

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
SEDE – LATACUNGA**



CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA PARA EL CONTROL Y
SUPERVISIÓN DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE ACEITE
PALMISTE**

REALIZADA POR

ALEX FABIÁN ESTRELLA QUISPE

Tesis presentada como requisito parcial para la obtención del grado de:

INGENIERO ELECTROMECAÁNICO

2007

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. Alex Fabián Estrella Quispe bajo nuestra dirección.

Fecha

**Ing. Marco Singaña
(DIRECTOR)**

**Ing. Eddie Galarza.MSc
(CODIRECTOR)**

DEDICATORIA

El presente proyecto esta dedicado a mis padres que con su ejemplo y apoyo incondicional me permitieron completar con éxito esta etapa de preparación y realización profesional, quienes guiaron con sabios consejos mis decisiones en los momentos más cruciales y difíciles de mi vida. A mis hermanos, familiares y amigos por que con este ejemplo de superación personal les animo a superar barreras y dificultades para que alcancen su propia realización personal, un saludo muy especial a los jóvenes de espíritu insaciable de conocimiento de mi facultad, rebeldes al conformismo y la mediocridad, además les motivo aplicar sus destrezas y habilidades en soluciones técnicas reales que permitan mejorar su nivel de vida, el de sus familias y por ende también de nuestro Ecuador.

“El conocimiento no es de quien lo tiene sino del que lo aplica”

Alex Fabián Estrella Quispe

AGRADECIMIENTO

A Dios por la vida, sabiduría y paciencia que me otorgó, a mis padres por inculcar desde temprana edad valores y principios que me permitirán superar dificultades durante toda mi vida, a mis familiares por que siempre estuvieron al pendiente de mi situación durante toda mi carrera, a mis maestros por darme las herramientas y el conocimiento necesario para desarrollarme día a día como un mejor profesional, a los directivos de A.E.X.A.V. por la oportunidad y facilidades que me brindaron en la ejecución del proyecto, a mis camaradas de la facultad de Electromecánica y amigos que mediante su amistad, comprensión y apoyo me permitieron ser uno más de esta hermosa tierra Latacungueña, a mi linda gente de Santo Domingo que confiaron en mi desde un principio y que jamás me dejaron de apoyar , les digo de todo corazón muchas gracias y “MISIÓN CUMPLIDA”.

EL ALMA DE UN ELECTROMECAÁNICO

**ES ALGO QUE LA ESPADA NO PUEDE HERIR,
QUE EL FUEGO NO PUEDE QUEMAR,
QUE EL AGUA NO PUEDE MACERAR,
QUE EL VIENTO NO PUEDE SECAR,
PEOR AÚN EL MIEDO LA PUEDE SOMETER.**

Ing.Walter Ayo

Primer Brigadier de Electromecánica

Alex Fabián Estrella Quispe

ÍNDICE

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	1
IMPORTANCIA DEL PROYECTO.....	3
LA PALMA AFRICANA Y SUS BONDADES.....	4
a) Mesocarpio.....	6
b) Endosperma.....	6
c) Raquis.....	7
DESARROLLO DE LA AGROINDUSTRIA DEL ACEITE DE PALMISTE.....	7
PROPIEDADES FÍSICAS	9
EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE.....	10
LA MATERIA PRIMA.....	10
a) Porcentaje de Almendras partidas.....	11
b) Porcentaje de Impurezas.....	11
c) CAN (Cantidad de almendra en nuez).....	11
d) Humedad	12
LA ROMPEDORA DE NUEZ Y EL PENSADO DE ALMENDRA.....	12
<i>RECUPERACIÓN DE ALMENDRA FASE SECA.....</i>	<i>13</i>
<i>RECUPERACIÓN DE ALMENDRA FASE HÚMEDA.....</i>	<i>16</i>
<i>PENSADO DE ALMENDRA.....</i>	<i>17</i>
LA DIRECCIÓN DE PLANTA.....	17
CONTROL DE CALIDAD DEL ACEITE Y TORTA DE PALMISTE.....	19
CONTROL EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO.....	20

CAPÍTULO II REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1	SENSORES Y TRANSDUCTORES DE NIVEL Y TEMPERATURA.....	22
2.1.1	MEDICIÓN Y CONTROL DE NIVEL.....	22
2.1.1.1	TRANSDUCTORES DE NIVEL.....	24
2.1.2	MEDICIÓN Y CONTROL DE TEMPERATURA.....	27
2.1.2.1	TRANSDUCTORES DE TEMPERATURA.....	28
2.1.2.2	TRANSDUCTORES DE TEMPERATURA BASADOS EN DILATACIÓN.....	28
2.1.2.3	TRANSDUCTORES QUE CAMBIAN SU RESISTENCIA.....	28
2.1.2.4	TRANSDUCTORES GENERADORES DE VOLTAJE O TERMOPARES.....	30
2.1.2.5	TRANSDUCTORES DE TEMPERATURA POR RADIACIÓN.....	31
2.2	MICROCONTROLADORES.....	31
2.2.1	ELEMENTOS DEL MICROCONTROLADOR.....	32
2.2.2	MEMORIA DE PROGRAMA Y MEMORIA DE DATOS.....	34
2.2.3	PRINCIPALES FAMILIAS DE MICROCONTROLADORES.....	34
2.2.4	MICROCONTROLADORES PIC.....	35
2.3	SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR PIC.....	37
2.3.1	PROGRAMACIÓN CON EDITOR MICROCODE STUDIO.....	38
2.4	INTERFACES DE COMUNICACIÓN.....	40
2.4.1	PUERTO SERIE.....	41
2.4.2	CABLES DE COMUNICACIONES.....	44
2.5	SOFTWARE DE INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL.....	45
2.5.1	DISPOSITIVOS DE ADQUISICIÓN DE DATOS.....	46
2.5.2	SEÑALES ANÁLOGAS.....	47
2.5.3	SOFTWARE DE INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL.....	47
2.5.4	COMUNICACIÓN SERIAL MEDIANTE LABVIEW.....	49

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL HARDWARE Y SOFTWARE DEL SISTEMA DE CONTROL

3.1- SELECCIÓN DE SENSORES DE TEMPERATURA Y NIVEL.....	51
3.1.1 SELECCIÓN DEL SENSOR DE NIVEL.....	53
3.1.2 SELECCIÓN DEL SENSOR DE TEMPERAURA.....	54
3.2- SELECCIÓN DEL PIC ADECUADO PARA LA APLICACIÓN.....	56
3.2.1 REQUERIMIENTOS OPERATIVOS.....	57
3.2.2 RESPUESTA A EVENTOS Y FALLAS DEL SISTEMA.....	58
3.2.3 CARACTERÍSTICAS DEL MICROCONTROLADOR	61
3.2.4 DISTRIBUCIÓN DE PINES PIC 16F877A.....	63
3.3- DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS CON MICROCONTROLADOR PIC16F877A.....	66
3.3.1 EL MOTOR A PASOS	68
3.3.2 DISEÑO DE LAS TARJETAS CONTROL.....	69
3.3.3 DISEÑO DE LA TARJETA DE POTENCIA Y PERIFÉRICOS.....	70
3.3.4 CIRCUITO DE CONTROL Y POTENCIA PARA BOMBAS.....	71
3.4- DISEÑO DEL SOFTWARE DE CONTROL CON MICROCONTROLADOR PIC 16F877A.....	71
3.5- CONSTRUCCIÓN DE LA INTERFASE DE COMUNICACIÓN SERIAL.....	74
3.6- ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES DE CONTROL	74
3.6.1 SEÑAL DE TEMPERATURA.....	74
3.6.2 SEÑAL DE NIVEL.....	76

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE DEL SISTEMA DE CONTROL

4.1- DISEÑO DEL SOFTWARE DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN MEDIANTE LABVIEW	78
4.2- PANTALLA DE PRESENTACIÓN Y SUPERVISIÓN	79
4.3- PANTALLA DE TEMPERATURA.....	80

4.4- PANTALLA DE DESPACHO.....	81
4.5- PANTALLA DE REGISTRO.....	83
4.6- PRUEBAS DE SOFTWARE.....	84

CAPÍTULO V

MONTAJE E IMPLEMENTACIÓN

5.1- ANÁLISIS DE COSTOS.....	87
5.2- INSTALACIÓN DE BYPASS EN TUBERÍA DE VAPOR PARA CONTROL AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA.....	89
5.3- INSTALACIÓN DE BYPASS EN TUBERÍA DE ACEITE PARA CONTROL AUTOMÁTICO DE DESPACHO.....	90
5.4- DISEÑO E INSTALACIÓN DEL CIRCUITO ELÉCTRICO DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA BOMBAS DE ACEITE.....	90
5.5- MONTAJE DE SENSORES Y CABLEADO DE INSTRUMENTACIÓN.....	91

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1- CONCLUSIONES.....	93
6.2- RECOMENDACIONES.....	94

BIBLIOGRAFÍA

LISTADO DE TABLAS

CAPÍTULO II

Pág.

Tabla 2.1 Características de las sondas de resistencia.....	29
Tabla 2.2 Microcontroladores de la familia PIC16F8XX de Microchip.....	35
Tabla 2.3 Datos técnicos de microcontroladores PIC 16F877A (Gama Media).....	37

CAPÍTULO III

Tabla 3.1 Detalle de características técnicas del sensor Ultrasónico UC6000.....	54
Tabla 3.2 Selección del sensor de temperatura.....	55
Tabla 3.3 Voltajes de salida acondicionada para RTD Pt-100.....	75

CAPÍTULO IV

Tabla 4.1 Calibración de medidas de temperatura y tonelaje de aceite.....	84
Tabla 4.2 Calibración de medidas en despacho de aceite.....	85

CAPÍTULO V

Tabla 5.1 Listado de materiales utilizados en la elaboración del proyecto.....	88
--	----

LISTADO DE FIGURAS

CAPÍTULO I

	Pág.
Figura 1.1 Planta de Palma Africana	5
Figura 1.2 Fruto de Palma Africana.....	5
Figura 1.3 Mesocarpio del fruto de palma africana.....	6
Figura 1.4 Endosperma o nuez	6
Figura 1.5 Raquis.....	7
Figura 1.6 Planta Extractora de Aceite de Palmiste.....	8
Figura 1.7 Almendras partidas, enteras e impurezas	10
Figura 1.8 Análisis electrónico de humedad.....	12
Figura 1.9 Nuez almacenada.....	12
Figura 1.10 Tambor Pulidor.....	13
Figura 1.11 Trituradoras Ripell 1000.....	14
Figura 1.12 Ciclones Neumáticos.....	14
Figura 1.13 Silos de secado de almendra.....	15
Figura 1.14 Hidrociclón.....	16
Figura 1.15 Prensa Expeller.....	17
Figura 1.16 Tamiz	18
Figura 1.17 Filtro prensa.....	18
Figura 1.18 Aceite y Torta de Palmiste.....	19
Figura 1.19 Equipo Soxlet.....	20
Figura 1.20 Tanques de Almacenamiento.....	20

CAPÍTULO II

Figura 2.1 Elementos de un transductor.....	25
Figura 2.2 Sensor Ultrasónico.....	26
Figura 2.3 Puente de Wheatstone.....	30
Figura 2.4 Diagrama de bloques de las partes principales del Microcontrolador.....	33
Figura 2.5 Pantalla de inicio MicroCode Studio.....	39
Figura 2.6 Pantalla de Software IC-PROG 105D.....	40
Figura 2.7 Conector de puerto serial DB-9	41

Figura 2.8 Transmisión serial del dato 127 binario.....	42
Figura 2.9 Circuito de adquisición de datos serial con el integrado MAX-232.....	44
Figura 2.10 Pantalla Frontal y Pantalla Diagrama de Bloques de LabVIEW.....	48
Figura 2.11 Icono de configuración para puerto serial.....	49
Figura 2.12 Iconos de funciones que controlan el puerto Serial.....	50

CAPÍTULO III

Figura 3.1 Curva de resistencia en función de temperatura Pt100.....	56
Figura 3.2 Distribución de pines PIC16F87A.....	62
Figura 3.3 Boya metálica con sensor de nivel.....	67
Figura 3.4 Sensor Ultrasónico.....	67
Figura 3.5 Partes constitutivas de un motor de pasos.....	68
Figura 3.6 Motor PAP acoplado a Válvula tipo compuerta	69
Figura 3.7 Tarjeta de control.....	69
Figura 3.8 Tarjeta de potencia del motor a pasos.....	71
Figura 3.9 Programa realizado en MicroCode Studio.....	72
Figura 3.10 Diagrama de flujo de los submenús del LCD en tablero de control.....	73
Figura 3.11 Tarjeta de acondicionamiento de señal.....	76
Figura 3.12 Pantalla de Calibración sensor Ultrasónico UC-6000.....	77

CAPÍTULO IV

Figura 4.1 Pantallas de Control.....	78
Figura 4.2 Pantalla de Presentación.....	79
Figura 4.3 Pantalla de Supervisión.....	80
Figura 4.4 Clave para acceso a pantalla de Temperatura.....	81
Figura 4.5 Pantalla de Temperatura.....	81
Figura 4.6 Clave para acceso a pantalla de Despacho.....	82
Figura 4.7 Pantalla de Despacho.....	82
Figura 4.8 Mensaje de clave incorrecta.....	83
Figura 4.9 Pantalla de Registro.....	83

CAPÍTULO V

Figura 5.1 Tablero de control local.....	87
Figura 5.2 Tubería de vapor tanque TKP.....	89
Figura 3.1 Instalación de cableados en canaletas verticales.....	92
Figura 3.2 RTD Pt 100 instalada en boya de nivel.....	92

LISTADO DE ANEXOS

ANEXO A.....EFECTO DE TEMPERATURA EN DENSIDAD Y CUBICACIÓN TANQUE DE ACEITE PALMISTE A 50°C	
ANEXO B.....DATOS TÉCNICOS SENSOR ULTRASÓNICO	
ANEXO C..... TABLAS PT 100	
ANEXO D.....CIRCUITO DE CONTROL ELECTRÓNICO	
ANEXO E.....ACONDICIONADOR DE SEÑAL DE TEMPERATURA	
ANEXO F.....CIRCUITO DE FUERZA DE BOMBAS DE ACEITE	
ANEXO G.....COMANDOS MICROCODE ESTUDIO	
ANEXO H.....DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE EQUIPOS	
ANEXO I..... DISEÑO DE TUBERÍA DE VAPOR	

Figura 3.3

RESUMEN

El proyecto implementado, consiste en adquirir los datos de tonelaje y temperatura del aceite de palmiste almacenado, los cuales son presentados en el computador considerando el efecto de la temperatura en la densidad para su registro y control diario realizado por la Dirección Planta. En él se controla automáticamente la temperatura del aceite almacenado para conservar sus características óptimas de calidad, además se supervisa el rendimiento diario de la planta y los procesos productivos mediante la medición del aceite producido. Se crea automáticamente un registro computacional diario de producción para fiscalizar la producción y venta de aceite, se puede realizar el despacho controlado del aceite desde el computador en cualquier valor previamente determinado con una margen de error aceptable.

Este proyecto se realizó en base a experiencias personales obtenidas mientras me desempeñe como Director de Planta en la empresa AEXAV. Para la ejecución del mismo previamente se realizó un estudio de la situación del sistema eléctrico de la planta, determinándose la falta de una tierra idónea para equipos eléctricos, debido a que no existe una malla de tierra en la base estructural de la planta, la única tierra disponible viene desde la cámara de transformación. Para las corridas de cables se utilizó las canaletas existentes buscando siempre la ruta de menor distancia disponible para las acometidas, las tarjetas electrónicas se las realizó en placas perforadas para que sean versátiles de modificación y verificación, ciertos materiales de la empresa fueron utilizados en el proyecto con la autorización de la Dirección de Planta. Por razón de costos se realizó el diseño eléctrico de control a 220 VAC para contactores y 5VDC para el diseño electrónico de control, en la operación del sistema se tiene interferencias debido al ruido eléctrico y armónicos, sin embargo se redujo su efecto instalando filtros de ruido a las entradas de alimentación de corriente alterna AC y corriente continua DC. El sensor electrónico de nivel se instaló en la parte superior del tanque de almacenamiento para medir la altura de nivel de aceite y el de temperatura en la boya de nivel flotante ya existente para medir la temperatura, el cable introducido en el tanque de aceite tiene una protección térmica de nylon que es utilizada en salida de cables terminales y rebobinado de motores eléctricos. La electroválvula MOV (válvula operada por motor) que controla el paso de vapor al tanque de almacenamiento es una combinación de un motor de pasos con una llave manual tipo compuerta que soporta 100 psi de presión de vapor. El software de instrumentación diseñado transmite y recibe datos por el puerto RS232 a 100 m de distancia mediante un cable apantallado de la familia STP para la supervisión del sistema.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

INTRODUCCIÓN

La palma aceitera es una planta milenaria oriunda de continente Africano, fue traída por iniciativa de colonos de la región noroccidental del país, la cual constituye actualmente la provincia de Esmeraldas. Las condiciones climáticas cálido - húmedas de la región han permitido una adaptación satisfactoria de esta palma aceitera, facilitando la creación de extensas plantaciones para la producción del fruto de palma como materia prima fundamental para la producción aceitera del país, siendo esta actividad una fuente generadora de riqueza, trabajo y bienestar para los habitantes de esta región.

La Agroindustria impulsada en toda Latinoamérica por la tecnología desarrollada en Malasia e imitada por los Colombianos , han permitido que en esta zona del país a partir de mediados de los años cincuentas, se realicen proyectos para la creación de plantas procesadoras de aceite rojo crudo de palma , el mismo que a su vez era vendido a plantas refinadoras de Guayaquil para su posterior procesamiento en manteca y aceite vegetal para consumo humano.

En un principio, se consideró como importante únicamente la parte carnosa de la fruta para la extracción del aceite rojo, mientras que la nuez se consideraba como desecho del proceso, el mismo que era utilizado en verano como lastre o material pétreo para carreteras así como también para atenuar el polvo característico de esta estación climática. Así mismo, muchas escuelas de recintos rurales aledaños a estas plantas solicitaban tradicionalmente este material para regarlo en sus respectivos patios y canchas.

Posteriormente, Malasia, el primer país productor de aceite en el mundo, desarrolló un proceso para extraer aceite a partir de la almendra que se encuentra en el interior de la nuez, este aceite se lo consideraría como el oro vegetal debido a su color dorado característico, siendo muy diferente al aceite rojo que se obtiene a partir de la parte carnosa del fruto.

Actualmente, el negocio del aceite es un mercado versátil y dinámico en donde a nivel nacional grandes empresarios extranjeros y nacionales han creado empresas representativas como Palmeras de los Andes S.A., La fabril, Industrias Ales, TISAYSA, Palmeras de los Cien, La Sexta, Atahualpa, Pexa, Terragona, Palmex, A.E.X.A.V., Sopalin, Palduana , Unipal, Tarrogona, Teobroma, Aceite Placer, Siexpal, etc, las mismas que periódicamente mantienen reuniones de negociación para determinar los precios de la fruta y aceites procesados.

A partir de los años 70, cuando inició el negocio aceitero, jamás se tomó en consideración la posibilidad de que algún día nuestras empresas nacionales tendrían que competir con sus similares de Colombia y demás países latinoamericanos productores de aceite de palma, en el año 2002 se hizo más notorio la presencia de negociadores colombianos en el país así como también la influencia negativa de la importación de aceite desde Malasia. Esto ha impulsado a que actualmente, empresarios visionarios planifiquen estrategias para conservar y ganar nuevos mercados, invirtiendo capital en la reingeniería de sus procesos productivos para optimizar y aumentar los niveles del rendimiento de sus plantas, teniendo presente que el tratado de Libre Comercio es un cambio inevitable que influirá en las reglas de los negocios del sector agroindustrial, por lo que puede ser una fuente de oportunidades para vender en nuevos mercados o la quiebra de nuestras empresas si no estamos preparados para competir con eficacia. Es ahora el momento de mejorar con nuevas tecnologías los procesos productivos del sector agroindustrial para que el control y el flujo de información de los procesos productivos permitan a los gerentes tomar decisiones rápidas y acertadas en los negocios en este nuevo milenio del mundo globalizado.

IMPORTANCIA DEL PROYECTO

El aceite vegetal de palmiste es muy sensible a la variación de temperatura debido a su particular estructura molecular. En estado puro (sin refinarse) tiende a cristalizarse en forma similar a una masa sólida de grasa vegetal; esta propiedad física del aceite cuando no es controlada

correctamente por los operadores de proceso, provocan errores en el balance de producción, de tal manera que existe una inconcordancia entre los datos de las direcciones de Planta y Financiera al presentar los balances de producción y bienes activos a Gerencia, debido a que los balances deben tener el tonelaje de aceite existente transformado en dólares de acuerdo al mercado Agroindustrial.

Para definir el tonelaje de aceite, es importante medir correctamente el nivel de los tanques de almacenamiento y considerar la temperatura del aceite almacenado. Actualmente la medida se realiza manualmente con cintas aplomadas o indicadores mecánicos de boya y la temperatura es controlada manualmente por el operador. En esta operación manual, generalmente el operador comete errores de medida debido a que la oscuridad del tanque dificulta que la plomada tenga el nivel de referencia correcto, además actualmente, no se toma en consideración el efecto de la variación de temperatura en la densidad y tonelaje de aceite almacenado. Teniendo presente que en muchas experiencias anteriores durante el balance de producción estas medidas erróneas han producido problemas en la dirección de planta que han provocado una pérdida ficticia de producción de aceite. Estos datos de producción deben ser verificados y corregidos en la mañana del día siguiente, ajustando los balances semanales de producción con un margen de error de hasta máximo 2 toneladas que representa aproximadamente 1200 dólares de incertidumbre de pérdida por semana.

La medición correcta del tonelaje de aceite producido diariamente es un parámetro importante para tomar decisiones en cuanto a la calibración de las diferentes etapas del proceso de palmistería, también se utiliza para determinar la calidad del aceite dentro de rangos requeridos por las empresas clientes considerando que un aceite de optima calidad tiene bonificación a su precio normal dado por el comprador. Actualmente el inventario diario lo realizan el Jefe de turno y el Laboratorista demorándose un tiempo aproximado de 1 h en realizar y registrar las medidas de los diferentes tanques de aceite del proceso, esta actividad se la puede realizar automáticamente mediante un software de supervisión y control reduciendo el costo hombre. El control automático de la temperatura permitirá evitar quemar el aceite producido en los tanques, como experiencia puedo indicar que anteriormente por descuido en el control de temperatura, disminuyo la calidad del aceite producido al sobrecalentarse la producción de 8 toneladas la misma que debió mezclarse con aceite de optima calidad para poder ser vendida, por esta razón la empresa disminuyo ingresos económicos en el precio de venta por la regular calidad del aceite ya que estaba fuera de los parámetros estándares requeridos por el comprador para su refinamiento posterior o exportación.

Actualmente los despachos de aceite se realizan a tanqueros con capacidades totales de 32 a 35 toneladas , pero existe un problema cuando compradores particulares requieren valores específicos de tonelaje como por ejemplo 20 ton, 7 ton, etc, en estas situaciones el jefe de turno tiene muchos problemas y dificultades para realizar los despachos debido a que los tanques o depósitos son irregulares debiendo realizar varias medidas del tanquero para vender el aceite previamente pagado, esto produce pérdida de tiempo, interrupción de las actividades normales y molestias al comprador. Esta actividad se puede automatizar combinando en un software de control las variables de altura de vacío, altura real, efecto de la temperatura en densidad y la cubicación del tanque principal, para determinar el tiempo de operación necesario para que la bomba despache sólo el tonelaje requerido.

El tema propuesto pretende medir en tiempo real el tonelaje disponible y despacho automático de aceite del tanque de almacenamiento, controlar la temperatura del aceite a los valores estándares o al requerido por el cliente, lo que justifica y determina la importancia de la realización del proyecto de tesis planteado.

LA PALMA AFRICANA Y SUS BONDADES

La palma africana (Fig. 1.1), es un cultivo tropical perenne que al darle valor agregado a su fruto, provee derivados de múltiples aplicaciones que van desde la industria de alimentos hasta la oleoquímica. En la provincia de Esmeraldas, parte de Pichincha, Los Ríos y en la Amazonía, se ha convertido en una actividad agroindustrial muy dinámica, orientada al desarrollo económico y social sostenible para las comunidades rurales, ya que impulsa la creación de empresas, genera empleo permanente, provee divisas con la producción que se exporta, es amigable al medio ambiente por la preservación de los ecosistemas y protección de los recursos hídricos, y todas sus partes se utilizan productivamente.



Figura 1.21 Planta de Palma Africana

La evidencia fósil demuestra que la palma aceitera tiene su origen en la región Occidental Africana cuyo nombre científico es **Elaeis guineensis Jacq**, el fruto de la palma es un racimo de aproximadamente 40Kg, el mismo que contiene un fruto similar a una pepa carnosa de color negro cuando esta tierna y color tomate rojizo cuando esta madura (Fig. 1.2). Esta planta tiene condicionado su potencial productivo a la cantidad de lluvias que se produzcan sobre las mismas, de tal manera que su producción es mayor durante el invierno en los meses de Febrero a Junio de cada año y decrece su nivel productivo en el verano comprendido de Julio a Enero. Todo el año, además del agua, requiere de abonos químicos para mejorar su rendimiento. Cuando el fruto está maduro en forma natural deja caer pepas (semillas) al suelo, por análisis basados en la experiencia se considera que cuando se contabilizan de 20 a 30 pepas el palmicultor debe proceder a cortar el fruto por que está en óptimas condiciones para ser cosechado.



Figura 1.22 Fruto de Palma Africana

Un racimo demasiado maduro tiene su fruto en un 90% de color rojizo y además estos se desprenden fácilmente del racimo, bajo estas condiciones el comprador sanciona económicamente al productor pagándole un menor precio, debido a que esta clase de fruto provoca aumento de acidez en el aceite extraído y de la misma manera el productor de aceite procesado será sancionado por la planta refinadora debido a la misma razón.

Del fruto maduro de la palma africana se obtiene las siguientes partes y derivados:

d) Mesocarpio



Figura 1.23 Mesocarpio del fruto de palma africana.

Es la parte carnosa y blanda de la fruta, su color característico es el tomate – rojizo (Fig. 1.3), mediante un proceso de cocinado en ollas de presión a vapor con elevadas temperaturas y comprimidos en prensas se obtiene el aceite rojo crudo de palma africana.

e) Endosperma



Figura 1.24 Endosperma o nuez

Llamada también nuez, se encuentra en la parte central del fruto siendo café su color característico (Fig. 1.4), tiene una cáscara que puede ser gruesa o delgada dependiendo del tipo de palma Africana. En el interior de la nuez se encuentra una almendra comúnmente denominada coco de palmiste, ésta es secada por transferencia de calor en silos por aproximadamente 12 horas. Posteriormente es sometida a compresión en prensas Expeller tipo tornillo para obtener el aceite de palmiste, además los desechos sólidos son pulverizados en molinos de placas (martillos) para obtener la torta o harina de palmiste utilizada como balanceado para el ganado bovino, equino, porcino y aves.

f) Raquis



Figura 1.25 Raquis

Como se observa en la figura (1.5) es la estructura vegetal soporte del racimo de palmiste. Cuando es consumida por el fuego sus cenizas son utilizadas como materia prima para la elaboración de jabones, lejías o polvos solventes de grasas. Además estas cenizas son utilizadas también para la elaboración de abonos naturales exclusivos para las plantaciones de Palma Africana.

DESARROLLO DE LA AGROINDUSTRIA DEL ACEITE DE PALMISTE

Las condiciones climatológicas del Ecuador hacen que sus tierras sean óptimas para el cultivo de palma africana, actividad que reúne ciertas características peculiares y convierten a esta industria en un potencial para el desarrollo social y económico de la población.

Actualmente la Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Africana (ANCUPA) es un gremio agropecuario privado, que a más de integrar a los empresarios de esta actividad productiva, promueve la capacitación, transferencia de tecnologías, investigación para desarrollar cultivos mejorados y la exportación de aceites agroindustriales en el Ecuador.

En los inicios de la Agroindustria Aceitera, las plantas extractoras fueron exclusivas de aceite rojo considerando a la nuez como un desecho de proceso, el mismo que era utilizado como lastre de carreteras para atenuar el polvo de verano. Posteriormente los Malayos desarrollaron el proceso para plantas extractoras de aceite de palmiste a partir de la almendra de la nuez del fruto de palma africana. Empresas extractoras visionarias de aceite rojo se unieron invirtiendo capitales para construir una planta común donde puedan obtener ganancias a través de la almendra existente en la nuez, la figura (1.6) presenta la maquinaria de una planta extractora de aceite de palmiste.



Figura 1.26 Planta Extractora de Aceite de Palmiste

Actualmente después de Colombia, Ecuador es el segundo productor de aceite de palma africana en América. Los productos derivados de esta fruta, dentro de las negociaciones del Ecuador con la Organización Mundial de Comercio (OMC), han sido incluidos en el grupo de productos agrícolas sensibles, debido a su importancia alimentaria y económica. Los convenios bilaterales con países de la región Andina permiten negociar como subregión y no aisladamente manteniendo un precio razonable estable en la agroindustria aceitera, además protegen el mercado andino de la sobre oferta de aceite impulsada por la ampliación de mercado de Malasia.

PROPIEDADES FÍSICAS

La propiedad física más relevante es la densidad, Kirschenbauer (1964), reporta un valor de densidad a 40°C de 0.930 g/cm^3 , en tanto que Alvarado (1995) presenta para aceite ecuatoriano 0.903 g/cm^3 .

Alvarado,J.(1995), indica que el valor de densidad del aceite de palmiste disminuye conforme aumenta la temperatura de acuerdo con la ecuación de regresión para grasa en estado líquido:

$$\rho = 930 - 0.680T \quad (\text{Ec. 1.1})$$

La densidad del aceite de semilla de palma (aceite de palmiste) es ligeramente superior al de la pulpa (aceite rojo) a la misma temperatura.

Siendo la ecuación general de densidad:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (\text{Ec. 1.2})$$

Donde:

m = masa (Kg)

v = volumen (m^3)

T = temperatura ($^{\circ}\text{C}$)

Relacionando las ecuaciones se determina que la masa real del aceite en función de la temperatura y el volumen:

$$m = (930 - 0.680T) * v \text{ [kg]} \quad (\text{Ec. 1.3})$$

Determinando de esta manera que la densidad es proporcional a la masa real y es una función inversa de la temperatura. En el ANEXO A podemos observar como la densidad y el peso disminuyen cuando se incrementa la temperatura en el tanque TKP1, al bajar la temperatura el efecto es contrario, además se adjunta la tabla de cubicación ideal del tanque a 50°C .

El coeficiente volumétrico de expansión térmica del aceite de palmiste $\beta = 0.00079/ K$ es ligeramente superior al de otros aceites vegetales como los de maní, soya y germen de maíz (Alvarado, 1995).

El valor de tensión superficial [Y] a 40°C es $Y = 0.0233 \text{ N/m}$, siendo mínimo el efecto de la temperatura sobre esta propiedad, como se desprende del valor de la pendiente de la ecuación siguiente:

$$Y = 0.0256 - 0.000058 T \quad (\text{Ec. 1.4})$$

EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE

LA MATERIA PRIMA

Como desecho de las extractoras de aceite rojo, se tiene la nuez como materia prima, esta a su vez es pesada en una báscula camionera, la cual para ser aceptada en la planta palmistera debe cumplir con los siguientes requerimientos mínimos que son verificados mediante análisis de muestras representativas en laboratorio.

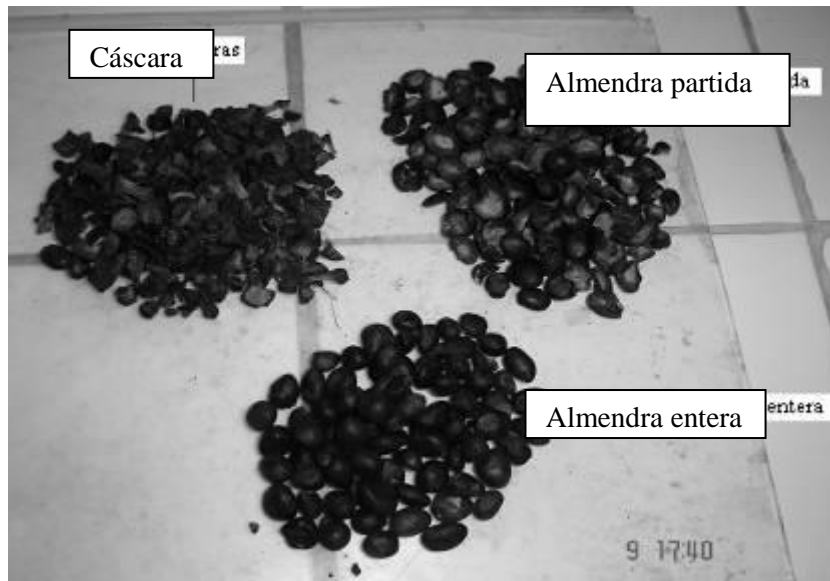


Figura 1.27 Almendras partidas, enteras e impurezas

e) Porcentaje de Almendras partidas

Consiste en tomar la muestra homogénea de aproximadamente 1 Kg y proceder a separar manualmente las almendras partidas de las almendras enteras más las nueces (Fig. 1.7) , debido a que estas almendras son de tamaños pequeños que prácticamente serán considerados como pérdidas del sistema, debido a que se perderán en los ciclones neumáticos.

f) Porcentaje de Impurezas

Son consideradas como impurezas de la muestra las fibras, cáscaras, piedras, palos, etc. Las mismas que no son nueces enteras debido a que constituyen una masa por la cual se ha pagado un precio pero que no tendrá ningún rendimiento productivo en la extracción de aceite.

g) CAN (Cantidad de almendra en nuez).

Es la cantidad de almendra en nuez. Mediante esta prueba, se analiza la calidad de nuez que se está comprando, si es del tipo **ténera**, la cáscara es fina y la almendra es grande mientras que si es **dura** la cáscara es gruesa y la almendra es pequeña, esta característica depende exclusivamente del tipo de palma africana. Las nueces son quebradas manualmente para separar almendras de cáscaras, posteriormente se realiza un análisis porcentual del peso de almendras versus el peso total de la muestra, si el valor porcentual de almendra es inferior al 30 % es considerado bajo CAN y por

ende penalizado, si es superior a 36% es considerado como alto y por ende es bonificado. Estos datos influyen en el balance de producción de la planta.

h) Humedad



Figura 1.28 Análisis electrónico de humedad

Permite determinar que el peso que se paga sea por materia prima y no por agua. Cuando la nuez es fresca, tiene elevado contenido de agua tanto en su cáscara como en la almendra interna; por convenios de negocios entre extractores de aceite rojo y palmisteros se acepta nuez con 20% de humedad el mismo que es verificado electrónicamente mediante básculas de humedad Mettler Toledo (Fig. 1.8).

LA ROMPEDORA DE NUEZ Y EL PRENSADO DE ALMENDRA



Figura 1.29 Nuez almacenada

La nuez es almacenada en una pista de concreto al medio ambiente para su secado natural (Fig. 1.9), donde en días posteriores, debido al volumen almacenado, se produce un efecto térmico de secado provocado por los mínimos espacios de aire existentes entre las nueces, creando de esta manera una cubierta aislada natural que permite al calor concentrarse en la parte inferior de los ramos de nuez, por tal razón comienza a expeler vapor de agua hacia el exterior después de una semana aproximadamente. Cabe señalar que la nuez seca presenta un color gris blanquecino con un 12% de humedad y además, al ser agitada manualmente, se escucha que la almendra está separada de la cáscara que la contiene.

RECUPERACIÓN DE ALMENDRA FASE SECA

La nuez es depositada en una tolva de forma triangular hacia un tronillo sin fin dosificador controlado por un variador de velocidad, para ser distribuida uniformemente hacia el elevador de nueces donde mediante los cangilones (cucharones) es transportada al tambor pulidor (Fig. 1.10). Gracias al movimiento rotatorio, la nuez es pulida en el interior por unas mallas que permiten eliminar fibras existentes; en este lugar las piedras de gran tamaño son separadas por el movimiento rotativo del tambor a través de un serpentín metálico.



Figura 1.30 Tambor Pulidor

Posteriormente, la nuez es transportada a un ciclón despedregador neumático donde por diferencia de densidad la nuez es separada de las piedras para proteger los trituradores de posibles rupturas en sus componentes; la nuez posteriormente es clasificada a través de un tambor clasificador rotatorio, el mismo que está constituido por un cilindro metálico con perforaciones de 13, 15 y 17,25 mm. separadas en áreas determinadas; esta malla tiene un serpentín alargado, que permite el avance de la nuez dentro del tambor.

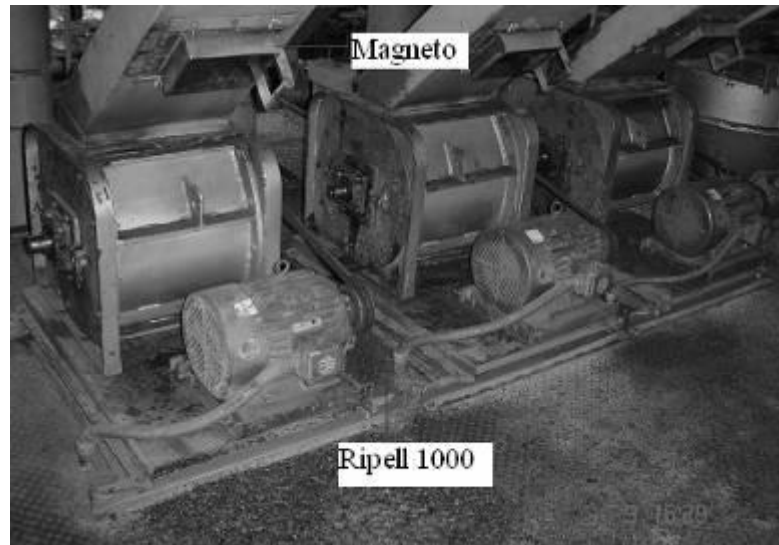


Figura 1.31 Trituradoras Ripell 1000

Cada una de estas mallas circulares tiene una tolva de salida exclusiva que alimenta con carga a 3 trituradoras Ripell 1000, tipo rotor de palillos y una rompedora de paletas para nuez tipo dura (Fig. 1.11), en esta etapa se obtiene una mezcla triturada de almendra, cáscara, fibras y polvos. Posee además en los ductos magnetos que retienen los metales existentes en la nuez para evitar atascamiento en los equipos.



Figura 1.32 Ciclones Neumáticos

A continuación, la mezcla triturada pasa a cuatro ciclones separadores de cáscara independientes mostrados en la figura (1.12), donde las almendras por densidad y mayor peso, caen a un sin fin transportador para ser conducidas a un tambor separador donde la almendra recuperada en fase seca mediante una banda transportadora, es conducida a un silo de secado (Fig. 1.13); la nuez recuperada es reinsertada al proceso.

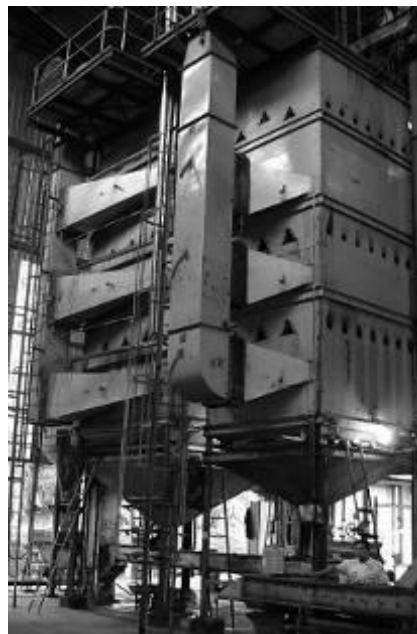


Figura 1.33 Silos de secado de almendra

Los silos de secado tienen una regulación de temperatura controlada por zonas:

En la zona superior : 80°C (Valor Máximo de ajuste)

En la zona media : 60°C
En la zona inferior : 40°C

Estos ajustes de temperatura podrán calibrarse de acuerdo a los requerimientos de producción teniendo siempre presente la temperatura máxima permisible en la zona superior es de 80°C.

RECUPERACIÓN DE ALMENDRA FASE HÚMEDA



Figura 1.34 Hidrociclón

Existen cuatro ciclones separadores de cáscara, en donde las almendras partidas en tamaños considerables son conducidas a través de un ducto separador hacia un sin fin de mezcla triturada, el mismo que descarga en la tina del hidrociclón (separador hidráulico de cáscaras y almendras) referido en la figura (1.14) y que está conformado por dos tanques, uno de almendras y otro de cáscaras, dos bombas de sólidos, un separador hidráulico de almendras, un separador hidráulico de cáscaras y dos tambores escurridores. En la primera etapa separa las partículas con menor peso específico (almendras) mediante el separador hidráulico y el tambor escurridor de almendras partidas; las cáscaras retornan al tanque. En la segunda etapa separa las partículas con mayor peso específico en el hidrociclón de cáscaras, de esta manera las cáscaras son conducidas al tambor escurridor para ser trasportadas hacia el ciclón neumático transportador de cáscaras húmedas y posteriormente conducidas al depósito de desechos del proceso. En el sistema para óptima operación, es necesario que el manómetro al lado de entrada de los ciclones mida la presión de succión entre los rangos de 8.5 a 11.3 psi.

La almendra húmeda es almacenada también en silos secadores, se caracteriza por estar constituida en un 90% de almendra partida con un nivel de acidez más elevado que la almendra entera recuperada de la fase seca.

PRENSADO DE ALMENDRA

Los diseñadores de la planta determinan que la almendra debe mantenerse por lo menos de 14 a 16 horas en los silos secadores antes de ser prensada, mediante una muestra de almendra seca se determina que su humedad esté en un rango de (3-4)% con respecto a la masa muestra (600 g de almendra molida).

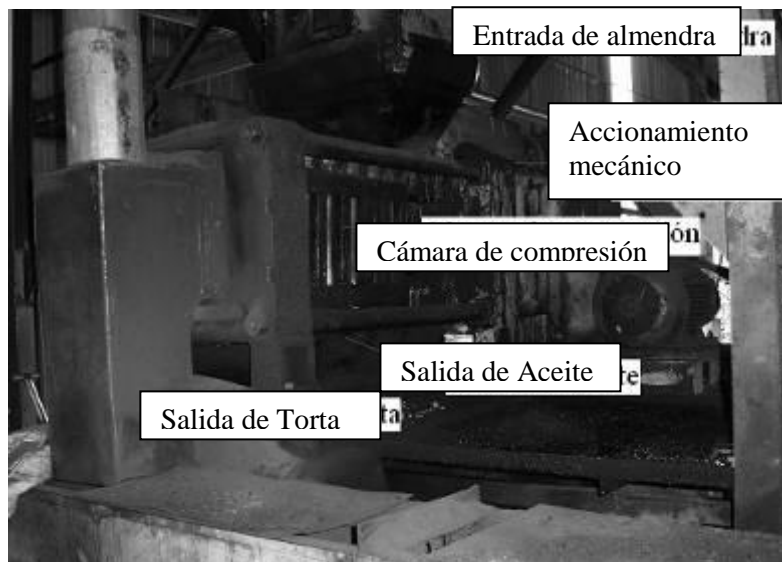


Figura 1.35 Prensa Expeller

Las almendras secas y partidas son transportadas hacia las prensas donde son sometidas a presión a medida que avanzan por el tornillo (Fig. 1.15), para extraer el aceite que estas contienen.

La prensa se compone de un cuerpo principal, canasta formada por platinas dentro del cual gira un tornillo helicoidal de fundición de acero especial. El accionamiento es por un moto reductor de 50HP.

Las almendras son conducidas dentro de la canasta perforada por el tornillo, al final se encuentra un cono graduable que impide el paso libre de la masa y ejerce una presión para así lograr que el aceite pase a través de la canastilla y caiga al tanque receptor de aceite. Tiene una capacidad

máxima de procesamiento de 10 T/día, un producto adicional es la torta o harina de palmiste la misma que es ensacada y comercializada para la elaboración de balanceados de ganado.



Figura 1.36 Tamiz

Posteriormente, el aceite es bombeado hacia un tamiz (Fig. 1.16) en donde son separadas las partículas sólidas más grandes que contiene. En la siguiente etapa el aceite es filtrado a través de un filtro prensa en donde queda prácticamente libre de impurezas y toma su color característico amarillo oro, quedando listo para ser almacenado en los tanques o depósitos.

El filtro prensa (Fig. 1.17) está constituido por 42 placas rectangulares con su respectivo filtro de tela, en éstas se retienen las partículas en suspensión para limpiar el aceite, en un día de operación normal se realizan dos cambios de todos los filtros, antes del cambio de filtros se purga el sistema con aire inyectado a presión mediante un compresor.



Figura 1.37 Filtro prensa

LA DIRECCIÓN DE PLANTA

La dirección de Planta es el departamento encargado de dictar políticas para mantener los estándares de calidad del producto obtenido manteniendo un proceso eficiente conservando la vida

útil de los equipos y maquinarias de que dispone la empresa. Es su responsabilidad controlar el proceso mediante cuadros de producción avalizados diariamente por inventarios de producción en donde los niveles productivos de la planta estén de acuerdo al volumen y calidad de la materia prima procesada, siendo necesario responder al directorio cuando fuere requerido sobre anomalías o novedades presentadas en los procesos productivos de la planta.

CONTROL DE CALIDAD DEL ACEITE Y TORTA DE PALMISTE



Figura 1.38 Aceite y Torta de Palmiste

Es importante mantenerse dentro de estándares o parámetros de calidad para poder competir en el mercado aceitero sobre todo ahora que estamos a las puertas de un Tratado de Libre Comercio. Es responsabilidad de la dirección de planta juntamente con laboratorio y operadores el conservar o mejorar los estándares de calidad del aceite y torta de palmiste (Fig. 1.18), la calidad final es el resultado de la suma de todos los controles parciales de cada una de las etapas del proceso desde la materia prima hasta el producto final obtenido.



Figura 1.39 Equipo Soxlet

El aceite debe mantenerse con una acidez no mayor a 1.3 % y una humedad menor al 3% para mantener un buen precio en el mercado, para ello cuenta con el equipo Soxlet (Fig. 1.19) y

reactivos químicos para realizar el control de acides. La torta debe mantener impurezas en 8 % y un porcentaje de aceite inferior al 1%.

CONTROL EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO



Figura 1.40 Tanques de Almacenamiento

Tanto para la Gerencia como para la Dirección Financiera, es necesario que diariamente todos los activos fijos de la empresa, estén representados en valor monetario para actualizar los respectivos balances, por tal motivo, la Dirección de Planta, al comenzar el turno de la mañana, realiza un inventario de producción de un día de proceso, el mismo que consiste en cuantificar físicamente lo materia prima procesada y el aceite junto a la torta producida, la torta es almacenada en sacos de 50 Kg mientras que el aceite es determinado en función del volumen de los depósitos y el nivel en los mismos (Fig. 1.20). Cabe señalar que la utilización de las tablas de tonelaje del aceite en función del volumen es un procedimiento obsoleto por que no se está considerando la variación de la densidad con respecto a la variación de la temperatura y además las medidas de nivel son manuales determinando un error en el tonelaje de aceite medido.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

SENSORES Y TRANSDUCTORES DE NIVEL Y TEMPERATURA

Las variables de nivel y temperatura son las más comunes a medir y controlar en los procesos de producción, de acuerdo al tipo de material sólido o líquido y las condiciones del proceso se debe seleccionar el más idóneo para la aplicación requerida.

2.1.1 MEDICIÓN Y CONTROL DE NIVEL

El nivel es la altitud de un punto respecto a otro que se considera fijo, está determinado en unidades de longitud ya sea en centímetros, pulgadas, pies, metros, etc. En la industria es la variable en función del tiempo a determinar de un proceso productivo, considerándolo como la medida común para el control e indicación de volúmenes sólidos o líquidos en tanques de almacenamiento.

En toda Planta industrial la variable de nivel es importante porque determina el rendimiento parcial o total de un proceso, facilita la toma de decisiones para calibrar las diferentes etapas del sistema de control de acuerdo a los requerimientos productivos de la empresa, permite además realizar proyecciones futuras de los volúmenes de producción para crear estrategias de mercado por Gerencia. Determinando el nivel o altura de llenado con respecto a una referencia de cero en un punto fijo (base del tanque de almacenamiento o punto de acuerdo a necesidad de operación) y en función de la densidad del líquido o sólido se determina la masa almacenada, para lo cual es necesario cubicar el tanque de almacenamiento y utilizar la ecuación de variación de densidad del material almacenado con respecto a la temperatura para obtener de esta manera valores más reales en la medición. Los parámetros básicos generales a considerar en el control de nivel son los siguientes:

- Determinar las propiedades físico-químicas del tipo de material a controlar , pudiendo ser sólido, líquido, dos líquidos con diferente densidad, corrosivos, radiactivos o sometidos a altas presiones para determinar las ecuaciones matemáticas que influyen al determinar la masa real del material almacenado.
- La precisión requerida estará determinada por las condiciones y requerimientos del proceso.
- Verificar el tipo de recipiente o depósito de almacenamiento, pudiendo ser abierto o cerrado para posteriormente determinar su volumen.
- Los dispositivos mecánicos, eléctricos o electrónicos a emplearse para realizar el control de nivel dependen de los parámetros anteriormente considerados.

Para la medición de nivel, se utilizan los siguientes métodos en función de propiedades físicas del material almacenado.

Varilla o palo graduado

Mirilla de vidrio graduada

Detector de nivel por conductividad

Medición de niveles con manómetros

Medición de nivel por onda de sonido

La medición de nivel por onda de sonido, que es la que se utiliza en este proyecto, es utilizado para materiales sólidos o líquidos almacenados en tanques abiertos o cerrados, tiene su principio en la reflexión que tiene una onda sonora al impactar con un objetivo determinado; la medición se realiza en función del tiempo que demora en retornar el eco de una onda sonora enviada, la empresa SOLTEC como proveedor e instalador de proyectos con sensores ultrasónicos, determina los siguientes requerimientos necesarios para utilizar el método de medición por ultrasonido.

- Los líquidos no deben producir burbujas ni gases abundantes al ser sometidos a temperaturas moderadas.
- La onda de sonido debe tener un área libre de obstáculos sin interferencias hacia el nivel de la superficie a medir, la longitud de medición dependerá de la capacidad del sensor ultrasónico a utilizar.
- Se debe considerar el área muerta donde los dispositivos de medición ultrasónica no pueden medir, esta característica depende de los datos de fabricante.

- Los sensores ultrasónicos envían una señal analógica de voltaje o corriente sólo hasta una longitud determinada de acuerdo al fabricante.

Todos los procesos productivos son de naturaleza dinámica, en ellos siempre ocurren cambios y si no se emprenden las acciones de control en las variables importantes del proceso, la producción no cumplirá satisfactoriamente con las condiciones de diseño del producto final.

Todo método de control está conformado por un sistema mecánico, eléctrico o electrónico que tienen como objetivo medir en tiempo real la variación de nivel en el depósito de almacenamiento y mediante dispositivos actuadores externos realizar transferencias controladas del líquido producido en función la variación del nivel. El control en tiempo real se fundamenta en tener una medición y control continuo de la variación de nivel y temperatura dentro de rangos predeterminados, pudiendo realizarse una acción automática de ajuste o correctiva en cualquier momento de acuerdo a los requerimientos del proceso, para ello emplea los transductores electrónicos y actuadores electromecánicos. El control discreto de nivel realiza una medición en los puntos críticos predeterminados en su diseño de alto o bajo de un tanque de almacenamiento para realizar una acción correctiva de control mediante actuadores de operación discreta (on-off.).

2.1.1.2 TRANSDUCTORES DE NIVEL

El transductor de nivel es un dispositivo que proporciona una salida útil de tipo eléctrico en respuesta a una variable, cantidad o propiedad física provocada por la variación de nivel de productos sólidos, en polvo o líquidos de un depósito de almacenamiento. El principio de operación se basa en las siguientes circunstancias:

- Determinar la altura del líquido.
- Aprovechar las características eléctricas del líquido.
- Utilizar los principios dinámicos de movimiento en la variación del nivel.

Al transductor se lo llama también sensor, transmisor, detector, sonda o captador. Los transductores utilizados para el control de nivel son los de variación de resistencia, capacitancia, reluctancia y voltaje, la figura 2.1 especifica los elementos de un transductor.

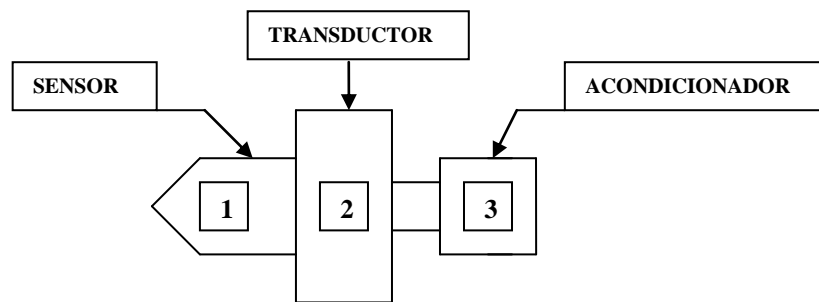


Figura 3.4 Elementos de un transductor

El elemento sensor también es denominado elemento primario, está en contacto directo con la variable a controlar y está diseñado para ser desmontado del transductor cuando es necesario reemplazarlo por daño o mal funcionamiento. El elemento de transducción es el dispositivo que convierte una forma de energía en señales eléctricas originales de control con valores variados de acuerdo a la magnitud del fenómeno medido y el tipo de material de transducción. El acondicionador tiene la función de estabilizar la señal eléctrica controlada en valores estándar de voltaje y corriente.

- Las señales de control de voltaje son de 0 a 10V, -10 a 10V, 1 a 5V, 0 a 5V.
- Las señales de control de corriente son de 4 a 20 mA.

Los tipos de transductores utilizados para medición y control de nivel son los siguientes:

- i) **Transductores por desplazamiento rotacional y traslacional**
- j) **Medidor de nivel con flotador jaula**
- k) **Sistema polea flotador**
- l) **Sistema polea flotador magnético**
- m) **Sistema polea flotador rectangular**
- n) **Flotador de desplazamiento**
- o) **Transductor de presión tipo membrana**
- p) **Medidor tipo burbuja**
- q) **Medidor de presión diferencial**
- r) **Transductores Capacitivos**

s) **Sensores de nivel por radiación**

t) **Transductor Ultrasónico**

El utilizado en este proyecto, el ultrasónico. consiste en la emisión de una señal ultrasónica para luego recibir una señal de eco en el receptor como el mostrado en la figura 2.2, en realidad lo que se mide es el tiempo en que se demora la señal en ser reflejada.

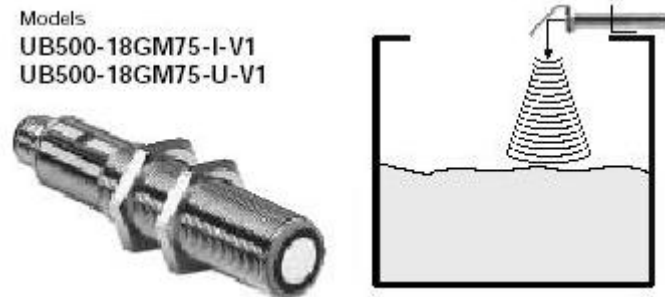


Figura 3.5 Sensor Ultrasónico

El nivel a medir esta en función del tiempo de retardo de la señal ultrasónica para llegar al receptor por lo que en tanques de almacenamiento a menor tiempo mayor nivel y a mayor tiempo el nivel es menor. Algunos utilizan varillas con muescas en las cual va conectada tanto el transmisor como el receptor, mientras el nivel se encuentre entre los espacios de las muescas determinan una variación en la señal ultrasónica de control lo que permitirá medir en tiempo real o discreto la variación de nivel. Es el sensor más utilizado para medir sólidos y líquidos no espumosos, se lo aplica en los barcos que transportan aceite para exportación gracias a su precisión y mínimo mantenimiento, en el ANEXO B se detallan las características técnicas y dimensiones de varios tipos de sensores ultrasónicos. Las características más importantes son:

- Operan con frecuencias del orden de los 20 KHz.
- Tiene una precisión de $\pm 1\%$ a $\pm 3\%$.
- El voltaje de alimentación puede estar entre 10-30VDC.
- Salida análoga de 0-10VDC o de 4-20mA.
- Tienen zona muerta no medible.
- La temperatura de trabajo es exclusiva de cada equipo.
- Tiene protección contra cortocircuito y sobrecarga.
- Tiene protección contra polaridad inversa.
- El mantenimiento es mínimo.

- Es aconsejable para líquidos con sedimentos, poco espumosos y sólidos.

MEDICIÓN Y CONTROL DE TEMPERATURA

La temperatura es una medida de la energía cinética de las moléculas de una sustancia debido a una agitación térmica, es una magnitud escalar que tiene sus unidades propias que son los grados centígrados ($^{\circ}\text{C}$), grados Kelvin ($^{\circ}\text{K}$), grados Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$), o grados Rankine ($^{\circ}\text{R}$). El calor es la energía que se transfiere debido a la diferencia de temperatura entre un sistema y su entorno o entre dos sistemas. La unidad de medida es el BTU (British Normal Unit) que es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de una libra masa desde 59.5°F hasta 60.5°F , la transferencia de calor se propaga por conducción, convección y radiación.

La conducción es la difusión del calor a través de un cuerpo sólido, método utilizado en la metalurgia para crear aleaciones y cementados de piezas metálicas con soplete.

En la convección se transfiere el calor por el movimiento de un fluido gaseoso o líquido entre dos puntos en direcciones contrarias, este principio es utilizado en los intercambiadores de calor, refrigeradores y secadores de madera.

Se produce radiación cuando la transferencia de calor es por ondas electromagnéticas; este principio es utilizado en paneles solares y calentadores de microondas.

Las unidades de medida de temperatura están determinadas de acuerdo al sistema de unidades estándar o patrones de medida utilizados en cada país, las escalas de medida tienen diferentes referencias las mismas que son consideradas al momento de hacer la transformación de unidades de medida de un sistema a otro. En nuestro país se utiliza como norma los 50 grados centígrados como un valor estándar de temperatura para tanques de almacenamiento de aceite, este valor permite controlar el porcentaje de humedad para evitar dificultades en su proceso de refinamiento.

2.1.2.1 TRANSDUCTORES DE TEMPERATURA

Los transductores de temperatura pueden estar en contacto directo con la variable física a medir como en las termocuplas, detector termo resistivos (RTD) o sin contacto como en pirómetros

ópticos o pirómetros infrarrojos de acuerdo a las necesidades de control del proceso y disponibilidad económica de la empresa.

Existen transductores exclusivos para medición y otros dan la facilidad de realizar control pero todos se fundamentan en tres principios para su operación que son la dilatación de materiales que cambian su resistencia en función de la temperatura, la capacidad de generar voltaje y los que aprovechan los efectos de la radiación.

2.1.2.2 TRANSDUCTORES DE TEMPERATURA BASADOS EN DILATACIÓN

Son aquellos que aprovechan la expansión molecular de líquidos, sólidos o gases al ser sometidos a variación de temperatura.

- a) **Termómetro de vidrio**
- b) **Termómetros Bimetálicos**
- c) **Termómetros de Bulbo y Capilar**

2.1.2.3 TRANSDUCTORES QUE CAMBIAN SU RESISTENCIA

Para este caso se consideran a los:

- a) **Termistores, y**
- b) **Detector térmico resistivo (RTD)**

Una RTD, Está conformada por un alambre metálico sensible a la variación de temperatura, el mismo que puede ser de platino, cobre, níquel, hierro o plata. Estos materiales se caracterizan por el llamado **coeficiente de temperatura de resistencia** el mismo que es positivo (directamente proporcional) y expresa la variación de resistencia (ohmios) del conductor por cada grado que cambie su temperatura, esta característica se expresa mediante la ecuación:

$$R_t = R_o (1 + \alpha t) \quad \text{(Ec. 2.1)}$$

Donde:

R_o = Resistencia en ohmios del material a 0°C.

R_t = Resistencia en ohmios a una temperatura definida .

t = Temperatura

α = Coeficiente de temperatura de resistencia

El coeficiente de temperatura de resistencia depende del material, estos generan una señal de variación de un parámetro pasivo que es la resistencia, siendo convenientes valores altos del coeficiente para tener una mayor sensibilidad del elemento a la temperatura. En la tabla 2.1 se indican las características operativas de las sondas de resistencia más usadas en la industria.

Tabla 2.3 **Características de las sondas de resistencia**

Tipo	Rango de T(°C)	Ventajas	Desventajas	Precisión (°C)
Platino Pt	-200 a 950	La relación es lineal y posee amplio rango de operación.	Tiene una respuesta relativamente lenta. Es costoso y menos lineal que el cobre.	0.01
Níquel Ni	-150 a 300	Alto coeficiente de temperatura y sensibilidad a la variación de temperatura. Mayor vida útil.	Tiene rango de operación limitado. La respuesta de operación no es lineal.	0.5
Cobre Cu	-200 a 120	Alta linealidad. Costo económico bajo.	Rango de operación muy reducido. Tiene baja resistividad.	0.1

Por lo general las RTD'S son introducidas en vainas (cápsulas) por lo que la respuesta es más lenta debido a que es necesario que ésta primero se caliente, se conectan formando parte de un puente de Wheatstone (Fig. 2.3) para determinar las pequeñas variaciones de resistencia.

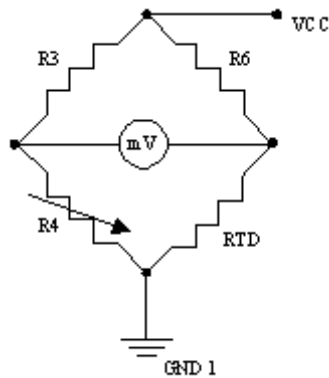


Figura 3.6 Puente de Wheatstone

Los cambios pequeños de resistencia de la RTD es el principal problema para medir correctamente la variación de temperatura, para solucionar este problema el puente de Wheatstone es utilizado como una interfase para amplificar la señal eléctrica de control mediante amplificadores operacionales.

2.1.2.4 TRANSDUCTORES GENERADORES DE VOLTAJE O TERMOPARES

También es conocido como termocupla, es un transductor activo en los que se tiene una unión de un metal caliente con un metal frío, de tal forma que esta unión al someterse a una temperatura producirá un voltaje termoeléctrico.

Las termocuplas utilizadas en sistemas de control de temperatura son:

- a) TIPO (E)
- b) TIPO (J)
- c) TIPO (K)
- d) TIPO (S)
- e) TIPO (R)
- f) TIPO (B)
- g) TIPO (T)

2.1.2.5 TRANSDUCTORES DE TEMPERATURA POR RADIACIÓN

Los pirómetros de radiación son transductores de temperatura sin contacto, que responden a la transferencia de calor por radiación.

Los transductores de temperatura por radiación son:

- a) **Pirómetros térmicos**
- b) **Pirómetros fotónicos**
- c) **Pirómetro óptico**

MICROCONTROLADORES

El avance tecnológico en el desarrollo de la microelectrónica y los sistemas computacionales, han permitido que cada vez los circuitos electrónicos se reduzcan en su tamaño permitiendo una facilidad en el diseño e instalación de los mismos, reduciendo a su vez el costo por la reducción del número de elementos empleados en los proyectos.

El microcontrolador es un integrado programable que contiene todos los elementos necesarios para controlar un sistema, siendo capaz de ejecutar órdenes o secuencias que están grabadas en su memoria. Está conformado con la estructura de un microcomputador de aplicación limitada constituido por la unidad de proceso (CPU), memoria RAM, memoria ROM, circuitos lógicos, temporizadores y periféricos entrada y salida.

Funcionalmente está compuesto por varios bloques, los cuales cumplen una tarea específica dentro del ordenamiento general del mismo y a su vez permite obtener configuraciones diferentes de acuerdo a su aplicación específica. Todo microcontrolador internamente tiene un procesador el mismo que debe tener una arquitectura definida para su aplicación, el alto rendimiento y elevada velocidad que alcanzan los modernos procesadores, como el que poseen los microcontroladores PIC, se debe a la conjunción de estas tres características. Los microcontroladores utilizan una de las siguientes arquitecturas:

a) Arquitectura Harvard

Tiene dos buses o caminos independientes, uno para instrucciones y otro para datos, además la memoria de instrucciones y la memoria de datos están separadas, esta característica permite una transmisión con mayor rapidez debido al descongestionamiento de los buses de información al procesador. Esta arquitectura permite la adecuación del tamaño de las palabras y los buses a los

requerimientos específicos de las instrucciones y de los datos evitando que el dispositivo se bloquee o cuelgue.

b) Arquitectura RISC

Las instrucciones son cortas, minimizando de esta manera el repertorio de instrucciones que el procesador debe ejecutar, de tal manera que la mayoría de instrucciones se ejecutan en un ciclo de instrucción.

c) Arquitectura Pipe-Line

Es la segmentación del procesador en etapas específicas para poder procesar una instrucción diferente en cada una de ellas dando la facilidad de trabajar con varias instrucciones a la vez. Esta característica eleva el rendimiento y velocidad en la ejecución de instrucciones mediante un paralelismo implícito de los varios segmentos del procesador.

Los microcontroladores de Microchip combinan las ventajas de las arquitecturas Risc y Harvard, tienen independencia entre la memoria de código y la de datos para facilitar el trabajo paralelo de las mismas y utiliza sólo 35 instrucciones de programación.

ELEMENTOS DEL MICROCONTROLADOR

Las partes principales de un microcontrolador son:

- Procesador.
- Memoria de programa que puede ser ROM, EPROM, OTP, EEPROM, FLASH.
- Memoria de datos o registros conformada por la memoria RAM y EEPROM no volátil.
- Periféricos de entrada /salida (puertos para conectar elementos externos al microcontrolador).
- Lógica de control (coordina la interacción entre los demás bloques).

En la figura 2.4 se presenta la interacción funcional de las partes principales de un microcontrolador representada en bloques.

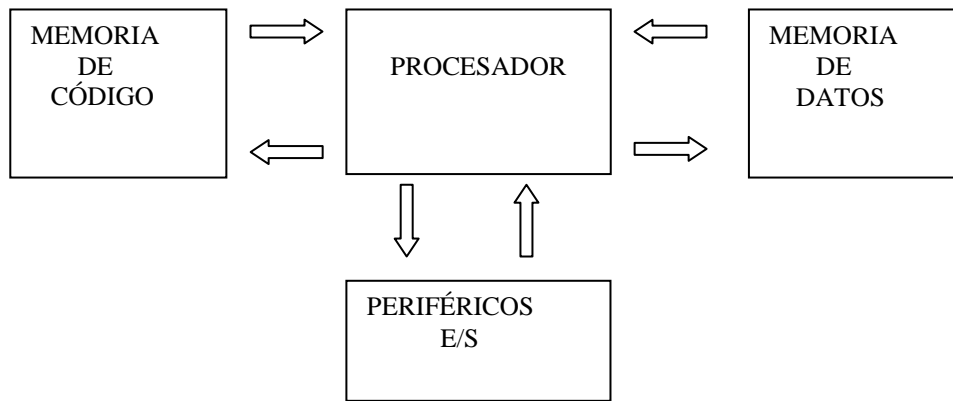


Figura 3.7 Diagrama de bloques de las partes principales del Microcontrolador

Los fabricantes, de acuerdo a los requerimientos de los procesos, han desarrollado algunas aplicaciones especiales en ciertos modelos de microcontroladores tales como:

- Conversores análogos a digitales (A/D) y digital/análogo (D/A), para medir señales no digitales como temperatura, voltaje, luminosidad, etc.
- Temporizadores programables para medir periodos de tiempo entre eventos.
- Interfase serial RS-232 para establecer comunicación con otro microcontrolador o con un computador.
- Salidas PWM (modulación por ancho de pulso) para el control de motores DC o cargas resistivas .
- Comparadores analógicos para verificar el valor de una señal analógica.
- Protección contra fallas de alimentación y bajo consumo cuando está en reposo.
- Mediciones en tiempo real se utiliza la técnica llamada de interrupciones, en la cual ante una señal externa de interrupción del microcontrolador, deja de lado la tarea que se encuentra ejecutando para atender una situación especial y luego puede regresar a continuar con la labor que estaba desempeñando.

Mediante el puerto de comunicación serial o paralelo se puede programar al microcontrolador con el programa requerido para una aplicación específica .Esta información es almacenada en la memoria de código del integrado la misma que debe ser seleccionada de acuerdo al requerimiento del diseñador como la capacidad total de líneas de programación, tipo de grabado del programa, facilidad para modificaciones futuras y costos del proyecto de acuerdo a su aplicación.

MEMORIA DE PROGRAMA Y MEMORIA DE DATOS

El microcontrolador está diseñado para que en su memoria de programa se almacenen todas las instrucciones del programa de control que determina el funcionamiento del microcontrolador. No hay posibilidad de utilizar memorias externas de ampliación salvo casos especiales. La memoria es no volátil mantiene su contenido intacto de información cuando se desconecta su fuente de alimentación pudiendo ser del tipo ROM, EPROM, OTP, EEPROM, FLASH, UVPROM de acuerdo al requerimiento del proyecto.

La memoria de datos es de lectura y escritura, contiene los registros o comandos internos del microcontrolador, también controla los datos que varían durante la ejecución del programa, está constituida por una memoria RAM volátil y una EEPROM no volátil.

Los códigos, precios, marcas en los microcontroladores están determinados de acuerdo a sus capacidades operativas, aplicaciones y el tipo de memoria que contengan.

PRINCIPALES FAMILIAS DE MICROCONTROLADORES

Actualmente existen en el mercado varias marcas reconocidas como las principales, de acuerdo a sus características, difusión y usos en productos de consumo masivo. Entre las cuales se tiene a Motorola, Intel, Philips, National y Microchip.

En los microcontroladores PIC, existe en el mercado amplia variedad de componentes con diferentes tamaños de memoria, diferentes velocidades, diferentes tipos de encapsulado y diferente número de pines de entrada/salida. El conjunto total de instrucciones o comandos es de solo 35, clasificándose en 18 instrucciones que manejan registros, 4 instrucciones que manejan bits y 13 instrucciones que literales y de control, por lo que se dice que es un microcontrolador con estructura RISC (instrucciones cortas) a diferencia de las otras familias que utilizan la tecnología CISC (Complex Instructions Set Computer) con instrucciones complejas y en mayor cantidad. En la tabla 2.2 se indican las características principales de los microcontroladores de la familia PIC16FXX .

Tabla 2.4 Microcontroladores de la familia PIC16F8XX de Microchip

Referencia	Memoria FLASH (Bytes)	Memoria RAM (Bytes)	Memoria EEPROM (Bytes)	Pines I/O	Otros
16F84A	1792	68	64	13	-----
16F873	7168	192	128	22	5 C A/D (10 bits)
16F874	7168	192	128	33	8 C A/D (10 bits)
16F876	14336	368	256	22	5 C A/D (10 bits)
16F877	14336	368	256	33	8 C A/D (10 bits)

MICROCONTROLADORES PIC

Las familias de Microcontroladores PIC pertenecen a la empresa MICROCHIP la cual está actualmente muy difundida a nivel mundial, la mayoría de revistas de electrónica en el mundo la usan para sus proyectos debido a su flexibilidad, configuraciones para todas las necesidades, bajo costo, que lo hacen muy atractivo para consumidores a gran escala y estudiantes. Cabe señalar que actualmente existen otros grupos de la misma familia que se clasifican en microcontroladores PIC de 8 bits distribuidos en cuatro gamas:

- 1) **GAMA BASICA:** Familias PIC12F5xx y PIC16F5x, con un repertorio de 33 instrucciones de 12 bits y dos niveles de pila.
- 2) **GAMA MEDIA:** Familias PIC 12C6xx y PIC16Cxx, con un repertorio de 35 instrucciones de 14 bits, ocho niveles de pila y un vector de interrupción.
- 3) **GAMA ALTA:** familia PIC17Fxxx, con un repertorio de 58 instrucciones de 16 bits, con 16 niveles de pila y cuatro vectores de interrupción.
- 4) **GAMA MEJORADA:** familia PIC18Cxxx con 77 instrucciones de 16 bits, 32 niveles de pila y cuatro vectores de interrupción.

La arquitectura RISC (Set de instrucciones reducido) que posee, lo hace muy fácil de manejar ya que tiene muy pocas instrucciones que son poderosas, a diferencia de otras familias que tienen muchas instrucciones difíciles de recordar o que se utilizan muy poco. De las varias gamas de esta familia se puede seleccionar el más adecuado con su código respectivo de acuerdo a la aplicación, características técnicas, necesidades de memoria y elementos auxiliares requeridos.

El software tipo interprete permite leer las instrucciones del programa línea en línea y se detiene cuando encuentra un error de sintaxis, siendo necesario corregirlo para que continúe la lectura del programa. El interprete compilador permite leer un programa completo y verifica errores al final.

La familia de microcontroladores de Microchip utiliza el lenguaje de bajo nivel ensamblador que es el más cercano al lenguaje de máquina y los lenguajes de alto nivel como el C y el BASIC para digitalizar la información.

Algunos programas son diseñados de manera estándar para que puedan ser aplicados a diferentes tipos de familias de microcontroladores como el MPLAB IDE 6.3 como compilador de texto y el IC-prog 105 C como programador del integrado. En el desarrollo de este proyecto se utilizará microcontrolador PIC, software editor de texto MicroCode Studio, software compilador Pic Basic Pro de Microlab Engineering, y el programador IC-prog 105D desarrollado por la compañía BG Soft.

Microchip dispone del ensamblador MPASM y simuladores MPSIM, el simulador mediante software ejecuta un programa paso a paso para ser verificado, la desventaja de este programa es que no revisa en tiempo real. En cambio el emulador es un cabezal con pines similares al microcontrolador, el mismo que está conectado mediante una interfase serial al PC para ser programado mediante un software exclusivo y verificar en tiempo real la operación y el estado de los pines mientras se lo monitorea en el computador.

Tabla 2.5 Datos técnicos de microcontroladores PIC 16F877A (Gama Media)

Características	PIC16F877
Frecuencia de Operación	20 MHz
Memoria FLASH	8K
Memoria de datos (bytes)	368
Memoria EEPROM	256
Interrupciones	14
Puertos	A,B,C,D,E

Temporizadores	3
Comunicación Serial	Mssp,Usart
Comunicación Paralela	Psp
Entradas análogas/digitales	8
Número de instrucciones	35

SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR PIC

Todo software de programación debe cumplir con las tres funciones básicas que son la edición, el ensamblado y la simulación, anteriormente era necesario tener un programa para cada función. Actualmente existen grabadores universales que cumplen estas funciones con un solo programa. La Compañía Microchip ha desarrollado el software de simulación MPLAB IDE de programación tipo ensamblador, exclusivo para todas sus familias de microcontroladores PIC, siendo este integrado de bajo costo, versátil, disponible en el mercado, de la misma manera la compañía Microlab Engineering ha desarrollado el software programador Microcode Studio en lenguaje de alto nivel teniendo como fundamento la programación en Basic, caracterizándose por ser más versátil y fácil de programar en comparación con el MPLAB IDE .

El objetivo del programador es ingresar en las memorias del microcontrolador una serie de instrucciones y datos por medio de un orden secuencial de comandos para que el dispositivo pueda ejecutar una acción específica. El programa debe combinar eficazmente las órdenes de control de un sistema con la disponibilidad de entradas/salidas y recursos del PIC.

El lenguaje de máquina es la representación de los datos en magnitudes digitalizadas del sistema binario. Dentro del sistema computacional binario se trabaja a nivel de bits el cuál se representa por un “1” o un “0”. A un grupo de 8 bits se lo conoce como byte y representa una unidad universalmente utilizada en la industria de la computación, es por ello que la palabra computacional de un programa es generalmente de 1 byte, es decir que en esta unidad se determina el lenguaje de máquina que entiende un computador para ejecutar una acción.

2.3.2 PROGRAMACIÓN CON EDITOR MICROCODE STUDIO

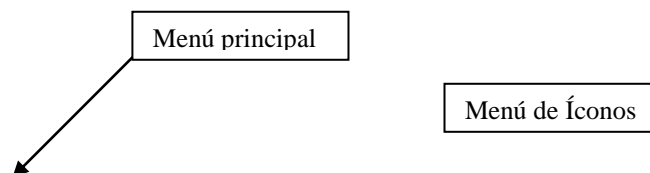
Antes de realizar cualquier programa es necesario determinar con claridad cual es el objetivo del diseño, posteriormente se debe determinar el proceso secuencial a seguir, para lo cual se utiliza los algoritmos y los diagramas de flujo, estas aplicaciones se constituirán en un mapa guía para obtener lo que nos hemos propuesto. Los algoritmos son series de actividades que se desarrollan para llegar a un fin determinado, esto se realiza en lenguaje natural mediante una descripción de actividades.

Cada versión nueva del Software Microcode Studio presenta características similares a sus versiones anteriores pero con mejoras y nuevos recursos para facilitar la programación, la versión a utilizar es la 2.30 compatible con Windows XP.

Tiene las siguientes características operativas:

- Crea y edita código fuente usando el compilador PIC BASIC PRO.
- Las instrucciones son más sencillas y menos complicadas que en la programación con lenguaje ensamblador del MPLAB IDE.
- Depura el ejecutable lógico verificando el fluido del programa con el simulador en tiempo real modo ICD (circuito depurador del programa) del Microcode Studio Plus.
- Medidas en el tiempo con el simulador.
- Es necesario cargar en MicroCode Studio por separado el compilador PICBASIC PRO y el grabador ICPROG 105D.

Al ingresar al programa, se encuentra activada automáticamente la pantalla de programación con los datos referenciales del programa (Fig. 2.5), los mismos que pueden actualizarse mediante la opción View /Editor Options/ Program header.



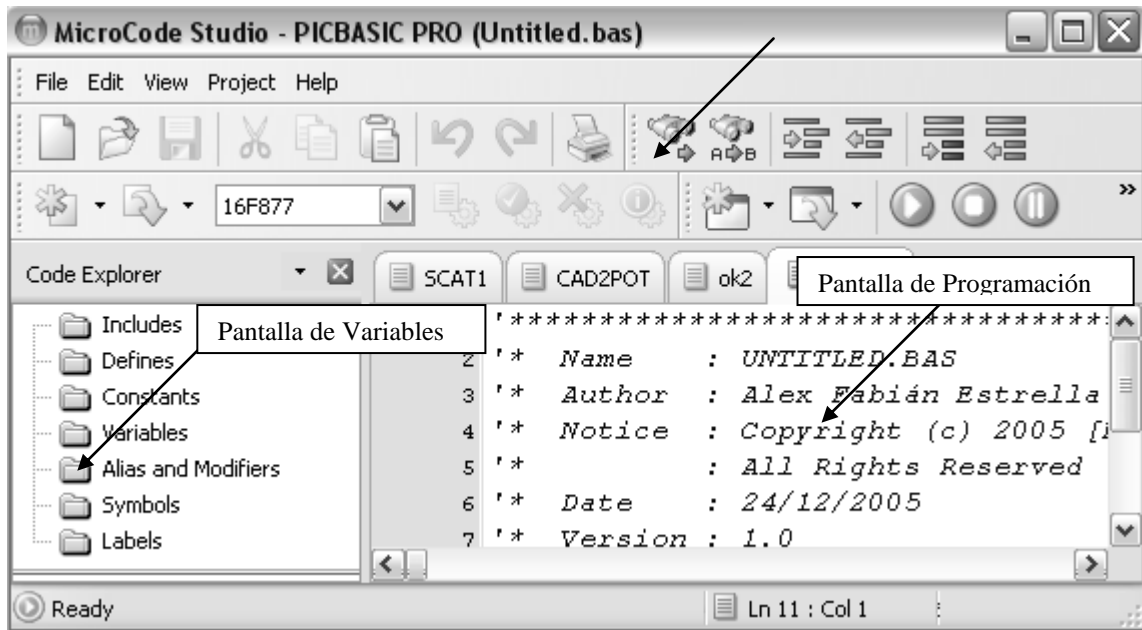
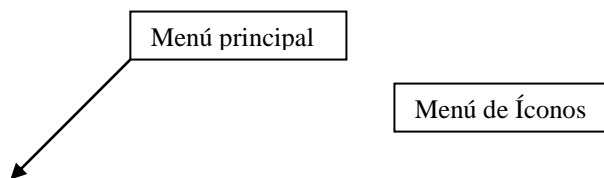


Figura 3.8 Pantalla de inicio MicroCode Studio

El compilador PicBasic Pro es utilizado para verificar que el programa realizado en el editor no tenga errores y además crea un archivo del programa con extensión **.hex** (Hexadecimal) para que pueda ser transferido al microcontrolador mediante el software grabador.

En la figura 2.6 se observa la pantalla del programador IC-Prog 105D donde el programa Aceite 2 está representado en código hexadecimal para que pueda ser grabado en el microcontrolador, además en esta pantalla se especifica el tipo de microcontrolador a utilizar y se configuran las características especiales como el código de protección, circuito de vigilancia, temporizador de encendido y el modo de bajo consumo. Estas características dependerán exclusivamente del microcontrolador seleccionado.



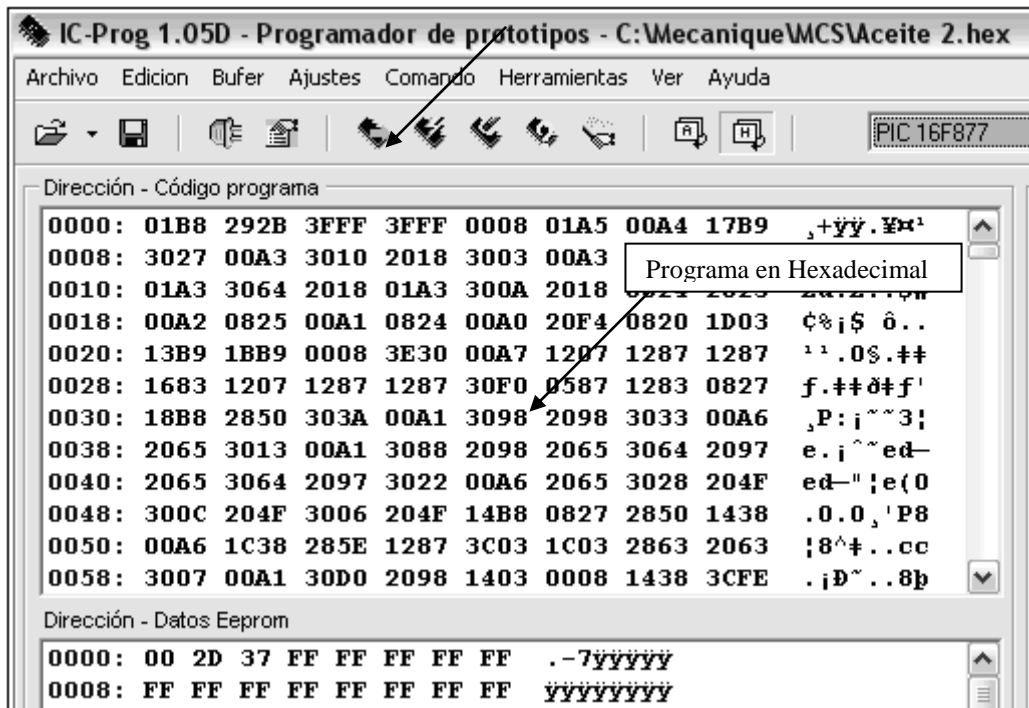


Figura 3.9 Pantalla de Software IC-PROG 105D

INTERFACES DE COMUNICACIÓN

Son los medios físicos y electrónicos que facilitan el intercambio de datos en lenguaje de máquina o código binario, el mismo que se realiza entre un agente emisor y un receptor de la señal. El lenguaje de máquina se fundamenta en el intercambio de información binaria, la misma que puede ser paralela o serial, por ello todo computador o PC tiene como parte de su hardware los puertos de comunicación serie y paralelo, los mismos que son utilizados para comunicación del Main board con los periféricos externos tales como impresoras, monitor, teclado, mouse, etc.

2.4.3 PUERTO SERIE

A principios de los sesenta se buscó estandarizar la comunicación de equipos y dispositivos electrónicos, es así como en 1962 se desarrolló el puerto serial RS-232, el mismo que permite comunicación con computadoras, Controladores Lógicos Programables (PLC'S), impresoras, mouse y microcontroladores. La comunicación se realiza mediante un conector serial DB-9 (Fig.2.7) y transmite únicamente un bit a la vez, por lo cual es más lenta, pero tiene la ventaja de necesitar menor número de líneas para la transferencia de información y las distancias a las cuales se puede realizar el intercambio de datos es mayor.



Figura 3.10 Conector de puerto serial DB-9

Una interfase RS-232 para realizar la transferencia de datos maneja un mayor rango de voltaje para los niveles lógicos de transmisión binaria, está compuesta por el circuito transmisor que convierte la señal de bajo voltaje del equipo lógico a los niveles de voltaje alto que se necesitan en la línea de transmisión y un receptor que realiza la función inversa. A estos circuitos integrados se llama **line drivers** (transmisores) y **line receivers** (receptores) respectivamente.

Existen dos formas de comunicación serial, la síncrona y la asíncrona. En la comunicación síncrona, además de la línea sobre la que se transfieren los datos, se necesita otra que contenga pulsos de reloj que indiquen cuando un dato es válido, la duración del bit está determinado por el pulso de sincronismo, el mismo que es utilizado en la comunicación SPI (Serial Peripheral Interface) y la I2C (Inter-Integrated Circuit).

En la comunicación asíncrona los pulsos de reloj no son necesarios y se acude a otros mecanismos para realizar la lectura/escritura de datos. Normalmente cuando no se realiza ninguna transferencia de datos, la línea del transmisor es pasiva y permanece en estado alto. Para empezar a transmitir datos, el transmisor coloca esta línea en bajo durante el tiempo de un bit (Fig. 2.8), lo cual se conoce como un bit de arranque (Start bit) y a continuación, empieza a transmitir con el mismo intervalo de tiempo los 8 bits correspondientes al dato, empezando por el menos significativo (LSB) y terminando con el más significativo (MSB). Al final agrega el bit de paridad (Parity) si es que está activada la opción (evita errores por ruido) y los bits de parada stop, al concluir esta operación el transmisor está preparado para transmitir el siguiente dato.

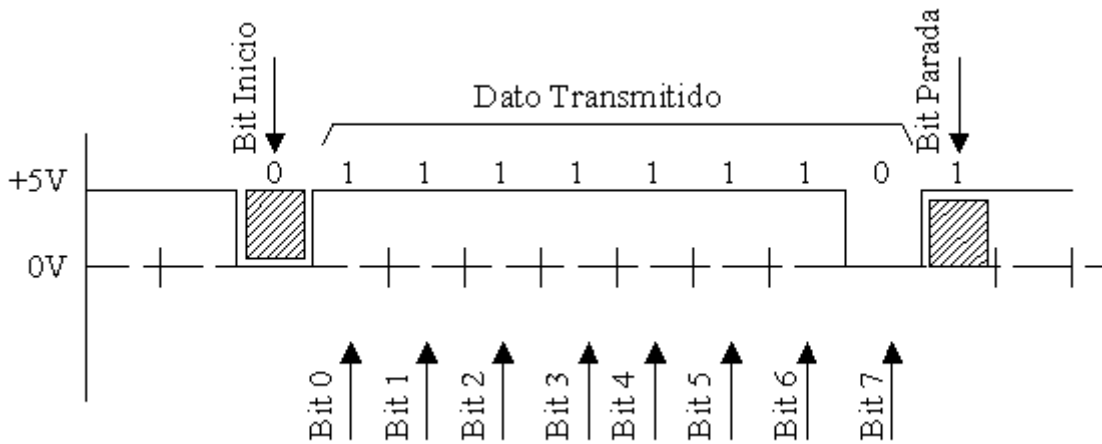


Figura 3.11 Transmisión serial del dato 127 binario

El receptor no está sincronizado al transmisor, pero al realizar la transición de alto a bajo por el bit de arranque genera un conteo de tiempo de tal manera que realiza una lectura a la señal medio bit después del evento, si la lectura es un alto lo considera como transitorio provocado por el ruido electromagnético, por lo que no se transmite los datos, en cambio si la lectura es un bajo considera como válida la transición y empieza a realizar lecturas secuenciales a intervalos de un bit hasta conformar el dato transmitido. El receptor a través del bit paridad verifica errores en transmisión, y confirma el final del dato con los bits de parada. Cabe señalar que tanto el receptor como el transmisor deben tener los mismos parámetros de velocidad (Kbs), paridad, número de bits de transmisión, y bits de parada.

La configuración de los parámetros para las comunicaciones asíncronas, se realizan por software mediante funciones y registros especiales de determinados tipos de PIC'S. Todo PC tiene una tarjeta de comunicación serial, la misma que se activa en la plataforma de Windows mediante la opción hiperterminal del submenú comunicaciones del icono inicio de la pantalla principal; al ejecutar este comando aparece un cuadro de diálogo que solicita su configuración.

1. **Velocidad de transmisión**, está determinada en baudios con valores estándar de 9600, 18200, 36400, o en Kbs (Kilobits por segundo). Es necesario también determinar la velocidad de recepción del receptor en valor similar.
2. **Paridad**, permite confirmar que el dato enviado por el transmisor es el mismo que fue recibido por el receptor, la paridad puede ser par o impar y corresponde al número total de bit's uno lógico que tiene un dato de 8 bits. Durante la transmisión por efecto del ruido

electromagnético puede distorsionarse la señal transmitida la misma que a su vez es verificada por el receptor mediante la paridad.

3. **Bits de parada**, son señales que determinan el final de los datos transmitidos a 8 bits, es decir que al final de cada dato se envían uno o dos bits indicando el final del dato transmitido.
4. **Control de errores**, verifica errores en la transmisión durante un ciclo redundante o ningún ciclo.

En distancias cortas se utiliza transmisiones en niveles lógicos TTL(0-5V), pero a distancias mayores las señales tienden a degradarse debido al efecto capacitivo de los conductores y su resistencia eléctrica, este efecto también se incrementa a medida que se incrementa la velocidad de transmisión, todo esto origina señales erróneas. Una de las soluciones es aumentar los márgenes de voltaje con que se transmiten los datos mediante dispositivos que permitan convertir niveles TTL a RS-232 y viceversa, estos dispositivos son los **drivers** y **receivers** diseñados por compañías tales como Motorola y Maxim's.

El computador no tiene inconvenientes en trabajar con tres niveles de voltaje diferentes pero el microcontrolador sólo trabaja con 5 V siendo imposible por si solo desarrollar los 3 voltajes diferentes requeridos para comunicación serial, para solucionar este problema compañía MAXIM'S ha desarrollado el integrado MAX – 232, el mismo que mediante un elevador de voltaje interno e inversores convierte el voltaje de 5 V al de doble polaridad ± 12 V que son necesarios para la comunicación serial, además internamente dispone de dos parejas completas de driver y receiver para la conversión de niveles de voltaje. Actualmente existen varias normas y tipos de comunicación serial, que permiten incrementar el número de transmisores o receptores, la velocidad de transmisión, la distancia, pero a pesar de esto los principios rectores siguen siendo los mismos de la comunicación asíncrona de interfase RS-232.

En la práctica la interfase RS-232 esta conformados por un cable UTP con un solo conductor con referencia a tierra, el ruido puede ser eliminado mediante el cable con apantallamiento a tierra o mediante un condensador conectado en paralelo con la salida del transmisor y tierra, es recomendable una velocidad de transmisión no mayor a 9.6 Kbps.

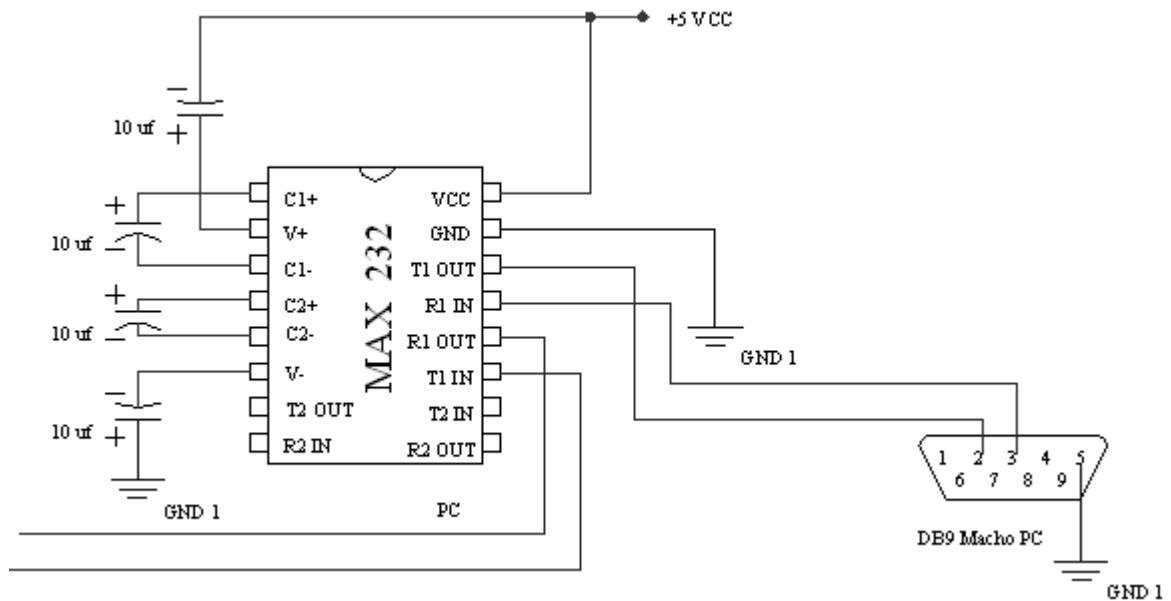


Figura 3.12 Circuito de adquisición de datos serial con el integrado MAX-232

2.4.4 CABLES DE COMUNICACIONES

Los cables para comunicaciones serial o paralela son del tipo multipar trenzado, los mismos que son seleccionados de acuerdo a las características operativas, de diseño y montaje.

a) Cable UTP (Unshielded Twisted Pair)

Es un cable par trenzado no blindado cubierto por una chaqueta aislante. El trenzado sirve para anular el ruido electromagnético interno (EMI); cada conductor es de cobre con diámetros de 20 – 24 AWG, su impedancia es aproximadamente de 100-120 Ω por metro. No tiene protección contra ruidos electromagnéticos externos, por lo que su instalación requiere tener una separación no menor de 20cm de los cables de potencia, su longitud de transmisión es de 100m y tiene la capacidad de transmitir datos a una velocidad de 100 Mbps (Mega bits por segundo).

b) Cable STP (Shielded Twisted Pair)

Es conocido también como cable par trenzado blindado, su blindaje externo es similar a una malla de cobre que lo rodea y un blindaje interno independiente con papel de aluminio

metálico por cada par trenzado, de esta manera tiene protección contra ruido electromagnético externo e interno, su impedancia es de aproximadamente 150Ω por metro. Algunos tienen un conductor de drenaje alrededor de toda la malla externa para evitar señales parásitas, esta malla debe conectarse a tierra.

c) Cable SCTP (Screened Twisted Pair)

También es llamado par trenzado apantallado, es una combinación de los cables tipos UTP y STP; la pantalla externa es un papel conductor envolvente de aluminio, similar a una cinta metálica que rodea internamente a los multipares del conductor. La impedancia del cable es de aproximadamente 100Ω por metro, tiene un conductor de drenaje alrededor de toda la malla externa para eliminar señales parásitas, es más costoso que el UTP y el STP; es utilizado para condiciones extremas de montaje y operación.

SOFTWARE DE INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL

El avance tecnológico en los años sesenta y los exigentes requerimientos productivos de los procesos industriales han impulsado la creación de sistemas virtuales que permitan centralizar desde un computador el control de las variables de un determinado proceso. Actualmente somos testigos del acceso que tenemos a la innovación diaria de la tecnología para la satisfacción de las necesidades productivas que anteriormente eran exclusivas de las grandes multinacionales, soluciones técnicas que cada vez son más accesible a nuestras pequeñas y medianas empresas impulsadas por un mundo globalizado que ha permitido una liberación del mercado tecnológico mundial.

La instrumentación virtual es la ciencia que combina el hardware y software con tecnología computacional estándar, es creado para dar soluciones de medición y generación de señales definidas por el usuario. El hardware permite introducir o generar señales hacia o desde el computador, está constituido por tarjetas electrónicas de control, potencia, acondicionamiento de señales, adquisición de datos y el computador. Las grandes compañías multinacionales especializadas en sistemas de control y automatización, han desarrollado software de instrumentación virtual tales como Labview, Labwindows, CVI, Components Works, etc.

2.5.5 DISPOSITIVOS DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Los instrumentos de medida adquieren, ordenan, analizan y presentan las mediciones. Estas señales deben ser convertidas al lenguaje de máquina para ser comprendidas por el computador. Las empresas han desarrollado medios de adquisición y comunicación de datos tales como el RS-232, RS-485, instrumentos GPIB, los instrumentos GPIB, VXI, PXI, etc.

Los datos son analizados y organizados para convertirlos en información útil para el usuario por medio de operaciones matemáticas y de análisis estadístico. La presentación de datos lo realiza en una forma de visualización con sentido para el usuario como lo es el lenguaje decimal. Existen dos dispositivos para la adquisición de datos: Tarjetas DAQ de propósito general e instrumentos de propósito especial.

Las tarjetas DAQ de propósito general convierten la información a digital y se conectan a la computadora y no realizan la medición final debido a que su función es únicamente acondicionar y entregar datos binarios al computador para ser procesados e interpretados por un programa de control e instrumentación. Los instrumentos de propósito especial, tienen capacidades específicas que no se pueden cambiar, se comunican con la computadora con un protocolo específico. Se puede utilizar conexión Ethernet, RS-232, GPIB o VXI, las tarjetas DAQ pueden ser instaladas en el computador o en el lugar de medición de acuerdo a las conveniencias y requerimientos del proceso, el software se comunica con los instrumentos o tarjetas DAQ mediante los drivers.

2.5.6 SEÑALES ANÁLOGAS

Todas las señales de control son por lo general, variables físicas análogas que adquieren o generan los instrumentos virtuales. Las señales DC, son utilizadas para adquisiciones simples debido a que la variación es lenta. Las señales en el dominio del tiempo son adquisiciones múltiples o rápidas, siendo importante considerar la forma de la señal. Las señales en dominio de la frecuencia también son rápidas y de adquisición múltiple siendo importante la adquisición de la información del contenido armónico en la señal.

La velocidad de la señal determina el tipo de muestreo a aplicar, considerando el Teorema de Nyquist, se determina que a mayor velocidad de muestreo será mejor la reconstrucción de la

señal original y que la frecuencia de muestreo debe ser por lo menos el doble de la frecuencia máxima de la señal.

La referencia de las señales debe ser la adecuada de tal manera que garantice una medición correcta y poca posibilidad de destrucción del hardware.

La referencia absoluta corresponde a todas las señales con referencia a tierra, como lo son las salidas del tomacorriente. Las señales flotantes son aquellas que no tienen ninguna conexión a tierra manteniendo su diferencia de potencial constante como lo son las baterías, termocuplas, transformadores de aislamiento.

2.5.7 SOFTWARE DE INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL

La Empresa National Instruments de los Estados Unidos de Norteamérica, ha desarrollado el software de instrumentación virtual LabVIEW, el mismo que se ejecuta en plataforma de Windows, tiene una gran versatilidad por estar diseñado mediante programación gráfica. Son instrumentos virtuales (VIs), ya que su apariencia y funcionamiento imitan los de un instrumento real, los mismos que tienen tres partes principales: el panel frontal, el diagrama de bloques y el icono/conector.

El panel frontal (Fig. 2.10) permite dar valores de entrada y ver los valores de salida del diagrama de bloques del VI. Dado que el panel frontal es análogo al panel frontal de un instrumento, las entradas son llamadas controles y las salidas son llamadas indicadores. Existe una gran variedad de controles e indicadores como perillas, interruptores, botones, gráficas, etc. Los controles e indicadores ayudan a que el panel frontal sea fácil de entender para el usuario, además la interacción se realiza en tiempo real a través de eventos del cursor mouse. Posee un sin número de instrucciones que facilitan al programador las interrelaciones con el exterior por medio de los periféricos de salida.

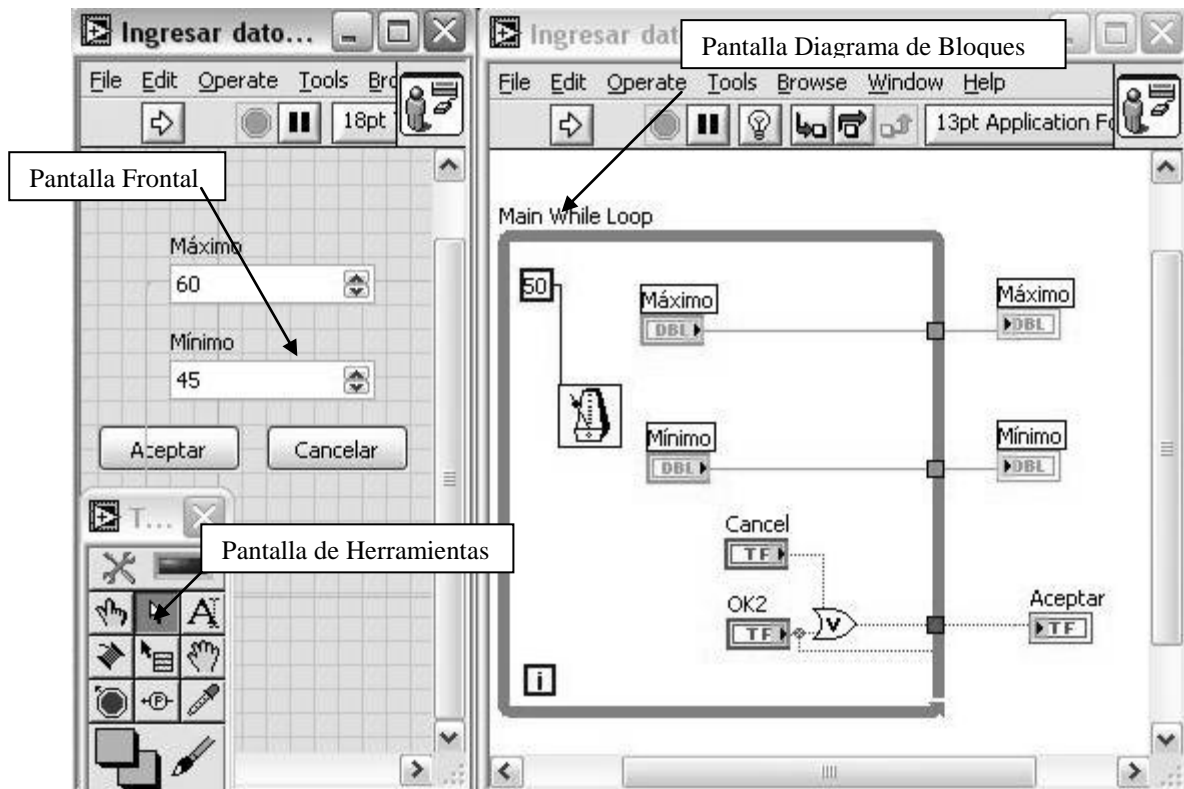


Figura 3.13 Pantalla Frontal y Pantalla Diagrama de Bloques de LabVIEW

Cada panel frontal está acompañado de un diagrama de bloques que es el programa del VI. Se puede considerar que el diagrama de bloques es el código fuente del programa y representa los nodos del programa tales como ciclos “For”, estructuras “Case”, y funciones aritméticas. Todos los componentes se conectan gráficamente para definir el flujo de datos dentro del diagrama de bloques.

2.5.8 COMUNICACIÓN SERIAL MEDIANTE LABVIEW

La comunicación serial es un medio muy popular para la transmisión de datos entre la computadora y un dispositivo periférico. Lab VIEW dispone de una librería denominada **Instrument I/O >>Serial** que contiene funciones utilizadas para las operaciones del puerto serial. Estas funciones llaman al driver del puerto serial instalado por el sistema operativo de la computadora, en la figura 2.11 se observa el icono de la función VISA serial que es la que configura los parámetros requeridos para la transmisión de datos.



Escribe un dato desde el buffer de escritura al dispositivo o interfase especificado por el comando VISA.



Cierra una sesión o evento especificado por el comando VISA.



Captura el dato en modo cadena de caracteres y lo cambia a decimal.

Es importante considerar que el número de bits por dato y la velocidad de transmisión en baudios del microcontrolador y el comando VISA serial deben iguales para garantizar una óptima comunicación. Si la transmisión de datos se va a realizar en un ambiente donde exista demasiado ruido eléctrico se recomienda utilizar cables de comunicación apantallado categoría 5 (100 MBS), además se debe considerar que cuando el cable es soldado en cualquier tramo ya no es factible realizar la comunicación serial.

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL HARDWARE Y SOFTWARE DEL SISTEMA DE CONTROL

SELECCIÓN DE SENSORES DE TEMPERATURA Y NIVEL

Es necesario e importante, en condiciones de diseño, reparación y modificación de los sistemas de control, tener presente los siguientes cinco parámetros básicos para seleccionar un transductor.

1. La variable a medir.
2. El sistema de datos.
3. El diseño del transductor.
4. Disponibilidad.
5. Costo.

La variable a medir

Es la magnitud física a controlar mediante dispositivos electrónicos, eléctricos ó mecánicos. Las consideraciones más importantes a tener presente para este parámetro son las siguientes:

- Determinar específicamente la variable a medir o controlar.
- Analizar cuál es el propósito de la medida, pudiendo ser de medición, detección o control.
- Definir el rango requerido de acuerdo a las variaciones máximas y mínimas de la variable a controlar.
- Considerar sobrecargas que puedan ocurrir en el elemento primario, siendo la magnitud máxima de la medida (variable dinámica) que se le puede aplicar al transductor sin ocasionar una alteración permanente de sus características operativas.

- Seleccionar la velocidad de respuesta de un transductor de acuerdo a la variable del proceso; esta consideración está relacionada además con la frecuencia de muestreo (número de datos adquiridos en función del tiempo) de la señal controlada.
- Seleccionar el Set Point o punto de referencia nominal de la variable controlada.

Sistema de datos

Es la forma que se va a procesar la señal de control. Los factores más importantes a considerar son:

- La impedancia de datos del sistema, desde el sensor hasta el computador.
- Verificar la necesidad de un limitador o amplificador.
- El voltaje y corriente de alimentación para las señales lógicas del transmisor - receptor.

Diseño del transductor

Comprende las restricciones sobre la masa, tamaño, potencia y configuración. Los factores más importantes a considerar son los siguientes:

- Analizar el principio de transducción que se adapta satisfactoriamente a la variación de la variable física a medir y determinar su equivalente a la salida como respuesta del transductor.
- Restricciones o normas internacionales de instalación.
- Características técnicas y operativas del transductor.
- Periodo de vida del transductor.

Disponibilidad

Verificar si existe en el mercado local el transductor que cumple con los requerimientos deseados, caso contrario verificar la factibilidad de importación del mismo.

Costo

Comprobar que se justifique el costo, considerando que el transductor involucre un costo adicional por operación y mantenimiento, además es importante considerar cuál es la característica del transductor que involucra mayor costo.

3.1.3 SELECCIÓN DEL SENSOR DE NIVEL

Es importante considerar que el nivel a medir es de aceite de palmiste con una densidad aproximada de 0.903 gr/cm^3 a $40 \text{ }^\circ\text{C}$, la temperatura de almacenamiento no provoca vapores considerables en la superficie, de esta manera el sensor puede determinar la **altura de vacío** comprendida entre el límite superior del tanque de almacenamiento y el nivel de aceite, posteriormente se obtiene la altura real del líquido que va desde la referencia inferior hasta el nivel medido mediante procedimientos matemáticos. El tanque de almacenamiento es semicerrado de color negro no presurizado, tiene únicamente la influencia de la presión atmosférica.

Mediante una consulta a personal especializado en instrumentación y control de Repsol YPF, Ingeniería en Control de Procesos INCOPRO, Suministros Eléctricos SUMELECTRIC, Soluciones Tecnológicas SOLTEC y profesionales del sector Agroindustrial, se determinó que los sensores ultrasónicos son los más utilizados para la medición de niveles en tanques de almacenamiento. Estos dispositivos electrónicos tienen un costo elevado el mismo que depende de la aplicación, tipo de líquido o material a medir, posibilidades de calibración, programación y accesorios especiales para aplicaciones específicas. Es importante considerar que es necesario realizar el acondicionamiento de la señal analógica de voltaje de acuerdo a las características del sensor y el microcontrolador. En la tabla 3.1 se detalla los datos técnicos del sensor Ultrasónico UC6000-30GM-IUR2-V15 seleccionado para la aplicación.

Tabla 2.6 **Detalle de características técnicas del sensor Ultrasónico UC6000**

Características	Requerimientos	Ultrasónico
Variable a medir		
Altura de nivel	5.7 m	6 m
Propósito	Medir tonelaje de aceite	Líquidos/ Sólidos
Valor máximo	5.7 m	6
Valor mínimo	0	0,4 m
Velocidad de respuesta	Lenta	Velocidad ajustable
Referencia	Base del depósito	Nivel de aceite

Sistema de datos		
Tipo de datos	Señal análoga de voltaje	Voltaje / miliamperios
Amplificación	No	No
Voltaje de operación	0 a 12V	0-10 V
Diseño del transductor		
Tamaño	Mínimo posible	115mm * Ø 75 mm
Instalación	Vertical	Vertical
Precisión	0.3 %	<=0.2 %
Principio del transductor	Dado por fabricante	Señal Ultrasónica
Restricciones y normas	Humedad, temperatura	-25°C a 70°C 400mm área no medible
Protección (IEC)	Instalación en tanques Semicerrados	IP65
Disponibilidad		
Existencia en el mercado	Verificar proveedores	No
Requiere importación	Verificar proveedores	Si
Costos		
Justificación de costos	Verificación operacional	Si
Requiere mantenimiento	Consultar fabricante	No

El sensor dispone además de un conector exclusivo para programación manual y que es a su vez compensador de temperatura; para la programación mediante software, se dispone del programa ULTRA2001 el mismo que realiza la configuración del sensor mediante el puerto RS -232. En el ANEXO B se puede obtener más información técnica del sensor Ultrasónico seleccionado para la aplicación.

3.1.4 SELECCIÓN DEL SENSOR DE TEMPERAURA

La temperatura nominal requerida para el aceite almacenado es de 50°C, las condiciones operativas y el medio ambiente son factores que provocan una variación de temperatura al interior de los depósitos de almacenamiento, esta variación es lenta debido al volumen almacenado, por ello se puede tomar datos en intervalos de 1 a 5 min por condiciones del proceso. En la tabla 3.2 se determina las características técnicas del sensor de temperatura seleccionado para la aplicación.

Tabla 2.7 Selección del sensor de temperatura

Características	Requerimientos	RTD (Pt100)
Variable a medir		
Temperatura de aceite	Grados centígrados	Aplicable
Propósito	Calidad y control	Si
Valor máximo	55 °C	100 °C
Valor mínimo	50 °C	0 °C
Velocidad de respuesta	Lenta	Lenta
Referencia	50 °C	50 °C
Sistema de datos		
Tipo de datos	Señal analógica	Voltaje / miliamperios

Impedancia sensor	Mínima posible	100 Ω
Amplificación	No	Si
Voltaje de operación	0 a 5 V	0 a 5V
Diseño del transductor		
Tamaño	Mínimo posible	4 Pulgadas
Instalación	Flotador en aceite	Diseñar soporte
Precisión	0.5	$\pm 2.2\% - \pm 0.75\%$
Principio del transductor	Dado por fabricante	$\Delta R \propto \Delta t$
Restricciones y normas	Temp. máxima 60 °C	-190°C a 840°C
Distancia de instalación	22 m	30 m
Disponibilidad		
Existencia en el mercado	Verificar proveedores	Si
Requiere importación	Verificar proveedores	No
Costos		
Justificación de costos	Verificación operacional	Si

Se ha determinado la conveniencia de instalarlo por su linealidad operativa como se muestra en la figura 3.1 y la protección mecánica (vainas metálicas) al efecto de la acidez del aceite a 50°C. Es necesario adicionalmente diseñar un circuito amplificador de la señal analógica de control mediante amplificadores operacionales. Por recomendaciones de personal especializado de instrumentación se decide realizar la conexión de la RTD a tres hilos mediante un puente de Wheatstone, la única condición es que los tres cables tengan la misma resistencia eléctrica. Además como la RTD Pt100 va a ser instalada directamente al aceite se recomienda proteger el cable con aislamiento térmico. En el ANEXO C se determinan los valores de resistencia en la RTD Pt100 para distintos valores de temperatura.

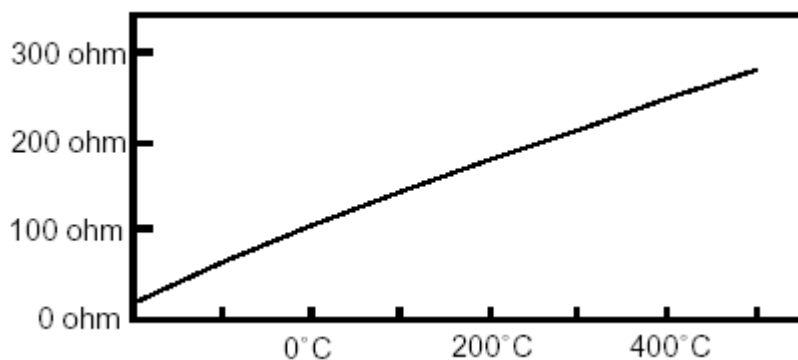


Figura 3.16 Curva de resistencia en función de temperatura Pt100

SELECCIÓN DEL PIC ADECUADO PARA LA APLICACIÓN

Es importante considerar que el microcontrolador seleccionado debe satisfacer eficientemente los requerimientos operativos del proceso a controlar, además la disponibilidad de

los periféricos de control debe ser adecuada para suplir necesidades futuras de ampliación o reemplazo por daño en los mismos. Cabe señalar que el número de pines del microcontrolador está relacionado con la capacidad de los periféricos de control y de los recursos auxiliares que incrementan las posibilidades de control y también su costo económico.

La precisión está relacionada con el número de bits de la palabra digital que utiliza como lenguaje propio del sistema y ésta a su vez determina el rango de error permisible en la señal controlada, de tal manera que a mayor número de bits el rango de error o incertidumbre se reduce.

Para señales analógicas de control, el voltaje de referencia disponible del microcontrolador debe ser igual a la señal enviada por el transductor para una óptima medición, en caso contrario es necesario acondicionar la señal.

La referencia flotante del circuito de control (negativo sin conexión a tierra) evita que señales parásitas se filtren y causen daños a las tarjetas electrónicas.

REQUERIMIENTOS OPERATIVOS

Control de Nivel

El sensor de nivel debe enviar continuamente una señal analógica de voltaje hacia el microcontrolador, el mismo que a su vez procesa la información para convertirla en código binario y enviarla hacia el computador por medio del puerto serial RS 232.

En el computador se podrá visualizar el nivel de aceite almacenado y el tonelaje aproximado en lenguaje entendible para el operador. Además se podrá enviar señales de control hacia el microcontrolador a través de la interfase serial para el accionamiento y apagado automático de la bomba de despacho de aceite. También el microcontrolador deberá automáticamente accionar lámparas piloto indicadoras de nivel en las referencias de alto, medio, bajo, y también accionará una alarma auditiva (sirena) únicamente en el nivel alto.

Control de Temperatura

El sensor de temperatura debe enviar continuamente una señal analógica de voltaje hacia el microcontrolador, el mismo que procesa la información en código binario para enviarla al computador a través de una interfase serial RS 232. De acuerdo a los requerimientos operativos en el tanque de almacenamiento, la temperatura del aceite del mismo dependerá de la apertura y cierre de una válvula de vapor accionada mediante un motor a pasos.

En el computador se podrá visualizar en grados centígrados, la temperatura del aceite almacenado. En condiciones operativas normales el sistema controlará la apertura y cierre de la válvula de vapor de acuerdo a un rango de operación con un valor máximo y mínimo previamente determinado. Debido a la normalización, el aceite almacenado requiere únicamente un valor constante de 50°C, por lo que se recomienda considerar una tolerancia de $\pm 5^\circ\text{C}$ para garantizar un aceite de óptima calidad.

RESPUESTA A EVENTOS Y FALLAS DEL SISTEMA

Es importante considerar en el diseño, todas las fallas y eventos que pudieran suscitarse en el sistema de control, para de esta manera desarrollar mecanismos y procedimientos que permitan una operación continua y segura del proceso mientras se rehabilita en el menor tiempo posible el sistema automático de control.

Todo sistema de automatización de un proceso, requiere de un respaldo operativo manual, debido a que todo sistema de control es susceptible a fallas. Es posible crear procedimientos manuales, semiautomáticos que permitan mantener el proceso productivo mientras se rehabilita el sistema de control automático en el menor tiempo posible. La mejor manera para identificar fallas y desarrollar soluciones es a través de preguntas, encuestas y experiencias propias de los operadores de procesos en sistemas de control similares.

u) ¿Qué pasa al suscitarse un daño en el Computador de control del proceso?

La visualización y el control automático desde el computador quedan deshabilitados, el proceso continúa funcionando pero los registros de la base de datos se borran, las principales características de este tipo de falla son:

- El sensor y el microcontrolador están en óptimas condiciones, por lo tanto se puede visualizar valores de nivel y temperatura a través de la pantalla LCD.
- Es recomendable que el computador asignado para realizar el control de los tanques de almacenamiento, sea exclusivo y tenga acceso restringido a personal autorizado, además los datos deben ser actualizados en cada inicio de jornada laboral y almacenados en dispositivos externos de almacenamiento de datos como diskett's, CD'S etc.
- Desde el teclado del tablero de control local se puede despachar el aceite requerido.
- Una vez restablecido el sistema el software de instrumentación virtual LabVIEW o similares deben actualizar sus registros de producción manualmente.

v) ¿Qué sucede al dañarse el sensor de nivel?

El microcontrolador envía señales erróneas al computador y al visor LCD, de esta manera la base de datos creada debe ser corregida manualmente al rehabilitarse o cambiarse el sensor, es importante además realizar curvas diarias con los datos almacenados para tener un historial del proceso. Las características más importantes son:

- No se puede ejecutar el despacho de aceite desde el computador ni de la estación local mediante el teclado y visor LCD.
- El sensor dañado produce datos erróneos en LCD, la temperatura será controlada normalmente por la apertura o cierre de la válvula de vapor.
- Si es urgente realizar el despacho de aceite se debe poner en modo manual el control de la bomba.
- Utilizar el sistema mecánico de piola polea para medición de nivel y las tablas de cubicación para controlar el tonelaje despachado.
- Al rehabilitarse el sistema, los datos de despacho deben actualizarse manualmente.

w) ¿Qué sucede al dañarse el sensor de temperatura?

Los valores visualizados en el computador y la pantalla LCD son erróneos, siendo imposible controlar temperatura desde la estación remota y el computador. Las características más importantes de esta falla son:

- Los datos de tonelaje son erróneos debido a su cálculo matemático con la influencia de temperatura.
- Habilitar el bypass de la tubería de vapor para operación manual.
- Realizar el ajuste de temperatura mediante termocupla o medidor de temperatura manual.
- Actualizar los datos manualmente.

x) ¿Qué sucede al dañarse el microcontrolador?

Esta falla se produce por variaciones en el sistema eléctrico de alimentación, cortocircuitos o mala manipulación o conexión del integrado. Las señales de control son erróneas provocando una completa deshabilitación del sistema automático de control. Las características más importantes son:

- Monitor del computador presenta datos erróneos, siendo imposible el control mediante software de instrumentación virtual o similar.
- Los datos visualizados en el LCD del control remoto son erróneos.
- Los actuadores están completamente deshabilitados.
- Es necesario accionar el bypass para operación manual de las tuberías de aceite y vapor.
- El selector eléctrico cambiar a operación manual para accionamiento de la bomba de despacho, además es necesario utilizar el medidor de nivel mecánico y las tablas de tonelaje de aceite.
- Para controlar la temperatura se utilizará un medidor de temperatura manual.
- Ajustar los datos manualmente.

y) ¿Qué sucede al dañarse el LCD?

El control local desde el tanque queda completamente deshabilitado. El computador puede controlar correctamente el sistema automático de despacho de aceite y temperatura mediante el microcontrolador.

z) ¿Qué sucede al dañarse el teclado de programación manual?

El control local está deshabilitado completamente, el computador puede operar automáticamente el sistema de control de temperatura y despacho de aceite.

aa) ¿Qué sucede al dañarse el motor a pasos que acciona la válvula MOV?

El LCD visualiza perfectamente los datos en tiempo real, puede programar la acción requerida pero el motor a pasos no accionará la válvula. Es necesario reemplazar el motor.

bb) ¿Qué sucede al dañarse el circuito de control o tarjetas acondicionadoras de señal?

El circuito de control puede fallar por acción de un cortocircuito, desconexión de la fuente de alimentación, daño en la tarjeta electrónica rectificadora que alimenta con corriente directa a los dispositivos de control o daño en la tarjeta de control principal. En estas condiciones las características más importantes son:

- Están deshabilitados el microcontrolador, motores y LCD.
- Es necesario operar en modo manual los controles de despacho y medir manualmente nivel y temperatura de aceite hasta corregir la falla.
- Se recomienda tener disponibles tarjetas electrónicas de repuesto para rehabilitar el sistema en el menor tiempo posible.
- Se debe calibrar la condición inicial de la válvula de vapor que es accionada por motor (MOV), midiendo la temperatura del aceite almacenado, si es mayor a 45 °C la válvula debe ser abierta y menor a 45°C válvula debe estar cerrada.

cc) ¿Qué sucede al dañarse el circuito de fuerza?

Todo el sistema está deshabilitado, es necesario medir manualmente el nivel y temperatura de aceite, es imposible realizar el despacho de aceite se requiere urgentemente rehabilitar el sistema de fuerza.

CARACTERÍSTICAS DEL MICROCONTROLADOR

El microcontrolador a seleccionar debe tener el número de entradas y salidas requeridas, de fácil programación, adaptable a cambios de los requerimientos de control y debe estar disponible en el mercado a un bajo costo. La empresa Microchip ha desarrollado tecnología en microcontroladores con la finalidad de motivar a estudiantes de Ingeniería en electrónica o afines a desarrollar proyectos reales y prácticos para dar soluciones a los problemas técnicos actuales. Con la libertad de información y conocimiento actualmente existente, mediante el Internet, se puede acceder a información de última tecnología sin mayores restricciones como lo era anteriormente, por ello los microcontroladores PIC son los más populares y económicos del mercado nacional ecuatoriano, además tienen respaldo técnico en su página web www.microchip.com accesible para todo usuario interesado en realizar proyectos con los productos de la empresa Microchip.

Para el proyecto de automatización del despacho de aceite de palmiste y control de temperatura, el microcontrolador PIC debe satisfacer los siguientes requerimientos:

- Manejar dos señales analógicas a la vez (nivel y temperatura).
- Poseer dos conversores análogo/digital para enviar salidas digitales al computador.
- Operación asíncrona en toma de datos por ser el proceso lento.
- Tres salidas digitales para indicadores luminosos de nivel alto, medio y bajo.
- Una salida exclusiva para accionamiento automático de la bomba de despacho.
- Cuatro salidas para accionamiento del servomotor para control de temperatura.
- Ocho entradas digitales para teclado matricial hexadecimal.
- Seis salidas digitales para visor LCD.
- Posibilidad para comunicación serial RS 232.

De acuerdo a estos requerimientos el PIC seleccionado para el proyecto es el **16F877A** indicado en la figura 3.2 perteneciente a la gama media, el mismo que está disponible en el mercado nacional, las características más importantes de este microcontrolador son:

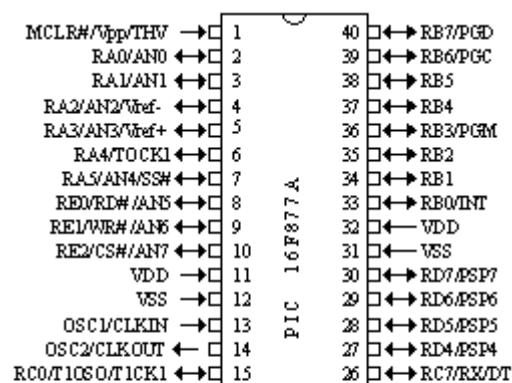


Figura 3.17 Distribución de pines PIC16F87A

- Memoria de programa y de datos son independientes y trabajan en paralelo facilitando la transmisión de datos.
- Memoria de programa de tipo Flash con una capacidad de 8000 palabras de 14 bits.
- Tiene 40 pines en total.
- Posee cinco puertos configurables A, B, C, D, E para entrada y salida de datos.
- Conversor análogo a digital con ocho entradas análogas.
- Procesador de arquitectura RISC con 35 instrucciones de 14 bits de longitud.
- La frecuencia de operación máxima es de 20Mhz.
- La capacidad de la memoria de datos RAM es de 368 bytes.
- La capacidad de la memoria de datos EEPROM es de 256 bytes.
- Dispone de 14 fuentes de interrupción internas y externas.
- Pila de 8 niveles.
- Modos de direccionamiento directo indirecto y relativo.
- Perro guardián WD.
- Código de protección programable.
- Modo “sleep” de bajo consumo.
- Programación serial RS 232.
- Voltaje de alimentación de 2 a 5.5V.
- Bajo consumo (menor de 2mA a 5V y 5 Mhz).
- Timer 0: temporizador-contador de 8 bits con predivisor de 8 bits.
- Timer 1: temporizador-contador de 16 bits con predivisor.
- Timer 2: temporizador-contador de 8 bits con predivisor y postdivisor.
- Dos módulos de captura-comparación-PWM.
- Conversor análogo digital de 10 bits.
- Puerto serie síncrono (SSP) con SPI e I2C.
- Puerto paralelo esclavo (PSP).

DISTRIBUCIÓN DE PINES PIC 16F877A

El microcontrolador dispone de 40 patitas o pines ordenadas ascendentemente en doble hilera, algunas están diseñadas para realizar varias funciones de acuerdo a una configuración específica.

- MCLR#/VPP/THV (1): entrada de RESET o entrada de voltaje de programación o voltaje alto en el modo test.
- RA0/AN0 (2): puede actuar como línea digital de E/S de puerta A o como entrada analógica al conversor AD (canal 0).
- RA1/AN1 (3): puede actuar como línea digital de E/S de puerta A o como entrada analógica al conversor AD (canal 1).
- RA2/AN2/VREF – (4): puede ser línea digital de E/S de puerta A, entrada analógica (canal 2) o entrada del voltaje de referencia negativo.
- RA3/AN3/VREF + (5): línea digital de E/S de puerta A, entrada analógica (canal 3) o entrada del voltaje de referencia positivo.
- RA4/T0CKL (6): línea digital de E/S de puerta A o entrada del reloj del Timer0. Salida con colector abierto.
- RA5/AN4/SS# (7): línea digital de E/S de puerta A, entrada analógica (canal 4) o selección como esclavo de la puerta serie síncrona.
- RE0/RD#/AN5 (8): línea digital de E/S de puerta E, señal de lectura para la puerta paralela esclava o entrada analógica (canal 5).
- RE1/WR#/AN6 (9): línea digital de E/S de puerta E, señal de escritura en la puerta paralela esclava o entrada analógica (canal 6).
- RE2/CS#/AN7 (10): línea digital de E/S de puerta E, activación/desactivación de la puerta paralela esclava o entrada analógica (canal 7).
- VDD (11): entrada de alimentación positiva.
- VSS (12): conexión a tierra.
- OSC1/CLKIN (13): entrada del cristal de cuarzo o del oscilador externo.
- OSC2/CLKOUT (14): salida del cristal de cuarzo. En modo RC (resistencia -condensador). Este pin (OSC2), saca la cuarta parte de la frecuencia que se introduce por OSC1, que determina el ciclo de instrucción.

- RC0/TIOSO/T1CKL (15): línea digital de E/S de puerta C o salida del oscilador del Timer1 o como entrada de reloj del Timer1.
- RC1/TIOSL/CCP2 (16): línea digital de E/S de puerta C o entrada al oscilador del Timer1 o entrada al módulo Captura2/salida Comparación2/salida de PWM2.
- RC2/CCP1 (17): E/S digital de puerta C. También puede actuar como entrada Captura1/salida Comparación/salida de PWM1.
- RC3/SCK/SCL (18): E/S digital de puerta C o entrada de reloj serie síncrona /salida de los modos SPI e I2C.
- RD0/PSP0 (19): E/S digital de puerta D o como línea de transferencia de información en la comunicación de la puerta paralela esclava.
- RD1/PSP1 (20): E/S digital de puerta D o como línea de transferencia de información en la comunicación de la puerta paralela esclava.
- RD2/PSP2 (21): E/S digital de puerta D o como línea de transferencia de información en la comunicación de la puerta paralela esclava.
- RD3/PSP3 (22): E/S digital de puerta D o como línea de transferencia de información en la comunicación de la puerta paralela esclava.
- RC4/SDL/SDA (23): E/S digital de puerta C o entrada de datos en modo SPI o datos binarios en modo I2C.
- RC5/SDO (24): E/S digital de puerta C o salida de datos en modo SPI.
- RC6/TX/CK (25): E/S digital de puerta C o pin del transmisor del USART asíncrono o como reloj síncrono.
- RC7/RX/DT (26): E/S digital de puerta C o receptor del USART asíncrono o como datos síncronos.
- RD4/PSP4 (27): E/S digital de puerta D o como línea de transferencia de información en la comunicación de la puerta paralela esclava.
- RD5/PSP5 (28): E/S digital de puerta D o como línea de transferencia de información en la comunicación de la puerta paralela esclava.
- RD6/PSP6 (29): E/S digital de puerta D o como línea de transferencia de información en la comunicación de la puerta paralela esclava.
- RD7/PSP7 (30): E/S digital de puerta D o como línea de transferencia de información en la comunicación de la puerta paralela esclava.
- VSS (31): conexión a tierra.
- VDD (32): entrada de alimentación positiva.
- RB0/INT (33): línea digital de E/S de puerta B o entrada de petición de interrupción externa.

- RB1 (34): línea digital de E/S de puerta B.
- RB2 (35): línea digital de E/S de puerta B.
- RB3/PGM (36): línea digital de E/S de puerta B o entrada del voltaje bajo para programación.
- RB4 (37): línea digital de E/S de puerta B.
- RB5 (38): línea digital de E/S de puerta B.
- RB6/PGC (39): línea digital de E/S de puerta B. En la programación serie recibe las señales del reloj.
- RB7/PGC (40): línea digital de E/S de puerta B. En la programación serie actúa como entrada de datos.

DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL PARA LA ADQUISICIÓN DE

DATOS CON MICROCONTROLADOR PIC16F877A

El circuito estará conformado por elementos de control que funcionen con corriente continua y dispositivos de control de corriente alterna respectivamente. Se realizó una previa visita técnica para determinar los equipos eléctricos ya existentes, su ubicación, calidad del suministro energía y la disponibilidad física para instalar el tablero de control local que se diseña. Las novedades más importantes que se han determinado son:

- La calidad de energía es deficiente oscila entre 100 a 112 VAC dependiendo del suministro de energía entregado por E.M.E.L.E.S.A.
- La alimentación para circuitos de control de 110V se obtendrá del transformador seco de servicios auxiliares de la fábrica.
- Actualmente se dispone de alimentación independiente de 220V para el sistema de control y fuerza de la bomba de despacho que tiene una potencia de 2HP y voltaje de 220V y está instalada a 16 m aproximadamente del área de caldero.
- La bomba de llenado o transferencia es de 3HP/460V y es energizada desde el tablero de control del área de prensado, este equipo está instalado aproximadamente a 60m del área de caldero.
- Existe un tanque gemelo TKS para llenado temporal de aceite antes de pasarlo al tanque principal. Éste es utilizado como medida de tonelaje para llenado, además posee un sistema de boyas de nivel que no son utilizadas por que la operación de la bomba de llenado es manual. La distancia medida al área de calderos es aproximadamente de 43m, en esta área se instalará el tablero de control del proyecto.

- Los tanques gemelos se comunican a un tanque de reserva de aproximadamente 20 toneladas para almacenamiento de aceite en caso de exceso de producción.
- Se dispone de un tanque principal TKP de aproximadamente 230 toneladas para almacenamiento de aceite.
- Se adaptará un motor de pasos a una válvula de vapor tipo compuerta para controlar el paso del vapor a los serpentines de calentamiento del Tanque.

Se recomienda centralizar el control manual y automático desde un solo tablero de control cerca al área de calderos. En la figura 3.3 se observa la boya metálica donde se instala la RTD (sensor termoresistivo).

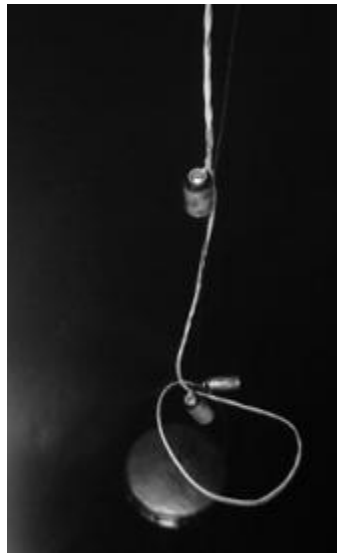


Figura 3.18 Boya metálica con sensor de nivel

El sensor ultrasónico (Fig. 3.4) debe instalarse en la parte superior del tanque de almacenamiento principal, en donde no tenga problemas el eco de la señal ultrasónica. La distancia aproximada es de 21 m hacia el tablero de control proyecto.



Figura 3.19 Sensor Ultrasónico

3.3.3 EL MOTOR A PASOS

El motor a pasos es un motor especial que es muy preciso en velocidad, movimiento, enclavamiento, giros, y la señal que requiere para su funcionamiento es de naturaleza digital, El motor a utilizar es el motor PAP unipolar de 6 cables de salida a 5VCD de alimentación para su funcionamiento, el mismo está conformado por un rotor ranurado de imán permanente y el estator que tiene polos magnéticos ranurados como el mostrado en la figura 3.5. Existen también los motores PAP bipolares que tienen cuatro cables exteriores y dos bobinas, son más complejos de utilizar debido a que requieren para su funcionamiento el circuito integrado L293 que dispone de dos puentes H (H-Bridge) o por lo menos se debe hacer un arreglo de 8 transistores (4PNP y 4NPN).



Figura 3.20 Partes constitutivas de un motor de pasos

El motor da 1.8 grados por paso, de esta manera requerirá de 200 pasos para dar una vuelta completa. De los seis cables disponibles, hay dos grupos de tres, en cada grupo uno de ellos es común a los otros dos con un valor aproximado de 3 ohmios de impedancia. Es recomendable separar la parte de potencia de la de control mediante optoacopladores para poder amplificar la señal de control enviada por los pines de salida del microcontrolador y dar el permiso para el accionamiento del motor a pasos con una fuente diferente de mayor potencia.

Energizando los dos cables comunes al positivo y dando un toque instantáneo a los cables restantes con el negativo de la fuente se determina el pulso de giro, se asume un sentido de giro referencial sea horario o antihorario para determinar la secuencia correcta de accionamiento de las bobinas. En la figura 3.6 se observa el motor PAP acoplado a la válvula tipo compuerta.



Figura 3.21 Motor PAP acoplado a Válvula tipo compuerta

3.3.4 DISEÑO DE LAS TARJETAS DE CONTROL

La tarjeta de control mostrada en la figura 3.7 tiene polaridad negativa independiente del polo negativo de la tarjeta de potencia, para evitar los efectos del ruido eléctrico, por lo tanto el microcontrolador, los circuitos acondicionadores de señal, el visor LCD, con sus respectivos elementos se energizarán a una fuente exclusiva regulada para evitar el ruido de campo eléctrico que se produce al energizarse las bobinas de los relés de la tarjeta de control. Todas las salidas por relé serán acondicionadas mediante opto transistores para separar las polaridades de referencia de control y de potencia.

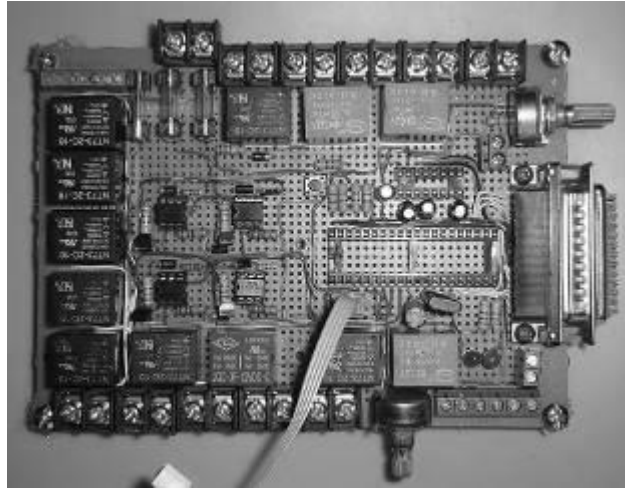


Figura 3.22 Tarjeta de control

El sistema de control está conformado por la tarjeta reguladora de voltaje, el cortapicos, la tarjeta fuente VCC para potencia, la tarjeta fuente VCC para control, la tarjeta de control principal, la tarjeta de potencia conformada por relés para accionamiento del motor de pasos, elementos electromecánicos de control, dispositivos de mando y maniobra, lámparas indicadoras, mímico del proceso controlado, elementos indicadores electrónicos como el LCD o display de cristal líquido. En los diagramas de control del ANEXO D del proyecto se puede observar los circuitos de control de las fuentes de corriente continua y alterna respectivamente.

La entrada AN0 será la entrada analógica de voltaje entregada por la RTD previo el acondicionamiento de la señal por el puente de Wheatstone y los amplificadores operacionales representados en el diagrama del ANEXO E, la entrada AN1 será la entrada analógica de voltaje entregada por el sensor ultrasónico UC6000-30GM-IUR2-V15; se dispone además de un display de cristal líquido para visualizar el nivel y temperatura del aceite almacenado y la visualización de los datos que se ingresan para el despacho de aceite respectivamente.

Mediante la revisión de los planos eléctricos de control se determinó los cambios en las conexiones eléctricas del circuito de control para conectar los permisos y bloqueos del sistema manual y automático de bombeo de aceite.

3.3.5 DISEÑO DE LA TARJETA DE POTENCIA Y PERIFÉRICOS

La tarjeta de potencia mostrada en la figura 3.8 tendrá una fuente de energía exclusiva a +5 y +12 VCC, estará conformada por los relés accionadores, transistores de potencia, para eliminar el

ruido e interferencias causadas por el campo eléctrico que se produce al accionarse el motor a pasos. Las lámparas piloto serán activadas por los interruptores que se accionan al energizarse los relés.



Figura 3.23 Tarjeta de potencia del motor a pasos

3.3.6 CIRCUITO DE CONTROL Y POTENCIA PARA BOMBAS

El circuito de control de las bombas de despacho y llenado se lo detalla en el ANEXO D, donde se ha diseñado para operación en modo manual y automático. La bomba de llenado en modo automático está condicionada su operación al sensor de nivel tipo boya metálica instalado en la parte lateral del tanque gemelo TKS, si el tanque está lleno, realiza la transferencia al tanque TKP de almacenamiento, caso contrario el equipo permanece apagado. La bomba de despacho en modo automático tiene condicionada su operación a un temporizador RT1 que es accionado por del microcontrolador PIC, el mismo que acciona al relé A2 cuando se va a realizar la transferencia del aceite para la venta, el temporizador da 10 segundos de espera al operador para apertura y revisión de válvulas de despacho de aceite. Si el tanque está vacío, el relé E0 de nivel bajo bloquea el accionamiento de la bomba. En modo manual las dos bombas pueden accionarse únicamente mediante los pulsadores de marcha y parada del tablero de control.

El circuito de fuerza está basado en los datos de Placa de los motores de las respectivas bombas y los planos eléctricos de la empresa CONSULTECNICA S.A. como lo representa el ANEXO F.

DISEÑO DEL SOFTWARE DE CONTROL CON MICROCONTROLADOR

PIC 16F877A

Es necesario considerar primeramente la forma de manejar datos, instrucciones básicas, manejo de registros, comunicación serial, utilización del conversor análogo/ digital y selección de los bancos de registros para realizar correctamente la compilación de un programa realizado en MicroCode Studio.

El software dispone de instrucciones que manejan operandos inmediatos e instrucciones de control especiales. La combinación adecuada de estas instrucciones permitirán desarrollar programas sin errores perfectamente compilados, en el ANEXO G se observa las principales instrucciones que utiliza MicroCode Studio para los microcontroladores PIC16F87X.

El programa inicia declarando las variables, nombre se subrutinas, configuraciones de pines, configuraciones de funciones especiales como las interrupciones de control y del USART MSSP para comunicación serial del microcontrolador (Fig. 3.9).

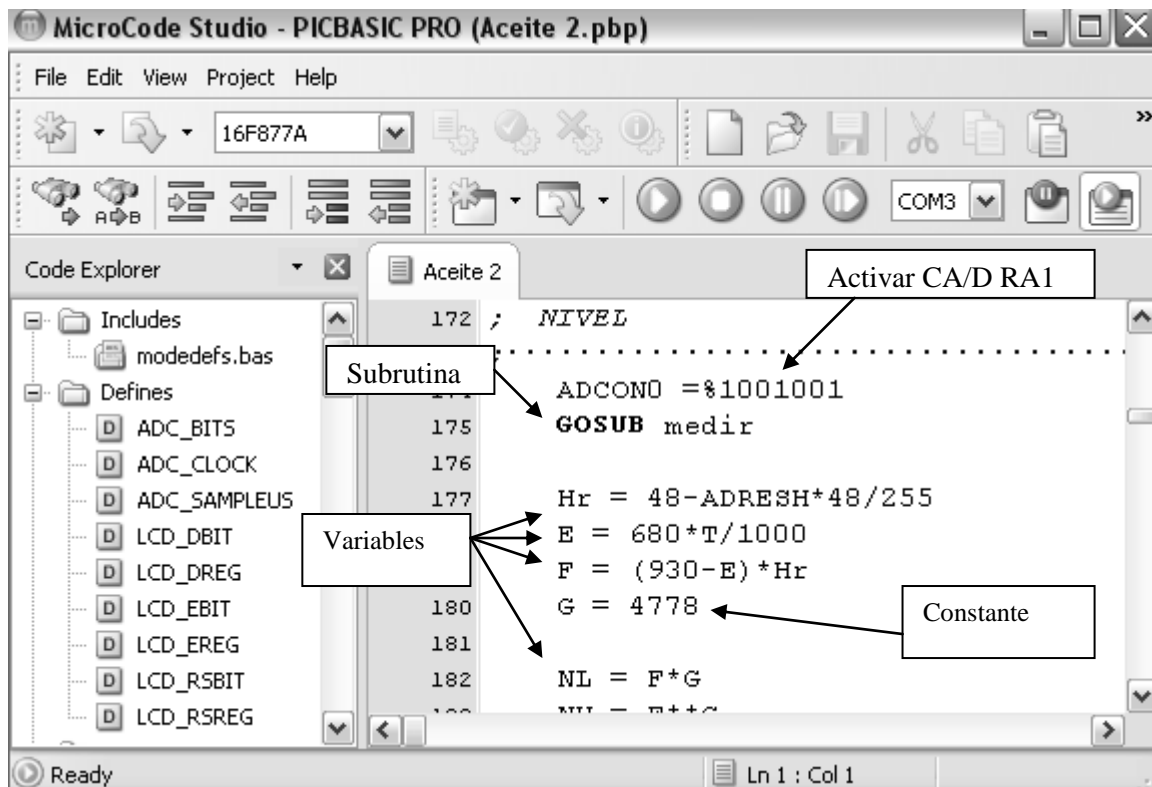


Figura 3.24 Programa realizado en MicroCode Studio

Las señales analógicas de voltaje correspondiente a los sensores son capturadas por el microcontrolador y decodificadas a 8 bits con una voltaje de referencia de 5 VDC, los datos máximos de la variable a controlar dependen de la razón 2^n bits, donde n representa el número de bits de la palabra digital de transmisión de datos.

$$2^8 = 256$$

Esto quiere decir que los 5VDC de referencia se han distribuido en 255 datos excluido el dato cero, por lo tanto al dividir el voltaje de referencia para el número de datos se determina que la resolución por cada dato es de 19mV. Además mediante la programación, se habilita un LCD y teclado hexadecimal en el tablero para supervisar y controlar en modo local. Las teclas 2, 4, 6 y 8 permiten el desplazamiento en modo cursor a través de los submenús presentados en la figura 3.10. Para programar el despacho automático a través del microcontrolador en el menú de despacho, se presiona la tecla asterisco “*”. Luego se solicitará la clave de ingreso, si es correcta, aparece la pantalla de despacho donde es permitido ingresar el valor a despachar y se lo confirma con la tecla numeral “#”. Después de 30 segundos un temporizador accionará la bomba de despacho, de esta manera, cuando el tonelaje requerido ha sido despachado, la bomba se apaga automáticamente. Con la tecla “D” se cancela la operación y se retorna al menú principal.

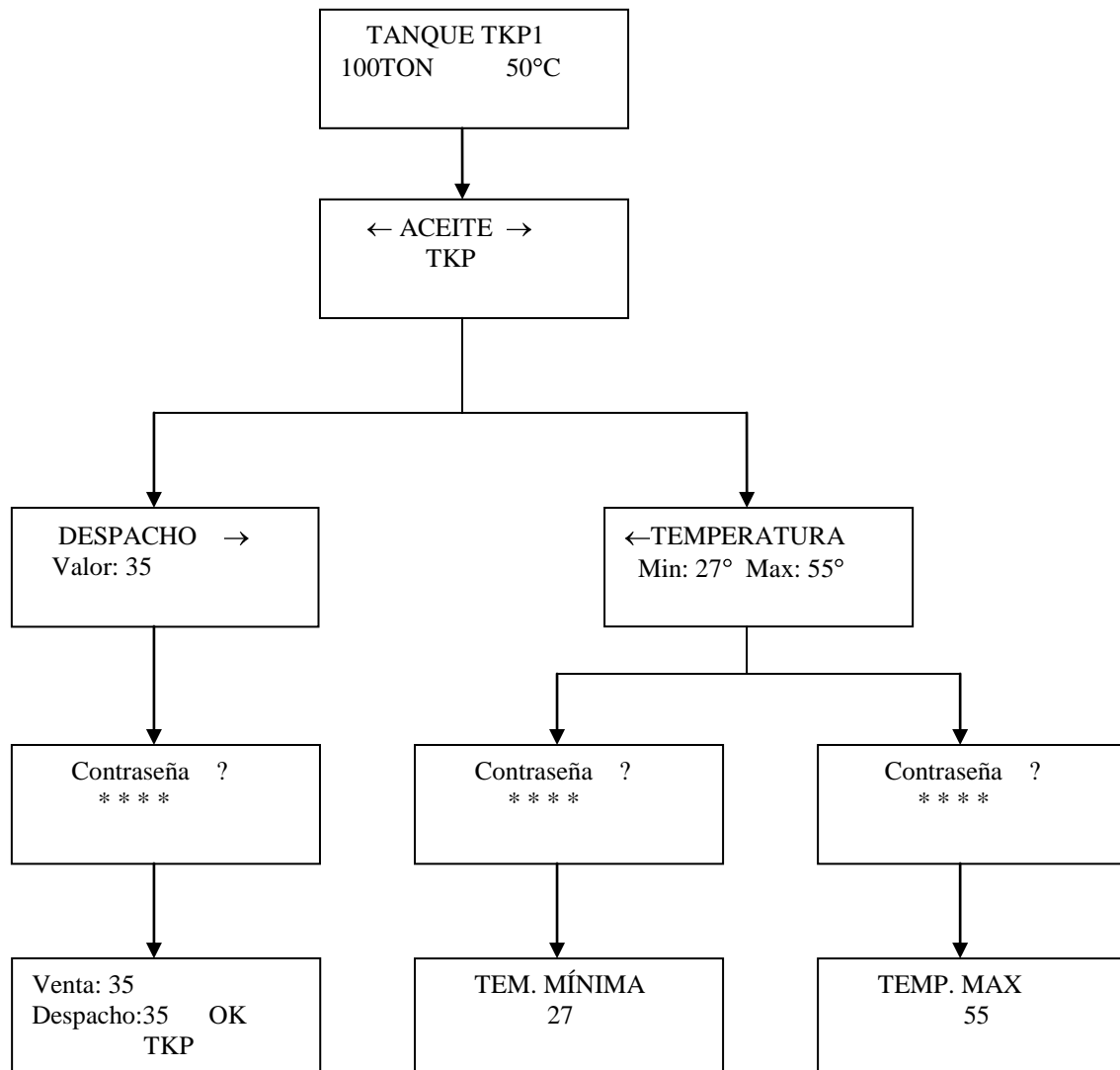


Figura 3.25 Diagrama de flujo de los submenús del LCD en tablero de control

Al ingresar al submenú de temperaturas, se visualizan los valores máximos y mínimos del aceite almacenado en TKP1. Para modificar el valor máximo se presiona la tecla “a”. Luego de esto, una nueva pantalla solicitará ingresar la contraseña respectiva para finalmente ingresar el valor de temperatura requerido. Para modificar la temperatura mínima, el procedimiento es similar con la diferencia de que la tecla que habilita esta opción es la tecla “b”. Es importante considerar que mientras el programa presente errores no podrá ser ejecutado correctamente por el microcontrolador.

CONSTRUCCIÓN DE LA INTERFASE DE COMUNICACIÓN SERIAL

La interfase de comunicación serial es la más adecuada debido a la distancia del PC con respecto al tablero de control local. Si bien la mayor distancia en transmisión serial es 12m, mediante la utilización del integrado MAX232 se puede incrementar hasta 100m aproximadamente, en el ANEXO D se puede observar las conexiones del integrado. El ruido electromagnético, será atenuado mediante la utilización de cable STP (par trenzado y blindado) aterrizando uno de sus extremos a tierra.

La comunicación serial será del tipo asincrónica con referencia de tierra y una duración de cada bit determinada por la velocidad de transmisión de 9600 baudios entre el microcontrolador y el PC.

ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES DE CONTROL

Las señales de control deben acondicionarse en función de los voltajes de referencia configurados en el microcontrolador. En este proyecto se utilizó como voltajes de referencia de 0 a 5 Voltios para temperatura y nivel.

SEÑAL DE TEMPERATURA

La señal de temperatura es analógica y obtenida mediante una Pt100. En el proceso de acondicionamiento se realizó varias pruebas con aceite de palmiste, un voltímetro y un medidor de temperatura electrónico calibrado. En el ANEXO E se observa que el acondicionamiento está conformado por dos etapas. En la primera se transforma la señal pasiva de resistencia en señal

activa de voltaje mediante un puente Wheatstone y una fuente de Corriente Continua, en la segunda se acondicionó el voltaje de salida mediante amplificadores operacionales para los valores requeridos por el microcontrolador para realizar una lectura correcta de temperatura, de donde en un rango de 60 a 45 grados centígrados, se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 3.1.

Tabla 2.8 Voltajes de salida acondicionada para RTD Pt-100

°C	Resistencia real de RTD (Ω)	Voltaje en Puente Wheatstone (V)	Voltaje de salida en Amplificadores Operacionales
60	125.7	0.283	1.148
59	125.4	0.279	1.129
58	125	0.274	1.108
57	124.6	0.271	1.090
56	124.3	0.267	1.070
55	124.1	0.264	1.052
54	123.7	0.261	1.035
53	123.3	0.258	1.016
52	122.9	0.254	0.999
51	122.6	0.252	0.982
50	122.2	0.248	0.964
49	121.9	0.244	0.944
48	121.5	0.242	0.925
47	121.1	0.236	0.906
46	120.8	0.233	0.887
45	120.4	0.230	0.868

En el ANEXO C se determina la variación de la resistencia de una RTD Pt-100 con respecto a la temperatura, observándose una relación lineal y una variación de 0.38 ohmios por cada grado centígrado.

Se determinó que en la primera etapa de acondicionamiento existe una razón de $4.75 \text{ mV}/^\circ\text{C}$, mientras que el microcontrolador tiene una razón de $19 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ por lo que fue necesario utilizar amplificadores operacionales para incrementar su valor 4 veces para obtener una lectura que produzca una adecuada resolución en la medida de temperatura para el ingreso en el microcontrolador. En la figura 3.11 se observa la tarjeta de acondicionamiento de señal de temperatura y la tarjeta de simulación de las señales de temperatura y nivel.

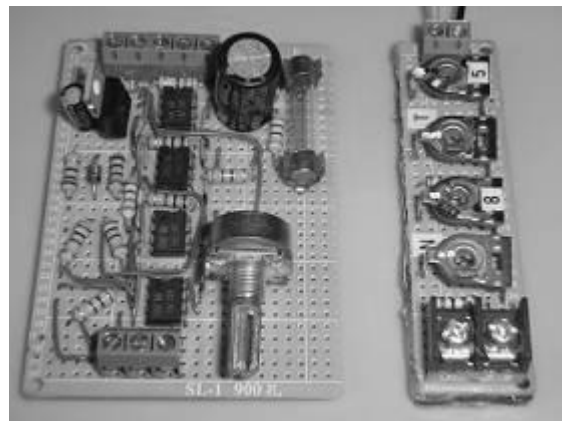


Figura 3.26 Tarjeta de acondicionamiento de señal

SEÑAL DE NIVEL

Se realizaron varias pruebas en condiciones de vacío para determinar la altura máxima a medir. Se utilizó el software ULTRA2001 para calibrar el sensor ultrasónico UC-6000-30GM-IUR2-V15, en la figura 3.12 se observa la pantalla de calibración del sensor.

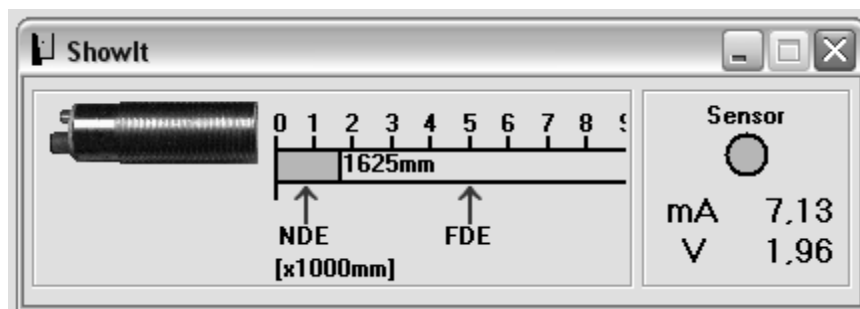


Figura 3.27 Pantalla de Calibración sensor Ultrasónico UC-6000

El voltaje de salida es de 10 V , en el ANEXO D se observa que esta señal es acondicionada mediante un potenciómetro lineal para que pueda ser medida correctamente en el microcontrolador.

La altura a medir es de vacío y mediante la ecuación 3.1 se determina el tonelaje real del tanque de almacenamiento.

$$T_m = (930 - 0.68t) \times K \times h_1 \quad \text{(Ec. 3.1)}$$

Se comprobó que es necesario colocar el sensor en un lugar donde el eco ultrasónico no se distorsione, además, debido a los tubos de vapor, no se puede medir hasta el fondo cónico del tanque de almacenamiento. El aceite existente en este lugar se considera como aceite residual el mismo que es de aproximadamente 4 toneladas. El valor de la constante K depende de las dimensiones físicas del tanque de almacenamiento, por lo que es un valor único y exclusivo de cada depósito. Para reducir el efecto negativo del ruido eléctrico se instalaron en las fuentes DC y señales de voltaje de los sensores filtros pasivos RC.

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE DEL SISTEMA DE CONTROL

El software de instrumentación virtual permite visualizar las variables de temperatura y tonelaje del tanque almacenado en forma continua, realiza el despacho de aceite en un valor previamente determinado, realiza el control de temperatura y crea un registro de producción, el mismo está conformado por pantallas que cumplen un objetivo determinado de acuerdo a los requerimientos del proceso.

DISEÑO DEL SOFTWARE DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN MEDIANTE

LABVIEW

El instrumento virtual, está conformado por varias pantallas que cumplen un objetivo específico, las mismas que se han construido y configurado como un SUBVI. En la figura 4.1 se observa la secuencia de las pantallas de control realizadas en LabView.

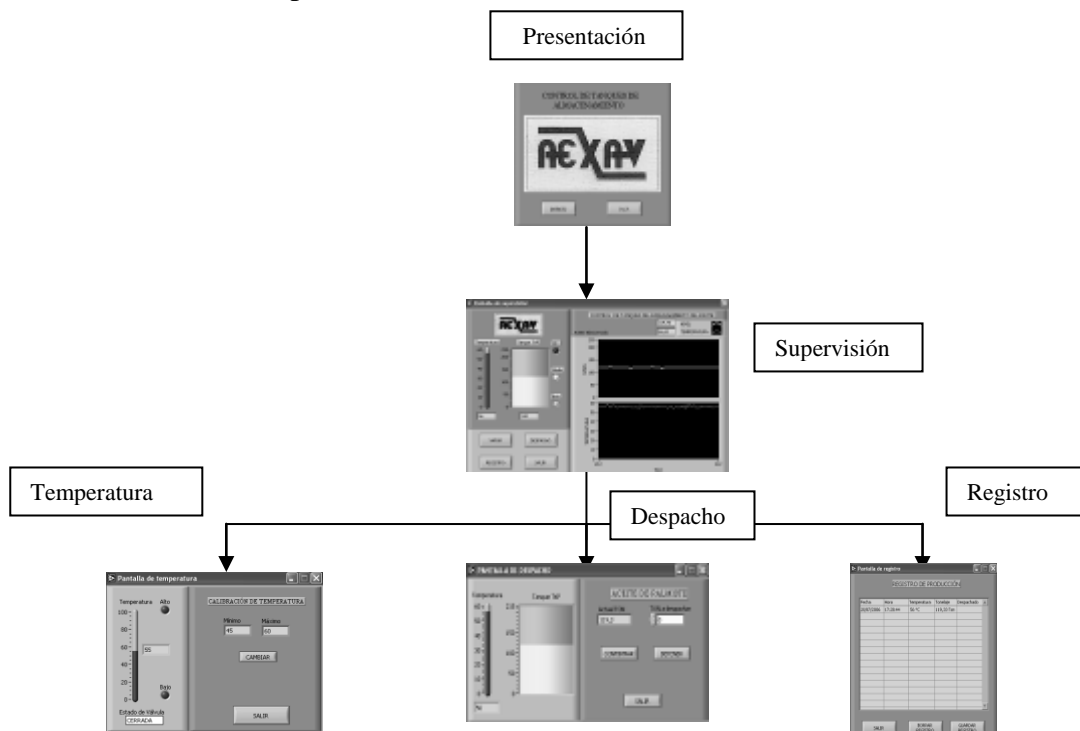


Fig. 4.1 Pantallas de Control

El sistema de control captura los datos que llegan a través del puerto RS-232 desde el microcontrolador, los transforma a lenguaje decimal y presenta las variables a controlar en forma entendible para el operador.

PANTALLA DE PRESENTACIÓN Y SUPERVISIÓN

La pantalla de presentación es la que permite ingresar y salir totalmente del sistema, esta conformada por el logotipo de la empresa y dos botones de control (Fig. 4.2).



Fig. 4.2 Pantalla de Presentación

La pantalla de Supervisión permite visualizar en diagrama esquemático, gráficos funcionales del estado de las variables de temperatura y tonelaje del tanque principal de almacenamiento (Fig. 4.3), es la pantalla principal de acceso general, no tiene ninguna restricción o clave determinada. El aceite almacenado se visualiza de color amarillo en el tanque virtual TKP (Tanque Principal), mientras que un termómetro virtual de color rojo indica la temperatura del aceite. En la parte superior derecha, los indicadores de nivel y temperatura presentan la información relativa a estas variables, siendo muy sensibles a las variaciones y al ruido eléctrico existente en la planta.

Las gráficas funcionales permiten observar las variaciones instantáneas de temperatura y tonelaje, estas variaciones provocan irregularidades mínimas en las curvas, las mismas que son

consideradas como normales. En la parte inferior se encuentran los botones de acceso para las otras pantallas del sistema.

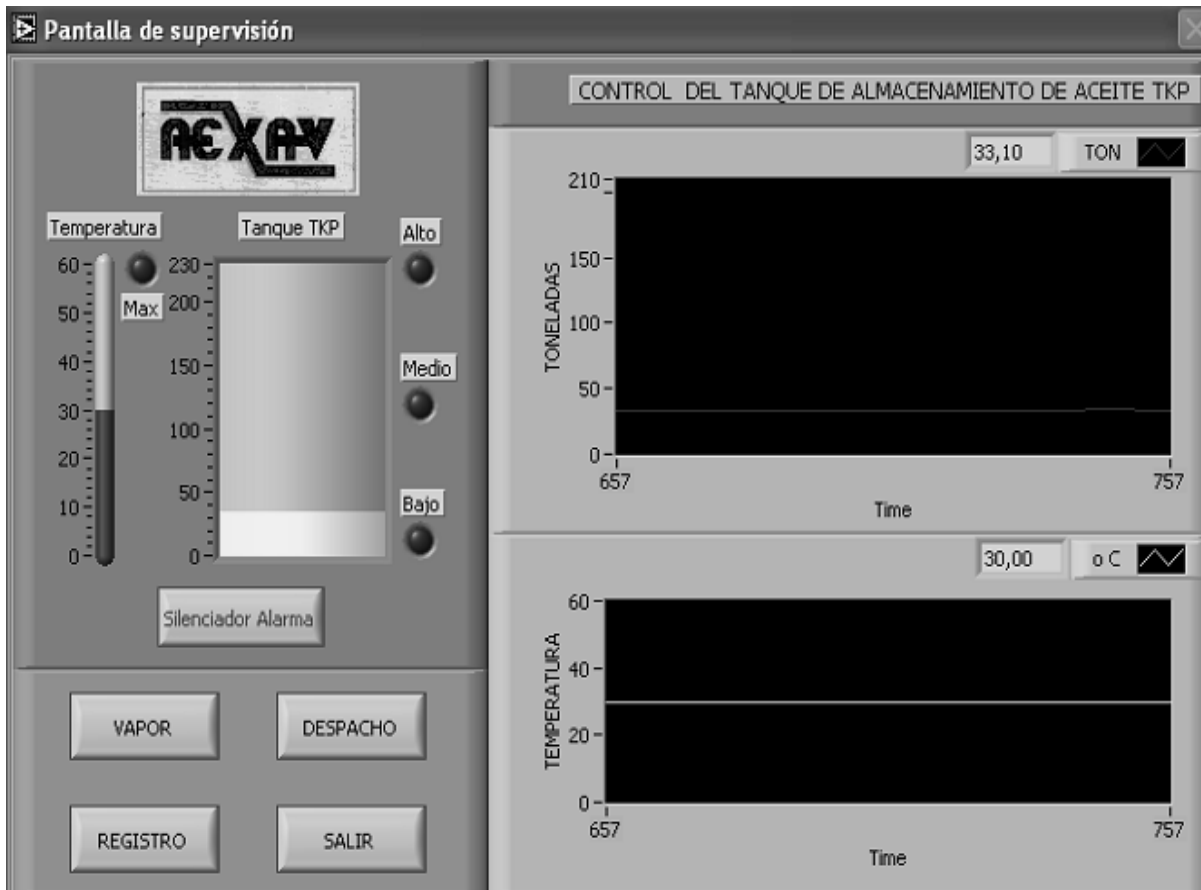


Fig. 4.3 Pantalla de Supervisión

PANTALLA DE TEMPERATURA

Esta pantalla tiene un acceso restringido al cual se puede acceder mediante una clave única disponible para el Director de Planta (Fig. 4.4), confirmada la clave, permite presentar la medición así como la calibración de la temperatura del aceite almacenado (Fig. 4.5). Esta pantalla, consta de un termómetro virtual que tiene un indicador rojo que varía en función de la temperatura. En la parte inferior izquierda un indicador de texto determina si el estado de la válvula de vapor es abierto o cerrado. También se incluye un botón denominado “cambiar” que permite actualizar los valores máximo y mínimo de la temperatura para determinar el rango de control en el tanque de almacenamiento de acuerdo a requerimientos del proceso.



Fig. 4.4 Clave para acceso a pantalla de Temperatura



Fig. 4.5 Pantalla de Temperatura

PANTALLA DE DESPACHO

Esta pantalla permite realizar el despacho de aceite almacenado controlado automáticamente a través del software de control, su acceso está únicamente disponible para el Director de Planta mediante una clave con un código específico (Fig. 4.6), está conformado por indicadores gráficos de tonelaje de aceite y temperatura, además tiene un indicador de tonelaje actual para verificar el tonelaje disponible antes de confirmar un despacho. En el indicador de tonelaje a despachar se

considera un valor de 35 toneladas como norma, si está de acuerdo con el tonelaje a despachar se debe accionar el botón confirmar para accionar la bomba de despacho, caso contrario el botón detener cancelara la orden.

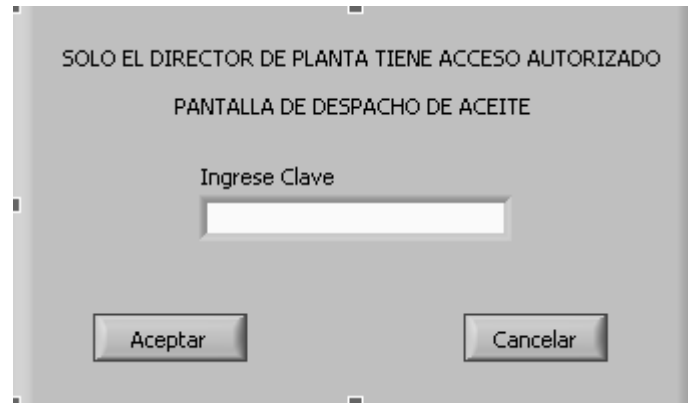


Fig. 4.6Clave para acceso a pantalla de Despacho



Fig. 4.7Pantalla de Despacho

Cuando la clave es correcta, se presenta la opción de continuar el programa en los dos casos, caso contrario la pantalla no cambia solicitando la clave nuevamente. (Fig. 4.8).

PRUEBAS DE SOFTWARE

Las pruebas de medición para la calibración del sistema se realizarán mediante los siguientes pasos:

- Realizar cinco mediciones de temperatura con el medidor electrónico de líquidos Hanna en varios puntos del tanque y sacar el promedio por cada prueba realizada.
- Medir altura de vacío con flexómetro desde borde superior del tanque.
- Calcular manualmente el tonelaje de aceite almacenado.
- Verificar los valores en el display LCD, si es necesario ajustar con potenciómetros de calibración.
- Verificar que los valores mostrados en el software sean los mismos que los mostrados del display LCD.

Tabla 2.9 **Calibración de medidas de temperatura y tonelaje de aceite**

Prueba	Mediciones Referenciales			Mediciones Software	
	Temperatura	Altura	TON Calculado	Temperatura	TON Medido
1	35	228	98.727	36	99,7
2	40	228	98.357	39	99,2
3	45	228	97.986	47	98,7
4	50	228	97,616	52	98,5
5	55	228	97,245	54	97,9
6	60	228	96,875	59	97,2
7	65	228	96,505	63	97,1

En la tabla 4.1 se puede verificar los datos tabulados en la calibración de los sensores de nivel y temperatura, posteriormente se procede a verificar el tonelaje de despacho entre el medido por el software y el pesado en la báscula camionera mediante el siguiente procedimiento.

- Se registra el tonelaje inicial del tanque de almacenamiento indicado en el display LCD.
- Mediante software o por teclado se determinó el tonelaje a despachar.
- Al terminar la operación se registró el tonelaje final medido en el display LCD.
- Verificar el valor de tonelaje medido en báscula y determinar la variación.

En la tabla 4.2 se puede verificar la tabulación de los datos obtenidos en el proceso de calibración del software.

Tabla 2.10 **Calibración de medidas en despacho de aceite**

Prueba	TON Inicial	Despacho	TON Final	TON Báscula	Variación
1	55	31	24	36	5
2	50	18	32	21	3
3	70	31	39	33	2
4	45	32	13	35	3
5	63	32	31	34	2
6	90	31	59	34	3
7	49	33	16	35	2

En las primeras pruebas se presentaron las siguientes novedades:

- Existía demasiado ruido en las dos señales medidas, sus formas eran similares a dientes de sierra con una variación de dos grados en temperatura y cuatro toneladas en aceite.
- Se colocó filtros de ruido en la alimentación de 120 VAC , 220VAC, 12 VDC, 5 VDC, la señal de tonelaje mejoró en un 90%, la señal de temperatura mantiene la oscilación en menor grado.
- Se observa en la gráfica de tonelaje medido del software de la pantalla de supervisión que la oscilación tiene una tendencia, es decir que el valor se mantiene constante por mayor tiempo, se desvía momentáneamente pero retorna al valor medido original.
- El voltaje de alimentación de control es demasiado bajo, se pudo observar que en las horas pico se produce una caída de voltaje, llegando a valores de voltaje de 97 VAC lo que provoca ruido debido al accionamiento de un regulador de voltaje que trata de ajustar el voltaje repetidamente, de esta manera se pudo observar señales extremadamente irregulares de temperatura y tonelaje, similares a la de la señal diente de sierra. En algunas ocasiones el computador de la Dirección de Planta se apagaba durante el día por esta razón.
- En las pruebas finales se logró realizar una calibración con un margen de error aceptable, considerando que el proyecto es únicamente un prototipo de prueba.

CAPÍTULO V

MONTAJE E IMPLEMENTACIÓN

La implementación de este proyecto está condicionado al análisis del área física disponible, recursos ya instalados en la planta, sugerencias del personal operativo y los materiales existentes en la planta. Lamentablemente la planta no tiene una conexión idónea de puesta a tierra, únicamente la cámara de transformación y el grupo generador la poseen. Todos los tableros de control y potencia instalados en la planta, están aterrizados con respecto a la malla de la cámara de transformación. Existe el historial de que varios visores de pesaje electrónico y computadores se han dañado por la mala calidad de servicio eléctrico que entrega la empresa eléctrica de Esmeraldas E.M.E.L.E.S.A. Hace 8 meses atrás era de 80V entre neutro y tierra (carcasa del tanque); se determinó que esto se debía a daño del aislamiento en un empalme de conexión de una electroválvula de vapor en los silos, después de realizar la reparación respectiva el voltaje de referencia entre neutro y tierra bajo a 2V. Debido a que el sistema diseñado tiene únicamente tierra de potencia, las fuentes de continua y los sensores electrónicos están por seguridad aislados de tierra, de esta manera cualquier fuga a tierra o contacto a masa no causa daño a las tarjetas electrónicas construidas para el proyecto.

En el ANEXO H se detalla la ubicación general de los equipos que interactúan en la ejecución del proyecto, el tablero de control local mostrado en la figura 5.1 está ubicado en el área posterior de caldero y a 25m de distancia del tanque de almacenamiento principal TKP. Las señales de los sensores que ingresan son procesadas en el microcontrolador y enviadas al computador ubicado en la oficina de la Dirección de Planta de la empresa.



Tablero de control local

Las señales eléctricas de control y potencia, son controladas y ejecutadas desde el tablero de control local, asimismo tiene la capacidad de realizar la transferencia de aceite en modo automático mediante un teclado hexadecimal; el tablero además, dispone de lámparas piloto indicadoras de los estados operativos del sistema.

ANÁLISIS DE COSTOS

El proyecto a realizar es el primer prototipo en su aplicación para control de aceite palmiste, se utilizó material y herramienta del ejecutor del proyecto, material disponible, equipos y logística suministrado por la empresa. Se determinó que el sensor ultrasónico utilizado para aplicaciones similares es el más idóneo, su precio en el mercado nacional oscila en valores van desde los 600 a 3000 dólares dependiendo de la marca, su aplicación y características técnicas; se seleccionaron todos los equipos y materiales eficientemente de tal manera que su valor en costo no supere una inversión mayor a los 2000 dólares disponibles para la implementación del proyecto. Para reducir costos se utilizó materiales de segunda pero en óptimas condiciones, con respecto a los sensores se utilizó el más óptimo y económicamente conveniente para la aplicación. En la tabla 5.1 se puede determinar el costo del proyecto en función de los materiales empleados.

Tabla 2.11 Listado de materiales utilizados en la elaboración del proyecto

Cant.	DETALLE	Valor
	Eléctrico - Electrónico	
1	Tablero eléctrico	40.00
20m	Cable flexible # 16 AWG	3.20
20m	Cable concéntrico 3 x 12 AWG	30.00
50m	Cable concéntrico 3 x 12 AWG	75.00
20m	Cable concéntrico 3 x 14 AWG	25.00
50m	Cable concéntrico 3 x 14 AWG	62.50
25 m	Cable concéntrico 3 x 10 AWG	43.75
3m	Cable multipar	2.60
100m	Cable apantallado STP con cinta de aluminio categoría 5	142.24
25 m	Cable UTP	10.00
2	Breaker CSC 2P- 6A	10.48
1	Breaker GE 3P- 10A	14.19
1	Contactador CSC 18A/240V	7.69
1	Contactador CSC 9A/240V	6.47
1	Relé térmico CSC 9 – 13A	8.22
1	Relé térmico CSC 4- 6A	8.22
1	Time ron-delay 0- 10m 240 VAC	13.00

1	Relay CSC 8 pines 220 VAC	3.10
----	Material y elementos electrónicos	80.00
12	Relés de 12VDC	12.00
3	Cucuyas de 12 V	9.00
1	Marquilla Marex letras	6.20
1	Marquilla Marex números	6.20
1	Sensor Ultrasónico UC6000	600.00
1	RTD Pt100	75.00
	Mecánico	
3m	Tubo de vapor 1 plg.	12.87
26	Roscas de tubo de vapor	23.40
2	Codo negro 150 lbs de 1 plg.	14.00
2	TEE negra 150 lbs de 1 plg.	2.00
2	Universal negra 150 lbs	2.90
2	Llave de esfera 100 lbs	5.72
1	Llave de compuerta 100 lbs	3.00
	Varios	
	Transporte	40.00
	Papelería	200.00
	TOTAL	1597.95

INSTALACIÓN DE BYPASS EN TUBERÍA DE VAPOR PARA CONTROL AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA

La tubería de vapor que ingresa al tanque de almacenamiento, tiene un diámetro de 1^{1/2} plg con un espesor de 4mm y trabaja con 50 psi de presión de vapor. Se decidió instalar el sistema de by pass paralelamente al tanque de aceite TKP (Fig. 5.2), debido a que en este lugar está el tramo de tubería lineal vertical que conduce el vapor exclusivamente al serpentín interno del tanque. En el ANEXO I se representa gráficamente el diseño de la tubería, como se observa en el gráfico, se realizó la reducción a 1 plg. para reducir dimensiones y costos en materiales, los especialistas en calderos recomiendan que la distancia mínima entre los accesorios sea de 15cm por cada pulgada de diámetro en la tubería, sin considerar los extremos roscados respectivamente, para garantizar el sellado se utilizó en el montaje cinta de teflón con Permatex (pasta de sellado).



Tubería de vapor tanque TKP

Los accesorios fueron seleccionados con asesoramiento del personal de Fehierro (Distribuidores de válvulas y tuberías para vapor) para trabajar con presiones máximas de hasta 150 psi, de tal manera que brinde seguridad al operador cuando tenga que manipular las válvulas de vapor, todos los neplós fueron construidos con tubería negra cédula 40 con 19cm de longitud y 2cm de roscado cónico en cada extremo. Este sistema está diseñado para permitir el ingreso de vapor en modo manual o automático mediante una MOV (válvula accionada por motor), cabe señalar que si el modo automático se daña, este puede deshabilitarse para permitir el ingreso de vapor en modo manual a través de las válvulas de esfera. Debe considerarse que la tubería de vapor no tiene protección térmica por lo tanto todo trabajo de reparación o mantenimiento debe realizarse con la tubería relativamente fría mediante el cierre de la válvula principal del distribuidor de vapor que alimenta de energía térmica a todos los tanques de almacenamiento.

INSTALACIÓN DE BYPASS EN TUBERÍAS DE ACEITE PARA CONTROL AUTOMÁTICO DE DESPACHO

Se ha determinado que las condiciones físicas y el espacio limitado actual no permiten instalarlo, debido a que la tubería es de un diámetro de 3 plg. con cédula 40. Para este caso lo importante es el caudal de succión, por ello es necesario construir el by pass del diámetro de 2 plg. o similar, debido a esto, la longitud mínima recomendable entre cada accesorio es de por lo menos 30 cm, además actualmente están instalando un segundo tanque de almacenamiento TKP2 de igual capacidad, ambos tanques utilizarán la misma bomba de succión para realizar el despacho

respectivo, por ello está planificado a un futuro cercano, realizar cambios en la tubería de despacho para poder trabajar con los dos tanques simultáneamente.

DISEÑO E INSTALACIÓN DEL CIRCUITO ELÉCTRICO DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA BOMBAS DE ACEITE

Existen dos bombas de aceite, la de llenado y la de despacho, ambas pueden ser operadas en modo manual y automático. La bomba de llenado es aquella que transporta el aceite producido desde los tanques gemelos secundarios TKS hacia el tanque principal TKP, en modo manual depende su operación exclusivamente de los pulsadores de encendido y apagado del tablero de control TBC que está cercano al área posterior del caldero, en modo automático, es un sensor de nivel tipo boya acerado de palanca el que acciona al motor cuando el tanque TKS está lleno y lo apaga respectivamente cuando está vacío.

La bomba de despacho de aceite es la encargada de transportar el aceite almacenado desde el tanque TKP hacia el tanquero, en modo manual depende su accionamiento exclusivamente de los pulsadores de encendido y apagado del tablero de control TBC, en modo automático su operación queda condicionada a la salida del relé A2 que es accionado por el microcontrolador para despachar el tonelaje requerido. Además, en el tablero de control se dispone de lámparas piloto donde se puede visualizar el encendido o apagado de las respectivas bombas.

MONTAJE DE SENSORES Y CABLEADO DE INSTRUMENTACIÓN

Los sensores instalados en el proyecto son la RTD Pt-100, el sensor ultrasónico UC6000 y el sensor de nivel tipo Boya que ya estaba instalado en el tanque secundario TKS. Se determinó la ruta más idónea y cercana entre los sensores y el tablero de control, idealmente, por norma, los cableados de sensores y de potencia deben estar separados al menos 20cm como mínimo para evitar el efecto de inducción magnética, lamentablemente no se dispone de este requerimiento debido a que en la planta solamente se dispone de canaletas verticales que están completamente ocupadas por cables de potencia (Fig. 5.3) y ciertas tuberías están copadas ya con cables, lo recomendable sería tener canaletas exclusivas para cables de transmisión de datos y señales analógicas de los sensores. Por esta razón, el ruido eléctrico y magnético son los principales problemas a atenuar y controlar. Además, no disponen de un sistema de tierra idóneo, donde a una barra de cobre única se conecten

exclusivamente las tierras de equipos electrónicos, la única tierra disponible es la de potencia, la tierra exclusiva para equipos electrónicos estaría conformada por un electrodo seleccionado de varios que tiene la malla total, al cual se conecta un conductor de cobre #2 AWG flexible aislado con chaqueta PVC, el mismo que será posteriormente conectado a una barra de cobre respectivamente.



Figura 3.28 Instalación de cableados en canaletas verticales

Figura 3.29

Existe en el tablero de control del caldero un transformador aislado con tap central de 120 V ideal para reducir el ruido eléctrico pero lamentablemente el voltaje se reduce a 100 V durante su funcionamiento, en pruebas iniciales con este equipo dio el problema que el regulador de voltaje al subir de 100 a 109 V provocaba un ruido instantáneo que dañaba la señal en el microcontrolador similar aun parpadeo; se resolvió por ello utilizar la alimentación de 110V proveniente del transformador de servicios auxiliares para la fábrica.

La RTD está instalada en la boya metálica del sensor mecánico de nivel que existía originalmente (Fig. 5.4), en el tanque TKP el cable que la conecta es del tipo FTP Categoría 5 (UTP blindado) al mismo que se colocó una recubierta de espagueti térmico en el tramo interno del tanque (6m) para soportar la temperatura del aceite mientras flota sobre el mismo. En la parte superior del tanque se conecta a la tarjeta acondicionadora de la señal, para posteriormente enviar la señal amplificada hacia la tarjeta de control electrónico del tablero de control local TBC.



Figura 3.30 RTD Pt 100 instalada en boya de nivel

Figura 3.31

El sensor de nivel electrónico está instalado en la parte superior interna del tanque TP1, fue calibrado previamente a su instalación para medir 5 m de vacío. Los cables del sensor llegan al acondicionador de señales de donde envía la señal de control hacia el tablero TBC. El cable que lleva la señal es de tipo UTP.

El sensor de nivel mecánico tipo boya está instalado en el tanque TKS, de donde se lleva una señal de 220 VAC a través de los tres conductores de cable flexible #16 AWG. Se tiene disponible únicamente tres interruptores NO (normalmente abiertos) de accionamiento mecánico por palanca.

El cable de transmisión de datos es del tipo F1TP Categoría5 apantallado, está instalado desde el PC conectado en báscula hacia el tablero con una distancia de aproximadamente 100m de longitud. Para evitar que este cable sea roto por las volquetas que entregan materia prima, se lo ha instalado a través de la estructura principal y en ciertos tramos al aire se lo ha reforzado con alambre galvanizado doble para darle resistencia mecánica a la tracción. Los elevados costos en la implementación han motivado a utilizar materiales de segunda en buen estado y desarrollar la creatividad para la ejecución del proyecto.

RESULTADOS DE OPERACIÓN

Después de realizar la instalación del equipo, pruebas preliminares de operación y calibración realizadas y presentadas en las tablas del capítulo 4.6, se determinó que el sistema es estable dentro de un margen determinado de error de 1 toneladas debido al ruido eléctrico existente y la falta de una apropiada puesta a tierra de la tarjeta electrónica diseñada. Siendo un proyecto prototipo es la base fundamental para desarrollar tecnologías similares en aplicaciones industriales.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El desarrollo de tecnologías aplicables en el área industrial actualmente se convierte en un desafío para todo estudiante que busca con afán el combinar conocimientos, experiencias, aciertos, errores que al final de la trayectoria en la ejecución del proyecto dan como fruto la realización profesional. Las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron del trabajo realizado son las siguientes:

CONCLUSIONES

- Se cumplió con el objetivo de medir el aceite almacenado en el tanque principal TKP considerando el efecto de la temperatura y medirlo durante el despacho de aceite a los tanqueros.
- En todo equipo electrónico la puesta a tierra debe ser cuidadosamente seleccionada. En este caso la tierra del sistema es flotante debido a que no es confiable la tierra de la planta donde se realizó la implementación.
- Para evitar ruidos que interfieran con la transmisión de información, es necesario se considere un sistema inmune a los mismos. El cable UTP apantallado con cinta de aluminio y alma de acero, dio excelentes resultados en la transmisión de datos a 100m mediante el puerto serial.
- La conexión y desconexión de dispositivos que trabajan con alta energía afectan los sistemas electrónicos. El accionamiento de los contactores de potencia de las bombas provoca un arco eléctrico instantáneo, el mismo que genera un ruido eléctrico que afecta al circuito electrónico y los datos que se presentan en el LCD de cristal líquido.

- El uso de filtros para eliminar el ruido es un recurso favorable para reducir señales parásitas que se introducen en el circuito electrónico desde la fuente de alimentación. Se pudo comprobar que colocando filtros de ruido FUJITSU en la alimentación de control de corriente alterna y filtros RC en las fuentes DC, ayudan a reducir el ruido eléctrico antes de que ingrese a la tarjeta electrónica.
- La tarjeta de amplificación de la señal de voltaje del sensor de temperatura es susceptible de daño, debido al ruido eléctrico que afecta a los amplificadores operacionales y a la sulfatación de los terminales de conexión de la RTD, por lo cual, se debe considerar en su implementación.
- Los tres variadores de velocidad existentes en la planta de palmistería son fuentes generadoras de armónicos y ruido eléctrico.
- No dio buen resultado construir cajas de tol galvanizado para proteger circuitos electrónicos mediante la cubierta total del mismo (efecto de emisiones electromagnéticas), debido a que el tol no es el material adecuado para reducir los efectos del campo magnético o eléctrico.
- El sensor de nivel mide con un margen de error aceptable, por lo tanto es idóneo para aceites comestibles.
- El sensor de temperatura es inestable, debido al ruido eléctrico y sensibilidad de los componentes electrónicos que conforman la tarjeta.
- Las aplicaciones de este sistema en el sector industrial es muy diversa, pudiendo controlarse otros tipos de procesos productivos tales como, nivel de agua, temperatura de silos de leche, temperatura de fluidos en tuberías, temperatura de cámaras frías etc.
- La Instrumentación virtual es un intérprete visual de las condiciones del proceso, es una herramienta muy importante para centralizar el control industrial.

- El proyecto es real y aplicativo al medio industrial, el ruido es un enemigo muy destructivo para las tarjetas electrónicas desarrolladas, a pesar de no tener una malla idónea de tierra en la base de la planta se ha podido demostrar que es posible desarrollar tecnologías que mejoren las condiciones operativas de control de producción. Los gerentes y personal operativo de las plantas aceiteras de la zona todavía no tienen una visión clara de cómo controlar el efecto de temperatura en los despachos de aceite, es necesario que paulatinamente proyectos de control de calidad realizado por biólogos o Ingenieros Agroindustriales permitan tener más información acerca de este fenómeno que controlado adecuadamente puede dar beneficios a la empresa. Cabe señalar que los barcos que transportan aceite de palma tienen sistemas similares al desarrollado en la tesis para controlar el aceite que llevan a otros lugares del mundo para su refinamiento.
- Los microcontroladores si son convenientes para las aplicaciones de control industrial, por que todo PLC actúa de manera similar a la forma en la que la realiza el mismo.

RECOMENDACIONES

- Se debe profundizar en el estudio de circuitos, materiales y estructuras metálicas que protejan circuitos electrónicos del ruido eléctrico y campos magnéticos.
- Es necesario construir en la parte superior del tanque un ducto idóneo para desfogar gases calientes del tanque (Centro superior del tanque) , colocando el sensor electrónico en un lugar adecuado se evitará que la señal sonora del mismo se pierda por rebotes irreales de la onda de sonido en las paredes laterales del tanque.
- Es conveniente que las tarjetas eléctricas diseñadas sean lo más robustas posibles. Esto se puede conseguir mediante la utilización única de integrados de marca más no genéricos para evitar fallas imprevistas causadas por deterioro del elemento electrónico.

- Para garantizar una medición de temperatura más homogénea es recomendable colocar más RTD'S fijas en la parte lateral del tanque y a diferentes alturas, de esta manera el valor promedio es más cercano al real del aceite almacenado.
- Debe considerarse un servomotor con acople suave mediante reductor de velocidad con un sensor inductivo de posición para accionamiento de válvula MOV, la operación del equipo es más suave y controlada por el acoplamiento idóneo que dispone.
- Es conveniente separar cableados de transmisión de datos por lo menos 20 cm con respecto a los cables de potencia, si no es posible instalarlos en canaletas independientes.
- Se debe tratar disminuir elementos electromecánicos por electrónicos. Es recomendable eliminar el número de relés en el circuito de control electrónico debido a que al energizarse las bobinas generan ruido eléctrico.
- Se debe utilizar regulador de voltaje y UPS para proteger equipos de fallas eléctricas parásitas.
- La empresa debe considerar los sistemas de control aplicados en plantas similares de Colombia. Además si controla el tonelaje en función de la temperatura se estará aplicando normas de calidad internacionales.
- La E.S.P.E. debería económicamente ser participativa en los proyectos desarrollados por sus estudiantes. Aceptar los riesgos de inversión y ser parte de las utilidades económicas en la aplicación de los proyectos.
- A los estudiantes antes de realizar cualquier proyecto de aplicación real similar al presente, les recomiendo realizar un estudio técnico – económico minucioso y que tengan conciencia que una cosa es tener problemas en el papel o laboratorio y otra cosa es tener un problema técnico real en una planta y que este último es crítico por que afecta directa o indirectamente el proceso productivo.

- Es recomendable utilizar sensores de mejor calidad que tengan respaldo de empresas reconocidas en el campo de la instrumentación, sin desmerecer el trabajo que realizamos como Ingenieros de diseño en la construcción de nuestras tarjetas de control.

BIBLIOGRAFÍA

- ROSALER R.: Manual del ingeniero de planta, McGRAW- HILL, México, 2da. Edición, 2000.
- ARTEAGA R., CAMPOS V.: Extracción de aceite de palmiste, Tesis Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 1996.
- SOISSON H.: Instrumentación Industrial, Edit. Limusa, México, 6ta.Edición, 1994.
- MORENO E.: Manual de operación repuestos y mantenimiento de maquinaria, Edit. Consultécnica Ltda., Bogotá, 2002.
- OLAYA D.: Manual de operación, mantenimiento y especificaciones, Edit.Tecnintegral S.A., Bogotá, 2001.
- FINK D., WAYNE B.: Manual de ingeniería eléctrica, McGRAW-HILL, México, 13ava. Edición, 2001.
- GANDARA R.: El cultivo de la palma africana en el Ecuador, Edit.Taller gráfico Nuevo Día, 2da. Edición, Quito, 1993.
- ANGULO J., ANGULO I.: Microcontroladores PIC, McGRAW-HILL / INTERAMERICANA DE ESPAÑA, 1997.
- ANGULO J., ANGULO I.: Microcontroladores PIC16F87 X, McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, 2000.
- National Instruments.: User Manual, LabVIEW 5.1, 1998.
- REYES Carlos.: Aprenda a programar Microcontroladores PIC, gráficas Ayerve, Ecuador, 2004.
- CEKIT S.A.: Curso básico de Microcontroladores PIC, editorial CEKIT S.A., Colombia.
- <http://www.microchips.com>



[http://www.gte.us.es/ASIGN/IE 4T /Tutorial %20de%20Labview](http://www.gte.us.es/ASIGN/IE%204T/Tutorial%20de%20Labview)

ANEXOS

Se considera Tanque TKP con diámetro 7,8m y 4,88m de altura en área cilíndrica,
no se considera el área cónica de la base del tanque de almacenamiento.

Temperatura	Densidad	Peso	Diferencia
°C	kg / m ³	Kg	Kg
70	882,4	205.761,96	-3.171,31
69	883,08	205.920,53	-3.012,74
68	883,76	206.079,09	-2.854,18
67	884,44	206.237,66	-2.695,61
66	885,12	206.396,23	-2.537,05
65	885,8	206.554,79	-2.378,48
64	886,48	206.713,36	-2.219,92
63	887,16	206.871,92	-2.061,35
62	887,84	207.030,49	-1.902,79
61	888,52	207.189,05	-1.744,22
60	889,2	207.347,62	-1.585,65
59	889,88	207.506,18	-1.427,09
58	890,56	207.664,75	-1.268,52
57	891,24	207.823,31	-1.109,96
56	891,92	207.981,88	-951,39
55	892,6	208.140,45	-792,83
54	893,28	208.299,01	-634,26
53	893,96	208.457,58	-475,70
52	894,64	208.616,14	-317,13
51	895,32	208.774,71	-158,57
50	896	208.933,27	0,00
49	896,68	209.091,84	158,57
48	897,36	209.250,40	317,13
47	898,04	209.408,97	475,70
46	898,72	209.567,53	634,26
45	899,4	209.726,10	792,83
44	900,08	209.884,67	951,39
43	900,76	210.043,23	1.109,96
42	901,44	210.201,80	1.268,52
41	902,12	210.360,36	1.427,09
40	902,8	210.518,93	1.585,65
39	903,48	210.677,49	1.744,22
38	904,16	210.836,06	1.902,79

37	904,84	210.994,62	2.061,35
36	905,52	211.153,19	2.219,92
35	906,2	211.311,75	2.378,48
34	906,88	211.470,32	2.537,05
33	907,56	211.628,88	2.695,61
32	908,24	211.787,45	2.854,18
31	908,92	211.946,02	3.012,74
30	909,6	212.104,58	3.171,31

ANEXO A	CUBICACIÓN DE TANQUE ACEITE PALMISTE TKP	A - 2.1
----------------	---	----------------

H (cm)	Ton	H (cm)	Ton	H (cm)	Ton	H (cm)	Ton	H (cm)	Ton
1	0,428	56	23,968	111	47,508	166	71,05	221	94,588
2	0,856	57	24,396	112	47,936	167	71,48	222	95,016
3	1,284	58	24,824	113	48,364	168	71,9	223	95,444
4	1,712	59	25,252	114	48,792	169	72,33	224	95,872
5	2,14	60	25,68	115	49,22	170	72,76	225	96,3
6	2,568	61	26,108	116	49,648	171	73,19	226	96,728
7	2,996	62	26,536	117	50,076	172	73,62	227	97,156
8	3,424	63	26,964	118	50,504	173	74,04	228	97,584
9	3,852	64	27,392	119	50,932	174	74,47	229	98,012
10	4,28	65	27,82	120	51,36	175	74,9	230	98,44
11	4,708	66	28,248	121	51,788	176	75,33	231	98,868
12	5,136	67	28,676	122	52,216	177	75,76	232	99,296
13	5,564	68	29,104	123	52,644	178	76,18	233	99,724
14	5,992	69	29,532	124	53,072	179	76,61	234	100,15
15	6,42	70	29,96	125	53,5	180	77,04	235	100,58
16	6,848	71	30,388	126	53,928	181	77,47	236	101,01
17	7,276	72	30,816	127	54,356	182	77,9	237	101,44
18	7,704	73	31,244	128	54,784	183	78,32	238	101,86
19	8,132	74	31,672	129	55,212	184	78,75	239	102,29
20	8,56	75	32,1	130	55,64	185	79,18	240	102,72
21	8,988	76	32,528	131	56,068	186	79,61	241	103,15
22	9,416	77	32,956	132	56,496	187	80,04	242	103,58
23	9,844	78	33,384	133	56,924	188	80,46	243	104
24	10,272	79	33,812	134	57,352	189	80,89	244	104,43
25	10,7	80	34,24	135	57,78	190	81,32	245	104,86
26	11,128	81	34,668	136	58,208	191	81,75	246	105,29
27	11,556	82	35,096	137	58,636	192	82,18	247	105,72
28	11,984	83	35,524	138	59,064	193	82,6	248	106,14
29	12,412	84	35,952	139	59,492	194	83,03	249	106,57
30	12,84	85	36,38	140	59,92	195	83,46	250	107
31	13,268	86	36,808	141	60,348	196	83,89	251	107,43
32	13,696	87	37,236	142	60,776	197	84,32	252	107,86
33	14,124	88	37,664	143	61,204	198	84,74	253	108,28
34	14,552	89	38,092	144	61,632	199	85,17	254	108,71
35	14,98	90	38,52	145	62,06	200	85,6	255	109,14
36	15,408	91	38,948	146	62,488	201	86,03	256	109,57
37	15,836	92	39,376	147	62,916	202	86,46	257	110
38	16,264	93	39,804	148	63,344	203	86,88	258	110,42
39	16,692	94	40,232	149	63,772	204	87,31	259	110,85
40	17,12	95	40,66	150	64,2	205	87,74	260	111,28
41	17,548	96	41,088	151	64,628	206	88,17	261	111,71
42	17,976	97	41,516	152	65,056	207	88,6	262	112,14
43	18,404	98	41,944	153	65,484	208	89,02	263	112,56
44	18,832	99	42,372	154	65,912	209	89,45	264	112,99
45	19,26	100	42,8	155	66,34	210	89,88	265	113,42
46	19,688	101	43,228	156	66,768	211	90,31	266	113,85
47	20,116	102	43,656	157	67,196	212	90,74	267	114,28

48	20,544	103	44,084	158	67,624	213	91,16	268	114,7
49	20,972	104	44,512	159	68,052	214	91,59	269	115,13
50	21,4	105	44,94	160	68,48	215	92,02	270	115,56
51	21,828	106	45,368	161	68,908	216	92,45	271	115,99
52	22,256	107	45,796	162	69,336	217	92,88	272	116,42
53	22,684	108	46,224	163	69,764	218	93,3	273	116,84
54	23,112	109	46,652	164	70,192	219	93,73	274	117,27
55	23,54	110	47,08	165	70,62	220	94,16	275	117,7

ANEXO A	CUBICACIÓN DE TANQUE ACEITE PALMISTE TKP										A - 2.2
276	118,13	331	141,67	386	165,21	441	188,7	496	212,29		
277	118,56	332	142,1	387	165,64	442	189,2	497	212,72		
278	118,98	333	142,52	388	166,06	443	189,6	498	213,14		
279	119,41	334	142,95	389	166,49	444	190	499	213,57		
280	119,84	335	143,38	390	166,92	445	190,5	500	214		
281	120,27	336	143,81	391	167,35	446	190,9	501	214,43		
282	120,7	337	144,24	392	167,78	447	191,3	502	214,86		
283	121,12	338	144,66	393	168,2	448	191,7	503	215,28		
284	121,55	339	145,09	394	168,63	449	192,2	504	215,71		
285	121,98	340	145,52	395	169,06	450	192,6	505	216,14		
286	122,41	341	145,95	396	169,49	451	193	506	216,57		
287	122,84	342	146,38	397	169,92	452	193,5	507	217		
288	123,26	343	146,8	398	170,34	453	193,9	508	217,42		
289	123,69	344	147,23	399	170,77	454	194,3	509	217,85		
290	124,12	345	147,66	400	171,2	455	194,7	510	218,28		
291	124,55	346	148,09	401	171,63	456	195,2	511	218,71		
292	124,98	347	148,52	402	172,06	457	195,6	512	219,14		
293	125,4	348	148,94	403	172,48	458	196	513	219,56		
294	125,83	349	149,37	404	172,91	459	196,5	514	219,99		
295	126,26	350	149,8	405	173,34	460	196,9	515	220,42		
296	126,69	351	150,23	406	173,77	461	197,3	516	220,85		
297	127,12	352	150,66	407	174,2	462	197,7	517	221,28		
298	127,54	353	151,08	408	174,62	463	198,2	518	221,7		
299	127,97	354	151,51	409	175,05	464	198,6	519	222,13		
300	128,4	355	151,94	410	175,48	465	199	520	222,56		
301	128,83	356	152,37	411	175,91	466	199,4	521	222,99		
302	129,26	357	152,8	412	176,34	467	199,9	522	223,42		
303	129,68	358	153,22	413	176,76	468	200,3	523	223,84		
304	130,11	359	153,65	414	177,19	469	200,7	524	224,27		
305	130,54	360	154,08	415	177,62	470	201,2	525	224,7		
306	130,97	361	154,51	416	178,05	471	201,6	526	225,13		
307	131,4	362	154,94	417	178,48	472	202	527	225,56		
308	131,82	363	155,36	418	178,9	473	202,4	528	225,98		
309	132,25	364	155,79	419	179,33	474	202,9	529	226,41		
310	132,68	365	156,22	420	179,76	475	203,3	530	226,84		
311	133,11	366	156,65	421	180,19	476	203,7	531	227,27		
312	133,54	367	157,08	422	180,62	477	204,2	532	227,7		
313	133,96	368	157,5	423	181,04	478	204,6	533	228,12		

314	134,39	369	157,93	424	181,47	479			
315	134,82	370	158,36	425	181,9	480			
316	135,25	371	158,79	426	182,33	481			
317	135,68	372	159,22	427	182,76	482			
318	136,1	373	159,64	428	183,18	483			
319	136,53	374	160,07	429	183,61	484			
320	136,96	375	160,5	430	184,04	485			
321	137,39	376	160,93	431	184,47	486			
322	137,82	377	161,36	432	184,9	487			
323	138,24	378	161,78	433	185,32	488			
324	138,67	379	162,21	434	185,75	489			
325	139,1	380	162,64	435	186,18	490			
326	139,53	381	163,07	436	186,61	491			
327	139,96	382	163,5	437	187,04	492			
328	140,38	383	163,92	438	187,46	493			
329	140,81	384	164,35	439	187,89	494			
330	141,24	385	164,78	440	188,32	495			

Ultrasonic Sensors

500mm, 2m, 4m and 6m Sensing Range








Ultrasonic Analog Output

Analog Current and Voltage Output 30mm Cylindrical

- 500mm (20in.), 2m (6.5ft.), 4m (13ft.) and 6m (20ft.) sensing ranges
- 4-20mA/20-4mA and 0-10V/10-0V analog output
- Temperature compensation
- Potentiometer-free span adjustment
- Programmable output via programming plug or RS-232 interface



Specifications











 ADJUSTABLE SENSING RANGE	50-500mm
UNUSABLE AREA	0-50mm
MODEL NUMBER(S)	UC500-30GM-IUR2-V15
 OUTPUT:	Suffix IUR2 Analog
ANALOG CURRENT OUTPUT #1	4-20mA or 20-4mA (load $\geq 500\Omega$)
ANALOG VOLTAGE OUTPUT #2	10-0V or 0-10V (load $\geq 1000\Omega$)
SHORT CIRCUIT AND OVERLOAD PROTECTION	Yes
REVERSE POLARITY PROTECTION	Yes
SUPPLY VOLTAGE	10-30VDC
LED(s)	Yes (4)
POWER CONSUMPTION	≤ 90 mW
STANDARD TARGET	100mm x 100mm
TRANSDUCER FREQUENCY	380kHz
ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY COMPLIANCE	NEMA ICS5-2000 Consult factory
 RESPONSE TIME	21ms min/63ms factory setting
REPEATABILITY	$\pm 0.1\%$ of full scale
LINEARITY	$\pm 0.2\%$ of full scale
RESOLUTION	$\frac{\text{max. span value} - \text{min. span}^*}{4000}$
PROTECTION IEC	IP65
TEMPERATURE DRIFT	$\pm 2\%$ of final value
TEMPERATURE RANGE	WORKING: -14°F to +158°F STORAGE: -40°F to +185°F
HOUSING MATERIAL	303 Stainless steel
TRANSDUCER	Epoxy resin/silica composite
BLACK RING	Polyurethane
APPROVALS	 General Purpose: Yes   General Purpose: Yes
ELECTRICAL CONNECTION	 Quick disconnect type V15

*Minimum possible resolution is 0.85mm



Denotes a parameter which may be adjusted via RS-232 interface. Other parameters are accessible (i.e. to increase output stability).

Refer to pages 308-310 for more information.

Specifications				
	ADJUSTABLE SENSING RANGE	120mm-2m	240mm-4m	400mm-6m
	UNUSABLE AREA	0-120mm	0-240mm	0-400mm
	MODEL NUMBER(S)	UC2000-30GM-IUR2-V15	UC4000-30GM-IUR2-V15	UC6000-30GM-IUR2-V15
	OUTPUT: <i>Suffix IUR2</i>	Analog	Analog	Analog
	ANALOG CURRENT OUTPUT #1	4-20mA or 20-4mA (load $\leq 500\Omega$)	4-20mA or 20-4mA (load $\leq 500\Omega$)	4-20mA or 20-4mA (load $\leq 500\Omega$)
	ANALOG VOLTAGE OUTPUT #2	10-0V or 0-10V (load $\geq 1000\Omega$)	10-0V or 0-10V (load $\geq 1000\Omega$)	10-0V or 0-10V (load $\geq 1000\Omega$)
	SHORT CIRCUIT AND OVERLOAD PROTECTION	Yes	Yes	Yes
	REVERSE POLARITY PROTECTION	Yes	Yes	Yes
	SUPPLY VOLTAGE	10-30VDC	10-30VDC	10-30VDC
	LED(s)	Yes (4)	Yes (4)	Yes (4)
	POWER CONSUMPTION	$\leq 900\text{mW}$	$\leq 900\text{mW}$	$\leq 900\text{mW}$
	STANDARD TARGET	100mm x 100mm	100mm x 100mm	100mm x 100mm
	TRANSDUCER FREQUENCY	190kHz	80kHz	60kHz
	ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY COMPLIANCE	NEMA ICS5-2000 Consult factory	NEMA ICS5-2000 Consult factory	NEMA ICS5-2000 Consult factory
	RESPONSE TIME	65ms min/195ms factory setting	145ms min/440ms factory setting	265ms min/890ms factory setting
	REPEATABILITY	$\leq 0.1\%$ of full scale	$\leq 0.1\%$ of full scale	$\leq 0.1\%$ of full scale
	LINEARITY	$\leq 0.2\%$ of full scale	$\leq 0.2\%$ of full scale	$\leq 0.2\%$ of full scale
	RESOLUTION	$\frac{\text{max. span value} - \text{min. span}^*}{4000}$	$\frac{\text{max. span value} - \text{min. span}^*}{4000}$	$\frac{\text{max. span value} - \text{min. span}^*}{4000}$
	PROTECTION IEC	IP65	IP65	IP65
	TEMPERATURE DRIFT	$\leq 2\%$ of final value	$\leq 2\%$ of final value	$\leq 2\%$ of final value
	TEMPERATURE RANGE <i>WORKING</i>	-14°F to +168°F	-14°F to +168°F	-14°F to +168°F
	<i>STORAGE</i>	-40°F to +185°F	-40°F to +185°F	-40°F to +185°F
	HOUSING MATERIAL	303 Stainless steel	303 Stainless steel	303 Stainless steel
	TRANSDUCER	Epoxy resin/ silica composite	Epoxy resin/ silica composite	Epoxy resin/ silica composite
	BLACK RING	Polyurethane	Polyurethane	Polyurethane
	APPROVALS    	General Purpose Yes	Yes	Yes
	General Purpose Yes	Yes	Yes	Yes
	ELECTRICAL CONNECTION	 Quick disconnect type V15	 Quick disconnect type V15	 Quick disconnect type V15

*Minimum possible resolution is 0.35mm

Programming

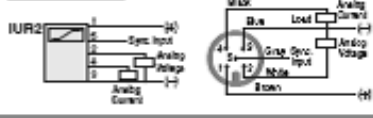
Wiring Diagrams

3-Wire DC

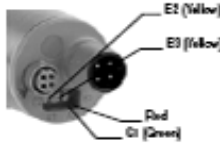
Quick Disconnect

Note: Wiring diagrams show quick disconnect pin numbers.

V1 Type



LED Functions



The UC-Series ultrasonic sensor LEDs serve two purposes depending upon whether the sensor is in the monitoring mode or the programming mode.

Monitoring Mode:

Yellow (E2&E3): Indicates target presence within the programmed span boundaries.

Green (G1): Indicates the compensation/programming plug is inserted.

Red: Indicates compensation/programming plug is removed. If the plug is properly installed, the flashing red light indicates severe acoustic interference.

Programming Mode:

For information regarding LED operation during sensor programming, refer to "Programming/Calibration Procedure" on this page.

The Programming Plug



All P+F UC-Series sensor parameters are changed and stored through a small green plug, located on the rear of the unit. "End-of-Span" points are set using plug positions A1 and A2. Position E2/E3 determines whether the analog output mode is a rising or a declining slope. Once the plug is programmed, it remains in the T position to provide temperature compensation.

Programming/Calibration Procedure

UC models may be configured to provide an analog current or voltage output. The sensor defaults to a voltage output if the load resistance is greater than 1000Ω. A load resistance below 500Ω activates the current output.

1. Enabling Programming
 - a. Remove programming plug.
 - b. Disconnect power supply.
 - c. Reconnect power supply (do not reinsert plug yet).

2. Setting the Usable Span
 - a. Move target object to the near span boundary.
 - b. Insert plug in the A1 position. LEDs E2 and G1 should flash to denote the proper boundary storage*. Remove the plug.
 - c. Move target object to the far span boundary.
 - d. Insert the plug in the A2 position. LEDs E3 and G1 should flash*. Remove the plug, then go to step 3.
3. Choosing the Analog Output Type

Rotate the plug to the E2/E3 position and insert. Two modes of operation can be selected in cyclical sequence by repeatedly removing the plug and re-inserting:

 - * LED E2 flashing - Rising Analog Output Mode (as a target approaches the sensor, the analog value increases: 4-20mA or 0-10V).
 - * LED E3 flashing - Declining Analog Output Mode (as a target approaches the sensor, the analog value decreases: 20-4mA or 10-4V).
 - * LEDs E2 and E3 flashing - unused mode
4. Enabling Temperature Compensation

Insert plug in position T to activate the temperature compensated output. The sensor is ready for installation.

Note: To maintain temperature compensation, the plug must remain inserted during operation. If the plug is removed, the sensor will continue to function but the output will no longer be temperature compensated.

*If the boundary does not store properly, the target is either an extremely poor acoustic reflector, or is located beyond the usable sensing area. The flashing red LED indicates this fault.

Multiplexing/Synchronization Options

The potential for cross talk exists when sensors are mounted in close proximity. Using the synchronization input, multiple sensors can be synchronized with an internal or external source to suppress mutual interference.

Internal Synchronization:

Up to five sensors capable of internal synchronization can be connected to one another. When power is applied, the sensors operate in multiplex mode. The sensors stagger their ultrasonic bursts to eliminate the possibility of 2 or more units simultaneously sending or receiving signals. The response delay increases according to the number of sensors to be synchronized. Synchronization cannot be performed during programming and vice versa. Sensors must be unsynchronized to teach the switching point.

External Synchronization:

A sensor can be synchronized by the external application of a square wave voltage. The square wave pulse width must be greater than 100µs. The sensor is enabled with the falling edge of the square wave. A low level for greater than 1 second, or an open synchronization input results in the normal operation of the sensor. A high level at the synchronization input disables the sensor.

Two operating modes are available:

1. Multiple sensors can be controlled by the same synchronization signal (square wave pulse). The sensors are synchronized.
2. The synchronization pulses are sent cyclically to individual sensors. Sensors in close proximity cannot cross talk and operate in multiplex mode.

Note:

If the option for synchronization is not used, the synchronization input must be connected to ground (0V) or the sensor must be operated using a V1 cable connector (4-pin).

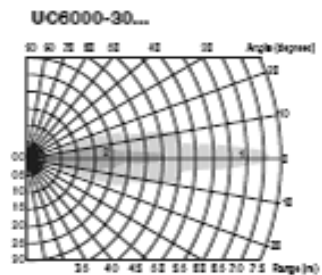
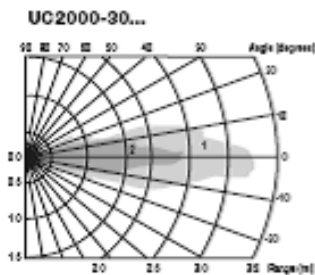
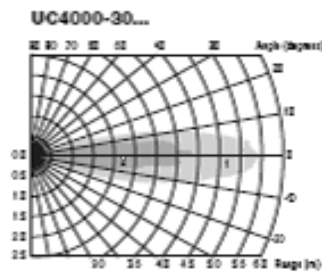
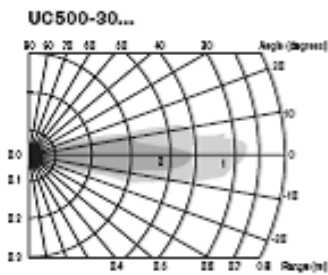
EXTERNAL MULTIPLEX/SYNCHRONIZATION FREQUENCY

	UC500	UC2000	UC4000	UC6000
Input Voltage	±1V low level, ±4V high level			
Pulse Width	≥100µs			
Time Between Pulses	≥2ms			
Synchronization Frequency	≤95Hz	≤90Hz	≤13Hz	≤7Hz
Multiplex Frequency	≤95/n Hz	≤90/n Hz	≤13/n Hz	≤7/n Hz

n=number of sensors

Target Response Curves

The surface area, shape and density of a target determine where it can be detected. The diagrams below illustrate two targets and their corresponding areas of detection. The target must lie completely in its specified sensing envelope to ensure accurate detection.

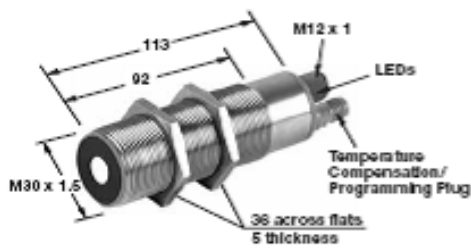


Curve 1 Flatplate 100mmx 100 mm
Curve 2 Roundbar, Ø 25 mm

Dimensions (mm)

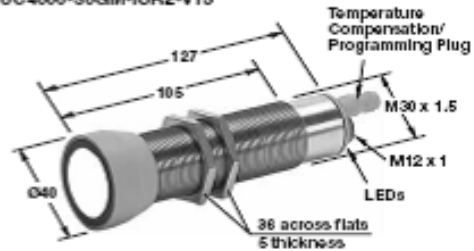
Classic Series

UC500-30GM-IUR2-V15



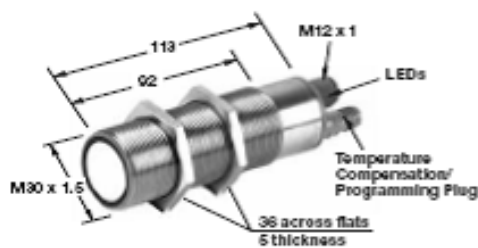
Classic Series

UC4000-30GM-IUR2-V15



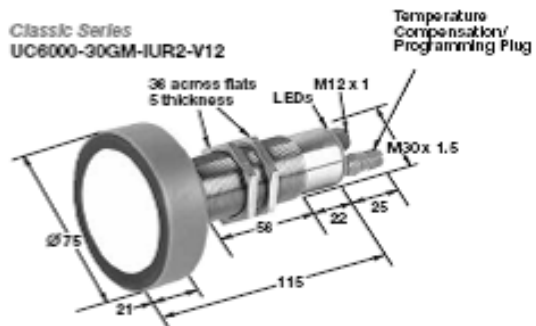
Classic Series

UC2000-30GM-IUR2-V15



Classic Series

UC6000-30GM-IUR2-V12



ANEXO C		TABLA DE VARIACIÓN DE RESISTENCIA EN FUNCIÓN DE TEMPERATURA RTD PT100									
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
-190	22.78	22.35	21.93	21.50	21.08	20.66	20.23	19.81	19.38	18.96	
-180	27.01	26.59	26.17	25.74	25.32	24.90	24.47	24.05	23.63	23.20	

-170	31.24	30.81	30.39	29.97	29.55	29.13	28.70	28.28	27.86	27.44
-160	35.45	35.03	34.61	34.19	33.77	33.34	32.92	32.50	32.08	31.66
-150	39.65	39.23	38.81	38.39	37.97	37.55	37.13	36.71	36.29	35.87
-140	43.78	43.37	42.96	42.54	42.13	41.72	41.30	40.89	40.48	40.06
-130	47.90	47.49	47.08	46.67	46.26	45.85	45.43	45.02	44.61	44.20
-120	52.01	51.60	51.19	50.78	50.37	49.96	49.55	49.14	48.73	48.32
-110	56.11	55.70	55.29	54.88	54.48	54.07	53.66	53.25	52.84	52.43
-100	60.20	59.79	59.38	58.98	58.57	58.16	57.75	57.34	56.93	56.52
-90	64.23	63.83	63.43	63.02	62.62	62.22	61.81	61.41	61.01	60.60
-80	68.25	67.85	67.45	67.05	66.65	66.25	65.84	65.44	65.04	64.64
-70	72.26	71.86	71.46	71.06	70.66	70.26	69.86	69.46	69.06	68.66
-60	76.26	75.86	75.46	75.06	74.67	74.27	73.87	73.47	73.07	72.67
-50	80.25	79.85	79.45	79.06	78.66	78.26	77.86	77.46	77.06	76.66
-40	84.22	83.83	83.43	83.03	82.64	82.24	81.84	81.44	81.05	80.65
-30	88.18	87.79	87.39	87.00	86.60	86.21	85.81	85.41	85.02	84.62
-20	92.13	91.74	91.35	90.95	90.56	90.16	89.77	89.37	88.98	88.58
-10	96.07	95.68	95.29	94.89	94.50	94.11	93.71	93.32	92.92	92.53
0	100.00	99.61	99.22	98.82	98.43	98.04	97.65	97.25	96.86	96.47
0	100.00	100.39	100.78	101.17	101.56	101.95	102.34	102.73	103.12	103.51
10	103.90	104.29	104.68	105.07	105.46	105.85	106.24	106.63	107.02	107.41
20	107.79	108.18	108.57	108.96	109.35	109.74	110.12	110.51	110.90	111.29
30	111.67	112.06	112.45	112.84	113.22	113.61	114.00	114.38	114.77	115.16
40	115.54	115.93	116.32	116.70	117.09	117.47	117.86	118.24	118.63	119.01
50	119.40	119.78	120.17	120.55	120.94	121.32	121.71	122.09	122.48	122.86
60	123.24	123.63	124.01	124.39	124.78	125.16	125.54	125.93	126.31	126.69
70	127.07	127.46	127.84	128.22	128.60	128.99	129.37	129.75	130.13	130.51
80	130.89	131.28	131.66	132.04	132.42	132.80	133.18	133.56	133.94	134.32
90	134.70	135.08	135.46	135.84	136.22	136.60	136.98	137.36	137.74	138.12
100	138.50	138.88	139.26	139.64	140.02	140.40	140.77	141.15	141.53	141.91
110	142.29	142.67	143.04	143.42	143.80	144.18	144.55	144.93	145.31	145.69
120	146.06	146.44	146.82	147.19	147.57	147.95	148.32	148.70	149.07	149.45
130	149.83	150.20	150.58	150.95	151.33	151.70	152.08	152.45	152.83	153.20
140	153.58	153.95	154.33	154.70	155.08	155.45	155.83	156.20	156.57	156.95
150	157.32	157.69	158.07	158.44	158.81	159.19	159.56	159.93	160.30	160.68
160	161.05	161.42	161.79	162.16	162.53	162.91	163.28	163.65	164.02	164.39
170	164.76	165.13	165.50	165.88	166.25	166.62	166.99	167.36	167.73	168.10
180	168.47	168.84	169.21	169.58	169.95	170.31	170.68	171.05	171.42	171.79
190	172.16	172.53	172.90	173.26	173.63	174.00	174.37	174.74	175.10	175.47
200	175.84	176.21	176.58	176.94	177.31	177.68	178.04	178.41	178.78	179.14
210	179.51	179.88	180.24	180.61	180.98	181.34	181.71	182.07	182.44	182.81
220	183.17	183.54	183.90	184.27	184.63	185.00	185.36	185.73	186.09	186.45
230	186.82	187.18	187.55	187.91	188.27	188.64	189.00	189.37	189.73	190.09
240	190.46	190.82	191.18	191.54	191.91	192.27	192.63	192.99	193.36	193.72
250	194.08	194.44	194.80	195.17	195.53	195.89	196.25	196.61	196.97	197.33
260	197.69	198.05	198.41	198.77	199.14	199.50	199.86	200.22	200.58	200.94
270	201.29	201.65	202.01	202.37	202.73	203.09	203.45	203.81	204.17	204.53
280	204.88	205.24	205.60	205.96	206.32	206.68	207.03	207.39	207.75	208.11
290	208.46	208.82	209.18	209.53	209.89	210.25	210.60	210.96	211.32	211.67

**Latacunga, Julio
2007**

ELABORADO POR:

Sr. Alex Fabián Estrella Quispe

**COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA
ELECTROMECAÁNICA**

Ing. Washington Freire Llerena.

JEFE DE LA UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO

Dr. Eduardo Vásquez Alcázar