(1900 \frac{\text{joule}}{\text{kg}^\circ\text{C}}\right)) (170^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C})$$

$$Q = 79\,800\,000 \text{ Joules}$$

Donde:

$$1 \text{ caloría} = 4,18 \text{ Joules}$$

Entonces:

$$79\,800\,000 * \frac{1 \text{ cal}}{4,18} = 19\,090\,909,09 \text{ calorías}$$

Donde:

$$1 \text{ galón de gas LPG} = 24\,065\,596,267 \text{ calorías}^2$$

Entonces

$$19\,090\,909,09 \text{ cal} * \frac{1 \text{ galón de gas LPG}}{24\,065\,596,267 \text{ cal}} = 0,79 \text{ galones de gas LPG}$$

Energía requerida en Joule para calentar la olla de acero:

$$Q = ((5 \text{ kg}) \left(447 \frac{\text{joule}}{\text{kg}^\circ\text{C}}\right)) (170^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C})$$

$$Q = 312\,900 \text{ Joules}$$

Donde:

$$1 \text{ caloría} = 4,18 \text{ Joules}$$

Entonces:

$$312\,900 * \frac{1 \text{ cal}}{4,18} = 74\,856,46 \text{ calorías}$$

Donde:

$$1 \text{ galón de gas LPG} = 24\,065\,596,267 \text{ calorías}$$

---

<sup>2</sup> *Joule para calentar el aceite.* <https://es.converterin.com/economia-de-combustible/kilo-calorias-to-pulgada-libras.html>. Consulta: 20 de junio de 2015.

Entonces

$$74\,856,46 \text{ cal} * \frac{1 \text{ galón de gas LPG}}{24\,065\,596,267 \text{ cal}} = 0,003 \text{ galones de gas LPG}$$

Galones de gas LPG necesarios para calentar la máquina:

$$\text{GAS total} = \text{GAS aceite} + \text{GAS acero}$$

$$\text{GAS total} = 0,79 + 0,003$$

$$\text{GAS total} = 0,793 \text{ Gas LPG}$$

Como se pueden notar en los resultados la energía a utilizar ha disminuido debido a que el aislante guarda un 10 por ciento más de calor y eso ayuda a que el consumo de gas reduzca considerablemente si se toma en cuenta una maquina trabajando 8 horas diurnas por 6 días a la semana.

Donde:

Tiempo de ebullición = 14 minutos

Ahorro por minuto = 0,067 de gas LPG

Tiempo de trabajo en un día = 480 minutos

Freidora sin aislante = 0,86 de gas LPG (para calentarla)

Freidora con aislante = 0,793 de gas LPG (para calentarla)

$$\begin{aligned} \text{Diferencia de gas LPG utilizado} &= 0,86 - 0,793 \\ &= 0,067 \text{ de gas LPG} \end{aligned}$$

Ahorro = (tiempo de trabajo por semana – menos tiempo de ebullición) X ahorro  
por minuto

$$\text{Ahorro} = (2\,880 \text{ min} - 84 \text{ min de ebullición}) \times (0,067 \text{ de gas LPG})$$

$$\text{Ahorro} = 187,332 \text{ de gas LPG por semana}$$

La máquina freidora con aislante térmico incorporado (véase figura 25).

Figura 25. **Freidora con aislante térmico incorporado**



Fuente: *Freidora con aislante térmico incorporado*. Google.com. Consulta: 20 de mayo de 2015.

Es una alternativa muy costosa que se puede tener como una opción para compras futuras. Se puede implementar y así evitar una mala inversión en la aplicación de un aislante térmico en una máquina ya instalada, las características que detallan a continuación lo confirman.

- Compuesta por doble cinta, una inferior para el transporte del producto y otra superior regulable para forzar su inmersión.
- Basculación de tapa y cintas.
- Va incorporada una bomba para el filtrado en continuo y transvase del aceite.
- PLC con pantalla táctil para la programación de temperatura del aceite, velocidad de las cintas en función del tiempo de fritura, presión del circuito de filtrado en continuo de la bomba, basculación de tapa y cintas y transvase del aceite.
- Recubiertas totalmente con aislamiento térmico, para evitar las pérdidas de calor y conseguir el máximo rendimiento de la máquina.

- Sistema de calefacción por medio de resistencias eléctricas, gas o *gasoil*.  
Construida totalmente acero inoxidable.

#### 4.2. Proyección de utilidad

Para encontrar la proyección de utilidad se va a utilizar el modelo de CVU o el análisis costo- volumen- utilidad, este análisis proporciona una visión en función de las finanzas.

Hay que tomar en cuenta que el costo total está influenciado por los cambios en el volumen, la relación costo-volumen-utilidad se utiliza para poder tomar decisiones, esta relación que hay entre los tres elementos permite realizar selecciones entre distintas alternativas, en el caso de la utilización de aislante térmico versus la compra de una máquina que ya tiene incorporado el sistema de aislante térmico hay que tomar una decisión de la productividad, el rendimiento y la ganancia.

$$\text{Utilidad total} = \text{ingreso total} - \text{costo total}$$

$$Ut = It - Ct$$

Ecuación 15

Donde:

It = ventas

Ct = gastos

#### 4.2.1. Tiempo de implementación

Puede llevar un tiempo el cual depende el factor presupuesto. Si el presupuesto es aprobado se tomará en cuenta el proceso de compra y la existencia en plaza del material aislante que se autorice.

Otro factor importante es el tiempo de parada de la freidora y lo que conlleva este tiempo es no generar producción durante la implementación del sistema. Lo recomendable sería que sean trabajadas en horas no laborales para que la empresa no pierda ingreso, entregas y clientes, entre otros.

En la siguiente tabla se detallan los tiempos de implementación del sistema en la freidora.

Tabla VI. **Procesos y tiempos de implementación**

<b>procesos</b>	<b>Tiempo</b>
Compra de materiales	2 días
Desmontar el equipo	12 días
Instalar el aislante	8 días
Montaje del equipo	2 días
<b>Total</b>	<b>24 días</b>

Fuente: elaboración propia.



## CONCLUSIONES

1. La utilización de aislantes térmicos es de vital importancia en el renglón del ahorro energético, específicamente en el consumo de gas propano, las aplicaciones de aislantes térmicos en las freidoras de tortillas ayudan a que el consumo de gas o de otra fuente de energía utilizada para el proceso sea menor, debido a que el calor generado por los quemadores se conserva más tiempo y el flujo de combustible se reduce significativamente, esta reducción genera un ahorro energético traducido en ganancia para la empresa.
2. El proceso de filtrado de aceite también produce un ahorro en la elaboración de la tortilla frita, ya que esto reduce los tiempos de reemplazo por un aceite nuevo y prolonga la vida útil del mismo, conservando el calor por un período más prolongado.
3. Con el presente proyecto presentado a Industria ZAM S. A. también se pretende una mejor calidad del producto terminado con el proceso del filtrado de aceite, porque conserva durante más tiempo sus propiedades y su tiempo de vida útil, ya que el tiempo del fuego hacia el freidor será en menor tiempo durante el proceso de fritura.



## RECOMENDACIONES

1. Implementar el proyecto en las freidoras con poco tiempo de uso ya que esto indicará que el ahorro será mucho mayor, debido a que las máquinas tienen poco desgaste de las piezas que las componen.
2. Utilizar aceite de tipo industrial el cual ya se demostró en la tabla I es el que más rápido hierve y eso ayudará a que el tiempo de cocción de los productos se reduzca y la materia procesada aumente.
3. Trabajar con los aislantes térmicos indicados en este trabajo de graduación, porque el costo es mínimo y la resistencia como lo demuestra la gráfica en la figura 14, es muy aceptable en las altas temperaturas.



## BIBLIOGRAFÍA

1. *Fundación gas natural Fenosa.* [en línea] <<http://www.fundaciongasnaturalfenosa.org/>> [Consulta: 15 de junio de 2015].
2. *Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.* [en línea] <[comunicacion@idaes.es](mailto:comunicacion@idaes.es) [www.idaes.es](http://www.idaes.es)> 2007 [Consulta: 20 de mayo de 2015].
3. RAMÍREZ SALAZAR Ezequiel César. *Mejora de normas de la seguridad industrial a través de indicadores hazard en fábrica de producción y distribución de productos derivados de harina de maíz, industrias Zam, S.A.* Trabajo de graduación de Ing. Mecánico Industrial. Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2013. 94 p.
4. *Southern California Gas Company es una filial de Sempra Energy.* [en línea]. <<http://www.socalgas.com/espanol/>>. [Consulta: 20 de junio de 2015].

